



CONCURSO DE PROVAS E TÍTULOS DO MAGISTÉRIO SUPERIOR
EDITAL Nº 377 DE 25/05/2022, PUBLICADO NO DOU Nº 102 DE 31/05/2022
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA – SETOR DE FABRICAÇÃO – VAGA
MC-025

QUESTÕES PROVA ESCRITA

Conforme o Inciso III do Artigo 35 da Resolução nº 15/2020 do CONSUNI, seguem as questões da Prova Escrita:

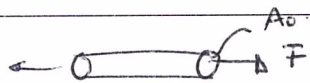
1. Explique a razão pela qual o ensaio de tração uniaxial de uma barra cilíndrica de aço apresenta instabilidade plástica.
2. Considere o processo de forjamento a frio de uma barra de aço de seção transversal retangular entre ferramentas rígidas sob condições de deformação plana com efeitos de atrito. Em seguida, estabeleça um método de cálculo para previsões da pressão de contato e esforço.
3. Quais são os fenômenos físico-químicos que causam o desgaste de uma ferramenta de usinagem? Em que níveis de velocidade de corte cada um deles acontece? Por quê? Relacione os tipos (formas) de desgaste da ferramenta de usinagem com os fenômenos causadores de desgaste.
4. O que é vida de uma ferramenta de usinagem? Quais são as formas que podem ser utilizadas para se detectar o fim da vida de uma ferramenta, direta e indiretamente, em um processo produtivo?

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO
	VE1824

$\sigma = \epsilon E$ Na elástica.

RESPOSTA QUESTÃO 1

Ⓢ



Durante o processo de tensão uniaxial

a peça inicial / terá uma deformação

elástica e posteriormente uma deformação plástica. Porém

há um ponto no processo de deformação onde ocorre

a estricção. Isto é a área da seção transversal é considerável /

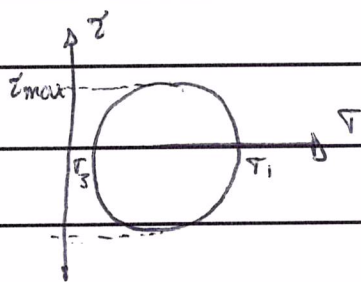
diminuída criando um estado de tensão nesse ponto

diferente ao previsto inicialmente. ($\sigma_1 > 0, \sigma_2 = \sigma_3 = 0$)

Segundo o critério de Tresca, um material escoou quando o

estado tensões produz uma tensão cisalhante igual a uma

tensão cisalhante máxima do material.



Por convenção as tensões

principais $\sigma_1 > \sigma_2 > \sigma_3$.

Assim pelo círculo de Mohr.

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

No ensaio de tração uniaxial $\sigma_1 > 0$ e $\sigma_2 = \sigma_3 = 0$.

Assim, $\tau_{max} = \frac{\sigma_1}{2} = k$

No escoamento:
 $\tau_{xy} = 2k$ pois $\sigma_1 = \sigma_y$.

PROVA ESCRITA
28/11/2022

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO

VE1824

RESPOSTA QUESTÃO 1

②

Porém quando acontece o fenômeno de estirção, o estado de tensões muda produzindo instabilidade.

A deformação plástica é produzida pela componente desviadora do tensor de tensões, pela energia de distorção. Já a componente hidrostática produz única / deformação volumétrica e não produz nenhum efeito de deformação plástica.

$$P = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3} \Rightarrow P = \frac{\sigma_1}{3}$$

A componente de pressão hidrostática produz def. volumétrica e não def. plástica.

Como o tensor de tensão é de composto é uma componente. P hidrostática e uma desviadora. S, de modo q $T = P + S$.

Então:

$$S = T - P$$

$$S = \sigma_1 - \frac{\sigma_1}{3} \Rightarrow S = \frac{2}{3} \sigma_1$$

S é a componente q produzirá a deformação plástica na barra.

