

CARBETO CEMENTADO DOPADO COM ÓXIDO DE LÂNTANIO SINTERIZADO A VÁCUO

C.M.F. Gomes¹; A.G.P. Silva¹; U.U. Gomes²; J.N.F. Holanda^{1*}

¹UENF, Laboratório de Materiais Avançados, 28013-602, Campos dos Goytacazes, RJ

²UFRN, Departamento de Física Teórica e Experimental, 59072-970, Natal, RN

Recebido: 7 de setembro, 2007; Revisado: 20 de setembro, 2007

Palavras-chave: carбето cementado, terra-rara, sinterização, vácuo.

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de um estudo sobre a influência da adição de óxido de lantânio sobre o comportamento de sinterização do carбето cementado (WC/10Co). A análise da densidade relativa das amostras sinterizadas mostrou uma maior densificação do carбето cementado dopado com La₂O₃. Em relação as suas propriedades mecânicas, foram observadas que a resistência à compressão e módulo de elasticidade aumentaram com adição de óxido de lantânio. Estes resultados podem implicar no aumento da vida útil e desempenho de corte dos carbetos cementados.

ABSTRACT

This work presents the results of a study about the influence of the addition of lanthanum oxide on the sintering behaviour of cemented carbide (WC/10Co). The analysis of the relative density of the sintered samples showed a higher densification of the cemented carbide doped with La₂O₃. In relation to their mechanical properties, it was observed that the compressive strength and elastic modulus increased with addition of lanthanum oxide. These results could imply in an increase of life and cutting performance of the cemented carbide.

1. INTRODUÇÃO

Os carbetos cementados constituem-se numa classe de materiais duros de grande interesse acadêmico e industrial fabricados via a rota da metalurgia do pó [1]. Esses carbetos têm como aplicações principais ferramentas de corte e operações de usinagem.

Os carbetos cementados são constituídos por duas fases, sendo uma fase cerâmica e outra metálica. A fase cerâmica é do tipo carбето de elementos da tabela periódica pertencentes aos grupos IV, V e VIB. Os mais utilizados são os carбето de tungstênio (WC) e carбето de titânio (TiC). A fase metálica é composta por metais do grupo VIIIB, sendo o cobalto o mais usado. Isto é decorrente de sua capacidade de mobilidade nas partículas de carбето, que possibilita a aglomeração das partículas, conferindo tenacidade ao material.

As propriedades atrativas deste tipo de material são dadas pela combinação da dureza do carбето com a tenacidade do metal ligante, tendo em vista que a melhor combinação de resistência mecânica, resistência ao desgaste e boa tenacidade é fornecida pelo carбето cementado do tipo WC/Co [2], sendo a combinação mais usual WC-10%Co.

O desenvolvimento de carbetos cementados dopados com elementos de terras-raras tem sido reportado na literatura [3,4]. Em geral, busca-se com a adição de terras-raras melhorar as propriedades mecânicas e desempenho de corte dos carbetos.

O presente trabalho objetiva estudar o efeito da adição de óxido de lantânio sobre a densificação e propriedades mecânicas do carбето cementado WC/10Co. É importante ressaltar que o Brasil detém importantes depósitos de terras-raras que são encontradas e agrupadas em alguns minérios de interesse industrial como, por exemplo, as areias monazíticas. Esses minerais têm sido pouco explorados no desenvolvimento de materiais avançados.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Neste trabalho foram preparadas quatro amostras de carбето cementado (WC-10%Co) contendo 0, 1, 2 e 3 % em peso de óxido de lantânio da fase cobalto. O pó de carбето de tungstênio (WC) com tamanho médio de partícula de 1,07 µm foi fornecido pela Wolfram Bergbau-Und-GmbH (Áustria). O pó de cobalto usado de tamanho de partícula < 37 µm foi fornecido pela VETEC Química Fina. Foi usado óxido de lantânio (La₂O₃) de alta pureza 99,99 % fornecido pela VETEC Química Fina. Adicionalmente, foi utilizado negro de fumo fornecido pela Columbian Chemicals Brazil com a finalidade de ajustar o teor de carbono de acordo com o diagrama de fase do sistema WC-Co [5]. Uma cera parafínica de grau técnico foi usada como lubrificante na etapa de compactação. A quantidade de parafina usada foi da ordem de 2 % da massa total.

O processo de mistura foi realizado por meio de moagem convencional a úmido em moinho de bolas durante 72 h, na presença de ciclohexano. Após processo de mistura, o ciclohexano foi eliminado por secagem.

As amostras foram compactadas por prensagem uniaxial numa matriz cilíndrica (φ = 10 mm). Foi usada uma pressão de compactação típica de carбето cementado da ordem de

* holanda@uenf.br

200 MPa. A etapa de sinterização foi realizada em forno elétrico a vácuo (10^{-5} mbar) em 1400 °C durante 1 h. As taxas de aquecimento e resfriamento foram controladas.

