

MEJORA DEL CONTROL DE LA CALIDAD DEL PROCESO DE TRATAMIENTO TÉRMICO DE UN ACERO PARA BLINDAJE

IMPROVEMENT FOR QUALITY CONTROL PROCESS OF STEEL FOR ARMORED THERMAL TREATMENT

Alejandro B. Duffus Scott^{1}, Iliana de las Mercedes Céspedes Ineraite²,
Julio García Matamoros² y Amado Cruz Crespo¹*

¹ Centro de Investigaciones de Soldadura (CIS), Facultad de Ingeniería Mecánica e Industrial. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní, km 5 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

² Empresa Planta Mecánica Fabric Aguilar Noriega, Calle A no. 39 e/c, Arroyo Carrascal y Carretera a Planta Mecánica, Zona Industrial Noroeste, Ciudad de Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

Recibido: Mayo 3, 2018; Revisado: Julio 13, 2018; Aceptado: Noviembre 7, 2018

RESUMEN

El tratamiento térmico como proceso tecnológico requiere de un sistema de control de la calidad antes, durante y después de su ejecución. Las propiedades a controlar en cada uno de los momentos dependen fundamentalmente del elemento o pieza específica. En el presente trabajo se aborda el control de calidad del proceso de tratamiento térmico de chapas de un acero para blindaje 30XΓCA, con dimensiones de 200 x 200 x 8 mm y 6 mm. Se hace una descripción coherente y sistemática de las acciones a tomar antes (inspección y ensayo de los aceros), durante (control del proceso) y después (inspección y ensayo final) del proceso de control del tratamiento térmico. Se expone un diagrama de flujo de las secuencias de paso a seguir para la ejecución del proceso de control. Se determina, mediante el ensayo de Jominy, la curva de templabilidad del acero 30XΓCA y se mejoran las cartas tecnológicas para el tratamiento térmico.

Palabras clave: acero para blindaje; control de calidad; templabilidad; tratamiento térmico.

ABSTRACT

The thermal treatment like a technological process requires a quality control system before, during and after his execution. The properties to be controlled in each moment depend fundamentally on the specific element or piece. In present work the quality

Copyright © 2019. Este es un artículo de acceso abierto, lo que permite su uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

* Autor para la correspondencia: Alejandro Duffus, Email: aduffus@uclv.edu.cu

control of thermal treatment to steel sheets for armored 30XГCA, with 200 x 200 x 8 mm and 6 mm dimensions is approached. A coherent and systematic description of actions to be taken before (inspection and testing of the steels), during (control of the process) and after (inspection and final test) in control of thermal treatment process is made. A flow chart of the steps to follow for the execution of the control process is presented. The hardening curve of the 30XГCA steel is determined by the Jominy test and the technology charts for thermal treatment are improved.

Key words: Steel for armored; System for the control of quality; hardenability; heat treatment.

1. INTRODUCCIÓN

La situación económica por la que atraviesa Cuba impone serias limitaciones financieras en la adquisición de materias primas necesarias para el desarrollo industrial. Un alto volumen de estas materias primas se corresponde a aceros, destinados a la fabricación de elementos mecánicos que requieren de tratamiento térmico para un adecuado desempeño (Martínez-Pérez, 2016). En Cuba se producen bajos volúmenes de acero, casi exclusivamente para ser empleados en la construcción civil. Por tanto, el sector metalmeccánico utiliza en su totalidad aceros importados, lo que exige una mayor racionalidad en su consumo.

El proceso de tratamiento térmico, al tiempo que es imprescindible para garantizar la calidad de los componentes, es altamente consumidor desde el punto de vista energético. De ello se deriva que los problemas de calidad asociados a este proceso repercuten significativamente en los costos de producción (Novikov, 1986; Martínez-Pérez, 2000).

El control de la calidad de los procesos de tratamiento térmico requiere un alto rigor en la especificidad por las razones siguientes:

- Materiales relativamente similares no muestran exactamente el mismo comportamiento y pueden requerir de parámetros de proceso o etapas de tratamiento diferentes.
- La dimensión de las piezas para un determinado material influye significativamente en los resultados, e incluso puede conducir a la necesidad de empleo de dispositivos específicos.
- Desde el punto de vista de calidad se considera un proceso especial, el cual consecuentemente requiere controles antes, durante y después del tratamiento.

