

1.13 Metais

ESTUDO DO PROCESSO DE MOAGEM DE ALTA ENERGIA E SINTERIZAÇÃO DA LIGA Ti-Nb

Ronaldo Veronês do Nascimento¹, Mateus Milanez¹, Marcio Roberto da Rocha¹

¹Laboratório de Fenômenos de Superfície e Tratamentos Térmicos/ Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC/ Av. Universitária, 1105 – 88806-000 Criciúma (SC) Brasil

Introdução:

A utilização de implantes, pinos de fixação, próteses, entre outros, nos procedimentos cirúrgicos possibilitam a melhor recuperação dos pacientes. A aplicação de implantes está ligada diretamente a biocompatibilidade e propriedades mecânicas dos materiais utilizados. Na liga Ti-Nb, tanto o Ti quanto o Nb apresentam biocompatibilidade e a adição de Nb favorece a formação da fase β no Titânio. Estudos indicam que a adição de Nb no Ti altera as propriedades mecânicas da liga podendo aumentar resistência mecânica e a resistência ao desgaste devido a formação da fase Ti- β . O presente trabalho refere-se ao estudo da obtenção da fase β no Titânio através da moagem de alta energia e sinterização da liga Ti-Nb, que são respectivamente, etapas da metalurgia do pó.

Metodologia:

Os pós de Ti e Nb foram misturados na proporção Ti50%Nb, com 20g cada, sendo adicionado 1% de ácido esteárico como agente para controle do processo. Cada mistura foi inserida em um moinho de alta energia Netzsch, modelo atritor, juntamente com esferas de Zircônia na relação em peso de 1:20, respectivamente, com velocidade de rotação de 200 rpm, adaptado para operar com atmosfera controlada de Nitrogênio. As amostras foram processadas por 80h com intervalos a cada 20h. Durante cada intervalo, amostras foram retiradas para identificação de possíveis mudanças de fase, através da difração de Raio X, Difratometro Shimadzu. A sinterização das peças, se deu em um forno Mufla, onde as peças foram inseridas e XU, L. *et al.* **Microstructure, mechanical properties and dry wear resistance of β -type Ti-15Mo-xNb alloys for biomedical applications.** Transactions of Nonferrous

aquecidas até a temperatura de 400°C e mantidas por 1h em atmosfera inerte de Argônio. Em seguida as peças foram aquecidas até 1100°C, mantidas por 5h (WEN *et al.*, 2014), sendo resfriadas no próprio forno à proteção gasosa.

Resultados e Discussão:

Os difratogramas obtidos nos intervalos de 20h indicaram que estão a mistura apresentou leve alteração de intensidade entre 20 e 40 horas, nos ângulos, 56° e 69°, característicos da fase Ti- β , esta se mantém entre 40 e 60 horas e se intensifica a 80 horas, principalmente no ângulo de 38°. Foi possível observar a mudança de parte do Ti- α para Ti- β principalmente no ângulo de 41°. O difratograma obtido das amostras após a sinterização não apresentou alterações nos picos de Ti- β , mantendo as características obtidas no processo de moagem mecânica. As propriedades mecânicas obtidas nas peças sinterizadas, apresentam menor resistência que ligas de Ti-Nb obtidas por fusão, em comparativo com trabalho desenvolvido por Xu L. *et al.* 2013, como o esperado.

Conclusão:

Este estudo revelou que através da moagem de alta energia e sinterização, é possível a interação atômica entre as partículas Ti e Nb, formando uma liga mecânica e com mudança de fase, desejáveis na aplicação biomédica.

Referências:

WEN, M. *et al.* **Fabrication of Ti-Nb-Ag alloy via powder metallurgy for biomedical applications.** Materials and Design. Elsevier. Volume 1, pg 629-634. 2013.

Metals Society of China. Elsevier. Volume 1, pg 692-698. 2013.

ESTUDO DO COMPORTAMENTO TRIBOLÓGICO DE FERROS FUNDIDOS CINZENTOS

Marina Paulino de Matos, Prof. Dr. Marcio Roberto da Rocha

Laboratório de fenômenos de superfície e tratamento térmico – Lafen IPARQUE

Engenharia de Materiais

Universidade do Extremo Sul Catarinense

Criciúma- SC

Introdução:

Com o crescimento acelerado da indústria automobilística, tornou-se necessário o desenvolvimento de materiais que apresentem propriedades intrínsecas coexistentes, como principalmente resistência mecânica e condutividade térmica. Pois, por exemplo, o aumento das velocidades dos automóveis exige de um sistema de frenagem capaz de minimizar estas em menor tempo e espaço possível. Como proposto no presente trabalho, portanto, será verificada a influência do elemento de liga antimônio em ferro fundido cinzento classe FC-20, utilizado na fabricação de discos de freios a partir de análises microestruturais e de superfícies.

