



**PETRÓLEO BRASILEIRO S.A.
PETROBRAS**

Processo Seletivo Público Nível Superior

CADERNO DE PROVA

Aplicação: 28/3/2004

CARGO: 15
**Engenheiro(a) de
Equipamentos Júnior – Inspeção**

CESPE
UNIVERSIDADE DE BRÁSILIA
Criação Oportunidades para Realizar Sonhos

ATENÇÃO

**Neste caderno, confira atentamente o
NÚMERO e o NOME DO SEU CARGO.**

**Leia com atenção as instruções
constantes na capa do CADERNO DE
PROVA DE CONHECIMENTOS BÁSICOS
(capa colorida).**

Conhecimentos Específicos

CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS

A respeito da físico-química metalúrgica, julgue os itens a seguir.

- 46** Considere que o ferro puro (Fe), tanto sólido como líquido, é normalmente caracterizado metalurgicamente em pressões próximas a uma atmosfera e que nessas condições, dependendo da temperatura, o Fe apresenta diferentes formas alotrópicas, algumas das quais são de grande importância prática. Assim, é correto afirmar que o diagrama de fases do Fe puro, representando as fases $Fe\alpha$, $Fe\gamma$, $Fe\delta$ e líquida, pode ser desenhado com apenas uma coordenada: a temperatura.
- 47** Considere que os diagramas de fase para uso em metalurgia são, geralmente, gráficos que indicam os valores de temperaturas e composições em que as fases e misturas de fases específicas são estáveis à pressão de uma atmosfera. Assim, é correto afirmar que para obter-se o diagrama de fases de uma liga metálica, deve-se submeter diferentes composições da liga a variações bruscas de temperatura — elevadas taxas de aquecimento ou resfriamento — e, rapidamente, observar e registrar as fases referentes às várias combinações de composição e temperatura.
- 48** O termo linha *liquidus* é usado para indicar o lugar geométrico das temperaturas acima das quais todas as composições de uma liga são exclusivamente líquidas.
- 49** Sabendo que o uso da energia livre na análise do equilíbrio químico de um sistema de vários componentes, mantido à pressão constante de cerca de 1 atm, leva à regra das fases, a qual relaciona entre si os números de variáveis independentes ou graus de liberdade (G), de componentes (C) e de fases presentes (F), conforme a expressão: $F+G=C+1$, então, no caso de três fases estarem presentes em um sistema binário, o número de graus é zero ($G=0$).
- 50** Utilizando a expressão $F+G=C+1$, é correto afirmar que em uma região monofásica do diagrama de fases de um sistema binário (por exemplo, as regiões α , β e líquida), o número de graus de liberdade é três ($G=3$).
- 51** Em processos eletroquímicos, os materiais designados de passivos são, verdadeiramente, aqueles que possuem camadas protetoras superficiais de óxido extremamente estáveis para certos ambientes.
- 52** Os metais são reativos e ocorrem na natureza na forma de compostos químicos, no entanto, existem duas exceções: ouro (Au) e platina (Pt), para os quais, em vários ambientes, a oxidação não é favorável. Nesse caso, de acordo com a série de potenciais-padrão de eletrodo, esses dois metais são os mais anódicos.

Em cada um dos itens a seguir, é feita uma consideração a respeito da estrutura dos materiais, seguida de uma assertiva a ser julgada.

- 53** Muitos são os exemplos de metais que apresentam os arranjos cristalinos tipo cúbico de face centrada (CFC) e hexagonal compacto (HC). Nesse caso, esses arranjos apresentam o mesmo fator de empacotamento atômico (FEA).
- 54** Os cristais de ferro gama ($Fe\gamma$) são do tipo CFC e apresentam fator de empacotamento atômico ($FEA=0,74$) superior em relação aos de ferro alfa ($Fe\alpha$), que são cúbicos de corpo centrado (CCC, $FEA=0,68$). Nesse caso, no diagrama de fases ferro-carbono (Fe-C) a solubilidade do carbono na ferrita ($Fe\alpha+C$) é bem maior que na austenita ($Fe\gamma+C$), já que na solução sólida intersticial ferrita há mais espaços vazios para alojar os átomos de carbono.
- 55** Os vários tipos de ligações químicas podem ser classificados, quanto às suas intensidades, em ligações atômicas primárias ou fortes e ligações secundárias ou fracas. Neste contexto, a ligação de van der Waals entre dipolos permanentes é um tipo particular de ligação primária.
- 56** O cobre, o ouro e a prata destacam-se por apresentarem elevadas condutividades elétrica e térmica. Então, é correto o raciocínio de que tal fato ocorre em virtude do número de elétrons de valência desses metais ser relativamente mais baixo, e, como consequência, maior é a predominância da ligação metálica nesses casos.
- 57** Um tipo simples de diagrama de fases em sistemas binários comum em situações práticas é o designado de eutético binário, como o diagrama nas ligas cobre-prata e chumbo-estanho. Nesses diagramas, o trecho horizontal da linha *solidus* corresponde à temperatura eutética da liga, T_E , que é denominada isotérmica eutética.
- 58** No diagrama de fases do sistema binário chumbo-estanho (Pb-Sn), a liga que possui cerca de 62% de Sn (~ 38% de Pb), em peso, é denominada liga eutética e se funde a aproximadamente 183 °C, e a liga de solda designada estanho 60-40 (60% Sn – 40% Pb), bem próxima à composição eutética, tem largo uso, por exemplo, na montagem de circuitos elétricos. Então, nessa situação, uma característica importante da liga estanho 60-40 é que a sua temperatura de fusão é próxima à máxima temperatura de fusão que as diferentes composições desse sistema apresenta.
- 59** Em função de apresentarem diferentes estruturas moleculares, os polímeros dividem-se em grupos. Com relação aos termoplásticos, que são polímeros que podem ser reciclados, eles apresentam dois tipos de ligações covalentes: as cruzadas, entre as macromoléculas, e as que se situam exclusivamente no interior das cadeias moleculares. Com o aquecimento, essas ligações enfraquecem a ponto de permitir que o termoplástico possa ser fundido e reciclado.

