

Título: “Caracterización de recubrimientos difusivos de carburos complejos de cromo microaleados con boro en aceros II”

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

“Characterization of diffusive coatings from complex chromium carbide microalloys with boron on steel II”

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 caracterizan los recubrimientos obtenidos empleando la cromita cubana y el ácido bórico como fuentes portadoras de los elementos saturantes utilizando microscopia óptica, difracción de rayos X y microscopia electrónica de barrido. Las capas presentan fases de carburos complejos base cromo del tipo $(Cr, Fe)_{23}C_6$, $(Cr, Fe)_7C_3$. Los contenidos de cromo y hierro en la capas varían acorde la composición de las mezclas saturantes.

Abstract

A characterization of coating obtained from the cuban chromite and boric acid as sources of the saturating elements using optical microscopy, x-ray diffraction and scanning electronic microscopy was carried out. The layers present phases of complex chromium carbides of the type $(Cr, Fe)_{23}C_6$, $(Cr, Fe)_7C_3$. The contents of chromium and iron in the layers vary with the saturated mixtures composition.

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

Key words: chromized, chromising, chromium diffusion, chromium carbides, microadditions of boron, diffusive layers

Introducción

Los elementos mecánicos empleados en la industria azucarera trabajan bajo la acción de un complejo número de factores que frecuentemente repercuten en su durabilidad. Entre

dichos factores se encuentran las cargas mecánicas, el desgaste adhesivo y abrasivo, la corrosión etc. Los recubrimientos de carburos de cromo aleados con boro obtenidos en recientes investigaciones han mostrado la factibilidad de ser usados ampliamente para resolver problemas de durabilidad en los elementos mecánicos [1]. Las fases presentes en las capas analizadas le confieren propiedades idóneas para recubrir diferentes elementos vinculados a la industria azucarera.

El empleo de materiales no tradicionales y la adición de boro [2, 3] redundan en las propiedades y parámetros de dichos recubrimientos [1], creando con ello la necesidad de emplear técnicas especializadas para su caracterización, dentro de las que se destacan la microscopía óptica, la microdureometría, la difracción de RX y la microscopía electrónica [4].

Caracterización de las capas difusivas sobre aceros

Durante la realización del análisis metalográfico de las probetas recubiertas con relación cromo/boro (107/1) en las mezclas saturantes se aprecia una zona externa ocupada por carburos de color blanco brillante muy regular con un espesor promedio de 12 μm . Luego aparece una zona de transición irregular de color oscuro con valores de microdureza entre 220-300 Hv que se distingue por la difusión en el borde de los granos (figura 3). A continuación aparece una zona ferrítica de dimensiones variables cuyo espesor supera al ocupado por las zonas precedentes. Por último se revela el núcleo con un cuadro estructural integrado por un 55% de perlita + 45% de ferrita.

La morfología y espesor no varían en comparación con las capas de carburos obtenidas a partir de mezcla sin boro base acero 1055 reportadas por otros autores [5], observándose de manera análoga las mismas zonas descritas en el párrafo anterior.

Un comportamiento diferente presenta la microdureza en la zona de carburos (zona I, figura 4), donde se produce un incremento en sus valores, en comparación con las cromadas sin la adición de boro, de aproximadamente 300 Hv_{20} , alcanzando valores máximos próximos a los 2000 Hv_{20} .

En las zonas de transición y ferrítica (figura 4, zona II y III respectivamente) no es apreciable un incremento significativo de los valores de microdureza.

Analizando las superficies recubiertas por medio de difracción de rayos X y comparándolas con los resultados obtenidos por González Ruiz [5], se observaron diferencias en la intensidad de los picos y en las relaciones I/I_{max} entre las probetas cromadas con la mezcla sin aditivo y las saturadas con aditivo de boro.

