

## EFEITO DO TIPO DE SOLVENTE NA MORFOLOGIA DO COMPÓSITO WC-Co<sup>1</sup>

*Pollyana da Silva Melo<sup>2</sup>*  
*Valter Estevão Beal<sup>3</sup>*  
*Aline Silva<sup>4</sup>*  
*Marcos Alexandre Cardoso<sup>5</sup>*

### Resumo

A produção do metal duro registra um crescimento mundial devido a sua ampla utilização, principalmente, como material para ferramenta de corte. Basicamente a composição mais utilizada é carboneto de tungstênio (WC), que oferece alta dureza, com um metal ligante do tipo cobalto (Co). Os pós são preparados para posteriormente seguir a rota tradicional da metalurgia do pó. A preparação acontece com a moagem dos pós em solvente (hexano ou álcool), proporcionando a dispersão dos aglomerados de pós na mistura. O presente trabalho tem como foco avaliar o efeito do tipo de solvente, por meio da análise de viscosidade da dispersão, difração de raio-x (DRX) e microscopia eletrônica de varredura (MEV).

**Palavras-chave:** Metal duro; Hexano; Morfologia.

### EFFECT OF SOLVENT TYPE IN MORPHOLOGY OF COMPOSITE WC-Co

### Abstract

The production of carbide records worldwide growth due to its wide use, mainly as material for cutting tool. Basically the composition used is more tungsten carbide (WC), which offers high hardness, with a metal binder type cobalt (Co). Powders are prepared to subsequently follow the traditional route of powder metallurgy. The preparation takes place with the grinding of powders solvent (hexane or ethanol) yielding the dispersion of powder agglomerates in the mixture. This study aims to evaluate the effect of the type of solvent, through the analysis of dispersion viscosity, x-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM).

**Key words:** Carbide; Hexane; Morphology.

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

<sup>2</sup> *Engenharia de Materiais. Consultor, Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, Salvador, Bahia, Brasil.*

<sup>3</sup> *Engenharia Mecânica. Gerente, Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, Salvador, Bahia, Brasil.*

<sup>4</sup> *Engenharia de Materiais. Bolsista, Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, Salvador, Bahia, Brasil.*

<sup>5</sup> *Tecnólogo em Polímeros. Bolsista, Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec, Salvador, Bahia, Brasil.*

## 1 INTRODUÇÃO

Os metais duros foram desenvolvidos na Alemanha por volta de 1920 por Karl Schoter devido à necessidade de materiais com alta resistência ao desgaste, alta dureza e boa tenacidade.<sup>(1)</sup> O metal duro é uma classe de material obtido a partir de carbonetos de metais refratários, como tungstênio, molibdênio, titânio, vanádio, nióbio, tântalo e cromo. Trata-se de um compósito de matriz metálica composto por uma fase dura (carbonetos) e uma fase dúctil (metal ligante), podendo este cobalto, ferro ou níquel, que exercem o papel de ligante da fase dura, conferindo ao produto a tenacidade adequada.<sup>(2)</sup> Os componentes do metal duro são fabricados por meio da tecnologia da metalurgia do pó.

Este compósito tem alta dureza e alta resistência ao desgaste, mesmo em condições de trabalho em alta temperatura, por isso suas principais aplicações são em ferramentas de corte, brocas, perfuratrizes, matrizes, abrasivos, esferas para moagem, entre outras. A principal classe de metal duro é o carboneto de tungstênio-cobalto (WC-Co), onde a quantidade de cobalto varia de 3% a 13% em peças para ferramentas de corte e de 3% a 30% para peças resistentes ao desgaste.<sup>(3)</sup> As propriedades mecânicas do metal duro à base de WC-Co dependem da microestrutura do material após a sinterização, que por sua vez é influenciada pelas características dos pós de partida do WC e do Co.<sup>(4,5)</sup>

