

# Algunas experiencias en el incremento de la microdureza y el espesor de capas de carburos cromadas por difusión

J. E. González Ruiz\*, R. Quintana Puchol\*\*, A. Duffus Scott\*\*, A. Rodríguez Cristo\*, J. L. Febles\*, M. Jiménez\*

\*Centro de Investigación y Desarrollo de la Fundición. Planta Mecánica.

Fax: (422) 91690 Email: direccion@plantamec.esivc.colombus.cu

\*\*Centro de Investigaciones de Soldadura. Universidad Central de Las Villas.

( Recibido el 21 de octubre de 1998; aceptado el 14 de enero de 1999 )

## Resumen

En el trabajo se realiza una valoración, a partir de análisis metalográficos, del efecto de la rugosidad superficial presente en las muestras tratadas y de la adición de boro a la mezcla saturante sobre el espesor y la microdureza en las capas cromadas base acero AISI 1055, obtenidas utilizando como materia prima mineral de cromo refractario cubano. También se aborda el efecto del tratamiento post cromado (temple + revenido bajo) sobre la microdureza en las zonas de transición y ferrítica en probetas cromadas base acero 1055.

**Palabras claves:** Intensificación, cromado difusivo, termodifusión, deposición.

## 1. Introducción

El desarrollo y la aplicación de recubrimientos por difusión adquieren cada día mayor importancia, debido a las propiedades obtenidas a nivel superficial por las piezas sometidas a estos tratamientos, lo cual permite, en dependencia de la composición química y física del recubrimiento, enfrentar disímiles condiciones de explotación, posibilitando en muchos casos la sustitución de materiales costosos y/o alargar la vida útil de herramientas y elementos de máquinas. Sin embargo, el alto costo de los procesos, que requieren de elevados consumos energéticos y significativos tiempos de exposición, se ha convertido en limitante para su generalización. A los elementos anteriormente expuestos se une el hecho de que se han incrementado las exigencias a los elementos de máquina y herramientas, requiriendo, con ello, de las capas difusivas un incremento en sus propiedades. Es por ello que atendiendo a las consideraciones antes citadas, ingenieros, investigadores y científicos vinculados a la rama, centran su atención en intensificar los procesos y/o mejorar las propiedades de las capas difusivas.

Dentro de los tratamientos difusivos, el cromado es uno de los procesos más estudiados debido a las propiedades que confiere a las piezas tratadas. Las capas cromadas, base aceros, se dividen en dos grandes grupos: las formadas por solución sólida de Cr en Fe  $\alpha$  (aparecen en aceros con un

contenido de carbono inferior al 0,17 %) y las compuestas por carburos (aparecen en aceros con un contenido de carbono superior al 0,17 %) [1, 4]. De especial interés resulta el estudio de las capas de carburos, pues su utilización permite un sensible incremento de la resistencia superficial de los aceros tratados frente al desgaste abrasivo, a la erosión, a la oxidación a elevadas temperaturas (hasta 800 °C) y frente a la acción de diferentes medios corrosivos [1, 2].

Las capas cromadas en aceros con un contenido medio de carbono sometidas a un enfriamiento lento al concluir el proceso de saturación por difusión, presentan, en su sección transversal, en la zona próxima a la superficie carburos del tipo (Cr, Fe)<sub>23</sub> C<sub>6</sub> y (Cr, Fe)<sub>7</sub> C<sub>3</sub> [2, 4], posteriormente una zona de transición, luego una zona ferrítica y por último el núcleo ferrítico – perlítico

En gran medida la durabilidad de las capas cromadas, en aceros con contenidos medios o altos de carbono, frente a la acción de algunas formas de desgaste se encuentra vinculada a su espesor y a los valores de microdureza presentes en la zona ocupada por carburos.

