

TÍTULO: Recondicionamiento de piezas de hierro fundido por tratamiento térmico (II Parte).

TITLE: Reconditioning Cast Iron Pieces through Heat Treatment (Part II).

AUTORES:

Dr.C. Francisco Luis Hernández Arias (1)

Ing. Maria Elvira Font Pérez (1)

PAÍS: Cuba

RESUMEN: Se aborda la importancia que posee el incremento de volumen del material, en piezas de hierro gris, a causa de los cambios estructurales que en las mismas provoca el tratamiento térmico; planteándose como objetivo fundamental el de mostrar que el tratamiento térmico no solamente es aplicado a piezas en el proceso de fabricación, sino que es posible su aplicación en el proceso de recuperación de piezas; escogiéndose como problema, el desgaste que sufren algunos elementos del motor de combustión interna (MCI), como son los segmentos y los sombreretes o tapetas del tractor KOMATSU, debido a la fricción que sufren estos elementos. Se muestra además la tecnología de recuperación tratamiento térmico empleada.

PALABRAS CLAVES: REACONDICIONAMIENTO, TRATAMIENTO TERMICO, HIERRO FUNDIDO, ESTRUCTURA, METALOGRAFIA.

ABSTRACT: This paper approaches the importance of increased volume in gray iron pieces, due to structural changes caused by heat treatment; considering as the main objective to show that heat treatment is not only applied to pieces in the manufacture process, but also in the recovery process. The problem put forward in this investigation is the wear of some elements of internal combustion engines (ICE), such as the segments and the chimney bonnets of KOMATSU tractors, due to the friction they undergo. The recovering technology employed in the investigation is also shown.

KEY WORDS: RECONDITIONING, HEAT TREATMENT, CAST IRON, STRUCTURE, METALOGRAPHY.

INTRODUCCIÓN

Las fundiciones grises, como material de ingeniería se distingue del acero atendiendo a su composición química, por su elevado contenido de carbono, manganeso, silicio y fósforo; desde el punto de vista de su estructura metalográfica por la presencia de inclusiones de grafito. También existen diferencias entre sus propiedades mecánicas y tecnológicas, algunas de las cuales favorecen a la fundición y otras, en cierto grado, la desfavorecen, aunque de modo general, se reconocen las excelentes cualidades de este material en la fabricación de piezas en la industria mecánica y en otras ramas de la economía nacional.

Los tratamientos térmicos especiales y las modernas tecnologías de obtención de las fundiciones amplían su campo de aplicación, producto de que se pueden

lograr un mejoramiento considerable de sus propiedades mecánicas. A título de ejemplo sería bueno citar la fundición de alta resistencia (grafito esferoidal), en la que se observan índices de resistencia a la tracción cercana a la del acero. Una propiedad física muy interesante y a la vez sorprendente de la fundición gris ha sido poco estudiada y mucho menos, utilizada y es la referida al incremento irreversible que experimenta el volumen del material al ser sometido a regímenes térmicos determinados.

Las piezas elegidas para este trabajo son las tapetas o sombreretes de los puntos de apoyo del cigüeñal y los aros del motor de combustión interna, fabricados ambos a partir de fundición gris, las cuales sufren desgastes en la zona de interferencia; que en el caso de las tapetas es con el block y debido a ello son reemplazadas o recuperadas mediante procedimientos que en algún modo encarecen el proceso de recuperación o que producen variaciones indeseables de la configuración de la pieza, como es el caso de la deformación plástica.

Precisamente aprovechando la propiedad que tienen los hierros fundidos de incrementar su volumen mediante algunos regímenes de tratamiento térmico es que se inició este trabajo; con el objetivo fundamental de recuperar las dimensiones perdidas en la zona de interferencia de la pieza, sin aporte de material; utilizando para ello el proceso de tratamiento térmico, logrando con ello aumentar el plazo de vida útil de estos elementos con un mínimo de costo.

Las tareas desarrolladas para dar cumplimiento al objetivo propuesto son las siguientes:

- Estudio de la composición química y de la estructura metalográfica del material.
- Ensayo de la dureza del material.
- Determinación experimental de los parámetros del régimen de tratamiento térmico.

MATERIALES Y METODOS.

Caracterización del material de las piezas recuperadas.

