

RESISTÊNCIA À CORROSÃO DE LIGA Nb-Ti OBTIDA POR METALURGIA DO PÓ¹

Carlos Alberto Picon²
Daniel Yvan Martin Delforge³
Amadeu Lombardi Neto⁴
Sérgio Antonio Spinola Machado⁵
Germano Tremiliosi Filho⁵
Luiz Carlos Casteletti⁶

Resumo

Foram confeccionadas pastilhas de nióbio, titânio e nióbio-titânio pelo processo de metalurgia do pó. Para a compactação dessas pastilhas foi empregada uma pressão de 1GPa, em prensa convencional. A sinterização foi efetuada em forno tubular com atmosfera de argônio, na temperatura de 1000^oC, por 4h. Os ensaios de corrosão eletroquímica, utilizando como eletrólito água do mar, foram realizados nas pastilhas compactadas e sinterizadas.

Palavras-chave: Corrosão; Liga de titânio-nióbio; Metalurgia do pó.

CORROSION RESISTANCE Nb-Ti ALLOY OBTAINED BY POWDER METALLURGY

Abstract

Niobium, titanium, and niobium-titanium pastilles were produced by powder metallurgy process. For compaction of the pastilles a pressure of 1GPa was employed in a conventional press. Sintering was performed in tube furnace under argon flow at a temperature of 1000C for 4h. Electrochemical corrosion tests were performed on the surface of the compacted and sintered specimens using natural sea-water as electrolyte.

Keywords: Corrosion; Titanium-niobium alloy; Powder metallurgy process.

¹ Contribuição técnica ao 68^o Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Físico. Prof. Dr. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/DFQ/UNESP. Ilha Solteira, SP, Brasil.

³ Engenheiro Mecânico. Prof. Dr. - Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS/DEM/UNESP. Ilha Solteira, SP, Brasil.

⁴ Engenheiro de Materiais. Doutor- Universidade Federal de São Carlos – DEM/UFSCAR. São Carlos, SP, Brasil.

⁵ Químico. Prof. Dr. Instituto de Química de São Carlos – IQSC/DFQ/USP. São Carlos, SP, Brasil.

⁶ Engenheiro de Materiais. Prof. Dr - Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/DEMM/USP. São Carlos, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A Metalurgia do Pó, comumente denominada Sinterização é um processo de manufatura de produtos metálicos ferrosos e não ferrosos e de materiais cerâmicos que vem se desenvolvendo e conquistando cada vez mais o mercado de fabricação de peças para setores da indústria automobilística de eletrodomésticos, metal duro, fotocopiadoras, freios, embreagens, contatos elétricos e inúmeros outros produtos. Basicamente, a Metalurgia do Pó consiste em se compactar pós-metálicos dentro de cavidades denominadas matrizes, para em seguida se aquecer o compactado a temperaturas entre 75% e 80% do ponto de fusão do material, sob a ação de atmosfera protetora contra a oxidação, promovendo-se assim ligações metalúrgicas em pontos de microsoldagens.⁽¹⁻⁴⁾

O titânio é um elemento de transição metálico, de número atômico 22, com PF = 1688^o C e PE = 3280^o C, com densidade de 4,51 g.cm⁻³, foi descoberto por Gregor em 1789. O teor de titânio existente na crosta terrestre é bastante elevado (0,6%), quando comparado com diversos outros metais¹. As principais fontes são rutilo (TiO₂) e em menor extensão a ilmenita (FeTiO₃). O elemento também ocorre em muitos outros minerais. É obtido por aquecimento do óxido com carbono e cloro para dar TiCl₄ que é reduzido no processo Kroll. A principal aplicação é em grande número de ligas fortes, resistentes à corrosão, para aeronaves, navios, indústria química. O fato desse metal exercer um alto potencial de eletrodo, é devido à formação de um filme de óxido passivante sobre sua superfície. A estabilidade desta cobertura protege o metal de posteriores deteriorações.