Metodologia:

Primeiramente foram feitas as análises metalográficas das amostras identificadas de acordo com as respectivas quantidades de antimônio, de 0,000%, 0,010%, 0,025% e 0,040% para que se observasse variação na forma da grafita presente no ferro fundido cinzento. Logo, após o lixamento, polimento e o ataque em Nital, foram feitas análises para observação da perlita em cada amostra. A microdureza destas foi verificada antes e depois dos testes metalográficos. Testes de tração também foram realizados e observou-se uma resistência à tração maior nos corpos de prova de maior concentração de antimônio. A rugosidade e microdureza (novamente) das amostras foram realizadas para posteriormente iniciar o ensaio de desgaste abrasivo na máquina de pino-sobre-

disco presente no Laboratório de Fenômenos de superfície e tratamento térmico LAFEN localizado no IPARQUE. As amostras cilíndricas possuem diâmetro de 50mm e espessuras de 15mm. Os parâmetros observados neste teste são a carga aplicada, o comprimento da pista formada no desgaste, a velocidade e a variação de temperatura durante o teste.

Resultados e Discussão:

Os resultados obtidos do teste de desgaste realizado fornecem que o aumento no teor de antimônio (Sb) nas amostras estudadas, diminuiu a taxa de desgaste destas devido ao significativo aumento na quantidade de perlita.

Conclusão

Sabendo-se que a perlita é uma estrutura que possui propriedades mecânicas intermediárias de cementita e ferrita, dura e frágil, macia e dútil respectivamente, obter como resultado o aumento na porção deste microconstituente, fazendo com que ocorra a redução do desgaste das amostras é um resultado bastante positivo quando se diz respeito a amostras equivalente a discos de freios de veículos automotores.

Referências:

CHIAVERINI, V. **AÇOS E FERROS FUNDIDOS**. 5.ed. São Paulo: ABM, 1982.
CALLISTER, W. D. Jr. **CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS UMA INTRODUÇÃO**. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

**AValiação COMPARATIVA DO DESEMPENHO DE REVESTIMENTO TERMICAMENTE ASPERGIDO
A BASE DE Cr₂O₃ APÓS PROCEDIMENTOS DE DESGASTE ABRASIVO E ADESIVO**

William José Valnier, Marcio Roberto da Rocha, Ângela Beatriz Coelho Arnt

**Universidade do Extremo Sul Catarinense – Av. Universitária, 1105. Criciúma - SC
Departamento de Engenharia de Materiais
Laboratório de Fenômenos de Superfície e Tratamentos Térmicos - LFSTT**

Introdução:

A deposição de revestimentos em equipamentos como substituição de peças danificadas ou recomposição dimensional cresce a cada ano, pois somente partes de equipamentos são revestidas com a mínima perturbação ou paralisação do sistema em operação. Uma das técnicas utilizadas é a de aspersão térmica, que pode ser definida como o aquecimento de material na forma de pó ou vareta dentro de uma pistola. O material em estado atomizado é injetado por meio de gases contra um substrato previamente preparado. Com o impacto, o material solidifica e constitui o revestimento com a deposição de várias lamelas de material. A deposição dá origem a microestruturas caracterizadas com o tipo de material e com os parâmetros do processo empregado. Este tipo deposição é uma das técnicas mais utilizadas na indústria aeroespacial, automotiva e petroquímica.

Metodologia:

Para esse estudo o pó de Cr₂O₃, com dureza de 617 HV foi depositado em substratos de aço AISI 1020. O revestimento foi constituído com a técnica de HVOF, e a espessura do revestimento depositado foi de 0,20mm. As amostras foram previamente limpas em ultrassom, secas e pesadas para determinação de sua massa inicial. A rugosidade superficial do revestimento foi determinada com um rugosímetro em 4,65µmRa. Para avaliação do desgaste adesivo amostras revestidas foram ensaiadas em um tribômetro pino-sob-disco, e os pinos utilizados foram confeccionados em aço SAE52100, com dureza igual a 1400HV. Os parâmetros do ensaio de desgaste seguiram a

norma ASTM G99-95. Para avaliação do desgaste abrasivo amostras revestidas foram ensaiadas de acordo com a norma ASTM G65-04 em um tribômetro tipo roda de borracha. Todas as amostras foram ensaiadas em temperatura ambiente e sem lubrificação. A caracterização dos compostos presentes foi realizada por difração de raios-X e as análises microestruturais foram realizadas via microscopia óptica e eletrônica de varredura.

