



PROCESOS TERMOQUÍMICOS DEL ACERO

POSTED BY AQM | DIC - 29 - 2016 | 0 COMMENT

Thermochemical Processes of Steel

Sandra Maria San Miguel-Iza^{a*}, Jesús Emilio Camporredondo-Saucedo^b, Laura Castruita-Avila^b, Adrián García-Lara^b

^aFacultad de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Coahuila, Blvd. V. Carranza y José Cárdenas Valdés, C.P. 25280, Saltillo, Coah. México. *correo electrónico: sandrasan_migueliza@uadec.edu.mx.

^bFacultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Universidad Autónoma de Coahuila, Blvd. Benito Juárez, Guadalupe, 25720 Monclova, Coah. México.

Resumen

Los procesos termoquímicos del acero han estado en constante desarrollo desde su invención, esto debido a su efecto significativo en la mejora de las propiedades superficiales de las piezas tratadas. Este tipo de procesos le confiere una mejora en la dureza de la zona afectada y una mayor resistencia a la corrosión, permitiendo alargar significativamente la vida útil de componentes de herramientas y piezas sometidas a la acción abrasiva y/o corrosiva de otros materiales. El presente trabajo consta de una revisión de la literatura especializada en los avances de las técnicas de cementación, nitruración, boruración y carbonitruración, con especial énfasis en materiales de aporte, aplicaciones y las temperaturas más apropiadas para llevarlos a cabo.

Palabras clave: Boruración, Carbonitruración, Cementación, Nitruración.

Abstract

Thermochemical processes of steel have been under constant development since its invention because of its significant effect that improve the surface properties of the treated parts. This type of process gives an improvement in the hardness of the affected area and greater corrosion resistance, allowing extend significantly the life of components and tooling parts subjected to abrasive and corrosive action of other materials. This paper consists of a literature review about the advances of the specialized techniques of cementation, nitriding, carbonitriding and boronizing, with special emphasis on filler materials, applications and the most appropriate temperatures to carry out the process.

Keywords: Boronizing, Carbonitriding, Carburizing, Nitriding.

INTRODUCCIÓN

BUSQUEDA

CALENDARIO

febrero 2020

L	M	X	J	V	S	D
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28	29	

[« Dic](#)

EDICIONES

[AQM No. 10 / Julio-Diciembre 2013](#)

[AQM No. 11 / Enero-Junio 2014](#)

[AQM No. 12 / Julio-Diciembre 2014](#)

[AQM No. 13 / Enero-Junio 2015](#)

[AQM No. 14 / Julio-Diciembre 2015](#)

[AQM No. 15 / Enero – Junio 2016](#)

[AQM No. 16 / Jul – Dic 2016](#)

[AQM No. 9 / Enero-Junio 2013](#)

ENTRADAS

[Editorial AQM No. 16](#)

[Procesos Termoquímicos del Acero](#)

[Síntesis y Aplicación de Materiales Cerámicos en Fotodegradación](#)

[Desarrollo de los Biomateriales y Evolución de Sistemas de Liberación Controlada de Fármacos](#)

de pequeño tamaño, como carbono, nitrógeno o boro, desde la superficie hasta el interior de

Materiales Cerámicos para el Tratamiento



INICIO EDICIONES INSTRUCCIONES PARA AUTORES COMITÉ EDITORIAL JBCT UADEC CGEPI

...es, en cambio, los de baja temperatura, como la nitruración o la nitrocarburation, se realizan sobre la pieza ya terminada y no requieren tratamientos posteriores de endurecimiento (Puértolas y col., 2010).

Los tratamientos termoquímicos introducen mediante difusión átomos de metales o no metales para modificar la química y la microestructura de la superficie de la pieza tratada como se muestra en la Figura 1. (Czerwinski., 2012).

SPONSORS

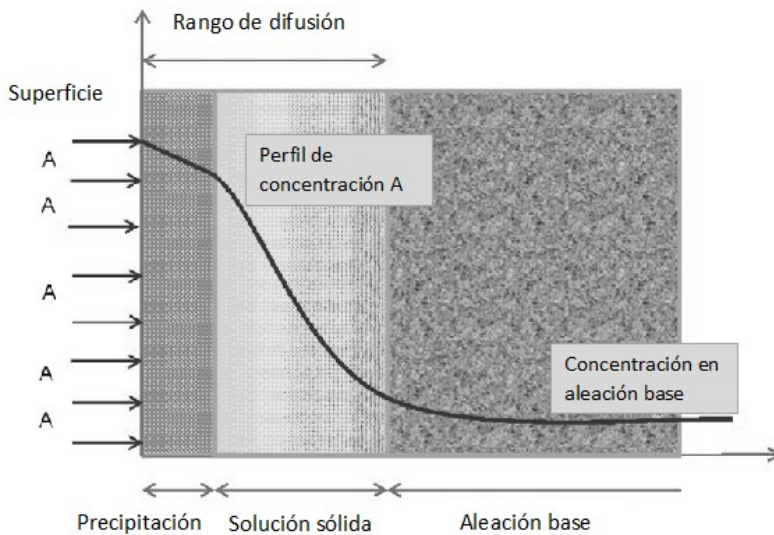
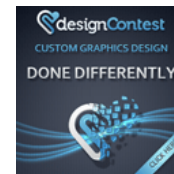


