

Recuperando Energia dos Fornos, Secadores e Atomizadores

Ferdinando Cassani

Sacmi Imola S.C., Via Provinciale Selice, 17/a, 40026 Imola - BO, Italy

Resumo: A SACMI desenvolveu em seus laboratórios, por meio do programa H.E.R.O. High Efficiency Resource Optimizer, sistemas inovadores de recuperação e reutilização de calor, capazes de reduzir as perdas energéticas, as emissões de CO₂ e outros poluentes dentro do ciclo produtivo cerâmico. Para a recuperação de ar quente na zona de resfriamento dos fornos três sistemas são apresentados (MDR, SPR e XTR), que podem representar uma economia superior a 15% no consumo de combustível em fornos tradicionais. O artigo também apresenta as particularidades dos sistemas de reutilização do ar capturado na zona de resfriamento dos fornos em secadores horizontais e verticais, com recuperação térmica de até 50% do consumo, e um sistema de recuperação térmica dos fornos para alimentação dos queimadores do atomizador.

Palavras-chave: *redução do consumo energético, fornos, secadores, atomizadores.*

1. Introdução

Devido a menor disponibilidade de reserva energética e o aumento dos custos, atualmente é essencial para o desenvolvimento estratégico das empresas a otimização do processo produtivo e a utilização das próprias fontes energéticas.

Para dar uma resposta a esta crescente exigência, a Sacmi criou o H.E.R.O. - High Efficiency Resource Optimizer, um laboratório de estudos e pesquisas dedicado ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras voltadas para a máxima economia de recursos em todas as fases dos processos produtivos. É possível, além dos claros benefícios econômicos, reduções das emissões de CO₂ e de outros poluentes, contribuindo para uma melhor qualidade ambiental.

2. O Forno

Na análise do ciclo produtivo cerâmico, o forno é o equipamento térmico que representa o maior consumo. Nos modelos tradicionais, cerca de 23% da energia introduzida no forno é perdida através das emissões gasosas na chaminé (vapor) e outros 55% carregados com o ar de resfriamento (Figura 1). Para melhorar este balanço energético a Sacmi focou o trabalho no ar de combustão que alimenta os queimadores.

Foi inserido na região de resfriamento rápido um trocador de calor que, ao resfriar o produto no interior do forno, pré-aquece – em cerca de 100 °C – o ar de combustão a ser enviado aos queimadores (Figura 2), conseguindo-se uma redução de consumo de combustível (gás natural) de até 5%.

O sistema MDR foi projetado para capturar o ar liberado pela chaminé de resfriamento a uma temperatura média de aproximadamente 120 °C. Após uma adequada filtração este ar é pré-aquecido no trocador de calor e enviado como ar combustível aos queimadores, a uma temperatura de cerca de 160 °C (Figura 3). Nesse caso a economia de combustível em relação ao forno tradicional pode chegar até 10%.

Também foi projetado o sistema de recuperação, denominado SPR, similar ao MDR, mas com a diferença de duplicar a chaminé que recolhe o ar de resfriamento. A primeira chaminé recolhe o ar de resfriamento a uma temperatura mais elevada e a outra recolhe o ar menos quente. Desta forma somente o ar quente liberado pela primeira chaminé é capturado e direcionado ao trocador de calor (ar

superaquecido), permitindo a alimentação dos queimadores com ar de combustão a uma temperatura de aproximadamente 210 °C (Figura 4). O ar mais frio, liberado na segunda chaminé, pode ser utilizado, antes do trocador de calor, para o aquecimento de ambientes. Com esse sistema, a economia de combustível (em relação ao forno tradicional) pode chegar a 15%.

A Sacmi ainda projetou um sistema de recuperação energética mais audacioso, denominado XTR. Este representa uma variação do sistema SPR, com a diferença de que o aumento da temperatura do ar recolhido na primeira chaminé de resfriamento é maior. O ar, após a filtração e passagem pelo trocador de calor, chega para alimentar os queimadores a 300 °C (Figura 5). As tubulações do ar de combustão devem ser montadas na parte externa da estrutura do forno para permitirem um isolamento térmico adequado e evitar o superaquecimento dos dispositivos do forno. Neste caso a economia de combustível pode superar o valor de 15%.