Em cada um dos itens a seguir, é feita uma consideração acerca de metalurgia física, seguida de uma assertiva a ser julgada.

- 60** No diagrama ferro-carbono (Fe-C) há vários pontos importantes, um deles corresponde à microestrutura conhecida como perlita, a qual possui em sua composição cerca de 0,8% de C, em peso. Nesse caso, o ponto associado à perlita também coincide com o ponto eutético do diagrama Fe-C.
- 61** Tanto os aços quanto os ferros fundidos são ligas que consistem em uma solução sólida substitucional de carbono no ferro e um dos detalhes que distingue essas duas ligas entre si é a porcentagem de C em cada uma delas. Nesse caso os ferros fundidos tipicamente possuem menos de 1,9% de C, ao passo que os aços-carbonos comerciais, em geral, apresentam um teor de carbono bastante superior.
- 62** No chamado trabalho a frio dos aços, ocorre o encruamento da liga. Nesse contexto, o trabalho a frio, por um lado, aumenta a tensão de escoamento e a resistência mecânica da liga, mas, em contrapartida, torna a liga mais frágil.
- 63** Revenido ou revenimento — um tratamento térmico complementar que se segue à têmpera, ou martêmpera, com a finalidade de diminuir a excessiva dureza e as tensões termomecânicas residuais associadas aos tratamentos anteriores — é feito em temperaturas inferiores à da zona crítica. Assim, durante o revenimento de um aço, se ele permanecer por algum tempo em certas faixas de temperatura proibidas, pode ocorrer uma redução na resistência ao impacto, a qual é passível de verificar-se por meio de um ensaio Charpy.
- 64** No diagrama ferro-carbono (Fe-C), há uma região correspondente à solução sólida intersticial de C no ferro delta ($\text{Fe}\delta$). Com relação a esta região, a fase constituída por $\text{Fe}\delta$ e C tem relevância tecnológica por ser de importância prática na caracterização microestrutural dos aços-carbonos.
- 65** A cementação — introdução de carbono na superfície de um componente de aço por meio de uma reação química que ocorre em temperatura acima da zona crítica — apenas cumpre sua finalidade prática após o componente ser temperado e revenido. Com relação a esse tratamento, é correto afirmar que os componentes de aços destinados a cementação possuem baixo teor de carbono, via de regra menor que 0,22%.

- 66** O elemento de liga predominante nos aços inoxidáveis é o cromo em concentrações superiores a 11% em peso. Então, para essa família das ligas de aço, entre os tipos de aço inoxidável (ferrítico, austenítico e martensítico), os austeníticos são os mais resistentes à corrosão devido aos elevados teores de cromo, complementados por uma quantidade de níquel.
- 67** A austêmpera é iniciada aquecendo-se o aço até a sua conversão total em austenita e, ato contínuo, segue-se um resfriamento rápido até uma temperatura acima da de transformação martensítica. Nesse contexto, para que a austêmpera possa se efetivar, é necessário, fazer-se uma transformação isotérmica da austenita instável em bainita, sem cortar o cotovelo da curva C, seguida do resfriamento em ar calmo.
- 68** Para que a têmpera ocorra, é necessário que a austenita transforme-se em martensita. Como essa transformação é lenta, para temperar-se um aço é necessário aquecê-lo e mantê-lo na região de austenita por um certo tempo, para então resfriá-lo de forma bem lenta.

Em relação às propriedades físicas, térmicas, elétricas e magnética dos materiais, julgue os itens que se seguem.

- 69** Os metais têm um, dois ou no máximo três elétrons de valência. Esses elétrons não estão ligados a um único átomo especificamente, mas estão de certa forma livres para movimentar-se por todo o metal, comportando-se como uma nuvem de elétrons. Devido à existência desses elétrons livres, os metais são bons condutores de eletricidade e de calor.
- 70** Com relação às estruturas de bandas eletrônicas em sólidos a 0 K, quando a banda de valência preenchida está separada da banda de condução vazia por um espaçamento menor que 35 eV ou há superposição de ambas, o material é um semicondutor, e, se o espaçamento for maior que 35 eV, o material é um isolante elétrico.
- 71** O *spin* dos elétrons é a mais importante fonte de magnetismo nos materiais sólidos. Em particular, os elementos de transição ferro, níquel e cobalto, os quais possuem um número ímpar de elétrons abaixo da camada de valência (nível 3d incompleto), são importantes materiais ferromagnéticos.

