



universidade de aveiro
theoria poiesis praxis

UNIVERSIDADE DE AVEIRO
Licenciatura em Engenharia Aeroespacial
Termodinâmica e Transferência de Calor, 1.º Semestre, 2022/2023
2º Teste Teórico-Prático

Data: Terça-feira, 24 de janeiro de 2023

Duração da prova: 1h15 minutos, com consulta

Notas: 1. Leia a prova cuidadosamente antes de responder às questões que lhe são colocadas. Justifique convenientemente todas as suas respostas e opções tomadas.
2. Apresente os seus raciocínios de forma clara e concisa. Indique as suas respostas de forma legível e organizada. Não escreva a lápis nem utilize a cor vermelha.

Questão I (4 Valores)

Um tubo de liga de alumínio de paredes finas com um diâmetro de 2,5 cm é utilizado no transporte e aquecimento de um caudal de fluido hidráulico ($\rho = 895 \text{ kg/m}^3$; $c_p = 1827 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $\mu = 0.6 \text{ Kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$; $k = 0,14 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $Pr = 27500$) de 3 litros/minuto numa aeronave (Figura 1). O aquecimento do fluido (de uma temperatura de entrada $T_{IN}=8^\circ\text{C}$ para uma temperatura de saída $T_{OUT}=25^\circ\text{C}$) é assegurado por resistências elétricas capazes de gerar um fluxo de calor de 5 kW/m^2 enroladas em torno do tubo. Considera que as resistências elétricas estão distribuídas uniformemente na superfície do tubo e despreza os efeitos dos comprimentos de entrada (térmico e hidrodinâmico).

- a) Calcula ao longo de que comprimento deverão ser instaladas as resistências; (1 valor)
- b) Calcula as temperaturas alcançadas na parede do tubo junto dos bocais de admissão e expulsão do fluido e representa graficamente a evolução da temperatura do fluido e das paredes de alumínio em função da distância ao bocal de admissão de fluido; (2,5 valores)
- c) No sentido de diminuir o comprimento requerido para a montagem das resistências, é proposto aumentar em cerca de 10 vezes o fluxo térmico nas resistências. Sem recorrer a cálculos, comenta a viabilidade desta solução levando em linha de conta que a liga de alumínio utilizada na construção do tubo possui um limite de utilização de 350°C . Que medida alternativa poderias recomendar para encurtar o comprimento do tubo aquecido? (0,5 valores)



Figura 1

Questão II (3 valores)

As pás de uma turbina a gás (cuja secção transversal está representada em corte na Figura 2), com uma espessura de 3 mm, são fabricadas numa liga de titânio (Ti , $k_{Ti} = 24 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$) cujo limite de temperatura de utilização é 1450°C . As pás encontram-se expostas a gases de combustão a uma temperatura de 1600°C sendo o coeficiente convectivo de transferência de calor no exterior das pás de $800 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$. Para proteger as pás de temperaturas excessivas, as pás são ocas, sendo refrigeradas no interior - onde o coeficiente convectivo de transferência de calor é $100 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$ - por ar a 320°C e revestidas no exterior por uma camada de dióxido de zircónio (ZrO_2 , $k_{\text{ZrO}_2} = 2 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$).

- Para as condições apresentadas no problema, em regime estacionário e assumindo que a curvatura das pás é muito reduzida, calcula qual a espessura mínima de óxido de zircónio requerida para evitar que a liga de titânio alcance a sua temperatura limite; (1,5 valores)
- Calcula nas mesmas circunstâncias o gradiente de temperatura $\frac{dT}{dx}$ que ocorre na componente em titânio das pás da turbina; (1 valor)
- Sem alterar as condições externas que medidas recomendarias para reduzir ainda mais a espessura do revestimento de dióxido de zircónio nas pás da turbina? (0,5 valores)

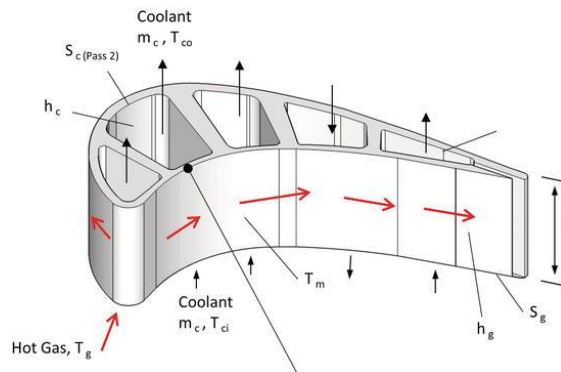


Figura 2

Questão III (3 valores)

Pretende-se projetar uma escotilha com $0,5 \text{ m}^2$ de área para uma nave a qual se encontrará exposta no exterior a uma temperatura de -50°C . A temperatura no espaço fechado no interior da nave é homogénea e igual a 22°C . As transmissibilidades dos dois tipos de vidro disponíveis para instalação nas escotilhas possuem as seguintes características:

$$\text{Vidro A: } \begin{cases} \tau_\lambda = 0 & \text{se } \lambda < 0,3 \mu\text{m} \\ \tau_\lambda = 0,8 & \text{se } \lambda \geq 0,3 \mu\text{m} \end{cases}$$

$$\text{Vidro B: } \begin{cases} \tau_\lambda = 0 & \text{se } \lambda < 0,4 \mu\text{m} \\ \tau_\lambda = 0,8 & \text{se } 0,4 \mu\text{m} \leq \lambda \leq 0,6 \mu\text{m} \\ \tau_\lambda = 0,4 & \text{se } \lambda > 0,6 \mu\text{m} \end{cases}$$

- Diz, justificando devidamente, qual o vidro que deverá ser selecionado para esta aplicação de forma a reduzir as perdas térmicas por radiação através da escotilha; (2 valores)
- contabiliza para o vidro selecionado quais as perdas térmicas por radiação em W através da escotilha. (1 valor)