Durante o processo de moagem pode ocorrer a soldagem a frio entre as partículas de pó e a aglomeração.<sup>(6)</sup> Estes dois efeitos causam baixa homogeneização, por isso um agente de controle de processo, lubrificante, é adicionado ao processo. Os lubrificantes são, usualmente, orgânicos, podendo estar nas formas sólida, líquida ou gasosa. Eles atuam na superfície das partículas, interferindo na soldagem a frio, especialmente se as partículas forem dúcteis, e diminuindo a tensão superficial do material. Existe uma ampla variedade de lubrificantes utilizados na moagem de metal duro, tais como: ácido esteárico, hexano, metanol e acetona.<sup>(7)</sup> Para o processo produtivo do metal duro, o hexano é o solvente tradicionalmente utilizado. Este solvente é inflamável e mais denso que o ar, colocando em riscos empregados e comunidades próximas à fábrica.<sup>(8)</sup> O álcool etílico e a água são alternativas para atender as exigências da indústria do metal duro, onde valoriza e prioriza o desenvolvimento da indústria verde.<sup>(1)</sup> Para tanto a substituição dos lubrificantes orgânicos tem sido o ponto de partida para essa transformação. Também, o custo relacionado com utilização de equipamentos à prova de explosões, a emissão e a eliminação de solventes perdidos e o perigo significativo para operadores, são desvantagens identificadas na utilização destes líquidos e razões determinantes para sua substituição por lubrificantes mais seguros e tecnologias ambientais mais amigáveis <sup>(9)</sup>. Neste contexto, o objetivo do presente trabalho é analisar o efeito do tipo de solvente na solubilidade do carboneto de tungstênio no metal ligante (cobalto), bem como a influência na morfologia do metal duro.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Os materiais usados foram pós de WC (99% de pureza) e de Co (99,8% de pureza), adquiridos da Treibacher Industries e Umicore (Cobalt & Specially Materials) respectivamente. Foi preparada uma mistura na proporção em massa de 94% de WC e 6% de Co, utilizando os diferentes solventes hexano e álcool. A mistura foi submetida à moagem em moinho do tipo bolas da marca Netzsch®, durante o tempo 60 horas. As amostras dos diferentes tipos de solventes obtidos foram

caracterizadas para observar a evolução da formação das partículas compósitas no meio de dispersão. Os pós foram retirados do recipiente de moagem, ainda misturados com cada solvente específico (hexano/álcool) e colocados em beckers. Em seguida, foram levados a uma estufa a 60°C para secagem do solvente, por aproximadamente 1 hora. Posteriormente, foram retiradas amostras para análises das modificações ocorridas durante todo o processo de obtenção do metal duro. Todos os parâmetros utilizados foram determinados a partir do processo produtivo do metal duro.

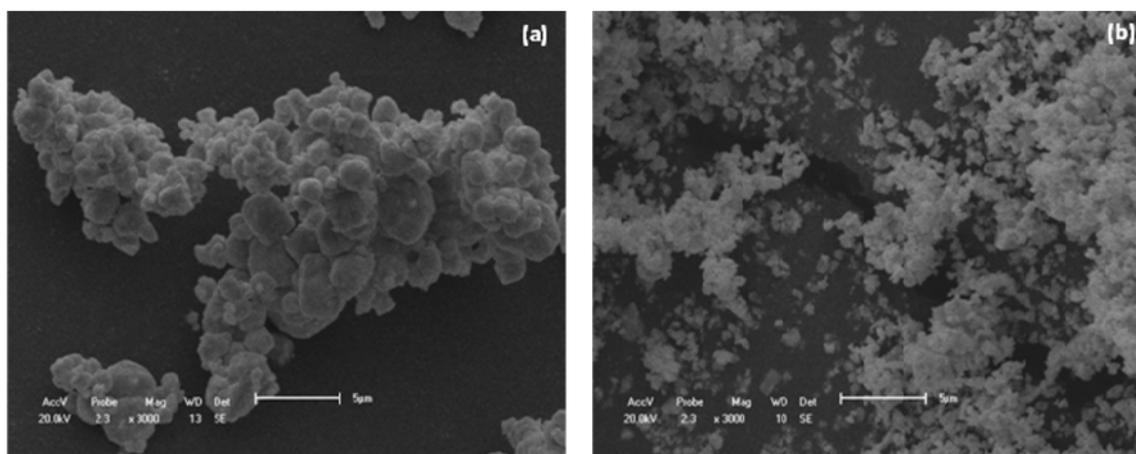
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores de viscosidade obtidos para a dispersão durante 60 horas, com os solventes distintos Hexano e Álcool. Pode ser observado que para a utilização do álcool como meio de mistura, obteve-se uma maior viscosidade em relação à dispersão em hexano. Esse fenômeno acontece devido à formação de aglomerados de forma floculada de partículas quando submetidos à mistura.<sup>(9)</sup> A formação de aglomerados durante a moagem aumenta o volume individual da fase das partículas, o que ocasiona em uma resistência mais elevada ao fluxo da suspensão e conseqüentemente a um aumento da viscosidade.

