

Tecnología de filtración en fundiciones de Aluminio

Autor José Luis Figueroa M.
miércoles, 14 de enero de 2009

Resumen

Actualmente, el aumento en la demanda para la reducción de costos y mejora de calidad en las piezas con especificaciones cada vez más exigentes, requieren que las fundiciones utilicen nuevas tecnologías que les permitan reducir los costos finales de producción, entre las mayores preocupaciones se encuentra la reducción de los rechazos.

La presencia de inclusiones no metálicas son uno de los principales motivos de defectos al que se enfrentan los fundidores todos los días. Estas inclusiones deterioran las piezas de muchas maneras por ejemplo:

- Deterioro de la superficie.
- Reducción en las propiedades mecánicas.
- Defectos en el maquinado, que en muchos casos provocan rechazos.

Estas Inclusiones no metálicas en las piezas, surgen por varios motivos como son:

- Escoria, basura.
- Residuos de la fusión, como son partículas refractarias del horno o la olla.
- Óxidos causados por la turbulencia y granos de arena del molde o del corazón.

Los métodos para controlar inclusiones no metálicas por medio del diseño de la olla, el uso de mazarotas centrifugas y corazones coladores, son bien conocidos y de relativamente amplio uso, aun así y a pesar del gran cuidado y la mejor práctica, las inclusiones siguen siendo motivo de rechazo.

El uso de complejos sistemas de alimentación, diseñados para atrapar escoria, pueden resultar en una significativa reducción de la producción y un aumento de costo en la manufactura de las piezas

AireAire, (H2O)AireAireAireMetalLiquidoEntrada al moldeCorazónAireAire, moldeCorazón

Si el sistema de colado puede usarse solo en su propósito primario de llevar el metal a la cavidad del molde, y la

separación de la escoria puede lograrse con un filtro funcional, se logrará una fundición libre de escoria y de mayor rendimiento metálico, lo que redundará en un menor costo de producción. Sin embargo aun cuando la tecnología de filtración es un excelente auxiliar en la reducción de rechazo por inclusiones no metálicas, es muy importante comprender las bases de la aplicación de esta práctica, para lograr los máximos beneficios, y no se convierta en un gasto más del proceso de fundición.

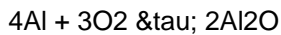
Introducción

Es muy conocido por los fundidores de aluminio que las aleaciones fundidas de aluminio tienen dos características inherentes: la tendencia para absorber gas de hidrógeno, y la habilidad de oxidarse rápidamente. Se ha documentado [1, 2] que cuando una aleación de aluminio se funde reacciona con la atmósfera o la humedad, formando películas de óxidos de aluminio Al_2O_3

estas formaciones ocurren, según las reacciones siguientes:



2



3

Las películas de aluminio son una parte intrínseca del proceso de fusión; ellos protegen el metal debajo de la película de la oxidación adicional. Sin embargo, el movimiento constante del metal durante el llenado de los moldes (fig. 1), puede crear infinidad de películas delgadas de óxidos, [3], que al romperse por la corriente del metal se dispersan en la cavidad del molde creando pequeños defectos que normalmente son descubiertos al maquinado de las piezas o en algunos casos cuando la olla no fue debidamente desescoriada la inclusión es visible en la superficie de la pieza.

Fig. 1 muestra entrada de aire y contacto del aluminio con aire ó humedad del molde, creando la posibilidad de formar películas de oxido

Esta situación se agrava si en los procesos anteriores al vaciado del molde se genera una cierta cantidad de películas de óxidos y estas permanecieron en suspensión en el seno del metal, ya que esto incrementara la cantidad de óxidos con posibilidades de quedar finalmente en la pieza de fundición

Dependiendo de la calidad requerida en la pieza, y de la calidad de los procesos de fusión y transferencia de metal para el vaciado a los moldes algunas veces será necesario echar mano de el uso de filtros para atrapar las películas de óxidos, sin embargo es importante considerar que el diseño del sistema de llenado del molde debe proporcionar un flujo suave y con la mínima turbulencia posible al entrar a la pieza, de lo contrario, podría generarse nuevos óxidos si el metal entra a la cavidad de la pieza con demasiada turbulencia. En contraste de nada servirán todos los esfuerzos que se hagan para limpiar el metal en los hornos de fusión y en los procesos de desgasificado y transferencia de metal si al momento de entrar el metal al molde lo hace de una manera tal que se generan nuevos óxidos que quedaran atrapados en las piezas, por lo que un buen sistema de llenado del molde es crítico para el colado de piezas de alta calidad.

