Questão 1

Padrão de Resposta Esperado

a) Potência transmitida ao eixo do tambor do guincho:

$P_{Guincho} = \eta vi = 0,8 \times 0,95 \times 24 \times 30 \Rightarrow P_{Guincho} = 547,2\ W$ **(valor: 4,0 pontos)**

b) Rotação do tambor:

$$N = \frac{N_{motor}}{r_{AB}.r_{CD}} = \frac{1.200}{3x4} \Rightarrow N = 100\,rpm$$ **(valor: 4,0 pontos)**

c) O redutor com engrenagens helicoidais teria um funcionamento mais suave e silencioso. **(valor: 2,0 pontos)**

Questão 2

Padrão de Resposta Esperado

a) Considerando que as duas principais funções do fluido de corte são resfriamento (refrigeração) e lubrificação, e que outra função muito importante do fluido de corte é a retirada de cavaco da região do corte, o graduando poderá descrever quaisquer duas dessas funções.

A refrigeração do corte tem por objetivo remover a grande quantidade de calor gerada pela deformação plástica do cavaco e pelo atrito entre as superfícies de contato do cavaco e da ferramenta e do contato entre a ferramenta e a peça.

A lubrificação do corte permite a redução do atrito entre as superfícies de contato cavaco-ferramenta-peça, reduzindo a geração de calor e os esforços necessários ao corte.

Em algumas operações de usinagem como, por exemplo, a furação, o fluido de corte tem um papel fundamental na remoção de cavacos evitando o entupimento dos canais helicoidais que podem levar à quebra da ferramenta. **(valor: 4,0 pontos)**

b) A rotação é calculada pela seguinte expressão:

$$n = \frac{1.000\ v_c}{\pi\ d}$$

onde v_c é a velocidade de corte, em m/min, e d é o diâmetro, em mm. Assim,

$$n = \frac{1.000 \times 25}{\pi \times 8} \Rightarrow n = 995\,rpm$$

A velocidade de avanço é calculada pela expressão:

$$v_f = f_z\ Zn$$

onde f_z é o avanço, em mm por dente, e Z é o número de dentes. Logo,

$$v_f = 0,02 \times 2 \times 995 \Rightarrow v_f = 39,8\,mm/min$$

O tempo de corte é dado por:

$$t_c = \frac{l_f}{v_f}$$

onde l_f é o comprimento do rasgo, em mm. Assim,

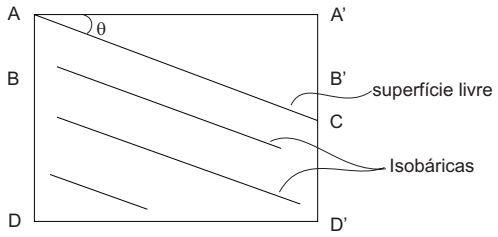
$$t_c = \frac{30}{39,8} \Rightarrow t_c = 0,754\,min = 45,2\,s$$ **(valor: 6,0 pontos)**

Questão 3

Padrão de Resposta Esperado

a) O ponto de máxima pressão nas condições especificadas é o ponto D, por ser o mais distante da superfície livre. **(valor: 3,0 pontos)**

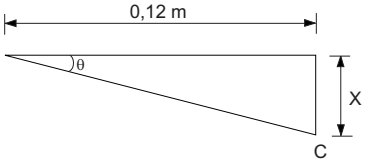
b) As linhas de pressão constante (isobáricas) em um reservatório com aceleração constante têm inclinação definida pela relação entre as acelerações.



