



Universidad de Holguín
“Oscar Lucero Moya”
Facultad de Ingeniería



Departamento de Ingeniería Mecánica

TRABAJO DE DIPLOMA

Titulo: Mazarotas exotérmicas alternativas en la
manufactura de los fundidos de aceros

Diplomarte: Yixan Estupiñán Lahenz

Tutor: MSc. Rigoberto Pastor Sánchez Figueredo

Holguín, 2009

RESUMEN

Este trabajo da solución a la problemática actual de la necesidad de buscar alternativas para la sustitución con productos nacionales de los polvos exotérmicos, que en la actualidad están deficitarios y son de los productos más controlados por el bloqueo económico. En este caso se sustituye el polvo de aluminio por polvo de aluminio tratado en molinos de bolas y establece una metodología capaz de mantener la temperatura necesaria para alimentar los nudos térmicos de las piezas fundidas. Eliminando el efecto desfavorable del rechupe de contracción.

Esta metodología ha sido establecida con un gran aporte a la siderurgia cubana, sustituyendo la importación del polvo de aluminio y disminuyendo los costos de producción al utilizar un producto cubano con un costo mucho menor, dando competitividad al producto ofertado.

Summary

This work gives solution to the current problem of the necessity of looking for alternatives for the substitution with national products of the powders exothermic that at the present time they are deficit and they are of the products more controlled by the economic blockade. In this case the aluminium powder is substituted by powder of aluminium treaty in mills of balls and it establishes a methodology able to maintain the necessary temperature to feed the thermal knots of the fused pieces. Eliminating the unfavourable effect of the contraction rechupe.

This methodology has been established with a great contribution to the Cuban iron and steel industry, substituting the import of the aluminium powder and diminishing the production costs when using a Cuban product with a much smaller cost, giving competitiveness to the offered product.

Índice

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I. CARACTERÍSTICAS DE LAS MAZAROTAS EMPLEADAS EN LA MANUFACTURA DE LOS FUNDIDOS.....	8
1. 1. Principales tipos de mazarotas se clasifican según.....	9
1.2. Función de las mazarotas.....	11
1.3. Base de los métodos para determinar sus dimensiones	12
1.4. Normas para los nudos.....	12
1.5. Método de cálculo de las mazarotas para la fundición de acero.	13
1.5.1. Mazarotas de piezas cilíndricas. (Tma-5, A).....	14
1.5.2. Mazarotas de piezas de sección rectangular (Tma-5, B).....	15
1.5.3. Mazarotas para los nudos de la pieza con sección en T (Tma-6).....	15
1.5.4. Mazarotas para nudos de piezas en formas de anillo (Tma-7, A).....	16
1.5.5. Mazarotas para nudos térmicos de la pieza con sección en forma de cruz (Tma-7, B).....	16
1.5.6. Mazarotas para los nudos de piezas cilíndricas con sección en forma de cruz (Tma-7, a).	17
1.6. Contracción.....	17
1.7. Información Técnica de la mazarota y camisas exotérmicas.....	18
1.7.1 HA-CAMBT	18
1.7.2. HA-CAMEXBT	19
1.7.3. HA-PLAX	19
1.7.4 HA-MZ015	20
1.7.5. HA-MZ013	21
1.7.6. Polvo Exotérmico.....	22
1.7.7. HA-40E	23
1.8. Molino de bolas.....	25
1.8.1. Aplicación	25
1.8. 2. Principio de trabajo	25
1.8. 3. Caracterizas y beneficios.....	25
1.8.4. Fabricación de molinos de bolas (innovaciones)	27
1.8. 5. Molino de bolas: Shanghai Zenith Company	28
CAPITULO II. METODOLOGÍA DE OBTENCION Y UTILIZACION DEL POLVO DE ALUMINA EN LAS MAZAROTAS EXOTERMICAS DE LOS FUNDIDOS DE ACEROS.....	31
2.1. Metodología de obtención y preparación del polvo de alumina.	31
2.2. Selección del molino de bolas y pulverizado de la alumina.	35
2.3. Características y aplicación del polvo de alumina.	39
2.3.1 Preparación de la pasta exotérmica.	40
2.4 Discusión de resultados y valoración socio económica.	43
CONCLUSIONES.....	45
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS	

INTRODUCCION

Es de vital importancia para el progreso de un país, el desarrollo de la construcción de maquinarias. Dentro de esta rama de la industria, lo que se refiere a la producción de artículos metálicos ocupa un lugar preponderante y las aleaciones ferrosas son hoy en día un punto clave del desarrollo. Las mismas son base fundamental en la industria de la construcción, la fabricación de piezas para maquinarias agrícolas, la industria automovilística, la industria naval, la industria azucarera y otras.

Las aleaciones ferrosas constituyen una amplia gama de materiales que se pueden clasificar ya sea por su estructura como por su composición química. Una de las más difundidas por su uso son los aceros.

La propia naturaleza del proceso de obtención de piezas de acero por procesos de manufactura por fundición es muy costoso, entre otras cosas por el bajo rendimiento metálico, debido a que mas del 50% del metal es destinado a la mazarota para evacuar el rechupe de contracción, por eso se esta generalizando la utilización de las mazarotas exotérmicas con polvo de aluminio como agente generador exotérmico.

Sobre el estudio de las mazarotas, su aplicación en la industria mecánica por la variante exotérmica y el estudio de los polvos exotérmicos y los parámetros tecnológicos que se ven afectados por causa de las particularidades de nuestra industria versa esta tesis de pregrado.

La utilización de las mazarotas exotérmicas han sido muy efectivas en el aumento del rendimiento metálico por ese motivo es una tendencia mundial la sustitución de mazarotas abiertas y cerradas, por mazarotas exotérmicas, eso se puede observar fundamentalmente en la industria automovilística, la industria naval, de materiales de la construcción, la construcción de maquinarias agrícolas, etc. Nuestro país no se ha quedado atrás en esa tendencia mundial y para lograr exitosamente esta línea de trabajo son múltiples los problemas a resolver.

La Empresa Fundición de Hierro y Acero (EFHA), es una de las entidades que tiene dentro de sus planes de desarrollo la implementación de la producción de acero con mazarotas exotérmicas, la misma está ubicada en la carretera de San Germán Km 3 ½, Holguín, fue fundada en julio de 1980 y redimensionada en el año 2003 y consta de dos talleres fundamentales para su producción.

El taller de producciones ferrosas con una capacidad calculada del mencionado taller es de 360 toneladas al año. Se producen piezas principalmente para la Industria Mecánica, el MINAZ, el MINTUR, el MINBAS, entre otras. El moldeo se realiza en cajas metálicas de dimensiones 1000 x 800 x 300 mm y 630 x 500 x 250 mm y se utilizan mezclas en verde. En la actualidad, la carga para la producción del hierro fundido gris presenta la siguiente composición: 70% de chatarra de hierro y 30 % de retorno.

El contenido de azufre en el metal base, a partir del año 1998 ha aumentado de 0.03% hasta 0.067% según datos del 2006. El carbono equivalente es bajo, no sobrepasa el 4%. Posee un taller secundario para la elaboración y secado de los machos, estos son elaborados con mezclas de cromita, bentonita, fuel oil y melaza con secados en estufas a temperaturas de 200 – 250° C. Presenta un sistema de moldeo mecanizado con máquinas neumáticas movidas por un compresor que impulsa de forma estable aire comprimido a seis atmósferas.

El taller de fundiciones no ferrosa en su entorno tecnológico cuenta con: horno de crisol para la fusión de bronce, horno Wilkinson para la fusión de cuproaleaciones, horno tambor para la fusión de aleaciones de aluminio y se moldea con pisones neumáticos y mezclas en verde. La empresa tiene un taller auxiliar de herramental para la construcción de los modelos, accesorios, dispositivos y mantenimiento necesario para la ejecución de la producción.

El moldeo en nuestras empresas es casi todo en verde y es escaso el empleo de métodos avanzados de obtener el molde, lo que hace imprescindible el uso de cajas para este paso tecnológico. Esto dificulta y encarece la construcción de dispositivos para la obtención del hierro con grafito esferoidal por vías conocidas en el mundo pero por sus exigencias constructivas se hace imprescindible la aplicación de inversiones y la necesidad de automatizar los

cálculos de estos parámetros en busca de la agilidad, competitividad, sostenibilidad y sustentabilidad.

Para la utilización de las mazarotas exotérmicas se utiliza como generador exotérmico el polvo de aluminio, el cual tiene un precio de importación de € 7 596, 76 la tonelada y esta entre los productos más deficitarios producto del bloqueo económico norteamericano a la Industria Siderurgia Cubana.

Estas particularidades de nuestra industria han provocado el surgimiento de un **problema:** la necesidad de utilizar polvos alternativos en las mazarotas exotérmicas en los fundidos de aceros con un mayor rendimiento metálico bajo las condiciones actuales en la industria sideromecánica cubana.

Objeto de estudio: las mazarotas exotérmicas

Campo de acción: los polvos exotérmicos. La investigación plantea como

Hipótesis: que, utilizando polvos alternativos se logra aumentar el rendimiento metálico en la producción de fundidos de aceros de forma competitiva, sostenible y sustentable.

Objetivo general: aumentar el rendimiento metálico, atizando polvo de alumina generado del proceso de fusión de las aleaciones de aluminio en la EFHA.

Objetivos específicos: de la investigación se plantean:

- Evaluar los procedimientos existentes y los métodos más avanzado y el estado actual de aplicación de las tecnología de la mazarotas exotérmicas
- Elaborar la metodología para la obtención y sustitución del polvo de aluminio por el polvo de la alumina en las mazarotas exotérmicas, bajo las condiciones específicas de la industria cubana.
- Asegurar, con la sustitución del polvo de aluminio por alumina, el aumento del rendimiento metálico actuando favorablemente en el

rendimiento tecnológico general en la producción de artículos de acero de forma competitiva, sostenible y sustentable.

Tareas de la investigación:

1. Realizar búsquedas bibliográficas relacionadas con el tema de estudio.
2. Estudio de las características del material.
3. Seleccionar y elaborar la tecnología de utilización de la alumina como polvo exotérmico en las mazarotas que esté acorde a los resultados que se quieren obtener.
4. Evaluación técnico-económica de la tecnología propuesta.
5. Elaboración del informe final

Beneficios esperados: de la investigación se expresan en el aumento del rendimiento metálico con una metodología de obtención de polvo de aluminio por el polvo de la alumina en las mazarotas exotérmicas con la composición química y propiedades mecánicas que establecen las normas que rigen este tipo de producción, adecuado a las condiciones actuales de la industria en Cuba, garantizando de esta forma el aumento de la productividad y competitividad de estas producciones.

