

Influencia del manganeso en la producción de hierros nodulares ferríticos

T. Rodríguez Moliner, T. Ross Yañez

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Facultad de Ingeniería Mecánica.
Departamento de Tecnología de la Construcción de Maquinarias. Grupo de Materiales.
Calle 127 s/n, CUJAE, Marianao 15, Ciudad de La Habana, Cuba.
Teléfono: (53 7) 27 1208 Fax: (53 7) 27 1208
Email: tania@mecanica.ispjae.edu.cu.

(Recibido el 11 de abril de 1999; aceptado el 27 de mayo de 1999)

Resumen

El estudio del efecto del manganeso en los hierros nodulares es de suma importancia. Todos los autores concuerdan que para la producción de hierros ferríticos es de suma importancia que el contenido de manganeso debe ser lo mas bajo posible. Sin embargo no existe un consenso de cuan bajo debían ser estos niveles, ya que depende conjuntamente de otros factores.

Este trabajo se propuso determinar limites de concentración de manganeso para barras de 25mm de ancho y con una buena estructura del grafito, obteniendo en cada caso hierros ferríticos directamente de fundición.

Dichos limites fueron encontrados en 0.15% para producir el hierro nodular 40-18 y en 0.6% para el 42-12. Contrariamente a estudios anteriores, no se encontró ningún efecto del mismo en el conteo de los nódulos. Se determinó que el manganeso tiende a disminuir el rango de temperaturas entre la reacción estable y la inestable de descomposición de la austenita, a pesar de hacer decrecer ambas temperaturas

Palabras claves: Hierros nodulares, manganeso, ferrita.

1. Introducción

Los hierros dúctiles son una familia de materiales con un amplio espectro en propiedades mecánicas. Las diferentes marcas o grados difieren en su microestructura, la cual está generalmente formada por ferrita y perlita. Mientras la estructura del grafito se define durante la solidificación, la microestructura lo hace durante las transformaciones en el estado sólido (descomposición de la austenita).

La razón entre la cantidad de ferrita y perlita será definida por la composición química del material, la velocidad de enfriamiento y la estructura del grafito (nodularidad y conteo de nódulos). Los dos últimos factores son fáciles de adaptar a las condiciones específicas de producción de una determinada pieza, es por esto que la composición química es considerada uno de los factores más significativos en la determinación de la microestructura.

Elementos tales como cobre, manganeso y estaño son promotores de la formación de perlita. El manganeso es también un promotor de la formación de carburos y ha sido reportado como reductor del conteo de nódulos [9].

En los hierros nodulares ferríticos se acepta generalmente hasta un 5 % de perlita. Sin embargo esta definición no se aplica de igual manera a los diferentes grados de hierros ferríticos, ya que si nos referimos al 42-12 podrían ser aceptados valores muy superiores a los mencionados.

En la literatura se pueden encontrar incontables artículos que se refieren a la influencia del manganeso en la microestructura. Sin embargo, cuando buscamos información sobre los contenidos de manganeso recomendados para la producción de hierros dúctiles ferríticos, encontramos una cierta confusión. Los contenidos de manganeso recomendados en la literatura van desde 0.04 hasta 0.4% [1-7]. Este rango tan amplio es inservible para obtener hierros ferríticos bajo determinadas condiciones.

El objetivo de este estudio consiste en determinar para condiciones específicas, los niveles de manganeso límites para la producción de las marcas más dúctiles de hierros nodulares. Además, se estudian los efectos del manganeso en el hierro nodular, tanto en la microestructura como en las propiedades mecánicas.

2. Procedimiento experimental

Para analizar el efecto del manganeso en los hierros nodulares se usó una serie de 5 coladas en la cual solo variaba el contenido de este elemento. El metal fue fundido en un horno de inducción de 70 Kg y vertido en bloques en Y de 25 mm.