- 72** A resistividade elétrica dos metais é influenciada por fatores que incluem, entre outros, as impurezas e a temperatura. Assim, para os metais puros, a resistividade aumenta com a temperatura a partir de cerca de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 73** De acordo com análises de espectros atômicos, e segundo o modelo de átomo de Bohr, uma energia quantizada denominada fóton, sob a forma de radiação eletromagnética, é emitida ou absorvida quando um elétron faz uma transição de uma órbita para outra. Quando um elétron passa de uma órbita mais externa, em relação ao núcleo, para outra mais interna, ele absorve energia.
- 74** Em metais, cerâmicas e polímeros, as características de dilatação térmica são bastante influenciadas pelas ligações químicas. Em termos qualitativos, os coeficientes de expansão térmica linear dos materiais nos quais há predomínio de ligações iônicas e covalentes tendem a ser baixos.
- 75** Aços de alto teor de carbono, com adição de elementos de liga que formam carbeto, como W, Cr e Co, após um tratamento térmico adequado, podem se transformar em materiais magneticamente duros. Para um aço de alto teor de carbono ser usado como material magnético, ele deve ser recozido, para fins de relaxamento de tensões, pois tensões residuais inibem a magnetização.

No relativo a técnicas de análise microestrutural, julgue os itens subsequentes.

- 76** Os métodos de difração de raios X usados tanto no estudo de monocristais como no de policristais coincidem quanto à fixação do ângulo de incidência e quanto ao tipo de radiação incidente.
- 77** Quando feixes de raios X paralelos, monocromáticos e de mesma fase incidem em planos atômicos mutuamente paralelos, a lei de Bragg relaciona o comprimento de onda do feixe com o espaçamento interatômico dos planos e o ângulo para o qual ocorre difração. Assim, a lei de Bragg é uma condição necessária, mas não suficiente, para haver difração, ou seja, interferência construtiva dos raios dispersos em cristais reais.
- 78** Os raios X são radiações eletromagnéticas que possuem elevadas energias e comprimentos de onda da ordem de magnitude dos espaçamentos atômicos existentes nos materiais sólidos e só foram descobertos por volta de 1940, durante a Segunda Guerra Mundial.

- 79** Por serem os grãos de amostras monofásicas normalmente irregulares, é difícil conceituar, com grande precisão, seu tamanho ou diâmetro. Nesse contexto, o método comparativo com microestruturas-padrão é bastante simples e difundido para se determinar rotineiramente tamanhos médios de grãos.
- 80** Em microscopia eletrônica, ocorrem vários processos de interação durante a incidência de um feixe de elétrons em uma amostra. Os elétrons transmitidos, particularmente os espalhados elasticamente, são os usados em microscopia eletrônica de transmissão (MET). Nessa técnica de caracterização, o fenômeno básico que ocorre na formação de imagens em MET é o espalhamento dos elétrons pelos átomos da amostra. Ao contrário dos raios X, na MET os elétrons do feixe são espalhados não pelos elétrons dos átomos da amostra, mas sim pelos seus núcleos.
- 81** Há dois tipos de microscópios ópticos que são usados para analisar materiais: os de reflexão e de transmissão. Assim, nos metais e semicondutores a penetração da luz é muito pequena devido à sua interação com os elétrons de condução e utiliza-se, exclusivamente, microscópios ópticos de transmissão.
- 82** A microscopia eletrônica de transmissão (MET) pode ser usada em metalografia quantitativa para se analisar, com diferentes graus de precisão, as características microestruturais de amostras. Nesse contexto, ao analisar as partículas de uma segunda fase dispersa em uma liga, por meio de uma imagem gerada por MET, pode-se utilizar equações exatas envolvendo os parâmetros microestruturais medidos, e então obter resultados quantitativos de grande precisão, como a distribuição do tamanho das partículas.

Um parafuso longo é empregado para prender uma tampa de vaso de pressão. Considerando que o parafuso é solicitado essencialmente a tração, para efeito de cálculo do dimensionamento da tração do parafuso, é correto admitir que

- 83** as tensões normais se distribuam uniformemente sobre a seção transversal do mesmo, em regiões suficientemente distantes da cabeça ou da porca.

Com relação à seção transversal de uma viga de aço com seção transversal em perfil I apoiada em suas extremidades e submetida ao peso próprio, é correto afirmar que

- 84** as contribuições das mesas da viga ao momento de inércia de área devem-se principalmente às distâncias entre os centros geométricos das mesas e o centro geométrico da seção I.

Supondo que um ponto material está submetido a um estado de tensão qualquer, julgue os itens abaixo.

- 85** A maior tensão cisalhante observada no ponto material é sempre igual à média aritmética das tensões principais máxima e mínima no ponto.
- 86** Se as três tensões principais são iguais entre si, então todo plano passando pelo ponto material é plano principal.

Um reservatório de forma esférica e parede com espessura t desprezível em relação a seu raio r é preenchido com gás a uma pressão p . Em relação a esse reservatório, julgue os seguintes itens.

- 87** A resistência do reservatório à pressão interna é menor que aquela em um reservatório cilíndrico com mesmo raio r em seu trecho cilíndrico, parede com mesma espessura t e construído com o mesmo material.
- 88** Na situação apresentada, a tensão de membrana varia linearmente ao longo da espessura.
- 89** Como a tensão de membrana em um ponto do vaso de pressão independe do plano considerado, desde que o mesmo passe pelo centro da esfera, é correto concluir que não se observam tensões cisalhantes nas paredes do reservatório.
- 90** A tensão de membrana observada na parede do reservatório σ pode ser corretamente calculada por meio da fórmula $\sigma = \frac{pr}{2t}$.

Um tubo de aço com diâmetro D , parede com espessura t , comprimento L e submetido ao peso próprio com resultante P está apoiado sobre dois calços, um em uma de suas extremidades e o outro a uma distância $\frac{L}{3}$ da outra extremidade. Nessas condições, julgue os itens a seguir.