3. Os Secadores

Normalmente, o ar quente que se reutiliza no interior do forno como ar de combustão, representa somente uma parte do ar eliminado na chaminé. Portanto, pode-se utilizar o restante como fonte térmica para os secadores horizontais e verticais. No caso dos secadores horizontais (com mais de um plano) este procedimento é recomendado somente quando se utiliza ar a uma temperatura mais elevada, proveniente da chaminé que recolhe ar da zona de resfriamento do forno. Isto porque esses secadores operam com ciclos curtos e temperaturas elevadas. Nessas condições, dependendo da quantidade e temperatura do ar quente disponível, a recuperação térmica pode chegar a 50% do consumo.

Nos secadores verticais a recuperação pode se dar de duas formas:

01. Recuperação de ar quente no lugar da reintrodução de ar (Figura 6). A quantidade máxima de ar recuperável em cada secador é equivalente a 2500 Nm³.h⁻¹, com uma temperatura máxima de 200 °C. A alimentação do ar é feita com tubos duplos inseridos na parede lateral do secador.
02. Recuperação de ar quente usado como ar de reintrodução e como ar de combustão (Figura 7). A quantidade máxima de ar que se pode recuperar em cada secador é equivalente a:

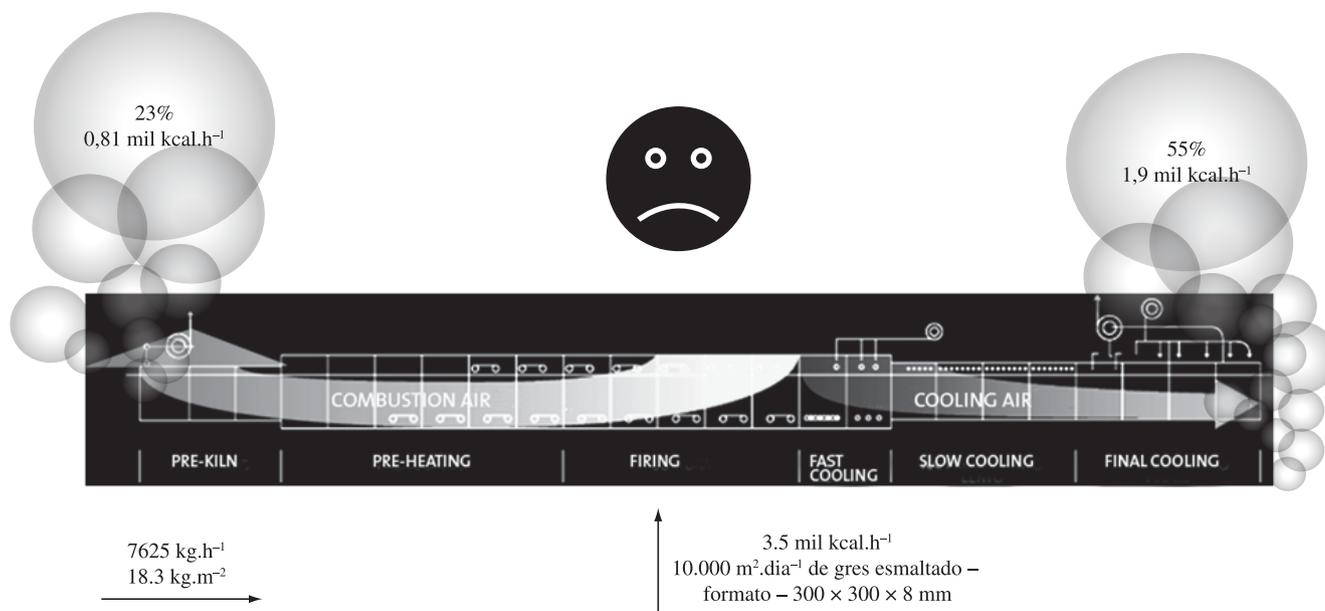


Figura 1. Perdas energéticas em um forno convencional.

