

CONSECUENCIAS ECONÓMICAS DE LAS ADHERENCIAS INSOLUBLES EN LA EFICIENCIA DE FUSIÓN EN HORNOS CORELESS



DR. R.L. NARO, D.C. WILLIAMS & P. SATRE
ASI INTERNATIONAL, Inc.



PUNTOS SOBRESALIENTES DEL ARTÍCULO:

- Mejorar la Eficiencia de la Fusión por Inducción en Horno Coreless
- Reducir los Costos Eléctricos
- Elimine las Adherencias que crecen en la pared refractaria

La mayoría de las fundiciones podrán atestiguar que, durante los últimos 25 años, la calidad del scrap se ha venido deteriorando. Consecuentemente, las adherencias insolubles, la escoria y los problemas relacionados se han incrementado, resultando en velocidades de fusión más lentas y un uso ineficiente del horno.

El horno de inducción sin núcleo, coreless, es esencialmente un recipiente recubierto con refractario rodeado por una bobina de cobre con corriente, eléctricamente energizada, refrigerada con agua. La corriente eléctrica en la bobina induce un campo electromagnético, el cual "acopla" magnéticamente con la carga magnética, produciendo una corriente eléctrica dentro de la carga misma. Cada pieza de la carga tiene su propia resistencia interna, la cual, al ser energizada por estas corrientes internas, se calentará y eventualmente se derretirá. El campo magnético resultante en el metal fundido causa una acción de agitación,

asegurando así una masa líquida homogénea.

En todos los hornos de inducción sin núcleo, hay un espesor de pared refractaria "ideal", cuidadosamente calculado por los fabricantes de hornos para ofrecer una fusión óptima. Para este diseño deben tomarse en consideración para el cálculo: precauciones de seguridad, características eléctricas de la bobina, resistencia / conductividad eléctrica de la carga de metal,

consideraciones estructurales y refractarias, restricciones operacionales y necesidades de producción. Cuando la escoria reduce el diámetro de fusión del horno, se comienza a comprometer la eficiencia del proceso. El resultado es una reducción en el porcentaje de potencia utilizada que causa un aumento en el consumo de energía, que se ilustra gráficamente en la Figura 1.

Tradicionalmente, para quitar la escoria adherida, los operadores del horno se ven forzados a raspar mecánicamente el recubrimiento lo que puede también dañar la superficie refractaria. Durante este proceso de raspado, se apaga el horno por razones de seguridad.

La formación de escoria durante la fusión del metal es un proceso inevitable. En un horno de inducción sin núcleo, los desechos de escoria normalmente se depositan a lo largo de las paredes refractarias en, o ligeramente por encima de la bobina activa. La composición de la escoria

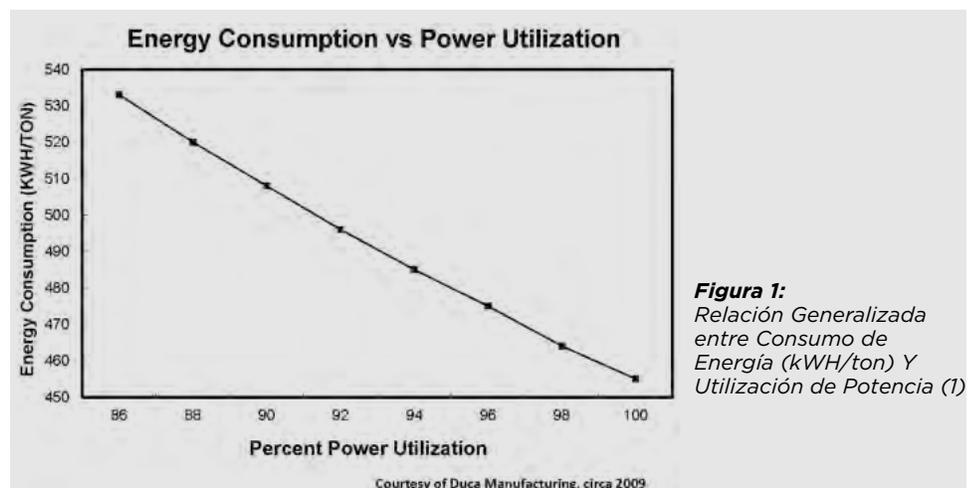


Figura 1:
Relación Generalizada entre Consumo de Energía (kWH/ton) Y Utilización de Potencia (1)