La tecnología de filtración en el sistema de llenado de los moldes se ha extendido cada vez mas en la industria de la fundición. Hoy en día existen diferentes tipos de filtros en el mercado, para el fundidor se hace necesario entender la mejor práctica de aplicación y definir de acuerdo a su proceso y al tipo de piezas que esta elaborando cual es mejor tipo de filtro que se adecua a sus necesidades. También existen ahora muchos trabajos de investigadores que han hecho uso del video con rayos X del colado de moldes donde como veremos después se puede apreciar la diferencia entre un sistema de llenado del molde con filtros y sus diferentes tipos.

El propósito de este artículo es proporcionar información relacionada a la aplicación de filtros de una manera práctica buscando que el uso del filtro sea una excelente herramienta en la reducción de costos y no represente solamente un insumo mas en el proceso de fundición.

Tipos de Filtros

La eliminación de impurezas no metálicas del baño fundido es de importancia esencial en cualquier operación de la fundición. Hay numerosas referencias técnicas tratadas con tecnologías para la evaluación, análisis, eliminación, y para la separación de estas impurezas (4, 5, 6,7).

Sedimentación, flotación, la filtración, desgasificado y fundentes son técnicas comunes que se usan para quitar y separar inclusiones de la aleación de aluminio fundido. Cualquiera de estas técnicas tendrá un impacto en la limpieza de metal. Para el caso en particular de la separación de las inclusiones en el sistema de corredores el uso de filtros es hasta ahora el camino utilizado.

En realidad, La filtración de metal líquido a un grado relativamente alto de limpieza ha sido practicado en la industria primaria del aluminio durante varios años, después su uso se extendió también a la industria secundaria, los filtros de fibras delgadas y lana de acero (figs. 2), son comúnmente usados en la fundición de metales no ferrosos con distintos resultados. El filtro "Firam" de tela es un proceso para filtrar Hierro desarrollado en la Ex URSS donde su uso se esparció por un largo periodo. La tela filtro mostrada en la figura 2, se usa en varias formas, como tela refractaria suave de altas temperaturas y reforzadas, la tela suave es difícil de manejar y tiende a torcerse y deshilarse, las reforzadas son mas adecuadas para su uso en moldes.

Fig., 2. Fibras metálicas y mallas utilizadas en la Industria primaria del Aluminio,

Estos fueron los primeros filtros utilizados en la industria del aluminio hoy en día existen otras variedades de filtros y fue en la década de los 80's cuando se reconoció la capacidad de algunos filtros de modificar el flujo del metal a su paso a través del mismo. Sin embargo no todos los filtros tienen el mismo comportamiento o tienen la misma efectividad.

“Los Filtros” usados en fundición de aluminio incluyen mallas ó coladores considerados “efecto en 2-dimensiones”, y también los hay con “Efecto en 3 dimensiones”, como son los reguladores de Flujo (streiner cores), los cerámicos extruidos y también los filtros de espuma cerámica/modificadores de flujo.

Las mallas de fibra cerámica proveen una filtración limitada y tienen un espesor nominal, son esencialmente de 2 dimensiones, causan que el chorro de metal se abra o salpique como se ha visto en investigaciones y modelaciones con agua, la resultante es un incremento en la turbulencia y entrada de aire que puede contribuir a la generación de películas de óxido.

Los reguladores de flujo y los filtros extruidos considerados de 3 dimensiones (varían su espesor), proveen una filtración moderada y un limitado efecto en la reducción de la turbulencia, pero también el modelado con agua muestra posibilidades de salpicar y entrada de aire que pudiera promover reoxidación del metal.

