

INOCULACIÓN MEJORADA EN LAS FUNDICIONES FERROSAS ACTUALES



**Dr. R. L. (Rod) Naro
y Dave C. Williams**

ASI International, Ltd.
www.asi-alloys.com



Puntos sobresalientes del Artículo:

1. Aumento del conteo de celdas en hierro gris, especialmente para piezas fundidas de paredes delgadas
2. Comprensión del efecto del azufre en hierros nodulares tratados para un contenido de magnesio dado
3. Por qué debería mejorar el contenido de calcio en 75% ferrosilicio standard para inoculación de ferrosos

siguiente es un ejemplo de la vida real de una fundición que estaba en aprietos con esporádicos carburos y defectos de rechupes aleatorios en piezas coladas de hierro nodular ASTM grado A536, 65-45-12, y de cómo fueron capaces de solucionar los defectos.

El hierro base se fundía en dos hornos de inducción sin núcleo (coreless) de media frecuencia. Las cucharas de tratamiento eran cucharas tipo tundish de 700 libras, con bolsillo lateral para la aleación de ferrosilicio con 6% Mg. Cada tratamiento se dividió en 2 cucharas de 350 libras utilizando un 75% FeSi conteniendo 0.42% de Calcio que se vertió al metal fluyendo.

La Figura 1 muestra la microestructura de un hierro nodular tratado con un inoculante standard FeSi 75% conteniendo Calcio que se agregó al hierro vertiéndose a la cuchara. (ampliada 100 veces) El contenido final de azufre era 0.006% con un contenido de magnesio de 0.037%.

La figura 2 muestra la microestructura de hierro nodular tratado de manera similar de una cuchara vertedora de

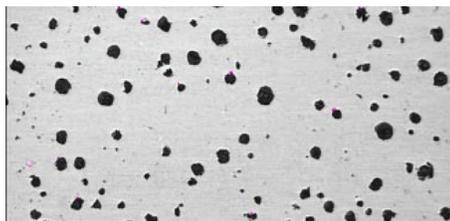


Figura1 Inoculación Standard 100x

Al colar piezas de gris y nodular, es crítico desarrollar la morfología del grafito adecuada para lograr las propiedades físicas deseadas. Para alcanzar el grado y forma del grafito deseados, se deben tener suficientes "semillas" (núcleos) dentro del hierro fundido para permitir una correcta grafitización. El procedimiento de inoculación de estos hierros es lo que le entrega lo necesario para formar estos núcleos.

La efectividad de todos los inoculantes se relaciona de manera directa a los niveles de azufre y oxígeno disueltos en el metal fundido. Varios investigadores de prestigio han demostrado mediante numerosos estudios que un hierrosilicio de alta pureza sin ningún

elemento del Grupo II o IIIA, no es efectivo al inocular hierros grises o nodulares. A menudo los niveles de azufre y oxígeno inherentes al metal fundido determinan la efectividad de los inoculantes convencionales. Si no hay presentes niveles suficientes de oxígeno y/o azufre, el número de partículas de sustrato se reduce dramáticamente. Como es difícil y quizá imposible producir un hierrosilicio que contenga niveles controlados de azufre y oxígeno, la única alternativa es agregar azufre y oxígeno durante el procedimiento de inoculación.

Inoculación de Hierro Nodular - El

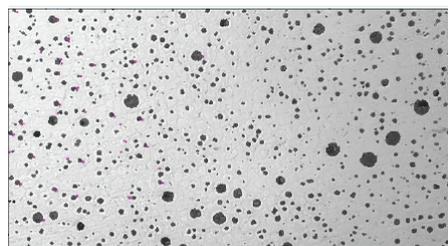


Figura 2A Con potenciador
Metalografía Sin Atacado

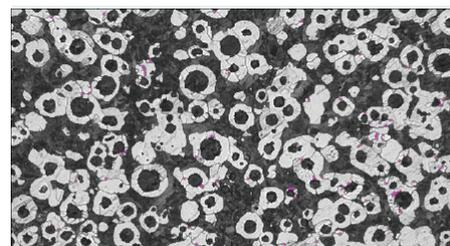


Figura 2B Con potenciador
Metalografía Atacada

350lb con la cantidad exacta de hierrosilicio standard al 75% y agregado de 0.02% de reforzador del inoculante de oxysulfide al flujo de metal llenando la cuchara. (ampliación 100X, sin y con atacado). El contenido final de azufre fue de 0.010% y de magnesio un 0.040%. Se encuentran los deseados ojos de buey (nódulos de grafito envueltos en ferrita) perlita en la matriz y una miríada de nódulos de grafito de diferentes tamaños dispersos en el hierro. Esto se muestra al comparar las microfotografías de la Figura 1 y la Figura 2. Las propiedades mecánicas resultantes del hierro dúctil mostrado en Figura 2, no mostraron ninguna pérdida de resistencia a la tracción mientras ganó en el % de elongación. Esto es especialmente crítico cuando se trata de alcanzar el desafío de las propiedades especificadas de elongación para los hierros dúctiles de mayor resistencia como 80-55-06, o los grados 100-70-03.

