

MARINHA DO BRASIL
DIRETORIA DE ENSINO DA MARINHA

CONCURSO PÚBLICO PARA INGRESSO NO CORPO DE ENGENHEIROS DA
MARINHA (CP-CEM/2014)

ENGENHARIA DE MATERIAIS

**PROVA ESCRITA DISCURSIVA
INSTRUÇÕES GERAIS**

- 1- A duração da prova será de 05 horas e o tempo não será prorrogado. Ao término da prova, entregue o caderno ao Fiscal sem retirar os grampos de nenhuma folha.
- 2- Responda às questões utilizando caneta esferográfica azul ou preta. Não serão consideradas respostas e desenvolvimento da questão a lápis. Confira o número de páginas de cada parte da prova.
- 3- Só comece a responder à 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 noutro 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
000 A 080

NOTA			USO DA DEnsM

CAMPOS PREENCHIDOS
PELOS CANDIDATOS

CONCURSO: CP-CEM/2014
NOME DO CANDIDATO:

Nº DA INSCRIÇÃO		DV

ESCALA DE
000 A 080

NOTA			USO DA DEnsM

CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS (VALOR: 80 PONTOS)

1ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma câmara contém um gás com concentração em nitrogênio igual a $0,5 \times 10^{26}$ átomos de N/cm³. Num ponto dessa câmara, existe uma membrana de aço circular de 30mm de diâmetro e com 0,01mm de espessura. Essa membrana separa a primeira câmara de uma segunda, que contém um gás mais pobre em nitrogênio, com concentração 10^{24} átomos de N/cm³. O nitrogênio, dessa forma, se difunde, através da membrana de aço, da primeira para a segunda câmara. Considerando que o sistema se encontra em estado estacionário, e que o coeficiente de difusão do nitrogênio no aço, na temperatura de operação, é de 4×10^{-11} m²s⁻¹, determine a vazão de nitrogênio, em átomos por segundo, através da membrana de aço.

Dado:

Primeira lei de Fick (para difusão em estado estacionário):

$$J = -D \frac{dC}{dx}$$

Onde J é o fluxo de difusão ao longo de uma única direção, ao longo de x, D é o coeficiente de difusão e dC/dx = gradiente de concentração.

Continuação da 1ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

2ª QUESTÃO (8 pontos)

Têm-se dois corpos de prova cilíndricos de materiais cerâmicos, ambos com 20mm de diâmetro e 20cm de altura e com densidade próxima à densidade real. Um deles é de alumina, com módulo de elasticidade (também chamado de módulo de Young) de 300GPa, e o outro é de carbetto de silício, com módulo de elasticidade de 210GPa. Utilizando uma máquina universal de ensaios mecânicos (em sala condicionada à temperatura de 25°C) aplica-se, em ambos, uma carga de 5000N em tração simples. Com base nesses dados, analise as afirmações a seguir.

- I. Após a retirada da carga, no final do ensaio de tração, os corpos de prova irão apresentar deformação plástica acentuada.
- II. Durante o ensaio, o corpo de prova de alumina vai sofrer menor deformação elástica do que o corpo de prova de carbetto de silício.
- III. No término da aplicação da carga, estando os corpos de Prova ainda submetidos à tensão, a deformação elástica dos corpos de prova de alumina e de carbetto de silício é de cerca de 1,0% e 1,3%, respectivamente.

Sendo assim, resolva as proposições abaixo.

- a) Indique se as afirmações I, II e III são verdadeiras ou falsas, justificando cada uma de suas respostas. (6 pontos)
- b) Peças de alumina e de carbetto de silício são geralmente utilizadas em produtos de Cerâmica Avançada (CA). Cite pelo menos 3 características de produtos de Cerâmica Avançada e de Cerâmica Tradicional (CT). (2 pontos)

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 2ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

3ª QUESTÃO (8 pontos)

A figura abaixo indica que, quanto maior for a concentração de sílica (SiO_2) num vidro, maior será a temperatura para se atingir um determinado valor de viscosidade, por exemplo, a viscosidade referente ao ponto de amolecimento do vidro. Explique o motivo de tal comportamento.