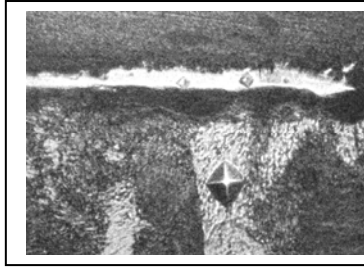


Figura 3. Acero 55 recubierto empleando la mezcla con adición de boro. X 500

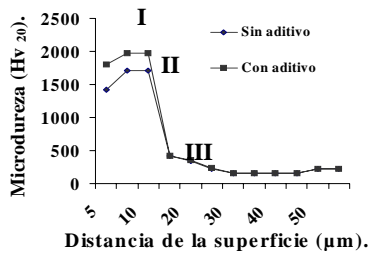


Figura 4. Perfiles de microdureza de las capas difusivas base acero 55 con y sin la adición de boro

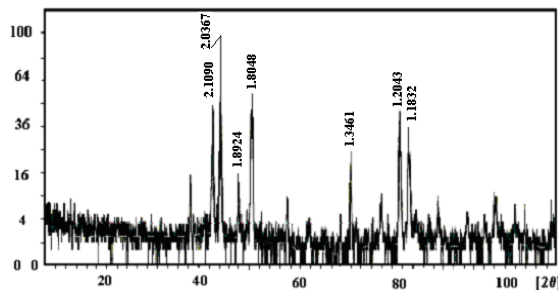


Figura 5. Difractograma de rayos x de la superficie del acero 55 saturado sin aditivo de boro

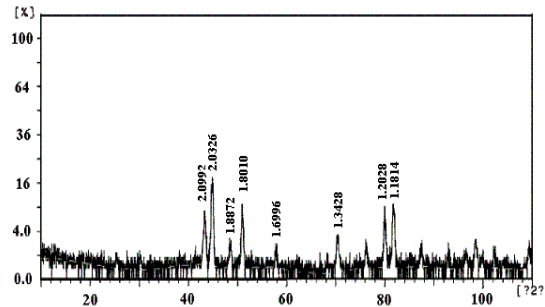


Figura 6. Difractograma de rayos x de la superficie del acero 55 saturado empleando mezcla con aditivo de boro

Las líneas de difracción pertenecientes a los picos de mayor intensidad de el difractograma realizado a la superficie del acero 1055 cromada con la mezcla sin aditivo según González Ruiz [5], muestran un alto grado de coincidencia con las líneas que identifican las fases $(Cr, Fe)_{23}C_6$, $(Cr, Fe)_7C_3$. Mientras que en las líneas de difracción pertenecientes al difractograma realizado a la superficie del acero 1055 cromada con aditivo de boro, existen algunas desviaciones en su intensidad con respecto a los picos que identifican las fases antes mencionadas, lo cual puede encontrarse vinculado a la presencia del boro en la red de carburos complejos de cromo (figuras 5 y 6).

En análisis destinados a determinar la composición química puntual, empleando técnicas de microscopía electrónica de barrido, se corrobora la presencia de elevados contenidos de cromo (71 – 65%) en la sección transversal de la zona ocupada por carburos en las muestras de acero 55 saturadas con la mezcla (sin aditivo), apreciándose niveles máximos de este elemento en la zona externa de la capa y una gradual disminución de su contenido en la sección transversal de dicha área, hasta alcanzar un nivel mínimo en el límite entre la capa de carburos y la zona de transición (Figura 7).

superficie del
aditivo de boro)

También aparece el hierro como elemento constituyente en la zona ocupada por carburos en contenidos que oscilan entre 29 y 36%.

Durante el estudio de la sección transversal de las muestras de acero 55 saturadas con la mezcla (con relación cromo/boro = 107/1) con similar técnica, se comprobó una disminución ligera del contenido de cromo en la zona ocupada por carburos (60 – 70%)

en comparación con las probetas saturadas con la mezcla 1, mientras que los contenidos de hierro en dicha área se elevan ligeramente (30 – 40%) (Figura 7).

Los altos contenidos de cromo en las superficies saturadas le confieren una elevada resistencia a la corrosión frente a numeroso factores [3].

Durante el análisis micrográfico de la sección transversal de capas difusivas obtenidas sobre el acero para herramientas Y8A con las mezclas sin y con adición de boro se puede apreciar en la región externa (zona I, figuras 8 y 9), una capa de carburos homogénea de color claro que se destaca por su regularidad.