Los métodos científicos cumplen una función fundamental en el desarrollo de la ciencia, ya que permiten obtener nuevos conocimientos sobre el fenómeno que se estudia y ejercen un papel importante en la construcción y desarrollo de la teoría científica.

En las ciencias se aplican una variedad de métodos teóricos, dentro de ellos están: el método de análisis y la síntesis, el hipotético-deductivo, el análisis histórico y el lógico, el de tránsito de lo abstracto a lo concreto, la modelación y el enfoque de sistema. Cada uno cumple funciones gnoseológicas determinadas, por lo que en el proceso de realización de una investigación científica se complementan entre sí. A continuación se exponen los:

Métodos: fundamentales utilizados en la investigación:

- Método histórico-lógico: Este se aplica para establecer el estado del arte del tema de investigación, como marco teórico referencial, permitiendo

conocer que se ha investigado sobre el tema objeto de estudio y que leyes o aspectos generales se abordan en el fenómeno que se estudia.

- Método Empírico: Durante las consultas y entrevistas con los expertos y visitas a la EFAH.
- Método de inducción-deducción: A partir del estudio de diferentes casos particulares se llega a establecer aspectos que son generales y leyes empíricas, que constituyen puntos de partida para inferir o confirmar formulaciones teóricas, de las cuales se deducen nuevas conclusiones lógicas que son sometidas a prueba de acuerdo con las generalizaciones empíricas. Se aplicará para la evaluación de los diferentes criterios que intervienen en la tecnología para la obtención y utilización del polvo de alumina en las mazarotas exotérmicas.
- Método de análisis y síntesis: Se utiliza para identificar los factores principales -y sus características- que influyen en el fenómeno que se estudia, así como su interrelación. Se aplica para identificar las etapas que intervienen en la tecnología para la obtención y utilización del polvo de alumina en las mazarotas exotérmicas
- Método de modelación: Se crea un modelo científico -como instrumento de la investigación- de carácter material o teórico, el cual se utiliza para hacer una reproducción simplificada de la realidad; este cumple una función heurística, ya que permite descubrir y estudiar nuevas relaciones y cualidades del objeto de estudio. Se aplica al modelar el proceso de desarrollo de la tecnología para la obtención y utilización del polvo de alumina en las mazarotas exotérmicas
- Método computacional: Se utiliza durante la concepción y desarrollo de la aplicación informática para asistir en el cálculo de los parámetros que intervienen en la tecnología para la obtención y utilización del polvo de alumina en las mazarotas exotérmicas

Novedad: la investigación logra por primera vez en las condiciones de la industria Metal-Mecánica en Cuba, la disminución el aumento del rendimiento metálico sustituyendo el polvo de aluminio por el polvo de la alumina en las mazarotas exotérmicas logrando el aumento de la productividad y competitividad.

La investigación identifica como

Aportes:

- Establecer una metodología de obtención y utilización del polvo de alumina en las mazarotas exotérmicas, bajo las condiciones cubanas.
- Lograr una aplicación tecnológica de la obtención y utilización del polvo de alumina en las mazarotas exotérmicas que permita el aumento del rendimiento metálico, utilizando polvo de alumina en las mazarotas exotérmicas de los fundidos de acero, de una forma competitiva, sostenible y sustentable e

El informe de la tesis se estructura de la siguiente forma:

Introducción.

Capítulo 1. CARACTERÍSTICAS DE LAS MAZAROTAS EMPLEADAS EN LA MANUFACTURA DE LOS FUNDIDOS DE ACEROS

En este capítulo se realiza un estudio de los antecedentes y el estado actual de la utilización de las mazarotas en los fundidos de acero y los diferentes tratamientos de pulverización en los molinos de bolas

Capítulo 2. METODOLOGÍA DE OBTENCION Y UTILIZACION DEL POLVO DE ALUMINA EN LAS MAZAROTAS EXOTERMICAS DE LOS FUNDIDOS DE ACEROS.

En este capítulo se expone en detalles todos los elementos que componen la metodología para la obtención y utilización del polvo de alumina en las mazarotas de los fundidos de acero logrando la competitividad, sostenibilidad y

sustentabilidad, acorde al mercado actual y la metodología seguida con el fin de demostrar y comprobar la hipótesis planteada. Se realiza una valoración socio económica, con un análisis del costo y el tiempo empleado aplicando el polvo de aluminio comparándolo con el costo y la agilidad del polvo de alumina

Conclusiones.

Recomendaciones.

Bibliografía.

Anexos.

CAPITULO I. CARACTERÍSTICAS DE LAS MAZAROTAS EMPLEADAS EN LA MANUFACTURA DE LOS FUNDIDOS.

Las mazarotas sirven para la alimentación de las piezas en el periodo de solidificación, con el fin de compensar las contracciones del metal, y evitar en las piezas los rechupes y porosidades.

Se colocan sobre las partes más densa de los nudos térmicos de las piezas, en los cuales como resultados de la solidificación lenta, se forman los rechupes y se manifiesta una aguda porosidad. (Los puntos de aglomeramiento locales del metal, donde por cualquier causa no se pueda colocar la mazarota -por ejemplo- nudos térmicos y paredes comprimidas, se utilizan enfriadores).

El punto donde se deben colocar las mazarotas y sus dimensiones, depende del tipo de aleación de la magnitud de la contracción volumétrica, de la configuración y posición de la pieza en el molde.

Las mazarotas se utilizan una sola vez, es decir son consumibles. Consisten en placas o piezas prefabricadas de materiales aislantes de baja densidad, usualmente de sílice y silicatos con aglomerante y con una aportación de aluminio, que se insertan en la parte superior de las lingoteras abiertas de conicidad normal, fijándolas con grapas especiales o clavos a través de la pared de la lingotera. Si la relación de las longitudes de la pared larga a la angosta es menor que 2:1 se deben de cubrir las cuatro paredes; en caso de ser la relación mayor a 2:1 el efecto de enfriamiento de las paredes angostas llega a ser despreciable por lo que sólo se necesita recubrir las paredes largas. La aportación del aluminio en las mazarotas hace que este se encienda al contacto con el acero líquido elevando la temperatura a la misma que el metal líquido o superior a él y así evitando el rechupe del lingote por esta aportación calorífica y la capacidad aislante de la mazarota. Sin importar el tipo las mazarotas deben contener usualmente del 5 al 15% del volumen del lingote.

Las mazarotas sirven para la alimentación de las piezas en el periodo de solidificación, con el fin de compensar las contracciones del metal, y evitar en las piezas los rechupes y porosidades.

Se colocan sobre las partes más densa de los nudos térmicos de las piezas, en los cuales como resultados de la solidificación lenta, se forman los rechupes y se manifiesta una aguda porosidad. (Los puntos de aglomeramiento locales del

metal, donde por cualquier causa no se pueda colocar la mazarota -por ejemplo- nudos térmicos y paredes comprimidas, se utilizan enfriadores).

El punto donde se deben colocar las mazarotas y sus dimensiones, depende del tipo de aleación de la magnitud de la contracción volumétrica, de la configuración y posición de la pieza en el molde.

Tabla 1.1 Valores de contracción volumétrica en Acero

Aleación	Contracción volumétrica (%)
Ac-intermedio	2.5 - 3.0
Ac 1% Carbono	4.0

Teóricamente, la mazarota debe compensar la contracción volumétrica y contener el metal líquido hasta la total solidificación de la pieza. En los cálculos teóricos se toma en cuenta el volumen mínimo de contracción del metal líquido.

1. 1. Principales tipos de mazarotas se clasifican según

- * Lugar donde se coloquen, donde las mazarotas son superiores y laterales.
- * Configuración y forma geométrica, y pueden ser planas, cónicas, semicirculares y circulares.
- * Principio de funcionamiento y construcción, aquí se definen como abierta y cerrada; de acción simple, calentadas y exotérmicas por presión atmosférica o por presión de gas.
- * Métodos de separación de la pieza, las cuales son trozadas, golpeadas y de fácil desprendimiento.
- * Método de vertimiento, en el sistema y de acción independiente.

Las mazarotas superiores (rectas) se colocan directamente en los nudos térmicos de las piezas, pueden ser abiertas y cerradas.

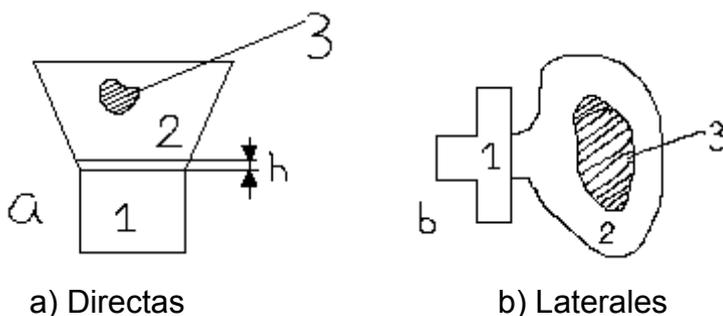
Las abiertas sirven a la vez, como respiraderos, ya que se utilizan para la salida de los gases y aires del molde, y señalan cuando el molde esta lleno. El inconveniente de las mazarotas abiertas, esta en el aumento del gasto del metal, su altura tiene relación con la altura de la tapa superior y es frecuente que se aumente injustificadamente. La plantilla de la mazarota separable se elabora aparte de la plantilla de la pieza y se extrae del molde como la plantilla del tragadero.

Las mazarotas cerradas permiten disminuir el gasto del metal en ellas, siendo más económicas. Estas garantizan una alimentación intensiva de la pieza, especialmente cuando utilizan la presión atmosférica o por presión de gas en el metal líquido, se utilizan cuando el moldeo es a maquina y también en aquellos caso, cuando la caja superior es grande.

Son preferibles por su forma mazarotas circulares ya que estas, en comparación con las abiertas, hay una relación mínima de la superficie exterior de la mazarota con el área de su sección. Estas deben tener protector de mazarotas cuyo radio debe ser igual a la mitad a la mitad del radio de la mazarota.

