

DETERMINAÇÃO DA TENACIDADE A FRATURA DE METAIS DUROS SEM COBALTO UTILIZANDO INDENTAÇÃO VICKERS ¹

Edmilson Otoni Correa ²
Júlio Navarro Santos ³

Resumo

Neste trabalho, a tenacidade a fratura de um metal duro sem cobalto (WC-NiSi) foi avaliada através do método de indentação Vickers. Resultados preliminares obtidos mostraram que a substituição da fase ligante de cobalto para uma fase NiSi produz um metal duro com uma tenacidade a fratura superior se comparado com o metal duro convencional WC-Co, sem sacrificar consideravelmente a dureza a quente. Portanto, devido ao seu bom compromisso entre dureza e tenacidade e ao seu custo relativamente baixo se comparado com os metais duros WC-Co, o metal duro sem cobalto WC-NiSi pode ser, em diversas aplicações, uma boa escolha em substituição aos metais duros convencionais.

Palavras-chaves: Tenacidade a fratura; Indentação vickers; Metal duro WC-NiSi.

DETERMINATION OF FRACTURE TOUGHNESS OF A HARDMETAL WITHOUT COBALT BY VICKERS INDENTATION

Abstract

In this work, the fracture toughness of a hardmetal without cobalt was evaluated by Vickers indentation method. Preliminary results showed that the replacement of the binding phase based on cobalt to a binding phase based on nickel-silicium produced a hardmetal with a higher fracture toughness in comparison with the conventional hardmetals WC-Co, without sacrificing significantly the hot hardness. Therefore, owing to its good balance between hardness and toughness and its relatively low cost in comparison with WC-Co hardmetals, the WC-NiSi hardmetal may be a successful replacement of the more conventional hardmetal for several applications.

Key words: Hardmetal WC-NiSi; Indentation Vickers; Fracture toughness.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Doutor em Engenharia de Materiais, Prof. Adjunto da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)*

³ *Doutor em Engenharia Mecânica, Prof. Titular da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI)*

1 INTRODUÇÃO

Os metais duros são materiais compostos que apresentam, ao mesmo tempo, elevada dureza e razoável tenacidade. Esta combinação de propriedades, dificilmente encontradas em outros materiais, tornou os metais duros um grupo de materiais de fundamental importância em um grande número de aplicações de engenharia tais como ferramentas para usinagem, matrizes de conformação, brocas de mineração e componentes resistentes ao desgaste.^(1,2)

Formado por partículas de carbonetos de alta dureza e resistência à abrasão (WC, TiC, TaC, etc.) ligadas entre si por uma fase ligante que confere tenacidade ao conjunto para resistir ao impacto moderado, suas propriedades podem ser facilmente alteradas e ajustadas à aplicação especial pretendida pela simples variação destas fases. Em geral, as partículas de carboneto são responsáveis pela dureza e resistência mecânica a quente do material.^(1,2)

Nos metais duros convencionais, a fase ligante é formada principalmente pelo cobalto que, durante a sinterização, dissolve pequenos teores de W, C e outros elementos, dependendo da solubilidade dos carbonetos presentes.^(1,2)

O cobalto é um metal relativamente escasso, caro e nocivo à saúde humana, quando liberado devido ao desgaste e a corrosão de componentes. Por isso há uma preocupação crescente em restringir seu uso somente em finalidades em que sua presença seja indispensável.

Os fatores mencionados acima levaram os pesquisadores^(3,4) a desenvolver novos metais duros com a substituição do cobalto por outros metais de excelente tenacidade e de menor preço tais como níquel, “liga smack”, etc., principalmente nas áreas de metalurgia e metalurgia do pó. Dentre estes se destacam os metais duros com fase ligante composta de Ni e Si.

