

Título: “Obtención de recubrimientos difusivos de carburos complejos de cromo microaleados con boro en aceros I”

Autores: M.Sc. Ing. Alejandro Rodríguez Cristo*
Dr. Ing. Jesús Eduardo González Ruiz*
Dr. Lic. Rafael Quintana Puchol**

(*) Centro de Investigaciones y Desarrollo de la Fundación. Planta Mecánica.

(**) Centro de Investigaciones de Soldadura. Universidad Central de Las Villas.

Palabras clave: cromado difusivo, difusión, carburos de cromo, microadiciones de boro, capas difusivas

"Obtaining of diffusive coatings from complex chromium carbide microalloys with boron on steel I"

Authors: M.Sc. Ing. Alejandro Rodríguez Cristo*
Dr. Ing. Jesús Eduardo González Ruiz*
Dr. Lic. Rafael Quintana Puchol**

*Foundry of Research and Development Center. Planta Mecánica.

**Welding Research Center. UCLV.

Resumen

En este trabajo se aplica el método de saturación sólido simultáneo para obtener capas difusivas de carburos de cromo aleados con boro sobre aceros empleando la cromita cubana y el ácido bórico como aportantes de los elementos a difundir. Las mezclas saturantes se obtienen por aluminotermia de manera previa al proceso de saturación. Mediante un diseño de experimentos se estudia la influencia de las variables relación cromo/ boro en las mezclas saturantes y tipo de acero herramental sobre el espesor y la microdurezas de las capas difusivas. Los recubrimientos obtenidos presentan valores de microdureza máximos entre 1800 y 1900 Hv₂₀ y espesores de capa acorde con el régimen de saturación y el sustrato empleado.

Palabras claves: Cromado, recubrimientos, difusión del cromo, carburos del cromo, micro adición del boro, capas difusivas

Abstract

In this work the simultaneous method of solid saturation is applied to obtain chromium carbide layers alloyed with boron on steel using chromite ore and boric acid as sources of the diffusion elements. The saturates mixtures was obtain from aluminothermy previous way to the process of saturation. By means of a experiment design the influence of the variables studies relation chromium/boron in the saturate mixtures and type of tool steel on the thickness and the micro-hardnesses of the diffusive layers. The

obtained coatings are characterized by maximum levels of micro-hardness between 1800 and 1900 Hv₂₀ and thicknesses of agreed layer with the regime of saturation and the used substratum.

Msc. Ing. Alejandro Rodríguez Cristo *, Dr. Ing. Jesús Eduardo González Ruiz*, Dr. Lic. Rafael Quintana Puchol**

Key words: chromized, recovers, chromium diffusion, chromium carbides, micro additions of boron, diffusive layers

INTRODUCCIÓN

En la obtención del azúcar a partir de la caña intervienen numerosas partes mecánicas, las cuales están sometidas a severas condiciones de explotación [2].

Las propiedades de los materiales y las tecnologías convencionales tradicionalmente empleados en su construcción, en muchos casos no satisfacen los requerimientos necesarios para dichas condiciones de trabajo.

Para enfrentar este problema puede utilizarse el tratamiento termoquímico [7] que aumenta la dureza, garantiza una elevada resistencia al desgaste, a la ralladura, a la cavitación, a la corrosión y también aumenta la resistencia a la rotura por fatiga [8].

Por sus propiedades y su costo el carburo de cromo se encuentra dentro de los recubrimientos de más amplia aplicación [3] Para mejorar las propiedades se ha recurrido a microadiciones de silicio, boro, zirconio, titanio, vanadio, tantalio, incrementado sus posibilidades de uso [1].

Estas características le sitúan como una importante opción para prolongar la vida útil de elementos y diversos componentes mecánicos [4] empleados en la industria azucarera.

MATERIALES Y METODOS EMPLEADOS EN LA INVESTIGACION

Caracterización de la cromita seleccionada

La cromita empleada posee una composición química, según análisis de laboratorio reportados [6], acorde con lo expuesto en la tabla I.

Tabla I. Composición química de la cromita utilizada en los experimentos, según análisis de laboratorio

Óxido	Cr ₂ O ₃	SiO ₂	FeO	Al ₂ O ₃	MgO	CaO
Contenido (%)	33,7	3,44	14,93	32,34	14,61	0,98

La composición química de los aceros empleados en la función de substrato fue determinada con la ayuda del equipo de análisis espectral modelo Spectrolab de fabricación alemana y puede ser apreciada en la tabla 2.