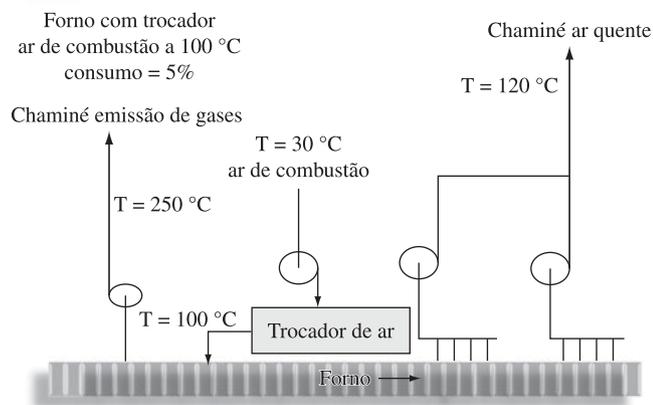


Figura 2. Esquema de forno com trocador de calor montado na região de resfriamento.

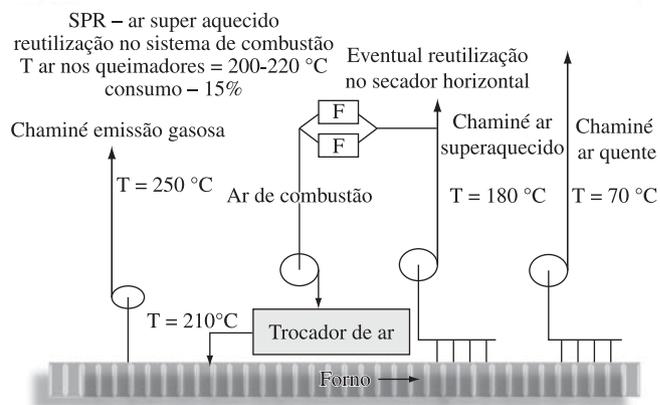


Figura 4. Sistema SPR: duplicação de chaminés para recolhimento de ar na zona de resfriamento.

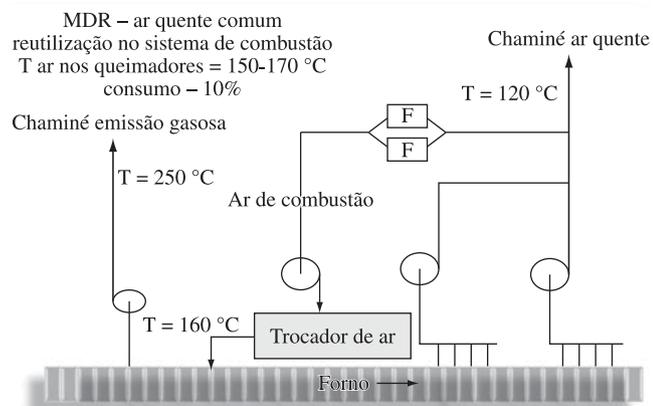


Figura 3. Sistema MDR: captura de ar da zona de resfriamento (120 °C) e reutilização como ar combustível nos queimadores (160 °C)

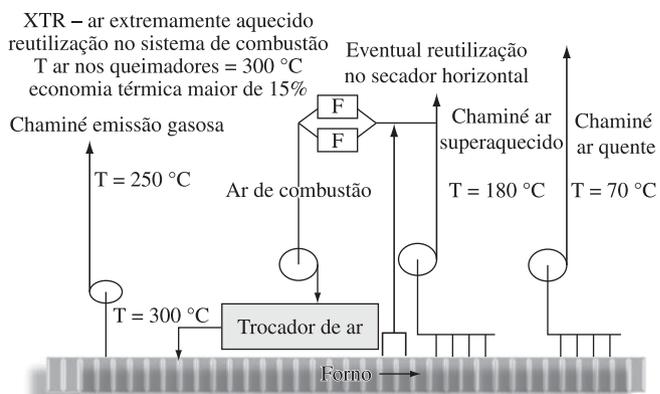


Figura 5. Sistema XTR: aumento de temperatura do ar recolhido na primeira chaminé de resfriamento.