O nióbio é um metal mole e dúctil, devido à sua estrutura do tipo cúbica de corpo centrado – ccc, que permite um fácil deslizamento das camadas. Possui aspecto similar ao aço e quando polido, brilha lembrando a Platina, sendo, porém levemente azulado. Apresenta elevados pontos de fusão (2468^oC) e ebulição (4758^oC) e densidade de 8,57 g/cm³. O Brasil é o maior produtor de Nióbio, mais de 90% do total do minério do mundo se localiza no país. Oitenta por cento da produção do Nióbio destina-se ao preparo de ligas Ferro-Nióbio, dotadas de elevados índices de elasticidade e alta resistência a choques.^(2,3) Ele também apresenta grande resistência ao ataque pela maior parte das substâncias orgânicas e à corrosão por ácidos minerais, em todas as concentrações e abaixo de 100^oC (com exceção do HF), porém se dissolve em álcali fundido. Ele reage com oxigênio e nitrogênio em temperaturas acima de 300^oC e, nestas condições, forma filmes dos respectivos óxidos, muito resistentes e altamente passivos, possibilitando o uso desses metais na fabricação de equipamentos ou peças que requeiram alta resistência à corrosão.^(1,4) Pode-se definir corrosão como a deterioração de um material por ação química ou eletroquímica do meio ambiente associada ou não a esforços mecânicos. Em geral, é um processo espontâneo, está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixam de satisfazer os fins a que se destinam.⁽⁵⁻⁹⁾

Nesse trabalho foi verificado o comportamento de liga de Nb-Ti obtida por metalurgia do pó, em relação à corrosão em meio salino, utilizando água do mar natural, através do levantamento das curvas de polarização potenciodinâmicas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Amostras cilíndricas de 10 mm de diâmetro e 5 mm de espessura dos materiais Ti, Nb, e Ti-Nb, foram obtidas por compactação de pós em prensa convencional,

utilizando pressão de compactação de 1 GPa. O trabalho foi realizado em duas etapas. Na primeira etapa, os pós foram somente compactados, sem utilização de temperatura. Na segunda etapa, as amostras foram compactadas e tratadas termicamente, em forno convencional em atmosfera de argônio. Os materiais foram sinterizados à temperatura de 1.000^o C por 4 horas. Após lixamento, polimento e limpeza em ultrassom por 10 min. em cada uma das soluções de acetona, álcool etílico e água destilada, as amostras foram submetidas aos ensaios de polarização potenciodinâmica em um potenciostato Autolab-PGSTAT 302. A célula eletroquímica utilizada consta de três eletrodos, sendo o eletrodo auxiliar de Pt e o de referência, um Eletrodo de Calomelano Saturado (ECS). O eletrólito utilizado foi água do mar natural da Praia de Ponta Negra (Natal-Rio Grande do Norte, pH= 8,14, T= 20,5^o C). O intervalo de potencial percorrido foi de -1.0 V a +1.2V, empregando velocidade de varredura de 1mVs⁻¹. Para a obtenção da Microscopia Eletrônica de Varredura-M.E.V. e Energia Dispersiva de Raios-X-EDX, foi empregado um Microscópio Eletrônico de Varredura, com microssonda acoplada, modelo Zeiss-Leica/440 com filamento de tungstênio (CAQI-IQSC-USP).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 ilustra a Microscopia Eletrônica de Varredura- MEV da superfície do titânio (esquerda), da superfície do nióbio (centro) e da liga titânio-nióbio (direita), sinterizadas. A região branca na liga corresponde ao elemento nióbio e a região escura ao elemento titânio.

