CONCURSO DE PROVAS E TÍTULOS DO MAGISTÉRIO SUPERIOR
EDITAL N° 377 DE 25/05/2022, PUBLICADO NO DOU N° 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 n° 15/2020 do CONSUNI, seguem as questões da Prova Escrita:

1. Explique a razão pela qual o ensaio de tração uniaxial de uma barra cilindrica 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?

ATA9Q3

Politécnica UFRJ	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO ESCOLA POLITÉCNICA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA SETOR DE FABRICAÇÃO
Concurso Público para provimento efetivo de vagas no cargo de Professor da Carreira de Magistério Superior – MC-025.	
Edital nº 377, de 25 de maio de 2022.	DOU nº 102, de 31 de maio de 2022.

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 1

Os ensaios de tração uniaxiais devem ~~ser~~) inicialmente ser realizados em velocidade quasi-estática e a temperatura controlada e constante de acordo com a norma pertinente para evitar inconsistência dos dados coletados. Considerando ensaios de aço podemos observar inicialmente um comportamento elástico do material até o seu limite de proporcionalidade, este valor é comumente estipulado na literatura como até 0,2% de deformação do material. Após esta região elástica, regida pela equação $\sigma = E\varepsilon$; onde σ é a tensão medida, E é a constante de elasticidade ou Módulo de Young e ε a deformação; temos o início do comportamento ~~elástico~~) plástico do material.

O comportamento plástico depende fortemente da velocidade do ensaio e da temperatura. Caso ~~(caso)~~ estes não sejam controlados adequadamente (de acordo com a norma

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 1

aplicável), podemos observar um comportamento visco-elástico do material.

No ensaio de tração, quando o material atinge a região plástica, podemos observar um comportamento linear em um gráfico log-log, o que nos dá que seu comportamento pode ser traduzido pela equação $\sigma = C\epsilon^n$, em que C é uma constante de resistência do ensaio e n é a constante de encruamento. Os valores de C e n dependem fortemente das condições do ensaio e material.

Ao atingir o valor máximo de resistência à tração, o material começa a sofrer estricção de sua seção transversal. Esse fenômeno afeta os valores medidos de ~~tensão~~ tensão) tensão medida do material e deformação. Dado que devido ao encruamento há um aumento na resistência mecânica do material.

Quando a estricção atinge valores altos, o que

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA 9 Q3

RESPOSTA QUESTÃO 1

implica em uma grande diminuição da seção transversal do corpo de prova, ocorre um novo fenômeno de nível atômico que novamente gera outro aumento na resistência do material. Esse aumento de resistência mecânica é observado principalmente em fibros, onde a ligação atômica e molecular do material entra em evidência, impedindo até certo ponto da ruptura do corpo de prova.

Levando esses pontos (fenômenos) citados anteriormente em conta podemos explicar uma certa instabilidade plástica no ensaio de tração uniaxial de um aço com velocidade quasi-estática e temperatura controlada. Caso não haja nenhum controle de velocidade e temperatura (principalmente em altos temperaturas) haverá grande instabilidade dado que além dos fatores citados haverá comportamento viscoelástico do material.

Politécnica UFRJ	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO ESCOLA POLITÉCNICA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA SETOR DE FABRICAÇÃO
Concurso Público para provimento efetivo de vagas no cargo de Professor da Carreira de Magistério Superior – MC-025.	
Edital nº 377, de 25 de maio de 2022.	DOU nº 102, de 31 de maio de 2022.

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA 9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 2

Ao considera um processo de forjamento a frio de uma barra de aço devemos inicialmente levar em conta a diferença do tipo de maquinário e matriz. O maquinário pode consistir em um martelo de forjamento ou uma prensa. No caso do primeiro a pressão é aplicada de forma intermitente, já no segundo a pressão é aplicada no tarugo de forma constante até o final do processo. No caso da análise da matriz podemos citar os mais comuns/gerais que são os matrizes abertos e a fechados. A análise do tipo de matriz é pertinente devido as diferenças no atrito ~~(for)~~ gerado entre peça / matriz entre os dois tipos. O atrito gera perdas na pressão exercida no forjamento e deve ser levado em conta pois deve ser superado para que haja ~~(uma)~~ êxito no processo de forjamento.

No forjamento de matriz aberta a frio o corpo processado sofre com o embarrilamento devido ao atrito. O

1

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 2

embarrilamento consiste em um aumento da área da seção transversal do corpo enquanto a área em contato com a matriz sofre menor aumento devido ao atrito matriz-corpo. Já no forjamento de matriz fechada há maior contato (~~fratura~~) entre o corpo e a matriz, aumentando assim o atrito a ser superado. Uma forma de diminuir o atrito em ambos os casos é a aplicação de lubrificantes nas regiões de contato.

Analisando somente a deformação do forjamento, sem o atrito, devemos utilizar critérios de deformação para avaliar a tensão necessária para a deformação almejada, e assim, a previsão de pressão de contato e esforço requerido. Os critérios mais comuns nesta análise são os critérios de Tresca (tensão máxima de cisalhamento) e de Von Mises (critério da energia de deformação).

No critério de Tresca leva em consideração que o escoa-

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 2

mento do material ocorre somente caso a tensão de cisalhamento máxima aplicada pelo maquinário de forjamento ultrapasse a tensão de escoamento:

$$|\tau_{máx}| = \sigma_e$$

O valor de σ_e pode ser substituído, analisando o círculo de Mohr, por

$$\frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \sigma_e = |\tau_{máx}|$$

σ_1 e σ_3 tensões principais

Como a tensão aplicada no material a ser forjado depende de sua área de contato $\left(P = \sigma = \frac{F}{A}\right)$, podemos calcular com estes dados a pressão requerida para o processo de forjamento a frio de acordo com o critério de Tresca.

Já o critério de Von Mises prevê que a deformação almejada no processo de forjamento a frio deve superar a energia de deformação do material. Essa

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 2

pode ser calculada por:

$$\left\{ \tfrac{1}{2}\left[(\sigma_x-\sigma_y)^2+(\sigma_y-\sigma_z)^2+(\sigma_z-\sigma_x)^2\right]+3\left[\tau_{xy}^2+\tau_{yz}^2+\tau_{zx}^2\right]\right\}^{1/2} = \sigma_e$$

sendo σ_e a tensão (pressão) onde irá ocorrer a deformação plástica (escoamento do material).

O atrito pode ser calculado, de forma simplificada, por: $F = \mu N$ ou $\tau = \frac{m}{\sqrt{3}}\sigma$

onde μ é o coeficiente de atrito e m é o fator de cisalhamento. Os valores de m estão entre 0 e 1 ($0 \leq m \leq 1$) e dependem do tipo de forjamento, máquina de forja e material.

Assim, para calcular uma previsão da pressão de contato e esforço no processo de forjamento a frio devemos calcular a tensão de escoamento e acrescentar o valor de atrito gerado na interface matriz - tarugo. No caso da matriz fechada

Politécnica UFRJ	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO ESCOLA POLITÉCNICA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA SETOR DE FABRICAÇÃO
Concurso Público para provimento efetivo de vagas no cargo de Professor da Carreira de Magistério Superior – MC-025.	
Edital nº 377, de 25 de maio de 2022.	DOU nº 102, de 31 de maio de 2022.

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA 9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 2

há um acréscimo maior devido ao atrito da rebarba. Novamente, devemos citar que a lubrificação adequada de todos os interfaces diminui a pressão requerida no processo de forjamento a frio.

Politécnica UFRJ	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO ESCOLA POLITÉCNICA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA SETOR DE FABRICAÇÃO
Concurso Público para provimento efetivo de vagas no cargo de Professor da Carreira de Magistério Superior – MC-025.	
Edital nº 377, de 25 de maio de 2022.	DOU nº 102, de 31 de maio de 2022.

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 3

Os fenômenos mais comuns de desgaste de uma ferramenta de usinagem são desgaste por abrasão, aderência, atrito e difusão. Alguns ocorrem devido a velocidade de usinagem e temperatura da ferramenta. O desgaste no flanco da ferramenta de corte ocorre em altas e baixas velocidades e devido a formação da aresta postiça de corte. O desgaste no flanco a baixas velocidades também ocorre devido a formação da aresta postiça de corte.

O desgaste na ferramenta por crateras ocorre devido ao fenômeno de difusão na interface ferramenta-peça. Esse desgaste é acelerado em altas velocidades e altas temperaturas.