Tabla 2. Composición química de los materiales utilizados como metal base en los experimentos, según análisis de laboratorio

Material	Elemento (%)							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	W

Y8A	0,76	0,38	0,2	0,19	0,05	0,005	0,004	0,005	0,005
9XB	0,89	0,3	0,82	0,91	0,09	0,009	0,007	1,3	0,004
X12	1,6	0,3	0,25	11,2	0,2	0,01	0,015	0,007	0,5

Influencia de las variables relación cromo/boro y composición química del substrato sobre el espesor de las capas difusivas

Para evaluar la repercusión de la composición saturante se definió el espacio experimental considerando las relaciones cromo-boro utilizadas en la literatura referida al método de obtención antes expuesto.

A continuación se expone en la tabla 3 los factores y niveles considerados durante la investigación.

Tabla 3. Variables y niveles usados en el diseño experimental

Factor	Denominación	Nivel		
		Mínimo	Medio	Máximo
Relación Cr/B	X1	107/1	75/1	50/1
Tipo de acero	X2	Y8A	9XBG	X12M

Al utilizar dos variables con tres niveles el plan experimental tomó la forma de un diseño factorial 3^2 .

La acción conjunta de las variables relación cromo/boro y tipo de acero sobre el espesor de capa difusiva obtenida en los experimentos puede ser apreciada en la (Figura 1), donde aparecen las curvas que definen el comportamiento del parámetro antes mencionado en función de las variables de entrada para el espacio experimental investigado.

Atendiendo a los resultados expuestos en párrafos anteriores se puede concluir que al aumentar el contenido de boro en las mezclas saturantes dentro de espacio experimental estudiado, el espesor de capa disminuye, tendencia que se ve acentuada por la presencia de elementos de aleación en el metal base (figura 1).

Para el acero Y8 (acero al carbono) el efecto de la adición de boro a la mezcla saturante se hace cuantificable a partir de la relaciones cromo/boro = 75/1, mientras que para los aceros herramentales 9XBG y X12M el efecto es apreciable a partir de las relaciones cromo/ boro = 107/1 en las mezclas saturantes.

El decremento del espesor de capa en presencia del boro cuando se satura con cromo, en procesos sólidos simultáneos, esta reportado en la literatura consultada de manera similar al comportamiento resultante de los experimentos de saturación por difusión en esta

investigación. Este hecho puede estar vinculado a las reacciones entre los elementos a difundir y de estos con el activador en las mezclas saturantes [5].

Las capas de carburos complejos base cromo se forman a expensas del carbono procedente de las aleaciones base [10], de forma general, los mayores espesores se logran sobre sustratos que posean altos contenidos de carbono en su composición química y sean capaces de cederlo con facilidad, hecho que se dificulta con la presencia de formadores de carburos fuertes en la matriz metálica [9].

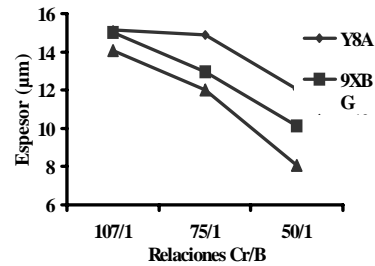


Figura 1. Influencia de la relación Cromo/boro y del tipo de acero herramental sobre el espesor de capa difusiva.

Influencia de la relación cromo/boro y el tipo de sustrato sobre la microdureza

La acción conjunta de las variables relación cromo/boro y tipo de acero herramental empleado como sustrato sobre la microdureza máxima promedio de las capas difusivas obtenidas en los experimentos puede ser apreciada en la (figura 2), donde aparecen las curvas que definen el comportamiento del parámetro antes mencionado en función de los niveles de las variables de entrada para el espacio experimental investigado.

Al analizar las probetas de acero Y8A saturadas por difusión con las mezclas 1 (sin adición de boro), 2 (relación cromo/boro 107/1) y 3 (relación cromo/boro 75/1) se obtuvo valores máximos promedio de microdureza en las capas difusivas de 1600, 1790, y 1885 Hv_{20} respectivamente, observándose un incremento en sus valores.

Al saturar con la mezcla 4 (relación cromo/boro 50/1) la microdureza alcanzó un valor máximo promedio de 1800 Hv_{20} , reduciéndose en un 4.6 % con respecto al valor registrado para la mezcla 3. (Curva 1 de la figura 2).

Durante la caracterización de las muestras de acero 9XBG recubiertas por difusión en las mezclas 1 (sin adición de boro) y 2 (relación cromo/boro 107/1) se reporta valores de microdureza máxima promedio de 1630 y 1840 Hv_{20} respectivamente, registrándose un aumento de dicho parámetro en este rango de composiciones saturantes.

En las muestras de 9XBG saturadas con la mezcla 3 (relación cromo/boro 75/1) la microdureza máxima promedio es de 1810 Hv_{20} , cuantificándose una disminución en dicho parámetro con respecto al valor anterior en 1.64%. Las muestras recubiertas con

la mezcla 4 (relación cromo/boro 50/1) muestran una microdureza máxima promedio en el orden de 1990 Hv₂₀ elevando su valor un 9.9% en comparación con la mezcla 3. (Curva 2 de la figura 2).