Los valores máximos de microdureza de esta región se encuentran en la parte media interna (figuras 8 y 9) dependiendo del contenido de boro presente mientras que hacia el exterior los valores son ligeramente inferiores (Ver la forma de los perfiles).

Es de significar que las muestras recubiertas con las mezclas con boro superan de forma apreciable por sus valores de microdureza a las capas cromadas, lo cual puede ser apreciado en la figura 8 (tamaño de la huella Vickers en la zona I) y en las figura 9 (zona I del perfil de microdureza).

Luego aparece el núcleo con una estructura de tipo perlítica con microdurezas en el orden de los 250 Hv y algunas inclusiones de ferrita, (zona II, figura 8).

Es apreciable, durante el análisis micrográfico de la sección transversal de muestras saturadas empleando mezclas sin y con aditivo de boro una primera zona de color blanco brillante que posee valores de microdureza entre 1500 - 1970 Hv₂₀ respectivamente (zona I, figuras 9 y 10), la cual se caracteriza por su regularidad.

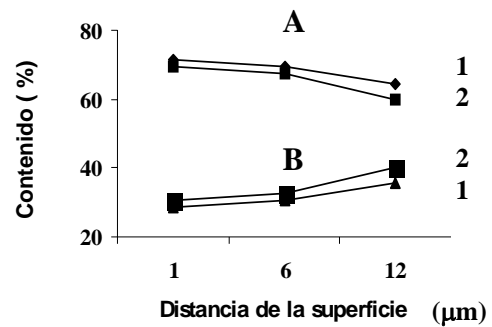


Figura 7. Contenido de cromo (A) y de hierro (B) en la sección transversal de la capa de carburos obtenida sobre el acero 1055. 1-sin aditivo, 2- con aditivo de boro

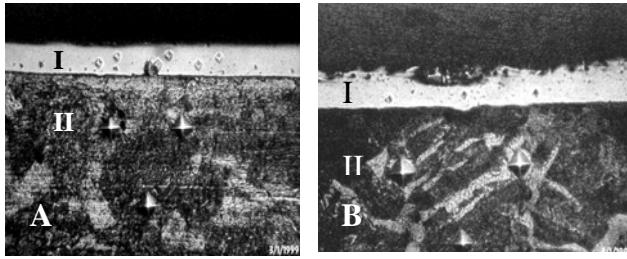


Figura 8. Capa difusiva obtenida sobre el acero Y8A empleando la mezcla A (sin adición de boro), B (Relación Cr/B 75/1), X 500

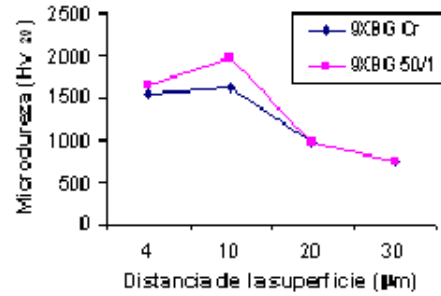


Figura 9. Perfil de microdureza de las capas obtenidas sobre el acero Y8. A, mezcla 1 (sin boro), B Mezcla 3 (Cr/B 75/1)

Los valores máximos de microdureza de esta región se encuentran en la parte media interna (zona I en las figura 10) dependiendo del contenido de boro presente en la capa mientras que hacia el exterior los valores descienden ligeramente (ver el comportamiento de los perfiles).

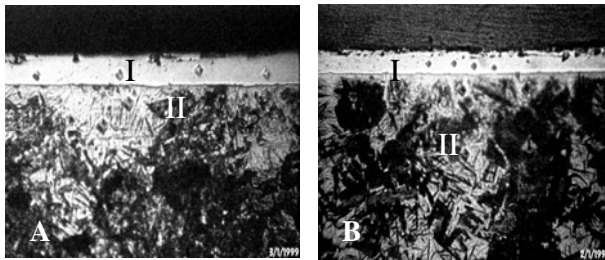


Figura 10. Capa difusiva obtenida sobre el acero 9XBG A empleando la mezcla 1 (sin boro), B empleando la mezcla 4 (cromo/boro 50/1) X 500