varía según qué tipo de metal se esté fundiendo. La limpieza de la carga metálica (que a menudo se compone de canales y montantes con arena incrustada o piezas rechazadas con arena y óxidos) afecta significativamente el tipo de escoria formada durante la operación de fusión. Debido a que estos óxidos y partículas no-metálicas no son solubles en el metal fundido, flotan en el metal líquido como una emulsión. Esta emulsión de partículas de escoria permanece estable si se agita de manera continua al metal fundido, el resultado del agitación magnética inherente a la fusión en horno coreless. Cuando el tamaño de partícula de los no-metálicos alcanza el punto donde el efecto de flotación contrarresta la acción de agitación, la partícula quedará suspendida. Cuando el efecto de flotación se vuelve lo suficientemente grande, las partículas no metálicas se elevan hasta la superficie del metal líquido y se aglomeran como escoria. Una vez que estas partículas no metálicas coalescen en una masa flotante sobre el metal líquido, puede ser quitada. El uso de un fundente adecuado acelera grandemente este proceso de flotación.

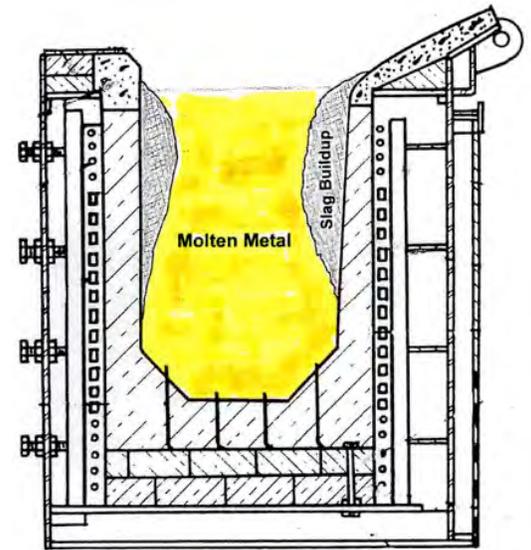
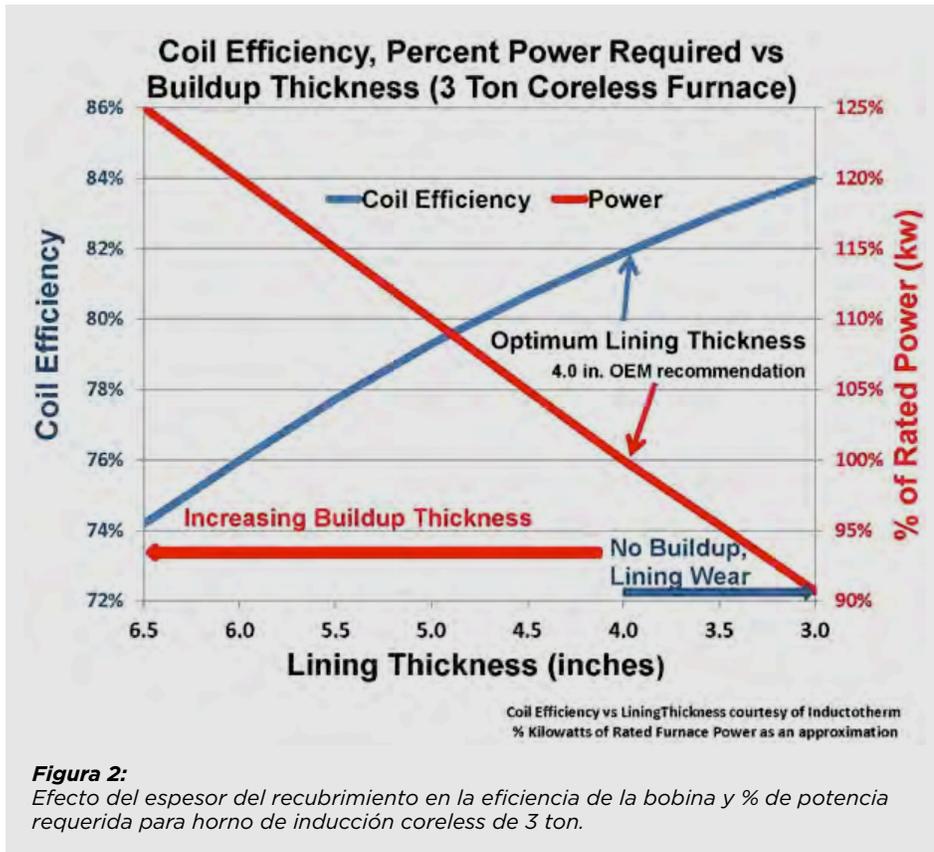
Cuando la escoria toma contacto con un área de la pared refractaria que se encuentra más fría que el punto de fusión de la escoria, la escoria al enfriarse se adherirá al recubrimiento. A ese material adherido llamamos adherencia. Las escorias de alto punto de fusión promueven especialmente las adherencias. Si no se previene su formación o no es removida de manera temprana cuando se forma, las adherencias reducirán la eficiencia y capacidad global del horno.

