

Testes e Exames de Materiais II

Teste 1 2003

1. Apresentar as faixas de temperaturas para diferentes métodos de tratamento térmico: recozimento, normalização, têmpera e revenimento.
2. Apresentar os meios, métodos diferentes e velocidades de arrefecimento dos metais depois de recozimento, normalização, têmpera e revenimento.
3. Escolher o método de tratamento térmico e seus regimes para peças de chapa de aço 15 depois de deformação a frio.
4. Determinar as propriedades mecânicas (HB/HRC, R_m , $R_{p0,2}$, A, K e KU) do aço 45 depois de: a) recozimento, b) normalização, c) têmpera e revenimento baixo, d) têmpera e revenimento médio, e) têmpera e revenimento alto. Espessura média da peça – 40 mm. Se não houver outra possibilidade utilizar as relações seguintes: $HB/HRC = 9,5$; $R_m/HB = 3,5$; $R_{p0,2}/R_m = 0,5 \div 0,9$ (valores menores - para recozimento e normalização; valores maiores - para têmpera com revenimento médio, baixo).

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

21.03.03

Teste 1 2004

1. Indicar a designação GOST e ISO de um material de que pode ser feito um tanque de produtos de petróleo para países com clima quente.
2. Transformar a designação ISO do material 60SiCrV8-4 para a designação GOST, indicar a sua composição química e os exemplos do seu uso.
3. Que essência tem e em que se baseiam os métodos de tratamento térmico (apresentar a explicação e o esquema)?
4. Que meios e métodos de arrefecimento se usam?
5. Apresentar a curva cinética de transformação da perlite para austenite durante aquecimento e dar sua explicação.
6. Como dependem as propriedades mecânicas do material das dimensões dos grãos da austenite e do tipo da herança?
7. Apresentar o diagrama termo-cinético de transformação da austenite durante arrefecimento e dar sua explicação com indicação das estruturas que se recebem com diferentes velocidades de arrefecimento dos aços.
8. Como dureza depende das dimensões da peça temperada (apresentar a explicação e os esquemas)?
9. O que é a fragilidade de I género, por que e quando ela aparece e como se pode evita-la?
10. Determinar as propriedades mecânicas (HB, HRC, R_m , $R_{p0,2}$) que pode ter aço 60 depois de têmpera e revenimento com temperatura 400°.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

18.03.04

Teste 1. 2005

1. Que propriedades mecânicas, físicas, químicas, tecnológicas e económicas tem que ter um material de que se pretende fabricar uma peça?
2. Apresentar o esquema de tratamentos mecânico-térmicos existentes e dar sua explicação.
3. Quais são os parâmetros (regimes) de arrefecimento e que nível de valores eles têm?
4. O que é bainite, que dureza ela tem e quando aparece?
5. Apresentar o esquema de transformação do material temperado durante aquecimento posterior e explicar o que acontece na faixa de $t^{\circ} = 200 \div 300^{\circ}\text{C}$.
6. Apresentar o esquema de ensaio do diâmetro crítico.
7. Em que meio há de fazer o arrefecimento dos aços ao carbono para receber perlite, sorbite, troostite, martensite?

Prof. Dr.

Alexandre Kourbatov

9.09.05

Teste 1. 15.09.2007

Para o material 35MnSi4 indicar os seguintes dados:

1. O tipo do material, sua composição, 4-5 exemplos e condições da sua aplicação;
2. As propriedades tecnológica deste material (tratamento por fundição, sob pressão, soldabilidade, usinabilidade e temperabilidade) sem sua argumentação;
3. O tipo da herança e as transformações que este material vai ter durante seu aquecimento com indicação dos valores das faixas de temperaturas correspondentes;
4. O diagrama de transformações durante arrefecimento com linha de arrefecimento que dá na estrutura a sorbite, o nome do método e o meio de arrefecimento necessário para isso.
5. A microestrutura com indicação da quantidade das fases e o limite da ruptura admissível deste material depois de têmpera e revenimento médio.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

Doutor Eng.º

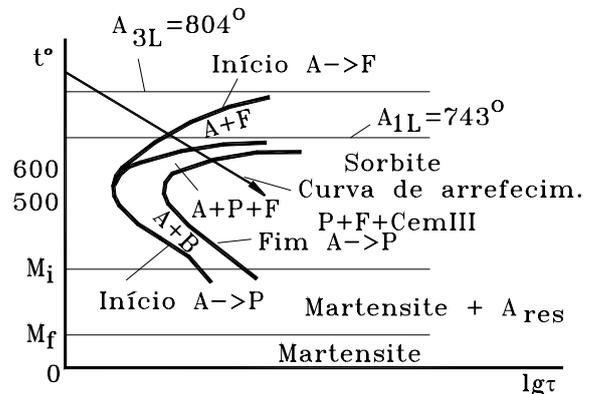
António Matos

Soluções do Teste 1 2007

- O material 35MnSi4 é o aço de construção temperável,* de liga pobre, de médio teor de carbono, hipoeutectóide.* O aço contém C 0,35%, Mn 1%,* Si 1%, P e S 0,035-0,045%, resto Fe.* Deste aço pode-se fabricar armação de betão, construções metálicas, veios, parafusos e porcas, chavetas, engrenagens, alavancas, ** de alta responsabilidade * que trabalham com elevadas e altas cargas,* sem atrito ou com atrito pequeno,* com choques até médios,* na faixa de temperaturas de 0 a 250 °C,* no meio não agressivo ou com cobertura de pequena agressividade.* (12 p.)
- O aço 35MnSi4 tem seguintes propriedades tecnológicas: fundição – satisfatória/elevada por causa do Si;* tratamento sob pressão – deforma-se pouco a frio e profundamente a quente;** soldabilidade – satisfatória/elevada;* usinabilidade - satisfatória/elevada;* temperabilidade - elevada, d_{cr} 20-40 mm.** (7 p.)
- O aço 35MnSi4 tem graus herdados grossos por causa do Mn.* Durante seu aquecimento na faixa de temperaturas de $t_1 = t_{meio\ amb.}$ a $t_2 + \Delta t$ realiza-se a dissolução da cementite terciária na ferrite.* A temperatura $t_2 = A_{1L} = 727 - 2_{Mn0,4\%} + 17,5_{Si0,7\%} \approx 743$ °C.*** As temperaturas > 400°C realizam-se a oxidação e descarbonação da camada superficial.* A temperatura $t_2 = 743 + \Delta t$ realiza-se a recristalização da perlite para austenite.* Com aumento da temperatura realiza-se a homogeneização e crescem progressivamente os graus da austenite.* Na faixa de temperaturas de $t_2 + \Delta t$ a $t_3 + \Delta t$ realiza-se a transformação alotrópica da ferrite para austenite e recebe-se a estrutura de 100 % da austenite.** A temperatura

$$t_3 = A_{3L} = 810_C - 2_{Mn0,4\%} + 17,5_{Si0,7\%} - 230 (0,024_{Mn0,4\%} + 0,07_{Si0,7\%}) \approx 804$$
 °C **** (14 p.)

