ROTA Fe-Nb PARA CERMETS DE NbC

Arthur Guilherme Schwengber, César Edil da Costa, Júlio César Giubilei Milan, Evandro Dematté

INTRODUÇÃO

Cermets são materiais compósitos constituídos por uma fase cerâmica dispersa em uma matriz metálica, combinando a resistência ao desgaste e a dureza da cerâmica com a tenacidade proporcionada pelo metal. Entre as fases cerâmicas utilizadas, o NbC se destaca, apresentando potencial para aplicações em ferramentas e componentes sujeitos a condições severas de serviço [1]. Relacionado às matrizes metálicas, FeNb pode ser uma alternativa aos ligantes tradicionalmente empregados, devido à sua grande disponibilidade no Brasil e à possibilidade de obtenção de boas propriedades mecânicas [2]. Nesse sentido, o presente trabalho tem o objetivo de pesquisar uma rota Fe-Nb para obtenção de cermets de NbC via metalurgia do pó, utilizando diferentes composições químicas e parâmetros de sinterização e determinando a densidade relativa e a dureza Vickers dos sinterizados.

DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, foi realizada a compactação de cinco amostras: três de FeNb puro, uma de FeNb-50FeNbC (%p) e uma de FeNb-50Fe (%p). As amostras de FeNb puro foram sinterizadas a 1500ºC por 2 h, 1470ºC por 2 h e 1450ºC por 2,5 h, enquanto que as misturas foram sinterizadas a 1250ºC por 2 h e a 1350ºC por 2 h, respectivamente. Além disso, foram compactadas outras duas misturas: FeNb-7,5Cu (%p) e FeNb-7,5Cu-0,8C (%p), sendo ambas sinterizadas a 1450ºC por 2,5 h.

Posteriormente, foi feito o recozimento do pó de FeNb a 750ºC por 30 minutos, sendo que, com esse pó, foi realizado o ensaio de compressibilidade, onde foram compactadas cinco amostras de FeNb recozido puro em diferentes pressões: 200, 400, 500, 600 e 700 MPa. Ainda, foram realizadas mais quatro misturas com o pó de FeNb recozido: $FeNb_{REC}$-7,5Cu (%p), $FeNb_{REC}$-7,5Cu-0,8C (%p), $FeNb_{REC}$-7,5Cu-10NbC (%p) e $FeNb_{REC}$-7,5Cu-0,8C-10NbC (%p). Relacionado às sinterizações, elas ocorreram a 1450ºC por 1,5 h, tanto para as amostras do ensaio de compressibilidade quanto para as misturas.

As compactações foram feitas em matriz fechada de 10 mm de diâmetro utilizando pressão de 700 MPa, exceto para as amostras destinadas ao ensaio de compressibilidade. Todas as amostras apresentaram massa de aproximadamente 2,0 g e as misturas foram feitas manualmente por cerca de 10 minutos. As sinterizações ocorreram sob vácuo, sendo determinadas as densidades a verde e relativa, esta última após a sinterização. Posteriormente, as amostras foram embutidas em baquelite, lixadas nas lixas de granulometria de 100, 320, 400, 600 e 1200, respectivamente, e polidas com alumina ou diamante. Na sequência, foi realizada a Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV) e o ensaio de dureza Vickers (HV_1) das amostras.

RESULTADOS

Verificou-se a importância do recozimento do pó de FeNb, uma vez que nas misturas com adições de Cu e Cu+C não ocorreu a desintegração das amostras, diferentemente do observado nas mesmas misturas preparadas com pó de FeNb não recozido. O recozimento reduz as tensões internas, evitando a formação de trincas na superfície da amostra [3]. Além disso, os parâmetros mais efetivos foram 1450ºC por 1,5 h com pressão de compactação de 700 MPa. Com base no ensaio de compressibilidade (Figura 1), observou-se que o aumento da pressão de compactação promoveu o aumento da densidade relativa do sinterizado, atingindo 71,8% para 700MPa, com consequente redução da porosidade.

Concluiu-se que as adições de FeNbC, Fe, Cu e Cu+C não favoreceram a densificação do sinterizado. Pelo contrário, essas adições foram prejudiciais e provocaram reduções na densidade relativa. Em relação à adição de Cu, esperava-se um aumento na quantidade de fase líquida, favorecendo o preenchimento dos poros remanescentes e, consequentemente, promovendo uma melhora na densificação [4]. Entretanto, esse comportamento não foi observado na amostra $FeNb_{REC}$-7,5Cu (%p).

A adição de NbC mostrou-se vantajosa na amostra $FeNb_{REC}$-7,5Cu-10NbC (%p), pois apresentou melhora na densidade relativa, atingindo 73,9% com considerável contração, principalmente, no diâmetro da amostra, indicando uma boa densificação durante a sinterização. No que diz respeito à dureza, no entanto, observou-se uma grande redução na amostra em questão, quando comparada com a amostra de FeNb recozido puro (Figura 2), devido à alta ductilidade do Cu adicionado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os objetivos do trabalho foram alcançados, sendo possível a determinação de uma rota Fe-Nb para obtenção de cermets de NbC via metalurgia do pó. O recozimento do pó de FeNb, compactação a 700 MPa, sinterização a 1450°C por 1,5 h e adição de Cu+NbC contribuíram para a melhora da densidade relativa do consolidado. Por outro lado, houve uma diminuição na dureza da amostra, o que constitui uma motivação para trabalhos futuros.

