

Estudo da Combustão em Fornos Industriais de Fabricação de Placas Cerâmicas

E. Monfort^{a*}, G. Mallo^a, A. Mezquita^a, R. Granel^a, E. Vaquer^a

^aAsociación de Investigación de las Industrias Cerámicas – AICE, Instituto de Tecnología Cerámica – ITC, Universitat Jaume I – UJI, Castellón, Espanha

*e-mail: monfortg@uji.es

Resumo: Na queima de placas cerâmicas em fornos a rolos utilizando gás natural o aporte de calor é feito pela combustão de gás natural em queimadores distribuídos ao longo das paredes laterais do forno. Com objetivo de estudar o processo de combustão dos fornos a rolos tradicionais usados na queima de placas cerâmicas, este trabalho consistiu em avaliar o índice de excesso de ar ao longo de um ciclo de queima convencional medindo-se as vazões de gás natural e ar nos queimadores. Os resultados mostraram que o forno analisado apresenta um excesso de ar de 45% ($\lambda=1,45$), valor superior ao recomendado para este tipo de instalação. A redução da vazão do excesso de ar leva a uma diminuição do consumo energético do forno, mas esta manobra deve ser realizada como cuidado, pois outros parâmetros de funcionamento do forno podem ser alterados.

Palavras-chave: gás natural, fornos a rolos, combustão, índice de excesso de ar.

1. Introdução

A queima de placas cerâmicas é feita em fornos contínuos a rolos, nos quais as peças sofrem um tratamento térmico controlado, conferindo a elas as propriedades técnicas e estéticas desejadas, Figura 1^{1,2}.

O aporte de calor é feito pela combustão de gás natural em queimadores distribuídos ao longo das paredes laterais do forno, por cima (câmara superior) e por baixo (câmara inferior) do plano que delimita os rolos. O sistema de combustão está integrado por grupos de queimadores denominado “anéis”. A vazão de gás natural em cada anel é regulada automaticamente por uma válvula motorizada que mantém o perfil programado de temperaturas. Normalmente, o comburente utilizado é o ar e sua vazão é regulada de forma manual em cada queimador^{1,2}.

2. Metodologia

2.1. Análise da combustão: procedimento de cálculo do excesso de ar

A análise da combustão consistiu em avaliar o índice de excesso de ar ao longo de um ciclo de queima. Este parâmetro relaciona a

quantidade de ar a ser introduzida em um queimador com a quantidade de ar estequiométrica necessária para realizar a combustão completa do gás natural^{2,3}.

Na obtenção do índice de excesso de ar deve-se conhecer tanto a vazão de gás natural (Q_g) quanto a vazão do ar (Q_a) introduzido nos queimadores. Para isto, as pressões de gás (p_g) e de ar (p_a) em cada queimador são determinadas experimentalmente, e com o auxílio de equações ou tabelas fornecidas pelos fabricantes dos queimadores são calculadas as vazões de gás e de ar. Com estes valores, calcula-se o índice do excesso de ar (λ) pela expressão³:

$$\lambda = \frac{Q_a}{Q_{asm}} = \frac{Q_a}{Q_g \cdot V_{asm}} \quad (1)$$

Onde: Q_a é a vazão de ar (m^3_N/s), Q_{asm} é a vazão de ar seco mínimo ou estequiométrico (m^3_N/s), Q_g é a vazão de gás natural (m^3_N/s) e V_{asm} é o volume de ar seco mínimo ou estequiométrico de gás natural (m^3_N ar seco/ m^3_N gás natural)³.

3. Resultados Obtidos

A Figura 2 mostra como o índice de excesso de ar é muito variável ao longo do ciclo térmico. Em geral, para o caso estudado, o índice de

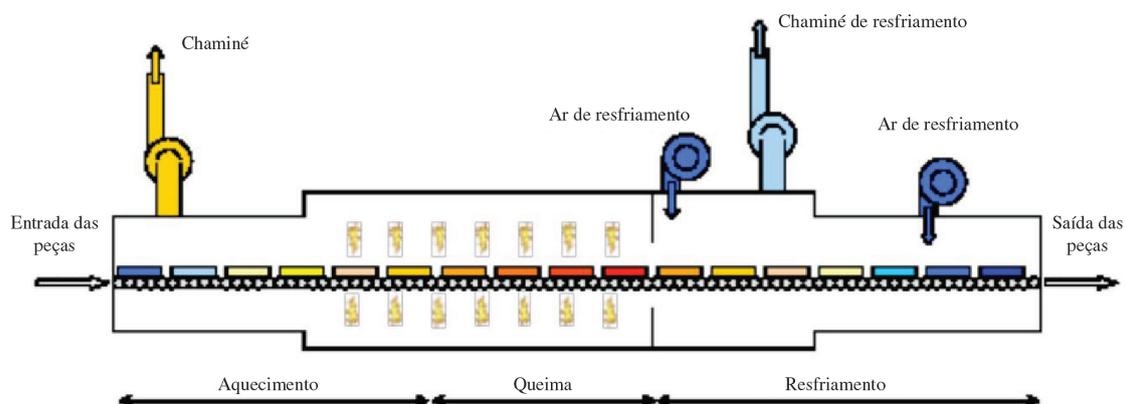


Figura 1. Esquema de um forno de rolos.

Tabela 1. Índices de excesso de ar.