La materia prima utilizada fue arrabio SOREL, chatarra de acero, FeSi y FeMn. Todas las coladas partieron del mismo metal fundido, al que se le añadía FeMn a medida que se iban vertiendo los bloques en Y. La temperatura de vertido fue 1500°C y los tratamientos posteriores fueron efectuados en la cazuela, con el uso de NiMg e

INOSTRONG (nombre comercial de un inoculante con el uso de estroncio).

En todos los casos el tiempo entre la inoculación y el vertido en el molde se mantuvo constante en 30 segundos. Para registrar la curva de enfriamiento fueron situados termopares en las barras del bloque en Y. Denominaremos las muestras de cada colada como M1, M2, M3, M4 y M5.

Las composiciones químicas de cada una de las coladas puede ser apreciada en la Tabla 1. Tal como se puede ver, las variaciones en composiciones químicas son mínimas exceptuando el caso del manganeso. Esto haría válida la comparación entre estas muestras para determinar el efecto del manganeso en las mismas.

Tabla 1 Composiciones Químicas de las coladas M1-M5. Para todas las muestras Cu 0.03, Sn 0%

Prueba	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mg
M1	3.55	2.52	0.03	0.02	0.014	0.04	0.54	0.052
M2	3.54	2.41	0.15	0.02	0.014	0.05	0.55	0.049
M3	3.55	2.43	0.31	0.02	0.015	0.05	0.58	0.053
M4	3.48	2.44	0.53	0.021	0.014	0.05	0.61	0.059
M5	3.44	2.46	0.69	0.022	0.014	0.05	0.61	0.061

Para el análisis microestructural fueron tomadas muestras a 20 mm del extremo de la barra y con una altura de 25 mm. El procedimiento empleado para la determinación de las fases es explicado detalladamente en la referencia [8].

Las barras fueron también usadas para realizar ensayos mecánicos de acuerdo a ASTM, tanto de tracción como de impacto.

Las mediciones registradas por el termopar fueron procesadas con ayuda de una computadora para determinar las temperaturas de transformación de la austenita.

3. Efectos del Mn en la microestructura

En la Tabla 2 se muestran los resultados del análisis microestructural de las muestras M1-M5. Tal como era esperado, a medida que aumenta el contenido de manganeso, crece la cantidad de perlita en la estructura. Con un incremento de 0.66% de manganeso la cantidad de perlita aumenta de 7% hasta 49%.

Tabla 2. Resultados del análisis microestructural de las muestras en estudio

Prueba	Nna (nod/mm ²)	Perlita (%)	Ferrita (%)
M1	223	7.25	79.95
M2	192	16.27	71.59
M3	185	25.2	63.41
M4	193	35.8	52.57
M5	188	49.2	39.7

Todas las muestras resultaron libres de carburos y con conteos de nódulos cercanos a los 190 nódulos/mm². Las

microestructuras pueden ser observadas desde la figura 1 hasta la 5.

Como se puede observar en la tabla 2 y en la figura 6, el efecto del manganeso en el conteo de nódulos es casi nulo en nuestras condiciones experimentales. Solamente la muestra M1 presenta ligeramente valores superiores a los del resto de las muestras. Este resultado de cierta forma se contradice con los obtenidos por Gagné [9] quien reporta un decrecimiento en el conteo de los nódulos a medida que aumenta el contenido de manganeso.

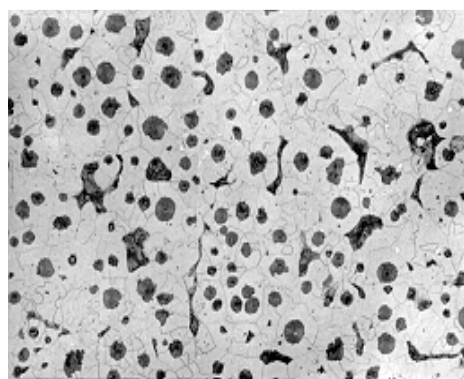


Fig. 1. Microestructura de la muestra M1. Atacada con Nital 100X. Contenido de Mn 0.03%