O comportamento de sinterização das pastilhas de carbeto cementado dopadas com óxido de lantânio foi avaliado em termos do parâmetro de densificação, resistência à compressão, módulo de elasticidade, MEV e difração de raios-X.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O comportamento de densificação das pastilhas de WC/10Co dopadas com óxido de lantânio é apresentado na Figura 1. O carbeto cementado isento de óxido de lantânio, quando sinterizado a vácuo em 1400 °C/1h, apresentou densificação da ordem de 86,48 %. Este valor de densificação é inferior aos valores de densificação de carbeto cementado obtidos em rotinas industriais por compactação/sinterização, que são da ordem de 95 %. Este resultado pode ser explicado através do baixo valor de densidade da peça verde, que foi de 42,60 %. O valor de densidade verde para o carbeto WC/10Co é da ordem de 50 % da densidade teórica [2] na prática industrial. O menor valor de densidade verde obtido pode estar associado ao acabamento superficial da cavidade interna da matriz de aço utilizada na etapa de compactação. O atrito excessivo entre a massa de pó e a parede interna da matriz limita a densificação do compacto. Tal fenômeno foi observado na compactação de todas as amostras estudadas. Outra razão pode ter sido a granulação inadequada dos pós para compactação.

No entanto, com a incorporação do aditivo La_2O_3 ocorreu um aumento na densificação das pastilhas sinterizadas. Foi observado que a adição de até 3 % em peso de La_2O_3 da fase cobalto no WC/10Co aumentou a densificação em até 8 %. A influência do óxido de lantânio sobre a fase ligante cobalto é a grande responsável pela maior densificação do carbeto cementado. A explicação para isto está relacionada ao fato que elementos de terras-raras diminuem o ponto de fusão da fase ligante cobalto [6]. O La_2O_3 pode também melhorar a condição de molhamento do cobalto ao causar uma diminuição da tensão interfacial com filmes finos sendo formados por adsorção na interface carbeto/cobalto líquido. Como uma consequência desses processos, a temperatura de sinterização do carbeto WC/10Co, isto é, a temperatura necessária para obtenção da fase líquida é reduzida pela ação do elemento de terra-rara. Isto implica que, sob as mesmas condições de sinterização a vácuo, as pastilhas incorporadas com La_2O_3 têm na prática maior tempo de sinterização por fase líquida, o que resulta numa maior densificação.

Na Figura 2 é mostrada a microestrutura sinterizada da pastilha de carbeto cementado isenta de terra-rara. Observa-se uma fina porosidade residual na estrutura do carbeto cementado. A Figura 3 mostra a microestrutura do carbeto cementado dopado com 2 % em peso de La_2O_3 . Verifica-se que embora tenha ocorrido uma maior densificação com a adição do óxido de lantânio (Fig. 1), não ocorreram alterações significativas na microestrutura do carbeto estudado.

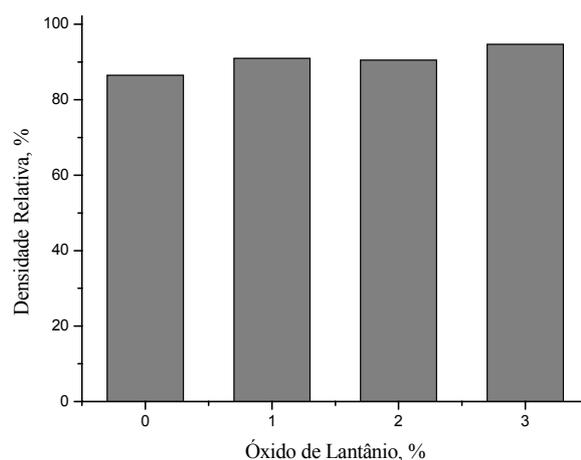


Figura 1 – Densificação das pastilhas de WC/10Co.

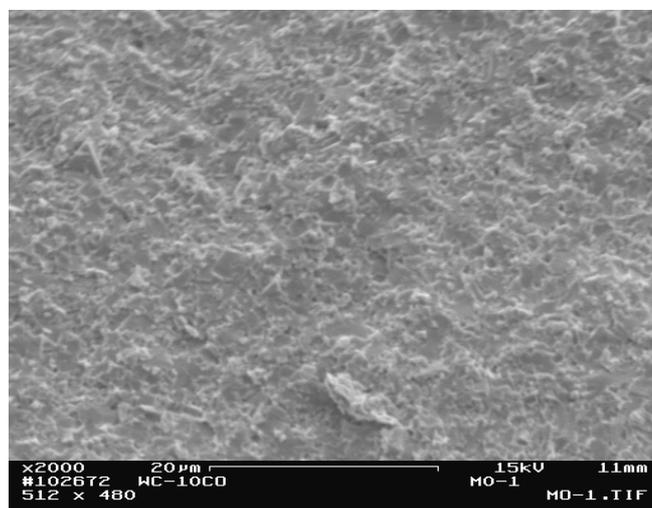


Figura 2 – Microestrutura sinterizada do carbeto cementado WC/10Co isento de terra-rara.