- 91** Uma vez que a deflexão da extremidade não-apoiada do tubo é não-nula, o momento fletor correspondente também é não-nulo.
- 92** O maior momento fletor observado no tubo, em valor absoluto, é igual a $\frac{PL}{18}$ e ocorre na seção transversal apoiada à distância $\frac{L}{3}$ de uma das extremidades.
- 93** A maior força cortante observada no tubo, em valor absoluto, é igual a $\frac{5P}{12}$.
- 94** A distribuição de momentos fletores pode ser calculada derivando-se a função que descreve a distribuição dos esforços cortantes em relação à coordenada longitudinal do tubo.

Uma viga com comprimento L , seção transversal retangular com altura h e largura b está submetida a seu peso próprio e está engastada em ambas as extremidades. Nessas condições, julgue os itens que se seguem.

- 95** A mesma viga, simplesmente apoiada em suas extremidades e submetida ao mesmo carregamento por peso próprio, estaria submetida a tensões normais 50% maiores que na situação presente, biengastada.
- 96** As equações de equilíbrio são suficientes para se determinar os esforços reativos nos engastamentos.

Em relação a aços dúcteis, que podem ter seus comportamentos mecânicos representados por modelos elastoplásticos, julgue os itens subseqüentes.

- 97** A plasticidade ideal descreve o comportamento elastoplástico sem considerar o efeito do encruamento do material.
- 98** Se o coeficiente de Poisson do material for menor que 0,5, a deformação plástica ocorre com variação moderada de volume, de acordo com a teoria clássica de plasticidade linear.

Apesar de os critérios de resistência mecânica dependerem fundamentalmente das tensões, do ponto de vista experimental, apenas as deformações podem ser medidas. A partir de tais medidas, infere-se sobre as tensões correspondentes. Nesse contexto, julgue os itens seguintes.

- 99** O tensor de deformações lineares, definido como sendo a parte simétrica do gradiente de deslocamentos, descreve de maneira satisfatória as deformações envolvendo pequenas variações entre as distâncias dos pontos materiais, mesmo que rotações de corpo rígido envolvidas sejam elevadas.
- 100** Os elementos diagonais do tensor de deformações lineares descrevem as variações de dimensão, enquanto os demais elementos descrevem as variações de forma.

A respeito da análise da integridade de elementos estruturais, que depende fundamentalmente do conceito de tensão, julgue os itens que se seguem.

- 101** O conhecimento do tensor tensão permite determinar o vetor tensão em qualquer plano passando pelo ponto material.
- 102** O vetor tensão atuante em um ponto material depende não só da orientação da superfície sobre a qual é definido como também da curvatura de tal superfície.
- 103** A simetria do tensor tensão é devida à simetria do tensor de deformações lineares.

A falha de componentes de máquinas ou dispositivos mecânicos ocorre quando eles deixam de exercer as funções para as quais foram projetados. Do ponto de vista estrutural significa que um componente não suporta o carregamento aplicado. A respeito do tema, julgue os itens abaixo.

- 104** As falhas estruturais podem se manifestar de quatro formas: deformação elástica excessiva, deformação plástica excessiva, ruptura ou fratura do material e alteração no estado do material.
- 105** Fadiga é o nome genérico do processo de degradação progressiva e irreversível, representado pela iniciação e propagação de uma trinca, como resultado da aplicação de cargas ou de deformações variáveis ao longo do tempo.
- 106** A falha por fluência em componentes estruturais resulta da deformação elástica produzida sob a influência de tensões aplicadas e da temperatura, acumulada sobre um período de tempo suficientemente longo para interferir na capacidade do componente de exercer satisfatoriamente sua função.
- 107** No regime de fluência secundária, o material entra em um regime permanente em que a deformação aumenta a uma taxa crescente em relação ao tempo.
- 108** A ruptura dúctil ocorre quando a deformação elástica aplicada a um componente provoca a propagação rápida e catastrófica de um defeito preexistente, levando à separação do componente em duas ou mais peças.
- 109** A ação de *fretting* ocorre na interface entre dois corpos sólidos comprimidos um contra o outro por uma força normal e submetidos a movimentos relativos cíclicos de pequena amplitude.
- 110** A relaxação pré-carga dos parafusos de um flange de um vaso de pressão que opera a alta temperatura em razão de alterações dimensionais devido ao processo de fluência pode ser incluída no tipo de falha denominada fadiga térmica.
- 111** A flambagem ou instabilidade elástica de um componente estrutural ocorre quando uma combinação crítica de cargas de tração e configuração geométrica do elemento faz que uma pequena variação na carga provoque deformações ou deslocamentos repentinos, demasiado elevados, dentro do domínio elástico do material.

Trincas, que podem ocorrer mesmo em estruturas novas, não são sempre detectadas em procedimentos de inspeção. Na aplicação da filosofia de controle da integridade estrutural, o objetivo é produzir estruturas tolerantes ao dano, de modo que possam sustentar, com segurança, carregamentos aplicados mesmo na presença de trincas, até que sejam tomadas providências para a eliminação ou neutralização dos efeitos deletérios dessas trincas. Acerca dos princípios que norteiam a tolerância de dano e o controle de fratura em estruturas, julgue os itens a seguir.