En base a lo planteado, el presente trabajo enfoca su objetivo fundamental hacia el establecimiento de un sistema para la mejora del control de la calidad del proceso de tratamiento térmico de un acero para blindaje.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales a tratar térmicamente fueron planchas de acero del tipo 30XГCA, con dimensiones de 200 x 200 x 8 mm y 6 mm, cuya composición química se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química del acero 30XГСА, % en peso (Norma GOST 4543-71, 1971)

<i>C</i>	<i>Mn</i>	<i>Si</i>	<i>Cr</i>	<i>Ni</i>	<i>S</i>	<i>P</i>
0,20-0,35	0,80-1,10	0,90-1,20	0,80-1,10	≤ 0,30	≤ 0,025	≤ 0,025

La templabilidad del acero fue determinada mediante el ensayo de Jominy, según la norma (ASTM A 255-02, 2002). La medición de la dureza Rockwell se realizó utilizando una carga de 150 kg (ASTM E 18, 2004). Para ello, en la horneada, junto con las planchas, se colocan 2 probetas testigo de 60 x 60 mm para medir la dureza después del proceso de temple.

Para evaluar la mejor variante de tratamiento térmico fueron utilizados dos regímenes (tabla 2). El control del proceso se realizó en base al diagrama de flujo de la figura 1 (Sarduy, 2006; NC ISO 9001, 2015).

Tabla 2. Regímenes de tratamiento térmico

<i>Régimen</i>	<i>Temperatura de temple (°C)</i>	<i>Tiempo de permanencia (minutos)</i>	<i>Dureza (HRc)</i>	<i>Temperatura de revenido (°C)</i>	<i>Tiempo de permanencia (minutos)</i>
A	890	45-90	38-42	200	60
B	920	45-90	47-50	250	60

Como se observa, el diagrama de la figura 1 muestra las operaciones que se realizan antes, durante y después del proceso de tratamiento térmico. En este caso el proceso de tratamiento consta de dos etapas, temple y revenido, las cuales fueron realizadas en los hornos que se muestran en las figuras 2a y 2b. Una etapa imprescindible por las dimensiones de las planchas es el enderezado, que se realizó en la prensa que se muestra en la figura 3.

2.1. Etapas del proceso de control del tratamiento térmico.

Antes:

- Inspección y ensayo en la recepción de materiales (análisis de la composición química y la templabilidad (Sarduy, 2006)).
- Estado de los sistemas de control de temperatura.
- Calificación del personal (NC ISO 9001, 2015).
- Carta tecnológica. (García-Matamoros, 2012, Céspedes, 2013).
- Verificación de la iluminación del local.
- Controlar el estado técnico de las grúas viajeras.
- Medios de protección, dispositivos de manipulación.
- Selección del tipo de horno.
- Verificación del aceite (utilizado para el enfriamiento de la plancha), su viscosidad y punto de inflamación.
- Seguridad e higiene del trabajo en talleres de servicio.