Figura 1. Principios de tratamientos termoquímicos mostrando una distribución del elemento químico

A dentro de una aleación con áreas de sub-superficie típicamente modificadas (Czerwinski F., 2012).

Tabla 1. Clasificación de los tratamientos termoquímicos

Características	Clasificación	Aporte de un elemento			Aporte simultáneo de 2 elementos
De acuerdo al número de elementos aportados		Cementación C	Nitruración N	Boruración B	Carbonitruración C,N
Por la temperatura a la que se realiza	Alta	900 °C		800-1050 °C	850 °C
	Baja		490-580 °C.		
Medios de aporte	Gaseosa	Metano, propano y gas natural	Disociación de NH ₃ en N e H.		Fuente de Nitrógeno
	Líquida	Cianuros de Na y Ba	Cianuros y cianatos		
	Sólida			Carburo de boro	Fuente de carbono
	Iónica	CH _n ⁺ hidrocarburos ionizados n=1, 2, 3, 4.	N ²⁺		

Numerosas aplicaciones industriales requieren una superficie dura y resistente al desgaste.

Actualmente existen métodos de tratamientos termoquímicos que emplean la difusión

modificar su composición química, su microestructura y mejorar las propiedades



INICIO EDICIONES INSTRUCCIONES PARA AUTORES COMITÉ EDITORIAL JBCT UADEC CGEPI

Los tratamientos termoquímicos más comunes aplicados a los aceros son la cementación, nitruración, carbonitruración y boruración, estos procesos juegan un papel importante en las tecnologías de fabricación modernas. (Winter y col., 2015; Gräfen y col., 2005). Los aceros al carbono de baja aleación se pueden tratar con diferentes tipos de tratamientos termoquímicos como con la cementación y nitruración que se utilizan en casos de baja abrasión. Otro método para aumentar la vida útil de los aceros es la aplicación de aceros ledeburíticos, los cuales poseen altos contenidos de carbono y cromo y presentan durezas muy elevadas. La resistencia al desgaste de estos aceros depende de su composición química y el tratamiento térmico. Los resultados de pruebas de laboratorio de aceros tratados termoquímicamente, aceros al cromo ledeburíticos tratados térmicamente y aceros de alta velocidad muestran el efecto de la microestructura de estos aceros en su resistencia a la abrasión. La resistencia a la abrasión de los aceros de baja aleación carburados tiene valores muy cercanos a la de los aceros de construcción y de herramientas de alto contenido de carbono (Suchánek y col., 2009). La nitrocarburación o boruración podrían ser utilizados como procesos alternativos, más baratos e industrialmente populares que aumentan fuerza, desgaste y resistencia a la corrosión de productos de acero (Kostornov y col., 2012). El propósito de este artículo es resaltar los aspectos y condiciones más relevantes de los tratamientos termoquímicos, útiles para el endurecimiento superficial de los aceros. En la Tabla 1 se presentan condiciones en las que se realizan de los tratamientos termoquímicos.

CEMENTACIÓN

El proceso termoquímico de cementación (carburizing) pretende enriquecer superficialmente las piezas de acero con un porcentaje específico de carbono. Los aceros de cementación y, en general, todos los aceros susceptibles de ser cementados poseen un porcentaje bajo en carbono (0.15-0.23 % C). Este bajo porcentaje de carbono puede proporcionar una dureza máxima de aproximadamente 20-35 HRC (dureza Rockwell escala C, indentador de cono de diamante y una carga total de 150 kg) tras el proceso de temple. Esta dureza puede aumentarse considerablemente hasta valores de 62-63 HRC si el porcentaje de carbono en la superficie aumenta hasta valores del 0.90%.

Tras conseguir el enriquecimiento en carbono hasta una profundidad determinada se realiza el proceso de temple. La superficie y el núcleo de la pieza adquieren una estructura martensítica (una fase rica en carbono, frágil y extraordinariamente dura con una microestructura en forma de agujas) que asegura muy buena resistencia al desgaste en la superficie y buenas propiedades de resistencia a la fatiga en el núcleo. La dureza que adquiere la pieza es proporcional al porcentaje de carbono.

