

# INFLUÊNCIA DO TIPO DE OXIDANTE NA COMBUSTÃO DE COMBUSTÍVEL LÍQUIDO EM UM FORNO DE ALUMÍNIO

**Aluno: Rafael Cezar Menezes**  
**Orientador: Angela O. Nieckele**

## Introdução

O combustível usado como fonte de energia para a fusão do alumínio é de extrema importância para um melhor desempenho do forno, tendo sido analisado em diversos trabalhos [1]. Nota-se, no entanto, que o tipo de oxidante também pode conduzir a um melhor desempenho, levando também a uma melhor preservação do equipamento. Ar é mais abundante e barato, porém devido a presença de nitrogênio, existe uma indesejável formação de NO<sub>x</sub>. Uma alternativa é empregar oxigênio puro. Embora seja mais caro, pode levar a um processo de combustão mais eficiente. Portanto, o presente trabalho visa avaliar a influência do tipo de oxidante.

## Objetivos

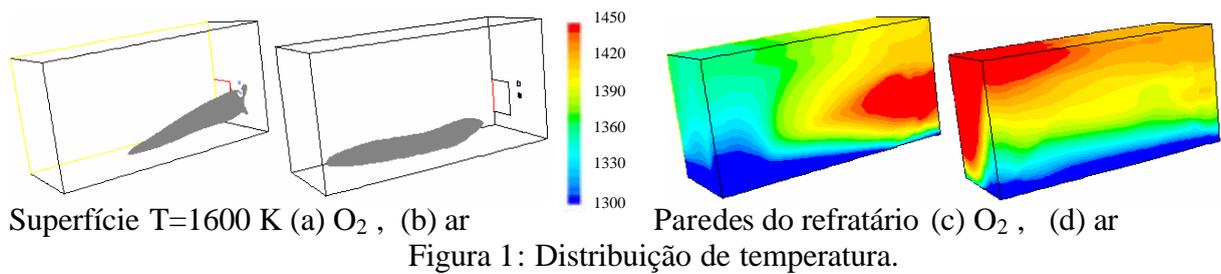
Determinar a distribuição da temperatura e espécies dentro de um forno industrial de alumínio, empregando o ar e o oxigênio puro para a combustão de combustível líquido (C<sub>19</sub>H<sub>30</sub>). As vantagens e as desvantagens de cada tipo de oxidante são mostradas.

## Metodologia

A geometria do forno está representada como um prisma retangular. Devido à simetria, somente metade do forno foi resolvida. Dois casos foram analisados, ambos com gás natural como combustível, sendo um caso com oxigênio como oxidante e outro com ar como oxidante. Considerou-se uma carga de alumínio típica de 16 toneladas (que corresponde a um volume de 6m<sup>3</sup>), supondo um tempo de processo aproximado de 1 hora.

O escoamento dentro do forno foi resolvido numericamente usando a técnica de volume finito e o pacote comercial FLUENT. A turbulência foi modelada com o modelo  $\kappa$ - $\epsilon$  [2]. As gotículas de combustível líquido precisam vaporizar para reagir com a fase gasosa. A mistura gasosa foi calculada usando a lei do gás ideal. Utilizou-se o modelo discreto de transferência por radiação juntamente com o modelo de gases cinzas (WSGGM) [3]. A taxa do modelo finito generalizado, combinado com o modelo de Arrhenius-Magnussen foi selecionada para obter o termo fonte devido às reações químicas na equação da energia. A formação térmica de NO<sub>x</sub> é calculada usando o mecanismo de extensão de Zeldovich e “prompt NO” [4].

A forma da chama para ambos os oxidantes pode ser examinadas nas isosuperfícies de 1600K (Figs. 1a e 1b). Ambas as chamas seguem o sentido dos jatos da entrada, longe das paredes refratárias e para baixo em direção a superfície da carga. Enquanto a chama do ar se estende através do forno, a chama do O<sub>2</sub> é mais intensa e concentrada na primeira metade do domínio. Isto conduz a uma distribuição da temperatura menos uniforme nas paredes refratárias (Figs. 1c e 1d). A influência da chama na parede refratária é vista claramente para o caso O<sub>2</sub>, pelos pontos quentes na parede lateral (1469K), os quais podem danificar a parede refratária, aumentando o custo do projeto. Embora os pontos quentes sejam observados para o caso O<sub>2</sub>, a temperatura média em todas as paredes refratárias é similar ( $\approx$  1382K). Sendo a chama mais curta, a temperatura máxima da parede é observada no plano frontal (1738K). A distribuição da temperatura da parede para o caso do ar (Fig.1d) é mais uniforme e a temperatura média da parede é 1408K. Devido à alta temperatura da chama, o fluxo de calor por radiação é dominante para ambos os casos sendo da ordem de 100 KW/m<sup>2</sup>, concentrando-se abaixo da chama.



