

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA MARINHA
(CP-EngNav/2012)

ENGENHARIA DE MATERIAIS

PROVA ESCRITA DISCURSIVA
INSTRUÇÕES GERAIS

- 1- A duração da prova será de 05 horas e não será prorrogada. Ao término da prova, entregue o caderno ao Fiscal, sem desgrampear nenhuma folha;
- 2- Responda as questões utilizando caneta esferográfica azul ou preta. Não serão consideradas respostas e desenvolvimento da questão a lápis. Confira o número de páginas da prova;
- 3- Só comece a responder a prova ao ser dada a ordem para iniciá-la, interrompendo a sua execução no momento em que for determinado;
- 4- O candidato deverá preencher os campos:
- NOME DO CANDIDATO; NÚMERO DA INSCRIÇÃO e DV;
- 5- Iniciada a prova, não haverá mais esclarecimentos. O candidato somente poderá deixar o seu lugar, devidamente autorizado pelo Supervisor/Fiscal, para se retirar definitivamente do recinto de prova ou, nos casos a seguir especificados, devidamente acompanhado por militar designado para esse fim: atendimento médico por pessoal designado pela Marinha do Brasil; fazer uso de banheiro e casos de força maior, comprovados pela supervisão do certame, sem que aconteça saída da área circunscrita para a realização da prova.
Em nenhum dos casos haverá prorrogação do tempo destinado à realização da prova e, em caso de retirada definitiva do recinto de prova, esta será corrigida até onde foi solucionada;
- 6- A solução deve ser apresentada nas páginas destinadas a cada questão;
- 7- Não é permitida a consulta a livros ou apontamentos;
- 8- A prova não poderá conter qualquer marca identificadora ou assinatura, o que implicará na atribuição de nota zero;
- 9- Será eliminado sumariamente do concurso e as suas provas não serão levadas em consideração, o candidato que:
 - a) der ou receber auxílio para a execução de qualquer prova;
 - b) utilizar-se de qualquer material não autorizado;
 - c) desrespeitar qualquer prescrição relativa à execução das provas;
 - d) escrever o nome ou introduzir marcas identificadoras noutra lugar que não o determinado para esse fim; e
 - e) cometer ato grave de indisciplina.
- 10- É PERMITIDO O USO DE CALCULADORA PADRÃO NÃO CIENTÍFICA, RÉGUA SIMPLES E COMPASSO.

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

RUBRICA DO PROFESSOR	ESCALA DE	NOTA			USO DA DEnsM		
	000 A 100						

CAMPOS PREENCHIDOS
PELOS CANDIDATOS

CONCURSO PÚBLICO: CP-EngNav/2012
NOME DO CANDIDATO:

N° DA INSCRIÇÃO		DV	ESCALA DE	NOTA			USO DA DEnsM		
			000 A 100						

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Um determinado processo industrial vai aplicar um esmalte cerâmico (ou vidrado) na superfície de placas cerâmicas (pisos cerâmicos). Um engenheiro calculou que será necessária 1 tonelada de vidrado para se ter todas as placas satisfatoriamente recobertas. O vidrado deve apresentar (após queima) a seguinte composição em óxidos:

Óxido	% mássica
SiO ₂	30,0
Al ₂ O ₃	25,5
Na ₂ O	25,0
CaO	10,0
ZnO	9,5

Quais serão as quantidades necessárias de cada matéria-prima para produzir essa tonelada de vidrado, uma vez que se dispõe das seguintes matérias-primas: caulim, barrilha, calcário e óxido de zinco?

Dados sobre as matérias-primas:

- caulim: constituído essencialmente do argilomineral caulinita (fórmula química em óxidos $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
- barrilha: Na_2CO_3
- calcário: CaCO_3
- óxido de zinco: ZnO

Massas atômicas (uma): oxigênio = 16,00; silício = 28,09; alumínio = 26,98; sódio = 22,99; cálcio = 40,08; zinco = 65,39, hidrogênio = 1,01, carbono = 12,01.

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

2ª QUESTÃO (8 pontos)

A fabricação de dispositivos semicondutores envolve o emprego de silício, o qual é um semicondutor intrínseco. A condutividade do silício pode ser melhorada pela adição de dopantes, sendo o silício dopado denominado de semicondutor extrínseco.

