

ANÁLISE MICROESTRUTURAL DO Ti cp. ANTES E APÓS A FUSÃO ODONTOLÓGICA. Iara de Souza Barbosa, Carlos Alberto Picon, Cássio Thomé de Faria – Engenharia Mecânica – Engenharia Mecânica – Departamento de Física e Química – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira.

O titânio e suas ligas, são materiais muito reativos principalmente acima de 500 °C e ao ar, por esse motivo, criam espontaneamente sobre suas superfícies uma fina camada de óxido que é extremamente aderente, eletroquimicamente inerte e estável termodinamicamente, apresentando assim um efeito passivante que inibe a corrosão ⁽¹⁾. Esta característica aliada às propriedades de excelente resistência mecânica e à grande biocompatibilidade, tornou o titânio comercialmente puro (Ti c.p.) e suas ligas, materiais muito utilizados na área odontológica e em cirurgia ortopédica ⁽²⁾. Porém, devido à reatividade química e ao alto ponto de fusão do titânio fica prejudicado o processo de fundição odontológica em atmosfera ambiente. Logo, não se pode utilizar qualquer método de fusão convencional para o Ti cp., devendo esta ser efetuada em ambiente inerte evitando assim a formação do nitreto de titânio (TiN), que torna o material extremamente duro e conseqüentemente com qualidade inferior. Portanto, torna-se necessário o estudo da microestrutura do Ti cp.⁽³⁾, antes e após a fundição odontológica, por arco voltaico, ou qualquer que seja o processo, verificando assim se após a fundição ficam afetadas suas características.

A Figura 1 abaixo mostra a peça obtida após fundição odontológica, da qual foram retiradas as pastilhas, para os testes posteriores.



Figura 1 – Amostras de Ti c.p. após fundição odontológica, através do método de cera perdida.

As amostras de Ti cp., utilizadas neste trabalho possuíam inicialmente formato cilíndrico, com 7,5mm de comprimento e 3,75mm de diâmetro, foram usinadas em torno CNC até atingirem 4mm de comprimento e 2,5mm de diâmetro. Após esta primeira etapa, as amostras foram submetidas à fundição odontológica por arco voltaico através do método de cera perdida (**Figura 1**), num ambiente livre de oxigênio e em atmosfera de argônio. Corpos de prova de Ti c.p. como recebidos e após fundição foram embutidos em resina polimérica, deixando uma das faces planas exposta, que foi lixada com granulação decrescente de 400 a 1200 mesh e posteriormente polidas com pasta de diamante granulação 1 e 3 µm. Uma vez realizada esta nova etapa, as amostras foram submetidas ao exame metalográfico por Microscopia Óptica (MO), Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV), Energia Dispersiva de Raios – X (EDX), análise por micro-sonda, micro dureza Vickers⁽⁴⁾ e mapeamento elementar. Foi retirado material das amostras, por desbaste e submetidos à análise química através da Técnica de Espectrometria de Emissão por Plasma Induzido (ICP-AES) ^{(5), (6)}.

A Microscopia Óptica é um ponto de referência para a posterior análise por microscopia eletrônica. Para a análise da MO, foi utilizado um microscópio da marca LEICA, modelo, LEITZ-DMR, com câmera fotográfica acoplada. A Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) que possibilita a análise tridimensional das amostras, fornecendo também a composição semi-quantitativa, através de EDX, e a distribuição da homogeneidade dos elementos que de que é composto o Ti. c.p. pelo mapeamento elementar, através de micro sonda. A MEV foi realizada em um microscópio ZEISS, modelo DSM 960. As análises por microsonda eletrônica e mapeamento, foram realizadas através de um EDX (Energia Dispersiva de Raios-X), modelo Link Analitical QX2000, acoplado ao MEV, do Instituto de Química de São Carlos – IQSC - USP. As medidas de microdureza Vickers são testes de dureza com penetrador de diamante piramidal de base quadrada, com ângulo de 136° entre as faces opostas. Ela permite uma correlação com as outras propriedades mecânicas do Ti cp. Foi utilizado um microdurômetro Micromet – 2003 – Buehler, do Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e automobilística – SMM - EESC - USP.