Las mazarotas laterales alimentan la pieza considerablemente menos, deben colocarse mas arriba del nudo alimentado, y el cuello que une la mazarota con el nudo de alimentación, debe ser corto y tener una sección con una superficie mínima de enfriamiento.

Estas se deben utilizar en casos extremo y se recomienda acelerar su acción por medio de presión atmosférica. En la mazarota cerrada después del vertido de molde y durante la solidificación de la pieza, se forma una capa endurecida de metal, lo cual aísla la mazarota de la atmósfera.



- 1. pieza
- 2. mazarota
- 3. rechupe

h-sobre medida para eliminar la mazarota por oxicorte.

Para reforzar la alimentación de las mazarotas, en ellas se crean una presión de gas excedente. Al ensamblar el molde en la cavidad de las mazarotas, se colocan los patrones metálicos, 2, (Tma-2, c), con cargas de una materia que desprende gases (tizas ligada con coque o carbón). Por acción de una alta

temperatura, la tiza se descompone, desprendiendo CO_2 , crea la presión extra que ayuda a pasar el metal líquido desde la mazarota a la pieza. La magnitud de la carga de un material que desprende gases depende del volumen de la mazarota. El desprendimiento de los gases, debe de comenzar después que se haya formado una capa del metal sólido suficientemente resistente, en el interior de la mazarota. Las mazarotas con presión de gas, son muy utilizadas en las piezas de aceros, trayendo consigo, la disminución del gasto de metal en la mazarota en un 20%.

1.2. Función de las mazarotas

Durante la solidificación de las piezas de grafito esferoidal tiene lugar a cuatro fases:

1-Expansión global debido a la solidificación rápida que se produce a lo largo las paredes de molde.

2-Contracción del líquido interior.

3-Expansión imputable a la solidificación simultánea de una gran parte del molde.

4-Rechufe que acompaña la última fase de solidificación.

En la práctica es necesario aprovechar los fenómenos de autoalimentación de la fundición, lo ideal sería prescindir de mazarotas: lo cual se cumple fácilmente en las piezas que presentan gruesos las paredes o menos uniformes. Pero, con frecuencias, las paredes tienen formas complejas y poseen paredes delgadas y gruesas, las cuales se unen entre sí. Como es lógico las paredes delgadas se solidifican antes que las gruesas y se alimentan de estas que tienen metal líquido. Por este motivo las partes gruesas sufren la sustracción del metal líquido. La función de las mazarotas es conservar para las partes gruesas la cantidad de metal líquido que las partes finas le sustraen. Las mazarotas dejan de desempeñar su función si se solidifica antes que las partes delgadas de las piezas, para evitar hay que tener en cuenta algunas indicaciones:

* Mejor rendimiento se obtiene utilizando mazarotas sección circular.

* Una mazarota de diámetro igual o ligeramente superior al mayor espesor del molde resulta ser suficiente.

- * La distancia entre la pieza propiamente dicha y la mazarota oscila, en general, entre el diámetro y un tercio de esta.
- * La unión de la mazarota con la pieza debe de ser lo más cercana posible a la parte donde la pieza se solidifica ultimo.
- * Cuando las partes estrechas totalicen un volumen importante, se puede alimentar la pieza a través de la mazarota.

1.3. Base de los métodos para determinar sus dimensiones

1-Se determina el ancho (b) o diámetro de la sección inferior de la mazarota (D_m) y se resuelve el problema de la necesidad de márgenes tecnológico (para obtener buenas piezas) utilizando el principio de la solidificación dirigida. (Tma-4, c)

2-Determinar el volumen necesario para compensar los rechupes que se forman en las piezas. De acuerdo a la configuración de las mazarotas (cilíndricas o rectangulares) y al volumen del metal calentado para compensar la contracción se la da forma de una esfera o un cilindro determinándose el diámetro de la base del cilindro.

3- Se calcula las dimensiones reales de la mazarota. Para obtener el metal en estado liquido necesario para compensar los rechupes, se cubre con una capa de metal igual a la mitad del espesor de la pared, en la sección superior de la pieza alimentada.

1.4. Normas para los nudos

* El ángulo de unión de la generatriz lateral para la mazarota, con la superficie de la pieza es de 45° . (Tma-4, b)

* El ángulo de inclinación de la generatriz lateral, para la mazarota abierta es de 5° .

* El ángulo de inclinación de la generatriz para el margen tecnológico sobre el cuerpo de la pieza sería de 5° .

* La altura del margen (h) para cortar la mazarota por medio autógenos, depende del espesor de la pieza:

Hasta	50	51-100	101-200	201-300	301-400	401-500	>500
h (mm)	10	15	20	25	30	35	40

* La contracción volumétrica del Ac, durante la solidificación, de acuerdo con su contenido en carbono:

Carbono (%)	0.10	0.35	0.45	0.70
Contracción (%)	2.0	3.0	4.3	5.3

* Radio de acoplamiento de la mazarota con la pieza (r) es de 20mm

* La altura de la mazarota (H_m)

Mazarota cerradas, $H_m=d_0+0.85D_m$

Mazarota abierta, $H_m=d_0+1.35D_m$

1.5. Método de cálculo de las mazarotas para la fundición de acero.

La mazarota es un exceso tecnológico de metal no previsto en el plano de la pieza, añadida a la superficie de la pieza fundida para que solidifique posteriormente a las paredes en las que han sido adicionadas y garanticen que el metal líquido contenido en ellas pueda alimentar ininterrumpidamente a las partes en el proceso de solidificación compensando de esta forma la disminución del volumen del metal durante la solidificación.

Es correcto recordar que se aplican las mazarotas en las piezas de acero, hierro blanco, hierro nodular, hierro con bajo por ciento de carbono, hierros grises con paredes gruesas, hierros altamente aleados y piezas de aleación no ferrosas.

En las mazarotas se encuentran todas las impurezas indeseables, flotando sobre el metal fundido. Luego esta se separa de la pieza y el rechupe debe quedar en la mazarota, quedando la pieza con alta densidad. De esta manera se elimina el rechupe.

Al cálculo de las mazarotas se le concede gran importancia por el gran significado económico que ello representa y la gran incidencia que tiene la obtención de piezas sin cavidades ni porosidades de contracción que motive al descarte de la pieza, que, significa la pérdida de todo invertido, o la recuperación, en caso de ser posible, encareciendo el producto y complicando el proceso productivo.

Los coeficientes de gasto de los aceros líquido al carbono y de baja aleación en mazarotas comunes de alimentación directa, se dan en la (Tma-3 A-B). Estas tablas están elaboradas en base de un análisis estadístico de una gran cantidad de procesos tecnológicos de producción, elaborado cuidadosamente para diferentes piezas, en los talleres de fundición.

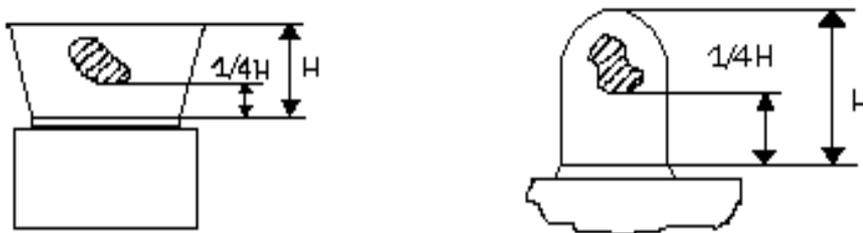
Como coeficiente de gasto del metal en la mazarota, se entiende la relación peso de la mazarota, determinado por sus dimensiones exteriores, con el peso en bruto de la pieza. Al determinar el margen de aprovechamiento, o sea, la relación del peso de la pieza con el gasto total del metal para ella, el peso del sistema de alimentación se toma igual al 4% del peso de la pieza.

Para las piezas que tengan poco volumen de elaboración mecánica, se asume la cantidad a maquinar tiene un valor menor que el 20% de la superficie total de la pieza.

El intervalo entre las mazarotas, no debe de ser menor que la longitud de estas. Los datos dados en la (Tm-3) sirven para valorar aproximadamente la corrección de la tecnología elaborada y las dimensiones calculadas de las mazarotas.

Las condiciones iniciales para el cálculo de la mazarota son las siguientes:

1. La mazarota debe de solidificarse en último orden.
2. El rechupe debe de estar completamente en la mazarota, por lo tanto, la parte inferior del mismo debe encontrarse a una altura por encima de la base de la mazarota de $1/4H$.



Cálculos

1.5.1. Mazarotas de piezas cilíndricas. (Tma-5, A)

Dimensiones de la pieza: Diámetro= D ; Altura= H ; Volumen= V

Entonces:

$$v = \frac{\pi * D^2}{4} H ; \text{ El volumen del metal para compensar la contracción es } V_0 = 0.043$$

$V = 0.034D^2H$, por lo que V sería la contracción volumétrica del acero con 0.45%C.

El diámetro de la esfera del metal necesario para compensar la contracción:

$$d_0 = \sqrt[3]{0.065D^2H} \approx 0.040\sqrt[3]{D^2H}$$

El valor dado en función del diámetro de la pieza D y de la Altura H se da en (Tma-5, B)

1.5.2. Mazarotas de piezas de sección rectangular (Tma-5, B)

Dimensiones de la pieza: Espesor=b; Longitud=L; Altura=H

Área de la sección $S=H*b$

Área de la sección del metal de compensación S_0 :

$$S_0=0.043 \quad S=0.043H*B$$

Diámetro de la circunferencia del metal de compensación d_0 :

$$d_0 = \sqrt{0.054H * b} \approx 0.22\sqrt{H * b}$$

Los valores d_0 en función del espesor de la pieza b y en dependencia de la altura H se dan (Tma-5, B)

1.5.3. Mazarotas para los nudos de la pieza con sección en T (Tma-6)

Dimensiones de la pieza: Espesor=b; Altura=H; Radio de empalme=R

Espesor del nervio=a

El valor del Radio en la unión se toma:

$$R = \frac{(a + b)}{4}$$

El diámetro de la circunferencia inscrita en la unión de la pared de la pieza con el nervio:

$$d = b + \left(\frac{\frac{a}{2} + R}{b + 2R} \right)^2 \approx b + \frac{(3a + b)^2}{8(a + b)}$$

Los valores de d_0 en función del espesor para diferentes valores de (a), se dan (Tma-6, b).