- 112** Nas estruturas falha-seguras (*fail-safe*), existem trajetórias de carga redundantes, de modo que, se ocorrer falha em um elemento estrutural primário, um outro elemento estrutural manterá a capacidade de sustentação de carga até que o dano no elemento primário seja detectado por inspeção e reparado.
- 113** Teste de prova (*proof test*) é um procedimento de controle de fratura apropriado para dutos e vasos de pressão em que uma carga maior que a carga de operação é aplicada, sendo observado o aparecimento de falhas. Ocorre falha se uma trinca a_p , correspondente à carga de prova, estiver presente. Se não ocorrer falha, o máximo tamanho de trinca que pode existir na estrutura é a_p , o que assegura que a estrutura está apta a operar com segurança por um determinado período, correspondente ao tempo de crescimento da trinca de a_p até o tamanho crítico a_c .
- 114** Se o tamanho detectável de uma trinca pelo instrumento de inspeção disponível for a_d e o tempo necessário para a trinca crescer de a_d até a_p (tamanho máximo permissível de trinca na estrutura) for t , o intervalo de inspeção I deverá ser igual a t .
- 115** Vazar-antes-de-quebrar (*leak-before-break*) é a denominação dada ao critério de falha estrutural aplicado a vasos de pressão pelo qual a parede do vaso deve ser dimensionada de modo que o tamanho crítico para fratura a_c seja menor que a espessura da parede.
- 116** Os cabos de aço usados em equipamentos de elevação de carga são exemplos típicos de componente estrutural com tolerância de dano.

O critério para a fratura de materiais frágeis foi estabelecido, inicialmente, a partir de considerações sobre o balanço de energia em corpos trincados. Essa abordagem evoluiu para uma forma prática de utilização para análise de resistência à fratura dos materiais usados em engenharia, que é a taxa de liberação de energia de deformação elástica G . Considerando essas informações e também que R representa a resistência à propagação da trinca, julgue o seguinte item.

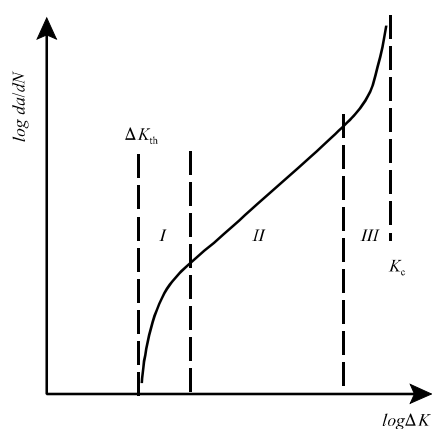
- 117** Por essa abordagem, a propagação instável da trinca ocorre quando $\frac{\partial U}{\partial a} = \frac{\partial W}{\partial a}$, ou $G = R$, ou seja, quando a taxa de liberação da energia de deformação plástica, G , se iguala à energia absorvida durante uma extensão incremental da trinca, R . O valor crítico de G (G_c), que pode ser determinado experimentalmente, é uma propriedade do material.



Uma placa de aço com tenacidade à fratura $K_{Ic} = 63 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ e resistência ao escoamento de 820 MPa é parte de uma estrutura de sustentação de um grande vaso de pressão. Em uma inspeção por meio de raios X, foi detectada uma trinca passante de $2a = 4,08 \text{ mm}$. A configuração pode ser considerada como uma placa infinita contendo uma trinca central, remotamente solicitada.

Nessa situação, julgue o item a seguir.

- 118** A resistência residual da placa é menor que a tensão de escoamento e é suscetível à fratura.



A mecânica de fratura pode ser aplicada à fadiga, para análise da propagação de trincas e para evitar a falha por fadiga. A figura acima mostra, em escala log-log, o formato geral da curva $da/dN \times \Delta K$ de propagação de uma trinca de fadiga. Acerca desse assunto, julgue os itens subsequentes.

- 119** Na região I, a propagação da trinca cresce a taxas muito baixas, e a curva de propagação tende assintoticamente para ΔK_{th} , que é denominado limiar de crescimento de trinca de fadiga, indicando que, para valores de ΔK abaixo desse limite, inexitem trincas de fadiga.
- 120** O crescimento de uma trinca de fadiga na região II é geralmente representado pela Lei de Paris, expressa por $\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m$, em que C é uma constante do material e m é a inclinação da curva de propagação em escala log-log.
- 121** Na região III, as taxas de propagação aceleram-se à medida que $K_{máx}$ tende para K_{Ic} (tenacidade à fratura do material). Trata-se de uma região importante nos cálculos de previsão da vida à fadiga, pois é onde ocorre a falha.

- 122** Estimativas da vida à fadiga de um componente podem ser feitas corretamente integrando-se a Lei de Paris entre um tamanho inicial (a_i) e final (a_f) de trinca na forma $N = \int_{a_i}^{a_f} C(\Delta K)^m da$.

- 123** As taxas de propagação de trincas de fadiga são afetadas pela razão $R = \frac{K_{min}}{K_{max}}$. Em geral, quanto maior R , maior a taxa de propagação para um mesmo valor de ΔK .

- 124** A ocorrência de sobrecargas em um componente submetido a uma história de carregamento de amplitude constante provoca a aceleração da taxa de propagação da trinca de fadiga, da/dN .

- 125** Trincas de fadiga iniciadas em ambientes com água salgada tendem a acelerar as taxas de propagação, em razão da associação da corrosão e da fadiga, gerando um modo combinado de falha denominado fadiga sob corrosão.