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO
	VE18R4

RESPOSTA QUESTÃO 1

3

A deformação volumétrica $\Delta = \epsilon_1 + \epsilon_2 + \epsilon_3$ produzida pelo componente hidrostático será:

$$\Delta = \epsilon_1 + \nu \epsilon_2 - \nu \epsilon_3 \Rightarrow \Delta = \epsilon_1 (1 - 2\nu)$$

A energia de distorção U^D q produzida o def. plástico.

$$U = \frac{(1 + 6\nu)}{E} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2]$$

$$U = \frac{(1 + 6\nu)}{E} (\sigma_1^2 + \sigma_1^2) \Rightarrow U = \frac{(1 + 6\nu)}{E} 2\sigma_1^2$$

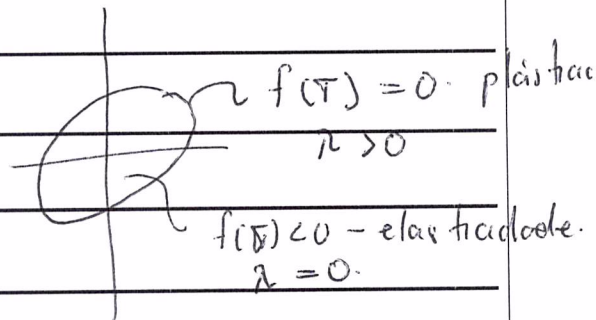
→ Pela lei da normalidade.

$$\epsilon = \lambda \sigma$$

$$\epsilon = \lambda \frac{2\sigma}{3}$$

$$\epsilon = \lambda \frac{2}{3} \sigma$$

$$\epsilon = \lambda \frac{2\sigma}{3}$$



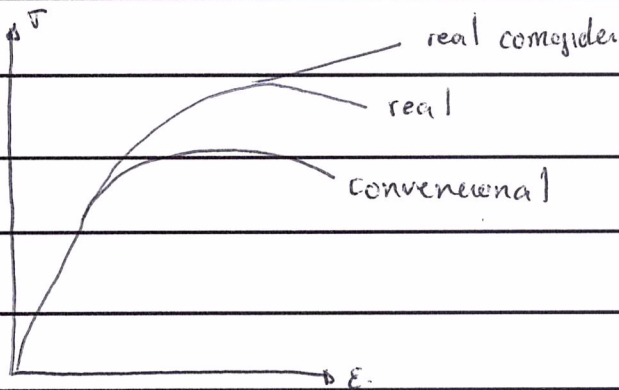
$$\epsilon = \lambda \frac{2\sigma}{3}$$

PROVA ESCRITA
28/11/2022

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO

VE1824.

RESPOSTA QUESTÃO



$$\sigma_c = \frac{P}{A_0} \quad e = \frac{\Delta l}{l}$$

$$\sigma_r = \frac{P}{A} \quad \epsilon_r = \ln\left(\frac{l_f}{l_0}\right)$$

$$\frac{\sigma_c}{\sigma_r} = \frac{P/A_0}{P/A}$$

Pelo $V = A_0 l_0 = A_f l_f \Rightarrow \frac{l_f}{l_0} = \frac{A_0}{A_f}$

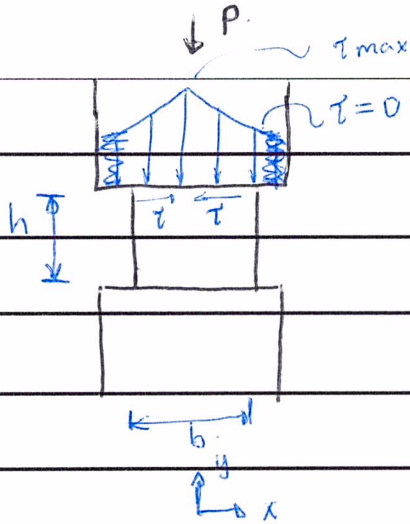
PROVA ESCRITA
28/11/2022

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO

VE1824

RESPOSTA QUESTÃO 2

1

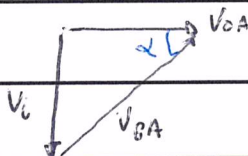
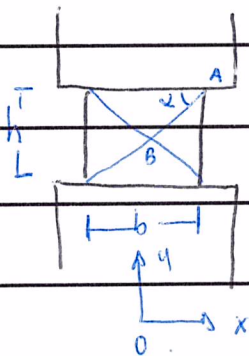