Como mencionado anteriormente, a tenacidade à fratura é uma propriedade extremamente importante para o desempenho satisfatório dos metais duros em muitas aplicações. No entanto, devido à característica frágil destes materiais, a determinação da tenacidade a fratura pelos métodos convencionais é bastante complexa e de custo elevado. Devido a isto, o método de indentação Vickers para determinação desta propriedade tem sido largamente usado. Este método apresenta muitas vantagens com relação aos métodos convencionais; entre estas o fato de que o mesmo é muito mais simples e barato e requer somente uma superfície plana polida e um sistema de carregamento.⁽⁵⁾

O presente trabalho, portanto, tem por objetivo utilizar o método de indentação Vickers para a determinação da tenacidade à fratura de um metal duro sem cobalto (WC-NiSi), fazer uma comparação com valores de tenacidade a fratura de metais duros convencionais (com cobalto) e fazer uma correlação entre a tenacidade a fratura obtida com a sua microestrutura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Material

O metal duro estudado apresenta uma fase ligante de níquel endurecido com silício. O material, após ser compactado, foi sinterizado sob alto vácuo (2 a 6 x 10⁻⁵ bar) a 1.460°C durante uma hora. O silício foi introduzido na forma de SiC para reduzir a possibilidade de oxidação deste elemento uma vez que o SiC é um dos carbonetos mais estáveis em altas temperaturas e em meios oxidantes. A Tabela 1

mostra as principais características do metal duro sem cobalto estudado e do metal duro convencional.

Tabela 1. Características do metal duro estudado e convencional

Liga	Tamanho da partícula WC (µm)	%WC	% Ligante	Composição do Ligante		
				%Ni	%Si	%C
WC-Co	5	90	10 (Co)	-	-	-
WC-NiSi	2,5	86,35	13,65	95,23	3,33	1,43

2.2 Dureza e Tenacidade à Fratura

Os ensaios de dureza Vickers foram conduzidos em um durômetro convencional, aplicando uma carga de 100 Kgf na superfície polida do material. Tal magnitude de carga garantiu a formação das trincas nas proximidades da indentação. A tenacidade a fratura (K_{1c}) foi determinada utilizando as equações 1 e 2 de acordo com o método proposto por Shetty e colaboradores (6).

$$HV = 0,189 \cdot \frac{P}{d^2} \quad (1)$$

Onde “d” é o comprimento médio da diagonal de impressão em mm.

$$K_{1c} = 0,0889 \times \sqrt{\frac{HV \times P}{4.l}} \quad (2)$$

Onde “l” é o comprimento da trinca formada no plano superficial

2.3 Caracterização Microestrutural

A caracterização microestrutural bem como a medição do comprimento das trincas e das diagonais da indentação Vickers do metal duro WC-NiSi foi realizada utilizando microscópio ótico e um analisador de imagens acoplado ao mesmo.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Microestrutural

A Figura 1 mostra a micrografia do metal duro WC-NiSi após sinterização.

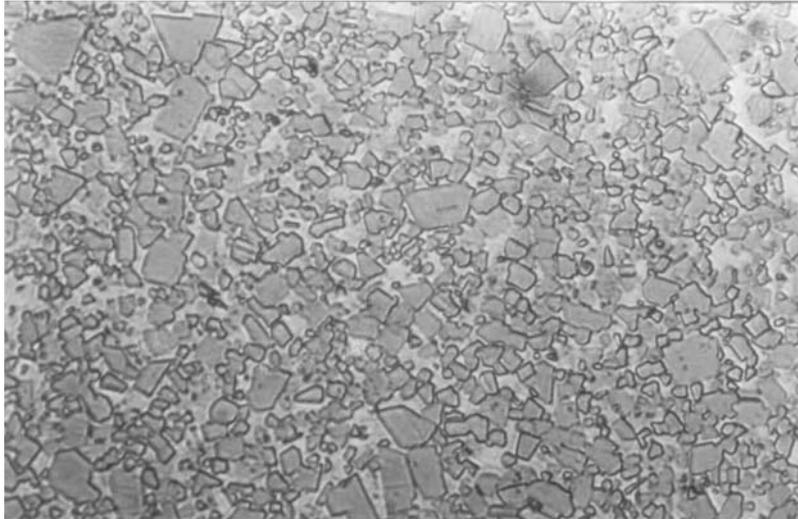


Figura 1. Micrografia do metal duro com 86,35% WC (2,5 µm) + 13,65% fase ligante sendo (95,23% Ni + 3,33% Si + 1,43% C), sinterizado sob alto vácuo a 1460°C durante 1 hora. Aumento 2400x. Reagente: reativo de Murakami

Por esta figura pode-se notar que o material apresentou uma quantidade pequena de poros; o que indica uma boa sinterabilidade. Pode-se notar também, devido ao menor tamanho das partículas WC e a menor molhabilidade entre o ligante e as partículas WC, este material apresenta películas de ligante mais espessas do que aquelas geralmente encontradas em metais duros com cobalto. Estas películas de ligante mais espessas levam a uma dureza e resistência à compressão menor. Por outro lado, tendem a melhorar a tenacidade do material.