Componentes de máquinas e estruturas mecânicas devem ser inspecionados em sua fabricação e durante a vida operacional, para assegurar condições de funcionalidade e segurança. Ensaios não-destrutivos referem-se ao conjunto de técnicas de inspeção que mantêm a peça examinada apropriada para uso posterior. Com relação aos ensaios não-destrutivos, julgue os itens que se seguem.

- 126** A simples inspeção visual de uma peça a vista desarmada não poder ser considerada uma técnica de inspeção não-destrutiva.
- 127** A grande vantagem dos ensaios com líquidos penetrantes refere-se à possibilidade de detecção de qualquer tipo de trinca superficial em qualquer tipo de material, de forma rápida e barata. Entretanto, esses ensaios somente podem revelar descontinuidades relativamente grosseiras, da ordem de 0,1 mm de largura.
- 128** Um ensaio com líquido penetrante consiste na aplicação, por meio de pincel, imersão, pistola ou *spray*, de um líquido, geralmente de cor vermelha ou fluorescente, capaz de penetrar nas descontinuidades depois de determinado tempo em contato com a superfície da peça ensaiada. Depois de se remover o excesso de líquido, deve ser aplicado um revelador, um talco branco que atua como se fosse um mataborrão, sugando o penetrante das descontinuidades e revelando-as.
- 129** O ensaio por partículas magnéticas é uma opção possível para detectar defeitos superficiais e subsuperficiais, até uma profundidade de 3 mm, em tubulações fabricadas em aço inoxidável austenítico e cobre.

130 A termografia industrial tem larga aplicação na indústria petroquímica, na inspeção de serpentinas de fornos de aquecimento e craqueamento térmico, na avaliação de revestimentos isolantes e refratários internos de dutos de gases quentes e chaminés. Consiste na medição do campo de temperaturas existente na peça examinada por meio de pinturas, cristais líquidos, radiômetros e sistemas de visão infravermelha.

131 Os ensaios com correntes parasitas (*eddy current*) baseiam-se na variação da indutância de uma bobina colocada próxima à superfície de um metal condutor causada pela variação do campo magnético das correntes parasitas geradas na peça examinada, em razão dos defeitos existentes na peça.

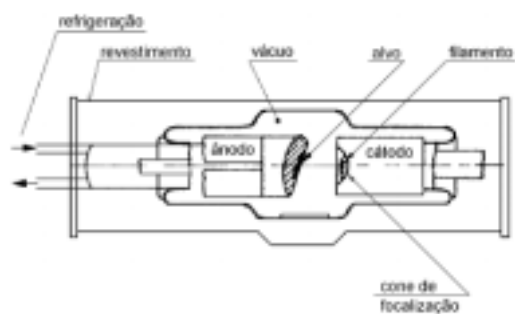
132 As técnicas com correntes parasitas são bastante práticas, pois requerem pouca qualificação técnica do inspetor, porém só são adequadas para detectar defeitos superficiais.

133 As inspeções que usam correntes parasitas somente podem ser aplicadas a peças feitas de materiais ferromagnéticos.

Quanto aos ensaios com raios X e com raios gama, julgue os itens seguintes.

134 As técnicas radiográficas permitem a inspeção de grandes áreas e a detecção de defeitos internos longe da superfície, porém requerem que se tenha acesso a ambos os lados da peça examinada.

135 O tubo de Coolidge ou tubo de raios X, mostrado esquematicamente na figura abaixo, é o principal dispositivo usado em um ensaio de raios X. Quanto maior for a diferença de potencial (DDP), ou voltagem, entre o ânodo e o cátodo, maior serão a aceleração dos elétrons e o impacto no ânodo, gerando raios X com maior energia, ou seja, com maior poder de penetração.



136 No ensaio de raios X, a exposição ou quantidade de radiação recebida, que influi na sensibilização do filme, é inversamente proporcional à corrente e à voltagem aplicada ao tubo de Coolidge e diretamente proporcional ao tempo de exposição.

137 A gamagrafia ou radiografia por meio de raios gama é muito adequada para uso em campo, por não requerer fonte externa de energia.

138 Nos ensaios com raios gama, o tempo de exposição deve ser determinado a partir de um gráfico que correlaciona o fator de exposição (F_E) com a espessura da peça e a densidade radiográfica a ser obtida, que é específica para cada isótopo. O fator de exposição (F_E) pode ser obtido pela seguinte expressão: $F_E = \frac{A \times t}{d^2}$, em que A é a atividade da fonte, em

milicurie (mCi), t é o tempo de exposição, em minutos, e d é a distância fonte-filme (dff), em centímetros.