## 2. Materiales, métodos e instalaciones

Como fuente aportadora del elemento saturante (cromo) se utilizó mineral de cromo refractario, con una composición

química, según análisis de laboratorio, acorde con lo expuesto en la tabla 1. Como método de saturación por difusión se empleó el aluminotérmico, que es una variante del de mezclas de polvos; utilizando en la realización de los experimentos de saturación por difusión un régimen de exposición de 1000°C - 4h.

Como metal base se utilizó acero AISI 1055 con una composición química acorde con lo expuesto en la tabla 2. La composición química se determinó mediante el método espectral, empleando para ello un equipo de marca Spectrolab.

**Tabla 1.** Composición química de la cromita utilizada en los experimentos.

Oxido	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	FeO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO
Contenido(%)	33.7	3.44	14,93	32,34	14,61	0,98

**Tabla 2.** Composición química del acero utilizado.

Material	Elementos (%).						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
Acero AISI 1055	0.54	0.3	0.65	0.06	0.08	0.027	0.008

Las probetas fueron elaboradas de forma cilíndrica, con un espesor de 3 mm,  $\varnothing$  20 mm y valores de rugosidad superficial de 1,6 Ra, empleando de forma adicional, en el caso de los experimentos para determinar la influencia de la rugosidad superficial sobre el espesor de las capas cromadas valores de 0.4 y 0.8 Ra. La saturación por difusión fue realizada en un horno de modelo CHO-3.6.0/10M1, con una precisión en la medición de la temperatura de  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

Con el objetivo de conocer la influencia de adiciones de boro sobre las capas de carburos, a la mezcla saturante le fue adicionado este elemento, mientras que para comprobar la influencia del tratamiento térmico post - cromado en los valores de microdureza se utilizó un régimen de acuerdo con lo expuesto en la tabla 3.

**Tabla 3.** Régimen de tratamiento térmico post-cromado utilizado.

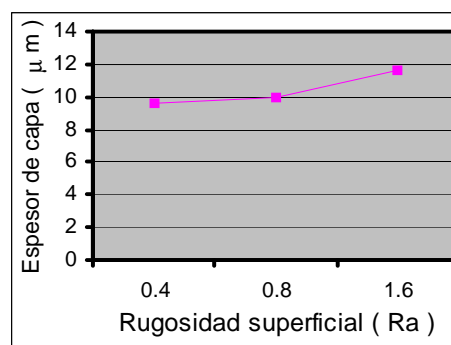
Temperatura de temple (°C).	Tiempo de exposición (min)	Medio de enfriamiento.	Temperatura de revenido (°C).	Tiempo de revenido (h).
820	5	H <sub>2</sub> O	180	1

### 3. Resultados experimentales

#### 3.1. Influencia de la rugosidad superficial

La rugosidad superficial varía en los elementos de máquina de acuerdo a su precisión y a los requerimientos que éstos deben satisfacer durante su explotación. El efecto de dicha variable sobre el espesor de las capas obtenidas mediante procesos difusivos es un tema poco abordado en la bibliografía, es por ello que se decide estudiar su influencia en capas cromadas con naturaleza de carburos.

Al variar la rugosidad superficial de 0.8 a 1.6 Ra se produce un incremento en el espesor de las capas de carburo base acero 1055 de 1.06 veces (figura 1), mientras que al comparar los valores del espesor de capa obtenidos en probetas con rugosidades superficiales de 0.4 y 1.6 Ra respectivamente el aumento es de 1.14 veces. Este comportamiento debe encontrarse vinculado al incremento



**Fig. 1.** Efecto de la rugosidad superficial sobre el espesor de las capas cromadas base acero AISI 1055. Régimen de exposición 1000 °C - 4h.

de la energía en el extremo de las crestas y/o a un aumento de la superficie a saturar, a lo cual se une la terminación puntiforme de las crestas que facilita un efecto de superposición de capas.