- Para receber na estrutura a sorbite é necessário fazer a normalização,* com arrefecimento no ar livre.* O diagrama de transformações durante arrefecimento com curva de arrefecimento que dá sorbite é seguinte: (10 p)
- Depois de têmpera e revenimento médio o aço 35MnSi4 vai ter duas fases: troostite e ferrite.* A quantidade das fases determina-se através do C_{SL} ou C_{eq} .



$$C_{SL} = 0,8 - 0,024_{Mn0,4\%} - 0,07_{Si0,7\%} = 0,706 \%$$
 **

Segundo a regra dos segmentos:

$$Q_T = (0,35 - 0,02) / (0,706 - 0,02) \approx 0,48 \rightarrow 48 \%$$
 **

$$Q_F = 100 - 48 = 52 \%$$
 *

$$(ou C_{eq} = 0,35 + 0,4/6_{Mn} + 0,7/24_{Si} \approx 0,446 \%$$

$$dai, Q_T = (0,446 - 0,02) / (0,8 - 0,02) = 54,6 \%)$$
 *

A dureza do aço 35MnSi4 depois de têmpera e revenimento médio

determinamos através dos diagramas para temperatura de

$$revenimento t_{rev}^0 = 450$$
 °C:* $HRC \approx 32_C + 1_{Mn0,4\%} + 2,7_{Si0,7\%} \approx 35,7$.*** ou $HRC \approx 37_{Ceq}$

$$Dai, HB \approx 9,3 \cdot 35,7 \approx 332$$
 kgf/mm² * $\sigma_r \approx 3,4 \cdot 332 \approx 1129$ MPa.*

$$\sigma_{02} \approx 0,85 \cdot 1129 \approx 960$$
 MPa.* $[\sigma_r] \approx 960 / 2 = 480$ MPa* (15 p.)

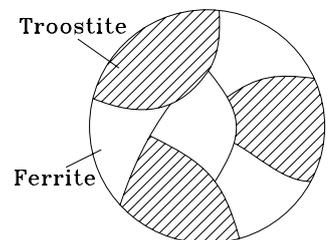
Em total – 58 pontos = 20 valores.

1 ponto = 20 / 58 ≈ 0,345 valores.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

13.09.07



Teste 1 (de recuperação). 2007

1. Indicar o tipo e a composição do material, descrever as transformações que acontecem durante o aquecimento do aço 100Cr4 com indicação das faixas de temperaturas correspondentes. (14 p.)
2. Apresentar o esquema e descrever o ensaio do diâmetro crítico dos aços e a metodologia de tratamento dos dados de ensaio. (13 p.)
3. Descrever os métodos de diminuição dos defeitos de tratamento térmico. (7 p.)
4. Indicar as propriedades tecnológicas (tratamento por fundição, sob pressão, soldadura, usinagem e tratamento térmico) dos materiais: a) GGG800 e b) 30CrMo4. (12 p.)
5. Indicar a dureza HRC e limite a fadiga a flexão admissível do aço 20CrNiMo depois de cementação, duas têmperas e revenimento baixo. (15 p.)

Prof. Doutor

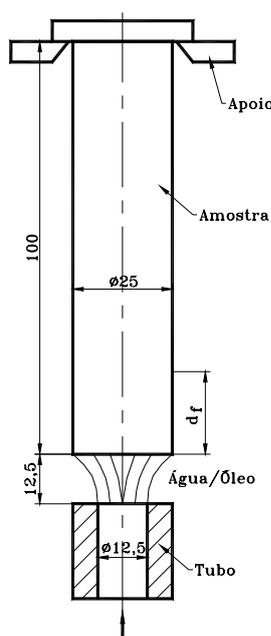
Alexandre Kourbatov

29.11.07

Solução do teste 1 (de recuperação). 2007**1. Transformações do aço 100Cr durante aquecimento.**

O aço 100Cr4 é o aço para ferramentas de liga pobre, de alta teor de carbono, hipereutectóide,** contem: C 1%, Cr 1%, Mn 0,6%, Si 0,3 %, P, S 0,03%, resto Fe.** Durante o aquecimento acontecem seguintes transformações: 1) na faixa $t^0 < A_{1L} + \Delta t$ - Cem_{III} dissolve-se na Ferrite da Perlite;* $A_{1L} = 727 + 15_{Cr} = 742$ **°C; 2) a $t^0 = A_{1L} + \Delta t$ - Perlite recristaliza-se para Austenite;* 3) as $t^0 > A_{1L} + \Delta t$ - realiza-se homogeneização e crescimento dos grãos da Austenite;* 4) na faixa de $A_{1L} + \Delta t > t^0 < A_{cmL} + \Delta t$ - Cem_{II} dissolve-se na Austenite;* $A_{cmL} = 800_C + 15_{Cr} + 314 \cdot 0,05_{Cr} = 831$ °C ***

5) as $t^0 > 400$ °C realiza-se a oxidação e decarbonação da camada superficial.*

2. Ensaio do diâmetro crítico

Esquema do ensaio ****

Descrição: Amostra aquecida até temperatura de têmpera $A_{3/1} + \Delta t$ tira-se do forno, instala-se nos apoios e fornece-se o meio de arrefecimento (água ou óleo) segundo o esquema e esquerda.**

Depois de arrefecimento completo mede-se a dureza HRC da camada da superfície cilíndrica nas diferentes distâncias da face d_f * Com base de dados obtidos constrói-se a curva $HRC = f(d_f)$ * O ensaio repete-se algumas vezes, assim recebem algumas curvas $HRC = f(d_f)$ * Pelo diagrama $HRC = f(\%C)$ determina-se a dureza da semimartensite do aço a ensaiar (em função do %C dele)* e no diagrama $HRC = f(d_f)$ tira-se uma linha horizontal que corresponde a dureza da semimartensite deste aço.* Faz-se a projecção de dois pontos de intersecção esquerda e direita desta linha horizontal com curvas estremais de ensaio e recebem duas dimensões d_{fmin} e d_{fmax} (distância mínima e máxima da face que tem a dureza da semimartensite)* Pelo diagrama $d_{cr} = f(d_f)$ para o meio de arrefecimento usado determinam-se os diâmetros críticos mínimo e máximo d_{crmin} e d_{crmax} através de dimensões d_{fmin} e d_{fmax} obtidas antes.*

3. Métodos de diminuição dos defeitos de tratamento térmico: 1)

Garantir regimes adequados (meio aq/arr, $V_{aq/arr}$, t^0_{aq} , τ_{pausa});* 2) Aquecer peças nos meios inertes,

protectores;* 3) Cobrir superfícies com Cu, cerâmica, tintas refractárias;* 4) Orientar bem peças no espaço do forno para garantir temperatura uniforme;* 5) Mexer peças nos banhos líquidos durante aquecimento e arrefecimento;* 6) Tirar escória antes de arrefecimento;* 7) Usar tenazes (alicates) estreitos.*

4. Propriedades tecnológicas: a) do GGG800 – funde-se bem;* não se trata sob pressão nem a frio nem a quente,* solda-se mal,* usina-se bem/m. bem,* tempera-se satisfatoriamente (tem base perlítica);* b) 30CrMo4 – funde-se satisfatoriamente;* deforma-se satisfatoriamente a frio (tem $\delta \approx 29\%$) e profundamente a quente;* solda-se bem/satisfatoriamente ($C_e = 0,575$, $Cr_e/Ni_e = 1,3$);** usina-se bem/satisfatoriamente,* tempera-se bem, tem $d_{cr} = 20-40$ mm**

5. Aço 20CrNiMo tem composição $C0,2Cr1Ni1Mo0,3 + Mn0,6Si0,3P,S0,045 + Fe$ resto***. Depois de cementação a camada superficial vai tem $C0,8-1\%$ *

Depois de cementação, duas têmperas e revenimento baixo a $t^o = 150$ °C * a camada superficial vai ter $HRC = 62-64$;* o núcleo tem – $HRC = 44_C + 0,5_{Cr} + 0_{Ni,Mo} = 44,5$ ***

$$HB = 9,5 \cdot 44,5 = 423 \text{ kgf/mm}^2;*$$

$$\sigma_r = 3,3 \cdot 423 = 1395 \text{ MPa};*$$

$$[\sigma_r] = \sigma_e / K_s = 0,8 \cdot 1395 / 2 = 558 \text{ MPa};**$$

$$[\sigma_{-1f}] > 0,35 \cdot 558 + 120 = 315 \text{ MPa}**$$

Em total 61 pontos, 1 ponto = $20 / 61 = 0,328$ valores

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

29.11.07

Teste 2 2003

1. Escolher métodos, meios e regimes de tratamento térmico necessários para aumentar dureza, resistência à tracção e ao desgaste das peças de responsabilidade média feitas do aço 20XM (20CrMo 4) na produção em série média.
2. Escolher método, meio e regimes de tratamento térmico necessário para receber a estrutura estável e melhorar a usinabilidade das peças responsáveis feitas do aço 38X2MIOA (38CrMoAl 8).
3. Determinar as propriedades mecânicas que podem ter peças de aço 40XM (40CrMo 4) depois de: a) normalização; b) têmpera e revenimento baixo.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