Dados para o silício intrínseco, a 25°C:

Carga elementar do elétron = $1,6 \times 10^{-19}$ C;

Mobilidade dos elétrons livres (μ_e) = $0,28 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$;

Mobilidade dos buracos eletrônicos (μ_b) = $0,08 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$;

Densidade do silício = $4,997 \times 10^{22}$ átomos/cm³;

Número de portadores de carga = $2,0 \times 10^{13}$ portadores/cm³.

A condutividade elétrica (σ) de um semicondutor pode ser representada pela equação:

$$\sigma = n |e| \mu_e + p |e| \mu_b$$

Onde: n e p são, respectivamente, o número de elétrons livres e de buracos eletrônicos por unidade de volume; |e| é a magnitude da carga elementar do elétron; e μ_e e μ_b são, respectivamente, a mobilidade dos elétrons livres e dos buracos eletrônicos.

Com base nas informações acima, calcule:

- a) a condutividade do silício intrínseco ($\Omega^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$); (5 pontos)
- b) a razão entre a densidade de átomos de silício e a densidade de átomos de silício que contribuem para a condução elétrica. (3 pontos)

Continuação da 2ª questão

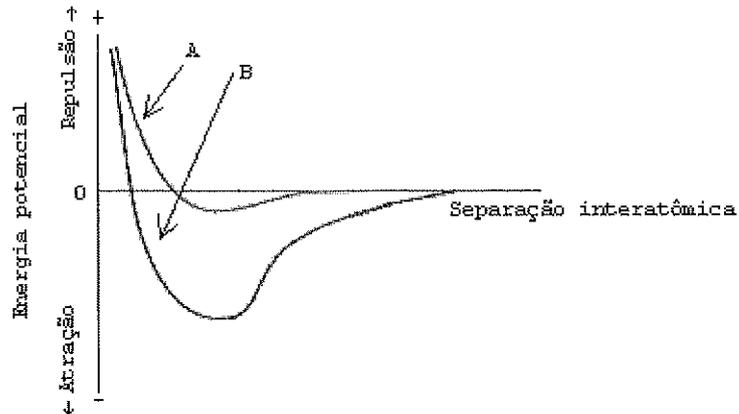
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 2ª questão

3ª QUESTÃO (8 pontos)

A Figura abaixo apresenta curvas de energia potencial em função da separação interatômica entre dois átomos, para dois materiais denominados A e B.



Com base na figura responda:

- Qual dos dois materiais deve apresentar maior energia de ligação? Justifique sua resposta. (2 pontos)
- Quando se faz necessário o emprego de um material com alto módulo de elasticidade, qual dos dois deve ser utilizado? Por que? (3 pontos)
- Qual dos dois deve ser empregado quando se precisa de um material com alta estabilidade dimensional, ao ser submetido a variações térmicas? Por que? (3 pontos)

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

4ª QUESTÃO (8 pontos)

A tabela abaixo apresenta valores de temperatura de transição vítrea (T_g) de materiais poliméricos. A tabela também apresenta as unidades de repetição de cada polímero.

Polímero	T_g (K)	Unidade de repetição
Poli(oxi etileno)	153	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} \right]_n$
Polietileno	188	$\left[\text{CH}_2 - \text{CH}_2 \right]_n$
Polipropileno	253	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$
Poli(cloreto de vinila)	354	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{Cl} \end{array} \right]_n$
Poliestireno	373	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right]_n$

Compare os valores de T_g dos polímeros e responda:

- Por que o polipropileno, o poli(cloreto de vinila) e o poliestireno apresentam valores de T_g superiores ao polietileno? Contrariamente, por que o poli(oxi etileno) apresenta valor de T_g inferior ao polietileno? (5 pontos)
- Precisa-se de materiais para serem utilizados em peças flexíveis, que devem preservar esta propriedade mesmo quando submetidas a temperaturas de -30°C . A partir dos dados apresentados na tabela, qual ou quais dos polímeros poderiam atender a tal especificação? (3 pontos)

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 4ª questão

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Num ensaio de relaxação de tensão, um material polimérico é submetido a uma deformação constante e mede-se a tensão necessária para manter esta tensão em função do tempo. O processo molecular de relaxação de tensão pode ser representado por um modelo de Maxwell simples, que descreve a associação em série de duas unidades, uma mola e um amortecedor.