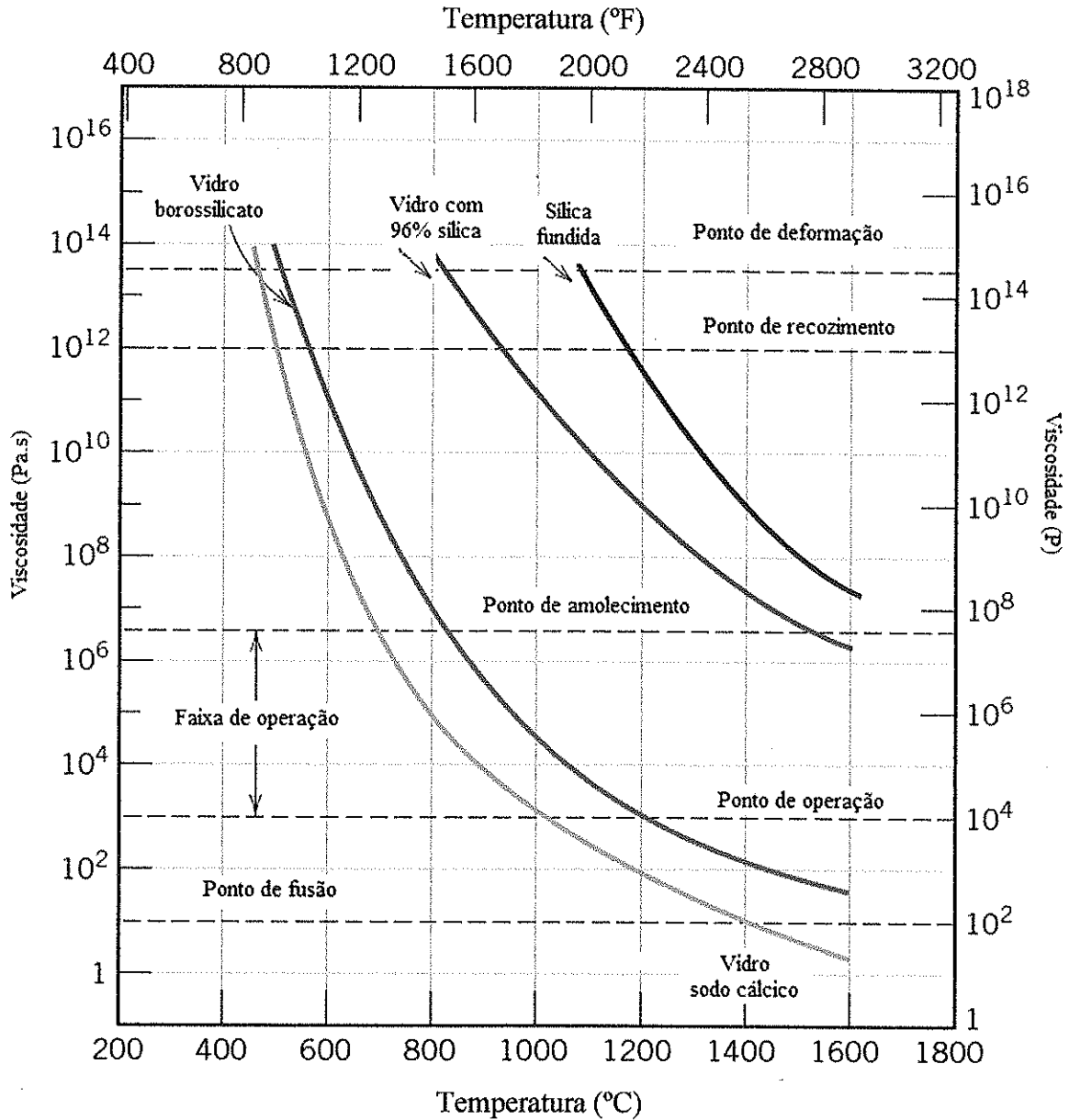


Figura - viscosidade em função da temperatura para vidros de sílica fundida e para vários vidros à base de sílica.

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 3ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

4ª QUESTÃO (8 pontos)

Num ensaio de relaxação de tensão, um material polimérico é submetido a uma deformação constante, e mede-se a 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.

