

MICROESTRUCTURA Y PROPIEDADES MECÁNICAS DE WC-10Co-(1Cr) NANOESTRUCTURADO Y SINTERIZADO POR PENSADO ISOSTÁTICO EN CALIENTE

C. G. Garay-Reyes¹, I. Estrada Guel¹, M. C. Maldonado-Orozco², C. A. Palomino-Carrillo³, L. A. Palomino-Carrillo³, J. S. Castro Carmona⁴, R. Martínez-Sánchez^{1*}

¹ CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN MATERIALES AVANZADOS (CIMAV),
LABORATORIO NACIONAL DE NANOTECNOLOGÍA.

² UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA (UACH).

³ MAKINOVO SA DE CV.

⁴ UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CIUDAD JUÁREZ (UACJ).

¹ Miguel de Cervantes No. 120, 31136, Chihuahua, Chih., México.

² Facultad de Ingeniería, Circuito No. 1, Nuevo Campus Universitario, CP 31125
Chihuahua, Chih., México.

³ Calle 24 No. 2412, Col. Pacífico, 31030, Chihuahua, Chih., México.

⁴ Av. Plutarco Elías Calles 1210, Col. Fovissste Chamizal, 32310 Cd Juárez,
Chih., México.

e-mail: carlos.garay@cimav.edu.mx, ivanovich.estrada@cimav.edu.mx,
roberto.martinez@cimav.edu.mx, cristy.maldonado@hotmail.com.
gerencia@palomino.cc, alberto@palomino.cc, jcastro@uacj.mx.

RESUMEN

El WC-Co nanoestructurado ha recibido atención por sus propiedades mecánicas mejoradas, las cuales son atribuibles al tamaño de grano nanométrico del WC. Sin embargo, controlar el crecimiento de grano durante el sinterizado es primordial, ya que el tamaño y la distribución de granos afectan significativamente las propiedades. Por lo que inhibidores de crecimiento de grano son añadidos.

El presente trabajo evalúa el efecto del Cr como agente inhibidor de crecimiento de grano en WC-10Co nanoestructurado y sinterizado por prensado isostático en caliente; mediante diversas técnicas como microscopía electrónica y difracción de rayos X, así por ensayos de dureza. El WC-10Co-(1Cr) nanoestructurado fue evaluado a diferentes tiempos de molienda en un molino de alta energía, para finalmente ser sinterizado mediante prensado isostático en caliente a 1200 y 1350 °C. La caracterización del WC-10Co-(1Cr) nanoestructurado muestra tamaños de partícula inferiores a los 500 nm y tamaño de cristalita de aproximadamente 20 nm después de 5h de molienda.

1

Después del sinterizado a 1350 °C las piezas de WC-10Co-(1Cr) presentaron una densidad de 13.88 g/cc con valores de dureza HV de 1547. Además de tamaños de partícula inferiores a los 700 nm y tamaño de cristalita de aproximadamente 37 nm.

Palabras clave: WC-Co nanoestructurado, Crecimiento de grano, Prensado Isostático en Caliente.

Área temática: Materiales para aplicación en condiciones extremas.

Presentación: Póster

MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF WC-10Co (1Cr) NANOSTRUCTURED AND SINTERIZED BY HOT ISOSTATIC PRESSURE

ABSTRACT

The nanostructured WC-Co has received attention for its improved mechanical properties, which are attributable to the nanometric grain size of the WC. However, controlling grain growth during sintering is important, since grain size and grain distribution significantly affect properties. So grain growth inhibitors are added.

The present work evaluates the effect of Cr as a grain growth inhibitory agent in WC-10Co nanostructured and sintered by hot isostatic pressing; using various techniques such as electron microscopy and X-ray diffraction, as well as hardness tests. The nanostructured WC-10Co- (1Cr) was evaluated at different milling times in a high-energy mill to finally be sintered by hot isostatic pressing at 1200 and 1350 °C. The characterization of the nanostructured WC-10Co-(1Cr) shows particle sizes below 500 nm and crystallite size of approximately 20 nm after 5 h of milling. After sintering at 1350 °C the WC-10Co (1Cr) samples had a density of 13.88 g / cc with hardness values of 1547 HV. In addition to particle sizes less than 700 nm and crystallite size of about 37 nm.

