

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA MARINHA
(CP-CEM/2013)

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, COMPASSO, TRANSFERIDOR E RÉGUA SIMPLES.**

NÃO DESTACAR A PARTE INFERIOR

RUBRICA DO PROFESSOR	ESCALA DE	NOTA	USO DA DE _{ens} M
	000 A 100		

CAMPOS PREENCHIDOS
PELOS CANDIDATOS

CONCURSO PÚBLICO: CP-CEM/2013
NOME DO CANDIDATO:

Nº DA INSCRIÇÃO	DV	ESCALA DE	NOTA	USO DA DE _{ens} M
		000 A 100		

1ª QUESTÃO (8 pontos)

A figura a seguir mostra a geometria genérica de um corpo de prova de tração de seção cilíndrica, segundo a norma ABNT NBR6152:1992 (sucessora da norma MB-4).

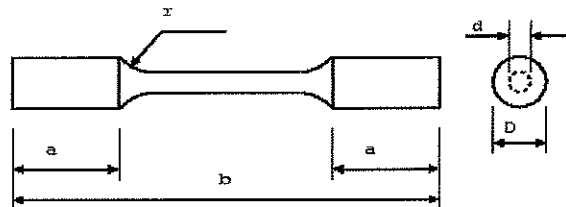


Figura - Croqui dos corpos de prova de tração especificados pela norma NBR 6152:1992.

Esse corpo deverá ser usinado a partir de um perfil de aço com seção quadrada de 38,1 mm de lado. A barra disponível tem 3 m de comprimento. De acordo com o catálogo, o aço em questão tem limite de escoamento estimado no intervalo de 1030 a 2420 MPa e limite de resistência estimado no intervalo de 1600 a 2500 MPa. Ainda, de acordo com o catálogo, o aço apresentaria alongamento de fratura típico de 15%.

Com base nessas informações e considerando a aceleração da gravidade $g = 9,8 \text{ m/s}^2$ e $\pi = 3,14158$, responda os itens a seguir.

- Dispondo de uma máquina de ensaio de tração eletromecânica com célula de carga de 60000 Kgf, sabendo que a norma admite valores de diâmetro da região útil, $d = 5, 10$ ou 20 mm , e que deve ser usado o máximo de material possível na elaboração do corpo de prova, especifique, de forma justificada, qual deverá ser o valor de "d" para esse corpo de prova. (2 pontos)
- A referida norma especifica o comprimento da região útil do corpo de prova como $5 \times d$, e o diâmetro da cabeça como $D = 2d$ e $r = d/2$. Sabendo-se que o comprimento da cabeça do corpo de prova (valor de a na figura) deve ser 30 mm, redesenhe o croqui da Figura 1, substituindo as cotas, como se estivesse preparando o desenho para enviar à usinagem. (2 pontos)

Continuação da 1ª questão

- c) Elabore o roteiro que deverá ser seguido pelo técnico que executará o ensaio. O roteiro deverá ser conciso, mas completo, contendo todas as etapas necessárias para a execução do ensaio. Esse roteiro deverá incluir também as fórmulas necessárias para calcular o valor do limite de escoamento e do limite de resistência, em função das cargas registradas na máquina (Fe e Fr, respectivamente, em Kgf), e o valor do alongamento de fratura, em função do comprimento total do corpo de prova após o ensaio (bf em mm), o qual foi medido com um paquímetro após juntar cuidadosamente as duas metades rompidas. As tensões deverão ser expressas em MPa. (4 pontos)

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Um estado de tensões residuais medido na superfície de uma chapa de aço, em um referencial contido no plano da chapa, é dado pelo seguinte tensor (valores em MPa):

$$[\sigma_{ij}] = \begin{bmatrix} 20 & 10 \\ 10 & -5 \end{bmatrix}$$

Desenhe o círculo de Mohr correspondente a esse estado de tensões e, por meio deste (ou seja, graficamente), determine:

- a) As três tensões principais. (2 pontos)
- b) O ângulo de rotação que deve ser aplicado ao referencial em que essas tensões foram medidas para levar esse ao referencial das direções principais. (4 pontos)
- c) A máxima tensão de cisalhamento no plano da chapa. (2 pontos)

Note que a terceira tensão principal é nula e sua direção é perpendicular ao plano da chapa.

