

AVALIAÇÃO DO EFEITO DA ESPESSURA NA MICRODUREZA E MICROESTRUTURA DA LIGA DE Ti-6Al-4V DE APLICAÇÃO AEROESPACIAL APÓS OS TRATAMENTOS TÉRMICOS DE TÊMPERA, REVENIMENTO E SOLUBLIZAÇÃO.

**Marcio S. C. da SILVA¹; Renato C. SOUZA²; Marco A. S. PISSINATTI³; Leandro C.
VARGAS⁴**

RESUMO

Este trabalho tem como proposta obter as diferentes microdurezas medidas em microdurômetro e as microestruturas através de imagens realizadas em microscópio óptico em alguns pontos da curva de tratamento térmico da liga de Titânio com 6% de Alumínio e 4% de Vanádio, com diferentes espessuras dos corpos de prova, após um tratamento térmico de solubilização, têmpera e revenimento e que fornece nesses pontos diferentes valores de dureza. O material foi fornecido pela EMBRAER S.A. como sucata derivada de rebarbas durante o processo de corte na forma laminada e recozida para fabricação de peças estampadas para aplicação estrutural por detrás da fuselagem de aeronaves, é de grande interesse determinar a forma dos grãos e compará-los com algumas propriedades mecânicas obtidas em ensaios e também com as de mesma natureza do Titânio puro, sendo esta já largamente estudada e utilizada, mas também substituída em muitos casos por esta nova liga de acordo com os resultados dos

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São João da Boa Vista. São João da Boa Vista/SP - E-mail: marcio.sangali@hotmail.com

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São João da Boa Vista. São João da Boa Vista/SP - E-mail: rchaves@ifsp.edu.br

³ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São João da Boa Vista. São João da Boa Vista/SP - E-mail: marcopissinatti@hotmail.com

⁴ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São João da Boa Vista. São João da Boa Vista/SP - E-mail: leandrocamposvargas@hotmail.com

ensaios obtidos. Uma das propriedades mais importantes a ser considerada em ligas de titânio é aquela no qual pode o titânio ser trabalhado termicamente, devido a este conseguem um aumento considerável nas suas propriedades mecânicas.

Palavras-chave: Liga Titânio. Microestrutura. Solubilização. Tempera. Revenimento. Espessura.

INTRODUÇÃO

O titânio foi descoberto por William Gregor (Inglaterra) em 1791. Apesar de ser considerado um elemento raro, o titânio ocupa o nono lugar na ordem de abundância de elementos na crosta terrestre, sendo o quarto metal mais abundante. Não foi explorado até a década de 30, quando um método de refino adaptável à produção em larga escala foi desenvolvido por William Kroll, de Luxemburgo. Ele é encontrado em quase todos os continentes na forma de ilmenita (FeTiO_3), rutilo (TiO_2) e outros minérios. O processo Kroll, o qual usa magnésio como agente redutor. (HEIN, 1993; HENRIQUES, 1999).

O titânio solidifica a 1673°C (Ti-puro) na fase β (CCC – Cubica de Corpo Centrado) e, com o subsequente resfriamento, ocorre uma transformação alotrópica da fase β para a fase α (HC – Hexagonal Compacta) a 883°C . A liga Ti-6Al-4V contém elementos de liga que estabilizam cada uma das formas alotrópicas, permitindo obter microestruturas tipicamente bifásicas. A temperatura de transformação alotrópica da fase α para a fase β e da β para a fase α é sensivelmente afetada pela presença de elementos de liga ou impurezas. O alumínio e o oxigênio, por exemplo, são elementos estabilizadores da fase α , conhecidos como elementos alfa-gênicos, enquanto que o vanádio diminui a temperatura de transformação e estabiliza a fase β , conhecidos como elementos beta-gênicos. (HEIN, 1993).

A liga Ti-6Al-4V apresenta em seu arranjo cristalino as fases alfas (α) e fase beta (β) em temperatura ambiente, por essas características ela possui as propriedades como uma boa combinação de resistência e tenacidade com excelente resistência à corrosão. (SILVA, 1998; BAUER, 2007).