INTRODUCCIÓN

Las aplicaciones de los carburos cementados WC-Co nanoestructurados incluyen todas las áreas donde se emplean los materiales convencionales. Existe un especial interés en la fabricación de carburos WC-Co nanoestructurados para la manufactura de herramientas de corte. En estas aplicaciones, el uso preferente de estas aleaciones es debido al incremento de la vida útil del herramental mediante una reducción en el tamaño de grano del WC, que además generara mejoras importantes en sus propiedades mecánicas [1].

Existen muchos trabajos en los que se estudia los grados convencionales de WC-Co e incluso se comparan con grados submicrométricos. El comportamiento de los carburos cementados WC-Co está directa y principalmente relacionado con su composición química y microestructura [2]. Por esta razón y dependiendo de cada aplicación, sus propiedades pueden adaptarse en función de su contenido de cobalto, tamaño y calidad del polvo de partida, técnicas de sinterizado, y uso de aditivos como inhibidores

de crecimiento de grano [3]. La resistencia al desgaste de estos materiales generalmente se incrementa con la reducción del contenido en cobalto y la disminución del tamaño de grano [4]. Por lo tanto el empleo de carburos cementados nanoestructurados abre nuevas posibilidades en cuanto al aumento del tiempo de vida útil en herramientas de corte.

Los carburos cementados WC-Co nanoestructurados pueden consolidarse con eficiencia solo por algunos métodos de sinterización. Entre ellos podemos mencionar la sinterización isostática en caliente (HIP) [5]. Los carburos cementados WC-Co que se fabrican por sinterización convencional en fase líquida lo hacen por debajo de la temperatura eutéctica (1280 °C-1310 °C), lo que conlleva a un crecimiento de grano debido a la rápida difusión. En el caso de materiales nanocristalinos el crecimiento de grano es favorecido por la alta energía libre superficial. Por tal razón, la adición de inhibidores de crecimiento de grano como VC, Nb₃C₂ and Cr₃C₂ resulta necesaria para controlar el crecimiento de grano durante la sinterización ya sea modificando la intercara de WC-Co o por ofrecer resistencia a la difusión [6]. Por lo que el objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto inhibitor de crecimiento de grano del Cr en carburos cementados WC-Co nanoestructurados, así como su efecto sobre la microestructura y propiedades mecánicas.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Los materiales de partida consisten en polvos de WC, Co y Cr comerciales, los cuales fueron aleados mecánicamente en un molino de alta energía Spex 8000M durante 5h con el fin de producir una dispersión homogénea de los elementos y formar una aleación Wc-10Co-1Cr. Los polvos de aleación se colocaron en un contenedor fabricado de acero con argón como atmósfera de molienda inerte. Además, se utilizaron 8,5 g de polvo, metanol como agente de control de proceso y una relación bola-polvo de 5: 1. Los polvos obtenidos se consolidaron mediante prensado isostático en caliente (HIP) a 1200 y 1350 °C.

La caracterización microestructural de las muestras se realizó mediante análisis de difracción de rayos X (DRX), para lo cual se empleó un difractómetro Panalytical X'pertPRO operado a 40 kV y 35 mA. El análisis mediante microscopía electrónica se realizó después de una preparación metalográfica convencional en las muestras, para lo cual se empleó un microscopio electrónico de barrido (MEB) Hitachi SU3500 y un microscopio electrónico de transmisión (MET) JEM-2200FS. El ensayo de dureza Vickers se realizó usando un equipo LECO LM 300AT, donde se reporta el valor medio de al menos 10 indentaciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 1 se muestran micrografías obtenidas por electrones secundarios y retrodispersados de los polvos que conforman la aleación WC-10Co-1Cr molidos por 5 h. Se observan partículas de tamaño nanométrico de WC-10Co-1Cr y partículas aglomeradas. Análisis obtenidos mediante EDS-MEB permiten confirmar la composición WC-10Co, ~9 % en peso de Co.