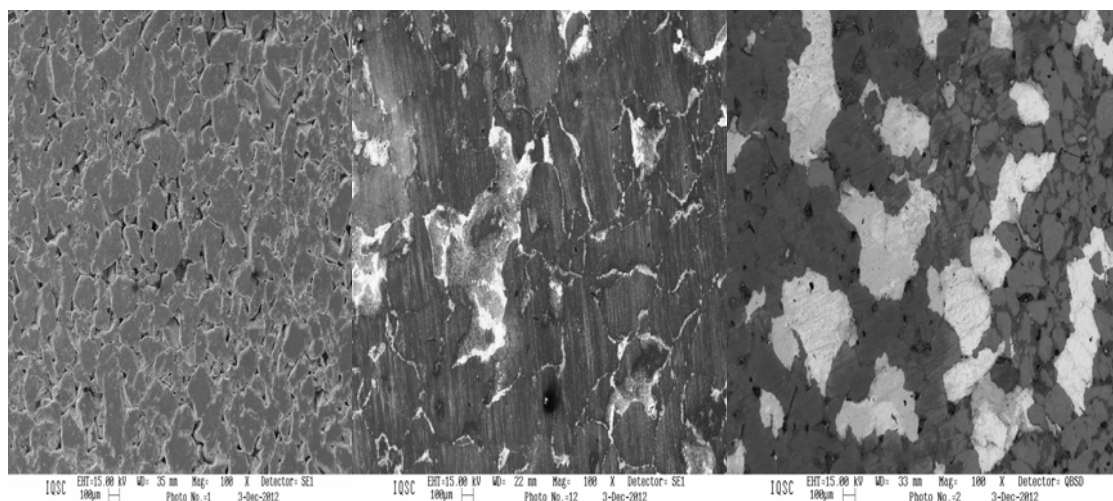


Figura 1 - Microscopia Eletrônica de Varredura da superfície do titânio (esquerda), da superfície do nióbio (centro) e da liga titânio-nióbio (direita).

A Figura 2 ilustra o Espectro de Energia Dispersiva de Raios-x – EDX, da liga de titânio-nióbio após sinterização.

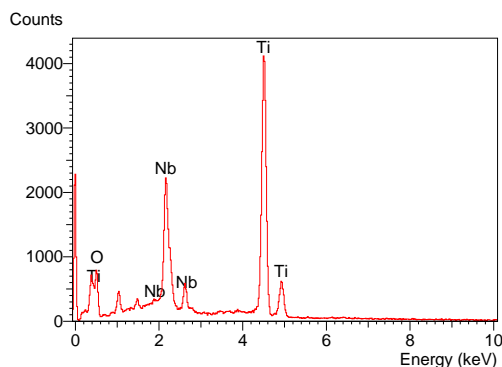


Figura 2 - Espectro de Energia de Raios-X da superfície da liga Ti-Nb obtida por metalurgia do pó.

A composição semi-quantitativa dos elementos da liga Ti-Nb obtida por EDX, está inserida na Tabela 1.

Tabela 1- Composição semi-quantitativa dos elementos constituintes da liga Ti-Nb

Materiais	% atômica
Titânio	50,94
Nióbio	39,89
Oxigênio	9,18

As curvas de polarização potenciodinâmicas para as amostras de nióbio, titânio e liga nióbio-titânio somente compactadas (C), após os ensaios de corrosão em água do mar natural, estão inseridas na Figura 3 e para as amostras sinterizadas (S) estão inseridas na Figura 4.

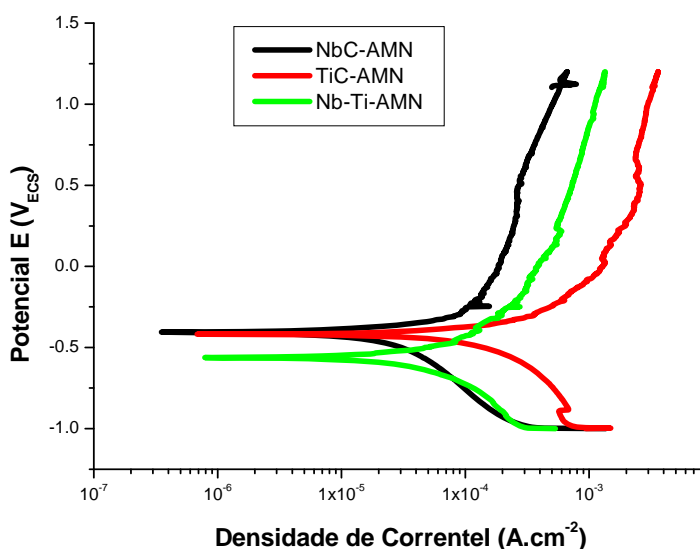


Figura 3 – Curvas de polarização potenciodinâmicas para as amostras compactadas (C).