La composición mineral del revestimiento refractario utilizado para fundir hierro será casi invariablemente sílica. La sílica es una solución de compromiso entre una buena aislación térmica, adecuada resistencia mecánica al impacto para proteger la bobina y una buena resistencia al shock térmico durante un ciclo de fusión.

La disminución del espesor de pared refractaria en un horno coreless mejora la eficiencia de su bobina y aumenta la potencia efectiva. Los estudios han mostrado una reducción sustancial del consumo energético al bajar el espesor del recubrimiento refractario. (2) Con un mayor tiempo de operación del horno y desgaste progresivo del refractario, el consumo energético bajó un 9% tres semanas después de que se instalara un nuevo recubrimiento en un horno de inducción coreless de 3 toneladas. Y viceversa, la acumulación de escoria insoluble en la pared del refractario tendrá el efecto exactamente opuesto. Las adherencias no sólo aumentan el espesor efectivo de pared, sino que la eficiencia de la bobina disminuirá como se muestra en Figura 2. (3) Cuando el espesor efectivo de refractario aumenta debido a las adherencias de escoria, la eficiencia de la bobina disminuye y la cantidad de energía eléctrica requerida para la fusión aumenta (mostrado como % aproximado de potencia nominal). La eficiencia de la bobina en el punto de espesor óptimo de recubrimiento es 82% y el porcentaje de potencia nominal en kW es 100%. A medida que el espesor de adherencias se acerca a 2,5 pulgadas, se estima que se necesitará un 25% de kW adicional para fundir.

Un recubrimiento refractario de mayor espesor sería el equivalente a que el baño metálico se encontrara más lejos de la bobina. Esto da por resultado un factor de potencia menor y menor eficiencia, que produce una mayor corriente y mayores pérdidas eléctricas. La escoria insoluble que se adhiere produce el mismo efecto que un espesor mayor de refractario. Como hay más pérdidas de electricidad en la bobina, hay menos energía disponible para fundir el metal, de modo que cada ciclo de fusión demorará algo más que uno de un ciclo con espesor standard. Esto provoca pérdidas de calor por mayor conductividad y también por radiación, aumentando la cantidad de energía aún más. A esto se suma que la capacidad total del horno será menor, dando por resultado una menor producción. (4)

Controlar el crecimiento de estas adherencias en las paredes del horno, permite una operación más continua del horno. Estas escorias pueden controlarse o eliminarse con el uso de fundentes. Nótese que en el pasado se ha desalentado el uso de fundentes en fundiciones ferrosas de parte de las empresas proveedoras de refractarios. Sin embargo, nuevos desarrollos en la química de los fundentes (Redux Patente U.S.A. 7,68,473), permiten su utilización en hornos incluso con revestimiento de refractarios de sílica sin sufrir ataque al mismo. Generalmente, la adición de fundentes asegura que las escorias tendrán un punto de fusión por debajo de la menor temperatura del sistema. Los fundentes pueden asistir en la prevención de que las escorias y otros insolubles solidifiquen en las superficies



refractarias que están a menor temperatura que el baño. El uso de un fundente permite la flotación de los óxidos emulsificados; también baja el punto de fusión de la escoria por debajo de la temperatura más baja que se encuentre en el horno y su sistema de transporte de metal líquido asociado. Se muestra un ejemplo de adherencias severas en un horno sin núcleo en la Figura 3.

La utilización inadecuada de fundentes puede erosionar rápidamente los revestimientos refractarios, especialmente si se utilizan fundentes potentes de base fluor spar. Sin embargo, si se diseña cuidadosamente para aplicaciones específicas y se utiliza adecuadamente, la vida útil del refractario podría incluso incrementarse. Algunas fundiciones usando fundentes

especializados han reportado aumento de la vida del refractario. Una fundición grande aumentó la vida útil de su horno de 11 meses a 26 meses solamente incorporando Redux EF40 a su operación. La vida del refractario también se extiende al reducir el daño mecánico de raspado para remoción de los obstinados depósitos de escoria adherida. La eliminación de estas adherencias optimiza el uso de energía, reduciendo por lo tanto el consumo eléctrico.

El siguiente ejemplo muestra cómo las adiciones de fundente pueden mejorar la eficiencia de la fusión. La Fundición G es una fundición de mediano tamaño que cuela piezas en hierro gris. La fundición ha experimentado históricamente adherencias extensivas de escoria en la

parte superior de las paredes laterales de sus 4 hornos de inducción de media frecuencia de 3-ton coreless, que operan de manera semi-continua. Cuando el recubrimiento refractario está recién instalado, la capacidad de fusión es de 1525 toneladas al mes con 2 hornos funcionando 5 días a la semana, 21 días al mes.