25.04.03

Teste 2. 2004

1. Escolher o material sem liga para hélice dum misturador industrial de sumo de frutas, métodos do seu tratamento térmico no fim do tratamento e apresentar suas esquemas.
2. Escolher os métodos de tratamento térmico das engrenagens de carga e responsabilidade elevada feitas de aço 20CrMo4 depois de usinagem de semiacabamento e apresentar suas esquemas.
3. Apresentar o esquema e os regimes (meio, método, V_{aq} , t_{aq}^0 , τ_p , meio, método, V_{arr}) do:
 - a) recozimento incompleto do aço C80U;
 - b) normalização do aço 40CrMo4;
 - c) austêmpera do aço 30CrMnSi4;
 - d) têmpera e revenimento do aço P6M5;
 - e) cementação sólida do ferro fundido GG200.
4. Indicar as propriedades mecânicas principais (HRC, HB, R_m , R_{p02} e A) do:
 - a) aço 50XHM depois de têmpera e revenimento médio;
 - b) b) aço 90CrSi4 depois de têmpera e revenimento baixo.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

22.04.04

Teste 2 2005

1. Apresentar: a) o esquema; b) as condições (meio de aquec., t_{aq}^0 , τ_p , meio de arref.); c) os objectivos (para que); d) em que momento se usam os seguintes tratamentos:
 - normalização das chapas do aço C τ 3;
 - martêmpera dos cilindros ϕ 20 do aço 60ГC;
 - cianuração gasosa do aço 30XM às altas temperaturas para receber camada saturada de 0,5 mm
2. Indicar HRC, HB, σ_r , σ_{02} e δ do aço 9XC depois de têmpera e revenimento baixo.
3. Escolher os métodos de tratamento térmico numa matriz da estampa do aço X12M que vão garantir alta dureza e resistência ao desgaste e a corrosão.
4. Apresentar os esquemas existentes da cementação e dos tratamentos térmicos posteriores e indicar o campo de uso deles.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

14.10.05

Teste 2 2006 (10.10.06)

1. Escolher os métodos de tratamento térmico com indicação dos seus tipos e apresentação dos diagramas $t^{\circ} - \tau$:
 - a) para receber alta resistência a torção e flexão e suficiente resiliência do veio responsável do aço 40XM; \rightarrow (1,4 v.)
 - b) para receber alta resistência ao desgaste, a flexão e resiliência numa engrenagem responsável do aço 20CrMo4; \rightarrow (2,1 v.)
 - c) para tirar tensões residuais depois de estampagem a quente e facilitar a usinagem e para receber máxima dureza depois de usinagem dum ferro cortante do aço 9XC; \rightarrow (2,1 v.)
 - d) para aumentar resistência a corrosão e receber alta resistência a flexão numa alavanca do aço 50ГC; \rightarrow (2,1 v.)
 - e) para garantir a constância das dimensões dum medidor de alta precisão do aço 100CrWMn4. \rightarrow (2,1 v.)
2. Escolher o material e os métodos de tratamento térmico dum disco de travão dum automóvel com indicação dos seus tipos e apresentação dos diagramas $t^{\circ} - \tau$. \rightarrow (2,1 v.)
3. Apresentar o diagrama $t^{\circ} - \tau$ e regimes de austêmpera do veio do aço 30XГC com $d_{\min} = 30$ mm e $d_{\max} = 40$ mm. \rightarrow (5,7 v.)
4. Determinar os limites admissíveis da resistência de flexão e torção do aço 40Cr4 depois de têmpera e revenimento médio. \rightarrow (2,4 v.)

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

Doutor Eng.º

António Matos

Teste 2. 2007

1. Escolher os métodos de tratamento térmico e químico térmico necessários durante fabricação, apresentar os diagramas $t^{\circ} - \tau$ e indicar os regimes principais para cada tratamento (método e meio de aquecimento, temperatura de aquecimento t°_{aq} , tempo de pausa τ_p , método e meio de arrefecimento) para fabricar anéis dum rolamento da espessura de 6 mm feito do aço 20Cr4 que trabalha com altas velocidades, choques médios, no meio não agressivo (54 p).
2. Determinar a dureza HRC e limite de ruptura σ_r para seguintes casos:
 - a) aço 30CrMnSi4 depois de têmpera e revenimento médio (12 p);
 - b) aço 20CrNiMo4 depois de cementação, têmpera e revenimento baixo (12 p).

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

27.10.07

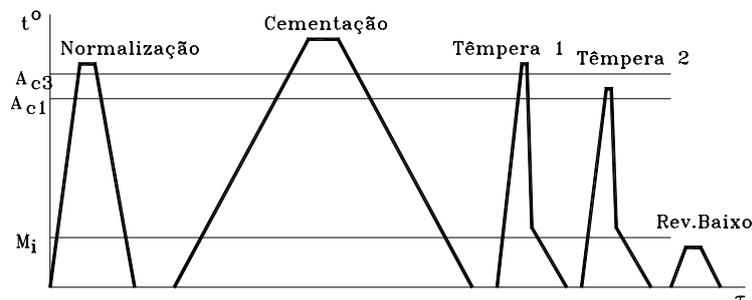
Resolução do Teste 2 2007

1. O material do anel do rolamento - aço 20Cr4

Composição: C0,2Cr1Mn0,6Si0,3P,S0,04Fe resto **

Depois de estampagem a quente pode-se realizar normalização para melhorar a estrutura, tirar tensões internas e facilitar a usinagem, pois é o aço de baixa teor de carbono.** Depois de usinagem de desbastamento há de realizar: cementação (para aumentar o teor do carbono na camada superficial e aumentar sua temperabilidade);* duas têmperas volumétricas em dois meios (para aumentar a dureza, resistência a fadiga, diminuir resistência ao desgaste, pois a peça é de alta responsabilidade e trabalha com altas velocidades de rolamento)* e no fim há de fazer o revenimento baixo (para diminuir as tensões internas, austenite residual, ter a estrutura da martensite de revenimento e aumentar a resiliência e o alongamento relativo).*

Os diagramas $t^{\circ} - \tau$ destes tratamentos térmicos:*****



Normalização: aquecimento no forno quente;* $t^{\circ}_{aq} = A_{c3L} + 50 \div 60^{\circ} = 850_C + 15_{Cr} + - 230 \cdot 0,05_{Cr} + 50 \div 60 = 904 \div 914^{\circ}C$;**** $\tau_p = 0,5$ h;* arrefecimento no ar livre.*

Cementação: aquecimento no forno quente na caixa com agente do C * (carvão de madeira, carbonatos de Ba e Ca);* $t^{\circ}_{aq} = 1050^{\circ}C$ pois material de graus herdados finos;** $\tau_p = 1$ h para receber camada cementada de 1 mm;** arrefecimento no ar livre dentro da caixa com agente do C.*

Têmpera 1: aquecimento no forno quente;* $t^{\circ}_{aq} = A_{c3L} + 30 \div 50 = 851 + 30 \div 50 = 880 \div 900^{\circ}C$;** $\tau_p = 0,2$ $\tau_{aq} = 0,2 \cdot 6 \cdot 0,08 \cdot 2 \cdot 2,5 \cdot 1,5 = 0,72$ min;***** arrefecimento no óleo* até $t^{\circ} = M_i + 30 \div 50 = 400_C - 25_{Cr} + 30 \div 50 = 405 \div 425^{\circ}C$ *** e depois no ar livre.*