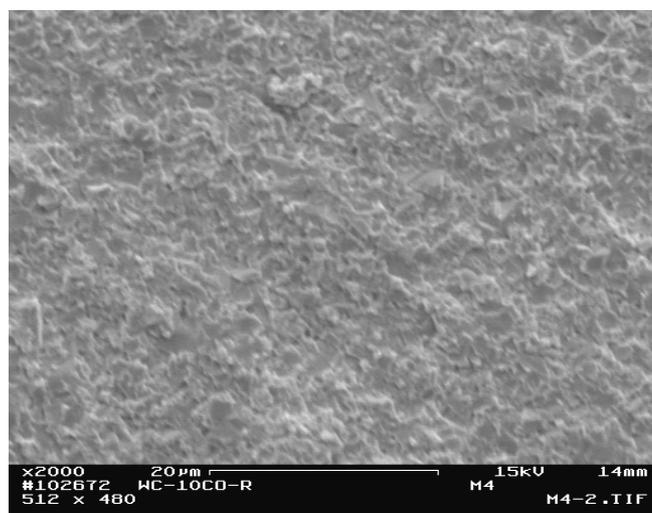


Figura 3 – Microestrutura sinterizada do carbeto cementado WC/10Co/2 La_2O_3 .

Nas Figuras 4 e 5 são apresentados os difratogramas de raios-X das pastilhas de carbeto cementado pura e com adição de 2 % em peso de La_2O_3 , respectivamente. Os resultados mostram que independentemente do teor de óxido de lantânio, foram identificadas as seguintes fases: WC, $\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$ e γ . O aparecimento da fase γ pode estar relacionado ao índice da presença de uma fase do tipo carbeto ϵ envolvendo WC e Co. O aparecimento da fase $\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$, que é uma fase indesejável por tornar o material mais frágil, está fundamentalmente associado à perda de carbono. Isto pode ser causado tanto pela atmosfera de sinterização com característica oxidante, quanto pela presença nos pós de partida de compostos que reajam com o carbeto, consumindo o carbono, como o óxido de lantânio. Contudo, como o carbeto cementado isento de terra-rara também apresentou a fase $\text{Co}_3\text{W}_3\text{C}$, é provável que a atmosfera de sinterização seja a causa da ocorrência da perda de carbono.

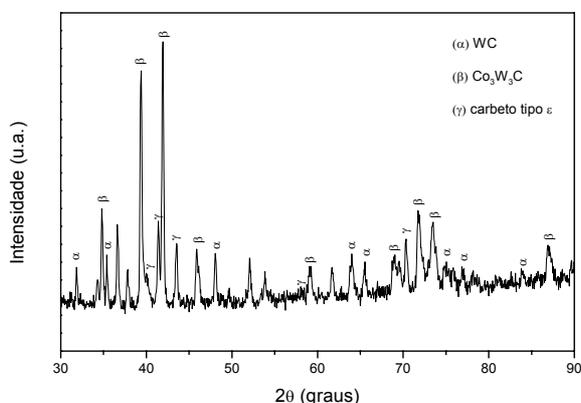


Figura 4 – Difratograma de raios-X da pastilha WC/10Co sinterizada em 1400 °C/1h.

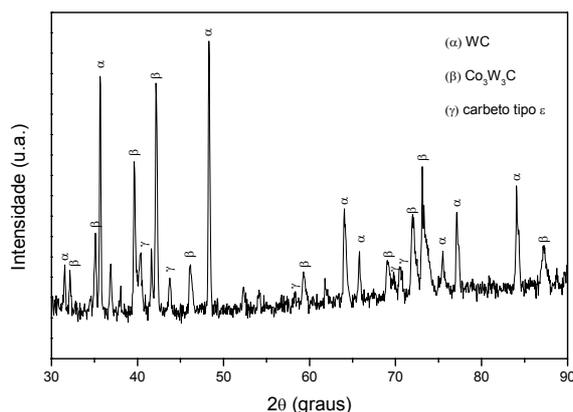


Figura 5 – Difratograma de raios-X da pastilha WC/10Co/2 La_2O_3 sinterizada em 1400°C/1h.