La carga de la Fundición G es en un 100% finos metálicos y virutas. Cada horno coreless está recubierto con un refractario seco vibrable en base sílica. Durante el fundido, la generación de escoria y su adherencia inmediatamente redujo la capacidad del horno y contribuyó al aumento de consumo eléctrico. Luego de 48 horas de operación, se adherieron tres pulgadas de escoria a lo largo de la pared lateral por entero. (vea Figura 4)

Inicialmente, Fundición G incorporó 2 libras de Fundente Redux EF40L por tonelada de carga, agregado cada vez que se cargaba para determinar su efecto en el crecimiento de adherencias. Se agregó EF40L al horno antes de echar otra carga sobre el metal fundido existente para asegurar su excelente mezclado, (un mínimo de 50% del baño de metal). Se observaron mejoras inmediatas y las adherencias en las paredes laterales fueron básicamente eliminadas. Como se mantiene el espesor óptimo de refractario, se estima que el aprovechamiento de la energía aumentó un 25% en comparación con los días previos.

Se calcularon ahorros energéticos de aproximadamente casi US\$14.400 por mes, unos 174 mil dólares al año en base a un consumo eléctrico de 550 kW/ton y una tarifa eléctrica de \$0,069

por kilowatt resultante de reducir el consumo nominal en un 25% (125% con adherencia comparado con 100% sin adherencia).

La Fundición G observó los siguientes beneficios al utilizar Redux de manera consistente:

- Usar Redux EF40 redujo inconvenientes por impedimentos al cargar material por tener las paredes refractarias más limpias
- Consumo eléctrico reducido durante cada fusión
- Se redujo de manera importante el mantenimiento de raspado del horno a cada hora
- Capacidad consistente del horno: la capacidad del horno se reducía en 0,95 toneladas (28,7%) cuando la escoria alcanzaba 3 pulgadas de espesor
- Se observó un mejor “acople eléctrico” con el mejor control de la temperatura
- Sin efectos adversos en los recubrimientos refractarios secos vibrables de sílica
- Ahorro eléctrico anual estimado de US\$174.000.

Resumiendo, los problemas relacionados con la escoria insoluble y adherencias se han vuelto serios para las operaciones de las funciones actualmente. Estos problemas parece que seguirán creciendo si la calidad de los recortes/scrap continúa deteriorándose. Sin embargo, usando apropiadamente los fundentes se puede ayudar a aliviar estos inconvenientes aumentando la eficiencia de la fusión y ahorrándole al fundidor tiempo, electricidad, y lo más importante, aumentando la rentabilidad.

Referencias:

1. “Saving Electrical Energy in Coreless Induction Furnaces”, R. Naro, Wm Duca, Wm Williams, Foundry M&T, 2009 – Ahorro en energía eléctrica para hornos de inducción sin núcleo.
2. “Efficient melting in coreless induction furnaces” GOOD PRACTICE GUIDE No. 50, ETSU, Harwell, Didcot, Oxfordshire, 2000 – Fusión eficiente en hornos de inducción sin núcleo.
3. Mike Nutt, correspondencia privada de Inductotherm, Gráfico: Eficiencia de Bobina versus Espesor de Revestimiento. Porcentaje de potencia nominal aproximada por los autores en base a revisión de la literatura técnica y discusiones con expertos en inducción tipo coreless.
4. Comunicación privada, Pete Satre, Allied Mineral Products, Dimensiones de Colocación de Refractario para Horno Coreless de 3 Ton.

Co-written by:

D. C. Williams
ASI International, Ltd.,
Columbus, Ohio

Pete Satre
Allied Mineral Products, Inc.,
Columbus, Ohio

Contact:
ROD NARO
rod@asi-alloys.com

Encuentre Más.... Metales, Aleaciones & Fundentes



ASI
INTERNATIONAL

Fundentes para limpieza de horno eléctrico y cuchara, cobertores calientes y exotérmicos, fundentes para no-ferrosos, inoculantes y nodulizantes especializados...todo diseñado para reducir los costos de fusión.

- Redux EF40L & EF40LP Electric Furnace and Ladle Fluxes (U.S. Patent 7,618,473) - can double refractory life!
- Sphere-O-Dox High Performance Inoculants
- Nodu-Bloc Low Silicon Nodulizers

¡Aleaciones en toda cantidad!

www.asi-alloys.com

Call 216-391-9900