Estas características se devem ao fato que o alumínio (Al) ser um estabilizador da fase alfa e o vanádio (V) um estabilizador de fase beta, fazendo estas fases se apresente nesta liga na temperatura ambiente, apesar da

concentração relativamente pequena de Al e V na liga esta apresenta uma mudança drástica na resistência à fratura, dureza, microestrutura, padrão de fatura e alongamento. (BAUER, 2007).

A têmpera é o tratamento térmico que possui como objetivo otimizar a relação entre microestrutura e dureza. Basicamente, a têmpera consiste em resfriar rapidamente o material, após a temperatura de austenitização, a uma velocidade superior à velocidade crítica (V_c), para obter uma estrutura denominada martensita. (MOREIRA, 2008).

O revenimento tem como principal objetivo controlar a relação dureza e tenacidade obtida após o processo de têmpera, reduzindo as tensões produzidas durante esse processo e aumentando a ductilidade e a tenacidade. O revenimento é realizado em temperaturas inferiores à zona crítica com tempos de duração e velocidades de resfriamento controladas. (MOREIRA, 2008).

O termo “recozimento” é bastante genérico. O recozimento é um tratamento térmico que tem como objetivo aumentar a tenacidade, a ductilidade à temperatura ambiente, e a estabilidade dimensional e estrutural. (INFOMET,2013).

MATERIAL E MÉTODOS

Os CDP's foram divididos de acordo com os tratamentos e formas de resfriamento, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Condições de tratamento térmico e suas devidas identificações.

Tratamento Térmico	Temperatura	Tempo	Resfriamento	Identificação CDP's
Têmpera	1100° C	1 hora	Ar	A
Têmpera	1100° C	1 hora	Água	B
Têmpera e Revenimento	1100° C e 300° C	1 hora e 2 horas	Ar e Forno	C
Têmpera e Revenimento	1100° C e 500° C	1 hora e 2 horas	Ar e Forno	D
Têmpera	950° C	1 hora	Ar	E
Têmpera	950° C	1 hora	Água	F
Solubilização	1100° C	1 hora	Forno	G
Solubilização	950° C	1 hora	Forno	H

Após os tratamentos térmicos os CDP's passaram por uma preparação metalográfica de embutimento à quente em resina fenólica na embutidora

metalográfica EM30D TECLAGO, identificadas conforme a Tabela 1, lixadas até 2500# e polidas, sequencialmente, com pasta de diamante de 6 μm e 1 μm na politriz PW-300 da TECLAGO. Em seguida deveriam ser marcados com três impressões de microdureza em forma de “L” para garantir que a análise de imagens seja feita exatamente na mesma posição e local. Porém, antes, foi realizado testes para o ataque químico. O ataque químico para revelação da microestrutura foi realizado, inicialmente, com uma solução de 2 ml HF, 6 ml HNO₃, 100 ml H₂O por 4 segundos. A microestrutura não foi revelada. Devido a esse fato buscou-se diversas outras configurações de tempo e de imersão do cdp na solução. Obteve-se o resultado esperado mergulhando o cdp na solução do ataque, por 120 segundos. Para observação das amostras foi utilizado um microscópio óptico Zeiss, com auxílio do seu analisador de imagem, do Laboratório de Metalografia do Campus SJBV-IFSP.

Os testes de determinação de dureza não foram realizados até o presente momento. O ensaio de microdureza terá a finalidade de obter os valores de dureza Vickers (HV) no centro e nas bordas dos discos a fim de verificar se há alguma diferença entre tais valores. O ensaio de microdureza será feito com carga de 200g, tempo de aplicação de carga de 15 segundos e distância entre impressões de 150 μm . Serão feitas seis medições em cada quadrado sendo três na borda e três no centro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

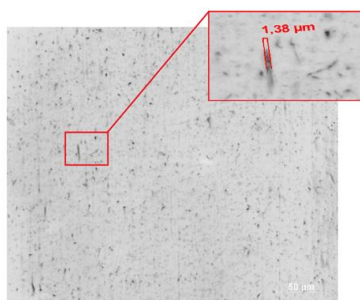


Figura 1. Controle de qualidade no lixamento e polimento dos cdp's Tipo D – 5,00mm

Pode-se observar que os riscos mais profundos e de maior largura não são superiores a 1,5 μm , no caso exemplificado pela imagem 1,38 μm . No polimento a menor granulometria foi de 1 μm , mas o desvio padrão na granulometria dos grãos de diamante é de 0,5 μm , ou seja, pode haver riscos de até 1,5 μm no cdp. Como em

todo fim de processo de lixamento e polimento o cdp era rotacionado 90°, os riscos mais profundos foram retirados pelo processo mais atual. Pode-se garantir, então, que o cdp estava conforme o esperado antes do ataque químico.