A comparação das distribuições do combustível líquido C<sub>19</sub>H<sub>30</sub> e do oxigênio para ambos os casos é mostrada na Fig. 2a e 2b. As concentrações de massa de ambas as espécies são mais elevadas dentro das respectivas isosuperfícies. Pode-se ver a isosuperfície do O<sub>2</sub> conectada com o queimador superior e inferior. O C<sub>19</sub>H<sub>30</sub> é injetado somente no queimador inferior; conseqüentemente a concentração C<sub>19</sub>H<sub>30</sub> é elevada abaixo do jato de O<sub>2</sub>. Observa-se que devido a uma quantidade elevada de nitrogênio no ar, a distribuição O<sub>2</sub> para este caso está menos concentrada, conduzindo a um isosuperfície de 5% O<sub>2</sub> menor. Pode-se notar um pior contato do oxigênio com o combustível líquido, devido à presença do nitrogênio.

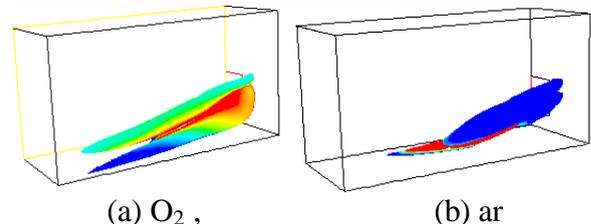


Figura 2: Distribuição de espécies:  
2% C<sub>19</sub>H<sub>30</sub> e 5% O<sub>2</sub>

Na reação do C<sub>19</sub>H<sub>30</sub> com oxigênio ocorre a formação de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O. A concentração de CO<sub>2</sub> é menor para o caso do ar, que é um aspecto positivo relacionado com a seleção deste oxidante. Para ambos os casos, a concentração do CO<sub>2</sub> na chaminé é aproximadamente uniforme. O caso do ar tem uma concentração de CO<sub>2</sub> igual a 25% da concentração do caso O<sub>2</sub>. Embora a quantidade de CO<sub>2</sub> seja menor para o caso do ar, um segundo tipo de poluente é formado, que é o NO<sub>x</sub>. Sua concentração é aproximadamente uniforme na chaminé, e seu valor médio é igual a 4,25 ppm. A presença de NO<sub>x</sub> é o pior inconveniente de se empregar o ar em vez do oxigênio puro.

## Conclusões

A análise mostrou que a seleção do ar como o oxidante tem diversas vantagens em relação ao uso do oxigênio puro. O nível de temperatura é menor, protegendo as paredes do refratário, menor concentração dos produtos foi obtida na chaminé, e menor concentração de água foi encontrada na superfície de alumínio. Embora uma chama mais longa fosse obtida com o ar, não apresentou um impacto significativo na temperatura das paredes do refratário. Entretanto, a fim de produzir a mesma quantidade de alumínio fundido, uma quantidade maior de ar teve que ser especificada, reduzindo a vantagem de empregar um oxidante mais barato. Observou-se também, a formação insignificante de NO<sub>x</sub>.

## Referências

- 1 - NIECKELE, A.O., NACCACHE, M. F., GOMES, M. S. P., 2004, Numerical Simulation of a Three Dimensional Aluminum Melting Furnace, **J. Energy Resources Tech.**, vol. 126, pp.72-81.
- 2 -LAUNDER, B.E. and SPALDING, D.B., 1974. The Numerical Computation of Turbulent Flows, **Computer Methods in App. Mech. and Engineering**, 3, p. 269-289.
- 3- SMITH, T.F., SHEN, Z.F., and FRIEDMAN, J.N., 1982. "Evaluation of Coefficients for the Weighted Sum of Gray Gases Model", **ASME – J. of Heat Transfer**, v. 104, p. 602-608.
- 4- TOMECZEK, J. and GRADÓN, B., 1997. The Rate of Nitric Oxide Formation in Hydrocarbon Flames", **4th Int. Conf. Tech. Comb. for a Clean Environment**, Lisbon, Portugal.