A Figura 1 apresenta curvas de logaritmo de $G(t_1)$ em função da temperatura, para os materiais poliméricos denominados de A, B e C. O tempo t_1 é um tempo específico das curvas de logaritmo de $G(t)$ em função do logaritmo do tempo.

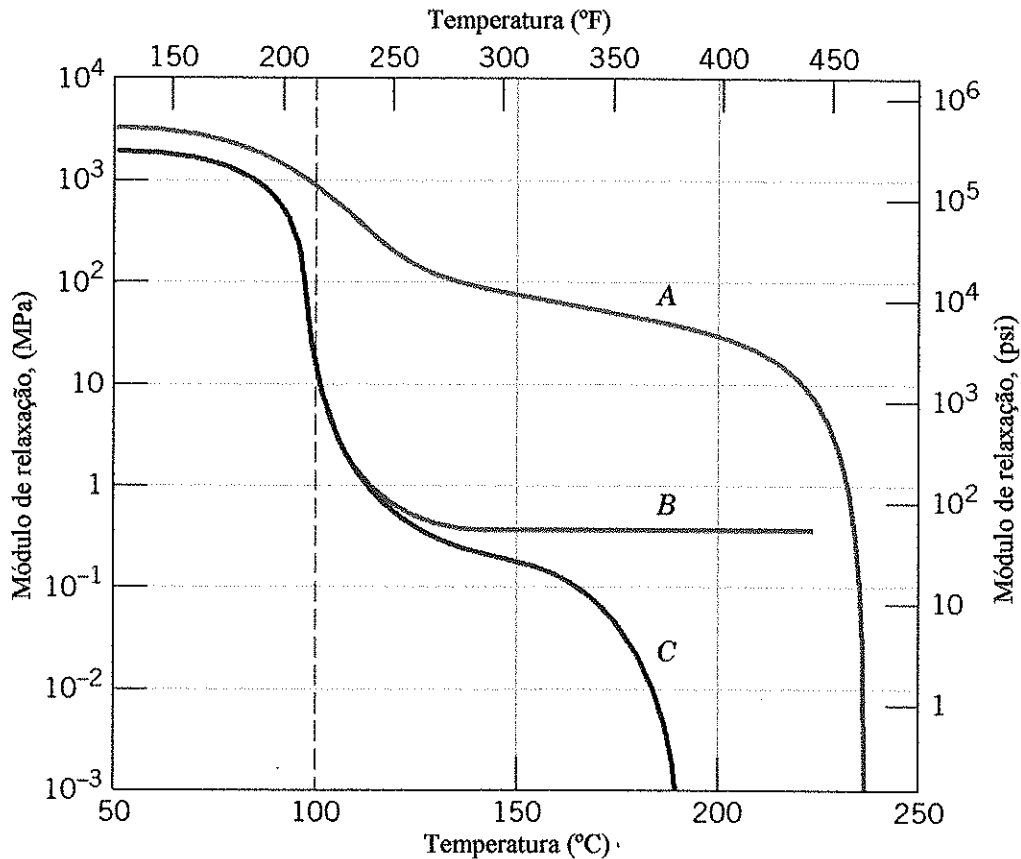


Figura 1 - Ilustração de curvas de logaritmo do módulo de relaxação em função da temperatura, para os materiais poliméricos denominados A, B e C

Continuação da 4ª QUESTÃO

Dados: Modelo de Maxwell: $G(t) = G_0 \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right)$

Onde:

$G(t)$ é o módulo de relaxação = $\sigma(t)/\gamma$;

$\sigma(t)$ = tensão (Pa);

γ = deformação (mantida constante);

$G_0 = \sigma_0/\gamma$;

σ_0 = tensão inicial, imediatamente após a aplicação da deformação (Pa);

τ = tempo de relaxação (s);

$\tau = \eta/E$;

η = viscosidade (associada à mola);

E = módulo (associado ao amortecedor).

- a) As curvas apresentadas são curvas características de quais materiais poliméricos? (3 pontos)
- b) Descreva o comportamento apresentado pelos materiais poliméricos nas 3 curvas da Figura 1. (5 pontos)

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 4ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

5ª QUESTÃO (8 pontos)

Na figura abaixo, são apresentadas curvas mestres do módulo de armazenamento (G') para uma série de amostras de PS (poliestireno) amorfos e monodispersos, de diferentes massas molares. As curvas mestres foram obtidas utilizando o Princípio da Superposição Tempo-Temperatura.