O ângulo da superfície livre (isobárica onde $p = p_{atm}$) é definido pela sua tangente, isto é,

$$tg\,\theta = -\frac{a}{g} = -\frac{1}{10} = -0,1$$

Pelas condições especificadas, a superfície livre passa pelo ponto C, logo, como $tg\,\theta = -0,1$, tem-se:



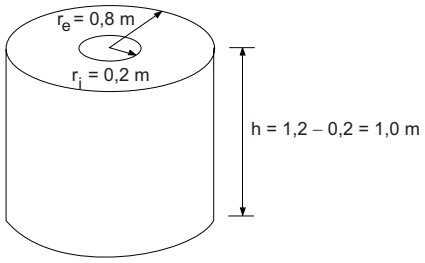
$$tg\,\theta = \frac{X}{0,12} = 0,1 \quad \Rightarrow \quad X = 0,012\,m$$

Assim, conforme mostrado na figura, a superfície livre passa pelo ponto A. **(valor: 7,0 pontos)**

Questão 4

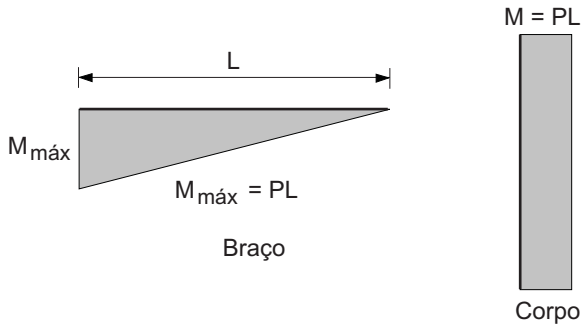
Padrão de Resposta Esperado

a) O volume de trabalho do manipulador será um cilindro vazado com as dimensões ilustradas na figura.



(valor: 4,0 pontos)

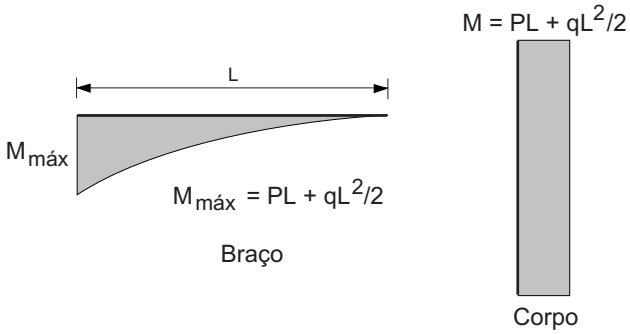
b) Considerando que a peça tenha peso P, os diagramas de momentos fletores do braço e do corpo do manipulador, na condição de deslocamentos v e u máximos, no plano vertical, ficam:



(valor: 4,0 pontos)

Outra alternativa da resposta

No caso de o peso distribuído (q) do braço ser considerado, os diagramas serão representados conforme a figura abaixo.



c) Os efeitos inerciais devem ser considerados quando os movimentos do braço apresentarem acelerações elevadas.

(valor: 2,0 pontos)

Questão 5

Padrão de Resposta Esperado

a) A pressão mínima na cabeça-de-poço deve ser igual à decorrente da coluna hidrostática de óleo no *riser*:

$P_{min} = \rho_{óleo}\, g\, h = 800 \times 9{,}81 \times (910 + 20)$

$P_{min} = 7.298.640\ N/m^2$ (74,4 kgf/cm^2) (pressão manométrica)

ou

$P_{min} = 7.399.400\ N/m^2$ (75,4 kgf/cm^2) (pressão absoluta) **(valor: 4,0 pontos)**

b) Peso total da amarra no ar:

$P = 1.236 \times 1.570 = 1.940.520$ N (197.810 kgf)

"Peso" total da amarra submersa:

$P_{sub} = P - E$

onde E é o Empuxo

$P_{sub} = P - (\gamma_{água} / \gamma_{aço})\, P = 1.940.520 \times (1 - 10/77) = 1.688.504$ N (172,1 tf)

Como P_{sub} é a componente vertical da força de tração T no ponto A, então:

$T = P_{sub} / \cos \alpha = 1.688.504 / \cos 30°$

T = 1.949.716 N (198,7 tf) **(valor: 6,0 pontos)**

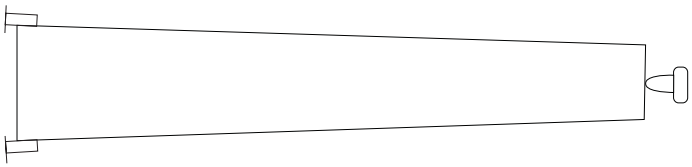
Questão 6

Anulada.