Têmpera 2: aquecimento no forno quente;* $t^{\circ}_{aq} = A_{c1L} + 50 \div 70 = 727 + 15_{Cr} + 50 \div 70 = 792 \div 812^{\circ}C$;*** $\tau_p = 0,2 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 2,5 \cdot 1,5 = 0,9$ min;** arrefecimento no óleo* até $t^{\circ} = 405 \div 425^{\circ}C$ * e depois no ar livre.*

Revenimento Baixo: aquecimento no forno quente;* $t^{\circ}_{aq} = 150^{\circ}C$;* $\tau_p = 45$ min;* arrefecimento no ar livre.*

2a. Aço 30CrMnSi4 tem composição C0,3Cr1Mn1Si1P,S0,04Fe resto.*** Depois de têmpera e revenimento médio a $t^{\circ} = 450^{\circ}C$ * tem $HRC = 30_C + 4_{Cr} + 1_{Mn0,4} + 2,5_{Si0,7} = 37,5$ *****

$HB = 9,3 \cdot 37,5 = 349$ kgf/mm²** $\sigma_r = 3,3 \cdot 349 = 1152$ MPa.**

2b. Aço 20CrNiMo4 tem composição C0,2Cr1Ni1Mo0,3Mn0,6Si0,3P,S0,04Fe resto.*** Depois de cementação, têmpera e revenimento baixo a $150^{\circ}C$ * tem: camada superficial $HRC = 62 \div 64$;* núcleo – $HRC = 43_C + 0,5_{Cr} + 0_{Ni, Mo} = 43,5$ *** $HB = 9,3 \cdot 43,5 = 405$ kgf/mm²**
 $\sigma_r = 3,3 \cdot 405 = 1335$ MPa.**

Número total dos pontos certos – 78; 1 p \approx 0,2564 valores

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

25.10.07

Teste 3 2003

Apresentar a informação (elementos principais de liga, exemplos de designação, campo de propriedades principais e campo uso) sobre:

1. Duralumínios comuns e de alta resistência;
2. Latões simples;
3. Ligas duras dos tipos BK e TK

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

30.05.03

Teste 3 2004

1. Descrever as etapas principais de produção do titânio.
2. Apresentar os elementos de liga principais e sua influência nas propriedades das ligas de alumínio.
3. Apresentar o nível das propriedades principais do cobre puro (HB, R_m , A, meios em que resiste a corrosão, condutibilidade térmica e eléctrica).
4. Apresentar o nível das propriedades tecnológicas (de fundição, tratamento sob pressão, soldadura, usinagem, tratamento térmico) do material CuZn32.
5. Apresentar as condições e exemplos de uso (nível das cargas, tensões, choques, atrito, temperatura máxima e meios de trabalho, tipo de peças) do material MgAl6Zn3Mn.
6. Apresentar o esquema e os regimes de têmpera e envelhecimento do material CuBe1,9NiTi (meio, método, velocidade e temperatura de aquecimento, tempo de exposição, meio, método e velocidade de arrefecimento).
7. Escolher o material para: a) mancais de deslizamento da biela e manivela dum automóvel de potência média; b) parte cortante duma broca para trabalhar aços com alta produtividade.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

27.05.04

Teste 3 2005

1. Apresentar a descrição breve das etapas principais de produção do magnésio.
2. Apresentar o nível do limite de ruptura σ_r e alongamento relativo δ dos seguintes materiais: a) AlCu4Mg1,5Mn; b) CuZn37; c) MgAl8ZnMn; d) CuBe2; e) Ti99,7.
3. Apresentar o nível da temperabilidade e trabalhabilidade sob pressão dos seguintes materiais: a) AlSi12; b) CuZn20; c) CuAl5; d) MgAl4ZnMn; e) TiAl6V4.
4. Apresentar dois exemplos de uso de cada um dos seguintes materiais: a) AlSiMgCuMn; b) CuAl10Fe4Ni4; c) CuPb30; d) MgMn2; e) Ti99,7.
5. Indicar para que tipo de peças e em que condições utiliza-se cada um dos seguintes materiais: a) BK3; b) PbCaNa; c) electrocoríndon; d) composto de W e ThO₂.
6. Indicar dois materiais metálicos não ferrosos de que pode ser feito: a) recipiente para combustível de avião; b) corpo duma torneira de água; c) corpo do motor da motocicleta; d) pás duma turbina a vapor $t^0=400^0$; e) longarina dum avião, barco.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

18.11.05

Teste 3 2006

1. Descrever brevemente as etapas principais de produção do alumínio.
2. Indicar os níveis do limite de ruptura σ_r e da temperatura máxima de trabalho dos seguintes materiais:
a) Al99,8; b) CuZn39Mn3Al; c) MgAl6Zn3Mn; d) TiAl4Mn1,5.
3. Indicar o nível de propriedades de fundição e usinabilidade dos seguintes materiais:
a) AlMg5MnTiBe; b) CuZn20; c) MgZn4,5Zr; d) TiAl6V4.
4. Indicar os tratamentos térmicos que se aplicam para ligas de magnésio, temperaturas de aquecimento e durações das pausa correspondentes.
5. Indicar dois exemplos de uso dos materiais seguintes: a) Al99; b) CuAl7;
c) TiAl6; d) PbCaNa; e) BK6; f) K360CMK6.
6. Escolher um material ferroso e um não ferroso para fabricar: a) eixo da roda duma bicicleta; b) corpo dum computador; c) parte cortante duma broca para trabalhar aços de construção; d) engrenagem dum relógio; e) armação duma tenda turística.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

Doutor Eng.^o

António Matos

14.11.06

Teste 3.

21.11.2007

1. Descrever as etapas de produção do magnésio. (9 p.)
2. Indicar os elementos de liga e sua influência nas propriedades das ligas de Al. (6 p.)
3. Indicar o nível da carga admissível, das condições de trabalho com choques e atrito dos seguintes materiais: a) AlSi12; b) CuZn23Pb3; c) TiAl6V4. (9 p.)
4. Indicar os limites de temperatura e meios admissíveis de trabalho dos seguintes materiais: a) CuZn39Sn; b) MgNd3Mn2Ni; c) TiAl6. (8 p.)
5. Indicar as propriedades tecnológicas de fundição e de usinabilidade dos seguintes materiais: a) AlCu5; b) CuZn30; c) Mg99,9. (6 p.)
6. Apresentar os diagramas $t^{\circ}-\tau$ e regimes principais (método e meio de aquecimento, temperatura de aquecimento e duração da pausa, método e meio de arrefecimento) de e seguintes tratamentos térmicos: a) Recozimento de homogeneização do AlCu4MgMn; b) Têmpera do TiAl4Cr11Mo8; c) Envelhecimento do CuBe2. (18 p.)
7. Escolher um material para fabricação das seguintes peças: a) invólucro duma lancha; b) broca para abrir furos no betão; c) casquilho duma roda do vagão. (6 p.)
8. Apresentar dois exemplos das peças que podem ser feitos dos seguintes materiais: a) Ti99,5; b) MgAl6Zn3Mn; c) K3 40 T K 6. (6 p.)