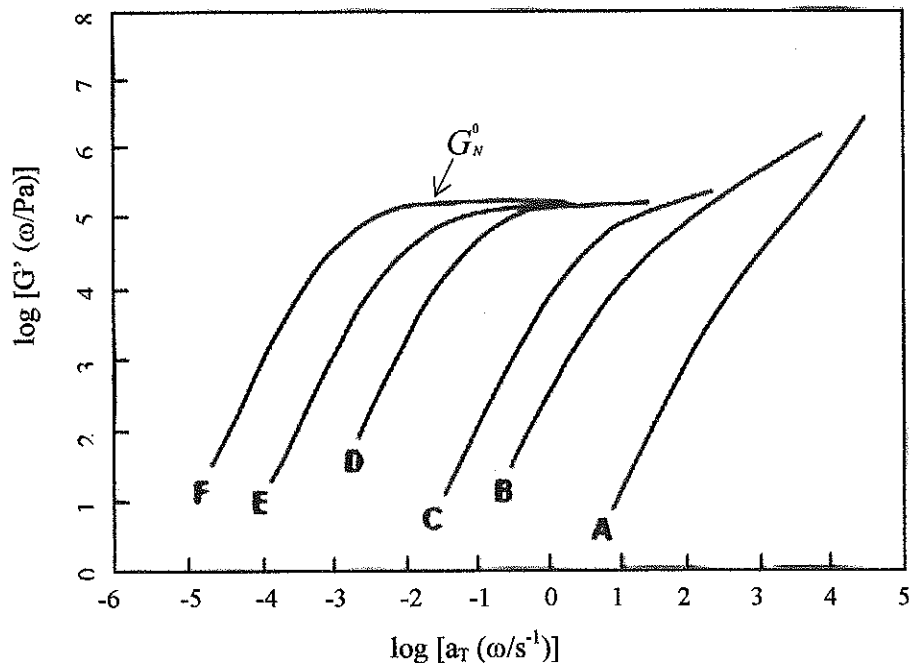


Figura - Curvas mestres de G' para uma série de poliestirenos amorfos

Dado: G_N^0 é denominado Módulo no Platô

- Descreva o ensaio que pode ser utilizado para obter dados de módulo de armazenamento em função da frequência. (1 ponto)
- Descreva, sem utilizar expressão numérica, o que representa o módulo de armazenamento. (1 ponto)
- Sabendo que cada amostra de PS é monodispersa, classifique as curvas em ordem crescente de massas molares. Justifique sua resposta. (3 pontos)
- Explique por que as curvas mestres de módulo de armazenamento, para as amostras D até F, apresentam um platô bem definido. O que representa esse platô? (3 pontos)

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 5ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

6ª QUESTÃO (8 pontos)

A norma ABNT NBR ISO 6892:2002, que trata de ensaios de tração em materiais metálicos, estabelece uma geometria de corpos de prova cujo croqui está reproduzido na figura abaixo. Ela também impõe restrições às dimensões permitidas da seguinte forma:

- I) admitem-se diâmetros da seção reduzida, $d = 20\text{mm}$, 10mm ou 5mm ; e
- II) o comprimento da seção reduzida (a região central do corpo de prova, que possui o diâmetro d) será $5d$. Além dessas condições impostas pela norma, há limitações impostas pela máquina de tração utilizada, a saber:
 - I) o comprimento da cabeça do corpo de prova (a) deve ser 30mm ;
 - II) o diâmetro da cabeça do corpo de prova deverá ser $D = 1,5d$; e
 - III) o raio de curvatura entre a cabeça e a seção reduzida deverá ser $r = D/2$.