3.2 Tenacidade a Fratura

O princípio do método é aplicar o indentador sob uma dada carga P e medir o comprimento de trinca correspondente l . O cálculo da tenacidade depende da forma da trinca. Quando as trincas são desenvolvidas somente nas diagonais da impressão de dureza (FiguraS 2 e 3), as expressões para tenacidade relacionam a carga aplicada com a diagonal “ d ” da impressão de dureza (equação 1) e o comprimento “ l ” medido a partir da extremidade da impressão de dureza (equação 2).

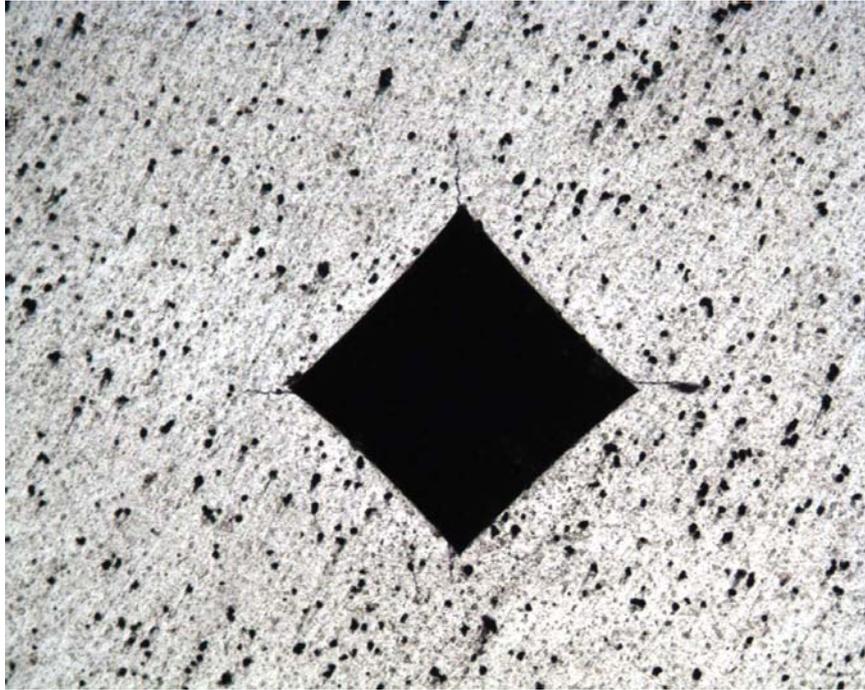


Figura 2. Indentação Vickers na superfície do metal duro WC-NiSi. Note a presença das trincas somente nas diagonais da indentação. Aumento: 100X

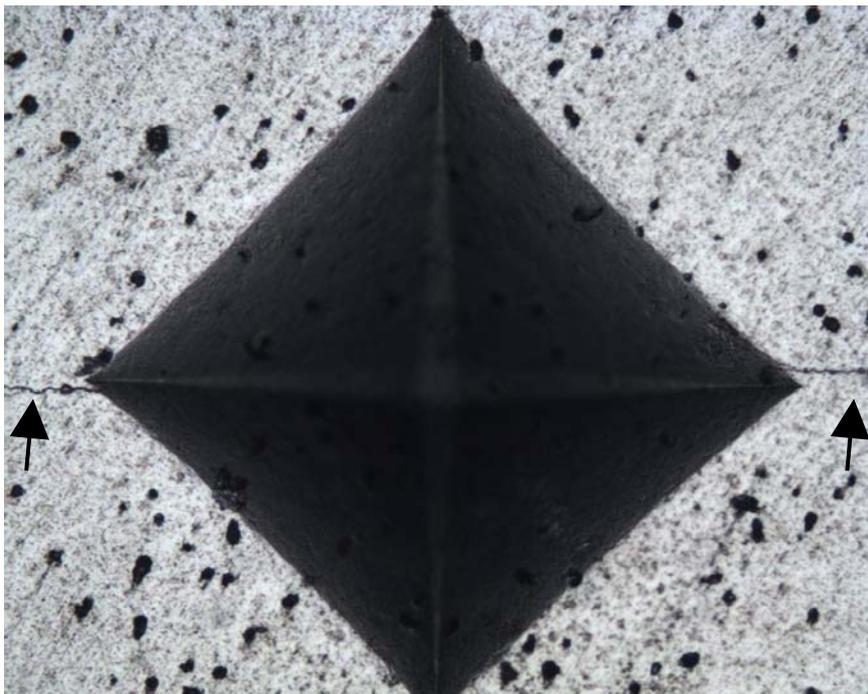


Figura 3. Idem à Figura 2 com aumento de 200X

Na Tabela 2 são mostrados os valores de d e l medidos na indentação Vickers para o metal duro WC-NiSi bem como o valor da dureza HV e da tenacidade a fratura calculados.

Tabela 2 – Resultados de tenacidade a fratura

Liga	Dureza (HV20)	l (mm)	d (mm)	P (Kgf)	$K1c$ (MPa.m ^{1/2})
WC-NiSi	1145	0,06	0,43	100	18,3

Diversos pesquisadores,^(7,8) utilizando a mesma metodologia, obtiveram para metais duros WC-10Co valores de tenacidade a fratura (K1c) de aproximadamente 11 MPa.m^{1/2}, valor bem menor do que aquele obtido para o metal duro WC-NiSi estudado. Além disso, a dureza média do metal duro WC-NiSi alcançou aproximadamente 1145 HV; valor que se encontra dentro da faixa de dureza de muitas classes de metal duro WC-Co. Portanto, este estudo indica que o metal duro WC-NiSi apresenta uma maior tenacidade do que os metais duros convencionais sem que haja perda significativa da sua dureza a quente.

É importante ressaltar também que, de acordo com Rodrigues et al.,⁽⁷⁾ os resultados de tenacidade a fratura não são muito influenciados pelas condições de sinterização, o que permite-se fazer uma comparação entre o metal duro estudo e metais duros convencionais.

4 CONCLUSÕES

Este estudo preliminar mostrou que o metal duro com a fase ligante de níquel endurecido com silício (WC-NiSi) apresentou uma melhor tenacidade a fratura sem sacrificar significativamente a sua dureza a quente se comparado com os metais duros convencionais com cobalto (WC-Co). Devido a isto, estes materiais se tornam uma opção mais barata na substituição dos metais duros convencionais (WC-Co) em diversas aplicações onde uma melhor combinação entre tenacidade e dureza seja um fator importante a ser considerado.

REFERENCIAS

- 1 SANTOS, J.N., KLEIN, A.N & SNOIJER B. Desenvolvimento de metal duro sem cobalto – Parte I – Características da fase ligante. 9º CBCIMAT, Águas de São Pedro, SP, p. 812-815, 1990.
- 2 SANTOS, J.N., KLEIN, A.N & SNOIJER, B. Desenvolvimento de metal duro sem cobalto – Parte II – Fase ligante a base de ligas de níquel, 9º CBCIMAT, Águas de São Pedro, SP, p. 816-819, 1990.
- 3 PRAKASH, L.J. Weiterentwicklung von wolframcarbide hartmetallen unter verwendung von eisen – Basis – Bindelegierungen – Tese de doutorado, Universidade de Karlsruhe, Alemanha, 1980.
- 4 GREWE, H., KOLASKA, J. Kobalt-Substitution in technischen hartmetallen. Proceedings of 11th International Seminar, v. 1, 1985, p. 845-876.
- 5 CHICOT, D., PERTUZ, A., ROUDET, F., STAIA, M.H., LESAGE, J. New development for fracture toughness determination by Vickers Indentation, Materials Science and Technology, v. 20, p. 877-883, July, 2004.
- 6 SHETTY, D.K., WRIGHT, P.N., MINCER, A., CLAUER, H. Indentation fracture WC-Co cermets, Journal of Materials Science, 20, p. 1873-1882, 1985.
- 7 RODRIGUES, M.F., BOBROVNITCHII, G.S., QUINTANILHA, R., CANDIDO, R., SILVA, G., FILGUEIRA, M. Sinterização da liga WC-10Co por altas pressões. Revista Matéria, v. 11, n.3, p.174-180, 2006.
- 8 ACCHAR, W., CORDT, Z., GREIL, P. Microstructure and Mechanical Properties of WC-Co Reinforced with NbC. Materials Research, v. 7, n. 3, p. 445-450, July-sept, 2004.