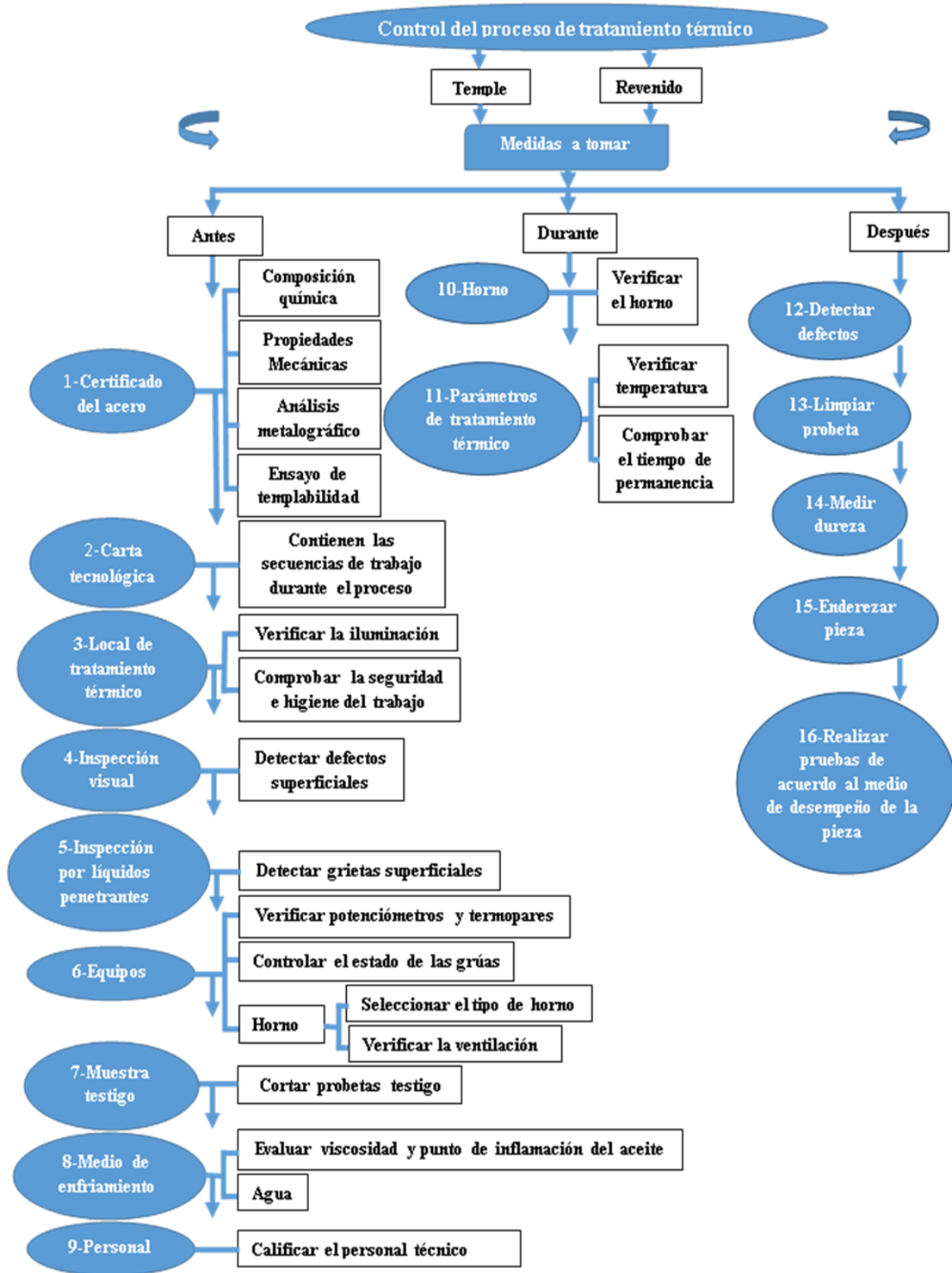


Figura 1. Diagrama de flujo de controles del proceso de tratamiento térmico (Céspedes, 2013)



Figura 2. Hornos utilizados para el tratamiento térmico.
a) Horno de temple, b) Horno de revenido

Durante:

- Temperatura del proceso.
- Tiempos de calentamiento y mantenimiento.
- Velocidades de calentamiento y enfriamiento.

Después:

- Inspección visual.
- Ensayo de dureza.
- Realización de las pruebas correspondientes a la pieza en dependencia de su medio de desempeño.



Figura 3. Prensa para el enderezado de las piezas

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de la tabla 1, se corresponde con la de un acero clasificado como mejorable (Guliaev, 1987). Otras fuentes declaran aceros de similar composición para aplicaciones balísticas (Norma NIJ 0108.01, 2018). El contenido de carbono del acero, junto con los contenidos de silicio, manganeso y cromo, garantizan la presencia de una microestructura que puede alcanzar dureza de 47-50 HR, con buena tenacidad que garantiza su desempeño balístico.