El filtro de espuma cerámica es considerado como el mas efectivo para aluminio es de 3 dimensiones con porosidades esféricas interconectadas entre si que promueven una filtración profunda.

Estos productos proveen una filtración superior comparada con las otras opciones para el molde, reducen la turbulencia y previenen el atrapamiento de aire cuando el metal pasa a través de ellos eliminando la posibilidad de reoxidación, como lo evidencian los experimentos de modelaje con agua.

La red de poros en el filtro de espuma crea un sendero tortuoso (figura 3) por el cual el metal fundido debe fluir. A causa de la naturaleza seca de los óxidos de aluminio, no se detienen rápidamente a las paredes lisas. Esto hace el sendero tortuoso esencial para separar las partículas pequeñas. Los óxidos impregnan las paredes del filtro donde pueden ser atrapados por fuerzas mecánicas de atrapamiento y fricción.

Figura 3: Efecto de la espuma en el flujo del metal y al atrapamiento de las inclusiones, la reducción en la turbulencia y la separación de aire atrapado.

Aplicación de Filtros de espuma en el sistema de llenado del molde.

El sistema de llenado de un molde puede variar según el tipo de pieza de que se trate y del tipo de moldeo que se este

utilizando en la fundición, sin embargo los componentes básicos de un sistema de llenado son los mostrados en la figura 4.

Figura 4: Componentes del sistema de llenado y alimentación de una pieza

El principal requerimiento de un sistema de llenado es precisamente llenar la cavidad del molde, para obtener así, la pieza de fundición.

Sin embargo, al sistema de llenado se le exigen otras cualidades para que este sea más eficiente en el propósito para el cual está diseñado, así pues un buen sistema de llenado, debe cumplir con los siguientes requisitos [8]:

- 1.- Debe llenar la cavidad del molde en el tiempo adecuado a las condiciones de proceso para obtener una pieza libre de juntas frías o defectos de arena.
- 2.- El metal debe pasar por el sistema con la mínima turbulencia, para evitar, hasta donde sea posible, la entrada de aire y la aspiración de gases en el molde.
- 3.- El metal debe entrar en la cavidad del molde de modo tal que se produzcan gradientes de temperatura en el metal y en el molde, de suerte que la solidificación ocurra progresivamente en la dirección de los bebederos y/o alimentadores.
- 4.- El sistema debe "separar" en lo posible algunas escorias provenientes de la olla o formadas en el flujo de metal, para proveer a la cavidad del molde con metal limpio y obtener así, una pieza libre de inclusiones no metálicas.
- 5.- Por último, la cantidad de metal utilizado en el sistema debe ser adecuada para producción comercial, manteniendo en el mínimo posible el peso del metal requerido para llenar el molde.

Toda la labor y tiempo que el fundidor invierta en satisfacer en la medida de lo posible estos puntos, al momento de diseñar el sistema de alimentación e incluso considerarlos al dar las instrucciones al modelista que fabricara el modelo, redundaran sin duda en aminorar la cantidad de problemas que se presentaran en el periodo de fabricación del pedido que debe ser surtido al cliente, en el tiempo pactado, con la calidad requerida y a un costo de producción para la fundición relativamente bajo.

Enfocándonos directamente al uso de filtros en el sistema de llenado de las piezas vemos que existen formas variadas para colocar el filtro entre las cuales las mas usadas se muestran en las figuras 5 y 6.

Figura 5: Diferente maneras de colocar los filtros en el sistema de corredores.

Figura 6: Diferentes maneras de colocar los filtros en el sistema de corredores.
Diseño del sistema de llenado.