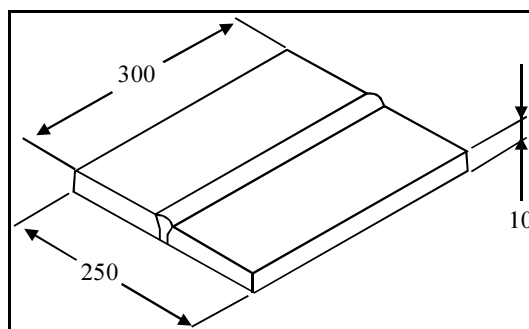


Figura I

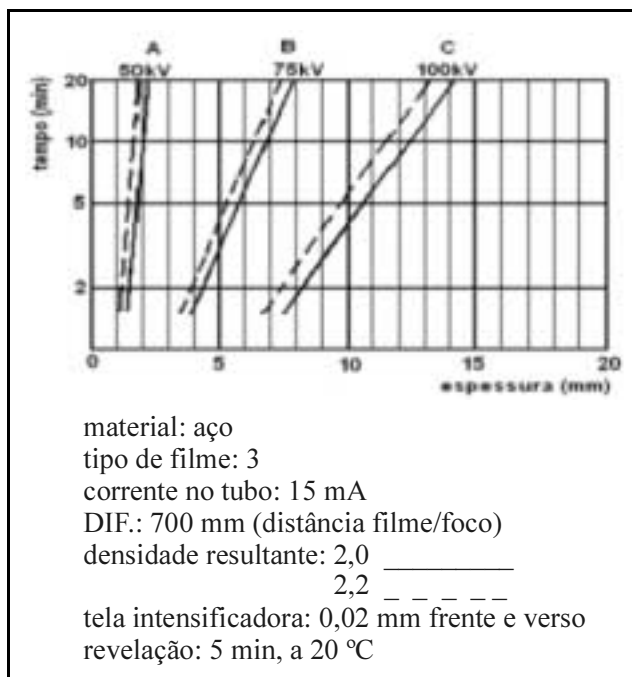


Figura II

A chapa de aço soldada, mostrada na figura I, deve ser ensaiada por raios X para verificar a existência de trincas no cordão. Tem-se disponível um equipamento com capacidade de 100 kV e 15 mA, cujas curvas de exposição estão mostradas na figura II. A solda é de topo e o cordão possui um reforço de 2,5 mm. Julgue o item a seguir, acerca das condições em que deve ser realizado esse ensaio.

139 O ensaio deve ser feito com voltagem de 100 kV.

A palavra corrosão denota destruição de metal por ação química ou eletroquímica. Os mecanismos de corrosão são, em sua maioria, eletroquímicos. Quanto a esse assunto, julgue os itens a seguir.

- 140** Ânodo é o eletrodo de uma célula eletrolítica em que ocorre oxidação.
- 141** Equivalente eletroquímico é a massa de um elemento ou grupos de elementos oxidados ou reduzidos em um eletrodo de uma célula eletrolítica pela passagem de uma quantidade unitária de eletricidade.
- 142** Eletrólito é uma substância ou uma solução, usualmente líquida, que contém íons que migram em um campo elétrico.
- 143** O pH é uma medida da atividade iônica do hidrogênio definida pela equação $\text{pH} = \log_{10} a_{\text{H}^+}$, em que a_{H^+} é a concentração molar de íons de hidrogênio multiplicada pelo coeficiente de atividade iônica do meio.
- 144** Denomina-se fragilização pelo hidrogênio o fenômeno de perda de ductilidade de um metal causada pela entrada de átomos de hidrogênio na estrutura cristalina desse metal.
- 145** A série eletroquímica é uma lista de elementos químicos arranjados de acordo com seus potenciais de eletrodo, tomando como padrão o eletrodo de hidrogênio, arbitrado como sendo igual a zero. O sinal é negativo para os elementos cujos potenciais são catódicos e positivo para aqueles cujos potenciais são anódicos em relação ao hidrogênio.

Quanto aos tipos de danos por corrosão, julgue os itens subsequentes.

- 146** Cavitação ou corrosão alveolar é o dano causado por um ataque químico localizado e acelerado, provocando a formação de cavidades penetrantes em torno das quais o metal permanece relativamente inatacado.
- 147** Corrosão sob tensão é a ação de corrosão na interface de duas superfícies em contato pela ação combinada de um processo de corrosão e tensões de contato, associadas a vibrações que produzem pequenos deslocamentos relativos entre as superfícies.
- 148** Corrosão intergranular é um tipo de ataque localizado nos contornos de grão de um metal, que resulta na perda de resistência e ductilidade.

A corrosão pode ser uniforme, quando ocorre igualmente em toda a superfície, ou localizada (*pitting*). A velocidade de corrosão pode ser geralmente medida de duas maneiras: pela penetração no metal em um período de tempo (mm/ano) ou pela perda de metal produzida pelo processo de corrosão em um período de tempo — $\text{g}(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$. Acerca desse assunto, julgue os itens que se seguem.

- 149** A medida da taxa de corrosão, tanto por penetração como por perda de metal, deve incluir a formação de qualquer produto da corrosão aderente ou não-aderente na superfície do metal, como, por exemplo, a ferrugem.
- 150** O fator de alvéolo (*pitting factor*) é uma medida da intensidade de corrosão concentrada, representada pela relação entre a penetração mais profunda para a média de penetração determinada pela perda de peso em um corpo de prova.
- 151** Um fator de alvéolo igual a 1 representa um ataque uniforme em toda a superfície.

Testes de corrosão em laboratório em três ligas metálicas com uma solução à base de resíduos industriais apresentaram os seguintes resultados para a perda de metal produzida pelo processo de corrosão.

liga	densidade – ρ (g/cm^3)	perda de massa [$\text{g}(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$]	fator de alvéolo (<i>pitting factor</i>)
A	2,7	40	1
B	9,0	62	2
C	7,8	5,6	9,2

Considerando a medida da taxa de corrosão quanto à penetração, julgue os seguintes itens.

- 152** Entre as três, a liga B apresenta a maior taxa de penetração.
- 153** A liga A deverá apresentar uma penetração máxima de 5,407 mm ao final de um ano.

Metais, polímeros e cerâmicas compõem as três grandes classes de materiais disponíveis para aplicações de engenharia. São as características específicas de cada material que irão determinar a escolha correta para a aplicação em produtos industriais, componentes de máquinas e estruturas. No que se refere a esse assunto, julgue os itens a seguir.

