

POR QUÉ LAS MEZCLAS DE ADITIVOS A MEDIDA PARA GRIS Y NODULAR SUPERAN A LOS INOCULANTES TRADICIONALES



DR. R.L. (ROD) NARO & D.C. WILLIAMS
ASI INTERNATIONAL, Inc.



PUNTOS SOBRESALIENTES DEL ARTÍCULO:

1. Las mezclas de Inoculantes tienen mejor performance que los inoculantes fundidos
2. La importancia del Azufre durante la inoculación
3. Inoculantes que contienen Calcio, Tierras Raras, Azufre

Durante muchas décadas los productores de ferrosilicio han estado buscando mejoras en inoculantes para gris y nodular. Este trabajo de desarrollo fue resultado de los cambios en el método primario de fusión de hierro. Los hornos de inducción coreless de media frecuencia rápidamente reemplazaron a los de fusión en crisol debido a requerimientos ambientales. Se utilizaba más acero y se compraba scrap para reemplazar en la carga alguna parte o completamente el hierro arrabio usado previamente

y, el aumento en general de la temperatura promedio de fusión resultó en una mayor oxidación del metal. Aún más, los hierros fundidos en crisol típicamente respondían mucho mejor a la inoculación que los hierros fundidos por inducción en horno coreless.

Los inoculantes con base Ferrosilicio se hacen a partir de cuarcita, carbón, astillas de madera y virutas de acero en grandes hornos de arco sumergidos (vea Figura 1).



Figura 1. Ingredientes usados para hacer Ferrosilicio

A menudo se agregan Óxidos Minerales ricos en elementos de los Grupos IIA, IIIB y IVB en la Tabla Periódica de los Elementos, como estroncio, bario, calcio, titanio, cerio y magnesio al horno de fusión o a la cuchara para lograr la composición química de inoculación deseada. Sin embargo, hay un límite finito para la cantidad que se puede agregar al baño de estos elementos, de otro modo las reacciones de fusión y de reducción pueden verse negativamente afectadas. Otros elementos inoculantes que han demostrado ser críticos para la mejora de la inoculación y que no pueden ser agregados al baño de fusión en el horno, son el azufre y el oxígeno.

Si el contenido de oxígeno y azufre del metal fundido a tratar con un inoculante es insuficiente, puede resultar en abundantes carburos y aparición de fundición blanca. Así, la única manera posible de asegurar que el hierro fundido tenga un nivel suficiente de oxígeno y azufre es adicionar elementos ricos en azufre y oxígeno mecánicamente al inoculante.

Los elementos de los Grupos IIA, IIIB y IVB de la tabla periódica de los elementos reaccionan con el oxígeno y azufre disueltos en distinto grado para formar clusters atómicos de partículas de oxisulfuro que tienen una estructura cristalina similar al grafito. Estas superficies ayudan enormemente en la nucleación del grafito y previenen el “subenfriamiento” durante el proceso de la solidificación. El subenfriamiento puede dar lugar a carburos, una forma gráfica pobre, baja cantidad de nódulos en hierros nodulares y tener efectos adversos en las propiedades mecánicas y

características de mecanizado.

En la última década, para mejorar la performance de los inoculantes de alta potencia de tierras raras, se aplicaba una delgada película de sulfuro ferroso y óxido ferroso como tratamiento superficial al inoculante con base ferrosilicio. Sin embargo, esta técnica proveía solamente una cantidad limitada de partículas de oxi-sulfuro que se adherirían a la superficie de las partículas individuales de inoculante. Además, esta "película" se quitaba fácilmente durante su transporte antes de ser utilizado. El único método que puede incorporar cantidades adecuadas de oxígeno y azufre a cualquier agente inoculante es utilizando técnicas de mezclado apropiadas y eligiendo el tamaño de partícula adecuado.

Un ejemplo de adición de cantidades controladas de azufre con tierras raras (como el Cerio) para mejorar la inoculación y reducir los carburos fue demostrado por R.L. Naro y J.F. Wallace en 1970 y los resultados se muestran en la Figura 2.