As tensões aumentam no centro do material ao longo de b e da largura w . Também

As tensões cisalhantes devida ao atrito agem no sentido de impedir o escoamento do material. Assim, segundo o critério de Coulomb, $\tau = \mu P$. É possível dizer

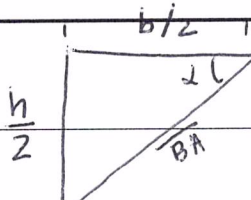
que a distribuição de tensões ao longo da barra tem o mesmo comportamento que da tensão P , sendo igual a zero nos extremos.

Será implementado o método do limite superior para determinar P , propondo a seguinte configuração para estabelecer o campo de velocidades admissíveis.



A vel V_0 somado à vel.

V_{BA} vai produzir a vel V_{0A} .



$$\tan \alpha = h/b$$

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO
	VE1824

RESPOSTA QUESTÃO 2

②

do campo de velocidades:

$$\rightarrow \text{Sen } \alpha = \frac{V_i}{V_{BA}} \Rightarrow \boxed{V_{BA} = \frac{V_i}{\text{sen } \alpha}}$$

$$\rightarrow \text{tan } \alpha = \frac{V_i}{V_{OA}} \Rightarrow \boxed{V_{OA} = \frac{V_i}{\text{tan } \alpha}}$$

Para calcular os segmentos, do triângulo geométrico:

$$\rightarrow \boxed{\overline{OA} = b/2}$$

$$\rightarrow \text{Sen } \alpha = \frac{h/2}{BA} \Rightarrow \boxed{BA = \frac{h}{2 \text{sen } \alpha}}$$

$$\Rightarrow N_{ext} = N_{int}$$

Igualando as potências.

$$F_{ext} V_{ext} = \sum_{i=1}^n \tau_i V_i$$

Calculando N_{ext}

$$\boxed{P_b W V_i = N_{ext}}$$

Calculando N_{int}

$$N_{int} = (\tau \overline{AO} W V_{AO} + k \overline{BA} W V_{BA}) 2 \quad (\text{simétrica})$$

Fazendo $\tau = mk$ pelo critério de Seibel.

PROVA ESCRITA
28/11/2022

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO

VEI 824.

RESPOSTA QUESTÃO 2

③

$$N_{int} = k_w \left(\frac{m \cdot b}{2 \tan \alpha} v_i + \frac{h}{2 \sin \alpha} \cdot \frac{v_i}{\sin \alpha} \right) \times 2 \text{ simetria}$$

$$N_{int} = k_w v_i \left(\frac{m \cdot b}{2 \tan \alpha} + \frac{h}{2 \sin^2 \alpha} \right) \cdot 2.$$

Lembrando q' $\tan \alpha = h/b \Rightarrow \boxed{h = b \tan \alpha}$.

$$N_{int} = k_w v_i \left(\frac{m \cdot b}{2 \tan \alpha} + \frac{b \tan \alpha}{2 \sin^2 \alpha} \right)$$

$$N_{int} = k_w v_i \left(\frac{m \cdot b}{\tan \alpha} + \frac{b}{\sin \alpha \cos \alpha} \right)$$

Iguando N_{ext} e N_{int} .

$$P \cdot b / w v_i = k_w v_i b \left(\frac{m}{\tan \alpha} + \frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha} \right)$$

$$P = k \left(\frac{m}{\tan \alpha} + \frac{1}{\sin \alpha \cos \alpha} \right)$$

$$P = \frac{2k}{2} \left(m \cos^2 \alpha + 1 \right) \Rightarrow \boxed{P = 2k \left(\frac{m \cos^2 \alpha + 1}{\sin^2 \alpha} \right)}$$

$$0 < \alpha < \pi/2.$$

PROVA ESCRITA
28/11/2022

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO

VE1824

RESPOSTA QUESTÃO 2

④

Devido a q) vários campos de velocidades podem ser apresentados para uma mesma situação, existem \neq soluções para o caso de ^{estado} pelo método do limite superior. A melhor solução será a q) apresentar um valor menor, assim será o limite superior mínimo possível.