Hallemos la magnitud de la sección de la mazarota:

$$B = d + 0.4H * \operatorname{tg} 30 \approx d + 0.02H$$

Para calcular el área de sección, tomamos la suma de las áreas de las paredes vertical y horizontal; la longitud de la pared horizontal para el cálculo la tomaremos igual a $2a$.

El diámetro para el metal de compensación:

$$d_0 = 0.2\sqrt{H * b + 2a^2}$$

En (Tma-6, c) se dan los valores de d_0 en función del producto $H \cdot b$ y en dependencia del espesor del nervio (a), el diámetro de la mazarota en el caso dado será:

$$D_m = b + d_0$$

1.5.4. Mazarotas para nudos de piezas en formas de anillo (Tma-7, A)

Dimensiones del nudo de la pieza:

Diámetro interior= D_0 ; Diámetro exterior= D ; Radio de acoplamiento= R

Altura= H ; Espesor de la pared horizontal= a

Calculo se efectúa análogamente al caso anterior

El diámetro de la circunferencia inscrita:

$$d = \frac{D - D_0}{2} + \frac{\left[3a + \frac{D - D_0}{2} \right]^2}{8 \left[a + \frac{3}{2}(D - D_0) \right]}$$

En correspondencia a la (Tma-6, b) es necesario tomar en lugar del valor b la diferencia $\frac{D - D_0}{2}$, en este caso $B = D + 0.02H$

$$d_0 = 0.22 \sqrt{H \frac{D - D_0}{2} + 2a^2}$$

Cuando al calcular el diámetro de la sección superior del macho ($D - 2B$) y es menor de 30mm la mazarota es cerrada diámetro= D y la altura $H + h$, donde h es igual a la altura del macho, este ultimo entra en la mazarota.

1.5.5. Mazarotas para nudos térmicos de la pieza con sección en forma de cruz (Tma-7, B).

Dimensión del nudo de la pieza: Espesor de la pared vertical= b

Espesor de la pared horizontal que la atraviesa= a

Altura de la pared vertical= H

Radio de acoplamiento= R

Esta sección no es muy recomendable para obtener buena pieza fundida pues en ambos lados en punto de conjugación de las paredes verticales y horizontales, existen nudos térmicos en los cuales el proceso de solidificación es el ultimo en efectuarse.

Calcular el diámetro de la circunferencia inscrita (d) cuando R es: $R = \frac{a + b}{4}$

$$d = \sqrt{\frac{5a^2 + 6ab + b^2}{2} - \frac{a+b}{2}}$$

$$S \approx H \frac{b+B}{2} + 4a^2$$

$$d_0 = 0.22 \sqrt{H \frac{b+B}{2} + 4a^2}$$

1.5.6. Mazarotas para los nudos de piezas cilíndricas con sección en forma de cruz (Tma-7, a).

Los nudos de las piezas exigen un aumento del diámetro en la parte superior, mas arriba del nervio.

$$d = \sqrt{\frac{5a^2 + 6aD + 5D^2}{2} - \frac{a+D}{2}}$$

El volumen de la parte alimentada, en la pieza será:

$$V = \frac{\pi}{4} \left[(D^2 + D_1^2) * \left(\frac{H-a}{2} \right) + a(D_1 + 4a)^2 \right]$$

$$d = 0.4 \sqrt{(D^2 + D_1^2) * \frac{H-a}{2} + a(D_1 + 4a)^2}$$

El calculo de la mazarota, se basa en la generalización de los datos experimentales. La disposición de la mazarota y su cantidad se determina por los resultados de los estudios realizados sobre los límites de alimentación de las mazarotas.

1.6. Contracción

Todas las piezas fundidas experimentan una contracción al enfriarse en los moldes, y esto hay que tenerlo en cuenta, para dar a los moldes los aumentos correspondientes.

Por otra parte hay que hacer los moldes que no opongan resistencia a la contracción, e incluso en algunos casos habrá que recurrir durante el enfriamiento, a facilitar la contracción escarbando las arenas o haciendo lo preciso para ello y procurando, a demás, que el enfriamiento se haga lo más uniforme posible. El volumen de una pieza en frío resulta menor que el volumen del molde.

Los materiales metálicos disminuyen el volumen al enfriarse, esto ocurre tanto en estado liquido como durante la solidificación y, finalmente, después de la solidificación por lo que hay tres clases de contracción. Con las aleaciones con

segunda cristalización parcial o total la contracción sólida es diferente según ocurra antes o después de la segunda cristalización. La contracción del material viene dado por el coeficiente de dilatación térmica del mismo que da la variación del volumen según la temperatura.

Si mientras se cuele la pieza, esta no se solidifica en lo absoluto o solo lo hace parcialmente, la disminución de volumen en los tres estados tiene por consecuencia la formación de uno o varios espacios huecos y rechupes, cuya posición y forma depende de la forma de la pieza.

Las contracciones pueden originar torceduras y roturas. Las contracciones son mayores cuando aumenta el azufre y el manganeso, y disminuye al aumentar el silicio. La influencia del azufre es considerable, la fundición dura tiene más contracción.

En fundición de tubos y columnas suele haber torceduras, que son consecuencia de no colocar los machos bien concentrados, pues cuando hay diferencia de espesores, la parte menos grueso se contrae antes, por haber enfriado primero, y al hacer contracción la parte más gruesa, tira y arquea la pieza.

1.7. Información Técnica de la mazarota y camisas exotérmicas

1.7.1 HA-CAMBT

Información Técnica

Camisa aislante para protección de barra tapón en distribuidores de colada continua que utilizan dicho dispositivo. Otra de las funciones de esta camisa es la de regular el flujo inicial de acero en las líneas evitando turbulencia.

ANÁLISIS QUÍMICO TÍPICO

SiO².....86.5 - 92.0 %

Al²O³..... 1.0 - 2.0 %

FeO..... 0.8 - 1.0 %

MgO..... 1.5 % máx.

Alcalis..... 0.30 % máx.

Fibras..... 6.5 - 8.5 %

PROPIEDADES FÍSICAS

Humedad: 0.5 % máximo

Resistencia al Corte: 25 - 35 Kg/cm²

Densidad: 1.02 - 1.23 g/cm³

Permeabilidad: 12 - 30 A.F.S.

Aislabilidad: 12 cal/cm² min (máximo)

1.7.2. HA-CAMEXBT

Información Técnica/Mazarota Aislantes Exotérmicas

Las placas y mazarotas aislantes exotérmicas para lingotera son productos diseñados especialmente para la industria del acero que utilizan vaciado con lingotes como sistemas de alimentación antirrechupe que por su alto poder exotérmico y aislante garantizan resultados óptimos en el vaciado de lingotes.

ANÁLISIS QUÍMICO TÍPICO

Al₂O₃..... 50 - 55 %

SiO₂..... 7 - 8 %

FeO..... 4 - 6 %

Na₂O+K₂O..... 7 - 10 %

Aluminio metálico..... 23 % mínimo

Orgánicos..... 9 - 11 %

PROPIEDADES FÍSICAS

Densidad: 0.8 - 0.9 g/c.c.

Permeabilidad: 25 - 55 UAFS

Humedad: 2.0 % máx

Resistencia al Corte: 12 +/- 5 Kg/cm² mínimo

Tiempo de reacción: de 3 a 4 minutos

Contamos con todo tipo de mazarotas y placas exotérmicas las cuales se fabrican bajo diseño que satisfagan las necesidades del cliente. Las medidas típicas de las HA-MZ013 son: 12L, 15C, 15L, L16, 18C, 20R, 20 octagonal, L27, M37, M55, M85, M110, (ver información anexa) etc. Para cualquier diseño específico de mazarota o placas aislantes exotérmicas consulte a nuestro personal técnico especializado.

PRECAUCIONES

Estos materiales son higroscópicos por lo que deberán almacenarse en lugar seco y bajo techo para mantener las propiedades del producto en óptimas condiciones.

1.7.3. HA-PLAX

Información técnica/placas y Mazarotas Aislante Para Lingoteras

Las placas y mazarotas aislantes para lingotera son productos diseñados especialmente para la industria del acero que utilizan vaciado con lingotes. Estos sistemas son recomendados principalmente para el vaciado de aceros calmados y semicalmados. La función principal de éstos materiales es mejorar la solidificación de la cabeza y así obtener un mejor rendimiento o aprovechamiento del lingote.

ANALISIS QUIMICO TIPICO

SiO²..... 82 - 85 %
MgO..... 1.0 % máx.
Al²O³..... 1.0 % máx
CaO..... 1.5 - 2.5 %
Orgánicos..... 10 - 12 %

PROPIEDADES FISICAS

Densidad: 0.8 - 0.9 g/c.c.

Permeabilidad: 30 - 50 UAFS

Humedad: 0.5 % máx

Resistencia al Corte: 15 Kg/cm² mínimo

Equivalente Cono Pirométrico: 28

Aislabilidad: 12 - 18 cal/cm² min

Las medidas típicas que se manejan son; 26x26, 30x30, 27x27, 30x44 (medidas en pulgadas cada juego de placas consta de 4 piezas, 2 largueros y 2 cabezales). Para cualquier diseño específico de mazarota o placas aislantes consulte a nuestro personal técnico especializado.

PRECAUCIONES

Estos materiales deberán almacenarse en lugar seco y bajo techo para mantener las propiedades del producto en óptimas condiciones.

1.7.4 HA-MZ015

Información Técnica/Mazarotas Aislantes Exotérmicas

Las placas y mazarotas aislantes exotérmicas para lingotera son productos diseñados especialmente para la industria del acero que utilizan vaciado con lingotes como sistemas de alimentación antirrechupe que por su alto poder exotérmico y aislante garantizan resultados óptimos en el vaciado de lingotes.

ANALISIS QUIMICO TIPICO

Al²O³..... 55 - 58 %
SiO²..... 4 - 6 %
FeO..... 4 - 6 %

Na²O+K²O..... 7 - 10 %
Aluminio metálico..... 25 % mínimo
Orgánicos..... 6 - 9 %

PROPIEDADES FISICAS

Densidad: 0.7 - 0.82 g/c.c.
Permeabilidad: 50 - 80 UAFS
Humedad: 2.0 % máx
Resistencia al Corte: 10 +/- 5 Kg/cm² mínimo
Tiempo de reacción: de 2 a 3 minutos

MEDIDAS TÍPICAS Y DISEÑO

Contamos con todo tipo de mazarotas y placas exotérmicas las cuales se fabrican bajo diseño que satisfagan las necesidades del cliente. Las medidas típicas de las HA-MZ015 son: 17x7, 8x8, 12A, 12R, 12C, etc. (ver información anexa) etc. Para cualquier diseño específico de mazarota o placas aislantes exotérmicas consulte a nuestro personal técnico especializado.

