

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR EM UM CILINDRO METÁLICO AQUECIDO INTERNAMENTE E SUBMETIDO A UM ESCOAMENTO CRUZADO EM TÚNEL DE VENTO

Jackeline Teresinha Santin Tomazoni e Neilor José Oliviecki, jacksantin@yahoo.com.br

URI - Universidade Regional Integrada, Curso de Engenharia Mecânica – E.M.
Campus II – RS 331, n° 345 – Bairro Demoliner CEP 99700-000, Erechim, RS.

RESUMO: Um cilindro é aquecido internamente por uma resistência elétrica e submetido a um escoamento cruzado de ar no interior de um túnel de vento, de modo a manter maior a temperatura da superfície do que a temperatura do escoamento, a transferência de calor por convecção ocorre da superfície do cilindro para o fluido que está escoando. Sob um conjunto específico de condições operacionais, nas quais a velocidade do fluido e as temperaturas do cilindro e do escoamento são medidas experimentalmente, faz-se o levantamento do coeficiente de transferência de calor convectivo, baseado na lei de resfriamento de Newton, ou através de parâmetros adimensionais correlacionados, tais como o número de Nusselt, Reynolds, e Prandtl do escoamento. Sendo assim, apresenta-se a determinação experimental de uma correlação empírica para a obtenção de número de Nusselt do escoamento de ar a temperatura ambiente sobre um cilindro aquecido internamente localizado no interior de um túnel de vento. Este trabalho tem como objetivo comprovar a eficiência das equações encontradas na literatura para este tipo de escoamento, e ter uma correlação apropriada para problemas de transferência de calor com escoamentos forçados.

PALAVRAS-CHAVE: transferência de calor, escoamento cruzado, geração de energia

ABSTRACT: A cylinder is heated internally by an electrical resistance and subjected to a cross flow of air inside a wind tunnel, in order to maintain the surface temperature higher than the temperature of the flow, heat transfer by convection occurs from the surface the cylinder to the fluid that is leaking. Under a specific set of operating conditions in which the fluid velocity and temperature of the cylinder and flow are measured experimentally, it is lifting the coefficient of convective heat transfer, based on Newton's law of cooling, or by related dimensionless parameters such as Nusselt number, Reynolds and Prandtl flow. Therefore, we present the experimental determination of an empirical correlation to obtain the Nusselt number of air flow at room temperature on an internally heated cylinder located inside a wind tunnel. This study aims to prove the efficiency of the equations in the literature for this type of flow, and have an appropriate correlation for heat transfer problems with forced flow.

KEYWORDS: heat transfer, cross drainage, power generation

INTRODUÇÃO

No presente trabalho analisa-se a transferência de calor por convecção que ocorre com o contato entre um fluido em movimento e uma superfície, estando os dois em diferentes temperaturas, onde o escoamento é causado por meio externo (túnel de vento), obtendo uma convecção forçada, com baixas velocidades e sem mudança de fase do fluido. Assim, pretende-se estimar, através de uma correlação matemática, o coeficiente de transferência de calor, como uma função das velocidades do escoamento no interior do túnel de vento e os coeficientes de transferência de calor do cilindro metálico para o escoamento cruzado.

METODOLOGIA

O número de Nusselt médio Nu relaciona o coeficiente médio de transferência de calor por convecção h Incropera *et al.*(2008). A ocorrência de transição na camada-limite, que depende do número de Reynolds. E o número de Prandtl, caracteriza a natureza do escoamento

para um determinado fluido.

Várias correlações podem ser obtidas para o número de Nusselt, Incropera *et al.*(2008). A correlação empírica proposta por Hilpert, considera condições média globais, Incropera *et al.*(2008). Outra correlação para cilindro circular em escoamento cruzado é a correlação proposta por Zukauskas, Incropera *et al.*(2008).

Procedimento experimental

Em um túnel de vento com variações de diâmetro ao longo do comprimento, é construído um aparato experimental para medições de parâmetros de transferência de calor por convecção para o escoamento forçado de ar a temperatura ambiente. Analisa-se o escoamento externo sobre um cilindro de cobre aquecido internamente por uma resistência elétrica, isolado nas extremidades, de modo que a transferência de calor não seja transmitida além da resistência, para o exterior do túnel. Assim, toda a energia colocada no cilindro (resistência elétrica) será dissipada para o ar. Onde foram medidos valores de transferência de calor para escoamentos de velocidades diferentes, observando o

escoamento cruzado em um cilindro metálico. Sendo que se observam também através da leitura das temperaturas na parede internas do cilindro, que as mesmas são diferentes para cada medição dos termopares, mesmo com o aquecimento uniforme do cilindro através da resistência elétrica, pois os termopares estão localizados nos pontos de estagnações dos (θ) ângulos, conforme Fig. 1.