**Tabela 1.** Efeito da viscosidade em relação ao tempo de moagem

Meios de dispersão	Viscosidade (mPa.s)
Hexano	4642 ± 53
Álcool	5099 ± 48

Para análise morfológica da mistura, foram realizadas microscopias eletrônicas de varredura (MEV). As imagens da Figura 1 apresenta a morfologia característica dos pós de carboneto de tungstênio (WC) e cobalto (Co) exibindo o seu estado de aglomeração inicial. Podemos observar que o WC apresenta partículas com morfologia arredondada, distribuída uniformemente (Figura 1a). Já o cobalto (Co) (Figura 1b) apresenta uma morfologia e tamanhos bastante heterogêneos, com presença de aglomerados com tamanho menor, de aproximadamente 1 µm.



**Figura 1.** Micrografia do pó inicial de (a) WC e (b) Co (ampliação 3000X).

A Figura 2 apresenta a morfologia das partículas em relação ao meio de dispersão da moagem. Para a dispersão nos dois solventes (hexano e álcool) observamos a

diminuição do tamanho das placas de cobalto e a formação de aglomerados com partículas mais refinadas. Nesse momento as placas de Co impregnadas com partículas de WC estão sendo soldadas novamente, devido os repetidos impactos das esferas.<sup>(10)</sup>

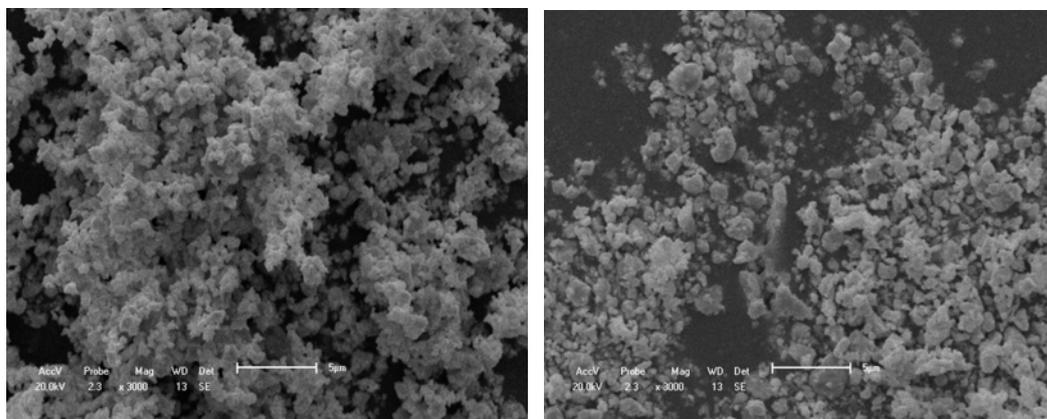


Figura 2. Micrografias dos pós WC-Co submetidos à moagem em (a) hexano e (b) álcool.