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

3ª QUESTÃO (8 pontos)

Duralumínio é o nome comercial dado a ligas de alumínio da série AA 2XXX (ou seja, ligas Al-Cu), as quais apresentam como principal característica a possibilidade de sofrer endurecimento por tratamento térmico de solubilização, seguido de envelhecimento. Durante a solubilização, os solutos substitucionais (principalmente Cu) são dissolvidos na matriz cúbica de faces centradas (CFC), e formam uma solução sólida supersaturada. Já durante o envelhecimento, esses solutos se precipitam em vários estágios intermediários: inicia-se com zonas de Guinier-Preston, que são precipitados coerentes ricos em cobre; em seguida, essas zonas são progressivamente substituídas por precipitados semicoerentes (θ'' e θ'); e, por fim, esses precipitados semicoerentes são substituídos por precipitados incoerentes da fase de equilíbrio (θ - Al_2Cu), quando esse último estágio ocorre, diz-se que a liga se encontra no estado superenvelhecido. Com base no descrito:

- a) Descreva esquematicamente uma curva de dureza versus tempo para o tratamento térmico de envelhecimento de um duralumínio típico, identificando as fases correspondentes aos precipitados mencionados no enunciado acima. A escala de dureza escolhida é livre e os valores podem ser arbitrários, mas a curva deve ser consistente. (4 pontos)
- b) Descreva o mecanismo de endurecimento por precipitados coerentes em ligas metálicas. (4 pontos)

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

4ª QUESTÃO (8 pontos)

- a) Descreva o fenômeno da Corrosão sob Tensão (CST) causada por íons cloreto em aços inoxidáveis austeníticos, abordando: a importância tecnológica desse fenômeno e o papel que tensões residuais induzidas na soldagem tem sobre o mecanismo de falha. (4 pontos)
- b) Um aço inoxidável austenítico AISI 304L, submetido a uma solução concentrada de cloreto de sódio em ebulição, teve seu limiar de corrosão sob tensão (K_{Isc}) determinado, correspondendo a $13 \text{ MPa m}^{0,5}$. Supondo que componentes desse material serão submetidos a atmosferas com cloreto de sódio e que tal material apresenta defeitos superficiais na forma de trincas com até $a = 1 \text{ mm}$ de profundidade, calcule a tensão máxima de operação admissível para esse componente, de forma que falhas por CST possam ser descartadas. (4 pontos)

Dado:

Fator de intensificação de tensões

$$k = Y\sigma\sqrt{\pi a},$$

sendo $Y = 1,12$ para trincas superficiais.

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 4ª questão

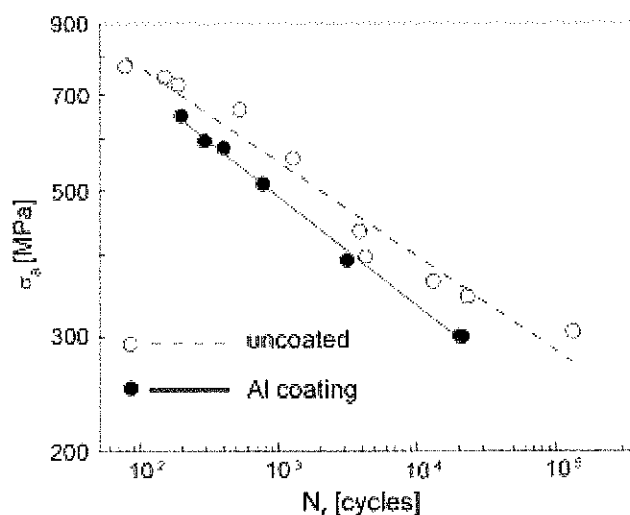
Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

5ª QUESTÃO (8 pontos)

A figura a seguir apresenta as curvas S-N, determinadas por Obrtlík et al. (2012), para amostras de inonel 713LC com recobrimento por aluminização ("Al COATING") e sem recobrimento ("UNCOATED"). Um componente fabricado com esse material será submetido a um carregamento cíclico de amplitude variável no qual 30% dos ciclos terão amplitude de tensão de 300MPa, 50% terão amplitude de tensão de 400MPa e 20% terão amplitude de tensão de 500MPa. Utilizando a regra de Palmgren-Miner, determine:

- Qual será a vida prevista para os materiais com e sem aluminização? (4 pontos)
- Qual material tem melhores propriedades de resistência à fadiga? Justifique. (4 pontos)



(Obrtlík et al. Int. J. Fatigue 41, 2012, p.101-106)

Figura - Curva S-N para inonel 713LC em dois estados: aluminizado (AL COATED) e sem recobrimento (UNCOATED).

Observação:

Regra de Palmgren-Miner:

Seja o dano D , definido como:

$$D = \sum_i \frac{n_i}{N_i^f}, \text{ em que } n_i \text{ corresponde ao número de ciclos efetivamente}$$

realizados na amplitude de tensão i e N_i^f ao número de ciclos para falha na amplitude de tensão i .