Anteriormente se hizo referencia a que tanto las tapetas como los segmentos de los tractores KOMATSU son fabricados a partir de fundición gris. A continuación se presentan los resultados del análisis de la composición química y de la estructura metalográfica. Los ensayos y la tecnología desarrollada se efectuaron empleando tapetas de apoyo del motor combustión interna KOMATSU y segmentos del auto del motor. Para el caso de este trabajo haremos referencia con mayor énfasis a las piezas recuperadas del tipo "tapeta" y de los segmentos de los motores de combustión interna.

Las tapetas tienen como función sostener el cigüeñal, que según / Arias-Paz, 1978, CIME, 1993/ son las piezas del motor que más cargas soportan y que determinan su fiabilidad y duración. Estas piezas se encuentran ubicadas en la parte anterior, posterior y en los tabiques internos del block. Las tapetas o

sombreretes como también así se les llaman /Arias-Paz, 1978; Jovaj, M, 1973/ y donde se colocan los cojinetes de fricción, se fabrican independientes (desmontables) y se fijan al cigüeñal mediante tornillos o espárragos; unidos estos a su vez a las bielas. Para asegurar la rigidez que demandan estos elementos, se fabrican con un volumen considerable de material, macizos y con nervaduras que permiten el reforzamiento de la pieza. Muchas veces, en el montaje de las tapetas para garantizar su ajuste y alineación se le insertan espárragos o tornillos guías que fijan su posición en el block. Sin embargo, puede que esto se logre mediante la interferencia entre la tapeta y el cigüeñal.

Análisis de la composición química del material.

En la tabla 1.1 se expresan las cantidades en por ciento de los elementos que conforman cada uno de las piezas de hierro fundido recuperadas por tratamiento térmico. Para ello se acudió al análisis químico y espectral de una muestra de cada elemento que fue sometido a la recuperación. El mismo se realizó en un equipo de emisión óptica Suizo del tipo Cuantómetro ARL- 3460.

Nr.	Nombre de la pieza	COMPOSICION QUIMICA %							
		C	Si	Mn	S	P	Mo	Cr	Ni
1	TAPETA	2.28	2.20	1.30	0.10	0.40	1.10	0.80	0.50
2	SEGMENTO	2.30	2.28	0.95	0.15	0.35	0.85	-	-

Tabla 1.1 Composición química del material.

Análisis metalográfico.

En el análisis metalográfico se realizó en un microscopio metalográfico del tipo NEOPHOT-32 dónde se estudiaron las características de la estructura de cada una de las piezas y las mismas arrojaron que estaban fabricadas de hierro fundido gris con grafito laminar (segmentos) y que para el caso de las tapetas se constato que las mismas tenían las inclusiones de grafito en forma esferoidal, distribuidas uniformemente por toda la base metálica en cantidades entre un 12 y 16% con tamaños de los nódulos que oscilan entre 30 y 40 mk. En cuanto a la base metálica se observa que prevalece una estructura perlítica de hasta un 80% y el resto está constituido por ferrita (20%). Presenta además, eutéctica fosfórica triple de grano fino, con distribución uniforme. Del análisis químico y metalográfico se concluye que se está en presencia de una fundición gris aleada, perlito-ferrítica de alta resistencia como se observa en la figura 1.

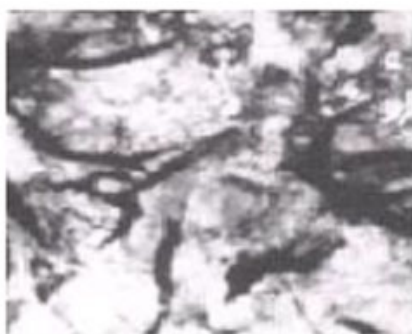


Fig.1 Fundición gris. x 400.

ESTADO ACTUAL QUE PRESENTA LA RECUPERACION DE LAS TAPETAS.