Questão 7

Padrão de Resposta Esperado

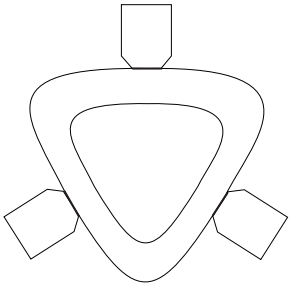
a) A peça terá uma superfície cônica, como ilustrado abaixo. Isto porque o carro porta-ferramenta (e, por conseguinte, a própria ferramenta) estará se deslocando com um certo ângulo em relação ao centro de rotação da peça. No início do corte, o diâmetro da peça será menor (mais material sendo usinado), aumentando progressivamente.



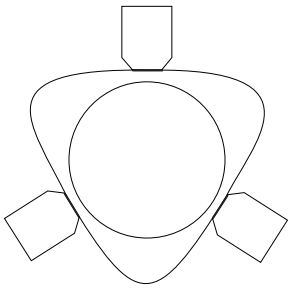
(valor: 5,0 pontos)

A peça pode também apresentar pequenas deformações, em sua forma final, devido aos esforços atuantes durante o processo de usinagem.

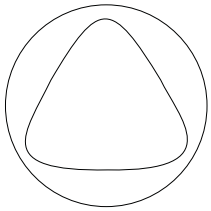
b) Antes do torneamento interno, esta peça, vista frontalmente de forma exagerada, corresponderá à ilustração abaixo (figura à esquerda), em que a fixação irá deformar o tubo, como ilustrado. Isto ocorre porque, ao efetuar-se a fixação, a peça deforma-se elasticamente, sob a ação das forças de fixação de cada castanha. Após o torneamento interno e antes de soltar a peça, o furo ficará cilíndrico, como mostrado na figura central abaixo. Ao serem soltas as castanhas, o material deformado elasticamente regride, resultando num furo com o formato ilustrado na figura abaixo, à direita. Podem, também, aparecer pequenas deformações plásticas localizadas, fazendo com que a geometria externa não fique exatamente circular.



Peça presa na placa de 3 castanhas, antes da usinagem.



Peça presa na placa de 3 castanhas, após a usinagem.



Peça usinada após ser solta da placa de 3 castanhas.

(valor: 5,0 pontos)

Obs.: Das figuras apresentadas, a terceira é a que corresponde à resposta correta. Entretanto, foram aceitas outras figuras, desde que representassem o que está descrito no texto acima.

Questão 8

Padrão de Resposta Esperado

a) A força máxima necessária para cortar o disco é calculada multiplicando a área de cisalhamento pela resistência ao cisalhamento do material:

$$F = A_s \tau_s$$

A área de cisalhamento é o produto do perímetro do disco pela espessura da chapa:

$$A_s = \pi dt$$

onde d é o diâmetro do disco e t, a espessura da chapa.

Assim,

$$F = \pi \times 30 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^{-3} \times 300 \times 10^{6}$$

$$F = 84.823 \text{ N} = 84{,}8 \text{ kN}$$ **(valor: 3,0 pontos)**

b) A energia consumida no corte é igual à redução na energia cinética do volante:

$$\Delta W = \frac{1}{2}.I.(\omega_i^2 - \omega_f^2) = \frac{1}{2}.I\left(\frac{\pi}{30}\right)^2.(n_i^2 - n_f^2)$$

sendo " ω " em radianos por segundos e "n", em rotações por minuto.

A redução na rotação do volante após o corte não deve exceder 20%, logo,

$$n_f = 0{,}8\, n_i$$

$$\Delta W = \frac{1}{2}.I.\left(\frac{\pi}{30}\right)^2.(n_i^2 - 0{,}64.n_i^2) = \frac{1}{2}.I.\left(\frac{\pi}{30}\right)^2.n_i^2\,(1-0{,}64)$$

$$\Delta W = 200 = \frac{1}{2} \times I \times \left(\frac{\pi}{30}\right)^2 \times 120^2 \times 0{,}36$$

$$I = 200 \times 2 \times \left(\frac{30}{\pi}\right)^2 \times \frac{1}{120^2 \times 0{,}36}$$

$$I = 7{,}036 \text{ kg. m}^2$$

Assim, o momento de inércia do volante da prensa disponível é suficiente para executar a operação. **(valor: 3,0 pontos)**

c) Em um processo convencional de corte de chapas, a determinação da folga adequada entre o punção e a matriz requer a consideração da espessura e do tipo de material da chapa que será cortada.