Integrando o valor de P pode-se achar a carga aplicada e dividindo este valor pela área a carga média aplicada no processo de forjamento.

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO
	VEI 8 24

RESPOSTA QUESTÃO 3

①

Formas de desgaste na fta de usinagem.

+ Desgaste de flanco: é o desgaste que acontece na superfície de folga da fta devido ao atrito na interface peça-ferramenta. É o tipo de desgaste mais comum nas ferramentas de corte e é produzido principal/ pelo mecanismo de abrasão.

+ Desgaste de cratera: é o desgaste q acontece na superfície de saída da ferramenta devido ao contato de atrito na interface ferramenta - cavaco. Pode não acontecer em alguns casos, principal/ quando usa-se uma fta cerâmica ou com revestimento cerâmico, e quando o material da peça usinada é frágil e produz cavacos curtos q diminuem o atrito com a ferramenta. Mecanismo: difusão.

+ Desgaste de entalhe: Em algumas ocasiões pode acontecer desgaste nas extremidades de contato fta-peça, conhecido como desgaste de entalhe. q afeta a ponta de corte da fta. O mecanismo associado a este tipo de desgaste é a oxidação.

Quando o desgaste de flanco encontra o desgaste de cratera

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO
	VEI 824

RESPOSTA QUESTÃO 3

acontece a quebra da ferramenta de corte. ②

Mecanismos de desgaste:

- **Abrasão mecânica:** as partículas duras ^{da peça.} produzem o desgaste da ferramenta por abrasão. Este mecanismo é o principal mecanismo do desgaste de flanco. O aumento da Vel. de corte aumenta a temperatura, pelo q a dureza da fter é diminuída e isto promove o desgaste por abrasão. Para evitar isso deve-se selecionar adequada / a ferramenta com uma dureza a quente adequada para o processo de usinagem e trabalhar com Vc menores.

- **Arestas pastosas de corte (APC):** Quando a usinagem é realizada a baixas Vc pelas elevadas pressões de contato pode-se formar a APC. Isto é, o material já removido pode soldar na aresta de corte, formando uma aresta pastosa de corte q com o processo encrua e aumenta sua resistência, porém quando esta aresta pastosa é arrancada, pelo próprio processo de usinagem, leva partículas aderidas da fter provocando o seu desgaste. Este desgaste acontece principal / na superfície de folga da ferramenta. Já a superfície de saída é protegida pela APC. Para evitar este fenômeno a Vel. de corte (Vc) deve ultrapassar uma Vc crítica a partir da qual

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO
	VE18D4

RESPOSTA QUESTÃO 3

não acontece mais o fenômeno da APC. ③

- **Difusão:** Quando há afinidade química entre o material da ferramenta (f) e da peça, partículas dos elementos da peça migram (são difundidos) para a fta, provocando uma instabilidade química q resulte em reações formadoras de compostos q são geral / menos duros q a fta. Quando estes compostos são arrancados da fta, levam partículas da fta, provocando seu desgaste. Este mecanismo acontece principal / na superfície de saída da fta, pelo q é o principal mecanismo de desgaste de cratera. Pois nesta superfície há um maior tempo de contato fta-cavaco, q temperatura o q favorece a difusão. O aumento da Vc aumenta a temperatura no processo pelo q favorece a difusão. O mecanismo de desgaste pode ser evitado usando uma ferramenta quimicamente estável em relação à peça. Ferramentas cerâmicas, com revestimento cerâmico evitam o fenômeno da difusão.