En la bibliografía especializada en recuperación de piezas /CIME, 1993/, aparecen métodos y procedimientos que pueden ser adaptados a la recuperación de estos elementos. Entre estos se encuentran el procedimiento de deformación plástica, recargue duro y el de metalizado /Rodríguez Pérez, 1983/, por citar algunos. El primero de ellos está considerado como uno de los métodos de recuperación sin aporte de material. El mismo consiste en el desplazamiento conveniente de una parte del volumen del material hacia la zona afectada de la pieza, empleado algunas veces, cuando aparecen desgastes entre elementos en contacto o sometidos a la fricción. Los dos restantes métodos se auxilian con el empleo de un material de aporte, que por procedimientos y técnicas determinadas, se sitúan en la zona a reconstruir.

En la actualidad, la deformación plástica y el recargue duro se utilizan empíricamente para recuperar las tapetas en algunos talleres donde se reparan motores de combustión interna con estas características. Los resultados que se obtienen no son del todo ventajoso, en especial, algo que afecta a la pieza al recuperarla mediante la deformación plástica, es intrínseco al principio de recuperación: la deformación de la pieza.

Esto implica que luego de aplicada la recuperación por deformación plástica, se hace necesario realizar el maquinado con el objetivo de enmendar la configuración geométrica de la zona dañada. Otras veces, el control inadecuado de la fuerza generada por la prensa, brinda valores elevados de deformación, poniéndose en peligro la posibilidad de reutilizar la pieza, quedando estas como desecho, producto a la presencia de fisuras, por la alta fragilidad que poseen estos materiales. Los métodos restantes se ven limitados por otros factores, entre ellos, la necesidad de empleo de una técnica compleja, el aporte de material y su consecuente aleación, el obligatorio rectificado de la zona restaurada y, por supuesto, el diseño y la fabricación de dispositivos para las operaciones de maquinado todo esto encareciendo la tecnología de recuperación. Atendiendo que estos métodos no generan buenos resultados, surge la necesidad de buscar una vía de recuperación que promete mayores ventajas y mas económico /Batista Rodríguez, 1996/. Para resolver esta problemática se ha acudido al tratamiento térmico, que hará una década se ha incorporado al campo de la recuperación de piezas y donde se han obtenido resultados muy alentadores.

Hasta ahora se han realizado algunos estudios e investigaciones para utilizar el tratamiento térmico en la recuperación de elementos elásticos (muelles, resortes y ballestas) / Arias-Paz, 1978; CIME, 1993; Jovaj, M, 1973; Lajtín, Yu, 1973/ y segmentos de émbolos de los automóviles /Carballo Peña, 1989/, en los que ya se obtienen resultados alentadores. En la figura 2 se representan dos ejemplos de segmentos recuperados mediante la operación de tratamiento térmico.

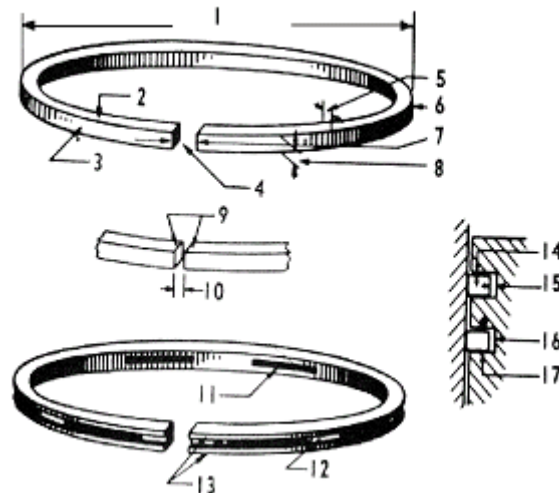


Fig.2. Representación esquemática de un segmento de compresión (arriba) y un segmento de control de aceite (abajo), donde se muestran las diferentes partes: 1. diámetro del segmento, 2. costado del segmento, 3. cara del segmento, 4. unión, 5. grosor radial, 6. tensión diametral, 7. tensión tangencial, 8. ancho, 9. extremos, 10. abertura, 11. respiraderos de aceite, 12. canal, 13. superficies de contacto, 14. holgura lateral, 15. holgura de la ranura, 16. diámetro de la ranura, 17. ancho de la ranura.

En el caso de la recuperación de los sombreretes de los puntos de apoyo del cigüeñal de un tractor marca Komatsu realizado con el empleo del tratamiento térmico, se abren nuevas expectativas por los resultados exitosos que se han obtenido. En la figura 3 se puede observar un esquema de la característica constructiva de este elemento.