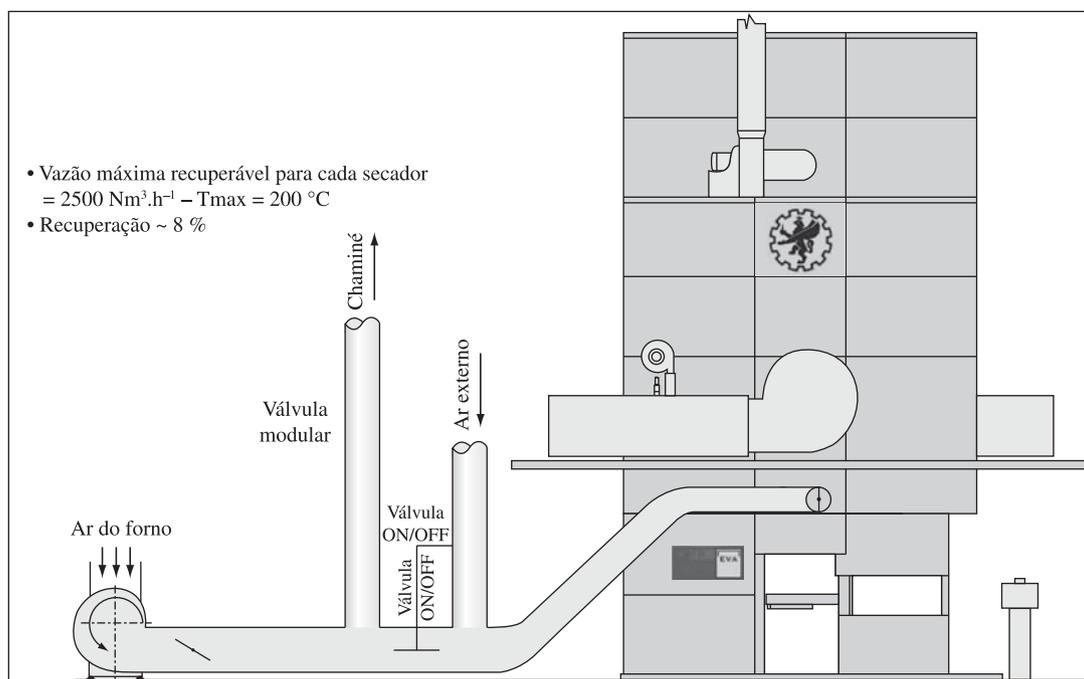


Figura 6. Recuperação de ar quente substituindo a reintrodução de ar em um secador vertical.