- **Oxidação:** A presença de água e ar nos fluidos de corte favorece a formação de óxidos, q geral / são menos resistentes e, portanto, fácil / arrancados, produzindo desgaste. Esta oxidação acontece normal / nos extremos do contato peça-cavaco e promove o desgaste de entalhe.

PROVA ESCRITA
28/11/2022

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO

VE1824

①

RESPOSTA QUESTÃO 4

A vida útil da ferramenta refere-se ao tempo de trabalho da ferramenta no qual esta encontra-se em condições adequadas para produzir uma peça dentro dos padrões de acabamento superficial e tolerâncias dimensionais requeridas. O desgaste é inerente ao processo de usinagem. O desgaste é a perda contínua de ^{micro}partículas da fter, isto muda a aresta de corte da fter, a qual é contraída, a ponta arredondada pelo desgaste progressivo, afetando a qualidade da peça e podendo levar à quebra da ferramenta. Como o desgaste começa assim a fter entra em contato com a peça durante o processo de usinagem, e ele vai progredindo com o tempo de corte da fter ou tempo da ferramenta em serviço, existe um "nível" crítico de desgaste. Abaixo deste valor a fter é considerada ainda dentro de um nível aceitável de desgaste e acima deste valor o desgaste cresce rapidamente levando a ferramenta à quebra num período de tempo curto, pelo q não é recomendado trabalhar num nível de desgaste acima deste valor. Assim, este ponto crítico determinará o tempo de vida útil da ferramenta.

É possível observar este valor na curva da vida útil da ferramenta q mostra o desgaste em função do tempo para uma dada vel. de corte.

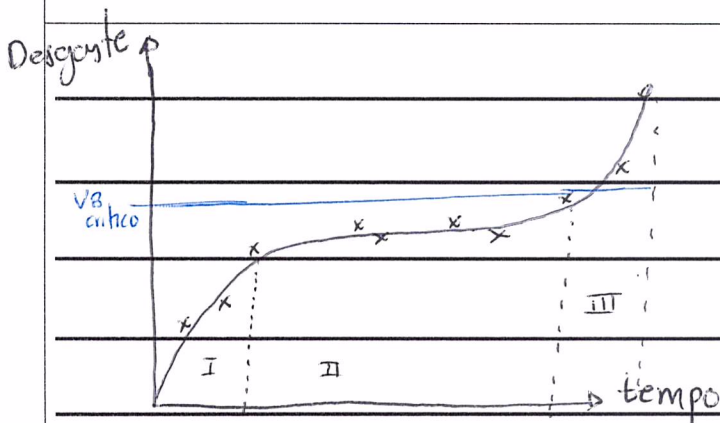
PROVA ESCRITA
28/11/2022

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO

VE1804

②

RESPOSTA QUESTÃO 4



Inicial/ o desgaste aumenta rapidamente com o tempo de uso da ferramenta III. Posterior/ o desgaste tende à estabilização na região II, na qual há um pequeno ↑ do desgaste com o tempo

porém, depois de um certo tempo de uso e severidade do desgaste na última região da curva de vida da fter III o desgaste aumenta consideravelmente em pouco tempo, levando à quebra rápida da fter.

Por este razão recomenda-se trabalhar ligeiramente acima do valor de desgaste estável, até um valor até V_g crítico. Desta forma, garante-se o máximo tempo de vida da fter sem o risco de quebra da mesma

A curva da vida da fter depende das condições de usinagem V_c, f, a_p , materiais, etc. Ou seja q a vida da ferramenta depende das condições de usinagem utilizadas.