PRECAUCIONES

Estos materiales son higroscópicos por lo que deberán almacenarse en lugar seco y bajo techo para mantener las propiedades del producto en óptimas condiciones.

1.7.5. HA-MZ013

Información Técnica/Mazarotas Aislantes Exotérmicas

Las placas y mazarotas aislantes exotérmicas para lingotera son productos diseñados especialmente para la industria del acero que utilizan vaciado con lingotes como sistemas de alimentación antirrechupe que por su alto poder exotérmico y aislante garantizan resultados óptimos en el vaciado de lingotes.

ANÁLISIS QUÍMICO TÍPICO

Al²O³..... 50 - 55 %
SiO²..... 7 - 8 %
FeO..... 4 - 6 %
Na²O+K²O..... 7 - 10 %
Aluminio metálico..... 23 % mínimo
Orgánicos..... 9 - 11 %

PROPIEDADES FISICAS

Densidad: 0.8 - 0.9 g/c.c.
Permeabilidad: 25 - 55 UAFS

Humedad: 2.0 % máx

Resistencia al Corte: 12 +/- 5 Kg/cm² mínimo

Tiempo de reacción: de 3 a 4 minutos

Medidas típicas y diseño

Contamos con todo tipo de mazarotas y placas exotérmicas las cuales se fabrican bajo diseño que satisfagan las necesidades del cliente. Las medidas típicas de las HA-MZ013 son: 12L, 15C, 15L, L16, 18C, 20R, 20 octagonal, L27, M37, M55, M85, M110, (ver información anexa) etc. Para cualquier diseño específico de mazarota o placas aislantes exotérmicas consulte a nuestro personal técnico especializado.

PRECAUCIONES

Estos materiales son higroscópicos por lo que deberán almacenarse en lugar seco y bajo techo para mantener las propiedades del producto en óptimas condiciones.

1.7.6. Polvo Exotérmico

Información Técnica /Polvo Exotérmicos

El polvo exotérmico HA-20E es un producto diseñado para la industria siderúrgica que disminuye la profundidad del rechupe en aceros muertos y proporciona mayor rendimiento al lingote por su alta eficiencia exotérmica y aislante. Se utiliza en conjunto con el collar refractario del lingote o "mazarota caliente".

ANALISIS QUIMICO TIPICO

SiO ²	25 - 30 %
MgO.....	1.0 % máx
Al ² O ³	22 - 25 %
CaO.....	5 - 7 %
Orgánicos.....	3.5 - 4.5 %
C.....	4 - 6 %
Aluminio metálico.....	13 % mínimo

PROPIEDADES FISICAS

VARIABLES

Reactividad

Exotermicidad

Aislabilidad

Temperatura pico de exotermicidad

Densidad

Humedad

Expansión

Generación de humos

ESPECIFICACION

4 minutos máximo

T¹ = 7 minutos máximo

T² = 4 minutos mínimo

13 cal/cm² *min máximo

1420 °C

0.5 - 0.7 g/c.c.

0.5 % máximo

> 80 %

NULOS

Dosificación

Esta queda determinada por las condiciones operativas del cliente y por el volumen de la cabeza de la lingotera

Ventajas

- * Alto rendimiento
- * buena exotermicidad
- * gran aislabilidad
- * no genera humos ni finos
- * baja densidad

1.7.7. HA-40E

Información Técnica/Polvos Exotérmicos

El polvo exotérmico HA-40E es un producto diseñado para la industria siderúrgica que disminuye la profundidad del rechupe en aceros muertos y proporciona mayor rendimiento al lingote por su alta eficiencia exotérmica y aislante. Se utiliza en conjunto con el collar refractario del lingote o "mazarota caliente".

ANALISIS QUIMICO TIPICO

SiO²..... 20 - 25 %

MgO..... 1.5 % máx

Al²O³..... 28 - 32 %

CaO..... 5 - 7 %

Orgánicos..... 4.5 - 6.5 %
C..... 5 - 7 %
Aluminio metálico..... 30 % mínimo

PROPIEDADES FISICAS

VARIABLES

Reactividad
Exotermicidad
Aislabilidad
Temperatura pico de exotermicidad
Densidad
Humedad
Expansión
Generación de humos

ESPECIFICACION

2 minutos máximo
T¹ = 9 minutos máximo
T² = 6 minutos mínimo
12 cal/cm² *min máximo

1420 °C
0.5 - 0.7 g/c.c.
0.5 % máximo
> 120 %

NULOS

DOSIFICACION

Esta queda determinada por las condiciones operativas del cliente y por el volumen de la cabeza de la lingotera.

VENTAJAS

- * Alto rendimiento
- * buena exotermicidad
- * gran aislabilidad
- * no genera humos ni finos
- * baja densidad

1.8. Molino de bolas

El Molino de bolas es una herramienta eficiente para la pulverización de muchos materiales en polvo fino. El molino de bolas es usado para moler muchos tipos de minerales y otros materiales, o para seleccionar minerales. Es ampliamente usado para materiales de construcción, industria química, etc. Cuenta con dos tipos de pulverización: el proceso seco el proceso húmedo. Puede ser dividido en tipo tubular y tipo fluido de acuerdo con las diferentes formas de descarga de material.

1.8.1. Aplicación

El Molino de bolas es un equipo clave para la repulverización. Es ampliamente usado para cemento, productos de silicato, nuevos tipos de materiales de construcción, materiales a prueba de fuego, fertilizantes químicos, metales negros y no ferrosos, vidrio, cerámicas, entre otros. Nuestro molino de bolas puede moler minerales u otros materiales que pueden ser molidos tanto por proceso húmedo como por proceso seco.

1.8. 2. Principio de trabajo

Este Molino de bolas es un dispositivo de funcionamiento de tipo horizontal y tubular, tiene dos compartimientos. Esta máquina es de estilo de molienda y su exterior funciona a través de un engranaje. El material ingresa espiral y uniformemente al primer compartimiento de la máquina de molienda a través del eje del espacio de salida de materiales por medio del dispositivo de entrada de materiales. En el compartimiento, hay un tablero de escala o tablero de onda, y según las diferentes especificaciones se pueden instalar bolas de acero en el tablero de escala. Cuando el cuerpo del barril gira y luego produce fuerza centrífuga, en ese momento, las bolas de acero son llevadas hasta cierta altura y caen para moler y golpear los materiales. Después de ser molidos de forma gruesa en el primer compartimiento, los materiales entran en el segundo compartimiento para ser re molidos con las bolas de acero y el tablero de escala. Al final, el polvo es descargado por el tablero de salida de materiales y el producto final está terminado.

1.8. 3. Caracterizas y beneficios

Esta máquina consta de una parte de alimentación, parte de descarga, parte de transmisión, (desacelerador, pequeño engranaje de transmisión, generador, control eléctrico) entre otros. El espacio del eje adopta acero fundido y el forro puede ser reemplazado, el engranaje grande rotatorio es procesado desde el engranaje fundido giratorio. El cuerpo del barril es bien usado y soporta tableros de escala. Esta máquina funciona continuamente y trabaja confiablemente.



Tabla 1.2. Especificaciones

Modelo	Velocidad Giratoria (r/min)	Peso	Tamaño de grano de alimentación máximo (mm)	Tamaño de grano de material salido (mm)	Capacidad (t/h)	Potencia (kw)	Peso (T)
Φ1830×3000	24	11	≤25	0.075-0.4	4-10	180	28

Φ1830×64 00	24	23	≤25	0.075-0.4	6.5-15	210	34
Φ1830×70 00	24	25	≤25	0.075-0.4	7.5-17	245	36
Φ2200×55 00	21	30	≤25	0.075-0.4	10-22	370	48. 5
Φ2200×65 00	21	30	≤25	0.075-0.4	14-26	280	52. 8
Φ2200×75 00	21	33	≤25	0.075-0.4	16-29	475	56
Φ2400×30 00	21.6	25. 8	≤25	0.075-0.4	7.8-18	245	59. 2

1.8.4. Fabricación de molinos de bolas (innovaciones)

Estas innovaciones fueron encontradas en Internet, cuentan los fabricantes que todo fue un éxito, que no necesitaron de productos caros para poder hacer uno, solo vasto con encontrar medios que estaban en vertederos u otros lugares de desechos para poner a funcionar uno, a demás cuentan que los mimos tienen una función estable y buena calidad a prueba de fricción productos con granularidad uniforme poca inversión y mucho ahorro energético fácil operación y uso con seguridad.

El Molino no es mucho más que un bote que contiene la gravilla y unas bolas de acero. Al girar a unas 60RPM las bolas golpean sucesivamente la gravilla y en una o dos horas sacas un montón de polvo... Pero como yo no tenía bola de acero usé canicas. Funcionan muy bien aunque tardan más en hacer la misma cantidad de polvo porque pesan mucho menos. Probé trozos de plomo, pero al tener formas raras y planas no funcionó nada bien. Si fueran bolas de plomo también debería ir bien.

Pronto observé que conviene retirar el polvo ya formado cada hora para facilitar la formación de más polvo. El exceso de polvo en el bote amortigua los golpes de las bolas sobre la gravilla y hace que cada vez triture menos.

Estos son los materiales principales: Motor de 20V, rodillo de goma, rodillo de plástico, cadena y ruedas dentadas. Todos sacados de la misma fotocopiadora

estropeada que me encontré tirada por la calle. (Además de mil motorcillos, opto acopladores, algún contactor, frenos, embragues, fuente de potencia...) Te recomiendo que no dejes de cogerla por mucho que pese si te

Recorté los dos laterales de madera que soportará los rodillos y hacen de rail para poder desplazar uno de los rodillos. Los ejes ya traían sus cojinetes y los empotré en la madera.



