

Desenvolvimento e Caracterização das Ligas Ni-Mo Aplicadas ao Processo de Brasagem entre os Componentes do Catodo Termiônico Impregnado Tipo Reservatório para Emprego nas Válvulas TWT

Artur Guazzelli Leme Silva e Frank Ferrer Sene
Centro Tecnológico da Marinha em São Paulo – CTMSP

INTRODUÇÃO

Válvulas de onda progressivas, TWT, são dispositivos responsáveis pela geração e amplificação de ondas eletromagnéticas na faixa de micro-ondas de alta potência utilizada em radares e outros sistemas de comunicação [1]. Os catodos termiônicos são componentes das TWT's constituídos de uma matriz de tungstênio e um suporte de molibdênio. A emissão termiônica é dependente da tensão elétrica e da temperatura (800-1100°C) de operação, e da função trabalho do catodo ($\approx 2,0$ eV).

A confecção da matriz de tungstênio poroso pode representar um desafio, pois a faixa de temperatura de sinterização das partículas do pó de tungstênio metálico é relativamente elevada, 2700-3000°C [2]. O controle do tamanho e da quantidade de poros da matriz de W é de grande importância para confecção de catodos termiônicos. A porosidade da matriz pode ser controlada durante a confecção do compósito W-Cu [3]. Partindo-se do compósito W-Cu a remoção do cobre pode ser realizada por tratamento térmico a 1640 °C por cerca de 7 h, preservando a porosidade.

A união do tungstênio e molibdênio pode ser realizada pelo processo de brasagem, utilizando-se uma suspensão, contendo os pós de níquel e molibdênio com a composição da mistura eutética (35,8 at.% de Mo e temperatura de fusão de 1310 °C) [4]. A temperatura de fusão da mistura eutética de Ni e Mo é menor que a temperatura de operação do catodo termiônico, tornando adequada a sua utilização para a confecção do catodo.

OBJETIVO

Caracterizar e padronizar o método de produção da matriz de tungstênio porosa, aprimorar a elaboração da suspensão de Ni-Mo, verificar quantidade de poros existentes na matriz decoperizada e aperfeiçoar a etapa de tratamento com ácido nítrico para a abertura de poros na matriz de tungstênio.

METODOLOGIA

Para a preparação da suspensão de Ni e Mo, os pós metálicos devem ser misturados a fim de gerar uma mistura homogênea. Para isso, realiza-se a moagem da mistura dos pós de níquel e molibdênio em etanol. Alíquotas da mistura Ni-Mo após 24, 36 e 44 h de moagem para serem analisadas por microscopia eletrônica de varredura (MEV) a fim de verificar a eficiência da moagem. As etapas de confecção da matriz de tungstênio (W) porosa são apresentadas na Figura 2.

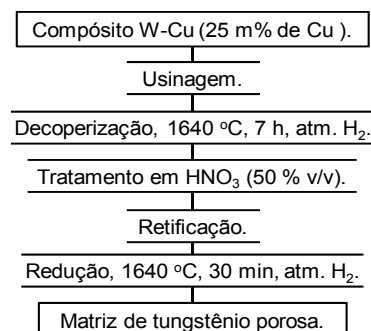


Figura 1. Etapas de confecção da matriz de W porosa. O tratamento térmico utilizou forno de indução eletromagnética (FIE).

A porosidade da amostra foi verificada por MEV e a composição por meio da técnica de fluorescência de raios X (EDX).

A determinação da porcentagem de poros (P) da matriz de tungstênio porosa foi calculada por meio da Equação 1.

$$P = \left(1 - \frac{\rho_{W,d}}{\rho_W}\right) \cdot 100 \quad (1)$$

onde ρ_W é a densidade do tungstênio teórica ($19,3 \text{ g.cm}^{-3}$) e $\rho_{W,d}$ é a densidade calculada para a matriz de W decoperizada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As micrografias da mistura Ni-Mo moída durante 24, 36 e 44 são apresentadas na Figura 2.