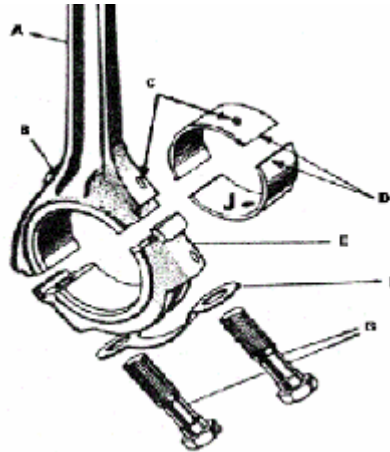


Fig. 3. Conjunto despiezado de un biela: A- Cuerpo de la biela; B- Cabeza; C- Agujero de lubricación; D- Cojinete antifricción; E- Tapeta (elemento recuperado); F- Junta; G- Pernos.

RESULTADOS DEL TRABAJO

DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA DE RECUPERACION.

Esta tecnología de recuperación ha sido desarrollada en las instalaciones de tratamiento térmico de la Empresa "Osvaldo Sánchez" y en el laboratorio de la Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya".

El tratamiento térmico fue realizado en un horno de cementación gaseosa, aunque también puede ser utilizado un horno de cámara /Carballo Peña, 1989/; siempre que el proceso se ajuste a las reglas establecidas para la cementación sólida. Esto se hace necesario para evitar la descarburación de la superficie tanto de las tapetas como de los segmentos de los motores de combustión interna.

Defectado de la pieza.

Durante el desarme del motor en el taller de reparación, donde se determinan cuales son las tapetas que deben ser recuperadas. Para ello es necesario que el mecánico una vez que las tapetas estén desprovistas de grasa e incrustaciones, determine mediante la medición el defecto y su longitud causado por el desgaste, durante la explotación del motor. Es necesario señalar que las tapetas forman parte de las bielas y que estos a su vez son los que sujetan los cigüeñales en uno de sus extremos y por el otro el pistón. Luego de revisadas estas piezas y comprobado su desgaste, las mismas son trasladadas al taller de tratamiento térmico, donde se determina, en base a la magnitud del desgaste, cual es el tiempo que debe permanecer la pieza a la temperatura de trabajo para su recuperación. Es necesario aclarar que las piezas antes de ser enviadas al taller de tratamiento térmico son agrupadas por magnitud similar de desgaste. En el caso de los segmentos se procede de la misma forma, con la diferencia de que estas últimas se les verifica la holgura térmica y su planicidad.

Breve descripción de la tecnología de recuperación.

El termista luego de recibir las piezas ya agrupadas de antemano /CIME, 1993/ en el área de desarme las coloca en un dispositivo en forma de un semi-eje, fabricado de acero termorresistentes con una base de apoyo en uno de sus extremos para ser colocado de forma vertical en el horno y en el otro extremo una agarradera para ser manipulado con la grúa de pórtico /Carballo Peña, 1995/. Su diámetro es similar al diámetro de los apoyos del cigüeñal. Estas son colocadas en pareja y sujetas con una presilla hecha de alambre para muelles para evitar que se puedan caer en la solera del horno y se deformen durante el calentamiento.

Tecnología de recuperación de las tapetas:

La tecnología de recuperación por tratamiento térmico se basa en el calentamiento de las piezas hasta una temperatura de 8400C, con una permanencia a esa temperatura de 10 min. por cada 0.8 mm de espesor a

incrementar. La atmósfera del horno se acondiciona con 60 gotas/min. de keroseno a partir de los 8000C, para evitar la descarburación y favorecer la difusión de carbono. El enfriamiento se realiza al aire hasta aproximadamente los 5000C y a esa temperatura se introduce en el horno de revenido, donde se mantiene durante 30 min., luego se enfría al aire tranquilo. Con esta tecnología se puede obtener un crecimiento máximo de 1.6 mm. Se ha determinado experimentalmente que con este tratamiento térmico se obtiene una dureza entre 93-106 HRB. Si el volumen de incremento es mayor que el permisible las tapetas son enviadas al taller de maquinado para su rectificado interior.

Tecnología de recuperación de los segmentos:

En el caso de los segmentos antes de aplicarle la tecnología de recuperación se hace necesario clasificar los segmentos de acuerdo a la magnitud del desgaste y si están o no deformados. Luego de hecha esta verificación se procede a amarrarlos en grupos de 10 segmentos formando varios paquetes; los que luego son introducidos en el horno.