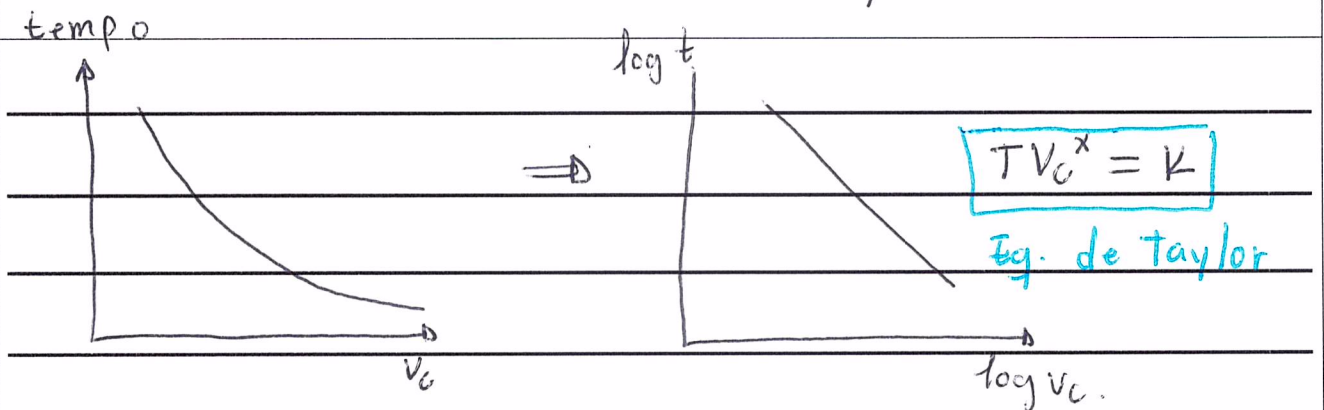
A curva tempo V_s Vel. de corte obtida para uma dada condição e valor de desgaste, permite obter relações importantes com a Vel. de corte, para determinar a vida da ferramenta.

Taylor foi um pioneiro neste tipo de estudos, e propôs uma expressão muito útil e conhecida a amplamente usada.

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO
	VE1824

3

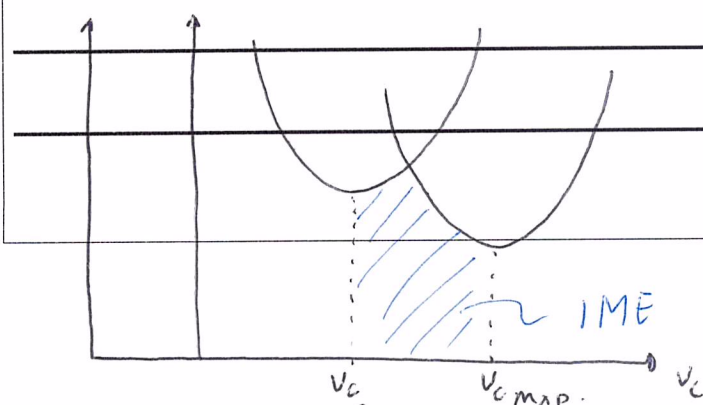
RESPOSTA QUESTÃO 4



onde K e x são constantes q dependem do material.

Usando esta expressão é possível fazer uma análise das condições ótimas de usinagem para definir as V_c de máxima produção e de mínimo custo. Com estas vel. de corte e usando a equação de Taylor é possível determinar o tempo de vida útil da ferramenta dentro do intervalo de máxima eficiência.

Em função dos parâmetros do material, e condições de usinagem pode-se então estimar o tempo de vida útil da fter q correspond. às condições de máxima produção e à de mínimo custo.



Como a V_c de máxima produção (V_{cmaxp}) é maior do q a V_c de mínimo custo V_{cmin} então o tempo de vida útil da fter na condição de máxima produção

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO
	VEI824

(4)

RESPOSTA QUESTÃO 4

é menor do q o tempo de vida útil da fter na condição de mínimo custo. $V_{omxp} > V_{o0} \Rightarrow T_{mxp} < T_0$.

Para determinar direta / o nível de desgaste da ferramenta do processo, pode-se medir direta / observando a fter num microscópio e avaliar o avanço / progresso de desgaste. Como o desgaste produz imprecisões na peça usinada e diminuição de sua qualidade superficial, isto é ↑ da rugosidade, estes fatores podem ser indicadores do nível de desgaste da ferramenta no processo.