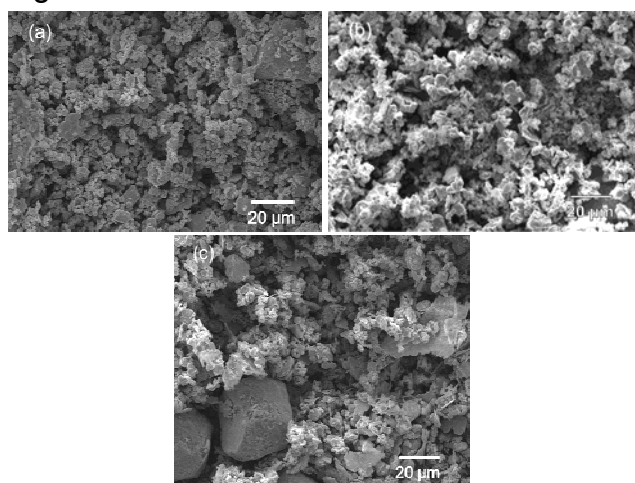


Figura 2. Micrografias da mistura dos pós de níquel e molibdênio após (a) 24, (b) 36 e (c) 44 horas de moagem.

As imagens indicam que a moagem promove o desgaste na superfície das partículas de Ni (partículas maiores), mas não permite verificar alterações nas partículas de Mo (partículas menores).

A Tabela 1 apresenta a composição elementar da matriz de W após a remoção do cobre do compósito W-Cu.

TABELA 1. Composição (%massa) da matriz de W com Cu, decoperizada e tratada com HNO_3 obtida por EDX.

	W	Cu	Outros
Compósito W-Cu	74,3 (1)	25,7 (1)	< 0,01
W decoperizada	99,7 (1)	0,21 (1)	0,11 (1)
W tratada com HNO_3	99,9 (1)	0,08 (1)	0,05 (1)

Nota: O número entre parênteses é a incerteza do valor.

A perda média de massa de cobre após decoperização é de $(22,1 \pm 0,1)\%$, menor do que a determinada previamente 25-26%. A Tabela 2 apresenta os valores de porosidade em função dos ciclos e das temperaturas de decoperização.

TABELA 2. Porosidade da matriz de tungstênio decoperizada obtido por meio de tratamento térmico a temperatura máxima e número de ciclos diferentes.

Amostra	Porosidade (%)	Ciclos	T_{Max} (°C)
1	34,6 (1)	2 (3,5 h)*	1640 (10)
2	33,5 (1)	8 (1 h)*	1640 (10)
3	32,2 (1)	17 (1 h)*	1590 (10)

Nota: O número entre parênteses é a incerteza do valor.

*Tempo de duração de cada ciclo.

A Figura 3 apresenta a matriz de tungstênio decoperizada tratada e não tratada com ácido nítrico.

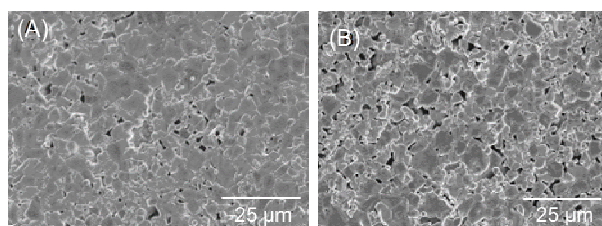


Figura 3. Micrografias da matriz de tungstênio decoperizada (A) não tratada e (B) tratada com HNO_3 .

O tratamento com HNO_3 promove a abertura de poros fechados após o tratamento térmico de decoperização.

CONCLUSÕES

A moagem durante 24 h ou maior permitiu que a superfície do Ni fosse alterada além de permitir a homogeneização adequada para a formação da liga NiMo. O tratamento com ácido nítrico representou um avanço na confecção do catodo, pois possibilitou um aumento da porosidade, além de auxiliar na remoção de impurezas da mesma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Higashi, C., *Investigação do processo de obtenção de aluminato de cálcio para a construção e caracterização de Catodos Termiônicos impregnados para aplicação em dispositivos de micro-ondas de potência*. Dissertação, IPEN, 2006.
- [2] Pavlovskaya, E.I.; Goryacheva, Z.V. Traduzido de *Poroshkovaya Metallurgiya*. **64(4)**, 37-40, 1968.
- [3] Costa, F.A. et al., *Powder Technology*. **134**, 123-132, 2003.
- [4] Wang, Y. et al., *Scripta Materialia*. **52**, 17-20, 2005.

APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

CNPq, FINEP e Marinha do Brasil.