El valor de dureza obtenido para los regímenes de tratamiento de la tabla 2 es de 38-42 HRc para el A y 46-50 HRc para el B. Donde para los resultados obtenidos, el acero B presenta mayor dureza, asociado a la temperatura de temple: Una menor temperatura de temple para el tratamiento A, hace que en el traslado de la plancha desde el horno a la cuba de enfriamiento este se enfríe, aproximándose a la temperatura de la

transformación Ar₃, y consecuentemente disminuyendo la razón de enfriamiento y con ello la obtención de estructuras de mayor dureza.

Los resultados del ensayo de Jominy son mostrados en la tabla 3 y figura 4. Se observa que la dureza máxima alcanzada a la distancia de la superficie de la probeta de 1,6 mm es de 52 HRC. A partir de 19 mm, desde el extremo templado, la dureza disminuye bruscamente, lo cual significa que se corresponde a un acero de mediana templabilidad (Lobaina, 2012).

Tabla 3. Dureza en la muestra en función de la distancia Jominy

<i>Distancia Jominy (mm)</i>	<i>Dureza (HV)</i>	<i>Dureza (HRC)</i>
1,6	550,4	52,4
3,2	519,17	50,4
4,8	501,8	49,2
6,4	489,7	48,4
8,0	455,3	45,8
9,6	437,2	44,2
11,2	410,2	41,8
12,8	390,8	39,9
16,0	362,1	36,8
19,2	340,5	34,3
22,4	336,0	34,1
25,6	312,5	31,3
28,8	285,3	27,8
32,0	267,3	25,2
35,2	260,1	24,6
37,5	244,9	21,3
40,7	243,1	21,0

Para este tipo de acero en particular, el ensayo de templabilidad como control de calidad antes del tratamiento térmico constituye un paso esencial, junto a la composición química (figura 1). Posterior al tratamiento de temple el control de calidad se sintetiza en el valor de la dureza, la cual se mantiene luego del proceso de revenido.

Dadas las especificidades del proceso de tratamiento térmico, el diagrama de flujo de controles de calidad de la figura 1, se demuestra que el resultado es susceptible al efecto de la composición química del acero, la templabilidad, temperaturas de temple y revenido, tiempo de permanencia, tanto antes, como durante y después del proceso. Tomando como base trabajos precedentes en esta temática (Soria-Aguilar y col, 2015, Martínez-Pérez, 2016, García-Cueto, 2016, Juran, 2001, García-Matamoros, 2012), se considera esencial para los resultados de calidad, a la calificación del personal que realiza el proceso de tratamiento térmico.

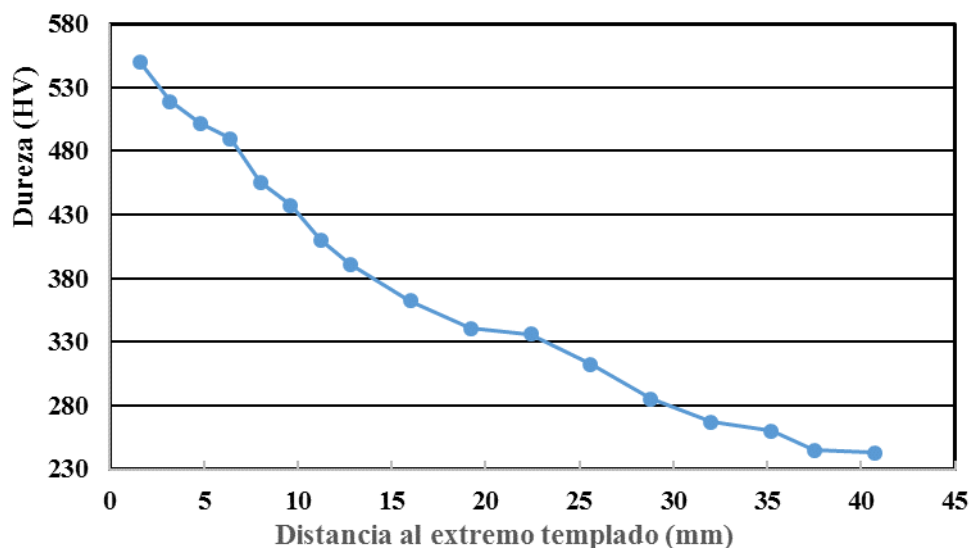


Figura 3. Curva de templabilidad para el acero 30XГCA, (Lobaina, 2012)