Los aceros de cementación contienen elementos de aleación como níquel, molibdeno o cromo que permiten obtener una elevada dureza en la capa cementada. En aceros de muy baja aleación. Para elevar su dureza se realiza una carbonitruración seguida de un temple y un revenido que confieren una dureza superficial elevada.

Profundidad de capa: capa total y capa útil

La difusión del carbono desde la superficie hacia el interior del acero sigue las leyes de Fick, de manera que cuanto mayor es el gradiente de concentración del carbono y la temperatura, más rápida es la formación de la capa enriquecida. Existen fórmulas para calcular la profundidad de la capa cementada; sin embargo, una aproximación bastante correcta es

considerar un aumento de mm en la profundidad de la capa por cada hora de tratamiento a

La dureza superficial de una pieza cementada se verifica mediante ensayos de dureza



INICIO EDICIONES INSTRUCCIONES PARA AUTORES COMITÉ EDITORIAL JBCT UADEC CGEPI

La pieza. En este caso es aconsejable ensayar la dureza superficial mediante un ensayo Rockwell A (indentador de cono de diamante carga total de 60 kg).

Debido a la dificultad de determinar exactamente hasta que profundidad se ha producido la difusión del carbono, se establece que el control de la profundidad de la capa cementada debe evaluarse mediante un gradiente de dureza Vickers (indentador de diamante en forma de pirámide con cargas de 5-100 kgf) desde la superficie hasta el núcleo.

La profundidad de la capa cementada también se puede evaluar ópticamente sobre una probeta pulida y atacada. Es lo que se denomina capa total o a color. Generalmente, la capa útil es considerada como la capa cementada, aunque en los controles de calidad se recogen tanto los valores de capa útil como los de capa de color (Puértolas y col., 2010).

CARBONITRURACIÓN

En los procesos de carbonitruración se efectúa el aporte de carbono y de nitrógeno a temperaturas más bajas que en la cementación (850 °C), por lo que el temple se realiza de manera menos brusca y las deformaciones son menores. La carbonitruración se emplea para endurecer piezas de tornillería y en general, de aceros muy poco aleados que deban tener cierta resistencia al desgaste.

NITRURACIÓN

La nitruración es un tratamiento termoquímico que consiste en la difusión de nitrógeno atómico en la superficie del acero, normalmente en estado de temple y revenido, para conseguir una mayor dureza superficial mediante la formación de compuestos duros denominados nitruros. La finalidad de la nitruración es una elevada dureza superficial respetando la dureza original en el núcleo de la pieza. Con ello se consigue aumentar la resistencia al desgaste y a la fatiga, mejorar la resistencia a la corrosión y retener la dureza aportada incluso a temperaturas de 500 °C. Este tratamiento no produce deformaciones en la pieza. La nitruración se realiza a temperaturas comprendidas entre los 490 y los 580 °C.

Es preferible que las piezas a nitrurar estén previamente templadas y revenidas para que el núcleo ofrezca una resistencia elevada y la estructura martensítica ayude a la obtención de una capa nitrurada más compacta.

La mayoría de los aceros se pueden nitrurar, pero la dureza y la profundidad de capa están condicionadas por los elementos de aleación que componen. Los elementos de aleación capaces de formar nitruros (Al, Cr, Mo, V y Ti) proporcionan una mayor dureza y la capa nitrurada que se obtiene es más uniforme y compacta (Puértolas y col., 2010; Ferrer-Giménez y col., 2005).

Una técnica de nitruración que se ha venido desarrollando recientemente emplea la ionización del nitrógeno para incrementar el potencial de difusión del nitrógeno en la denominada tecnología de nitruración por plasma. Una manera simple y eficaz para la aceleración de la nitruración por plasma como un proceso de difusión es aumentar la velocidad de difusión del nitrógeno por el aumento de la temperatura del sustrato. A medida que el calentamiento de los sustratos a la temperatura requerida por medio de SHC-PTT se produce sólo por la descarga luminiscente, nitruración a temperaturas más altas implica procesamiento en una mayor potencia eléctrica y, por tanto, a una mayor densidad de

corriente, lo que aumentará aún más la tasa de nitruración por plasma debido a un mayor



INICIO EDICIONES INSTRUCCIONES PARA AUTORES COMITÉ EDITORIAL JBCT UADEC CGEPI

tratamiento superficial debido a sus excelentes características, tales como ahorro de energía y simplicidad en su aplicación (Matsuda y col., 1987).