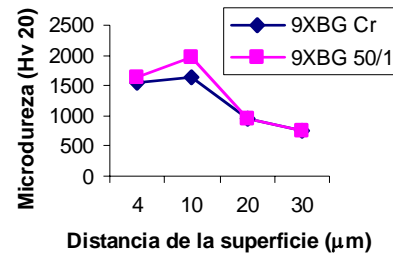


Figura 11. Perfil de microdureza de las capas obtenidas sobre el acero 9XBG, A empleando la mezcla 1 (sin boro), B empleando la mezcla 4 (cromo/boro 50/1)

A continuación del área ocupada por carburos se revela el núcleo, sin aparecer la zona de transición, con un cuadro microestructural compuesto por bandas perpendiculares a la superficie integradas por martensita con valores de microdureza de (750 Hv) y martensita más troostita.

En el análisis micrográfico de la sección transversal de muestras de acero X12M recubiertas se destaca una primera zona homogénea ocupada por carburos de color blanco brillante (Figura 12). Los valores máximos de microdureza de esta región se encuentran en la parte central e interior (figura 13) en función del contenido de boro presente en la capa (desde 1220 Hv para la saturación sin aditivo de boro hasta 1990 Hv para la relación cromo/boro 50/1) mientras que hacia la superficie los valores descienden ligeramente (ver la forma de los perfiles).

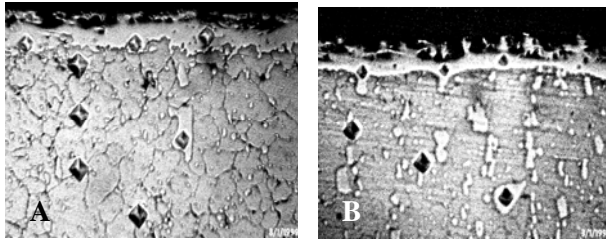


Figura 12. Capas difusivas obtenidas sobre el acero X12M, A empleando la mezcla 1 (sin adición de boro) X 500, B empleando la mezcla 2 (relación cromo / boro 107/1) X 500

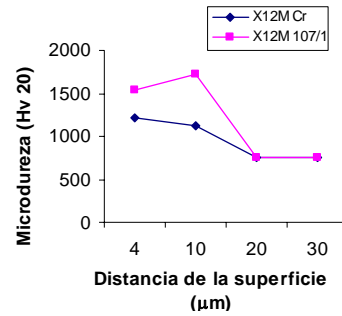


Figura 13. Perfil de microdureza de la capa obtenida sobre el acero X12M empleando la mezcla 1 (sin boro) y empleando la mezcla 2 (Relación cromo/boro 107/1)

A continuación del área ocupada por carburos se revela el núcleo, sin aparecer la zona de transición, con un cuadro microestructural compuesto por martensita con valores de microdureza de 750 Hv y carburos con una microdureza de 1100 Hv.

Conclusiones

- 1) La morfología de las capas difusivas de carburos resultantes de procesos con adiciones de boro a las mezclas no difieren de las cromadas.
- 2) La microdureza de las muestras recubiertas empleando aditivos de boro presentan incrementos en los valores de microdureza en comparación con las cromadas en el orden de 200 – 800 Hv₂₀.
- 3) Los altos contenidos de cromo presentados por las capas le confieren propiedades anticorrosivas, aspecto que permite recubrir elementos que estén en contacto con el guarapo.
- 4) Las fases de carburos complejos presentes en los recubrimientos caracterizan por una elevada dureza y resistencia a la abrasión permitiendo su aplicación sobre elementos en contacto con partículas abrasivas presentes en los diferentes procesos de elaboración del azúcar de caña.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Nemeth Patric, et al: “Chromium boride coating” E.P. Patent 1077271, 2001.
2. “Algunas experiencias en el incremento del espesor y la microdureza de capas cromadas por difusión”. Revista Ingeniería Mecánica (2), 1999.
3. Jijnjen A, et al: “Chromium boride coating”, JP Patent, 2001020055, 2001.
4. Lajtin, Yu. M: Tratamiento químico térmico de los metales, p 9-12, Editorial Mir, Moscú, 1987.
5. 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 22-25, 2001.