A fratura do material ocorrerá quando $D=1$.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

6ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere um metal puro com estrutura cristalina cúbica de faces centradas (CFC).

- a) Calcule o volume de uma célula unitária CFC em função do raio atômico R . (2 pontos)
- b) Calcule a densidade do metal com estrutura CFC.
Dados: parâmetro de reticulado (comprimento da aresta da célula unitária) = 0,3924 nm; massa molar = 195,09 g/mol; número de Avogadro = $6,022 \times 10^{23}$ átomos/mol. (3 pontos)
- c) A densidade experimental do referido metal é de 21,40 g/cm³. Há uma discrepância entre os valores de densidade teórica (calculada no item b) e densidade experimental devido à presença de lacunas no metal. Calcule o número de lacunas por cm³ presentes no metal. Dado: número de Avogadro = $6,022 \times 10^{23}$ átomos/mol; massa molar do metal = 195,09 g/mol; comprimento da aresta da célula unitária = 0,3924 nm. (3 pontos)

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma janela de vidro maciço de 1,2m x 1,2m e com 10mm de espessura separa uma sala, mantida a 20°C, do ambiente externo, no qual a temperatura média é de 35°C. A condutividade térmica do vidro é igual a 1,70 W/m-K.

- a) Qual é a quantidade de calor que atravessa a janela, entrando na sala, por dia? Assuma fluxo em estado estacionário e apresente a resposta em J/dia. (5 pontos)
- b) Se a janela de vidro maciço fosse substituída por uma janela de alumínio com dimensões 1,2m x 1,2m e 4 mm de espessura e se as temperaturas, tanto no interior da sala quanto no ambiente externo, fossem mantidas, a quantidade de calor que atravessaria a janela permaneceria constante, diminuiria ou aumentaria? Explique sua resposta. A condutividade térmica do alumínio é igual a 247 W/m-K. (3 pontos)

Dado:

Equação (para estado estacionário):

$$q = -k \frac{\Delta T}{\Delta x},$$

em que: q é o fluxo de calor por unidade de tempo e por unidade de área perpendicular ao fluxo (W/m^2); k é a condutividade térmica ($W/m-K$) e dT/dx é o gradiente de temperatura (K/m).

Lembre que: $1W = 1J.s^{-1}$

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

8ª QUESTÃO (8 pontos)

Na tabela a seguir, são apresentados dados relativos à distribuição de massas molares de um material polímero. A partir dessa tabela, calcule os seguintes valores:

- a) A massa molar numérica média (NUMBER AVERAGE MOLECULAR MASS). (3 pontos)
- b) A massa molar ponderada média (WEIGHT AVERAGE MOLECULAR MASS). (3,5 pontos)
- c) A polidispersão. (1,5 pontos)

Dado:

$$\bar{M}_n = \sum x_i M_i \quad \bar{M}_w = \sum w_i M_i$$

$$\text{polidispersão} = \bar{M}_w / \bar{M}_n$$

em que: M_i = massa molar média do intervalo de moléculas de tamanho i ;
 x_i = fração numérica de moléculas dentro do mesmo intervalo de tamanhos;

w_i = fração mássica de moléculas dentro do mesmo intervalo de tamanhos.

Tabela - Dados para o cálculo da massa molar do polímero.

Faixa de massas molares (g/mol)	Massa média M_i	Fração x_i
0-1.000	500	0,02
1.000-5.000	3.000	0,10
6.000-10.000	8.000	0,15
10.000-15.000	12.500	0,20
15.000-20.000	17.500	0,25
20.000-25.000	22.500	0,30
25.000-30.000	27.500	0,11
30.000-35.000	32.500	0,05
35.000-45.000	40.000	0,02

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

9ª QUESTÃO (8 pontos)

A Figura 1 a seguir apresenta uma curva esquemática da tensão de engenharia em função da deformação de engenharia de uma amostra polimérica semicristalina que foi submetida a um ensaio de resistência à tração. A amostra inicial (antes do ensaio) não apresenta orientação preferencial das moléculas e o material foi ensaiado a uma temperatura superior à sua temperatura de transição vítrea. Os pontos marcados na curva representam: **A** - região de deformação elástica; **B** - tensão limite de escoamento e **C** - limite de resistência à tração (tensão na qual a fratura ocorre).

A Figura 2 mostra o corpo de prova polimérico utilizado no ensaio de resistência à tração.