Modelo de Maxwell:

$$\sigma(t) = \sigma_0 \exp\left(\frac{-t}{\lambda}\right)$$

Onde: $\sigma(t)$ é a tensão (Pa); σ_0 é a tensão inicial, imediatamente após a aplicação da deformação (Pa); λ é o tempo de relaxação (s) e $\lambda = \eta/G$, sendo η a viscosidade (associada a mola) e G o módulo de elasticidade (associado ao amortecedor).

Sabendo-se que o módulo de elasticidade da mola é de 10^8 Pa e a viscosidade no amortecedor é 10^{10} Pa.s, responda:

- Uma deformação de 2% é aplicada ao polímero a $t=0$, seguida de uma segunda deformação de 3% a $t=20$ s. Qual será o valor da tensão ($\sigma(t)$) em 1 minuto? (6 pontos)
- A associação em série de uma mola e um amortecedor é utilizada para descrever matematicamente qual comportamento mecânico apresentado por materiais poliméricos? Quais comportamentos mecânicos estão associados à mola e ao amortecedor? (2 pontos)

Dado:

A Tabela abaixo fornece os valores de $\exp(x)$.

Como utilizar a tabela:

Se for preciso determinar, por exemplo, o valor de \exp^{-5} , deve-se procurar na coluna **x** o número **5**. A coluna denominada \exp^{-x} fornece a resposta. No exemplo citado temos: $e^{-5} = 0,006738$.

Continuação da 5ª questão

X	exp ^{-X}	X	exp ^{-X}	X	exp ^{-X}
0	1.000000	2.1	0.122456	4.1	0.016573
0.1	0.904837	2.2	0.110803	4.2	0.014996
0.2	0.818731	2.3	0.100259	4.3	0.013569
0.3	0.740818	2.4	0.090718	4.4	0.012277
0.4	0.67032	2.5	0.082085	4.5	0.011109
0.5	0.606531	2.6	0.074274	4.6	0.010052
0.6	0.548812	2.7	0.067206	4.7	0.009095
0.7	0.496585	2.8	0.06081	4.8	0.00823
0.8	0.449329	2.9	0.055023	4.9	0.007447
0.9	0.40657	3	0.049787	5	0.006738
1	0.367879	3.1	0.045049	5.1	0.006097
1.1	0.332871	3.2	0.040762	5.2	0.005517
1.2	0.301194	3.3	0.036883	5.3	0.004992
1.3	0.272532	3.4	0.033373	5.4	0.004517
1.4	0.246597	3.5	0.030197	5.5	0.004087
1.5	0.22313	3.6	0.027324	5.6	0.003698
1.6	0.201897	3.7	0.024724	5.7	0.003346
1.7	0.182684	3.8	0.022371	5.8	0.003028
1.8	0.165299	3.9	0.020242	5.9	0.002739
2.0	0.135335	4	0.018316	6	0.002479
0	1.000000	2.1	0.122456	4.1	0.016573
0.1	0.904837	2.2	0.110803	4.2	0.014996
0.2	0.818731	2.3	0.100259	4.3	0.013569
0.3	0.740818	2.4	0.090718	4.4	0.012277
0.4	0.67032	2.5	0.082085	4.5	0.011109
0.5	0.606531	2.6	0.074274	4.6	0.010052

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Baseado na norma ABNT NBR ISO 6892:2002, que trata de ensaios de tração em materiais metálicos, e considerando o corpo de prova cujos croquis estão descritos na Figura 1, para o qual foi medida, em um ensaio de tração, a curva carga versus o deslocamento, conforme é possível observar na Figura 2, determine, usando sempre unidades do SI:

- a) O limite de escoamento com desvio (*offset*) de 0,2%. (4 pontos)
- b) O alongamento total. (2 pontos)
- c) O limite de resistência. (2 pontos)

Dados:

Aceleração da gravidade: $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Valor da constante $\pi = 3,14158$