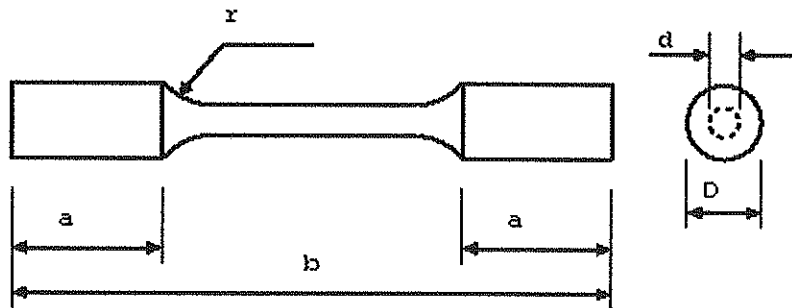


Figura - Geometria do corpo de prova ensaiado em tração (dimensões genéricas)

Considere um ensaio de corpos de prova extraídos de uma barra redonda de liga de alumínio AA7075-T6, com diâmetro de $38,1\text{mm}$ e comprimento total 450mm e que, para isso, dispõe de uma máquina de tração eletromecânica com capacidade máxima de 100000N .

Sendo assim, considerando a norma ABNT NBR ISO 6892:2002 e as limitações impostas pela máquina de tração utilizada, resolva as proposições abaixo.

- a) Determine qual será a carga de ruptura dos corpos de prova para os três valores de diâmetro da seção reduzida, especificados pela norma. (2 pontos)
- b) Determine qual dos três diâmetros deverá ser adotado para o corpo de prova a ser usinado, condicionado aos seguintes critérios:
 - 1) ser possível executar o ensaio até a ruptura do corpo de prova;
 - 2) ser possível usinar o corpo de prova a partir da barra à sua disposição; e
 - 3) usar o maior valor possível de d . (2 pontos)

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 6ª questão

c) Determine o valor de b para o corpo de prova especificado e calcule quantos corpos de prova poderão ser usinados a partir da barra à sua disposição. (4 pontos)

Observações:

Apenas um corpo de prova pode ser usinado por seção transversal da barra, ou seja, não é permitido subdividir a barra em frações menores para aumentar o número de corpo de prova.

Limite de resistência estimado para a liga AA7075-T6: 572MPa.

Limite de escoamento estimado para a liga AA7075-T6: 503 MPa.

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 6ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

7ª QUESTÃO (8 pontos)

Uma chapa de cobre eletrolítico recozido, inicialmente, com comprimento $L_i = 2500\text{mm}$, largura $B = 300\text{mm}$ e espessura $W_i = 2,5\text{mm}$, será laminada a frio de forma a reduzir a espessura a $W_f = 1,5\text{mm}$.

Dados:

- deformação real na direção da espessura: $e_W = \ln (W_f/W_i) = - 0,5108$;
- assuma que, no processo de laminação, a largura inicial será a mesma da final; e
- considere que, na deformação plástica, o volume se conserva.

- a) Desenhe o círculo de Mohr das deformações para o processo descrito, indicando corretamente as direções principais no referencial da chapa laminada (DL = direção do comprimento, DT = direção da largura e DN = direção da espessura). (2 pontos)
- b) Estime o comprimento final da chapa, L_f , ao final do processo de laminação. (2 pontos)
- c) Assumindo que as tensões principais são proporcionais às deformações principais e que a curva tensão-deformação desse material pode ser descrita pela equação $\tau_{max} = 500\sqrt{\gamma_{max}}$, onde τ_{max} e γ_{max} representam o módulo da tensão de cisalhamento e o módulo da deformação angular, respectivamente, determine o círculo de Mohr para as tensões máximas desse processo. (4 pontos)

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 7ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