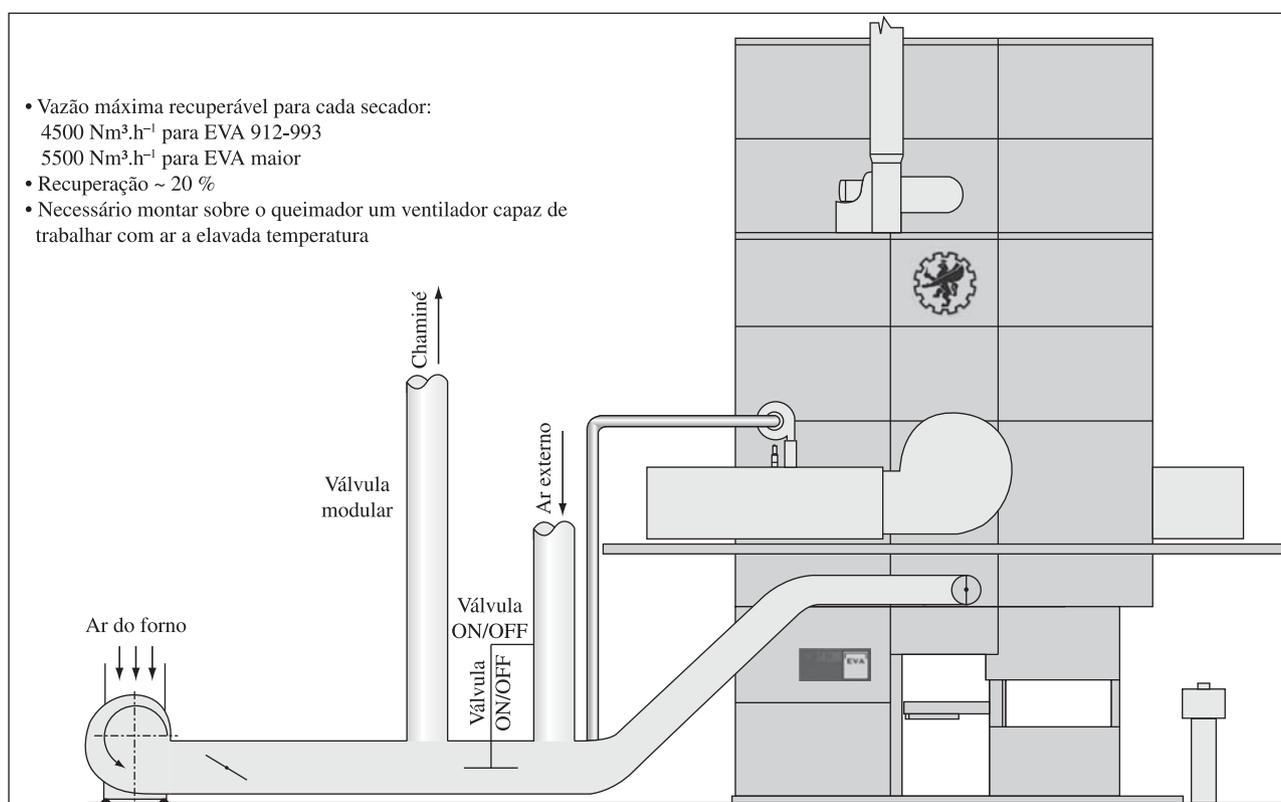


Figura 7. Recuperação de ar quente usado como ar de reintrodução e ar de combustão em um secador vertical.

- 4.500 Nm³.h⁻¹ com uma temperatura máxima de 200 °C para EVA 712 – 993;
- 5.550 Nm³.h⁻¹ com uma temperatura máxima de 200 °C para EVA maior.

A alimentação de ar é feita com tubos duplos inseridos na parede lateral e com uma tubulação que alimenta os ventiladores dos queimadores. Neste caso é necessário instalar sobre os queimadores ventiladores capazes de trabalhar com ar a alta temperatura. A quantidade recuperável é função da temperatura do ar quente disponível no secador, mas pode chegar a 8% no caso 1 e até 20% no caso 2.

Tratando-se de ar quente, sem outros poluentes, não é necessário nenhum tipo de purificação. No caso de interrupção do funcionamento dos secadores, o ar pode ser disperso diretamente na atmosfera. Por exemplo, considerando uma re-utilização em quatro EVA 983, usando ar quente, seja reintroduzido ou ar de combustão, e os seguintes dados de projeto – máxima vazão de ar quente recuperável para cada EVA983 = 5.500 Nm³.h⁻¹, temperatura do ar quente na entrada EVA983 = 150 °C, temperatura ambiente = 20 °C, gás Natural (p.c.i.) = 8.250 Nm³.h⁻¹ – obtém-se as seguintes vantagens econômicas:

- 214.000 Kcal.h⁻¹ para cada EVA 983 equivalentes a 26 Nm³.h⁻¹ de gás;
- Total de 104 Nm³.h⁻¹ que, considerando 18 horas de trabalho/dia durante 280 dias/ano, chega-se a uma economia anual de 524.160 Nm³.ano⁻¹ que, considerando o custo do gás de 0,3 €.Nm⁻³, equivalem a uma economia anual de 157.200 €.ano⁻¹.

