3^a Lista - TCM

Prof. Rafael Gabler Gontijo - UnB

12 de maio de 2020

Questão 01

Um chip de silício isotérmico de largura $W = 20mm$ é soldado em um lado a um dissipador de calor de alumínio ($k = 180W/m.K$) de mesma largura. A base do dissipador de calor tem uma espessura $L_b = 3mm$ e uma matriz de aletas retangulares com comprimento $L_a = 15mm$. Uma corrente de ar à $T_\infty = 20^oC$ é mantida através dos canais formados pelas aletas e a placa de cobertura, e para um coeficiente de transferência de calor por convecção $h = 100W/m^2.K$, o espaçamento mínimo de aletas de 1.8mm é permitido pelas limitações de queda de pressão. A junção soldada possui uma resistência térmica de $R''_{t,c} = 2 \times 10^{-6} m^2.K/W$. A figura () ilustra o desenho esquemático do problema.

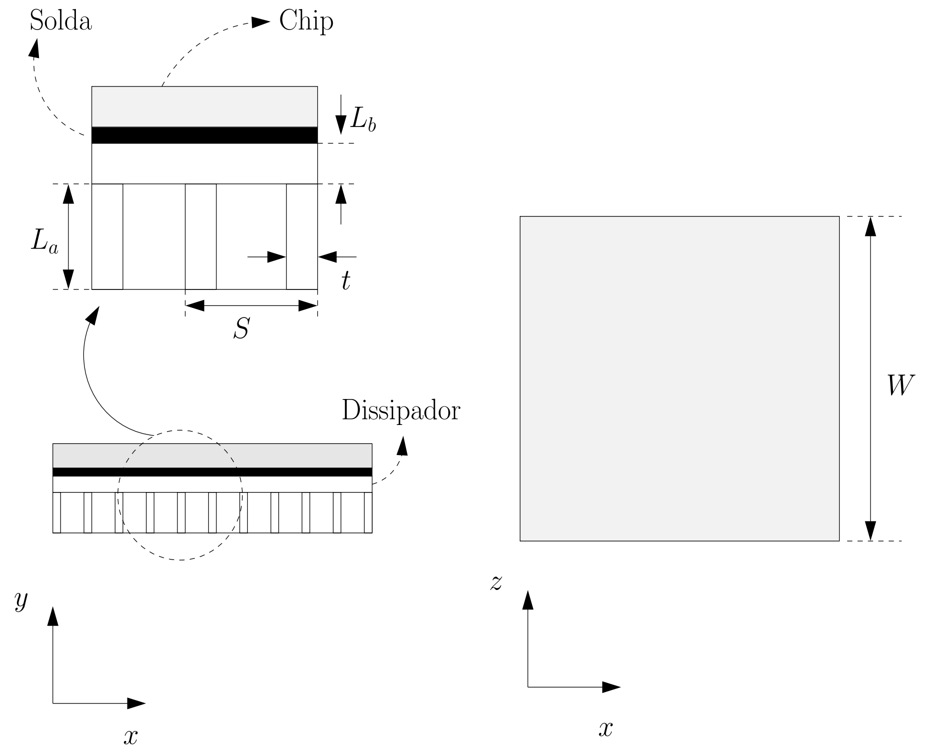


Figura 1: Figura esquemática da questão 2

Considere uma condição na qual a matriz possui $N = 11$ aletas. Para essa condição $t = 0.182mm$ e $S = 1.982mm$. Se a máxima temperatura permitida do chip é de $T_c = 85^oC$, qual é o valor correspondente da potência do chip q_c? A extremidade da aleta é adiabática. Por esse motivo, despreze a área da extremidade da aleta tanto para o cálculo de A_a quanto A_t. Qual seria o valor de q_c caso não houvessem as aletas? Despreze os efeitos condutivos na base de comprimento L_b do dissipador.