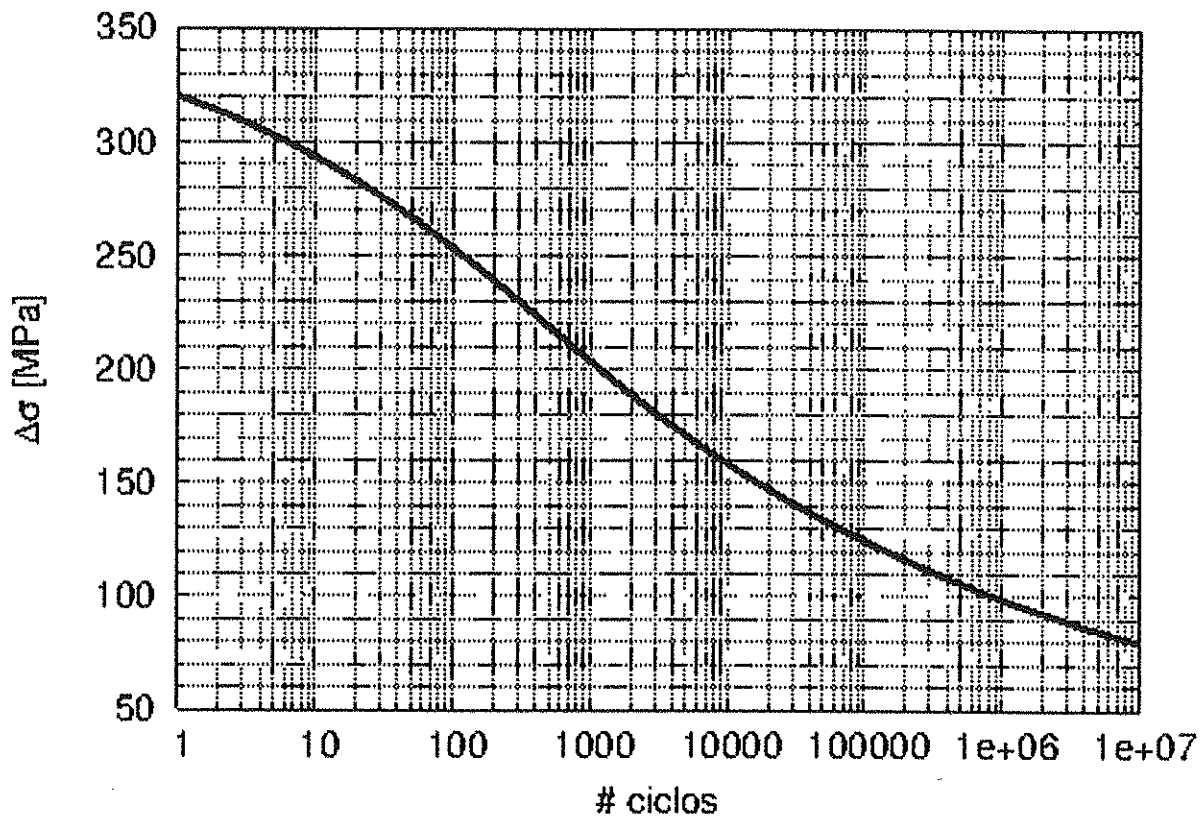
8ª QUESTÃO (8 pontos)

Durante a operação de um dado componente, observa-se que ele está sujeito a um carregamento cíclico que pode ser descrito pelo histograma da Tabela abaixo e que o material do qual o componente é fabricado possui a curva S-N representada na figura abaixo.

Tabela - Histograma de carregamento observado

Amplitude de tensão (Stress [MPa])	Fração de ciclos com a amplitude de tensão f_i
100	0,10
150	0,25
200	0,35
250	0,25
300	0,05

Figura - Curva S-N do material do componente



Continuação da 8ª questão

Dados:

Regra do dano linear, o dano D é definido como
$$D = \sum \frac{N_i}{Nf_i}$$

Onde:

- a somatória é feita sobre os níveis do histograma;
- $N_i = f_i \times N$ é o número de ciclos com aquele nível de tensão;
- Nf_i é o número de ciclos para falha naquele nível de tensão; e de acordo com a regra de Palmgren, a falha ocorre quando $D = 1$.

Com base nas informações apresentadas, e adotando a regra de dano linear (Palmgren), determine uma estimativa para a vida útil desse componente, em número de ciclos para a falha, N .

Continuação da 8ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

9ª QUESTÃO (8 pontos)

O limite de escoamento de um aço AISI 1005, com a composição dada na tabela abaixo, é dado pela seguinte equação empírica:

Equação 1:

$$\sigma_e = 88 + 37\%Mn + 43\%Si + 114\%P - 45\%S + \frac{15,1}{\sqrt{d}}$$

Onde d é o tamanho de grão ferrítico (em mm).