Esta investigación reveló la importancia de controlar tanto los niveles de sulfuro como de tierras raras en el baño de hierro gris fundido. Una relación balanceada de tierras raras (cerio) y azufre, sin la presencia de ferrosilicio redujo drásticamente el subenfriamiento,

eliminó por completo la aparición de fundición blanca por efecto del enfriamiento y promovió configuraciones favorables del grafito en hierros grises.

Usando este concepto, se desarrolló la tecnología patentada (Patente USA 6.293.988B) que se basa en un inoculante compuesto por aleantes mecánicamente mezclados libres de ferrosilicio con altos niveles de calcio y cantidades estequiométricas de azufre y oxígeno, similar a los hallazgos de la investigación de Naro y Wallace. Usando técnicas de mezclado patentadas, esta nueva aleación demostró poseer una habilidad notable para reducir las contracciones y rechupes, mejorar la inoculación (reducir el efecto de aparición de fundición blanca, eliminación de carburos), mejorar el conteo de nódulos y la forma de éstos.

Hay un método alternativo para introducir azufre y óxidos, que consiste colocar en la superficie de un inoculante base ferrosilicio que contenga cerio/calcio, este método tiene la limitante de la cantidad acotada con la que puede recubrirse el sustrato de partículas de ferrosilicio, lo que entonces limita la cantidad de azufre y oxígeno, críticos para potenciar la potencia inoculante. La adición posterior de azufre y oxígeno provee una fuente de

fresca y limpia de los mismos. La combinación de azufre y de oxígeno frescos permite que los otros elementos inoculantes incluidos en la fórmula patentada (calcio, aluminio, bario y otros) reaccionen in-situ y multipliquen varias veces los sitios para nucleación comparado con otros inoculantes menos potentes.

Sphere-o-Dox (SOD) mostró tener notables capacidades para resolver situaciones de inoculación posiblemente problemáticas. SOD es una formulación patentada conteniendo elementos formadores de oxi-sulfuro que proveen una gran cantidad de núcleos formadores de grafito al ser añadidos a hierro gris o dúctil. No solamente reemplazó en numerosas fundiciones a potentes inoculantes con tierras raras, sino también se puede usar como potenciador de la inoculación con inoculantes base ferrosilicio, como las aleaciones ferrosilicio standard conteniendo calcio, conteniendo bario o con tierras raras. Como resultado, se han logrado inoculaciones con mayores eficiencias con dosis añadidas significativamente menores, tanto en hierros grises como en nodulares, resultando claramente en ahorros de costos de tratamiento del metal.

Un ejemplo de cómo puede utilizarse SOD como potenciador

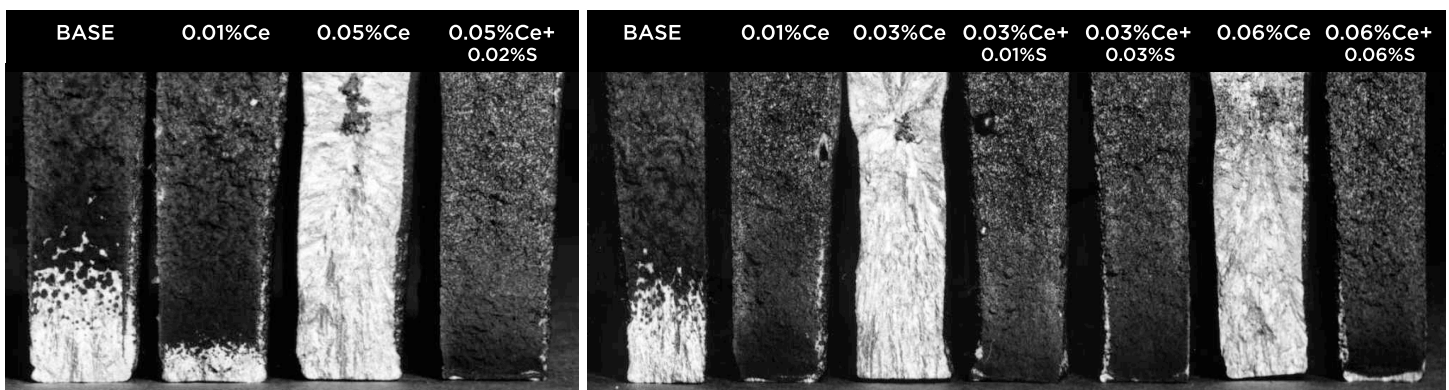


Figura 2. Efecto del oxi-sulfuro formando elementos (Ce y S) en la tendencia a la presencia de fundición blanca en un hierro gris de carbono equivalente de 4,3