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

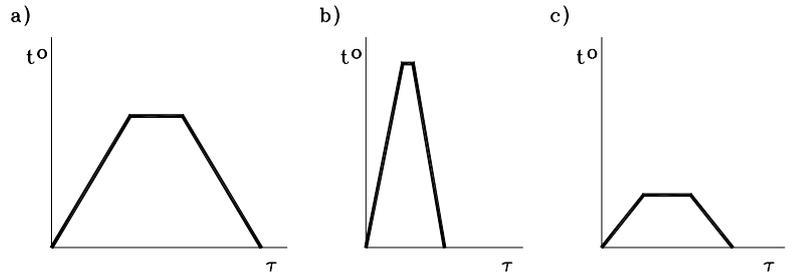
Soluções do Teste 3**2007**

1. **Etapas de produção do magnésio:** 1) Trituração e flutuação do minério;* 2) Calcinação da magnesita ou dolomita e obtenção do MgO;* 3) Cloragem do MgO e obtenção do MgCl₂ (carnalita não precisa calcinação e cloragem);** 4) Electrólise do MgCl₂ fundido e obtenção do Mg primário * (electrólito – sais fundidos dos cloretos MgCl₂, NaCl, KCl, CaCl₂;* ânodo de grafita;* cátodo - duas chapas de aço*); 5) Refinação do Mg nos fornos eléctricos de cadinho com fundente.*
2. **Elementos de liga e sua influência nas propriedades das ligas do Al são:** **Cu, Mg, Zn, Li**, um pouco **Si e Mn** - aumentam HB e σ_r ;** **Si**, um pouco **Cu e Mg** - aumentam fluidez;* **Mn** aumenta resistência a corrosão; **Cu** em grande quantidade diminui um pouco resistência a corrosão;* **Li, Na, Be, Ti, Cd, Zr, Nb** – modificadores - diminuem dimensões dos grãos, aumentam HB, σ_r e resiliência;* **Cu, Ni, Ti, Cd, Nb, Be** – aumentam temperatura máxima de trabalho.*
3. **Nível de carga, choques e atrito admissíveis:** a) AlSi12 – cargas reduzidas, médias; choques pequenos; sem atrito;*** b) CuZn23Pb3 – cargas e choques pequenos, atrito com cargas pequenas, velocidades pequenas / médias;*** c) TiAl6V4 – cargas, choques altas e muito altas; sem atrito.***
4. **Limites de temperatura e meios admissíveis de trabalho:** a) CuZn39Sn – $t_{\min}^{\circ} = -196^{\circ}\text{C}$; $t_{\max}^{\circ} = 300^{\circ}\text{C}$; ar aberto, água doce e marítima, ácidos orgânicos, álcalis, sais, gases secos, excepto de HCl, HNO₃, H₂SO₄;*** b) MgNd3Mn2Ni - $t_{\min}^{\circ} = -150^{\circ}\text{C}$; $t_{\max}^{\circ} = 300^{\circ}\text{C}$; ar aberto, gases secos, produtos do petróleo, óleos;** c) TiAl6 - $t_{\min}^{\circ} = -196^{\circ}\text{C}$; $t_{\max}^{\circ} = 650^{\circ}\text{C}$; mais de 130 meios agressivos (águas, ácidos orgânicos e inorgânicos, álcalis, sais, óleos, gases até 500 °C).***

- 5. Propriedades tecnológicas de fundição e de usinabilidade:** a) AlCu5 – funde-se e usina-se bem;** b) CuZn30 - funde-se e usina-se muito bem;** c) Mg99,9 – funde-se e usina-se bem.**

6. Diagramas t° - τ e regimes principais: 6 p.

- a) Recozimento de homogeneização do AlCu4MgMn: aquecimento e arrefecimento junto com forno no meio gasoso,** $t^{\circ}_{aq} = 450 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (450÷550);* $\tau_p = 10 \text{ h}$ (4÷40)*



- b) Têmpera do TiAl4Cr11Mo8: aquecimento no forno quente de vácuo,* $t^{\circ}_{aq} = 950 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (880÷950);* $\tau_p = \text{alguns min}$;* arrefecimento no ar livre*
- c) Envelhecimento do CuBe2 – aquecimento no forno quente no meio gasoso,* $t^{\circ}_{aq} = 325 \text{ }^{\circ}\text{C}$;* τ_p - algumas horas;* arrefecimento no ar livre*

- 7. Material para fabricação:** a) invólucro duma lancha - AlCu4MgMn; AlMg5MnTiBe; AlMg6MnTiBe;** b) broca para abrir furos no betão – BK6, BK8, TT10K8, K10, K30, M20;** c) casquilho duma roda do vagão – PbCaNa, PbCaNaAl **

- 8. Peças que podem ser feitos de:** a) Ti99,5 – próteses dos ossos, dentes; recipientes, tubagem de produtos químicos e alimentícios; invólucros de lanchas, etc.**,** b) MgAl6Zn3Mn – corpos dos motores de combustão interna de motocicletas, aviões; corpos das bombas de óleo, caixas das velocidades, jantas, armação dos aparelhos electrónicos;** c) K3 40 T K 6 – rebolos, barras, lixas, pastas abrasivos para trabalhar ferro fundido e materiais não ferrosos macios.**

Em total – 68 pontos, 1 ponto = $20 / 68 = 0,294$ valores.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

Exame Normal

2003

1. Descrever o processo de tratamento térmico do aço 60 para tirar tensões depois de deformação a quente e para facilitar a usinabilidade, indicar os regimes, meios e propriedades mecânicas recebidas.
2. Descrever os processos de tratamento térmico do aço HS6-5-2 para receber máxima dureza e resistência a ruptura, indicar os regimes, meios e propriedades mecânicas recebidas no fim.
3. Apresentar os tipos principais das ligas de alumínio para fundição com indicação dos elementos principais de liga, campo de propriedades mecânicas e campo de uso.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

11.06.03

Exame de Recorrência**2003**

1. Descrever os processos de tratamento térmico do aço 80 para receber máxima elasticidade, indicar os regimes, meios e propriedades mecânicas recebidas no fim.
2. Descrever os processos de tratamento térmico do aço 20Cr4 para receber máxima dureza, indicar os regimes, meios e propriedades mecânicas recebidas no fim.
3. Descrever os tipos principais dos termoplásticos, indicar campo de suas propriedades principais e campo de uso.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

24.06.03

Exame Normal.**2004**

1. Enumerar os defeitos que podem aparecer durante execução do tratamento térmico.
2. Escolher o(s) método(s) de tratamento térmico e indicar a(s) temperaturas de aquecimento do material indicado: a) do aço C80U depois de estampagem a quente para tirar tensões internas e facilitar usinabilidade; b) do aço 40XM para aumentar resistência mecânica e especialmente ao desgaste guardando núcleo bastante plástico; c) da liga AlCu4Mg,5Mn para aumentar dureza e resistência mecânica.
3. Apresentar o esquema e os regimes de tratamento térmico indicado (meio, método, V_{aq} , t_{aq}^0 , τ_p , meio, método, V_{arr}): a) recozimento completo do ferro fundido GG200; b) cromagem do aço C20.
4. Apresentar o nível das propriedades mecânicas (HRC, HB, R_m , $R_{p0.2}$, A) que pode ter o material indicado: a) aço C45 Com espessura 40 mm depois de têmpera e revenimento alto; b) aço 18CrMnTi4 depois de cementação, têmpera e revenimento baixo.
5. Indicar as propriedades tecnológicas indicadas com argumentação breve: a) de fundição da liga TiAl6; b) de tratamento sob pressão do aço 08X18H10T; c) de tratamento térmico, d_{95} do aço 40Cr4.
6. Escolher o material de que pode ser feita uma peça indicada: a) engrenagem do material não metálico; b) veio $d_{max}=60$ mm que trabalha com tensões ~ 500 MPa e choques médias; c) pá duma turbina que trabalha com temperatura $600^{\circ}C$.
7. Indicar o campo e exemplos de uso do aço 12XM sem tratamento térmico (valor das tensões admissíveis, nível das cargas, atrito, choques, temperatura min e max, meio).