O desgaste por entalhe é devido a oxidação e pode ser "evitado" (diminuído) controlando as variáveis de corte. A formação de lascas na ferramenta e na peça

Politécnica UFRJ	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO ESCOLA POLITÉCNICA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA SETOR DE FABRICAÇÃO
Concurso Público para provimento efetivo de vagas no cargo de Professor da Carreira de Magistério Superior – MC-025.	
Edital nº 377, de 25 de maio de 2022.	DOU nº 102, de 31 de maio de 2022.

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 3

São devidos ao uso de ferramenta de corte incorreta, tanto o material quanto a geometria. Essa forma de desgaste pode ser evitada com o uso de uma ferramenta mais tenaz e/ou a mudança de geometria da mesma.

O desgaste por fissuração a frio é devido às forças excessivas na ferramenta de corte e pode ser solucionado com a mudança dos parâmetros de corte ou/e mudança de ferramenta de corte.

Já a fissuração a quente é comumente devida a variação excessiva das temperaturas de corte, que pode ser gerada devido a grandes velocidades de corte ou falta de lubrificação adequada. Uma mudança nos parâmetros de corte também pode contribuir na diminuição da variação da temperatura de corte.

Politécnica UFRJ	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO ESCOLA POLITÉCNICA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA SETOR DE FABRICAÇÃO
Concurso Público para provimento efetivo de vagas no cargo de Professor da Carreira de Magistério Superior – MC-025.	
Edital nº 377, de 25 de maio de 2022.	DOU nº 102, de 31 de maio de 2022.

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 3

A abrasão também gera grande desgaste na ferramenta de corte. Essa aumenta com o aumento da temperatura devido a altas velocidades de corte e pouca (ou nenhuma) lubrificação.

A lubrificação adequada e uma velocidade de corte ideal contribuem para a diminuição do desgaste da ferramenta.

Outro fenômeno que deve ser citado relativo ao desgaste da ferramenta é o atrito na interface de corte. O atrito pode ser entre 2 ou 3 corpos, e além de gerar desgaste na ferramenta, gera defeitos na superfície da peça trabalhada.

Politécnica UFRJ	UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO ESCOLA POLITÉCNICA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA SETOR DE FABRICAÇÃO
Concurso Público para provimento efetivo de vagas no cargo de Professor da Carreira de Magistério Superior – MC-025.	
Edital nº 377, de 25 de maio de 2022.	DOU nº 102, de 31 de maio de 2022.

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA903

RESPOSTA QUESTÃO 4

A vida de uma ferramenta de corte está relacionada com a quantidade de peças que ela pode produzir e o seu tempo de uso em trabalho ativo. De forma teórica a vida de uma ferramenta pode ser calculada pela equação de Taylor:

$$v_c T^n = C$$

em que v_c é a velocidade de corte e T é o tempo de vida de uma ferramenta. Os parâmetros n e C dependem dos materiais e condições de corte em que a ferramenta atuará.

As ferramentas podem ser de formato inteiriço, possuir uma pastilha de encherto soldada ou de encherto removível. As pastilhas removíveis podem possuir mais de uma aresta de corte. Assim, apesar de mais caras possuem maior vida.

Além disso, as ferramentas de corte podem ser

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 4

afiados novamente, caso seja viável. Aumentando sua vida útil antes do descarte total.

A avaliação do fim da vida da ferramenta pode ser realizado de diversas formas, de forma conjunta ou separada. Caso seja possível medir os forças de corte ou potência da máquina, um aumento nesses parâmetros indica necessidade de afiamento ou descarte da ferramenta.

A formação de aresta postiça, crateras, entalhes, fissuras e desgaste de flanco podem indicar necessidade de descarte da ferramenta ou encheto de corte. Esses defeitos podem ser analisados com o ensaio não destrutivo visual do operador da máquina.

Um aumento na temperatura de corte sem a variação de outros parâmetros de corte também

PROVA ESCRITA 28/11/2022	CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO ATA9Q3

RESPOSTA QUESTÃO 4

indicam necessidade de troca da ferramenta de corte.

A análise da superfície da peça cortada (usinada) e do cavaco gerado também serve de indicativo do fim da vida da ferramenta.

A dificuldade de afiamento da ferramenta de corte também é um indicativo do final da vida.

Caso os parâmetros de corte sejam bem selecionados, como o material da ferramenta, material usinado, avanço, velocidade de corte, lubrificação, há grandes chances da ferramenta de usinagem possuir grande vida útil. E a equação de Taylor e (~~os~~) seus desenvolvimentos mais atuais e completos podem servir de parâmetro inicial da vida de uma ferramenta de usinagem.