Se ha comprobado que en la medida que aumenta la temperatura y el tiempo de permanencia, los aros crecen. En el caso del horno de cámara se seleccionó como temperatura óptima del proceso 880oC y para evitar el fenómeno de la descarburación los paquetes son introducidos en cajas metálicas con carbón vegetal .

Cuando se utiliza un horno de cementación gaseosa la temperatura de trabajo debe ser de 840oC, que es dónde se obtienen los mayores valores de crecimiento, con un enfriamiento en aceite y luego se le aplica un revenido a 340oC; para obtener una dureza de 106 -109 HRB. En este tipo de instalación se pueden obtener crecimientos en el orden de los 0.5 – 2.7 mm. Esto se debe a que la difusión del carbono en la austenita es mayor en el medio carburante gaseoso; atmósfera que sólo se puede crear en este tipo de horno, además de ser más activa que la del carburante sólido. En la figura 4 se describe el algoritmo a seguir en la aplicación de la tecnología de recuperación por tratamiento térmico de estos elementos. Según así sean las instalaciones de tratamiento térmico de que se disponga, así será la variante de tecnología a emplear para estos tipos de piezas.

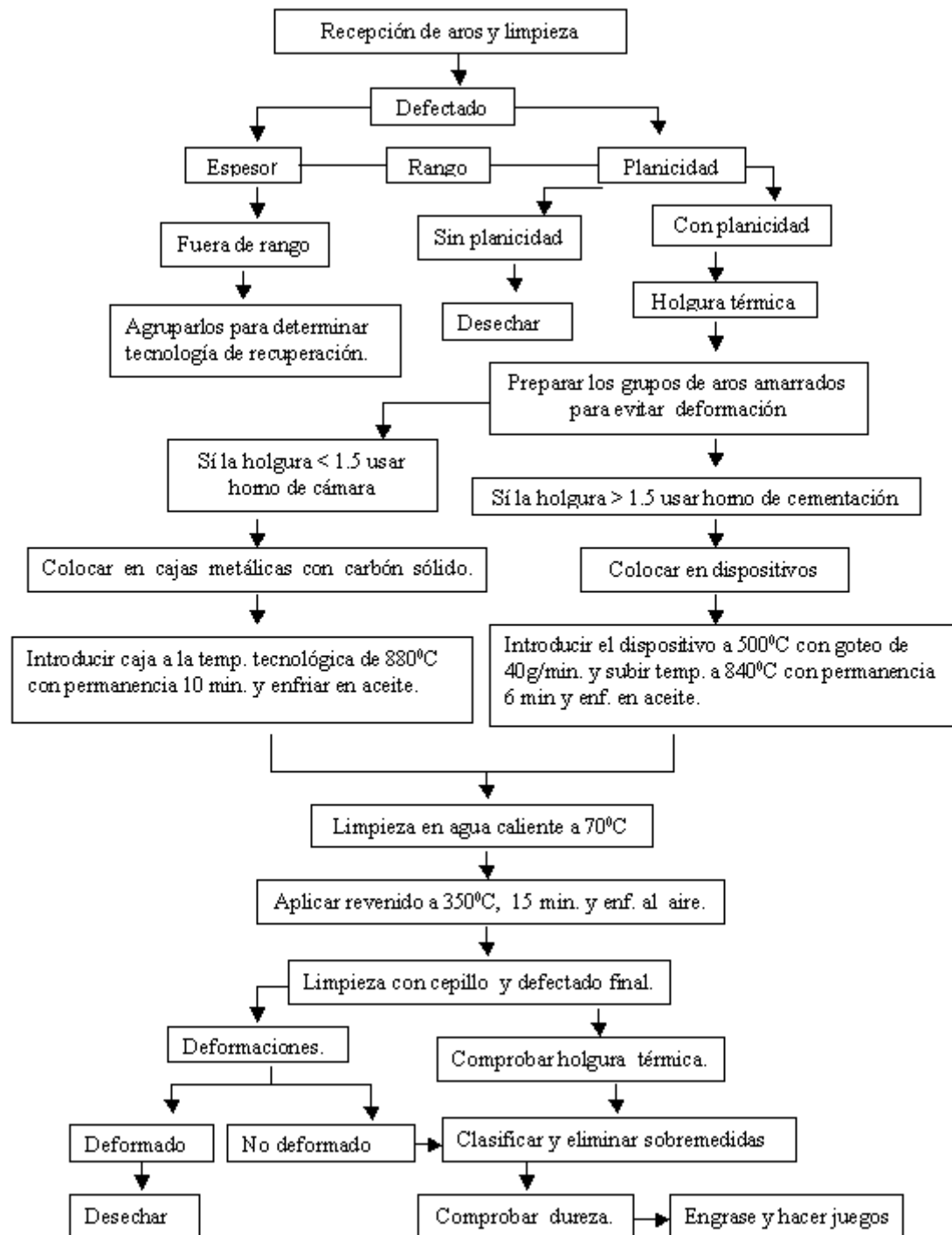


Fig. 4. Algoritmo de la tecnología empleada de recuperación por tratamiento térmico para los segmentos de los motores de combustión interna (MCI).

CONCLUSIONES

1. La tecnología de tratamiento térmico aplicada en la recuperación de las tapetas o sombreretes de los puntos de apoyo del cigüeñal del tractor KOMATSU, garantiza el restablecimiento de las dimensiones perdidas en la zona de interferencia con el blok.
2. Esta tecnología es extensible a tapetas de otros motores con similares características.
3. La posibilidad de recuperar segmentos no solo de automóviles y motos, sino también segmentos de compresores industriales y de otros tipos de equipos.
4. Las ventajas tecnológicas y económicas del tratamiento térmico respecto a otras vías de recuperación empleadas, son representativas.

RECOMENDACIONES