del inoculante se ilustra en la experiencia de la Fundición A. La Fundición A es una fundición mediana que hace piezas de sección delgada (0,25 pulgadas o menos), en moldes de arena de shell. Durante años, los carburos han sido un problema serio. Hubo intentos de cambio de inoculantes y/o mezclas de ellos con poca o ninguna mejora. El cliente final de las piezas debía templarlas para eliminar los carburos. Para reducir costos, el cliente pidió que las piezas pudieran utilizarse tal cual salieran del molde sin necesitar tratamiento térmico y debían mejorar sus propiedades al mecanizado.

La Fundición A produce hierro nodular con especificación ferrítica 65-45-12. La fusión se hace en un horno de inducción de media frecuencia de 6.000 libras. Para el tratamiento con magnesio se usa una cuchara tipo tundish de 1200 libras; Se agrega ferrosilicio al magnesio 1,75% GloMag R6-8 a 1.000 libras en la cuchara tundish y se cubre con 7 libras de acero. La práctica standard de post-inoculación consiste en añadir 4,5 libras de Calsifer 75, un ferrosilicio 75% que contiene Calcio. En cada molde de arena se usó un inserto moldeado K15. Todos los intentos con distintas combinaciones de inoculantes fallaban al no eliminar los carburos. La combinación más exitosa resultó ser 3,0 libras de Calsifer 75, 3,5 libras de VP216 y 0,6 libras de SOD añadido de manera separada, independiente, como potenciador de la performance los inoculantes. La aparición de carburos en las secciones delgadas solamente se eliminó cuando se adicionó SOD.

Debajo se muestran las propiedades de la práctica standard de inoculación comparadas contra la práctica modificada usando el reforzador Sphere-o-Dox:

| | PRÁCTICA STANDARD | INOCULACIÓN POTENCIADA | PORCENTAJE DE MEJORA |
|-------------------|-------------------|------------------------|----------------------|
| Conteo de Nódulos | 250 | 300 | 20.0% |
| % Nodularidad | 95 | 97 | 2.11% |
| % Ferrita | 20 | 58 | 190.0% |
| % Perlita | 60 | 32 | - 46.7% Reduction |
| % Carburos | 20 | 0 | - 100% Reduction |

Las propiedades mecánicas de estas mismas piezas coladas se muestran debajo:

| | UTS (PSI) | YS (PSI) | % ELONGACIÓN | D.BRINELL |
|--------------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------|
| Especificación cliente | 65.000 Min. | 45.000 Min. | 12% Mínimo | 156-217 |
| Inoculación potenciada con SOD | 68.600 | 48.000 | 19,9% | 162 |

Tanto las mejoras en la microestructura como en sus propiedades mecánicas resultaron muy favorables para el cliente final de las piezas. Además, al eliminarse el ciclo de tratamiento térmico y mejorar la mecanibilidad de las piezas, se lograron significativos ahorros.

Este ejemplo es solamente uno de varios casos de utilización de Sphere-o-Dox, ha resultado igualmente satisfactorio al añadirlo para hierros maleables perlíticos. Un inoculante ajustado a la medida del cliente, que contenga azufre y oxígeno, puede resultar en una inoculación significativamente mejor.

Al momento, muchas fundiciones alrededor del mundo han incorporado el uso de este inoculante sin base de ferrosilicio con contenido de azufre para incrementar la potencia de su práctica de inoculación actual no sólo para bajar el costo de inoculante por tonelada, sino también para mejorar las propiedades mecánicas y mecanibilidad de las piezas fundidas.