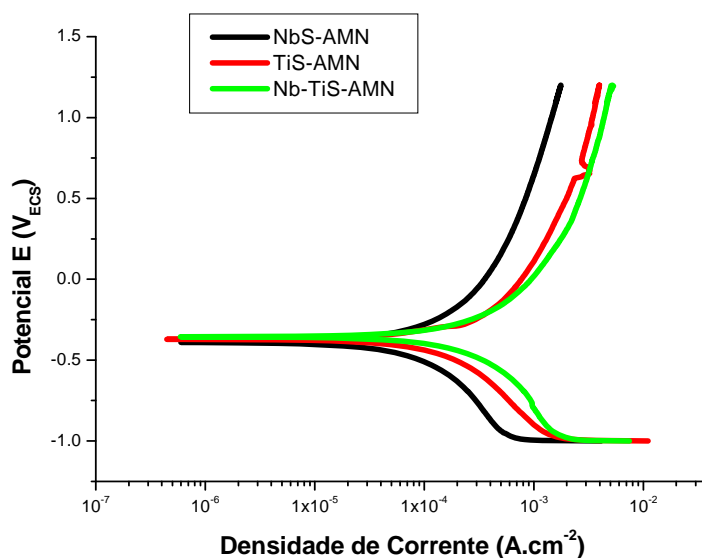


Figura 4 – Curvas de polarização potenciodinâmicas para as amostras Sinterizadas (S).

Os parâmetros eletroquímicos obtidos das curvas de polarização para as amostras de nióbio, titânio e da liga nióbio-titânio compactadas e sinterizadas estão inseridos na Tabela 2.

Tabela 2 - Parâmetros eletroquímicos para os materiais Nb, Ti e liga Nb-Ti, compactados (C) e sinterizados (S)

Material/meio	E _{corr} (mV)	I _{corr} (nA.cm ⁻²)	R _p (KΩ.cm ²)
Nb C	-405	351,56	5,17
Ti C	-417	683,59	1,14
Nb-Ti C	-561	787,35	2,92
Nb S	-390	598,14	2,31
Ti S	-371	495,56	1,28
Nb-Ti S	-356	592,04	0,84

Observa-se das curvas de polarização potenciodinâmicas e da tabela de parâmetros eletroquímicos, que após sinterização, ocorre um aumento do potencial de corrosão e uma diminuição da densidade de corrente de corrosão, embora ocorra diminuição da resistência de polarização, indicando que o meio torna-se mais agressivo para as amostras sinterizadas.

A liga titânio- nióbio é mais resistente ao início da corrosão do que os materiais de que é composta e sua resistência à corrosão é próxima do nióbio e menor do que o titânio, embora o meio salino seja mais agressivo sobre ela do que sobre seus constituintes separadamente.

4 CONCLUSÃO

A liga titânio-nióbio obtida através da metalurgia do pó têm boa resistência à corrosão.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq, Capes e Fapesp, LAQ (EESC-USP), GMEME e CAQI (IQSC-USP).

REFERÊNCIAS

- 1 Kempton H.R., "**Powder Systems and Applications**", ASTM, Metals Handbook, 9 ed., p.p.568-574, Ohio, 1988.
- 2 Informativo Técnico Metalpó, "**Metalurgia do Pó**", Metalpó Ind. e Com. Ltda., Estrada do Jaraguá, 453, Pirituba, SP.
- 3 Bochin G.F. and Lindskog, P.F., "**Applications and Developments of Sintered Ferrous Materials**", The Institute of Metals Series on Powder Metallurgy - An Overview, p.p 287-295, London, 1991.
- 4 Zapata W.C., "**Estado Atual da Metalurgia do Pó**", ABM, Revista da Metalurgia, vol.43, nº 361, 1987.
- 5 UHLIG, H.H., Metals Handbook, Ninth Edition v.13. Corrosion. ASM INTERNATIONAL- Metals Park, 1987.
- 6 PICON, C.A. Estudos Químicos e Físicos do Ti c.p. e da liga Ti-6Al-4V, antes e após fusão odontológica. São Carlos, 2000. 171p. Tese (Doutorado em Ciências: Físico-Química)- Instituto de química de São Carlos- IQSC-USP, São Carlos, 2000.
- 7 GENTIL, V., *Corrosão*, Rio de Janeiro: Brasil, LTC- Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., pp. 43-70, 2007.
- 8 WOLYNEC, S., *Técnicas Eletroquímicas em corrosão*, São Paulo: Brasil, Edusp – Editora da Universidade de São Paulo., pp. 87-146, 2003.
- 9 GEMELLI, Enori. *CORROSÃO de materiais metálicos e sua caracterização*. Sc: Ltc, 2001.