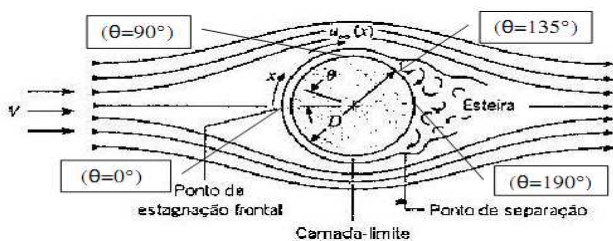


Figura 1. Formação e separação da camada limite sobre um cilindro circular em escoamento cruzado (Incropera *et al.* 2008)

Para a determinação das velocidades de escoamento através da medição de pressão precisa-se determinar a velocidade média do escoamento do duto a fim de determinar o número de Reynolds e o uso correto das correlações. A determinação das velocidades é feita através da tomada das pressões estática (p) e de estagnação (p_0), Fox *et al.* (2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cálculos obtidos na análise experimental de um escoamento externo forçado em um túnel de vento, em um cilindro circular aquecido internamente são apresentados no Quadro 1, a seguir:

| Dados | 1(20Hz) | 2(30Hz) | 3(40Hz) | 4(50Hz) | 5(60Hz) | Unidade |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| $V_{m\bar{=}}$ | 4,682 | 5,807 | 7,112 | 9,181 | 10,863 | m/s |
| $h=q/(2\pi RL)(T_s - T_{\infty})$ | 20,6384 | 28,009 | 31,1921 | 32,6774 | 31,1921 | $W/m^2.K$ |
| $Nu_{D,medido}$ | 134,87 | 160,39 | 188,83 | 231,92 | 265,55 | |
| $Log(Nu_{D,medido})$ | 2,13 | 2,205 | 2,27 | 2,36 | 2,42 | |
| Re | 45376,21 | 56279,28 | 68926,87 | 88978,85 | 105280,17 | |
| $Log(Re)$ | 4,65 | 4,75 | 4,84 | 4,95 | 5,02 | |
| T_{medido} | 53,250 | 45,5 | 44 | 43 | 43 | °C |
| T_{∞} | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | 21,2 | °C |
| Q | 6,64 | 6,64 | 6,64 | 6,64 | 6,64 | W |

Quadro 1. Resultados para os parâmetros de transferência de calor analisados

O número de Nusselt foi calculado da mesma forma utilizando os valores de Reynolds encontrados para escoamento sobre o cilindro, para as duas situações. Ao calcular a função logarítmica para Nu e Re , é possível a construção de um gráfico onde uma linha de tendência apontou a correlação para o escoamento analisado. A correlação encontrada por este trabalho, para o escoamento forçado sobre um cilindro aquecido internamente é apresentada na Eq. (1), onde se utiliza o Reynolds calculado sobre o cilindro.

$$\bar{Nu}_D = 14,3233 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad (1)$$

A curva encontrada aproximou-se da literatura para o escoamento turbulento. Observou-se que as condições de análise sobre o cilindro em um escoamento forçado não são diferentes das condições das correlações encontradas na literatura.

A Figura 2 demonstra a comparação entre a curva encontrada experimentalmente e as curvas apresentadas na literatura para cilindro circular em escoamento cruzado, como a correlação de Hilpert e a correlação de Zukauskas Incropera *et al.* (2008).

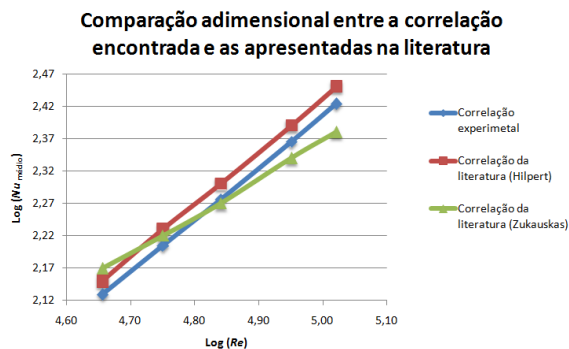


Figura 2. Comparação adimensional entre correlações de transferência de calor por convecção

CONCLUSÃO

O objetivo pelo qual se fez esta experiência, foi a fim de obter dados específicos para coeficiente de convecção h , para determinar uma correlação para Nu . Sendo que um dos objetivos do experimento também era encontrar o ponto de separação da camada limite, onde não foi possível se chegar a uma resposta positiva. Isso se deve ao diâmetro do cilindro ser muito pequeno e os termopares estarem localizados em distâncias pequenas entre eles e também a proximidade com a resistência e outro ponto com elevada importância, além da baixa precisão na leitura de dados pelo sistema de aquisição usado. Mesmo com dificuldades de visualização de diferentes temperaturas entre os termopares obtiveram-se bons resultados para o coeficiente de transferência de calor h . A correlação encontrada aproximou-se da literatura com boa concordância para escoamentos internos turbulentos sobre cilindro.

REFERÊNCIAS

- Fox, R.W., McDonald, A.T., Pritchard, P.J., 2006, "Introdução à mecânica dos fluidos", 6 ed. Rio de Janeiro, Brasil, Livros Técnicos e Científicos.
Incropera, F. P., Dewitt, D. P., Bergman, T. L., Lavine, A. S., 2008, "Fundamentos de transferência de calor e massa", 6 ed. LTC, Rio de Janeiro, Brasil.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Declaramos que os dados contidos neste artigo são verídicos e que experiências semelhantes podem comprovar os dados obtidos.