1.8. 5. Molino de bolas: Shanghai Zenith Company

La Molino de bolas es un equipo clave para este siguiente proceso de elaboración: Tras ser triturado, el material sufrirá otro procedimiento de trituración. Este equipo es ampliamente utilizado en los siguientes campos: cemento, productos de silicato, nuevos materiales de construcción, materiales a prueba de fuego, fertilizante, metal negro y de color, cerámica y vidrio, etc. Puede usarse para triturar de forma seca o húmeda diversas clases de minas y otros materiales que se puedan moler. En este sentido, la forma seca será para: materiales a prueba de fuego, cemento, fertilizantes y vidrio. Mientras la humedad será para minas, cerámica e industrias químicas.

Características

Función estable y buena calidad a prueba de fricción productos con granularidad uniforme poca inversión y mucho ahorro energético fácil operación y uso con seguridad.

Molino de bola en los laboratorios

Los molinos de bolas son los mas efectivos en los laboratorios para la molienda rápida y discontinua de muestras medianamente duras a muy duras, hasta los tamaños de partículas mas finas. Se pueden moler hasta 900 ml de sólidos en seco o en húmedo. Estos molinos también se pueden utilizar para mezclar, homogeneizar y alear mecánicamente. La energía de la molienda particularmente alta se produce por el sistema planetario (rotación contraria del contenedor y el disco de molienda).

1.8. 6. Tradición

Todo comenzó con el mortero a mano para moler y mezclar polvos. Después lleo el desarrollo del Mortero mecánico automático y el Tamizador, hasta la generación revolucionaria actual de los Molinos planetarios; FRITSCH es una empresa que se fundo en el año 1920, ha pasado de ser comerciante de piedras preciosas técnicas hasta convertirse en proveedor mundial de equipos de preparación de muestras y análisis de tamaño de partículas.

En los años 60, FRITSCH patento su propio desarrollo independiente: el molino planetario. A este le siguió en 1985 el primer analizador de tamaño de partículas con un láser de rayo convergente. Y en 1996 lleo el tamizado con un control automático de la resonancia y el molino mono-planetario. Desde entonces, muchas otras innovaciones de FRITSCH han ayudado a resolver problemas en aplicaciones técnicas en laboratorios de todo el mundo.

Preparación de muestras

Reducción de tamaño

El análisis de un producto o material depende de la preparación precedente de la muestra. En la molienda de sólidos, se deben tener en consideración numerosos parámetros para conseguir que la preparación de la muestra sea óptima: propiedades de los materiales, tamaño de entrada y volumen de las muestras, tiempo de molienda y finura final que se desea conseguir, abrasión de las partes molidas (cuantitativa y cualitativa), costes, etc.

A continuación, le mostramos varios ejemplos que le ayudaran a clasificar correctamente su muestra según el tipo de material.

A continuación, se muestran varios ejemplos que le ayudaran a clasificar correctamente la muestra según el tipo de material.

duro (abrasivo)	escoria, ferro aleaciones, granito, porfido, mineral de hierro
Medianamente duro	vidrio, cemento, escoria, cuarzo, calcita, carbón, ceniza, rocas, lodo de aguas residuales, bauxita, catalizadores, cerámicas, carborundo, suelos, muestras de arena contaminada
blando	grano, yeso, sales, talco, piensos, grafito, levadura, grasa, pigmentos, especias, grajeas, mica
quebradizo	aleaciones de metal ligero, cerámicas, sales, comprimidos, carburo de silicio, nitruro de silicio, coque, carbón También tras la fragilización con nitrógeno líquido: plásticos, "duroplast", goma, perspex
tenaz	cuero, piel, caucho
fibroso	lana, resinas, madera, celulosa, papel, raíces
sensible a la temperatura	termoplásticos, farmacéuticos
húmedo	suelo, grasa, heno, hoja

También existen molinos planetarios, mono planetarios, micro molino planetarios, vibratorio, mini molino, molino de cuchillas y de palas entre otros. Estos cumplen con su función recomendada de una manera eficaz y con una buena calidad, así como mezclar, homogenizar y alear mecánicamente. Estas grandes innovaciones han ayudado a resolver problemas en aplicaciones técnicas en laboratorios de todo el mundo para moler y mezclar polvos.

CAPITULO II. METODOLOGÍA DE OBTENCION Y UTILIZACION DEL POLVO DE ALUMINA EN LAS MAZAROTAS EXOTERMICAS DE LOS FUNDIDOS DE ACEROS.

2.1. Metodología de obtención y preparación del polvo de alumina.

Durante el proceso de fusión de las aleaciones de aluminio se obtiene un rendimiento tecnológico general menor de 75 % en dependencia del fusor utilizado, es decir se genera mas de 25 % de escoria de aluminio que esta compuesta por alumina ($Al_2 O_3$), que luego de ser tratada y pulverizada, sustituye al polvo de aluminio en las mazarotas exotérmicas.

El proceso de obtención y utilización de la alumina en calidad de polvo exotérmico alternativo se rige por las siguientes instrucciones tecnológicas.

1. Separación de la alumina de los insertos metálicos (Instrucción 2.1).
2. Pulverizado de escoria de aluminio. (Instrucción 2.2).
3. Elaboración de pastas exotérmicas. (Instrucción 2.3).

Con el propósito de cumplir con los objetivos de este trabajo es necesario separar la alúmina de los insertos metálicos que se encuentran en la escoria, según la instrucción tecnológica de separación. 2.1.

Instrucción 2.1. Separación de la alumina de los insertos metálicos.

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-11
	Separación de la alumina de los insertos metálicos	Revisión: 00 Fecha: 01/03/2009 Página: 1 de 5

INDICE

1.0 Objetivo.

2.0 Alcance.

3.0 Definiciones.

4.0 Responsabilidades.

5.0 Referencias.

6.0 Desarrollo.

6.1 Materiales y equipos a utilizar.

6.2 Preparación para comenzar la actividad.

6.3 Secuencia ordenada de las operaciones a realizar.

6.4 Frecuencia de ejecución.

7.0 Registro

Elaborado por: Yixan Estupiñan Lahenz. Diplomante.	Revisado por: MSc. Rigoberto Pastor Sanchez Figueredo. Tutor	Aprobado por: Ing. Alexis Ronda Oro. Oponente
---	---	--

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-11 Revisión: 00 Fecha: 01/03/2009 Página: 1 de 5
	Separación de la alumina de los insertos metálicos	

1. OBJETIVO

La presente instrucción tiene como objetivo establecer los pasos a seguir para la separación de los insertos metálicos de la alúmina en la escoria de aluminio

2. ALCANCE

Abarca el proceso de separación de los insertos metálicos de la alúmina en la escoria de aluminio

.

3. DEFINICIONES

No se aplica.

4. RESPONSABILIDADES

4.1 El Jefe de Brigada de Fusión es el responsable de hacer cumplir lo establecido en esta instrucción.

5. REFERENCIAS

No se aplica.

6. DESARROLLO

6.1 Materiales y equipos a utilizar.

6.1.1 Equipos.

- Grúa de puente 3,2 ton.
- Desmoldeadora.
- Grúa pescante 1,0 ton.

6.1.2 Instrumentos.

- Mandarria.
- Martillo.
- Pala.
- Cable o cadena de acero.
- Llave.

6.2 Preparación para comenzar la actividad.

6.2.1 Antes de comenzar el trabajo es necesario revisar los dispositivos de trabajo.

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-11 Revisión: 00 Fecha: 01/03/2009 Página: 1 de 5
	Separación de la alumina de los insertos metálicos	

6.2.2 La escoria, limpiarla de restos de metal u otras materias.

6.2.3 La separación de la escoria se realizará después de cumplido el tiempo de permanencia establecido en la carta tecnológica del proceso de fundición.

6.2.5 El peso de la escoria a separar no debe ser mayor de 3 ton.

6.3 Secuencia ordenada de las operaciones a realizar.

Quitar las sustancias ajenas a la escoria.

Colocar las pacas de vescoria con ayuda de la grúa de puente sobre la rejilla de la desmoldeadora.

Conectar los motores del mecanismo vibratorio, el imán permanente y el transportador de bandas.

Velar porque la escoria no obstaculice la salida de la tolva de la separadora.

El tiempo de reparación es de 3 a 10 minutos.

Desconectar los motores del mecanismo vibratorio, el imán permanente y el transportador de bandas.

Extraer las materias ajenas que queden sobre la rejilla de la separadora y lanzarlas hacia las áreas de evacuación.

6.3.11 Se debe eliminar la mayor cantidad de restos de mezclas y machos.

6.3.12 Las escorias separadas deben llevarse hasta el área de limpieza.

6.3.13 Las cajas de escoria con ayuda de la grúa de puente deben transportarse hasta el área del molino de bolas o colocarlas en un área de almacenamiento para su posterior pulverizado.

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-11 Revisión: 00 Fecha: 01/03/2009 Página: 1 de 5
	Separación de la alumina de los insertos metálicos	

Limpiar la rejilla de la separadora de restos de escorias.

6.3 Frecuencia de ejecución.

La presente actividad tiene una frecuencia diaria.

7. REGISTROS

No se aplica.

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-11 Revisión: 00 Fecha: 01/03/2009 Página: 1 de 5
	Separación de la alumina de los insertos metálicos	

ESTADO DE REVICION

Página	Revisión	Fecha
1	00	01/03/2009
2	00	01/03/2009
3	00	01/03/2009
4	00	01/03/2009
5	00	01/03/2009

Elaborado por: Yixan Estupiñan Lahenz

Firma:

Revisado por: MSc. Rigoberto Pastor Sánchez Figueredo

Firma:

Aprobado por: Ing. Alexis Ronda Oro

Firma:

2.2. Selección del molino de bolas y pulverizado de la alumina.

El taller de producciones no ferrosas de la Empresa de Fundiciones acero-Hierro de Holguín durante los procesos de fusión de las aleaciones de aluminio, como promedio, acumula de 5 a 8 toneladas de escorias, por lo que para el pulverizado se utiliza el molino de bolas modelo $\Phi 1630 \times 2000$ que se muestra en la tabla.