- 154** O alto teor de cementita faz do ferro fundido branco um material não-dúctil, muito frágil, com uma superfície muito dura, o que o torna próprio para aplicações que requerem alta resistência à abrasão.
- 155** As ligas de titânio não são magnéticas, apresentam alta relação resistência/peso e também alta resistência à corrosão e são recomendadas para aplicações em que se requer associação entre resistência mecânica, resistência à corrosão e peso reduzido. Entretanto, são difíceis de serem usinadas ou conformadas, o que as torna muito caras para a fabricação de peças e limita consideravelmente a sua utilização para aplicações usuais.

156 A grande vantagem e o apelo à utilização dos compósitos poliméricos reforçados por fibras contínuas de carbono, vidro ou aramidas (*kevlar*) em aplicações estruturais é a baixa rigidez específica desses materiais, que torna as estruturas muito leves.

157 Os aços inoxidáveis martensíticos são essencialmente ligas de Fe, C e Cr com, eventualmente, pequenas quantidades de Ni que possuem alta temperabilidade, a qual lhes proporciona propriedades mecânicas desejadas. São chamados de aços-turbina por serem frequentemente empregados em pás de turbinas e compressores, molas, eixos, hélices de bombas, hastes de válvulas etc.

158 ALCLAD é a designação dada a chapas ou tubos de alumínio recobertos com uma película de Zn_2O_3 altamente aderente, contínua e uniforme, aplicada em ambas as faces.



Considere que a barra mostrada na figura acima seja parte de um mecanismo articulado de um sistema robótico e tenha como função a transmissão de movimento linear e de forças por meio de pinos transversais montados nos olhais. Com relação aos critérios de seleção do material para essa aplicação, julgue os itens subsequentes.

159 Para que a barra possa ser submetida a choques eventuais, o material deverá ter elevada tenacidade à fratura para reduzir a fragilidade do componente.

160 Para evitar alteração nas dimensões da barra em função de variações na temperatura, o material deverá ser de baixa condutibilidade térmica.

161 A precisão de posicionamento é um fator fundamental. Portanto, a escolha do material deverá ser feita em função da rigidez.

Acerca dos processos de soldagem, julgue os seguintes itens.

162 O processo de soldagem por resistência a ponto é um processo que não necessita da aplicação de pressão para ser executado.

163 No processo de soldagem MAG, ao se utilizar CO_2 como gás de proteção, o modo de transferência de metal dominante é o gotejamento (*spray*).

164 O processo de soldagem a arco submerso é principalmente aplicado na soldagem de cordões longos em peças espessas (acima de 6 mm) de aço-carbono e aços baixa liga, em estruturas de médio e grande porte, na indústria naval.

165 O processo MIG/MAG, também conhecido como GMAW (*gas metal arc welding*) caracteriza-se pela utilização de um arco elétrico como fonte de calor, aberto entre a ponta de um eletrodo consumível, continuamente alimentado, e o metal de base. O arco e a região da solda são protegidos por um gás inerte, como o argônio ou o hélio, ou ativo, como o CO_2 e o O_2 , ou por uma mistura desses.

166 O processo de soldagem com arame tubular é uma variação do processo MIG/MAG em que o arame continuamente alimentado tem a forma de um tubo contendo em seu interior uma combinação de fluxo mineral e pós de metais. Esse fluxo somente tem função de adicionar elementos de liga ao cordão de solda, sendo sempre necessária a utilização de gás de proteção.

167 O processo TIG (*tungsten inert gas*), também conhecido como GTAW (*gas tungsten arc welding*), caracteriza-se por utilizar o calor gerado por um arco elétrico, produzido entre um eletrodo não-consumível de tungstênio e o metal de base, para fundir a região da solda. Dependendo da geometria da junta, pode-se ou não utilizar metal de adição, que geralmente tem composição semelhante à do metal de base. Um gás inerte (argônio ou hélio) pode ou não ser utilizado para proteção da região da solda.

Com relação às fontes de energia em processos de soldagem, julgue os itens que se seguem.

168 Os processos de soldagem TIG, plasma e eletrodo revestido utilizam fontes com características estáticas do tipo corrente constante.

169 A característica dinâmica da fonte influencia a auto-regulação do arco elétrico no processo MIG/MAG.

Quanto à qualidade das soldas, julgue os itens seguintes.

170 A porosidade em soldas pode ser reduzida, reduzindo-se a velocidade de soldagem, entre outros procedimentos.

171 Fragilização por hidrogênio e conseqüente trinca a frio pode ser evitada pelo engraxamento das partes a serem soldadas previamente à execução da solda.

172 A zona termicamente afetada pelo calor, resultante da soldagem de um metal previamente encruado por processo de conformação, apresenta propriedades de resistência mecânica e dureza menores que aquelas do metal de base original, devido ao crescimento de grãos decorrente da manutenção de uma alta temperatura durante um tempo prolongado.

Acerca dos procedimentos de soldagem, julgue os seguintes itens.

173 A ação de preaquecimento em uma operação de soldagem tem a função de reduzir a distorção e a formação de trincas de solidificação.

174 Um dos processos utilizados para soldagem de ligas de alumínio é o GTAW pulsado CA — GTAW pulsado com onda quadrada em corrente alternada. Esse tipo de onda permite a regulação da duração dos tempos de limpeza (eletrodo positivo) e de aquecimento (eletrodo negativo) no ciclo da onda quadrada.

175 Titânio e suas ligas podem ser soldados pelo processo SMAW (eletrodo revestido).