O ataque químico foi bem sucedido, até o presente momento da elaboração deste resumo, apenas no CDP D – 5,00mm (Tabela1). A Figura 2 contém a imagem da microestrutura obtida.

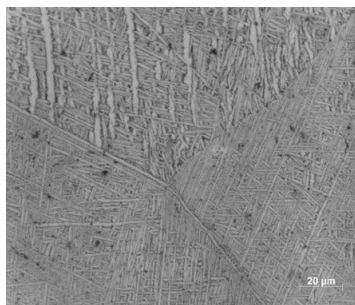


Figura 5.2: Microestrutura - Tipo D - 5mm.

Obteve-se uma estrutura martensita – grãos hexagonais com formações lamelares no interior de alguns grãos (MACEDO, 2008). O que difere do previsto é o tamanho do grão, que foi bem maior que o esperado. O estudo mais aprofundado e detalhado dos resultados será realizado com todas as imagens das microestruturas disponíveis para análise.

CONCLUSÕES

Pode-se observar que no processo de lixamento o mais conveniente é utilizar velocidades superiores e não exercer excesso de pressão. Já no processo de polimento observou-se a necessidade de diminuir a velocidade da politriz e utilizar a solução lubrificante para não haver superaquecimento da amostra.

As impressões de microdureza, ainda, não foram feitas, devido ao fato do ataque químico não estar satisfatório. Se houvesse problemas com o ataque, o cdp seria submetido novamente ao processo de lixamento e polimento, o que iria danificar as marcações. Optou-se por dar prioridade ao ataque químico.

No ataque químico pode-se observar uma grande dificuldade em revelar a microestrutura. Deve-se isso a problemas na própria solução de ataque. Novas soluções serão feitas e testadas.

Para o CDP D - 5mm, que conseguiu-se revelar a microestrutura, pode-se observar claramente a fase martensita. O estudo mais aprofundado dos resultados será realizado com todos os resultados obtidos.

Como deu-se grande importância para a qualidade na preparação dos CDP's, e devido, também, a problemas com a solução de ataque, não houve tempo para aprimorar e realizar o ataque em outros CDP's. Mesmo com esses contratempos, a pesquisa está adiantada segundo o cronograma do projeto. Todas as pendências serão solucionadas até o fim do ano.

REFERÊNCIAS

BAUER, J. R. O. Propriedades mecânicas do titânio comercialmente puro e da liga Ti-6Al-4V fundidos em diferentes ambientes. 2007. Tese (Doutorado em Materiais Dentários) - Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

COLLINGS, E. W. The Physical Metallurgy of Titanium Alloys. Series editor, American Society for Metals, 1983.

HEIN, L. R. O. Efeitos da Deformação a Frio sobre o Comportamento Mecânico da Liga Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al. Campinas, 1993. 124p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.

HENRIQUES, V. A. R. Obtenção de Ligas de Titânio por Metalurgia do Pó. Lorena, 1999. 40p. Exame de Área em Engenharia de Materiais – Faculdade de Engenharia Química de Lorena.

INFOMET. Tratamento Térmico em Titânio. Disponível em: <www.infomet.com.br/metais-e-ligas conteudos.php?cod_tema=10&cod_secao=14&cod_assunto=95>. Acesso em 2 de novembro de 2013.

MACEDO. H. R. A. Efeito do tratamento térmico do titânio sobre a proliferação de células pré-osteoblásticas. 2008. 82f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

MOREIRA, M. F.; Lebrão, S. M. G. Tratamentos térmicos dos aços. Disponível em: <<http://www.dalmolim.com.br/educaçãomateriais/biblimat/tratterm2>>. Acessado em: 19/03/2008.

SILVA, E. M. R. Investigação da Acumulação de Dano por Fadiga Cíclica em Titânio. Lorena, 1998. 103p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Faculdade de Engenharia Química de Lorena.