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

9.06.04

Exame Normal**2005**

1. Escolher os métodos de tratamento térmico, apresentar a temperatura de aquecimento t_{aq}° e meio de arrefecimento para:
 - a) aumentar dureza e limite de ruptura dum veio de liga Cr6;
 - b) aumentar dureza e resistência ao desgaste dum broca de liga 90CrSi4;
 - c) diminuir dureza e tensões internas dum corpo fundido de liga GG20;
 - d) aumentar dureza e limite de ruptura dum longarina de liga AlCu4Mg1,5Mn;
 - e) diminuir tensões internas e aumentar alongamento relativo dum copo de liga CuZn32 depois de deformação profunda a frio.
2. Indicar a temperatura máxima de trabalho das seguintes peças: a) dum mola de liga 60Mn8; b) dum veio de liga X20Cr13; c) dum corpo de liga AlMg11; d) dum ferro cortante de T15K6; e) dum tubo de polipropileno.
3. Indicar o nível das propriedades de usinagem e temperabilidade dos seguintes materiais:
 - a) X08CrNiTi18-9;
 - b) GGG600;
 - c) 100Cr6;
 - d) MgAl9ZnMn;
 - e) CuZn34Pb3.
4. Indicar dois exemplos de uso dos seguintes materiais: a) GG150; b) 12CrMo4; c) 50CrNiMo4; d) policloreto de vinilo; e) Al99,5.
5. Escolher dois materiais para fabricar: a) rebites para ponte metálica; b) faca doméstica; c) armação (tubos) dum mesa turística; d) cisterna para transportar sumos; e) tubos de evaporador dum frigorífico.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

Exame de Recorrência**2005**

6. Escolher os métodos de tratamento térmico, apresentar a temperatura de aquecimento t_{aq}° e o meio de arrefecimento para:
 - a) aumentar elasticidade das placas da liga 60Si8;
 - b) garantir a constância das dimensões do medidor da liga 100CrWMn4 depois de têmpera;
 - c) aumentar resistência à corrosão das peças da liga X08CrNiTi 18-10;
 - d) aumentar resistência ao desgaste abrasivo das buchas dum bomba de 40Cr4;
 - e) facilitar usinabilidade das peças da liga 100Cr4.
7. Indicar o nível da resistência a corrosão no ar livre das seguintes ligas: a) 65MnSi4; b) TiAl6; c) X160CrMo 12-4; d) AlMgSi; e) 12CrMo4.
8. Indicar o nível da soldabilidade dos seguintes materiais: a) 17MnSi4; b) GGG400; c) 40CrMo4; d) AlMgMn; e) CuZn32.
9. Indicar dois exemplos de uso dos seguintes materiais: a) 10MnSiCu8; b) 18NiCrW8-4; c) X95Cr18; d) BK6; e) textolite.
10. Escolher dois materiais para fabricar: a) corpo dum motor de automóvel; b) corpo dum aparelho electrónico; c) corpo dum válvula de água; d) corpo dum caldeira; e) corpo dum frigorífico.

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

21.12.05

Exame Normal. 2006

1. Escolher os métodos de tratamento térmico e outros, necessários para garantir bom funcionamento de seguintes peças: a) veio de 38CrNiMo8; b) calibre de rosca de 90CrSi4; c) ferro cortante de P6M5; d) longarina de AlCu4Mg1,5Mn.
2. Apresentar os diagramas $t^{\circ} - \tau$ e indicar a temperatura de aquecimento e de pausa, e meio de arrefecimento de seguintes tratamentos térmicos: a) austêmpera de 35CrMnSi4; b) cementação de 20Cr4; c) recozimento de homogeneização de MgAl6Zn3Mn.
3. Indicar o nível de tratamento sob pressão e temperabilidade dos seguintes materiais: a) 20CrMnSi4; b) C60; c) X08CrNiTi18-10; d) CuAl10Fe3Mn1,5.
4. Indicar dois exemplos de uso de seguintes materiais: a) X95Cr18; b) X160CrMo12; c) P10; d) PA.
5. Escolher um material ferroso e um não ferroso para fabricar seguintes peças: a) dobradiça de portas de mobília; b) corpo de bombas de água; c) recipiente da máquina de lavar roupa; d) garfos e colheres.
6. Indicar as condições de trabalho dos seguintes dos materiais: a) CuBe2; b) PE; c) limite de fadiga a flexão admissível do 40Cr4 depois de têmpera e revenimento médio;

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

Doutor Eng.º

António Matos

6.12.06

Exame de Recorrência 2006

1. Escolher métodos de tratamento térmico necessários para garantir bom funcionamento das seguintes peças:
 - a) barramento de uma fresadora de GG300;
 - b) fuso de um torno de 40CrMo4;
 - c) martelo de CuBe2;
 - d) matriz de X160CrMo12.
2. Apresentar os diagramas $t^{\circ} - \tau$ e indicar meios e temperaturas de aquecimento, temperaturas e duração de pausas, meios e velocidades de arrefecimentos de seguintes tratamentos térmicos:
 - a) têmpera volumétrica em dois meios das molas com diâmetro externo 50 mm e do arame 6 mm de aço 60MnSi4;
 - b) recozimento incompleto de 200 kg de anéis de aço 100Cr4;
3. Indicar o nível de propriedades de fundição, tratamento sob pressão, soldadura, usinabilidade e temperabilidade de seguintes materiais: a) GTB37-12; b) AlCu4MgMn.

4. Indicar dois exemplos de uso dos seguintes materiais: a) GGG800-2; b) 12CrMo4;
c) PbSb16Sn16Cu2; d) PF-3.
5. Escolher um material ferroso e um não ferroso para fabricar seguintes peças:
 - a) cambota dum automóvel potente;
 - b) corpo de motor duma motocicleta;
 - c) tubos de armação duma bicicleta;
 - d) tanque de gasolina dum automóvel.
6. Determinar o limite de cisalhamento admissível do material C35MnSi4 depois de têmpera e revenimento alto.

Prof. Doutor
Eng.º, Doutor

Alexandre Kourbatov
António Matos

19.12.06

Exame Normal. 2007 7.12.07

1. Enumerar os métodos e meios de arrefecimento e campo do seu uso. Indicar para que tratamento térmico e que materiais (ferrosos e não ferrosos) eles se usam. (23 p.)
2. Descrever o processo de nitruração: destino (para que objectivo e que materiais), temperatura de aquecimento, velocidade de saturação, duração da pausa, métodos e meios usados. (15 p.)
3. Escolher os tratamentos térmicos e químico térmicos para: a) melhorar a estrutura do veio do aço C50 depois de forjadura; b) diminuir as tensões internas e variação das dimensões do medidor do aço 90CrSi4 depois de têmpera; c) aumentar a resistência a ruptura duma longarina da liga AlZn6Mg2Cu2MnCr. (5 p.)
4. Apresentar o diagrama $t^{\circ}-\tau$, indicar a temperatura de aquecimento e meio de arrefecimento para tratamento termo-mecânico as baixas temperaturas do aço C80U. (10 p.)
5. Indicar as propriedades tecnológicas (de fundição, tratamento sob pressão, soldadura, usinagem e tratamento térmico) dos seguintes materiais: a) 20CrMo4; b) GG150;
c) MgAl8Cd8Ag2Mn. (16 p.)
6. Escolher um material metálico e um não metálico para fabricar seguintes peças: a) tubos de abastecimento da água quente (até 100°C); b) corpo dum telemóvel; c) recipiente para guardar argon líquido ($t_f^{\circ} \approx -190^{\circ}\text{C}$); d) bucha duma união de deslizamento com pequena velocidade e carga. (8 p.)

