EDITAL PROPEM 01/2020

GABARITO/PADRÃO DE RESPOSTAS

PROVA ESCRITA DE CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

Questão (1)

a) Para a resposta, o candidato precisa frisar sobre o ajuste das temperaturas em cada processo que ocorre no ciclo:

- O aumento da temperatura no processo de compressão deve ser o mínimo possível. Esta situação pode ser contornada inserindo trocadores de calor (*intercoolers*) entre os estágios de compressão. Porém, há também de se tomar cuidado pois os trocadores de calor possuem queda de pressão intrínseca. Então, deve-se selecionar a quantidade de estágios para inserir o trocador de calor de forma que não prejudique a eficiência do conjunto.
- A temperatura de entrada da turbina deve ser a maior possível. Porém, esta solução tem como problema principal os materiais que as palhetas (principalmente do primeiro estágio) da turbina a gás possui. O material das palhetas deve suportar os esforços devido à pressão (força normal), alta rotação (força centrípeta e de cisalhamento) e temperatura.

Além do ajuste de temperaturas, as eficiências de cada componente (compressor, câmara de combustão e turbina) do conjunto devem ser as maiores possíveis.

b) Para a resposta, o candidato deve lembrar de converter as temperaturas do diagrama T-s para Kelvin (27 ºC = 300,15 K e 1127 ºC = 1400,15 K). Com essas temperaturas e através da eficiência de Carnot já dá para saber a máxima eficiência do sistema:

$$\eta_{Carnot} = 1 - \left(\frac{T_f}{T_q}\right) = 1 - \left(\frac{300{,}15}{1400{,}15}\right) = 0{,}786 \; ou \; 78{,}6\%$$

Questão (2)

a) Equação de conservação da massa

$\frac{\partial}{\partial t}\int_{vc} \rho \, d\forall \equiv taxa\ de\ variação\ da\ massa\ no\ volume\ de\ controle$

$\int_{sc} \rho \vec{V} \cdot \vec{n} dA \equiv fluxo\ líquido\ de\ massa\ através\ da\ superfície\ de\ controle$

Equação de conservação da energia

$\frac{\partial}{\partial t}\int_{vc} e\, \rho d\forall \equiv taxa\ de\ variação\ da\ energia\ no\ volume\ de\ controle$

$\int_{sc} \left(u + \frac{V^2}{2} + gz\right) \rho \vec{V} \cdot \vec{n} dA \equiv$
$fluxo\ líquido\ da\ energia\ através\ da\ superfície\ de\ controle$

$\int_{sc} \left(\frac{p}{\rho}\right) \rho \vec{V} \cdot \vec{n} dA \equiv$
$fluxo\ líquido\ da\ potência\ de\ fluxo\ através\ da\ superfície\ de\ controle$

$\int_{sc} (\delta \dot{q} - \delta \dot{w})\, dA \equiv$
$taxa\ de\ transferência\ de\ calor\ e\ potência, através\ da\ superfície\ de\ controle$

$\dot{H}_T \equiv perda\ de\ potência\ devido\ ao\ efeito\ viscoso\ na\ tubulação$

b) hipóteses: regime permanente, propriedades constantes, escoamento uniforme através das seções de entrada e saída da superfície de controle, desprezar a diferença de altura entre a entrada e a saída não há troca de calor, desprezar a perda de potência devido ao efeito viscoso na tubulação.

Cálculo da potência no fluido:

$0 + \int_{sc} \rho \vec{V} \cdot \vec{n} dA = 0 \quad -\dot{m}_e + \dot{m}_s = 0 \Rightarrow \dot{m}_e = \dot{m}_s \ \Rightarrow \dot{m} = cte$

$$0 + \int_{sc} \left(\frac{p}{\rho} + 0 + \frac{V^2}{2} + 0\right) \rho \vec{V} \cdot \vec{n} dA = \int_{sc} (0 - \delta \dot{w})\, dA - 0$$

$$-\dot{m}_e\left(\frac{p}{\rho}+\frac{V^2}{2}\right)_e-\dot{m}_s\left(\frac{p}{\rho}+\frac{V^2}{2}\right)_s=-\dot{W}_b \qquad \dot{W}_b=\dot{m}\left(\frac{p_e-p_s}{\rho}+\frac{{V_e}^2-{V_s}^2}{2}\right)$$

$$V=\frac{Q}{A} \qquad V_s=\frac{4*0{,}05}{\pi*0{,}08^2}=9{,}95\,m/s \qquad V_e=\frac{4*0{,}05}{\pi*0{,}12^2}=4{,}42\,m/s$$

$$\dot{W}_b=0{,}05*980\left(\frac{(100-300)*10^3}{980}+\frac{4{,}42^2-9{,}95^2}{2}\right) \quad \Rightarrow \dot{W}_b=-11{,}95kW$$ potência no fluido