4. CONCLUSIONES

1. El diagrama de flujo de controles de calidad considera las variables esenciales antes, durante y después del tratamiento térmico, así como las dimensiones de la plancha. El resultado se valida fundamentalmente por la dureza después del temple y el revenido a 200 y 250 °C.
2. La composición química del acero y los resultados del ensayo de Jominy, como aspectos a controlar antes del tratamiento térmico, reflejan que el acero con un carbono equivalente de 0,66 %, es clasificado como mejorable. A partir de 19 mm, desde el extremo templado, la dureza disminuye bruscamente, lo cual significa que se corresponde a un acero de mediana templabilidad, garantizando los requerimientos para el desempeño balístico.
3. Dentro de los dos regímenes evaluados, el régimen con temperatura de temple de 920 °C y temperatura de revenido de 250 °C con un tiempo de permanencia de 60 minutos, garantiza mejores resultados, a causa de una mayor razón de enfriamiento por una temperatura de la chapa mayor en la entrada a la cuba con aceite. Este tratamiento garantiza una dureza de 46-50 HRc.
4. Los resultados del ensayo de Jominy, muestran que la dureza máxima alcanzada a la distancia de la superficie de la probeta de 1,6 mm es de 52 HRc.

REFERENCIAS

- ASTM A 255–02., Standard Test Methods for Determining Hardenability of Steel., 2002, pp. 16-19.
- ASTM E18, Ensayo de Dureza Rockwell de Materiales Metálicos., 2004, pp. 56-60.
- Céspedes, I.I., Propuesta de un Sistema para la mejora del control de la calidad del proceso de tratamiento térmico de aceros para blindajes., Tesis presentada en opción al Grado Científico de Máster en la Especialidad Ingeniería Mecánica, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Cuba, 2013.
- García-Matamoros, J., Tratamiento Térmico, Manual de Calidad de la Empresa Planta Mecánica, Santa Clara, 2012, pp. 15-23.

- García-Cueto, E, Influencia de la temperatura de revenido en un acero aleado., Tesis presentada en Opción al Título académico de Química Industrial, Universidad de Cantabria, España, 2016.
- Guliaev, A.P., Metalografía., Editorial MIR, Vol. 2, Moscú, 1987, pp. 56-57.
- Juran, J.M., Manual de Calidad., 5ta ed., España, Vol. 1 y 2, McGraw-Hill, 2001, pp. 68-93.
- Lobaina, F.P., Montaje del Ensayo Jominy., Trabajo de Diploma, Especialidad Ingeniería Mecánica, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba, 2012.
- Martínez-Pérez, F., Procedimiento para la adecuada selección de aceros y de su tecnología de tratamiento térmico., Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 25, No. 2, abril-junio, 2016, pp. 59-60.
- Martínez-Pérez, F., Tecnología de tratamiento térmico, un enfoque sistémico., Editorial Varela, La Habana, 2000, pp. 86-92.
- Norma GOST 4543, Acero estructural., 1971, pp. 8-13.
- NC ISO 9001, Sistemas de Gestión de la calidad – Requisitos., 2015, pp. 22-33.
- Norma NIJ 0108.01, Acero Resistente a Prueba de Balas., 2018, pp. 7-12. Disponible en: www.astralloy.com/es, Consultada 18/03/2018.
- Novikov, I.I. Teoría del tratamiento térmico de los metales., Moscú, Metalurgia, 1986, pp. 8-9.
- Sarduy, V.L., Procedimiento general para la inspección del tratamiento térmico., Manual de calidad de la Empresa Planta Mecánica., 2006, Santa Clara, pp. 16-18.
- Soria-Aguilar, MJ, Reyes-Guzmán, F, Carrillo-Pedroza, F, García-Garza F, Álvarez-Jiménez, H, Silva-Guajardo Luis A., Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades mecánicas y microestructura de un acero para tubería API 5CT J55., Revista Ingeniería Investigación y Tecnología, Vol. XVI, No. 4, octubre-diciembre 2015, pp. 541-550.