Uma folga pequena entre o punção e a matriz aumenta a energia e o esforço necessário para o corte.

Uma folga excessiva piora o acabamento da superfície cortada, propiciando a ocorrência de rebarba, e também tende a aumentar a energia necessária para o corte, devido à maior quantidade de material a ser deformada.

Portanto, uma folga inadequada entre o punção e a matriz prejudica o acabamento da superfície cortada, propiciando a ocorrência de rebarba e aumentando o esforço e a energia necessária para o corte. **(valor: 4,0 pontos)**

Questão 9

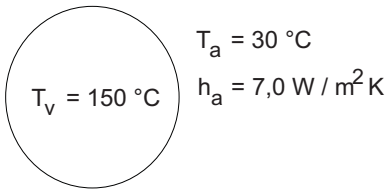
Padrão de Resposta Esperado

a) Na seleção de um isolante térmico, devem ser observados diversos fatores tais como:
- faixa de temperatura de trabalho;
- compatibilidade com certas condições de trabalho como, por exemplo, a indesejada absorção de umidade ou atmosfera com presença de substâncias químicas reagentes;
- normas de segurança de trabalho para alguns materiais tóxicos;
- espaço físico para colocação e manutenção;
- relação custo/benefício.

(valor: 2,0 pontos)

b) A economia diária de energia é determinada comparando-se as energias com e sem o isolante.

- Energia perdida através da tubulação sem isolamento térmico:



Tubulação sem isolamento

Perdas térmicas por convecção e radiação:

$$q_t = q_{convec} + q_{rad}$$

$$q_{convec} = A\, h_a\, (T_v - T_a)$$

$$q_{rad} = A\varepsilon\sigma(T_v^4 - T_a^4)$$

$$A = 2\pi rl = 2 \times \pi \times 0{,}05 \times 500 = 157\ m^2$$

$$q_{convec} = 157 \times 7{,}0 \times (423{,}15 - 303{,}15) = 131{,}9\ kW$$

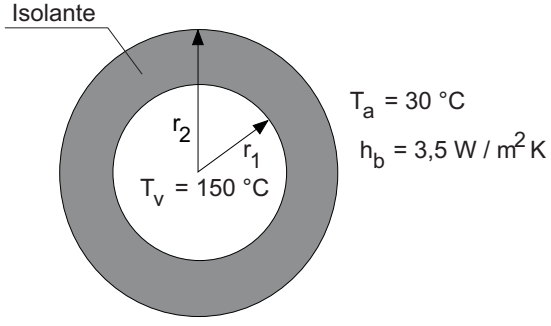
$$q_{rad} = 157 \times 0{,}9 \times 5{,}67 \times 10^{-8}\ (423{,}15^4 - 303{,}15^4) = 189{,}2\ kW$$

$$q_t = 321{,}1\ kW$$

Assim, a energia perdida em um dia para a tubulação sem isolamento (ESI) será:

$$ESI = 24 \times 3.600 \times q_t = 86.400 \times 321{,}1 \times 10^3 \quad \Rightarrow \quad ESI = 27.743\ MJ$$

- Energia perdida através da tubulação com isolamento térmico:



Tubulação com isolamento

Desprezando-se as trocas térmicas radiativas, as perdas através da tubulação com o isolamento serão determinadas pela expressão

$$Q_{ci} = \frac{(T_v - T_a)}{R_{eq}}$$

onde R_{eq} é a resistência térmica equivalente.

$$R_{eq} = \frac{\ln r_2 / r_1}{2\pi kL} + \frac{1}{2\pi r_2 L h_b}$$

$$R_{eq} = \frac{\ln (0,1/0,05)}{2x\pi x0,04x500} + \frac{1}{2x\pi x0,1x500x3,5} = 0,00552+0,00091$$