Através da Microscopia Óptica do Ti cp. Foi possível observar que amostra antes da fusão odontológica (Figura 2. A) apresenta grãos compactos e sem contorno definido. Após a fundição (Figura 2. B) foi identificada uma estrutura inchada, com grãos maiores.

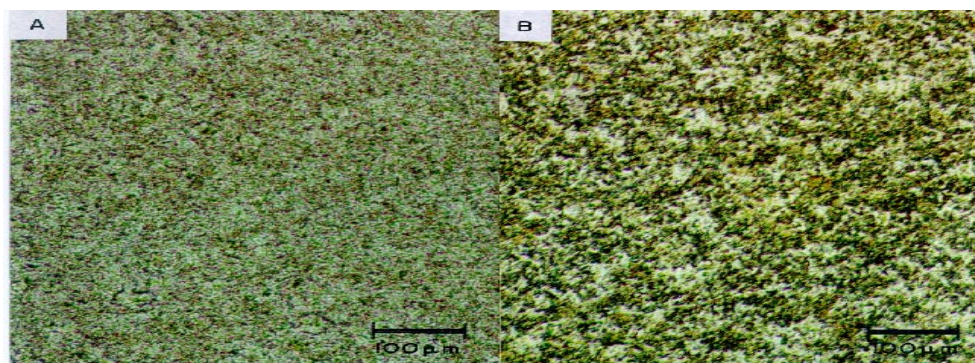


Figura 2: Microscopia óptica do Ti cp. antes (A) e após (B) a fusão odontológica.

Na Microscopia Eletrônica de Varredura, assim como na microscopia ótica, foram observadas apenas modificações superficiais na estrutura do Ti cp. (Figuras 3A e 3B).

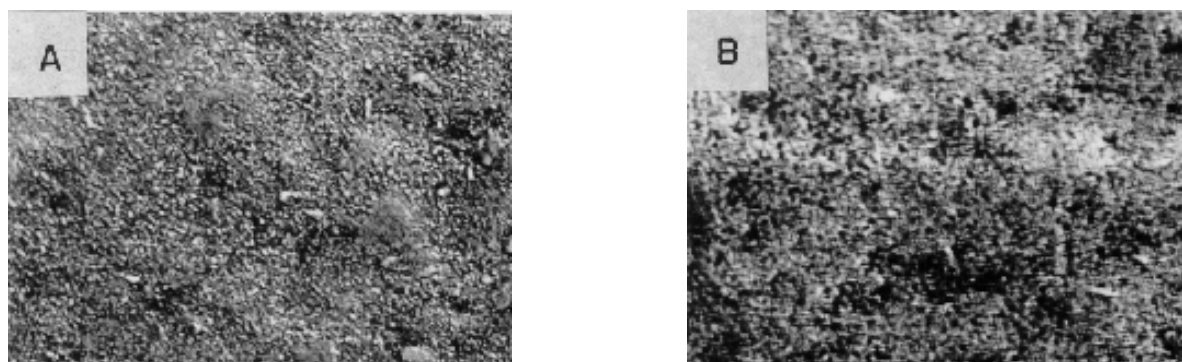


Figura 3: Microscopia eletrônica de Varredura do Ti cp. antes (A) e depois (B) da fusão odontológica.

O Espectro de EDX obtido mostra os dois picos representativos do Ti cp. (**Figura 4**).

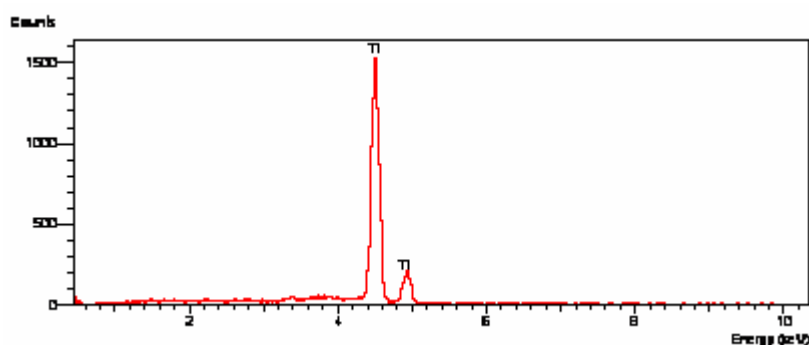


Figura 4: Espectro de Energia Dispersiva de raios X, EDX, para o Ti c. p.

Os demais elementos, tais como H, C, O, N, Fe, encontram-se no Ti c.p. como traços e necessitam de técnica mais sensível para sua detecção. Portanto foi realizada a análise química, com 5 ensaios para cada amostra, obtendo-se a média das medidas. A técnica de ICP-EAS determinou os elementos Ti, Al, V e Fe e a determinação da concentração dos demais elementos com detectores LECO.

A análise por microsonda, não revela composição muito diferenciada dos dois estados do Ti c.p.(AF eDF), conforme pode se confirmado de um modo mais quantitativo, pela análise química inserida na **Tabela 1**.

Elementos	Ti G2	Ti G2R	F 67-99
-----------	-------	--------	---------

Analizados	(% m/m)	(% m/m)	(Ti c. p.)
H	0,0029	0,0054	0,0125
C	0,0106	0,0215	0,10
O	0,1811	0,1715	0,25
N	0,0096	0,0088	0,03
Al	-	-	-
Fe	0,02	0,04	0,30
V	-	-	-
Ti	Balanço	Balanço	Balanço

Tabela 1 – Análise Química do Ti c.p. antes e após fundição odontológica e a norma ASTM adotada.

Pelos dados da **Tabela 1**, a composição dos elementos contaminantes, H,C,O e N do material utilizado, estão bem abaixo dos valores da Norma ASTM F 67-99 mostrando que após fundição, permanecem ainda muito abaixo, confirmando que o processo é adequado.

A Microdureza Vickers, realizada com 50 medidas, na superfície do Ti c.p. antes e após fusão odontológica, forneceu os valores médios que estão inseridos na **Tabela 2**.

Materiais	Média de Dureza (HV)	Desvio-Padrão
Ti c.p. - AF	186	8,0
Ti c.p. - DF	166	3,0

Tabela 2: Valores de microdureza Vickers do Ti cp. antes (AF) e depois da fusão odontológica(DF).

Pela análise destes resultados verifica-se que dureza do Ti cp. antes e após a fundição estão dentro do erro experimental e permanecem sem alteração significativa.

Portanto, microestrutura do Ti c.p. como recebido apresenta-se compacta e com grãos muito finos. Após fusão, observa-se um inchamento da estrutura, porém ainda compacta, e que exibe grãos maiores. As micrografias obtidas por MEV para o Ti c.p., antes e após fusão odontológica, também mostram que há apenas diferenças na morfologia, exibindo uma estrutura mais fina antes da fusão e sofrendo um engrossamento após fusão. Em ambos os casos, não foram possíveis à observação fases distintas. De um modo geral a análise química do Ti c.p. mostra que a composição elementar está dentro dos limites especificados nas normas. A dureza do Ti c.p. permanece inalterada, após fundição, através do método de cera perdida.

Os autores agradecem aos Departamentos de Física e Química, Engenharia Mecânica – FEIS – UNESP, ao IQSC-USP e Departamento de Engenharia de Materiais, Aeronáutica e Automobilística - SMM – EESC-USP e a FUNDUNESP (PROC. 01115/05-DFP).

Referências Bibliográficas

1. Guastaldi, A. C. Engenharia de superfície do Ti para aplicações biomédicas. Ver. Metal. & Mater., v.59, n. 535, p. 442-444, 2003.
2. WILLIAMS, D. F. **J. Biomedical Eng.**, v.11, n.3, p. 185-191, 1989.
3. ASM HANDBOOK – **Metallography and Microestrutres**, Ninth Edition: 09, 89, 1992.
4. ASM Handbook - **Mechanical Testings**, Ninth Edition:08, 1992.
5. FERREIRA, L. A. M; **Espectrometria a Plasma na Elaboração de superligas**, CONAF – Congresso Nacional de Fundição, 1991.
6. BOUMANS, P.W.J.M., **Inductively Coupled Plasma Emission Spectroscopy**. Part I – Methodology, Instrumentation, and Performance. New York, John Wiley, 585p., 1987.

Bolsa: PET