Modelo	Velocidad Giratoria (r/min)	Peso	Tamaño de grano de alimentación máximo (mm)	Tamaño de grano de material salido (mm)	Capacidad (t/h)	Potencia (kw)	Peso (T)
Φ1630×2000	24	8	≤25	0.075-0.4	2-6	180	22

2.2.1. INSTRUCCIÓN TECNOLÓGICA PARA EL PULVERIZADO DE ALUMINA

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-12
	Pulverizado de escoria de aluminio	Revisión: 00 Fecha: 01/03/2009 Página: 1 de 6

INDICE

1.0 Objetivo.

2.0 Alcance.

3.0 Definiciones.

4.0 Responsabilidades.

5.0 Referencias.

6.0 Desarrollo.

6.1 Materiales y equipos a utilizar.

6.2 Preparación para comenzar la actividad.

6.3 Secuencia ordenada de las operaciones a realizar.

6.4 Frecuencia de ejecución.

7.0 Registros

OBJETIVO

Establecer las principales operaciones en el proceso de pulverizado de la escoria de aluminio.

ALCANCE

Abarca el proceso de pulverizado de la escoria de aluminio.

DEFINICIONES

No se aplica.

RESPONSABILIDADES

4.1 El jefe de brigada de preparación de materiales es el responsable de hacer cumplir lo establecido en esta instrucción.

REFERENCIAS

5.1 PG 1.2.4-04 "Control de los Registros".

DESARROLLO

6.1 Materiales y equipos a utilizar.

6.1.1 Materiales.

➤ Bolas de acero al Mn.

6.1.2 Equipos.

➤ Grúa de puente 3.2 ton.

➤ Molino de Bolas Modelo $\Phi 1830 \times 3000$.

➤ Carretilla.

6.1.3 Instrumentos.

➤ Mandarria.

➤ Martillo.

Preparación para comenzar la actividad.

Romper los fragmentos grandes a golpe de mandarria o martillo según corresponda.

Seleccionar los fragmentos y llenar las cajas.

6.2.3 Trasladar las cajas del área de almacenamiento de los fragmentos de vidrio al área del molino de bolas Modelo $\Phi 1830 \times 3000$.

6.2.4 Carga del molino de acuerdo a la documentación tecnológica.

Secuencia ordenada de las operaciones a realizar.

6.3.1 El molino de bolas Modelo $\Phi 1830 \times 3000$ se carga con escoria separada de un tamaño de grano de alimentación máximo ≤ 25 mm

6.3.2 La escoria separada se colocara en el cesto del molino de bolas y la carga introducida no podrá exceder en su totalidad de 400 Kg.

6.3.3 Introducir 100-200 bolas de en el cesto del tambor.

6.3.4 Adicionar la carga poniendo en funcionamiento el cesto del molino.

6.3.5 Cerrar la puerta del molino.

6.3.6 Poner en funcionamiento el extractor de polvos.

6.3.8 Poner en funcionamiento el molino.

6.3.9 Mantenerlo funcionando por espacio de (10 a 15) minutos y luego apagar todos los equipos y mecanismos.

6.3.10 Colocar la carretilla con el parle debajo de la puerta de descarga del molino.

6.3.11 Abrir la puerta de descarga del molino.

6.3.13 Extraer el polvo poniendo en funcionamiento el molino de forma tal que estas caigan dentro del parle.

6.3.14 Trasladar la carretilla con el parle hasta el área de preparación de las pinturas exotérmicas

Frecuencia de ejecución

La presente actividad tiene una frecuencia diaria.

REGISTROS

Estos registros se controlan según lo establecido en el PG 1.2.4-04 "Control de los Registros"

7.1 R 5.2.4-xx

Página	Revisión	Fecha
1	00	01/03/2009
2	00	01/03/2009
3	00	01/03/2009
4	00	01/03/2009
5	00	01/03/2009

Elaborado por: Yixan Estupiñan Lahenz

Firma:

Revisado por: MSc. Rigoberto Pastor Sánchez Figueredo

Firma:

Aprobado por: Ing. Alexis Ronda Oro

Firma:

2.3. Características y aplicación del polvo de alumina.

El producto resultante del proceso de pulverizado de la escoria de aleaciones de aluminio lo utilizamos como sustituto de los polvos de aluminio en las camisas exotérmicas, pero variando su forma de aplicación. Los polvos de aluminio utilizados como generadores exotérmicos se aplican formando parte de una camisa, a diferencia del polvo de alumina obtenido en este trabajo que se aplica en forma de pasta. Las características de este polvo de alumina son.

ANALISIS QUIMICO TIPICO

Al₂O₃..... 88 - 90 %

SiO₂..... 6 - 8 %

Otros..... 2-4 %

PROPIEDADES FISICAS

Densidad: 0.8 - 0.9 g/c.c.

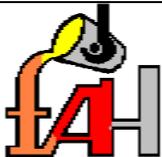
Humedad: 2.0 % máx

Tiempo de reacción: de 2 a 5 minutos.

2.3.1 Preparación de la pasta exotérmica.

Cuando utilizamos polvo de aluminio como generador exotérmico, lo aplicamos dentro de la mazarota formando parte de una camisa, para evitar su expansión dentro del molde, en esta metodología se utiliza el polvo de alumina en forma de una pasta que se aplica en la cavidad de la mazarota en el momento de ensamblar el molde y se realiza según la instrucción 2.3.

2.3 TECNOLOGÍA DE PREPARACIÓN DE LAS PASTAS EXOTERMICAS.

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-18
	ELABORACIÓN DE PASTAS EXOTERMICAS	Revisión: 00 Fecha: 01/03/2009 Página: 1 de 5

INDICE

1.0 Objetivo.

2.0 Alcance.

3.0 Definiciones.

4.0 Responsabilidades.

5.0 Referencias.

6.0 Desarrollo.

6.1 Materiales y Equipos a utilizar.

6.2 Preparación para Comenzar la Actividad.

6.3 Secuencia Ordenada de las Operaciones a Realizar.

6.4 Frecuencia de Ejecución.

7.0 Registros

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Yixan Estupiñán Lahenz Diplomante	MSc. Rigoberto Pastor Sánchez Tutor	Antonio Mateo Rodríguez. Director de Ingeniería.

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-18
	ELABORACIÓN DE MEZCLAS DE MOLDEO	Revisión: 00 Fecha: 01/03/2009 Página: 2 de 5

OBJETIVO.

Establecer los pasos a seguir para la elaboración de las pastas exotérmicas a utilizar en las mazarotas.

ALCANCE.

Abarca el proceso de elaboración de pastas exotérmicas a utilizar en las mazarotas.

DEFINICIONES.

No se aplica.

RESPONSABILIDADES.

4.1 El Jefe de brigada es el responsable de hacer cumplir esta instrucción.

4.1 El pastero tiene la responsabilidad de cumplir estrictamente con lo establecido en esta instrucción.

4.2 El controlador de la calidad tiene la responsabilidad de velar por que se cumpla lo establecido en esta instrucción.

REFERENCIAS.

DESARROLLO.

6.1 MATERIALES Y EQUIPOS A UTILIZAR

6.1.1 Materiales.

- Polvo de alumina.
- silicato
- Agua.

6.1.2 Equipos.

- Grúa polipasto.
- Mezcladora de pinturas.

6.1.3 Instrumentos.

- Cubeta.
- Pala para tomar muestras.

6.2 Preparación para comenzar la actividad.

6.2.1 El polvo de alumina debe de estar secos.

6.2.2 Limpiar la mezcladora de pintura de los residuos de la pasta anterior.

6.2.3.

6.2.4 Preparar solución de agua y melaza con la siguiente composición:

- silicato ~ 90 %.
- Agua ~ 10 %.

6.3 Secuencia ordenada de las operaciones a realizar.

6.3.1 Elaboración de la pasta exotérmica para mazarotas.

6.3.1.1 Poner en funcionamiento la mezcladora de pintura y cargar el polvo de alumina

6.3.1.2 Mezclar durante (2 a 3) minutos.

6.3.1.4 Añadir la solución de silicato y agua hasta lograr la humedad requerida.

6.3.1.5 Mezclar por espacio de 5 minutos.

6.3.1.6 Tomar muestra y enviarla al laboratorio.

6.3.1.7 Descargar la pasta exotérmica de de la mezcladora.

6.3.1.8 Transportar la pasta exotérmica a los puestos de trabajo de acuerdo con la documentación tecnológica.

Frecuencia de ejecución

La presente actividad tiene una frecuencia diaria.

REGISTROS

Estos registros se controlan según lo establecido en el PG 1.2.4-04 "Control de los Registros"

7.1 R 5.2.4-xx

Página	Revisión	Fecha
1	00	01/03/2009
2	00	01/03/2009
3	00	01/03/2009
4	00	01/03/2009
5	00	01/03/2009

Elaborado por: Yixan Estupiñan Lahenz

Firma:

Revisado por: MSc. Rigoberto Pastor Sánchez Figueredo

Firma:

Aprobado por: Ing. Alexis Ronda Oro

Firma:

2.4 Discusión de resultados y valoración socio económica.

Con la sustitución del polvo de vidrio por el polvo alternativo de alumina, se logra continuar la producción del fundido, es decir no parar la fabrica por falta del polvo de vidrio, lo que tiene un aporte social y económico significativo, con la solución generada de este trabajo, que permite además de la sustitución de importaciones, disminuir los costos de producción saliendo al mercado con un

producto mas competitivo, sostenible y sustentable. Y además se le da utilización inmediata a un producto de desecho de la fusión de aleaciones de aluminio influyendo positivamente en el medioambiente, disminuyendo significativamente el por ciento de residuos sólidos y desechos de producción de la fabrica. En la tabla # se realiza una comparación del comportamiento de los índices tecnológicos que interviene en la utilización del polvo de alumina como sustituto de los polvos exotérmicos.

Tabla 2.6 Comparación del comportamiento de los Índices Tecnológicos

No	Parámetros	Tipo de polvo exotérmico		Eficiencia	
		Polvo de aluminio	Polvo de Alumina	unidades	(%)
4	Rendimiento Metálico (%)	92,6	92,6	-	-
5	Índice de Rechazo (%)	0,8	0,8	-	-
6	Perdida Metálica (Kg.)	11,8	11,8	-	-
7	Rendimiento Tecnológico General (%)	81,02	81,02	-	-
8	Productividad (Kg./C.)	850	850	-	-
9	Costo (\$/Ton)	8011,59	7719,03	292.56	96.3
10	Precio (\$/Ton)	8435,13	8142,57	292.56	96.3

CONCLUSIONES.

- La metodología expuesta permite el tratamiento de la escoria resultante de aleaciones de aluminio, obteniendo un polvo de alumina que permite la sustitución de importaciones de polvo de aluminio, logrando la continuidad de las producciones de fundidos a pesar del déficit de este material.