Resultados e Discussão:

As amostras depositadas com o Cr₂O₃ apresentaram depósitos com boa homogeneidade e aderência, característica importante no processo de desgaste, principalmente por envolver esforços cisalhantes na superfície de contato peça/elemento de desgaste. O revestimento cuja composição química tem 98,2% de Cr₂O₃ está caracterizado e indica integridade química durante todos os procedimentos experimentais. A rugosidade na pista formada após o desgaste adesivo foi de 3,86 µm Ra e na marca ocasionada pelo efeito de roçamento da areia sobre o revestimento foi de 2,61 µm Ra. Em relação ao resultado quantitativo após os ensaios de desgaste adesivo e abrasivo, o revestimento de Cr₂O₃ apresentou desempenho superior quando exposto em condições adesivas. Os valores de perda de volume obtidos nas condições de desgaste adesivo e abrasivo foram de 0,003 mm³ e 0,012 mm³, respectivamente. Os valores obtidos podem estar relacionados ao efeito das partículas duras (areia-silica) durante o procedimento de desgaste abrasivo

ocasionando microcortes no revestimento, o que ocasiona maior perda por desgaste.

Conclusão

O revestimento de Cr_2O_3 termicamente aspergido apresentou maior resistência no procedimento de desgaste adesivo, em relação ao abrasivo. Foi observado que este

resultado foi decorrente do maior contato entre o agente promotor do desgaste sobre a superfície do revestimento, no procedimento abrasivo. Isto é corroborado pelos menores valores de rugosidade observado após os ensaios de abrasão.

**ESTUDO DAS VARIÁVEIS QUE AFETAM A RESISTÊNCIA À EROÇÃO EM TEMPERATURA DO AÇO
ASTM A106**

Hector Amaro Virginia, Angela Beatriz Coelho Arnt, Marcio Roberto Da Rocha

**Engenharia de Materiais - Universidade do Extremo Sul Catarinense - Av. Universitária, 1105 –
Universitário – Caixa Postal 3467 - CEP 88806-000 – Criciúma – SC
Laboratório de Fenômenos de Superfícies e Tratamentos Térmicos – LFSTT**

Introdução:

Um dos problemas verificados nas estruturas que trabalham com transporte de particulados, e em especial de carvão e cinzas, é a degradação causada por processos oxidativos e erosivos em alta temperatura. Isto tem produzido anualmente inúmeras atividades de manutenção corretiva em unidades termogeradoras, implicando em paradas (programadas ou não) para o reparo ou substituição dos diferentes componentes danificados. Tradicionalmente, a solução aplicada para a minimização destes problemas é a adoção de protetores, desviadores ou aplicação de uma variedade de materiais ou revestimentos sobre as áreas afetadas. Porém, estudos mostraram que o uso dessas técnicas alternativas foram as principais causas de repetidas falhas devido à erosão por cinzas, resultante principalmente da falta de informações integradas sobre o problema (DOOLEY AND MCNAUGHTON, 1996). Ações no sentido de identificar o efeito dos parâmetros relacionados ao processo de degradação (em particular, o tribológico) em cada um destes componentes são essenciais, já que o comportamento de um dado material pode se alterar significativamente, mesmo com pequenas variações destas condições. A taxa e a extensão dos processos erosivos são afetadas pela velocidade da partícula, ângulo de impacto, composição e forma da partícula e resistência erosiva da superfície exposta do material, incluindo variações composicionais e temperaturas (DOOLEY & CHANG, 2004). Materiais que apresentam excelente resistência à erosão em um dado componente de um equipamento podem apresentar desempenho fraco quando aplicado sob

outras condições erosivas (ou abrasivas). Isso dificulta os procedimentos de reparo, já que para cada condição exigem-se cuidados específicos, como também na seleção de materiais mais duráveis e eficientes. Embora vários trabalhos tenham sido desenvolvidos, ainda há inúmeros parâmetros que devem ser avaliados com relação a material/condições de operação/modo de degradação. Portanto, o objetivo deste projeto é desenvolver um estudo com base nos aço ASTM 106, tradicionalmente utilizado em trocadores de calor, e variar as condições de oxidação/temperatura/velocidade do erodente a nível laboratorial. Isto deverá permitir um maior entendimento dos mecanismos de desgaste naquelas condições de operação e revestimento.