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

Solução do Exame Normal. 2007

1. Métodos de arrefecimento: contínuo em um meio lento ou rápido, em 2 meios, com pausa curta ou longa. **** Meios de arrefecimento.** O arrefecimento contínuo lento pode ser feito junto com forno, na areia ou na cinza,* utiliza-se em diferentes recozimentos dos diferentes materiais.* O arrefecimento contínuo rápido pode ser feito no ar livre, jacto do ar, no óleo, na água, nos sais fundidos (KOH, NaOH, KNO₃ e NaNO₃), nas soluções aquosas (NaOH e NaCl), no gelo seco. **** O ar livre** (e jacto do ar) utilizam-se no recozimento das temperaturas

menores de 600 °C;* na normalização e no revenimento dos aços,* no envelhecimento dos materiais diversos,* na têmpera das ligas de Mg e Ti,* dos aços martensíticos e como segundo meio de arrefecimento dos aços.* **A água** utiliza-se na têmpera dos aços sem liga, dos aços inoxidáveis,* das ligas de Al e Cu.* **O óleo** utiliza-se na têmpera dos aços com liga,* como segundo meio dos aços sem liga* e pode ser no revenimento dos aços sem Mo e W.* **Os sais fundidos** utilizam-se na martêmpera e austêmpera dos aços.* **As soluções aquosas** utilizam-se na têmpera dos aços sem liga com $C < 0,3\%$ e $> 1,2\%$.* **O gelo seco** utiliza-se no tratamento com temperaturas negativas dos aços de A% de C.* O arrefecimento em dos meios utiliza-se no recozimento de homogeneização, completa (junto com forno \rightarrow ar, para acelerar o processo),* na têmpera das peças de alta e elevada responsabilidade dos aços,* na austêmpera e martêmpera* (água \rightarrow óleo, água \rightarrow ar, óleo \rightarrow ar, para diminuir as tensões internas estruturais). O arrefecimento com pausa curta realiza-se na martêmpera dos aços e com pausa longa na austêmpera dos aços.* (23 p.)

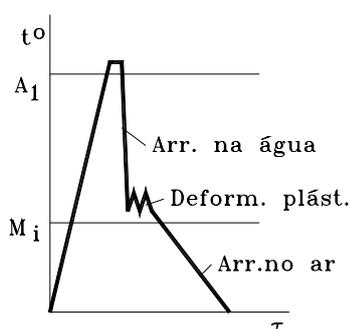
2. Nitruração é o processo de saturação da camada superficial com nitrogénio ($P = 0,3 \div 0,6$ mm),* utiliza-se para aumentar dureza, resistência ao desgaste,* à fadiga e à corrosão.* A dureza, resistência ao desgaste e à fadiga aumentam-se só quando o aço contem Cr, Mo e Al (uns deles ou melhor todos), pois seus nitretos tem dureza muito alta.* A nitruração aumenta resistência a corrosão de qualquer aço.* A dureza da camada superficial, resistência ao desgaste, à fadiga depende da quantidade do Cr, Mo e Al e da t_{aq}^0 que varia de 500 a 700 °C.* Quanto maior for a quantidade do elementos acima ditos e t_{aq}^0 mais próxima a 500 °C, recebe-se maior dureza mas o processo fica mais lento (HV até 1200 kgf/mm², V_{sat} (para nitruração gasosa) $\approx 0,01 \div 0,015$ mm/h).* Para aumentar só resistência à corrosão e acelerar o processo pode-se usar $t_{aq}^0 = 600 \div 700$ °C, neste caso $V_{sat} \approx 0,04 \div 0,06$ mm/h.* A V_{sat} do nitrogénio depende do método de nitruração e da temperatura de aquecimento (quanto maior for t_{aq}^0 tanto maior é V_{sat}). Utiliza-se a nitruração gasosa (meio - gás amoníaco NH_3 , $V_{sat} \approx 0,01 \div 0,04$ mm/h, é mais lento mas mais barato),** líquida (meio - massa fundida do KCN – garante melhor qualidade, $V_{sat} = 0,07 \div 0,08$ mm/h mas KCN é muito venenoso)** e iónica (meio - NH_3 , peça – cátodo, corpo do banho – ânodo, $V_{sat} = 0,07 \div 0,08$ mm/h, equipamento bem caro).** A duração da pausa varia de algumas horas até algumas dezenas de horas e depende da t_{aq}^0 , V_{sat} e profundidade de camada P que se pretende saturar, $\tau_p = P / V_{sat}$.* (15 p.)

3. a) Para melhorar a estrutura do veio do aço C50 depois de forjadura há de fazer recozimento de homogeneização ou completo;* **b)** Para diminuir as tensões internas e variação das dimensões do medidos de aço 90CrSi4 depois de têmpera há de fazer tratamento com temperaturas negativas e revenimento baixo;** **c)** Para aumentar a resistência a ruptura da liga AlZn6Mg2Cu2MnCr há de fazer têmpera volumétrica em água e envelhecimento artificial.** (5 p.)

4. Tratamento termo-mecânico as baixas temperaturas do aço C80U

$$t_{aq}^0 = t_{pl}^0 = A_1 + 50/70 = 727 + 50/70 = 777 \div 797 \text{ °C} **$$

$$t_{def}^0 = M_i + 50/70 = 245 + 50/70 = 295 \div 315 \text{ °C} **$$



Depois de aquecimento até 777/797 °C e pausa de alguns minutos faz-se arrefecimento na água até 295 ÷ 315 °C.* Depois rapidamente faz-se a deformação plástica e logo a seguir o arrefecimento no ar livre.*

**** (10 p.)

5. Propriedades tecnológicas: a) **20CrMo4** – funde-se satisfatoriamente* (como maioria dos aços, excepto aços para

fundição → tem $t_f^o \approx 1530$ °C – satisfatória; fluidez – satisfatória; elevado coeficiente de contracção $\approx 2\%$ - satisfatório; m. pequena Δt_{in-fim} – m. bem); deforma-se bem a frio e profundamente a quente* (tem B% C, Cr, Mo \nearrow δ → alto δ no estado recozido a frio – bem; baixa dureza a frio – m. bem; no estado da austenite tem δ m. alto – permite deformação profunda); solda-se bem* (tem B% C, tem Cr_e elementos e não tem Ni_e – bem; pequena probabilidade das fendas frias e quentes); usina-se satisfatoriamente* (tem B% C, Cr, Mo \nearrow δ → tem baixa dureza – m. bem; elevada condutibilidade térmica – bem; elevado coeficiente de atrito – satisfatório; alto δ - mal); tempera-se satisfatoriamente* (tem B% C, pequena quantidade da perlite – mal; mas Cr e Mo tornam-no temperável – bem), $d_{cr} = 20 \div 40$ mm (1,3% el. liga);* b) **GG150** – funde-se bem* (como todos os ferros fundidos → têm $t_f^o = 1200 \div 1300$ °C reduzida; boa fluidez; pequeno coeficiente de contracção $1 \div 1,3\%$ – m. bem; pequena Δt_{in-fim} – bem; boa extracção dos gases); não se deforma nem a frio nem a quente* (como todos os ferros fundidos → têm δ m. baixo, ledeburite e grafite - o que não permite tratamento por deformação plástica nem a frio, nem a quente); solda-se mal* (como todos os ferros fundidos → tem %C m. alto, cordão fica de baixa resistência, tem muitas fendas frias e quentes, precisa aquecimento prévio); usina-se muito bem* (como todos os ferro fundido cinzentos → tem baixa dureza – m. bem; m. baixo δ – m. bem; reduzido coeficiente de atrito por causa do grafite – m. bem; elevada condutibilidade térmica – bem); não endurece por têmpera* (tem base metálica ferrítica e grafite que não endurecem por têmpera); c) **MgAl8Cd8Ag2Mn** – funde-se satisfatoriamente* (é liga para deformação → tem baixa $t_f^o < 600$ °C – m. bem; fluidez satisfatória; elevado coeficiente de contracção – satisfatório; elevada Δt_{in-fim} – satisfatório; extracção dos gases satisfatória); não se deforma a frio, mas deforma-se bem a quente* (a frio tem reduzido δ o que não permite tratamento por deformação plástica, a quente tem elevado δ – permite elevada deformação plástica, mas não profunda); solda-se satisfatoriamente/bem (como todas as ligas não ferrosas);* usina-se muito bem* (tem dureza m. baixa – m. bem; δ reduzido – m. bem; coeficiente de atrito médio – satisfatório; alta condutibilidade térmica – m. bem); endurece satisfatoriamente/bem por têmpera e envelhecimento* (elementos de liga - perto do ponto D do diagrama do estado – bem; durante envelhecimento criam-se fases duras entre elementos químicos - bem). (16 p.)