Na Figura 6 é apresentada a resistência à compressão das pastilhas sinterizadas. É importante ressaltar que os valores de resistência mecânica e de módulo de elasticidade obtidos neste trabalho são para efeito de comparação somente entre as próprias amostras, não devendo ser comparados com valores relatados na literatura técnico-científica. Isto se deve

ao fato que os ensaios aqui realizados não terem sido aqueles previstos em normas para teste de metal duro. Os testes realizados neste trabalho foram adaptados à geometria e tamanho das amostras. Portanto, os valores obtidos apenas indicam tendências e influências dentro do próprio lote de amostras.

Verifica-se que a resistência à compressão aumenta com o aumento do teor de óxido de lantânio. Isto está associado principalmente a maior densificação do carbeto cementado durante o processo de sinterização. Além disso, o aditivo de terra-rara pode inibir a transformação da fase martensítica da fase Co (ϵ -Co), a qual fragiliza o material. Assim, o teor de α -Co (CFC) é aumentado, o que contribui também para o aumento da resistência mecânica.

Os valores do módulo de elasticidade compressivo diametral são apresentados na Figura 7. De modo similar à resistência mecânica, os valores de módulo de elasticidade são para efeito de comparação apenas entre as próprias amostras. Observa-se que o módulo de elasticidade compressivo diametral aumentou com a adição de óxido de lantânio. Isto se deve principalmente a maior densificação do carbeto cementado.

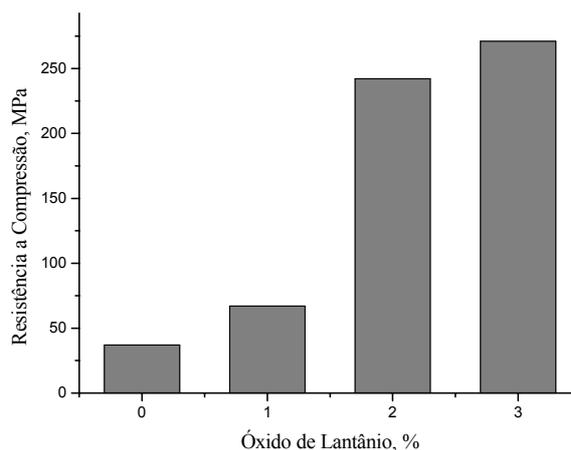


Figura 6 – Resistência à compressão das pastilhas.

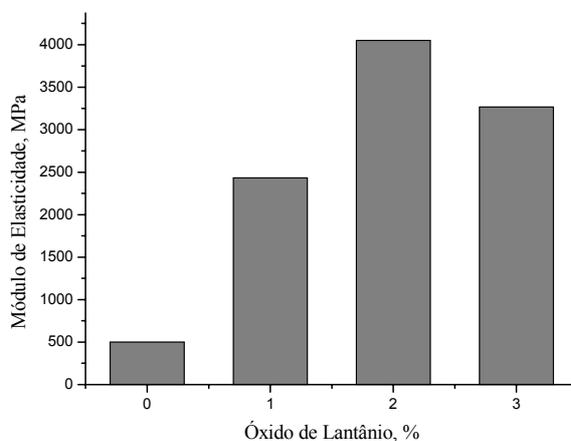


Figura 7 – Módulo de elasticidade compressivo diametral das pastilhas.

4. CONCLUSÕES

Os resultados experimentais mostraram que a adição de óxido de lantânio pode aumentar em cerca de 8 % a densificação das pastilhas de carbetos cimentados sinterizados a vácuo. As propriedades mecânicas (resistência à compressão e módulo de elasticidade) são fortemente influenciadas pelo óxido de lantânio. Análise por MEV mostrou que os defeitos microestruturais nas pastilhas sinterizadas são principalmente poros. Análise por difração de raios-X revelou a presença de fases intermediárias e/ou fragilizantes, devido à perda de carbono durante a sinterização.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, FAPERJ e CT-Petro/CNPq pelo apoio dado a este trabalho. Os autores também agrade-

cem ao EEL-USP (Lorena-SP) pelo apoio na etapa de sinterização.

REFERÊNCIAS

1. ASM. *Powder Metal Technologies and Applications*, ASM Handbook, ASM, v. 7, USA, 1998.
2. GERMAN, R.M., *Powder Metallurgy Science*, 2nd edition, MPIF, New Jersey, 1994.
3. JI, X.; JIANG-GAO, Y.; XING-HUA, G., *Materials Science and Engineering A* 209 (1996) 287.
4. XU, C.; AI, X.; HUANG, C., *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 19 (2001) 159.
5. SILVA, A.G.P., *Study on Sintering and Grain Growth of WC-Based Hard Metals*. PhD Thesis (1996). Technischen Universität Wien, Austria.
6. CHENGUANG, L., *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 11 (1992) 295.