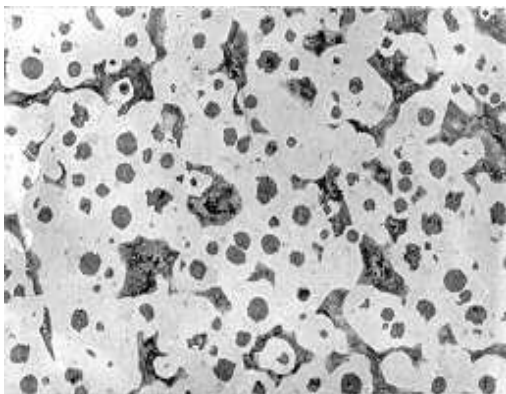


Fig. 2. Microestructura de la muestra M2. Atacada con Nital 100X. Contenido de Mn 0.15%

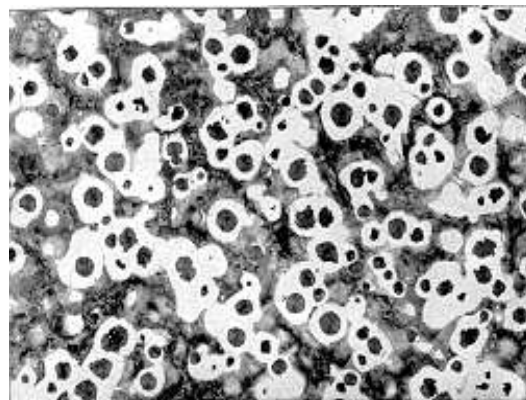


Fig. 5. Microestructura de la muestra M5. Atacada con Nital 100X. Contenido de Mn 0.69%

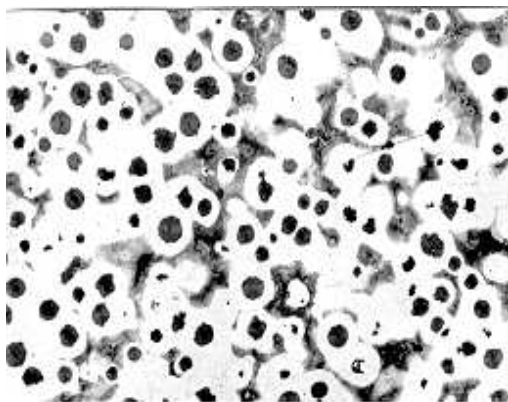


Fig. 3. Microestructura de la muestra M3. Atacada con Nital 100X. Contenido de Mn 0.31%

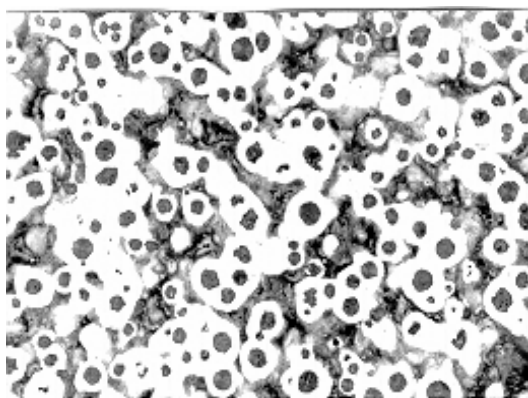


Fig.4. Microestructura de la muestra M4. Atacada con Nital 100X. Contenido de Mn 0.53%

Hay que señalar que los conteos de nódulos obtenidos en la investigación de Gagné son menores que los obtenidos en el presente estudio. Es posible que la mayor potencia nucleadora del Inostrong pueda enmascarar de cierta forma la influencia del manganeso en el conteo de nódulos.

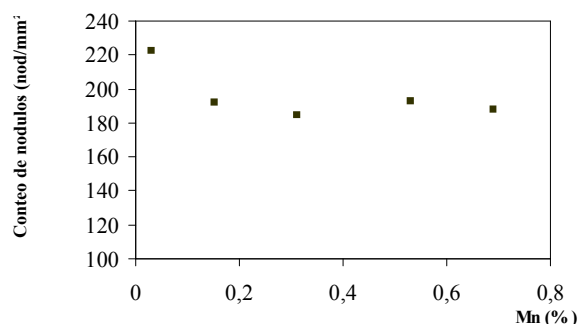


Fig. 6 Efecto de los niveles de Mn en el conteo de nódulos

4. Efectos del Mn en la temperatura de la reacción de descomposición de la austenita

Del análisis de cada una de las curvas de enfriamiento y sus derivadas se puede estimar el rango de temperaturas en el cual ocurre la transformación eutectoide. En la figura 7 se muestra como varían estas temperaturas cuando los contenidos de Mn se incrementan.

No es objetivo de este trabajo la determinación de dichas temperaturas con exactitud, por lo cual no se pretende brindar valores precisos. Sin embargo estas pueden ser usadas para comparar y medir el efecto del manganeso en las mismas.

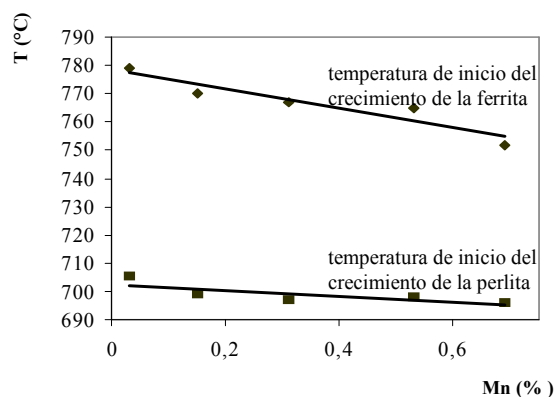


Fig. 7. Variación de las temperaturas de inicio de formación de la ferrita y la perlita respectivamente.

Como es evidente ambas temperaturas (inicio y fin de transformación) disminuyen con el aumento de los contenidos de manganeso, pero las pendientes de ambas rectas difieren. Es claro también que la diferencia entre ambas temperaturas decrece a medida que aumenta el contenido de manganeso. Lo anterior confirma el efecto

encontrado en el análisis microestructural ya que a medida que el contenido de manganeso aumenta, se hace cada vez menos favorable la formación de ferrita.

Las diferencias de pendientes en ambas rectas solo pueden ser explicadas con los mecanismos de crecimientos de cada uno de los componentes.

5. Efecto en las propiedades mecánicas

Los resultados de los ensayos de tracción e impacto pueden ser observados en la Tabla 3. Como era de esperar, la resistencia a la tracción, así como el límite al 0.2% aumentan con el incremento en el contenido de manganeso. Por el contrario, la elongación y la resistencia al impacto disminuyen.

Estos resultados son esperados teniendo en cuenta las cantidades relativas de ferrita y perlita en cada una de las muestras y brinda una idea de los límites de manganeso necesarios para la producción de ciertos grados de hierros nodulares ferríticos.

Tabla 3. Propiedades mecánicas de las barras tomadas de M1-M5.

Prueba	Rm(N/mm ²)	R _{0.2%} (N/mm ²)	d(%)	HBs	Charpy Impact value (J)
M1	465	345	20.5	160	13.3
M2	480	350	19.5	169	11.5
M3	525	374	16	181	7
M4	565	385	14	195	4.3
M5	635	425	11	207	3.5

Para nuestras condiciones podemos fijar el límite para la producción del grado 40-18 en contenidos de manganeso de 0.15%. Este resultado está de acuerdo con los obtenidos por Stefanescu [6] y otros autores [3]. Para la marca 42-12 el contenido de manganeso podría ser tan alto como 0.6% lo que es más alto que los valores reportados anteriormente.

El efecto del manganeso en los resultados del ensayo Charpy es mucho mayor que en los de elongación y este pudiera de cierta forma considerarse determinante. Este hecho implica que si una alta resistencia al impacto es necesaria, los contenidos límites de manganeso debían ser menores que el obtenido en M2 (%Mn <0.15).