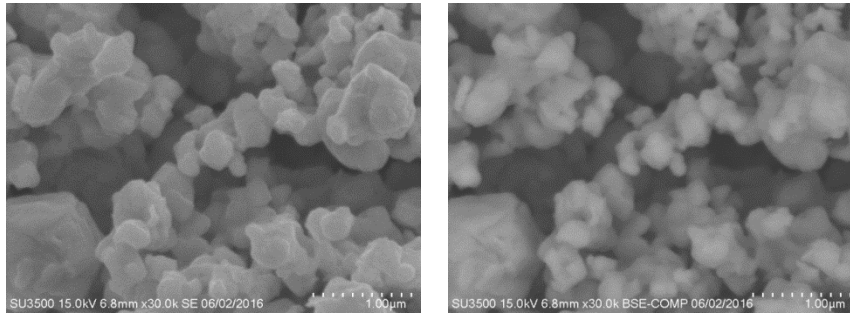


Fig. 1 Micrografías obtenidas por MEB de polvo de aleación WC-10Co-1Cr molido por 5h

En la Fig. 2 se muestran micrografías obtenidas por la técnica de STEM de los polvos de WC-10C-1Cr molidos por 5h. Se observan partículas de tamaño nanométrico de WC, así como partículas aglomeradas del mismo compuesto.

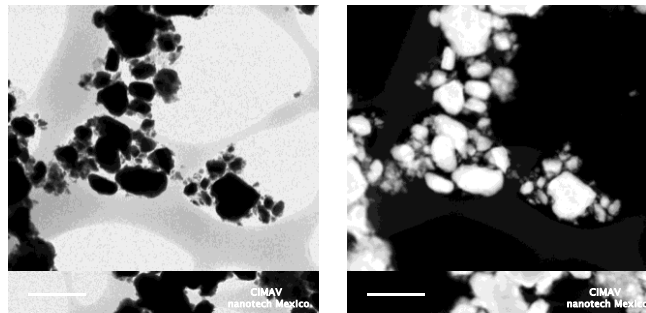


Fig. 2 Micrografías obtenidas por MET-STEM de polvo de WC-10Co-1Cr 5h de molienda.

En la Fig. 3a y 3b se observa la microestructura de las muestras WC-10Co-1Cr 5h sinterizada a 1200 y 1350 °C por HIP, respectivamente. La microestructura de la muestra está compuesta de una fase de color claro rica en WC y una fase de color oscuro rica en Co.

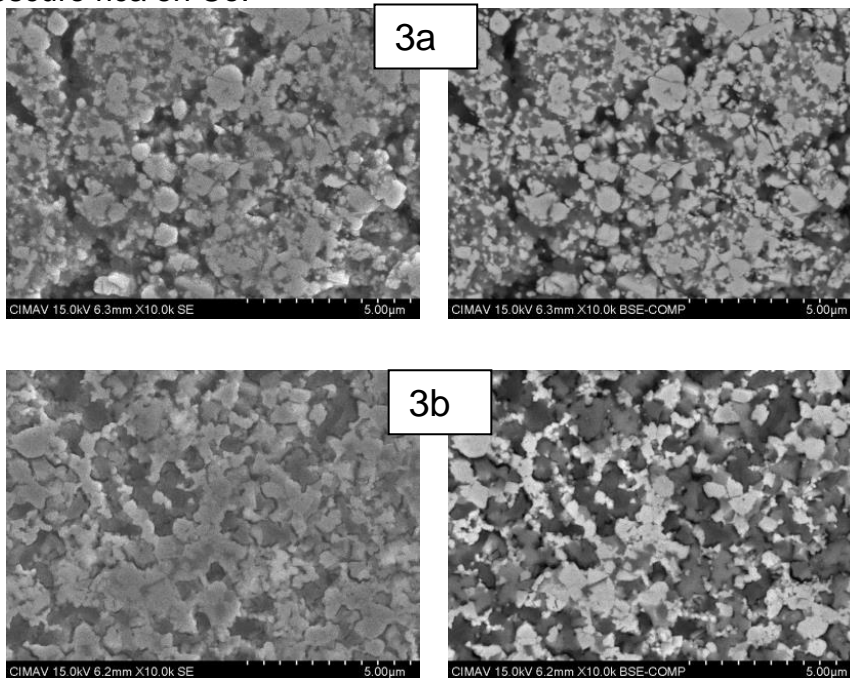


Fig. 3 Micrografías por MEB de muestras WC-10Co -1Cr 5h sinterizada por prensado isostático en caliente (HIP) a) 1200°C y b) 1350 °C.

En la Fig. 4 se presentan los difractogramas y tamaño de cristalita obtenidos en las muestras WC-10Co-1Cr sinterizadas por HIP a 1200 y 1350 °C. Los difractogramas de la muestra sinterizada a 1200°C muestra picos característicos de WC, Fe_3W_3C , Fe_4W_2N y Fe_7C_3 , y un tamaño de cristalita de 29.34 nm. Los difractogramas de la muestra sinterizada a 1350 °C muestra picos característicos de WC, Fe_3W_3C , Fe_4W_2N y Fe_7C_3 , y un tamaño de cristalita de 36.7 nm. Las fases que contienen Fe indican una contaminación, la cual puede deberse al contenedor donde fueron molidas las aleaciones. Se observa que al aumentar la temperatura de sinterizado aumenta el tamaño de cristalita.