Os difratogramas de raios-X para os meios de dispersão em análise são apresentados na Figura 3. Observa-se uma diminuição da intensidade dos picos do WC para a dispersão no solvente álcool, onde pode ser relacionada com a microdeformação e a diminuição dos cristallitos.<sup>(3)</sup> Porém, o arlagamento dos picos do composto disperso em hexano é maior, onde este fenômeno está relacionado com a microdeformação na estrutura cristalina e com o refinamento da partícula (deformação na rede cristalina).<sup>(10)</sup>

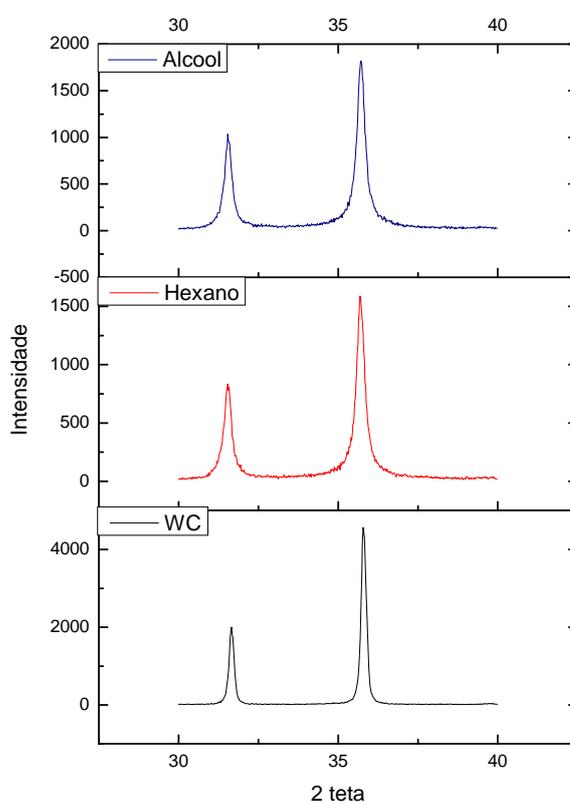


Figura 3. Padrão de difração de raios-X para a moagem em diferentes solventes.

## 4 CONCLUSÃO

O tipo de meio de dispersão tem grande efeito, tanto na forma, no tamanho e na homogeneidade dos aglomerados. As imagens de MEV permitiram visualizar os efeitos na mudança do meio de dispersão, como a alteração de morfologia das partículas e o seu refinamento, além da formação de aglomerados. Para a viscosidade da dispersão, o solvente hexano proporcionou uma diminuição dos aglomerados e conseqüentemente na diminuição da viscosidade. De acordo com os padrões de difração foi comprovada a ocorrência de microdeformações e diminuição dos cristalitos com a utilização do solvente álcool.

## REFERENCIAS

- 1 ANDERSSON, K. M., Aqueous Processing of WC-Co Powders, 2004. Doctoral Thesis – Royal Institute of Technology (Department of Chemistry), Stockholm – Sweden.
- 2 TORRES, C. S., Estudo da moagem de alta energia e sinterização de metal duro WC-Ni, 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- 3 MANUEL, J. B., Efeito da moagem de alta energia na microestrutura e nas propriedades magnéticas do compósito WC – 10%p.Co, 2008. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN.
- 4 LOPES, A. C. T., Sinterização de um grau de metal duro submicrométrico com 3,5% de cobalto usando pressões de argon, e sua caracterização física, metalúrgica e mecânica, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Técnica de Lisboa, Portugal.
- 5 GERMAN, R. M., Powder Metallurgy Science. Princeton, NJ, Metal Powder Industries Federation, 1994.
- 6 ZHANG, D. L., Processing of advanced materials using high-mechanical milling. Progress in Materials Science, v. 49, 2004.
- 7 SURYANARAYANA, C., Mechanical Alloying and Milling. Progress in Materials Science, v. 46, 2001.
- 8 FREITAS, S. P., SILVA, O. F., MIRANDA, I. C., COELHO, M. A. Z.. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da castanha-do-brasil com etanol. Ciência Tecnologia Alimentos, v. 10, 2007.
- 9 SOARES, E., MALHEIROS, L. F., SACRAMENTO, J., VALENTE, M. A., OLIVEIRA, F. J., Ethanol and Water Processing of Submicrometer Cemented Carbide Powders. J. Am. Ceram. Soc., v. 8, 2010.
- 10 PINTO, G. B., Análise do efeito do tempo da moagem de alta energia no tamanho de cristalito e microdeformação da rede cristalina do WC-Co, 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN.