

ANÁLISE DA TROCA TÉRMICA EM UM TROCADOR DE CALOR COMPACTO COM VAZÃO PRÉ-ESTABELECIDO

MARCELO A. B. DA SILVA¹, PAULO C. MIORALLI²

¹ Graduando em Tecnologia em Mecatrônica Industrial, Bolsista PIBIFSP, IFSP, Câmpus Catanduva, marcelobotandasilva@gmail.com

² Doutor em Engenharia Mecânica, Docente, IFSP, Câmpus Catanduva, mioralli@gmail.com
Área de conhecimento (Tabela CNPq): 3.05.01.01-6 Transferência de Calor

Apresentado no
8º Congresso de Inovação, Ciência e Tecnologia do IFSP
06 a 09 de novembro de 2017 - Cubatão-SP, Brasil

RESUMO: A análise da troca térmica em um trocador de calor compacto rotativo cuja matriz apresenta canais lisos em formato circular foi realizada considerando-se a vazão de escoamento pré-estabelecida no equipamento. A porosidade do trocador, que leva em conta parâmetros como quantidade de canais e a espessura das chapas da matriz, influência de maneira direta no montante de calor trocado entre os gases circulantes no trocador e as chapas da matriz. A partir de valores de vazão pré-estabelecidos no equipamento, o montante de calor trocado foi calculado para diferentes valores de porosidade da matriz. O coeficiente de transferência de calor no equipamento foi obtido a partir de correlações para o Número de Nusselt. A quantidade de calor trocada foi obtida por meio do método Efetividade-NUT específico para regeneradores rotativos. Um programa computacional foi confeccionado para a simulação do trocador. Os resultados mostraram que, para ambas as correntes do trocador em escoamento laminar, há um determinado valor de porosidade a partir do qual o calor transferido no equipamento simulado diminui significativamente.

PALAVRAS-CHAVE: trocador de calor compacto, canal circular, simulação numérica.

HEAT TRANSFER ANALYSIS IN A COMPACT HEAT EXCHANGER WITH PRE-ESTABLISHED FLOW RATE

ABSTRACT: Heat transfer analysis in a rotary compact heat exchanger with circular ducts was performed considering the pre-established flow rate in the equipment. The porosity of the exchanger, which takes into account parameters such as number of ducts and the thickness of the matrix plates, directly influences the amount of heat transfer between the circulating gases in the exchanger and the matrix plates. From the pre-established flow rate values in the equipment, the amount of heat transfer was calculated for different matrix porosity values. The heat transfer coefficient in the equipment was obtained from correlations for the Nusselt Number. The amount of heat transfer was obtained using the Effective-NTU method specific to rotary regenerators. A computer program was prepared for the simulation of the exchanger. The results showed that, for both streams in the laminar flow, there is a porosity value from which the heat transfer in the simulated equipment decreases significantly.

KEYWORDS: compact heat exchanger, circular ducts, numerical simulation.

INTRODUÇÃO

Sistemas de recuperação de calor perdido geralmente envolvem grandes volumes de gás ou ar à pressão em torno da atmosférica, além de uma temperatura que pode ser superior a 950°C

(SAUNDERS, 1988). Coeficientes de transferência de calor para gases são baixos e, portanto, o equipamento tubular de transferência de calor torna-se grande considerando a área da superfície de troca térmica, o espaço e o peso. Um equipamento compacto e leve para aplicações semelhantes é o chamado regenerador rotativo, o qual é ideal para promover a troca térmica de calor entre dois gases com pressão em torno da atmosférica.

Supondo-se a espessura das chapas constante, a quantidade, o formato de seção transversal e o tamanho dos canais na matriz influenciam de maneira direta no calor total transferido no equipamento. A relação entre a quantidade e o tamanho de canais na matriz pode ser representada pelo parâmetro porosidade. Para vazões pré-estabelecidas no equipamento, se quantidade de canais for muito pequena, ou seja, canais com maiores áreas de seção transversal, há uma diminuição da área de troca térmica das chapas da matriz, minimizando a troca térmica no regenerador. Se a quantidade de canais for grande, isto é, canais com pequenas áreas de seção transversal, a tendência da troca térmica no trocador é aumentar. Neste trabalho, o montante de calor trocado foi calculado para diferentes valores de porosidade da matriz, considerando-se as vazões de ambas as correntes do trocador pré-estabelecidas. Um programa computacional foi confeccionado e um regenerador de pequeno porte com formato circular de seção transversal dos canais da matriz foi simulado.

MATERIAL E MÉTODOS

Segundo Saunders (1988), um típico regenerador rotativo é basicamente constituído por uma matriz porosa de rotação lenta com capacidade de armazenar energia. Um fluxo de gás passa axialmente através de um dos lados da matriz, enquanto que o outro gás passa axialmente através do outro lado, sendo os fluxos em sentidos opostos, de tal forma a ser um arranjo tipo contracorrente. A matriz rotaciona continuamente e o calor absorvido do fluido quente pela matriz em um dos lados é transmitido para o fluido frio do lado oposto. A Figura 1 ilustra o esquema de funcionamento de um regenerador rotativo, onde $T_{q,e}$ e $T_{f,e}$ são as temperaturas de entrada dos fluidos quente e frio, respectivamente.

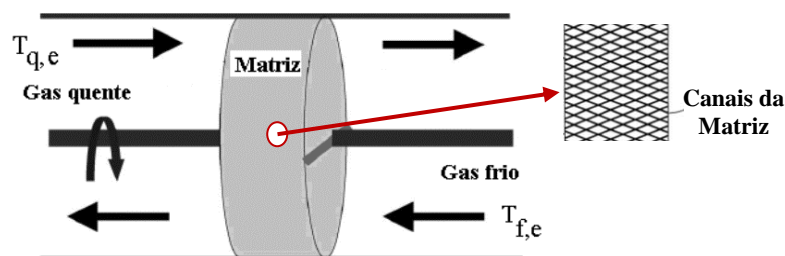


FIGURA 1. Esquema de funcionamento de um regenerador rotativo.

A porosidade σ do equipamento é definida como sendo a relação entre a área livre A e a área total A_T (a qual inclui a área de seção transversal das chapas da matriz). Se a porosidade é conhecida, por manipulações algébricas de parâmetros e equações envolvendo dados geométricos do regenerador, pode-se definir o raio hidráulico r_h dos canais do regenerador em função da porosidade e da espessura e da matriz. As equações a seguir mostram como são definidos a porosidade e o raio hidráulico.

$$\sigma = A/A_T ; \quad r_h = [\sigma/(1 - \sigma)](e/2) \quad (1)$$

A porosidade e o raio hidráulico são parâmetros interdependentes e exercem influência sobre a troca térmica neste trocador de calor. Uma vez conhecidas as características geométricas do regenerador, o calor transferido no equipamento pode ser calculado através do uso do método Efetividade-NUT para o regenerador rotativo (KAYS E LONDON, 1964), conforme equacionamento a seguir, sendo ε_0 a efetividade de um trocador contracorrente, ϕ_r o fator de correção devido à rotação da matriz, C_{min} a menor capacidade térmica dentre os gases e C_r a capacidade térmica da matriz, obtida a partir da velocidade rotacional n (rpm), da massa m_m e do calor específico c_m da matriz.

$$\varepsilon_r = \varepsilon_0 \varphi_r; \quad \varphi_r = 1 - \left(1/9C_r^{*1,93}\right); \quad C_r^* = C_r/C_{min}; \quad C_r = (n/60)m_m c_m \quad (2)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta as condições operacionais do equipamento simulado. A matriz foi considerada como sendo de alumínio 2024-T6. A Figura 2 apresenta o calor total transferido no regenerador em função da porosidade da matriz para ambas as correntes em regime laminar de escoamento. Observa-se na Figura 2 que a partir do valor de porosidade em torno de 0,4, o calor transferido Q (W) no equipamento começa a diminuir de forma mais significativa. Tomando como base o maior valor para o calor transferido, em torno de 26.000 W, nota-se que, para valores de porosidade inferiores a 0,4, a variação do calor transferido não é significativa. Para as porosidades de 0,4, 0,6, 0,8 e 0,9, os percentuais de queda no calor transferido foram, respectivamente, em torno de 4%, 15%, 48% e 73% em relação ao valor de $Q = 26.000$ W.

TABELA 1. Condições operacionais do regenerador rotativo simulado.

Comprimento (m)	Diâmetro (m)	Espessura (m)	Rotação (rpm)	Temperaturas de Entrada (°C)	Vazões mássicas \dot{m} (kg/s)
0,2	0,7	0,00035	8	$T_{f,e} = 20$	$\dot{m}_f = 0,92$
				$T_{q,e} = 50$	$\dot{m}_q = 0,86$

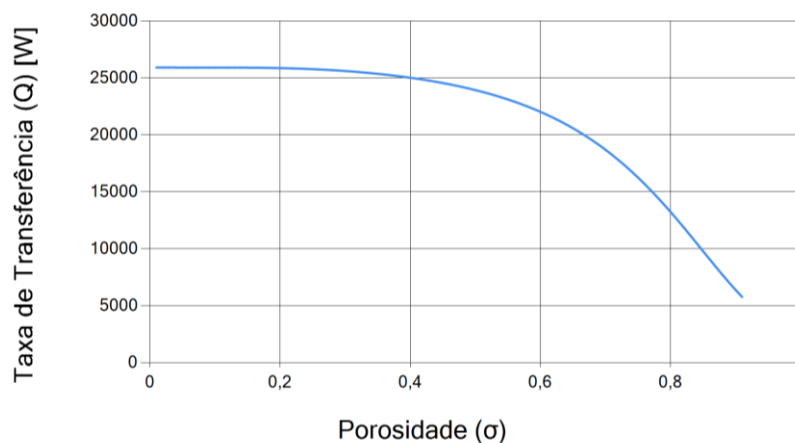


FIGURA 2. Calor transferido versus porosidade.

CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que, para ambas as correntes do trocador em escoamento laminar, há um determinado valor de porosidade a partir do qual o calor transferido no equipamento simulado diminui significativamente, sendo este valor em torno de 0,4 para o regenerador de pequeno porte simulado. Embora o montante de calor transferido para valores de porosidade inferiores a 0,4 seja significativamente maior, não se pode afirmar que estes resultados correspondam a um bom funcionamento do equipamento, uma vez que porosidades baixas podem incorrer em elevadas perdas de carga no trocador, implicando em uma maior potência de bomba e custos com energia para o seu funcionamento. Assim, como trabalho futuro é preciso realizar uma análise de perda de carga no trocador para a verificação do custo-benefício entre os parâmetros perda de carga e calor transferido em função da porosidade do equipamento.

REFERÊNCIAS

- KAYS, W. M., LONDON, A. L. Compact Heat Exchangers. Ed. McGraw-Hill, 3rd, New York, U.S.A, 1964.
- SAUNDERS, E. A. D. Heat Exchangers. Nova York: Longman Scientific & Technical, 1988.