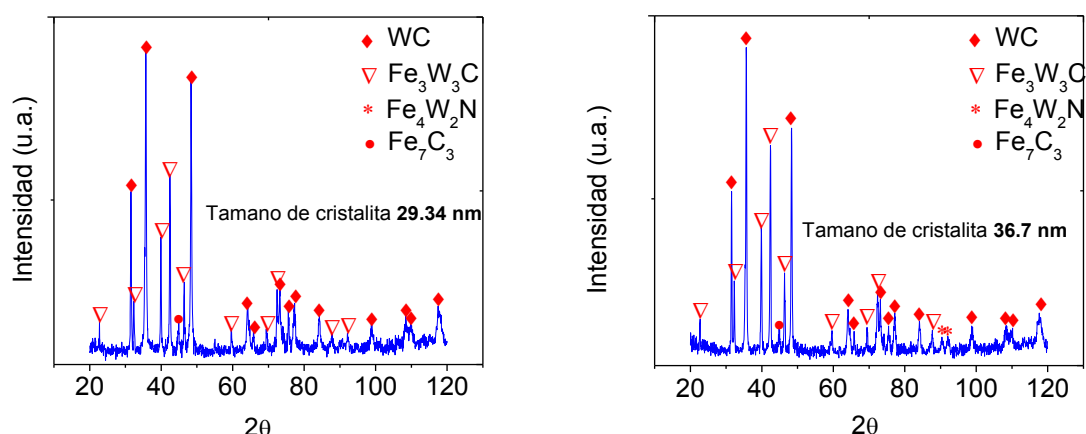


Fig. 4 Difractogramas y tamaño de cristalita obtenidos en muestras WC-10Co-1Cr sinterizadas por HIP a 1200 y 1350 °C.

Los valores obtenidos de densidad (Método de Arquímedes) (g/cc) en las muestras WC-10Co-1Cr sinterizadas por HIP a 1200 y 1350 °C son 11.82 g/cc y 13.88 g/cc, respectivamente. Lo cual indica que con la temperatura de 1350 °C se obtiene mayor densificación que con la temperatura de 1200 °C. Los valores obtenidos de microdureza Vickers (HV) son 725 y 1547.0 HV.

CONCLUSIONES

- Los difractogramas de las muestras sinterizada a 1200°C y a 1350 °C muestra picos característicos de WC, Fe_3W_3C , Fe_4W_2N y Fe_7C_3 , y un tamaño de cristalita de 29.34 nm y 36.7 nm. respectivamente.
- La densidad de la muestra de las muestras sinterizada a 1200°C y a 1350 °C es de 11.82 y 13.88 g/cc, respectivamente.
- El valor de microdureza Vickers (HV) de la de las muestras sinterizada a 1200°C y a 1350 °C es de 725 y 1547.0 HV.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Saito H., Iwabuchi A., Shimizu T. Effects of Co content and WC grain size on

wear of WC cemented carbides. *Wear* 261 (2006), p. 126 – 132.

[2] Gurland J., Bardzil P. Relation of strength, composition and grain size of sintered WC–Co alloys. *AIME Trans.* 203 (2) (1955), p. 311–315

[3] Gille G., Szesny B., Dreyer K., Van den Berg H., Schmidt J., Gestrich T., Leitner G. Submicron and ultrafine grained hardmetals for microdrills and metal cutting inserts. *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 20 (2002), p. 3–22.

[4] Jia K., Fischer T.E. Sliding wear of conventional and nanostructured cemented carbides. *Wear* 203–204 (1997), p. 310–318.

[5] Azcona I., Ordoñez A., Sánchez J.M., Castro F. Hot isostatic pressing of ultrafine tungsten carbide–cobalt hardmetals, *Journal of Materials Science* 37 (2002), p. 4189–4195

[6] Sivaprahasam D., Chandrasekar S.B., Sundaresan R.. Microstructure and mechanical properties of nanocrystalline WC–12Co consolidated by spark plasma sintering. *International Journal of Refractory Metals & Hard Materials* 25 (2007), p. 144–152