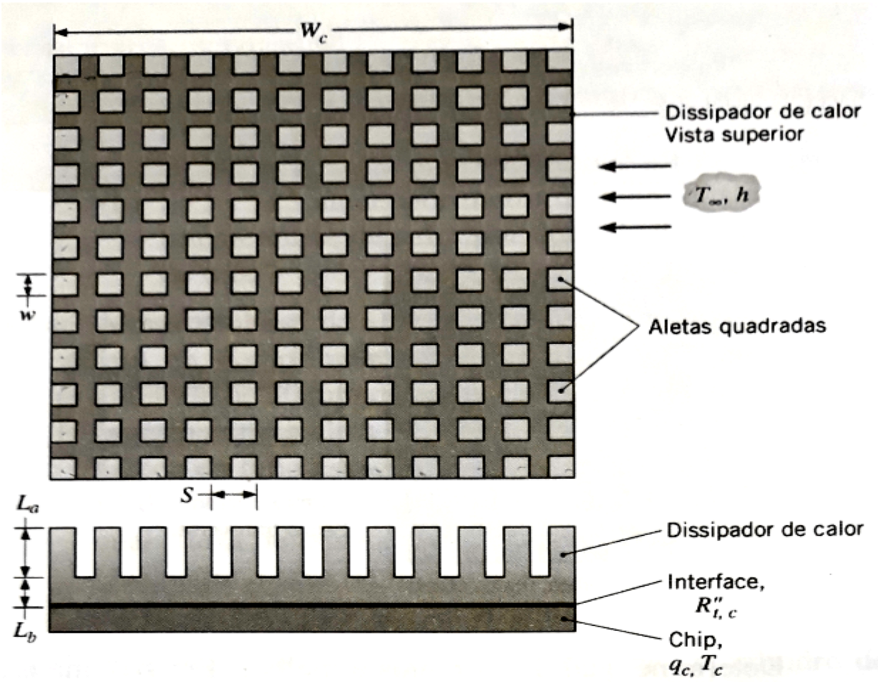
Fórmulas úteis para o desenvolvimento dessa questão

Aletas $\rightarrow q_t = \frac{\theta_b}{R_t}$, em que: $\rightarrow R_t = \frac{1}{hA_t\eta_0}$, $\eta_0 = 1 - \frac{NA_a}{A_t}\left(1 - \frac{\eta_a}{C_1}\right)$ e $C_1 = 1 + \eta_a h A_a \frac{R''_{t,c}}{A_{c,b}}$

Aleta retangular isolada $\rightarrow \eta_a = \frac{\tanh(mL_c)}{mL_c}$, com $L_c = L_a + \frac{t}{2}$, $m = \sqrt{\frac{hP}{kA_c}}$ e $P = 2(t + W)$

Questão 02

Considere um dissipador de calor formado por aletas quadradas de seção transversal uniforme num arranjo matricial de 12×12 aletas dispostas regularmente de acordo com a geometria ilustrada pela figura (2).



Esse dissipador é colocado sobre a superfície de um chip. Uma resistência de contato deve ser considerada para fins de modelagem das taxas de calor trocadas entre o chip e o dissipador. Considere um chip de largura $W_c = 16mm$ e condições nas quais o resfriamento é proporcionado por um líquido dielétrico com $T_\infty = 25^oC$ e $h = 1500W/m^2.K$. O dissipador é fabricado em cobre ($k = 400W/m.K$) e as dimensões características são $w = 0.25mm$, $S = 0.5mm$, $L_a = 6mm$ e $L_b = 3mm$. Se a união das aletas fornece uma resistência de contato $R''_{t,c} = 5 \times 10^{-6}m^2.K/W$ e a temperatura máxima do chip permissível é 85^oC, qual a máxima dissipação de potência do chip q_c? Considere que todo calor é transferido através do dissipador. **DICA:** seu circuito deverá ser composto por 3 resistências em série, uma para o contato, outra para a condução no espaçamento L_b e finalmente uma terceira resistência para as aletas.