- Ampliar el campo de aplicación del tratamiento térmico como vía de recuperación, hacia otras piezas fabricadas a partir de hierro fundido, con estructura perlítica y que durante el proceso de trabajo sufren desgastes.
- Efectuar un estudio profundo sobre las propiedades físico-mecánicas obtenidas, luego de la recuperación mediante el empleo del tratamiento térmico.
- Estudiar la posibilidad de generalizar esta tecnología a todos los talleres que confronten dificultades con piezas de hierro fundido y que por supuesto tengan condiciones para ello.

BIBLIOGRAFÍA

1. Arias-Paz, M. Manual de Automóviles. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1978. 125 p.
2. Batista Rodríguez, C. Cálculo del costo estimado de las piezas tratadas térmicamente. Holguín; Centro de Información Científico-Técnica "Benito Juárez", 1996. 220 h.
3. Carballo Peña, A. Estudio de la influencia que ejercen la velocidad de enfriamiento, la temperatura y el tiempo de permanencia sobre el crecimiento y las principales propiedades mecánicas de los segmentos de émbolos del MCI recuperados por tratamiento Térmico. Holguín; Universidad "Oscar Lucero Moya", 1995. 120 h.
4. (Tesis en opción al grado de Master en Ciencias).
5. CIME: Grupo Científico-Técnico de Recuperación de Piezas. Manual de Recuperación de Piezas. La Habana, Editorial Científico-Técnica, 1993. 403 p.
6. Jovaj, M.S. Motores de Automóviles. Moscú: Editorial Mir, 1973. 230 p.
7. Lajtín, Yu.M. Hierro Colado. En: Metalografía y Tratamiento térmico de los Metales. Moscú: Editorial Mir, 1973. p. 352-370
8. Martínez Pérez, F. Tratamiento térmico. México: Editorial Limusa, 1995. 135 p.
9. _____. La Tribología: Ciencia y Técnica para el mantenimiento. México: Editorial Limusa, 1996. 430 p.

Rodríguez Pérez, H. Metalurgia de Soldadura. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1983. 613 p.

DATOS DE LOS AUTORES

Nombre:

Dr.C. Francisco Luis Hernández Arias (1)

Ing. Maria Elvira Font Pérez (1)

Correo:

fhernandez@facing.uho.edu.cu

mefont@facing.uho.edu.cu

Centro de trabajo:

(1) Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya”. Carretera Vía Guardalavaca, Gaveta Postal 57, 80100. Holguín. Cuba. Tel. (+53) 24 48 26 75