Los sistemas de llenado convencionales, son diseñados normalmente para cumplir con los requisitos mencionados arriba, con relaciones de áreas entre la bajada, el corredor y las entradas que van desde 1:4:4 hasta 1:2:2, esto garantizara que el metal entre ala cavidad de la pieza de una manera calmada y con la mínima turbulencia, una relación 1:8:6, ha sido utilizada con éxito en la fabricación de piezas aeroespaciales. También ha sido reconocido que los mejores resultados se han obtenido logrando velocidades de entrada a la pieza no mayores a 5 cm. /seg. [9]

Dimensiones de los componentes del sistema de llenado

Bajada.- lo ideal es que el área inferior de la bajada o bebedero sea el área de choque y que esta tenga una conicidad de 5° (Fig. 8) y, cuando la altura de la bajada es mayor 30 cm. Bastara con incrementar 50% el diámetro de la bajada en la parte superior [10]. La forma de la bajada, normalmente es redonda, y algunos fundidores prefieren hacerla de forma rectangular para evitar la formación de remolinos se aspire aire al momento de vaciar el metal a la copa de vaciado, también es preferida para los moldes metálicos ya que es más fácil maquinar los sistemas de llenado de forma rectangular que redonda.

Pozo.- Sabemos que la velocidad mas alta normalmente se encuentra en la base de la bajada por lo que es importante que en la base de la bajada exista un incremento del área que permita tener una reducción eficiente de la velocidad y un cambio de flujo de vertical a horizontal con el mínimo de turbulencia, el tamaño recomendado para el pozo es de 2 -3 veces el diámetro de la bajada y del doble de profundo que el corredor (Fig. 7).

Corredor.- el corredor normalmente debe ser colocado en la parte fondo del molde, y las entradas en la parte superior.

Entradas.- las entradas deben ser anchas y de poco espesor, una relación ancho de la entrada de 4 a 6 veces el espesor suele dar excelentes resultados en términos de reducción de velocidad sin embargo también se debe considerar el tiempo de solidificación de la entrada y el de la pieza, de manera que la entrada solidifique rápidamente y no se formen rechupes en la unión con la pieza, la regla empírica es que el espesor de la entrada debe ser menor a 1/3 del espesor de la pieza en la zona de contacto.

Figura 7: Detalle de la bajada el pozo y la forma del corredor.

Pozo

Bajada con 5° de conicidad

[1] Characterization of Some Types of Oxides Inclusions in Aluminum Alloy Castings

Bibliografía.

R. Fuoco, et all, AFS Transactions, 1999 Volume 10, Pag. 287-294

[2] Molten Aluminum Contamination. Gas, Inclusions and Dros,

P. Crepeau, 4th

International Conference on Molten Metal Aluminum Processing, 1995, pag. 1-13.

[3] Gating Systems in Aluminum Foundries and their Optimization through the Correct

Selection and Effective Application of Filter Technology.

Philip Sandford, Congreso Internacional de Fundición, Monterrey Nuevo León 2003, pag. 3.

[4] Molten Metal Filtration - - Past, Present, and Future Trends

D. Apelian, S. Shivkumar, 2nd International Conference on Molten Aluminum Processing,

1989, pp14-1 - - 14-36.

[5] How Clean is the Metal you Cast? The Issue of Assessment: A Status Report.

D. Apelian, “, 3rd International Conference on Molten Aluminum Processing, 1992, pp1 - 15.

[6] Characterization of Oxide Sludge, Dross and Inclusions in Aluminum Melting and

Holding Furnaces.

P. Crepeau, et al, 3rd International Conference on Molten Aluminum Processing, 1992,

pp 51 - 77.

[7] Chemical Factors Affecting the Separation of Inclusion from Molten Aluminum

L. C. B. Martins.

[8] Fundición para Ingenieros.

Traducción de Francisco Andión de Foundry Engineering. Compañía Editorial Continental Mexico 22 D. F. Segunda Impresión en Español Febrero de 1962. pag. 1- 25.

[9] Influence of Oxide Film Filling Defects on the Strength of Al-7Si-Mg Alloy Castings

Campbell, J. - Castings - Butterworth Heinemann, 1991. Green, N. R. and Campbell, J. - -

AFS Transactions, 1994, p.341-7.

[10] Foseco Non-Ferrous Foundryman's Handbook

Eleventh edition 1999 pag. 91-93.