- a) Mostre a deformação macroscópica do material polimérico nos pontos marcados no gráfico (faça figuras com representações esquemáticas do corpo de prova durante os estágios de deformação: região A e pontos B e C). Explique suas figuras. (3 pontos)
- b) Explique o que acontece na microestrutura do material polimérico semicristalino durante o ensaio de tração. (5 pontos)

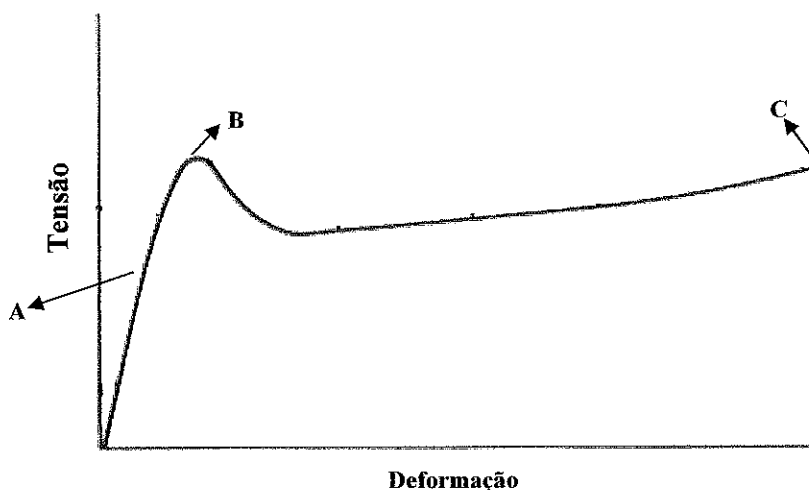


Figura 1 - Curva esquemática tensão de engenharia em função da deformação de engenharia para um polímero semicristalino.

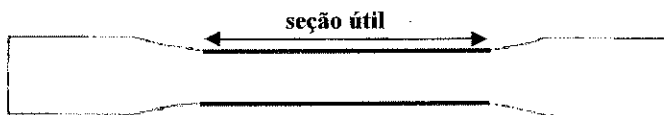


Figura 2 - Representação esquemática do corpo de prova empregado no ensaio de tração.

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

10ª QUESTÃO (8 pontos)

Considere a figura a seguir relativa ao comportamento térmico de três materiais cerâmicos, denominados A, B e C.

- O gráfico apresenta o volume específico, em função da temperatura, para um processo de resfriamento de materiais cerâmicos. A partir do gráfico, classifique os materiais A, B e C como cristalinos ou vítreos e explique sua resposta. (3 pontos).
- O que são as temperaturas T_1 , T_2 e T_3 ? Explique sua resposta. (3 pontos).
- Sendo B e C o mesmo material, qual foi resfriado mais lentamente? Por que? (2 pontos)

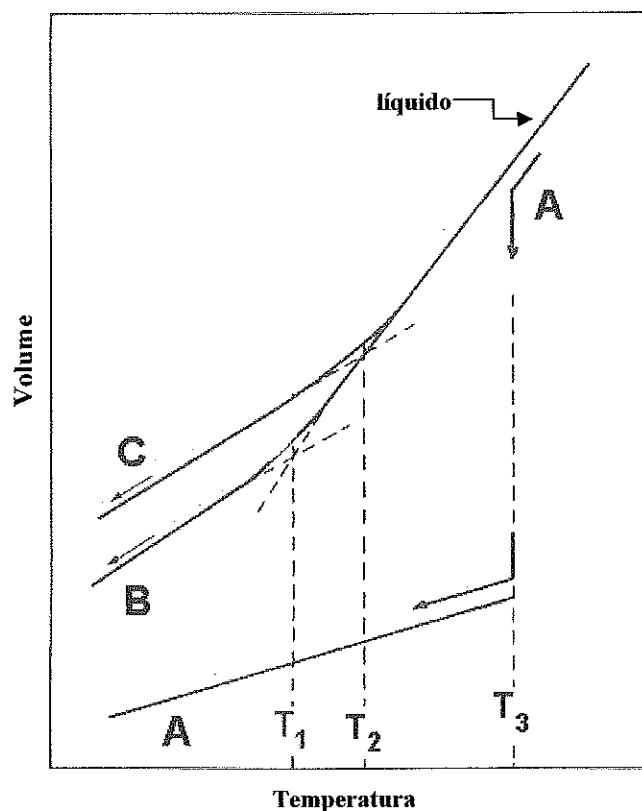


Figura - Gráfico do volume específico em função da temperatura, para um processo de resfriamento de materiais cerâmicos.

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2013