Metodologia:

O principal objeto de estudo, um tubo de aço ASTM A106 de duas polegadas, Grau B, espessura de 3,91 mm, foi adquirido no mês de março de 2015. Somente após a chegada é que se começou a preparação das peças. O objetivo era preparar 50 amostras para os ensaios. Primeiramente, recortou-se o tubo em “bolachas”. Posteriormente, foram divididas e prensadas com a finalidade de planificá-las. Após todos 50 quadradinhos recortados, precisou-se esmerilhá-los até que ficassem com o diâmetro de aproximadamente 30 mm. Paralelo a isso, foram produzidos 50 substratos de aço de 0,61 mm de espessura após usinagem, para que depois de soldadas no substrato a altura final das amostras ficasse de aproximadamente dez milímetros. Com as amostras prontas para ensaio, iniciou-se o processo de tratamento térmico, que

consistia na etapa de levá-las ao forno por tempo e temperaturas pré-estabelecidas. Para tanto, foram utilizadas 27 das 50 amostras. De três em três, foram levadas ao forno sob as temperaturas de 530°C, 630°C e 730°C por 50h, 100h e 200h cada temperatura. Após este processo, levou-se para estudo de desgaste erosivo. Para a realização dos ensaios erosivos utilizou-se de alumina eletrofundida de morfologia irregular, com granulometria média de 376,07 µm. Os ensaios foram conforme norma ASTM G-76. Antes dos procedimentos limpou-se e pesou-se as amostras. A velocidade foi de aproximadamente 20m/s, durante os 30 minutos de procedimento conduzidos a uma temperatura de 450°C, com ângulo de incidência entre erodente e a peça de 30°.

Resultados e Discussão:

Após o tratamento térmico de 530°C, efetuou-se análise metalográfica das amostras de 50h e 100h, e da amostra que não havia sido tratada. Através das imagens foi possível perceber uma composição de ferrita (α -Fe) mais cementita, e uma tendência à formação de perlita esferoidizada. No ensaio de dureza, pode-se perceber o comportamento do material tratado termicamente a 530°C, onde é possível ver a tendência de diminuir de acordo com a temperatura. Na peça que não foi tratada o valor obtido foi de (220,4±6) HV. Na peça tratada por 50h, foi obtido o valor de (188,2±2) HV, e na amostra tratada por 100h, obteve-se a dureza de (172,8±3) HV. Após os ensaios de erosão, obtiveram-se as variações médias de massa conforme a temperatura de tratamento, onde se percebeu uma variação significativa nas medidas. Nas peças não tratadas, a variação média de massa foi de (0,0039±0,004)g. Na temperatura de 530°C, ocorreram variações de (0,0012±0,001)g nas amostras de 50h, (0,0032±0,002)g nas amostras de 100h e (-0,0114±0,02)g nas amostras de 200h. À 630°C, as variações foram de (0,0056±0,004)g nas amostras de 50h, (0,0449±0,01)g nas amostras de 100h e de (0,0098±0,001)g nas amostra de 200h. E na temperatura de 730°C, as variações foram de (0,0447±0,03)g nas amostras de 50h, (-

0,0122±0,004)g nas amostras de 100h, e (0,0066±0,01)g nas amostras de 200h.

Conclusão

Grande parte dos problemas de baixo rendimento é ocasionada por degradação causada por erosão e oxidação dos materiais utilizados, portanto o aumento de eficiência de equipamentos, principalmente aqueles vinculados à geração de energia é de extrema relevância para o desenvolvimento do país. Aliado a isto, verifica-se também a dificuldade de seleção e aplicação de ligas metálicas ou revestimentos, pela falta de informação técnica sobre os mecanismos atuantes (de forma isolada ou combinada) e também devido à relação custo benefício. Assim, estudos que permitam compreender os mecanismos atuantes nos materiais tradicionalmente utilizados em trocadores de calor podem auxiliar no aumento de desempenho destes equipamentos, bem como auxiliar na escolha de alternativas adequadas àquelas aplicações. Para tanto, o presente projeto teve como objetivo estudar e monitorar os mecanismos que afetam o desgaste erosivo devido ao transporte de cinzas em trocadores de calor que utilizam o aço ASTM A106 a partir das condições de oxidação e parâmetros de erosão.

Referências:

- SUCKLING, M., ALLEN, C. Wear, 186-187, 1995. 266-272
- DOOLEY, R.B., McNaughton, W.P. Boiler Tube Failures: Theory and Practice. V.01: Boiler Tube Fundamentals Vol 02: Water-Touched Tubes, Vol. 3: Steam-Touch Tubes, 1996. Electric Power Research Institute, Palo Alto, CA, TR-105261
- MBABAZI, J.G. et al. A Model to Predict Erosion on Mild Steel Surfaces Impacted by Boiler Fly Ash Particles, Wear, v.257, 2004. p.612-624
- FAN, J. et al. A Numerical Study of a Protection Technique Against Tube Erosion, Wear, 225-229, 1999. p.458-464
- MOLINARI, J.F., ORTIZ, M. A Study of Solid-Particle Erosion of Metallic Targets, Int. Journal of Impact Engineering, v.27, 2002. p.347-358

