

EFFECTO DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA SOBRE LA TENACIDAD A LA FRACTURA EN ALEACIONES Fe-C-B-Cr-W-Mo-Nb**EFFECT OF WELDING PROCEDURE ON THE FRACTURE TOUGHNESS IN Fe-C-B-Cr-W-Mo-Nb ALLOYS****J. Gramajo (P)**⁽¹⁾, **A. Gualco**^(1,2), **H. Svoboda**^(2,3)

(1) ICTM - Facultad de Ingeniería UNLZ, Camino de Cintura y Juan XXII, (1832) Lomas de Zamora, Argentina.

(2) CONICET, Av. Rivadavia 1917, C.A.B.A., Argentina.

(3) GTSyCM3, INTECIN, Facultad de Ingeniería - UBA. Av. Las Heras 2214 (1427), CABA, Argentina.
agustingualco@yahoo.com.ar**Eje temático:** 8- Metalurgia de la soldadura.**Resumen**

Las aleaciones base hierro que contienen niobio (Nb) y cromo (Cr) en combinación con boro (B) y carbono (C) han sido diseñadas para aplicaciones de revestimiento duro debido a su alta dureza y resistencia al desgaste, donde la incorporación de molibdeno (Mo) y tungsteno (W) mejora la resistencia al desgaste abrasivo severo. En este contexto, se han diseñado nuevos consumibles para soldadura semiautomática que depositan un material base hierro de alta aleación, con carboboruros complejos de W, Mo y Cr que presentan muy alta dureza y resistencia al desgaste abrasivo. El propósito de este trabajo fue estudiar el efecto de la cantidad de capas y del gas de protección sobre las variaciones microestructurales y la tenacidad del material depositado. Se determinó la composición química en cada cupón, la microestructura se caracterizó por difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido. Se determinó el porcentaje de dilución y se realizaron perfiles de dureza Vickers (HV_2) y microdureza de las diferentes fases ($HV_{0.025}$). Se determinó la tenacidad a la fractura por macro-indentación con un indentador Vickers empleando cargas de 294 a 2450 N, por 10 s. Las durezas variaron entre 900 y 1100 HV_2 . Se observó un aumento de dureza en las áreas recristalizadas, así como un mayor porcentaje de carboboruros en las muestras con menor dilución. Las muestras con la menor dilución presentaron la mejor tenacidad asociada principalmente con la presencia de gruesos carboboruros M_7X_3 .

Abstract

Iron based alloys containing niobium (Nb) and chromium (Cr) in combination with boron (B) and carbon (C) have been designed for hardfacing applications due to their high hardness and wear resistance, where the incorporation of Mo and W improves the performance of severe abrasive wear. In this context, new consumables for semi-automatic welding have been designed which deposit iron base highly alloyed material, with complex carboborides of W, Mo and Cr, with very high hardness and resistance to abrasive wear. The purpose of this work was to study the effect of the number of layers and the shielding gas on microstructural variations and fracture toughness of the hardfacing obtained. The chemical composition was measured on each coupon, the microstructure was characterized by X-ray diffraction and scanning electron microscopy. Dilution percentage was determined and Vickers microhardness profiles (HV_2) were made, as well as measurements of microhardness on the different phases ($HV_{0.025}$). Macro-indentation fracture toughness method was performed with Vickers indenter and imposed loads varying from 294 to 2450 N, for 10 s. The obtained hardness values were between 900 and 1100 HV_2 . An increase in hardness was observed in the recrystallized areas, as well as a higher percentage of carboborides in the last bead. Samples welded with lowest dilution presented better toughness associated mainly with thicker carboborides M_7X_3 .

Palabras clave: recubrimientos duros, dureza, tenacidad, microestructura, carboboruros.**Keywords:** hardfacing, hardness, toughness, microstructure, carboborides.