As vantagens destes tipos de equipamentos são: retorno do investimento previsto dentro de dois anos e a não necessidade de manutenções extras.

4. Forno e Atomizador

A Sacmi também desenvolveu um sistema de recuperação térmica para o forno e atomizador. Esse sistema retira as emissões gasosas na saída da chaminé dos fornos e as redireciona, adequadamente tratadas, ao queimador do atomizador (Figura 8).

A utilização de um queimador especial permite direcionar uma maior quantidade de gases ao atomizador, tornando ainda maior a economia energética e, conseqüentemente, o retorno do investimento.

A aspiração dos gases pela chaminé se dá através de um ventilador centrífugo de alto rendimento posicionado entre o filtro manga e uma válvula de regulação da chaminé.

Uma tubulação, adequadamente isolada termicamente, direciona os gases (vapores) para um filtro manga onde o flúor é eliminado por

um reagente (óxido de cálcio hidratado). O filtro a manga é precedido por um dispositivo que faz a alimentação, estocagem e dosagem do reagente permitindo assim a eliminação quase que completa do flúor e considerável parte do enxofre e outros poluentes.

A característica deste filtro é a presença de mangas filtrantes resistentes a temperaturas elevadas (cerca de 250 °C), que possuem as seguintes vantagens:

- Simplificação de instalação devido à ausência de um trocador de calor;
- Redução de custos devido à ausência de um trocador de calor; e
- Disponibilidade de gases (vapor) a temperatura elevada (> 200 °C) na entrada do atomizador, proporcionando maior economia energética no atomizador.

Após a purificação, os gases (vapores) são enviados ao atomizador pelo ventilador de pressurização ou, no caso de interrupção do funcionamento do atomizador, estes são dispersos na atmosfera. Mesmo que não seja possível a recuperação de calor no atomizador, faz-se feita a purificação dos gases do forno. Todas as tubulações de conexão e o conjunto de filtros são adequadamente isolados para reduzir ao mínimo a diminuição de temperatura dos gases, contribuindo assim para o aumento da energia térmica recuperada. Tanto o ventilador de gases posicionado próximo à unidade filtrante como o ventilador de pressurização do atomizador são de elevado rendimento, e como são ligados através de um inversor, permitem reduzir ao mínimo o consumo elétrico.

Como exemplo, considerando uma recuperação em um atomizador com capacidade para evaporar 9.000 L.h⁻¹ (ATM90) com os seguintes dados de projeto – máxima vazão de ar recuperável = 38.250 Nm³.h⁻¹, potencial térmico usado de 6.930.000 Kcal.h⁻¹ (770 Kcal.L⁻¹ H₂O), temperatura do vapor (gases) no ingresso = 200 °C, Temperatura ambiente = 20 °C, gás Natural (p.c.i.) = 8.250 Nm³.h⁻¹ – obtém-se as seguintes economias:

- 2.065.500 Kcal.h⁻¹ correspondem a 250 Nm³.h⁻¹ de gás que equivalem a aproximadamente 30%;
- Considerando 22 horas de trabalho/dia por 330 dias/ano, representam uma economia anual de 1.815.000 Nm³.ano⁻¹;
- Assumindo o custo do gás a 0,3 €.Nm⁻³ tem-se uma economia de 544.500 €.ano⁻¹.

As vantagens destes tipos de sistema são: retorno do investimento previsto em dois anos, grande economia de combustível e a purificação dos gases do forno.

Como desvantagens tem-se a necessidade de manutenção e controles programados para monitorar os eventuais efeitos de corrosão ácida decorrentes da quantidade mínima de poluentes que não são retidos no filtro.

Recomenda-se combinar o sistema com atomizadores com filtros de mangas.