Fórmulas úteis para o desenvolvimento da questão 2

Aletas $\rightarrow q_t = \frac{\theta_b}{R_t}$, em que: $\rightarrow R_t = \frac{1}{hA_t\eta_0}$, $\quad \eta_0 = 1 - \frac{NA_a}{A_t}(1-\eta_a)$

Aleta retangular isolada $\rightarrow \eta_a = \frac{\tanh(mL_c)}{mL_c}$, com $L_c = L_a + \frac{w}{2}$, $m = \sqrt{\frac{hP}{kA_c}}$ e $P = 4w$

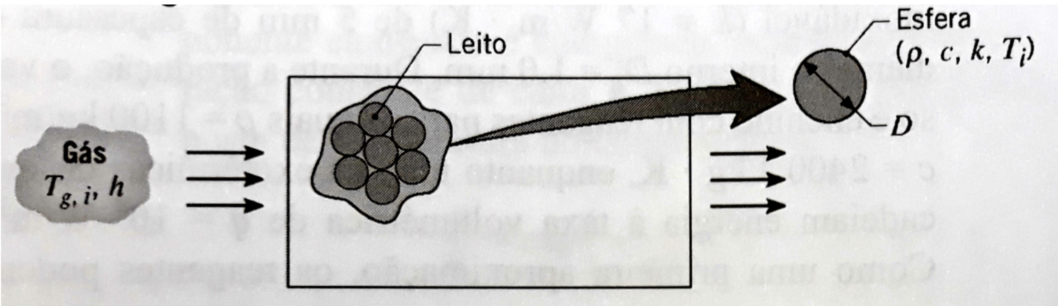
Questão 03

Um fio longo com diâmetro $D = 1mm$ está imerso em um banho de óleo à temperatura $T_\infty = 25^oC$. O fio tem uma resistência elétrica por unidade de comprimento de $R_e^{'} = 0.01\Omega/m$. Se uma corrente $I = 100A$ flui através do fio e o coeficiente de convecção é $h = 500W/m^2.K$, qual é a temperatura em regime estacionário do fio? A partir do tempo em que a corrente é aplicada, quanto tempo levará para o fio atingir uma temperatura que seja inferior em 1^oC ao valor do regime estacionário? As propriedades do fio são $\rho = 8000kg/m^3$, $C_p = 500J/kg.K$ e $k = 20W/m.K$. Nesse caso, considerando geração interna de energia devido à corrente passando pelo fio, a expressão para $T(t)$ é dada por:

$$T(t) = T_\infty + \frac{R_e^{'}I^2}{\pi hD}\left[1 - \exp\left(-\frac{4ht}{\rho C_p D}\right)\right] \tag{1}$$

Questão 04

Sistemas de armazenamento de energia térmica em geral envolvem leitos de esferas sólidas, através dos quais escoa um gás quente se o sistema estiver sendo energeticamente carregado ou um gás frio se o sistema estiver sendo descarregado do ponto de vista energético. No processo de carregamento, o calor transferido pelo gás quente aumenta a energia térmica armazenada nas esferas frias; durante a descarga, a energia armazenada diminui à medida que o calor é transferido das esferas aquecidas para o gás refrigerante. A figura a seguir ilustra esse esquemático.



Considere o leito com esferas de alumínio de 75mm de diâmetro ($\rho = 2700kg/m^3$, $c = 950J/kg.K$, $k = 240W/m.K$) e o processo de carregamento para o qual o gás entra na unidade de armazenamento a uma temperatura $T_\infty = 300^oC$ com um coeficiente convectivo $h = 75W/m^2.K$. Considere ainda que a temperatura inicial das esferas é $T_i = 25^oC$. Baseado nisso responda as perguntas abaixo.

- (a) Quanto tempo leva uma esfera próxima à entrada do sistema para acumular 90% da energia máxima possível? Estime também o número de Biot do problema e verifique a hipótese do uso do método da capacitância concentrada.
- (b) Considere agora que a esfera é feita de cobre ($\rho = 8933kg/m^3$,$c = 385J/kg.K$,$k = 401W/m.K$). Refaça seus cálculos e compare o tempo necessário para que a esfera de cobre atinja essa mesma temperatura. Esse tempo é maior ou menor que o tempo necessário para a esfera de alumínio?

Fórmulas úteis para o desenvolvimento da questão 4

Método da capacitância concentrada $\rightarrow \frac{\theta(t)}{\theta_i} = \frac{T(t)-T_\infty}{T_i-T_\infty} = \exp\left[-\left(\frac{hA_s}{\rho c V}\right)t\right]$

Número de Biot $\rightarrow Bi = \frac{hD}{k}$