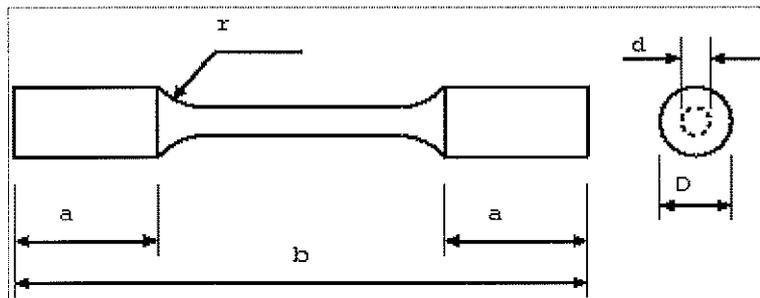


Figura 1- Geometria do corpo de prova ensaiado em tração, onde: $D = 10\text{mm}$; $d = 6 \text{ mm}$; $b = 90 \text{ mm}$; $a = 20 \text{ mm}$; e $r = 10 \text{ mm}$.

Continuação da 6ª questão

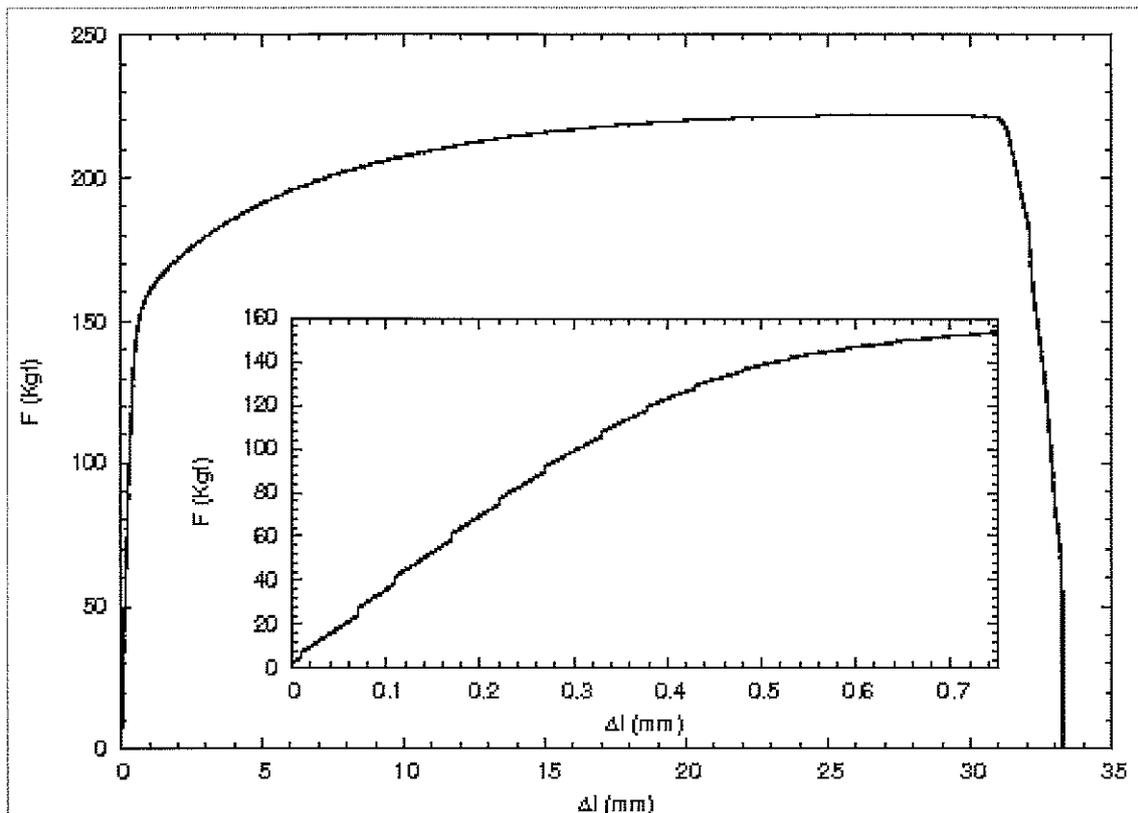


Figura 2 - Curva carga versus deslocamento medida em um ensaio de tração para o corpo de prova mostrado na Figura 1.