O tamanho de grão ferrítico, em μm , por sua vez, é dado pela equação empírica:

Equação 2:

$$d = 11,5 - 2,2 [6\%C + \%Mn + 30\%P + 35\%S + 0,01(723 - T_{bob}) + 0,01 e_{tot} - 0,002 T_{fn}]$$

Onde T_{bob} é a temperatura de bobinamento, que pode ser variada, e_{tot} é a deformação total aplicada no processo de laminação a quente, em %, que deve ser considerada constante em 20%, e $T_{fn} = 870^\circ\text{C}$ é a temperatura de acabamento da laminação a quente, que não deve ser alterada.

Tabela - Composição do aço AISI 1005 utilizado

%C	%Mn	%Si	%P	%S
0,06	0,8	0,02	0,015	0,017

Observação: A unidade do tamanho do grão, na equação (1), é milímetro e, na equação (2), é micrômetro.

Com base nesses dados, estipule qual deve ser a temperatura de bobinamento a ser adotada para produzir um aço com limite de escoamento de 280MPa.

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 9ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

10ª QUESTÃO (8 pontos)

A Figura abaixo apresenta o diagrama de fases do sistema Fe=Mo. Descreva os eventos que ocorrem durante a solidificação, em condições de equilíbrio termodinâmico, de uma liga contendo 60% em massa de molibdênio (MASS FRACTION Mo = 0,6), inicialmente a 1800°C. Indique ainda as reações e as temperaturas (aproximadas, se necessário) em que elas ocorrem.

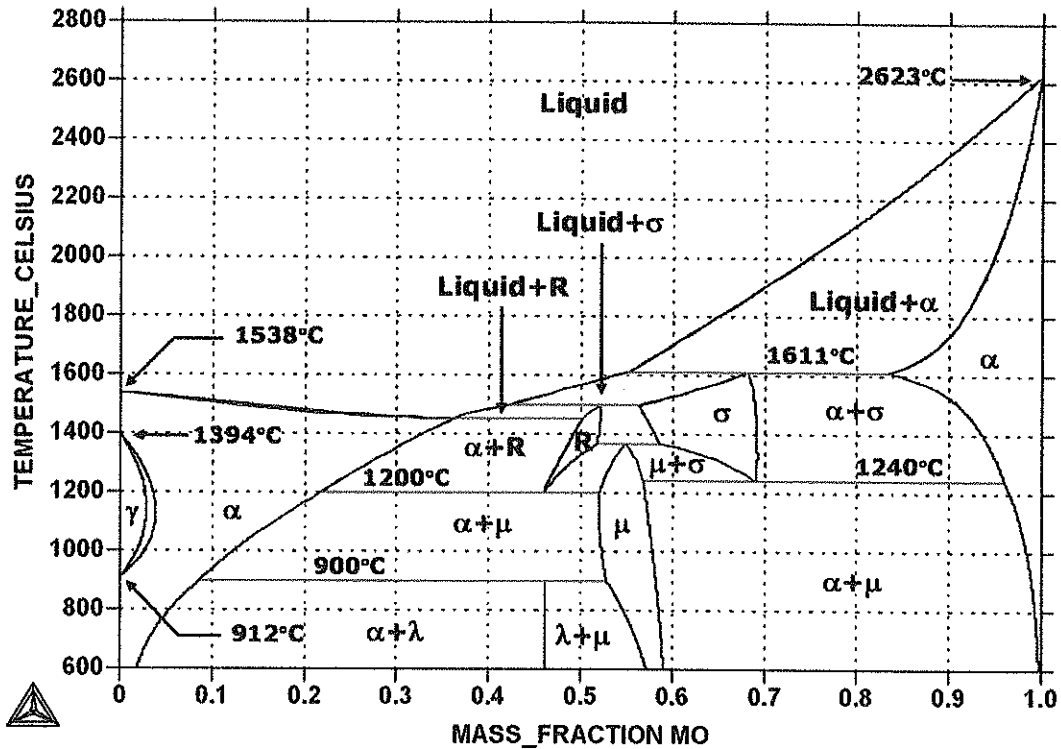


Figura - Diagrama de fases do sistema Fe - Mo

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014

Continuação da 10ª questão

Prova : CONHECIMENTOS PROFISSIONAIS
Profissão: ENGENHARIA DE MATERIAIS

Concurso: CP-CEM/2014