R_{eq} = 0,00643 W/ °K

Logo,

$$Q_{ci} = \frac{423,15-303,15}{0,00643} \Rightarrow Q_{ci} = 18,7kW$$

Portanto, a energia perdida em um dia para a tubulação com isolamento (ECI) será

ECI = 24 x 3.600 x Q_{ci} = 86.400 x 18,7 x 10^3 $\Rightarrow$ ECI = 1.616 MJ

Assim, a economia de energia diária (ECO) com a colocação do isolante será

ECO = ESI - ECI $\Rightarrow$ ECO = 26.127 MJ **(valor: 6,0 pontos)**

c) Como o custo do kWh é de R$ 0,10, tem-se

1kWh = 1.000 x 3.600 J = 3,6 MJ

Isto é, 3,6 MJ custam R$ 0,10.

Assim, a economia diária em reais (EDR) será:

$$EDR = \frac{26.127x10^6 x0,10}{3,6x10^6} = 725,75 \text{ reais}$$

Para um custo de R$ 60.000,00, a amortização será obtida em:

$$ND = \frac{60.000,00}{725,75} = 82,67 \text{ dias} \Rightarrow ND = 83 \text{ dias}$$

(valor: 2,0 pontos)

Questão 10

Padrão de Resposta Esperado

a) A velocidade de aproximação (imediatamente antes do choque) é de 50 km/h. Pela análise das curvas de resposta fornecidas, verifica-se que na combinação (1) a velocidade de afastamento (retorno) é de 30 km/h, e, portanto, o coeficiente de restituição será:

$e_1 = - (-30)/50 = 0,6$ (Choque inelástico)

Para a combinação (2) a velocidade de retorno é de 50 km/h; logo, o coeficiente de restituição vale:

$e_2 = - (-50)/50 = 1$ (Choque perfeitamente elástico) **(valor: 4,0 pontos)**

b) Em um choque real, há perda de energia. Para este tipo de colisão, a velocidade de retorno é menor do que aquela anterior ao impacto, devido a esta perda. Pela análise das curvas de resposta, verifica-se que, na combinação (1), na qual o coeficiente b = 20.000 N/m/s, a velocidade de retorno é de, aproximadamente, 30 km/h. Portanto, a combinação (1) é a que representa mais realisticamente uma colisão veicular, um choque inelástico. **(valor: 6,0 pontos)**

Classificação das Questões e dos Itens

QUESTÃO E ITEM	NÍVEL DE DIFICULDADE ESTIMADO	TEMPO ESTIMADO DE RESOLUÇÃO	ÁREA
1	fácil	15 min.	Sistemas Mecânicos
a)	fácil	5 min.	
b)	fácil	5 min.	
c)	fácil	5 min.	
2	fácil	15 min.	Materiais e Processos de Fabricação Mecânica
a)	fácil	5 min.	
b)	fácil	10 min.	
3	fácil	15 min.	Termociências
a)	fácil	10 min.	
b)	fácil	5 min.	
4	fácil	20 min.	Sistemas Mecânicos
a)	fácil	5 min.	
b)	fácil	10 min.	
c)	fácil	5 min.	
5	médio	25 min.	Termociências
a)	fácil	10 min.	
b)	médio	15 min.	
6	médio	20 min.	Termociências
a)	fácil	10 min.	
b)	médio	10 min.	
7	médio	25 min.	Sistemas Mecânicos/ Materiais e Processos de Fabricação Mecânica
a)	fácil	10 min.	
b)	difícil	15 min.	
8	médio	25 min.	Sistemas Mecânicos/ Materiais e Processos de Fabricação Mecânica
a)	fácil	5 min.	
b)	médio	10 min.	
c)	médio	10 min.	
9	difícil	25 min.	Termociências
a)	fácil	5 min.	
b)	difícil	15 min.	
c)	fácil	5 min.	
10	difícil	25 min.	Sistemas Mecânicos
a)	fácil	10 min.	
b)	difícil	15 min.	