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere o estado de tensão de uma chapa fina de aço para estampagem representado pelo círculo de Mohr mostrado na Figura 3. Analise-o e, a seguir, responda às seguintes perguntas.

- Qual o valor das três tensões principais neste estado de tensão? (2 pontos)
- Qual o valor da máxima tensão de cisalhamento na direção perpendicular ao plano da chapa? (2 pontos)
- Qual o valor das três deformações principais que correspondem a este estado de tensão? (2 pontos)
- Qual o valor da maior deformação angular possível neste estado de tensão? (2 pontos)

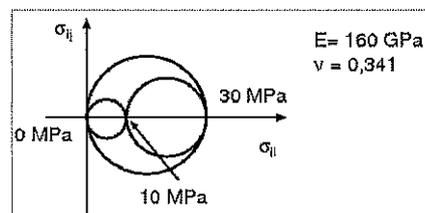


Figura 3 - Estado de tensão representado por seu círculo de Mohr. O módulo (E) e o coeficiente de Poisson do material que compõe a chapa estão representados na Figura.

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

8ª QUESTÃO (8 pontos)

O Ouro (Au) é um metal com estrutura Cúbica de Faces Centradas (CFC), que se deforma pelos sistemas de escorregamento do tipo $\{hkl\}\langle uvw \rangle = \{111\}\langle 011 \rangle$. Um monocristal cilíndrico de ouro a 99,99% de pureza, com seu eixo orientado ao longo da direção $u'v'w' = [125]$, foi submetido a um ensaio de tração até que as primeiras evidências de deformação plástica surgiram. Sabendo-se que a tensão de cisalhamento projetada crítica, τ_{CRSS} , desta liga corresponde a 0,93 MPa e que o monocristal eventualmente se deforma por monodeslizamento no plano $(-1 \ 1 \ 1)$, responda às questões a seguir.

- a) Os três vetores de Burgers possivelmente responsáveis pela deformação plástica e o valor esperado para o limite de escoamento deste monocristal em cada um dos três casos. (6 pontos)
- b) Durante o ensaio de tração, o monocristal foi submetido a uma tensão normal máxima de 2MPa ao longo do seu eixo. Determine se haverá, ou não, deformação plástica neste monocristal após o ensaio. (2 pontos)

Dados:

1-Lei de Schmid

$$\tau_{CRSS} = \sigma \cos \theta \cos \lambda$$

Onde: θ é o ângulo entre o plano de escorregamento e o eixo do cristal; e λ é o ângulo entre o vetor de Burgers da discordância e o eixo do cristal.

2-Cosseno diretor:

$$\cos \theta = (h u' + k v' + l w') / (|hkl| |u'v'w'|)$$

$$\cos \lambda = (u u' + v v' + w w') / (|uvw| |u'v'w'|)$$

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

9ª QUESTÃO (8 pontos)

O Diagrama de Fases do sistema Fe-C (com o carbono na forma de grafita) encontra-se representado na Figura 4. Descreva, sucintamente, os eventos que são esperados durante o resfriamento de uma liga de Fe contendo 3% em massa de carbono (weight fraction = 0.03) desde o estado líquido até a temperatura ambiente.