Cálculo da potência no eixo da bomba:

$$\eta_{motor}=\frac{\dot{W}_{eixo}}{\dot{W}_{motor}} \qquad \dot{W}_{eixo}=\eta_{motor}\dot{W}_{motor}=0{,}9*15*10^3 \qquad \dot{W}_{eixo}=13{,}5kW$$

Cálculo da eficiência da bomba

$$\eta_{bomba}=\frac{\dot{W}_{fluido}}{\dot{W}_{eixo}} \qquad \eta_{bomba}=\frac{11{,}95}{13{,}5} \qquad \eta_{bomba}=0{,}8852=88{,}5\%$$

Questão (3)

a) Metal duro da classe P.

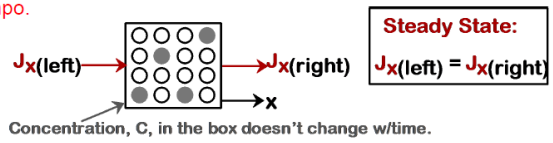
b) A condição que deverá ocorrer é aderência + escorregamento. O aço ABNT 1045 não possui elementos de livre conte que permitam que ocorra apenas o escorregamento, evitando assim a aderência e para ocorrer a aresta postiça de corte é necessário que o material contenha duas ou mais fases (condição atendida pelo aço ABNT 1045) e que a velocidade de corte seja baixa, mas a velocidade de corte escolhida elimina essa possibilidade.

Questão (4)

Item 4 A

Difusão em estado estacionário

• Estado estacionário: o perfil de concentração não varia com o tempo.



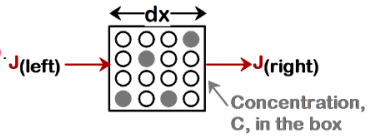
• Aplicando a primeira lei de Fick: $J_x = -D\frac{dC}{dx}$

• If $J_x)_{left} = J_x)_{right}$, então $\left(\frac{dC}{dx}\right)_{left} = \left(\frac{dC}{dx}\right)_{right}$

• Resultado: a inclinação, dC/dx, tem de ser constante, não varia com a posição!

Difusão em estado não estacionário

• Perfil de concentração, C(x), varia com o tempo.



• Para conservação de massa:

$$\frac{J(right) - J(left)}{dx} = -\frac{dC}{dt}$$

$$\frac{dJ}{dx} = -\frac{dC}{dt}$$

• Fick's First Law:

$$J = -D\frac{dC}{dx} \quad \text{or}$$

$$\frac{dJ}{dx} = -D\frac{d^2C}{dx^2} \quad \text{(if D does not vary with x)}$$

equate

• Equação resultante: $\frac{dC}{dt} = D\frac{d^2C}{dx^2}$

• Solução: $\frac{C(x,t) - C_o}{C_s - C_o} = 1 - \text{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$

"função erro" - Valores tabelados

Item 4.B – Determinação da temperatura do aço em °C

$C_{(x,t)}$ = 0,5%C
x=0,5mm
C_0=0,2%C
t=2h = 7200s
C_s=1,1%C
T(°C) ?

$(C_{(x,t)}-C_0)/(C_s-C_0) = 1-\text{erf}(Z)$

(0,5-0,2)/(1,1-0,2)=1-erf(Z)

erf(z)=0,6667

Z	erf(Z)	
0,65	0,642	
X	0,6667	x=Z=0,6845
0,7	0,6778	

$Z=x/2(Dt)^{1/2}$

$D=(x/2*Z)^2*1/t = (0,5*10^{-3}/2*0,6845)^2 *(1/7200)=1,8527*10^{-11}m^2/s$

Determinação do valor de T (^{O}C):

$D=D_0exp(-Q_D/RT)$

$T=-Q_D/Rln(D/D_O)$

$T=-148.000/[8,31ln(1,8527*10^{-11}/2,3*10^{-5})]$

T=1.269,25K=996,25°C