### 3.2. Influencia de la adición de boro a la mezcla saturante

Se apreció durante la realización del análisis metalográfico de las probetas cromadas con microadiciones de boro que no se producen alteraciones en la morfología y espesor de las capas obtenidas a partir de cromita base acero AISI 1055 (figura 2A y 2B). Un comportamiento diferente presenta la microdureza en la zona de carburos (zona I, figuras 2 y 3), donde se produce un incremento en sus valores, en comparación con las cromadas sin la adición de boro, de aproximadamente 300 Hv<sub>20</sub>, alcanzando valores máximos de  $\approx 2000$  Hv<sub>20</sub>. En las zonas de transición y ferrítica (figuras 2 y 3, zona II y III respectivamente) no es apreciable un incremento significativo de los valores de microdureza.

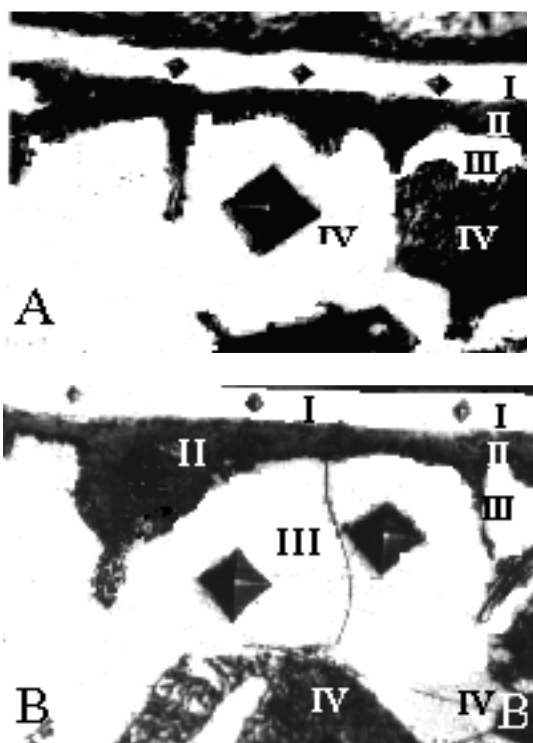


Fig. 2. Capa cromada base acero 1055 con la adición de boro (A), sin aditivo (B). Régimen de exposición 1000 °C – 4 h, 400X.

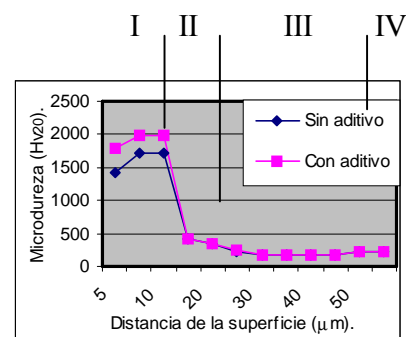


Fig. 3. Perfil de microdureza de las capas cromadas base acero 1055. Régimen de exposición 1000 °C – 4 h.

### 3.3. Influencia del tratamiento térmico post-cromado

Algunas piezas cromadas requieren de propiedades volumétricas con el objetivo de garantizar su normal funcionamiento, es por ello que es necesario someterlas a un tratamiento térmico, que en muchos casos consiste en un temple y un posterior revenido bajo.

Durante el análisis metalográfico de las capas cromadas base acero 1055 sometidas a un tratamiento térmico post-cromado se pudo comprobar que no se producen variaciones en la morfología y microdureza de la zona ocupada por carburos (figura 4, zona I). En la zona de transición (figura 4, zona II) se aprecia un incremento en la microdureza de aproximadamente 700 Hv<sub>20</sub>, llegando a alcanzar valores de hasta aproximadamente 1050 Hv<sub>20</sub>. Este nivel de microdureza resulta igual o superior al presentado por algunos aceros herramientas altamente aleados, después de ser sometidos a un temple y a un posterior revenido bajo. Esto permite inferir que dicha zona posee una elevada resistencia al desgaste abrasivo y un significativo contenido de cromo.