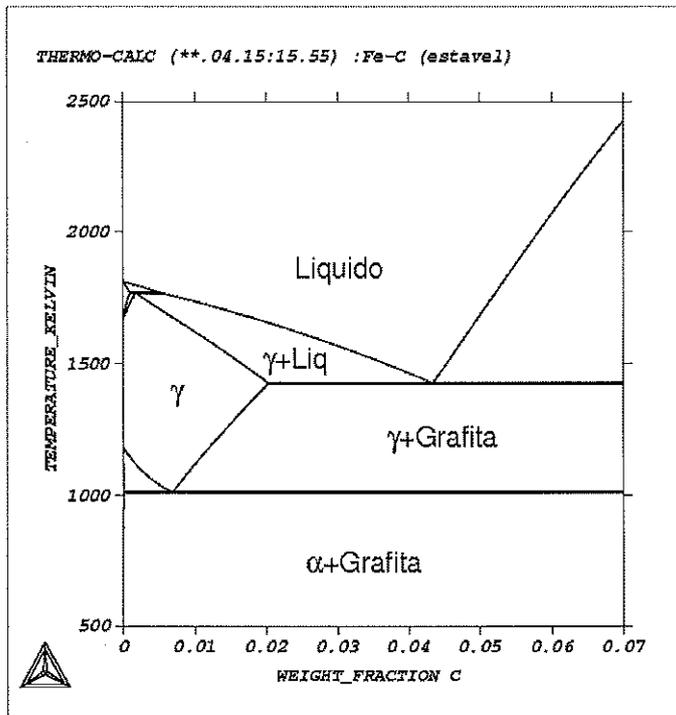


Figura 4 - Diagrama Fe-C estável

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

10ª QUESTÃO (8 pontos)

A Figura 5 apresenta a curva S-N obtida para uma liga de alumínio com limite de resistência de 320MPa em um ensaio de flexão rotativa (ou seja, $R = -1$). Um componente feito desta liga será submetido a um carregamento em amplitude variável, no qual 50% dos ciclos serão realizados a 150MPa, 30% serão realizados a 120MPa e 20% serão realizados a 90MPa. Calcule o número de ciclos estimado para fratura deste componente usando a regra de acúmulo linear de dano (regra de Palmgren-Miner).

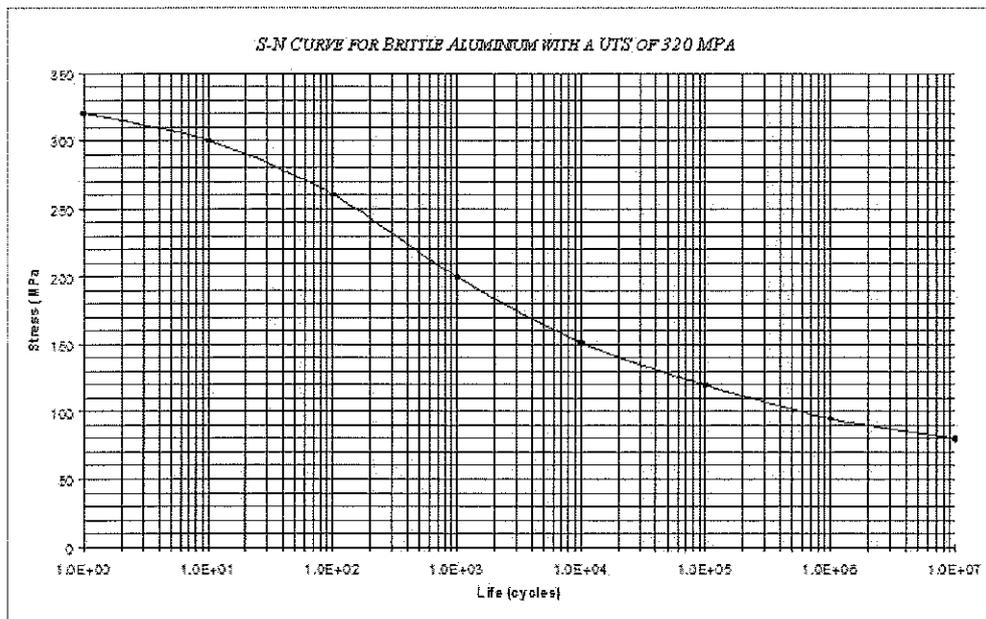


Figura 5 - Curva S-N medida em ensaio de flexão rotativa para uma liga de alumínio. Stress = tensão máxima, life(cycle) = número de ciclos para falha.

Dado:

Regra de Palmgren-Miner

$$D = N[f_{150}/N_{150}^f + f_{120}/N_{120}^f + f_{90}/N_{90}^f]$$

onde D é o dano de fadiga, N é o número total de ciclos aplicados, f_x é a fração de ciclos com amplitude de tensão X e N_x^f é o número de ciclos para falha na amplitude de tensão X (medido na curva S-N).

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-EngNav/12

Continuação da 10ª questão