Introducción

Las propiedades de desgaste se ven afectados por las microestructuras y por la cantidad de fases de carburos. Las microestructuras más gruesas y con poca cantidad de carburos presentan una gran pérdida de peso durante la abrasión (Hou, 2007). En este sentido, para mejorar las prestaciones de resistencia al desgaste se diseñaron consumibles Fe-Cr-Nb-C-B con la adición de W y Mo que producen carburos tipo bloque que mejoran la resistencia al desgaste. Sin embargo, el control de los tamaños de carburo y su distribución se ha convertido en un reto importante para las aleaciones de recargue en estudio debido a la fragilidad de carburos alargados primarios. Por lo tanto, la resistencia al desgaste de recargues depende de muchos factores tales como el tipo, la forma y distribución de fases duras, así como la tenacidad y el comportamiento de la matriz (Buchely, 2005). El propósito del siguiente trabajo fue estudiar la influencia del número de capas y el gas de protección sobre la microestructura y la tenacidad a la fractura de depósitos de aleaciones base Fe-(Cr,Mo,W)-(C,B).

Materiales y métodos

El consumible empleado fue un alambre tubular de diámetro 1,6 mm, depositado mediante el proceso semiautomático de soldadura bajo protección gaseosa, en forma mecanizada.

Se soldaron 4 cupones con 1 y 2 capas, con Ar-20% CO₂ y sin protección gaseosa. La secuencia de soldadura fue de 4 cordones para la primera capa y de 3 cordones para la segunda capa. La longitud libre del alambre fue de 18 mm, bajo gas, y 25 mm para las probetas soldadas sin protección gaseosa. Los parámetros de soldadura empleados se pueden ver en la tabla 1, así como la identificación empleada en cada caso.

Tabla 1: Parámetros de soldadura.

| Identificación | Capas | Gases | Tensión [V] | Corriente [A] | Velocidad avance [mm/s] | Calor aportado [kJ/mm] |
|----------------|-------|-----------------------|-------------|---------------|-------------------------|------------------------|
| A1 | 1 | Ar-20 CO ₂ | 35 | 300 | 3 | 3,5 |
| A2 | 2 | Ar-20 CO ₂ | 35 | 300 | 3 | 3,5 |
| O1 | 1 | - | 35 | 300 | 3 | 3,5 |
| O2 | 2 | - | 35 | 300 | 3 | 3,5 |

De cada una de las probetas soldadas se extrajeron cortes transversales. Sobre ellos se realizaron perfiles de micro-indentación Vickers (HV₂) a 1 mm de la superficie, en dirección paralela a la superficie. La microdureza de las fases se calculó como el promedio de tres mediciones realizadas con HV_{0,025}. Los ensayos de tenacidad a la fractura fueron a través del método de macro-indentación llevada a cabo con macrodureza Vickers de acuerdo a la norma ISO (ISO 28079, 2009) aplicando cargas desde 294 hasta 2450 N durante 10 s.

Resultados

El material depositado presentó una alta concentración de elementos de aleación, dentro del sistema Fe-(Nb,Cr,Mo,W)-(C,B). La composición química de A1 estuvo formada por 1,49 %C, 0,39 %Mn, 14,3 %Cr, 5,5 %Nb, 3,2 %Mo, 5,7 %W y 4,8 %B. Se midió una mayor cantidad de elementos de aleación en las probetas soldadas con mayor número de capas. Esto estaría relacionado con el nivel de dilución con el metal base. Comparando las probetas con igual número de capas, pero con diferentes protecciones se observa que la diferencia es menor debido a leve diferencia de dilución (de 19 a 25%) y a la mayor transferencia de elementos de aleación a la escoria en la probeta soldada sin gas de protección.

La microestructura estuvo formada por α -Fe y γ -Fe, detectándose la presencia de carboboruros metálicos ((Cr,Fe)₇(B,C)₃, (Cr,Fe)₂₃(B,C)₆). También se identificaron carburos de Nb en todas las probetas (figura 1). Se observó un aumento de los carboboruros (Cr,Fe)₇(B,C)₃ en las probetas soldadas bajo protección gaseosa y con dos capas.