6. Materiais metálicos e não metálicos para fabricar: a) tubos de abastecimento da água quente - latões simples CuZn10 ÷ 32; aços C10, C15, C20 com cobertura; aços inoxidáveis X08Cr13, X12Cr13; GG100/150; Polipropileno (PP);** b) corpo dum telemóvel – Liga de Al deformável AlMn1,3; AlMg2Mn; AlMgSiCu; aços C08, C10, C09Mn8, 10MnSiCu8 com cobertura; Polietileno (PE), Policloreto do vinilo (PVC), Acrilonitrilobutadienostireno (ABS)**; c) recipiente para guardar argon líquido – 08CrNi18-10; Al, Cu, Ti e suas ligas; Politetrafluoretileno (PTFE)**; d) bucha para união de deslizamento – CuPb30; CuSi3Mn; AlNi3; AlCu8,5Si2; ZnAl10Cu5; ZnCu10Al5; A4C-1/2; Poliamido, Texpolite.** (8 p.)

Em total 77 pontos. $1 p = 20 / 77 \approx 0,26$ valores

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

Exame de Recorrência.**2007**

1. Apresentaras curvas de variação das tensões internas térmicas e estruturais durante arrefecimento e a condição de aparecimento das tensões residuais negativas na periferia. (9 p.)
2. Escolher os tratamentos térmicos e químico térmicos para: a) facilitar a usinabilidade do aço C120U; b) aumentar a resistência ao desgaste e à corrosão do aço 40 CrMo4; c) tirar tensões internas depois de deformação a frio da liga AlMn1,3. (5 p.)
3. Descrever o processo de boragem: essência (o que é); destino (para que objectivo, que materiais), temperatura de aquecimento, métodos e meios a usar. (9 p.)
4. Apresentar o diagrama $t^{\circ} - \tau$, indicar as temperaturas de aquecimento, os meios de aquecimento e arrefecimento de tratamentos térmicos e químico térmicos necessários para receber máxima resistência ao desgaste do aço P6M5. (8 p.)
5. Indicar as propriedades tecnológicas de fundição, usinabilidade e temperabilidade (sem argumentação) de: a) GGG600; b) CuZn39Sn; c) TiAl4Cr11Mo8. (9 p.)
6. Indicar as temperaturas máximas e mínimas de trabalho com carga e limite de ruptura máxima de: a) 12CrMoV4; b) MgMn2; c) PE. (7 p.)
7. Escolher um material ferroso e um não ferroso para fabricar parafusos que trabalham com cargas elevadas: a) às temperaturas até 400 °C; b) às temperaturas de -150 °C; c) na água marítima; d) para fixar roda do automóvel. (8 p.)

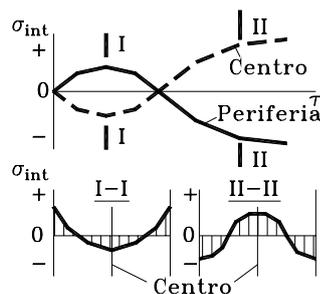
Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov

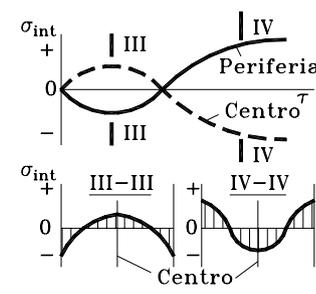
18.12.07

Solução do Exame de Recorrência**2007****1. Curvas de variação das tensões internas durante arrefecimento** (9 p.)

Tensões térmicas****



Tensões estruturais*****

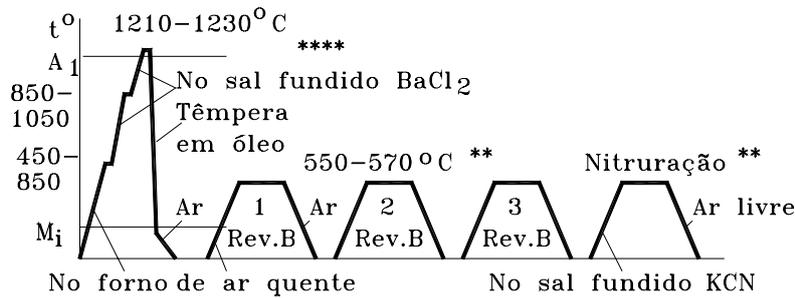


As tensões residuais negativas na periferia aparecem quando as tensões térmicas ficam maiores das estruturais*

pausa ou recozimento isotérmico;* b) para aumentar a resistência ao desgaste e à corrosão do aço 40CrMo4 – têmpera volumétrica em óleo, revenimento médio/alto e nitruração a 500 °C ou Boragem/Cianuração, têmpera volumétrica em óleo e revenimento médio/baixo;*** c) para tirar tensões internas depois de deformação a frio da liga AlMn1,3 – recozimento de recristalização.* (5 p.)

3. Boragem é o processo de saturação da camada superficial com boro para aumentar a dureza, resistência ao desgaste e à corrosão das peças de aços que trabalham com desgaste abrasivo.** Utilizam-se: a) método electrolítico (peça – cátodo, banho – ânodo) na massa fundida de bórax ($\text{Na}_2\text{B}_2\text{O}_7$) à temperatura 900÷950 °C;*** b) sem electrólise na massa

fundida de NaCl ou BaCl₂ + BC ou FeB à temperatura 900÷950 °C;** c) método gasoso (gás diboran – B₂H₆ + H₂) à temperatura 850÷900 °C.** (9 p.)



4. Tratamentos térmicos do aço P6M5 para receber máxima resistência ao desgaste: (8 p.)

5. Propriedades tecnológicas: a) GGG600 – funde-se bem;* usina-se bem;* tempera-se mal;* b) CuZn39Sn – funde-se m.

bem;* usina-se m. bem;* tempera-se mal;* c) TiAl4Cr11Mo8 – funde-se bem em vácuo;* usina-se mal;* tempera-se bem em vácuo.* (9 p.)

6. Propriedades: a) 12CrMoV4 – $t_{max}^{\circ} = 400\text{ °C}$; $t_{min}^{\circ} = -100\text{ °C}$;* depois de têmpera e revenimento baixo HRC = 32; HB = $10 \cdot 32 = 320\text{ kgf/mm}^2$; $\sigma_{rmax} = 3,4 \cdot 320 = 1088\text{ MPa}$.** b) MgMn2 - $t_{max}^{\circ} = 200\text{ °C}$; $t_{min}^{\circ} = -196\text{ °C}$; $\sigma_{rmax} = 200/240\text{ MPa}$ ** c) PE - $t_{max}^{\circ} = 60\div 100\text{ °C}$; $t_{min}^{\circ} = -70\text{ °C}$; $\sigma_{rmax} = 30\text{ MPa}$ ** (7 p.)

7. Parafuso que trabalha com carga elevada: a) à temperatura 400 °C – de X30Cr13; X40Cr13; X40CrSiMo10-2; TiAl6Mo2,5Cr2FeSi; TiAl6V4; TiAl4,5Mo3V; b) à temperatura -150 °C – X0Ni6; X08CrNi18-9; TiAl6; TiAl5Sn2,5; TiAl4Mn1,5; c) na água marítima – X30Cr13; X40Cr13; X10CrMnTi14-14; X12CrNi18-10; CuZn39Sn; CuAl9Mn2; TiAl6; TiAl4Mn1,5; TiAl5Sn2,5; d) para fixar roda do automóvel – 20CrMo4; 40CrMo4; 30CrMnSi4; TiAl6; TiAl4Mn1,5; TiAl5Sn2,5 (8 p.)

Em total – 55 p. 1 p. = 20 / 55 ≈ 0,364

Prof. Doutor

Alexandre Kourbatov