6. Conclusiones

El manganeso tiene el efecto de incrementar la cantidad de perlita en la estructura a medida que aumenta su contenido. Contrariamente a otros estudios, no fue encontrada una influencia significativa del contenido de manganeso en el conteo de nódulos.

A medida que aumentan los niveles de manganeso se reduce el rango de temperaturas existentes entre el inicio de la formación de ferrita y perlita, aunque ambos valores disminuyen con dicho aumento.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en el siguiente trabajo, es posible establecer límites en el contenido de manganeso para la producción de los grados 40-18 y 42-12 de hierros nodulares ferríticos. Estos fueron determinados en 0.15 y 0.6% respectivamente. Estos límites son válidos para composiciones y condiciones de enfriamiento similares a las mostradas en el presente trabajo.

Bibliografía

1. S.I.Karsay. Production of as-cast ductile iron. AFS Transactions 1965, p204
2. G.L.Harrison. Production of spheroidal graphite iron using high purity iron. Foundry Trade Journal, No 2832, 1971, p 173.

3. Exemples de fabrications de pieces en fonte a graphite spheroidal a base de fonte de haute purete. Hommes et Fonderie. Aout-Septembre, 1974, p 33
4. Maurice Decrop, Jean Claude Margerie. Coulee a vert de pieces minces en fonte a graphite spheroidal. Fonderie, 279, Juin 1969, p 275.
5. J.Kablan. Production of as-cast ductile iron from steel scrap using induction furnaces. 43rd International Foundry Congress. Bucharest, Romania 1976. (en aleman)
6. D.M.Stefanescu. Production of as-cast ferritic and ferritic-pearlitic ductile iron in green sand molds. AFS International Cast Metals Journal, June 1981, p 23.
7. A.W.Kosten, Temir-Tau, J.Bast. On the problem of manufacturing complicated thin walled castings from high quality spheroidal graphite iron. Giessereitechnik 1974 No 4, p 120. (en aleman)
8. T.Rodriguez Moliner. Production of as-cast ferritic ductile iron using high Manganese steel scrap as charge material. Tesis de Doctorado, Septiembre 1997.
9. M.Gagné. The combined effect of Manganese and Chromium on the microstructure of ductile iron castings. AFS Transactions 1984, p 387.

Influence of manganese content on the production of ferritic ductile iron

Abstract

The study of the manganese effects on ductile irons is very important. Several authors agree that for the obtainment of ferritic iron grades its content should be kept as low as possible. However there is not a complete agreement on the exact levels the manganese content should be, when the intention is to use as-cast procedures.

The aim of this paper was to determine the manganese limits for the obtainment of ferritic grades as-cast on 25 mm bars with a good graphite structure. Such limits were found to be 0.15% for the 40-18 grade and 0.6% for the 42-12 iron grade.

On the contrary of previous studies no effect of manganese on nodule count was found. Manganese was found to decrease the temperature range between the stable and the metastable austenite decomposition reaction, besides it decreases both temperatures.

Key words: Ductile iron, manganese effects, ferrite.

II Congreso Cubano de Ingeniería y Reingeniería del Mantenimiento



Septiembre 12 - 15, 2000, La Habana, Cuba

TEMAS PRINCIPALES

Gestión Integral del Mantenimiento, Diagnóstico Industrial, Ingeniería de las Vibraciones, Lubricación, Tecnologías de Mantenimiento, Flotas de Maquinas y Automotores, Gestión, Estadística y Fiabilidad en las Empresas Industriales y de los Servicios.

Para enviar resúmenes o solicitar información adicional

Comité Organizador CCIM'2000
Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría
Facultad de Ingeniería Mecánica
Calle 127 s/n, CUJAE, Marianao 15, Ciudad de La Habana, Cuba
Teléfono: (537) 20 2267 Fax: (537) 27 1208
E-mail: ccim@mecanica.ispjae.edu.cu