Câmara	$\lambda_{\text{mínimo}}$	$\lambda_{\text{máximo}}$	$\lambda_{\text{médio}}$	$\lambda_{\text{médio do forno}}$
Superior	1,1	2,1	1,6	1,45
Inferior	0,7	2,0	1,4	

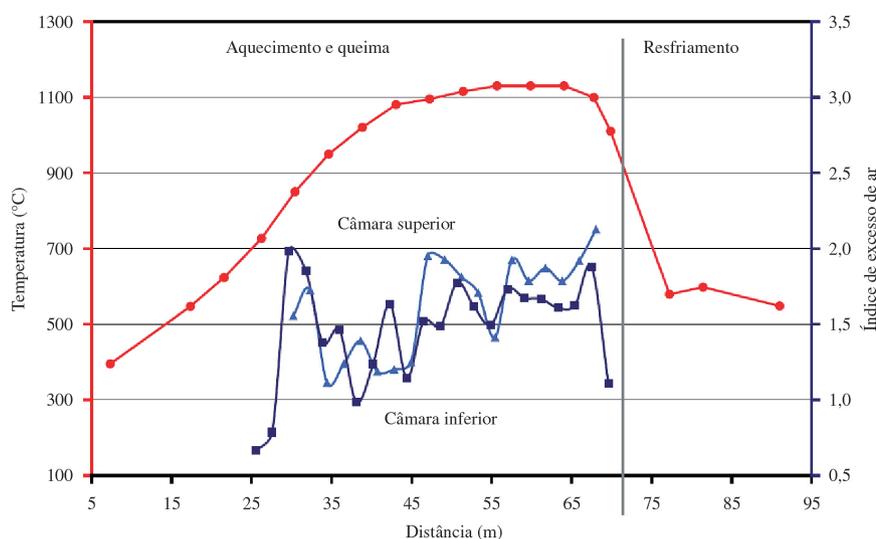


Figura 2. Excesso de ar no forno.

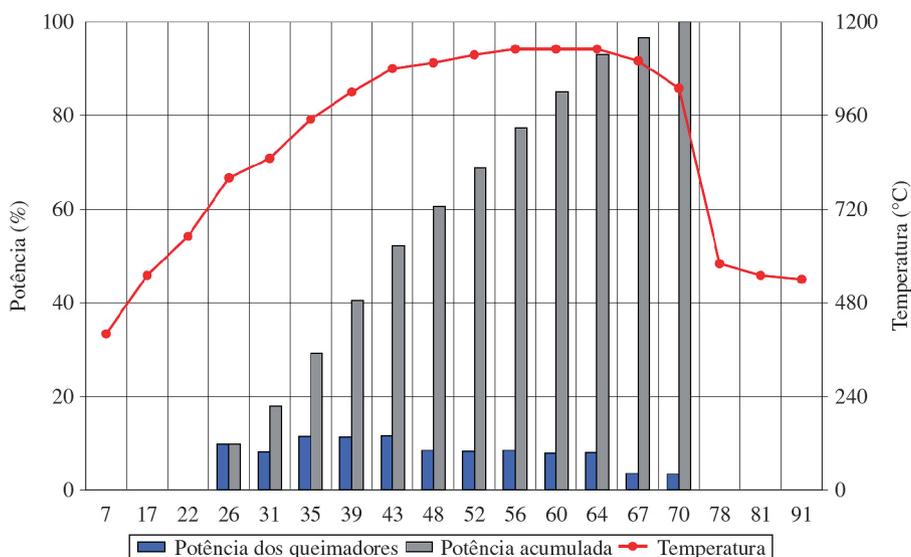


Figura 3. Potência térmica dos queimadores.

excesso de ar médio no forno é menor durante o aquecimento ($\lambda=1,3$) e maior durante a etapa de máxima temperatura ($\lambda=1,7$).

A Tabela 1 mostra que alguns queimadores apresentam falta de ar, que ocorre quando parte do gás natural é queimado no forno e não no queimador, sendo esta uma situação inconveniente por razões de segurança. Por sua vez, em outros queimadores há um grande excesso de ar, situação não interessante do ponto de vista de economia de energia, pois leva a um aumento do consumo de gás natural. De modo geral, o forno analisado apresenta um excesso de ar de 45% ($\lambda=1,45$), valor superior ao recomendado para este tipo de instalação, que seria de 10% a 20% ($\lambda=1,1$ a $1,2$).

A Figura 3 mostra a potência térmica de trabalho dos queimadores em cada zona do forno (considerando ambas as câmaras), bem como a potência acumulada e a curva da temperatura programada do forno. Pode-se ver que os primeiros anéis do forno aportam mais energia que os demais. Considerando a potência acumulada observa-se que durante o aquecimento 52% de toda a energia consumida no forno já está disponível. Os 48% restantes estão disponíveis durante a etapa de máxima temperatura.

4. Conclusões

A análise do sistema de combustão permite conhecer-se o excesso de ar em cada anel do forno. Normalmente este parâmetro não é levado

em conta na regulagem dos fornos, embora seu controle permita detectar situações de risco e situações com um elevado excesso de ar.

A redução da vazão do excesso de ar leva a uma diminuição do consumo energético do forno, mas esta manobra deve ser realizada como cuidado, pois outros parâmetros de funcionamento do forno podem ser alterados. Foi comprovado experimentalmente que uma redução de 2% na vazão de ar comburente resulta em uma redução de 5% da vazão de gás natural.

Referências

1. BLASCO, A. et al. Optimización de las condiciones de funcionamiento en hornos monoestrato (II). Caudal de aire de combustión. **Técnica Cerámica**, v. 206, p. 585-593, 1992.
2. MÁRQUEZ MARTÍNEZ, M. **Combustión y quemadores**. Barcelona: Marcombo, 1989.
3. SERRANO, J. C.; CARRANZA, Y. A. Análisis teórico de la combustión en quemadores de gas natural. **Scientia et Technica**, v. 29, p. 139-143, 2005.