Al estudiar la influencia de la variable relación cromo/boro en las mezclas saturantes sobre la dureza de las capas en el acero X12M evidencia que dicho parámetro se mantiene en ascenso constante al aumentar el contenido de boro en la mezcla saturante dentro del espacio experimental estudiado. Las muestras tratadas con las mezclas 1 (sin adición de boro), 2 (relación cromo/boro 107/1), 3 (relación cromo/boro 75/1) y 4 (relación cromo/boro 50/1) alcanzaron valores máximos promedio de 1220, 1730, 1920 y 1990 Hv₂₀ respectivamente (curva 3) (figura 2).

La microdureza en los experimentos de saturación por difusión realizado con la mezcla 1 (sin adición de boro) tiene un comportamiento similar en los aceros Y8A y 9XBG registrándose un valor máximo promedio de 1600 y 1630 Hv₂₀, mientras que sobre el acero X12M este parámetro se reduce en un 25.2%, alcanzando solamente un valor máximo de 1220 Hv₂₀ (inicio de la curva del X12M en la figura 2).

En las capas obtenidas con la mezcla 2 (relación cromo/boro 107/1) los valores máximos promedio de microdureza se alcanzan sobre el acero 9XBG (1840 Hv₂₀). Con similar composición de mezcla saturante en los aceros Y8A y X12M los valores decrecen ligeramente hasta niveles de 1790 y 1730 Hv₂₀ respectivamente.

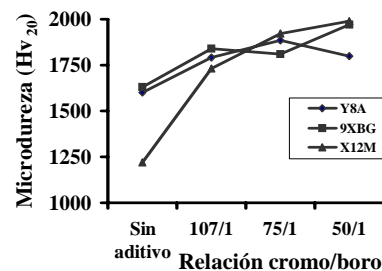


Figura 2. Influencia de la relación cromo/boro y de la marca de acero herramental sobre la microdureza máxima promedio de las capas difusivas

Analizando los resultados de la saturación con la mezcla 3 (relación cromo/boro 75/1) la microdureza de las capas para el acero Y8A y X12M posee valores máximos promedio de 1920 y 1885 Hv₂₀, mientras que en el acero 9XBG la microdureza alcanza un valor máximo promedio de 1810 Hv₂₀, nivel que resulta inferior al presentado por el X12M en un 3.98 % (figura 2).

Saturando con la mezcla 4 (relación Cromo/boro 50/1) el valor de la microdureza máxima promedio presentado por el acero X12M es de 1990 Hv₂₀ y de 1970 Hv₂₀ en el acero 9XBG. En el acero Y8A se alcanzan 1800 Hv₂₀ para idéntica composición de mezcla. (Puntos finales de las curvas en la figura 2)

Conclusiones

- 1) La adición de boro a las mezclas produce un incremento en la microdureza de las superficies recubiertas con carburos complejos de cromo, aspecto que puede influir positivamente en la durabilidad de los elementos recubiertos.
- 2) Dentro de los aceros estudiados se obtienen los mayores valores de microdureza y menores espesores de capa en el X12M.
- 3) Los espesores y las durezas obtenidas permiten obtener capas con elevada resistencia al desgaste utilizable para recubrir elementos mecánicos con baja durabilidad vinculados al proceso de obtención del azúcar.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. González J: Algunas experiencias en el incremento del espesor y la microdureza de capas cromadas por difusión, Revista Ingeniería Mecánica (2), 1999.
2. González J, y otros: Evaluación de capas cromadas destinadas a elevar la resistencia al desgaste de piezas de la industria azucarera, Revista Centro Azúcar 29 (1): 49, 2002.
3. González J: Obtención de recubrimientos difusivos de carburos complejos de cromo en aleaciones hierro carbono a partir de cromita, Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Técnicas, p 2-5,2001.
4. Guliaev A: Metalografía, Tomo I, p 250-255, Editorial Mir, Moscú, 1987.
5. Jiinjen A et al: Chromium boride coating, U.S. Patent 6, 007, 922, 1999.
6. Jiinjen A et al: Chromium boride coating J.P. Patent 2001020055, 2001.
7. Lajtin Y: Tratamiento químico térmico de los metales, p 9-10, Editorial Mir, Moscú, 1987.
8. Lyakhovich S: Manual del tratamiento termoquímico de los metales y aleaciones (en ruso). Editorial Mir, Moscú, 1981.
9. Nikitin V, et al: Obtención de recubrimientos resistentes al desgaste sobre el hierro. Revista Metalurgia y Tratamiento Térmico, 1, p 45 - 47, 1987.
10. Zayets et al: Method and composition for diffusion alloying of ferrous material U.S. Patent 6197 436, 2001.