BORURACIÓN

La boruración es un tratamiento termoquímico que consiste en la difusión de boro atómico en la superficie del metal para conseguir una mayor dureza superficial mediante la formación de boruros. El potencial de difusión del boro es influenciado por la composición química del sustrato, la temperatura y el tiempo del tratamiento (Puértolas y col., 2010; Gómez-Vargas y col., 2012). El borurado puede ser aplicado a un rango amplio de materiales que incluyen aceros, hierros fundidos y aleaciones (Coureaux y col., 2015).

La boruración normalmente se hace en estado sólido, mediante polvo de distintas granulometrías o mediante pasta. El donante de boro suele ser carburo de boro, mezclado con un relleno y un activador. Las temperaturas a las que se hace este tratamiento están comprendidas entre los 800 y los 1050 °C. La pieza con el polvo o la pasta se introduce en un recipiente, se sella, y se introduce en el horno.

La boruración debe realizarse en atmósferas libres de oxígeno y debe mantenerse su ausencia tras el tratamiento hasta que las piezas se hayan enfriado hasta los 300 °C aproximadamente. En el caso de los aceros es posible realizar el temple y el revenido tras la boruración. No se pueden borurar aceros con contenidos elevados de aluminio y silicio (Puértolas y col., 2010).

CONCLUSIONES

El estudio de los procesos termoquímicos en el acero es un tema que ha sido investigado ampliamente y evoluciona en función de las características de los nuevos materiales que pueden ser usados como aporte y las nuevas generaciones de aceros avanzados y aleaciones no ferrosas que se pueden emplear como sustratos para mejorar sus propiedades superficiales. Existe un gran desafío en sus aplicaciones ya que regularmente se ha trabajado con aceros de baja aleación, por lo que de manera simultánea al desarrollo de nuevos aceros, se seguirán investigando los tratamientos termoquímicos que incrementen sus propiedades superficiales.

REFERENCIAS

- Coureaux M.D, Sagaró Z.R, Calzadilla R.J, Mestra R.A, Llanes P.L. 2015. *Influencia de la microestructura en el comportamiento tribológico de carburos cementados (WC-Co) borados*. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*. 23:259-268.
- Czerwinski F. 2012. *Thermochemical Treatment of Metals*. *INTECH open science | open minds*. Capítulo 5. p. 73-74.
- Dobrzańska-Danikiewicz AD, Hajduczek E, Polok-Rubinić M, Przybył M, Adamaszek K. 2011. *Evaluation of selected steel thermochemical treatment technology using foresight methods*, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*.46:116.
- Ferrer-Giménez C, Amigó-Borrás V. 2005. *Tecnología de Materiales*. Valencia, España. Grupo Editor Alfaomega. p. 483-501.
- Gómez-Vargas, O. A., Campos-Silva, I. E., Figueroa-López, U. (2012). *Tesis Formación y caracterización de capas multicomponentes base boro-nitrógeno producidas sobre la superficie de un hierro duro*. *Instituto Politécnico Nacional*. México. p. 1-10.

Surface and Coatings Technology. 200:1830–1836.



[INICIO](#) [EDICIONES](#) [INSTRUCCIONES PARA AUTORES](#) [COMITÉ EDITORIAL](#) [JBCT](#) [UADEC](#) [CGEPI](#)

... 1997. Rapid plasma nitriding process by means of hollow Cathode Glow Discharge (Materials, Metallurgy & Weldability). Transactions of JWRI. 16(1):139-144.

Nikolov K, Bunk K, Jung A, Kaestner P, Brauer G, Klages CP. 2014. High-efficient surface modification of thin austenitic stainless steel sheets applying short-time plasma nitriding by means of strip hollow cathode method for plasma thermochemical treatment. Vacuum 110:106-113.

Puértolas JA, Ríos R, Castro M, Casals JM. 2010. Tecnología de superficies en materiales. Madrid, Editorial Síntesis. p. 15-31.

Robledo-Monsivais R. 1997. Tesis Análisis metalográfico y termoquímico de aceros y fundiciones. p.34-35.

Suchánek J, Kuklík V. 2009. Influence of heat and thermochemical treatment on abrasion resistance of structural and tool steels. Wear 267:2100-2108.

Winter K.-M, Kalucki J, Koshel D. 2015. Process technologies for thermochemical surface engineering. Thermochemical Surface Engineering of Steels. 141-206.

THIS ENTRY WAS POSTED IN [AQM NO. 16 / JUL - DIC 2016](#). BOOKMARK THE [PERMALINK](#).

Deja un comentario

Tu dirección de correo electrónico no será publicada. Los campos obligatorios están marcados con *

Comentario

Nombre *

Correo electrónico *

Web