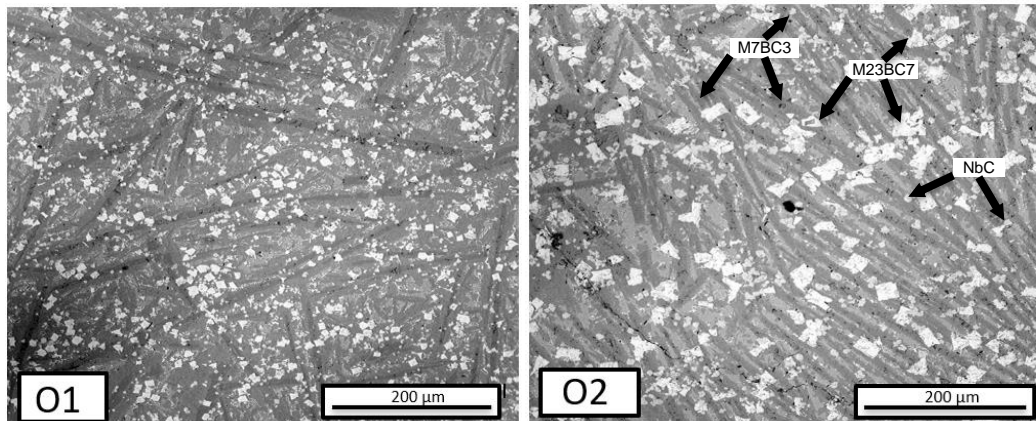


Figura 1: Microestructuras de las probetas O1 y O2.

Las microdurezas de fases fueron de: 1460 HV para los carburos de niobio, 1150 HV para los carboboruros de Mo/W, de 920 HV para los carboboruros de Fe/Cr y de 695 HV para el eutéctico.

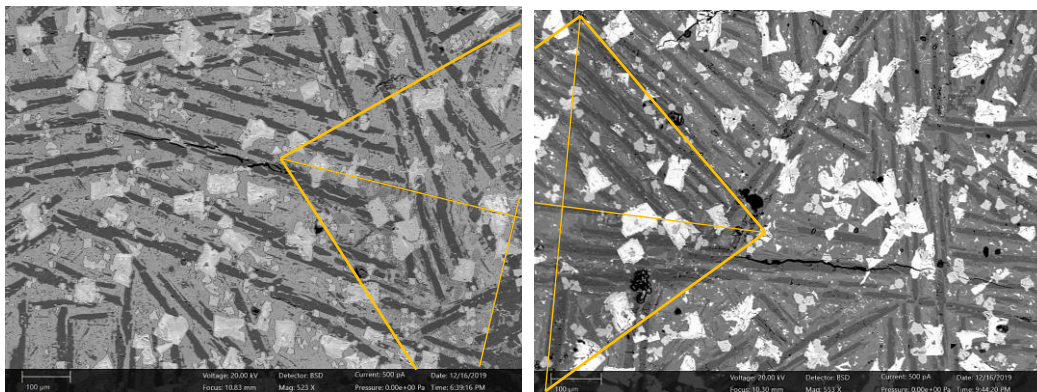


Figura 2: Macroindentación de las probetas A2 y O2.

La tenacidad a la fractura fue calculada utilizando la ecuación de Shetty (Shetty, 1985). El coeficiente de Poisson (ν) para el hierro fue considerado 0.29, la mitad del ángulo (ψ) fue de 68° . La tenacidad a la fractura fue de $28,7 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ y $28,8 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ para A1 y O1 y $21,8 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ y $25,0 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ para A2 y O2. Se puede ver en la figura 2 que la fractura fue transgranular y se propagó preferencialmente por el carboboruro primario M_7BC_3 , y la dirección de crecimiento de la grieta fue en la dirección paralela a la dirección alargada del M_7C_3 (Mohtasham, 2018). Estas diferencias estarían asociadas con la cantidad y tamaño de M_7BC_3 que son más gruesos y alargados en la muestra O2, ver figura 1.

Referencias

- Buchely, M.F. (2005). The effect of microstructure on abrasive wear of hardfacing alloys. *Wear* 259, pp. 52–61.
- Hou, Q.Y. (2007). Influence of molybdenum on the microstructure and wear resistance of nickel-based alloy coating obtained by plasma transferred arc process. *Mater Design*; 28(6), pp.1982–1987.
- ISO 28079, (2009). Hardmetals - Palmqvist Toughness Test, International Organization for Standardization, Geneva (Switzerland).
- Mohtasham, B. (2018). Macro-indentation fracture mechanisms in a super-hard hardfacing Fe-based electrode, *Engineering Failure Analysis*, Volume 92, October, pp. 480-494.
- Shetty, D.K. (1985). Indentation fracture of WC-co cermets, *J. Mater. Sci.* 20, pp. 1873–1882.