Inoculación de Hierro Gris - Las microfotografías mostradas en la Figura 3 fueron parte de un proyecto de investigación patrocinado por la AFS en 1970 (J.F. Wallace y R. Naro) describiendo los efectos de "Elementos Menores en Hierro Gris". En este informe, se describió el efecto ulterior del aumento de azufre en relación a Manganeso, tierras raras, etc., para probar la contribución benéfica de azufre en relación al aumento de conteo de celdas eutécticas. Además, aumentaría el tamaño de laminilla mientras se elevaba el contenido de azufre para una cantidad dada de manganeso en el hierro.

Un ejemplo de inoculación mejorada de hierro gris, la Fundición X estaba colando hierro gris Clase 30. Agregaron por separado un 0.02% de potenciador de inoculante (llevando al azufre de 0.03 al 0.06 final) al agregado

ya existente de 0.30% de inoculante base ferrosilicio que contenía Ca. Los resultados fueron un mejor conteo de celdas eutécticas, tamaño controlado de laminilla y se eliminó la tendencia al efecto de coquilla. Las propiedades mecánicas no fueron afectadas.

Ya sea que se busque aumentar el conteo de celdas eutécticas en hierro gris, o diversificar y aumentar la distribución de nódulos en el hierro nodular, el azufre no es el único elemento a controlar para una buena microestructura en hierro gris o nodular. Como se mencionó antes, la presencia de oxígeno afectará dramáticamente las "semillas" de nucleación. I. Riposan a menudo describió la formación de silicatos de óxido de manganeso para hierro gris, o los óxidos varios de Ca, Mg, Metales de Tierras Raras, Ba, etc. para semillas de nodularización grafitica para hierro dúctil, las adiciones tardías de oxígeno han demostrado ser efectivas para aumentar el conteo de nódulos. El potenciador de inoculante, Sphere-o-dox G, como se describió más arriba, también contiene niveles de oxígeno disuelto para ayudar a adaptarse a esta necesidad.

Idealmente para el hierro gris, el rango de azufre final puede estar desde 0.05 - 0.11%. Si el azufre del hierro gris es bajo, el desarrollo de laminilla y cambio en su tamaño sería menor, afectando las propiedades mecánicas de manera directa y podría causar carburos/efecto de coquilla dependiendo del tamaño de la sección.

Para un hierro nodular tratado, el rango final de azufre debe encontrarse entre 0.007 - 0.014%. Este porcentaje puede ser un poco menor para piezas coladas de sección mayor. Con un contenido de azufre menor que 0.005%, se formarán menos nódulos/precipitará menos carbón, lo que lleva a un

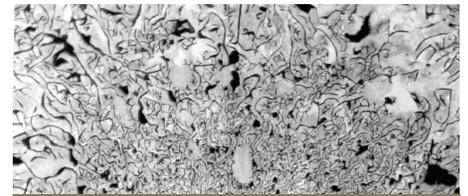


Figura 3 A - 0.01% S



Figura 3 B - 0.04% S

aumento de defectos por contracción. Con contenidos de azufre por encima 0.019%, el azufre en exceso reaccionará con el magnesio para aumentar el grafito vermicular dentro de la microestructura y la consecuente pérdida de nódulos, acercándose a la estructura compacta del hierro grafito.

Al utilizar el potenciador de inoculante conteniendo azufre (Sphere-o-dox G), el agregado incremental de adiciones separadas en la etapa de post inoculación mostró excelentes resultados ya sea en gris o en hierro dúctil tratado. La clave es determinar la cantidad crítica que actuará como un suplemento a la práctica actual de inoculación conteniendo calcio. El tener un % consistente de azufre base en el hierro antes de la inoculación, ayudará a determinar la necesidad final de azufre. La cantidad inherente de oxígeno con el potenciador fomentará el desarrollo de las semillas de óxido para la nucleación.

La verdadera medida de una buena inoculación son la cantidad, el tamaño y desarrollo del grafito dentro del metal fundido durante la solidificación. La presencia de Azufre y Oxígeno influenciará definitivamente dicho desarrollo.



Contacto:
Rod Naro
rod@asi-alloys.com

Encuentre más... Metales, Aleaciones & Fundentes



ASI
INTERNATIONAL

Horno eléctrico y fundentes de limpieza de cuchara, exotérmicos, fundentes no ferrosos, especialidad en inoculantes y nodulizantes...todo diseñado para reducir los costos de fusión.

- Fundentes para Horno eléctrico Redux EF40L & EF40LP - ¡Duplica la vida del Refractario!
- Nodulizantes de baja Silicona Nodu-Bloc
- Reforzador Inoculante Sphere-O-Dox
Reemplazo de los inoculantes de tierras raras

¡Aleaciones en cualquier cantidad!

www.asi-alloys.com

Toll Free: 800.860.4766