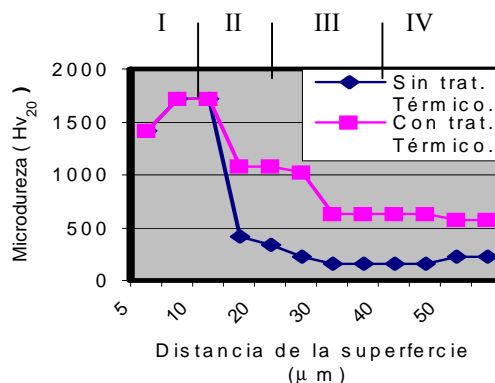


Fig. 4. Perfil de microdureza de las capas cromadas a partir de cromita antes y después del tratamiento térmico.

El incremento de las propiedades en la zona de transición debe repercutir positivamente sobre la vida útil de algunas piezas cromadas.

En la zona ferrítica (figura 4, zona III), también se produce una variación apreciable en los niveles de microdureza (aproximadamente 400 Hv<sub>20</sub>), llegando a alcanzar valores de hasta aproximadamente 630 Hv<sub>20</sub>. En este lugar el cuadro microestructural está compuesto por martensita de agujas finas. La desaparición de la zona ferrítica durante el proceso de temple se encuentra relacionada con la difusión del carbono desde la matriz austenítica hacia dicha zona, resultado, que debe posibilitar que las piezas tratadas no cedan bajo la acción de altas tensiones de contacto. Por último aparece el núcleo (figura 4, zona IV) formado por martensita revenida, con una microdureza de  $\approx 570$  Hv<sub>20</sub>. El aumento de la microdureza en las zonas de transición y ferrítica, en comparación con el núcleo, debe encontrarse relacionado con el incremento del contenido de cromo en ambas zonas como resultado del proceso de cromado.

## 5. Conclusiones

1. El incremento de la rugosidad superficial, dentro de los niveles estudiados, ejerce un efecto positivo sobre las dimensiones de las capas de carburos base acero AISI 1055, posibilitando hasta  $\approx$  un 17 % de aumento en sus espesores.
2. La adición de boro a las mezclas saturantes permite incrementar la microdureza en las capas de carburo base

acero 1055, en comparación con las capas sin aditivos de boro, en aproximadamente 300 Hv<sub>20</sub>.

3. El tratamiento térmico post-cromado (temple + revenido bajo) eleva de forma significativa la microdureza en las zonas de transición y ferrítica, disminuyendo con ello el peligro de que estas fallen bajo la acción de altas tensiones de contacto.
4. La desaparición de la zona ferrítica en las probetas durante el tratamiento térmico post - cromado se encuentra vinculado a la difusión del carbono desde la matriz austenítica hacia dicha zona en la etapa de la exposición a elevadas temperaturas.

## Bibliografía

1. Cotok, O. K. : Reforzamiento superficial de los elementos de máquina por el método químico - térmico. Editorial Mashinostroyeniye, Moscú, 1958.
2. Dubinin, G.N y otros: "Cromado de los aceros para rodamientos con el objetivo de incrementar la duración de estos", Revista Metalografía y Tratamiento Térmico de los Metales No. 12, 1986, pp. 5-10.
3. Ebyxob, B. N.: Características y propiedades de las capas cromadas a partir de Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Revista Metalografía y Tratamiento Térmico de los Metales No. 1, 1985, pp. 5-6.
4. Jorochailov, V.: Teoría y tecnología del tratamiento superficial del acero. Editorial Ciencia y Técnica, La Habana, 1972.

---

## Some experiences in the increment of the microhardness and the thickness of layers of carbides chromed by diffusion

### Abstract

In this work an appraisalment of the effects of surface rugosity present in samples to treat and the addition of boron to the master alloy on the depth and microhardness in chromium diffusion layers base steel AISI 1055 obtained from Cuban refractories ores was realized with the help of metalografic analysis. Finally the results from post chromized heat treatment (hardening + low tempering) on the transition and ferritic zones was offered.

**Key words:** Intensify, diffusive chromed, thermomdiffusion, deposition.