Palavras-chave: FeNb; cermet; NbC; Cu; metalurgia do pó.

ANEXOS

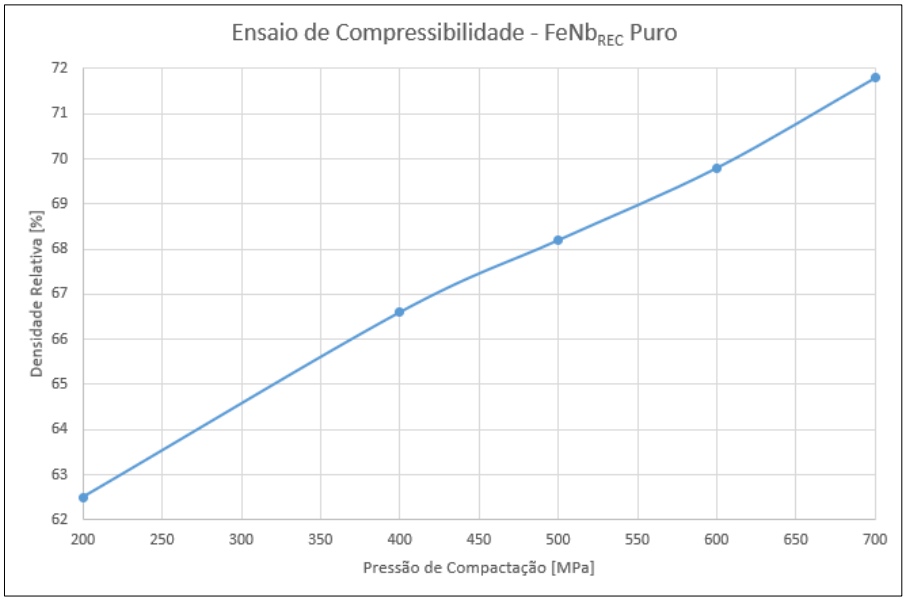


Figura 1. *Ensaio de compressibilidade.*

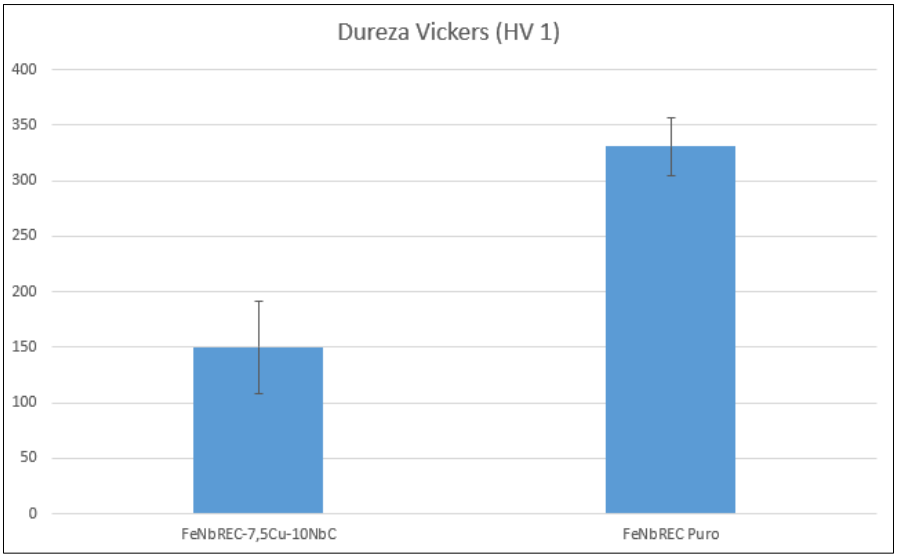


Figura 2. *Dureza Vickers (HV_1).*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] CUPPARI, M.; SANTOS, S. Physical properties of the NbC carbide. **Metals**, São Paulo, out. 2016. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2075-4701/6/10/250>. Acesso em: 17 ago. 2026.

[2] AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Sumário mineral 2025**. ANM, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/economia-mineral/publicacoes/sumario-mineral/sumario-mineral-brasileiro-2025/sumario-2025.pdf >. Acesso em: 17 ago. 2026.

[3] NOVIKOV, I. **Teoria dos tratamentos térmicos dos metais**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 1994.

[4] PACHECO, P. *et al*. Obtenção de ligas Fe-Cu via metalurgia do pó: microestrutura, dureza e limite de escoamento. **Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 3, jan. 2008. Disponível em: <https://www.sbvacuo.org.br/rbav/index.php/rbav/pt_BR/article/view/32>. Acesso em: 17 ago. 2026.