- La tabla comparativo del comportamiento de los Índices Tecnológicos muestra como con la utilización del polvo de alumina se sale al mercado con un fundido mas competitivo, sostenible y sustentable, con una disminución del precio por tonelada de producto de \$ 292.56.

- Tiene una influencia positiva en el medioambiente ya que disminuye los residuos y desechos sólidos a evacuar por parte de la Empresa al ser tratados y utilizados como polvos exotérmicos.

RECOMENDACIONES

Demostrado con este trabajo la capacidad del polvo alumina para mantener el caldo metálico con una temperatura superior a los 2010 °C que en el resto del molde, en la cavidad de la mazarota permitiendo evacuar el metal necesario a los nudos térmicos de los fundidos en el momento del rechupe por contracción, evitando las cavidades, poros y sopladuras. Se recomienda la generalización de este trabajo al resto de las entidades del país que utilizan los procesos de manufactura por fundición.

BIBLIOGRAFÍA

- [Abramov, 1983] Abramov. A. "Manual del joven fundidor". Editorial Alta Escuela. Moscú.1983. 203 p.
- [Alexandor, 1998] Alexandor, N. H. Control del estado del metal Líquido para la obtención de hierro con grafito esferoidal. *Liteinoe Proistbostba*. N. 3. 1998.
- [Bakkerus, 1995] Bakkerus and Van der Holst. The T-Nock Process for Making Ductil iron. *Modern Casting Tech*. N. 711, July 1995.
- [Batista, 1990] Batista Cabrera. A; Navas Medina, E. "Cálculo de Mazarotas para Piezas de Acero". Construcción de maquinarias.1990.
- [Batista, 1994] Batista Cabrera, A.; *et al.* "Propiedades de Fundición de los Metales y Aleaciones". Monografía, Universidad de Holguín.1994
- [Batista, 1999] Batista Cabrera, A. "Tecnología de desulfuración en Cazuela con el fin de obtener Hierro con grafito Esferoidal". *Ingeniería Mecánica*. N. 3. 1999.
- [Batista^b, 1999] Batista Cabrera. A. "Utilización del Magnesio como Desulfurante y su influencia en las propiedades del HGE obtenida por el método "In-mold". *Mundo Mecánico*. N. 2. 1999.
- [Batista^c, 1999] Batista Cabrera. A. "Influencia del Azufre en el rendimiento de las piezas de hierro nodular obtenida por el método "In- Mold"". *Mundo Mecánico* N. 6. 2000.
- [Batista^a, 2003] Batista Cabrera. A; Ordóñez, U. "Selección de un nodulizante y forma y posición de una cámara de reacción para su aplicación para la obtención de hierro con grafito esferoidal por el método "In-mold"". *Ingeniería Mecánica*. N. 3. 2003.
- [Batista^b, 2003] Batista Cabrera, A; Ordóñez, U. "Determinación de la granulometría del NODULANT II y el parámetro de la cámara más adecuados para la obtención del hierro con grafito esferoidal por el método "In-mold"". *Ingeniería Mecánica*. N. 3. 2003.
- [Batista^c, 2003] Batista Cabrera, A. "Análisis y procedimientos para la obtención de hierro con grafito esferoidal por el método "In Mold" bajo las condiciones específicas de la Industria en Cuba". *Tesis Doctoral*, Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Holguín. 2003.

- [Boletín, 2001] Boletín Técnico MI SR - ÑMI SR-2. 2001.
- [Calcosoft, 2007] Calcosoft. Base de Datos en Línea, 2004, 2 de Marzo del 2007, <http://www.calcosoft.com>
- [Castledine, 1998] Castledine, T. J. "Experiences in the Application of the INMOLD Process to the vertically Jointed DISAMATIC Moulding System". DISA Convention. 1998.
- [Cenkebich, 1999] Cenkebich, I. "Optimización de la obtención de piezas de Hierro Nodular por el método ind-mould". *Liteinoe. Proistbostba.* N. 12. 1999. pp. 13-14. (en ruso).
- [Chaikin, 1994] Chaikin A. A. Refinado del HGE modificado en el molde por medio De filtros Cerámicos. *Liteinoe Proistbosta.* N. 4 Año 1994.
- [Davis, 1990] Davis, K. G. Dissolution of MgFeSi Alloy During Indmold Treatment. *British Foundryman.* N. 457. 1990.
- [DELCAM, 2007] DELCAM. Base de Datos en Línea, 2004, 4 de Marzo del 2007, <http://www.delcam.com>
- [Dijon, 1999] Dijon, R. H. The disolution factors for the Ind-Mould Process. *British Foundryman.* N. 8. 1999.
- [Dunks, 1976] Dunks, C.M. "Mold Nodulizing and Continuous Stream Treatment Techniques as Operated in Europe". *Foundry Trade Journal.* 1976. N. 234.
- [Francois, 2001] Francois, M. Base de Datos en Línea, 2004, 17 de Mayo del 2001, El magnesio como desulfurante, <http://www.cta.org.co/institucional.com>
- [Girchovib, 1982] Girchovib, N. G. Método de investigación para determinar la formación del hierro con grafito esferoidal y su valoración. Edit. Masgish. 1982. 45p.
- [Gorshkob, 1978] Gorshkob, A. A. Acerca del formación del grafito esferoidal en las Burbujas Microscópicas durante la cristalización. Edit. Bishaia Scuola.1978.123 p.
- [Genderevich, 1999] Genderevich N. A. "Elección del modificador para la obtención de piezas de hierro de alta resistencia modificado en el molde". *Liteinoe Proistbostba.* N. 2. 1999. pág16-17.
- [Gibbs, 2007] Gibbs. Base de Datos en Línea, 2004, 4 de Marzo del 2007, <http://www.gibbs.com>

- [Goyos, 1991] Goyos Pérez, L.; Martínez Reina, Elio. “Tecnología de fundición II”. Editorial ISPJAE. Ciudad de la Habana.1991. 243 p.
- [Gynsey, 2001] Gynsey. J. Co CQ (Controlled Quality Inoculation).Un proceso de alta Productividad. www.carpenterfortuna.com.mx/n-hierro.htm.Consult.2001
- [Hughes, 1993] Hughes. S. Foundry Trade Journal. 1993. N. 487.
- [Hity, 1998] Hity D. Electr.Furnace Proc. AIME 1998.V.27 pág 52-56.
- [Iron, 2002] Iron Casting with Spheroidal or Nodular Graphite Specification 3rd reun. [http:// www.clickafoundry.com / specification.1](http://www.clickafoundry.com/specification.1). Consultado.2002
- [LINCE, 2004] LINCE FUNDICION. Base de Datos en Línea, 2004, 14 de Marzo del 2004, <http://www.lince-fundición.com>
- [Luffe, 1994] Luffe, A. “Modificación del hierro con grafito esferoidal en el molde”. Liteinoe Proistbostba. N. 12. 1994. (en ruso).
- [Karsay, 1992] Karsay, S. Producción de Hierro Nodular, 2da Edición. Edit. Titanic Inc. Comp. 1992.
- [Kobalevich, 1999] Kobalevich, E. B. Nueva tecnología de obtención de hierro Nodular. Liteinoe Proistbostba. N. 3. 1999. p. 10. (en ruso).
- [Mannion, 1994] Mannion, G. “Experiencias with the production of meehanite Nodular iron casting with the in-mold process. Foundry Trade Journal. Vol 137. pp. 139-147. Aug. 1994.
- [Material, 1995] Material Didáctico sin valor comercial. FES-CAUTIPLAN. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO. 1995
- [Machikin,1981] Machikin. B. I Aumento de la calidad de las aleaciones ferrosas Edit.Kiev.1981
- [Malishev, 1991] Malishev. A. Influencia del Silicio sobre las propiedades del HGE. Liteinoe Proistbostba No 9 Año 1991
- [May, 1998] Mayk. C .N .Sistema de Alimentación para modificación en el molde. Liteinoe Proistbostba No 11 Año1998
- [McCaulay, 1991] McCaulay. J. M. “Production of nodular graphite iron Casting In the In-mold Process”. Foundry Trade Journal. Vol. 130. pp. 327-335. Apr. 1991.

- [Metallography, 2006] Metallography. Base de Datos en Línea, 2006, 12 de Octubre del 2006, <http://www.metallography//technoters/iron.com>
- [Navas, 1996] Navas. E. Batista. A. Métodos de Cálculo en Fundición .Folleto Editado por la Uho. Año 1996.
- [ProCAST, 2007] ProCAST. Base de Datos en Línea, 2007, 12 de Febrero del 2007, <http://www.procast.com>
- [ProEngineer, 2007] ProEngineer. Base de Datos en Línea, 2004, 2 de Marzo del 2007, <http://www.proengineer.com>
- [Sánchez R.P. 2006] El Rendimiento Tecnológico General de la producción de hierro con grafito esferoidal para el método In Mold XII Congreso Metalúrgico
- [Sánchez R.P. 2002] Perfil de la Empresa de Fundiciones Acero y Hierro de Holguín. Convención Internacional de los Industrias Metalúrgicas, Mecánicas y del Reciclaje Mecánica.2002. CD-ISSN 16076261. \
- [Sánchez R.P. 2007] Horno Multipropósito Convención Internacional de los Industrias Metalúrgicas, Mecánicas y del Reciclaje Metálico.2002. CD-ISSN 16076261. Mecánica.2007.
- [SolidWork, 2007] SolidWork. Base de Datos en Línea, 2007, 12 de Febrero del 2007, <http://www.solidwork.com>
- [SYSWELD, 2007] SYSWELD. Base de Datos en Línea, 2004, 4 de abril del 2007, <http://www.sysweld.com>
- [Tartera, 2002] Tartera. J. Joining and Fabrication of Nodular Iron Casting by welding. Base de Datos en Línea, 2004, 24 de Noviembre del 2002, <http://www.implog.com/foundry/books.htm>
- [Unigraphics, 2007] Unigraphics. Base de Datos en Línea, 2004, 2 de Marzo del 2007, <http://www.unigraphics.com>

ANEXOS

Se anexan las tablas Excel.

1. Metodología de cálculo Económico utilizando polvo de aluminio.

2. Metodología de cálculo Económico utilizando polvo de alúmina.