Titulo: Tecnología para la elaboración de crisoles de hierro gris resistentes a las altas temperaturas para la fusión de aleaciones de aluminio.

Autores:
Msc. Ing. Ramón García Caballero.*
Ing. Lázaro H. Suárez Lisca.*
Ing. Alexis Alonso Martínez. *
Ing. Yudiesky Bernal Aguilar. *
Msc. Ing. Manuel López Escobar. *
Ing. Simón de la Rosa.**

*Facultad de Ing. Mecánica.
**Taller de Fundición Román Roca.

INSTITUCIÓN: Universidad Central "Marta Abreu de Las Villas"
DIRECCIÓN: Carretera a Camajuaní Km 5 ½ Santa Clara. V. C. Cuba.
CP: 54830
Tel.:53 42 281630/281194
Fax: 53 42 281608
e-mail: rgarcia@uclv.edu.cu

Resumen.
En el trabajo se recoge las recomendaciones sobre el uso de las aleaciones de hierros fundidos resistentes a las altas temperaturas de las cuales se seleccionan las aleadas con aluminio, se establece la tecnología para la obtención de la misma a partir de un horno de inducción aleando el metal en la cuchara.
Además se elabora la tecnología para la obtención del crisol con la aleación escogida en moldes perdidos la cual se adjunta al trabajo, para el horno de crisol del laboratorio de fundición de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central de Las villas, la obtención del mismo se realizó en la fundición Román Roca.

La calidad superficial se puede catalogar de buena tanto en su parte exterior como en su parte interior, además se realizó el montaje del crisol en el horno sin dificultades tomando solo pequeñas precauciones, debido a su mayor peso comparado con el de grafito.

Introducción.

La formación de los futuros ingenieros mecánicos en nuestra universidad en los próximos años puede verse afectada por falta de recursos que se puedan dedicar a la compra de crisoles de grafito para la realización de practicas relacionadas con el proceso de obtención de piezas fundidas de aluminio en moldes perdidos es por eso que nuestro colectivo se dio a la tarea de resolver este problema mediante la selección de la aleación adecuada y la elaboración de la tecnología de obtención de la misma y la elaboración de la tecnología para su obtención en moldes de arena.

En la actualidad en el mundo hay una tendencia a la realización de prácticas virtuales y nosotros no estamos en contra de esto pero siempre que sea posible la realización de las mismas en forma real sin un gasto excesivo de recursos nos inclinamos por esta variante, la cual en nuestro caso esta mas que justificada pues poseemos todas las instalaciones para la realización de la misma y con ello garantizar la adquisición de habilidades en la elaboración de moldes y la fusión de aleaciones no ferrosas en hornos de crisol.

Desarrollo.

Con vistas a resolver la problemática de fundición del crisol para nuestro horno basculante lo primero que se hace necesario es realizar una breve revisión bibliográfica sobe el tema.

Esta claro que las condiciones de trabajo del crisol es a elevada temperatura y para cumplir con estas condiciones de servicio los hierros fundidos deben satisfacer tres condiciones a saber:

- Oponerse a la formación de fracturas bajo las cargas de servicio a que estarán sometidas en las altas temperaturas.
- Resistir la oxidación del medio ambiente a las temperaturas de servicio.
- Ser resistente al crecimiento es decir, ser estructuralmente estables, preferiblemente por la no ocurrencia de transformaciones de fases dentro del rango de temperatura al cual ellos serian sometidos en servicio.

Los hierros especiales o de alta aleación son capaces de soportar mayores tensiones que los hierros de aleación ordinaria a las temperaturas de 600°C y más.

Los hierros de alta aleación para aplicaciones a temperatura elevadas incluyen hierros grises, hierros dúctiles, y los hierros blancos.

Cuatro sistemas de la aleación básicos dominan la categoría de alta temperatura:

El Ni-resíst que depende del níquel para desarrollar una matriz austenítica estable, y el cromo para combinar con el níquel para formar una firme cáscara

resistente a la oxidación, y qué puede ligarse más allá con el molibdeno para mejorar las propiedades mecánicas a las altas temperaturas.

Los hierros de contenido de silicio intermedio con una micro estructura estable de ferrita que desarrollan excelente resistencia a la oxidación a temperaturas elevadas y se ligan a menudo con el molibdeno para reforzar las propiedades de tensión y fluencia a las altas temperaturas.

Los hierros aleados con aluminio que desarrollan un grado alto de resistencia a la oxidación y buenas propiedades mecánicas a las altas temperaturas cuando adicionalmente se alea con molibdeno.

Los hierros blancos de alto cromo los cuales dependen del contenido de cromo para su resistencia a la oxidación.

Dentro de estos hierros aleados los de aluminio, aunque como veremos mas adelante tiene sus limitantes, para nuestro caso nos resultan los más asequibles por la facilidad de obtener el elemento de aleación y por tener el horno idóneo para fundirlo.

Hierros aleados con aluminio.

Los hierros aleados al aluminio consisten de dos grupos: los hierros grises y los hierros dúctiles. El grupo de baja aleación contiene de 1 a 7% Al, y el aluminio esencialmente reemplaza el silicio como el elemento grafitizante en estas aleaciones, en estos casos la matriz esta formada por una mezcla de ferrita y perlita. El grupo de alta aleación contiene de 18 a 22% de aluminio el grafito esta también en forma de láminas y la matriz es fundamentalmente ferritica. Los hierros aleados con aluminio entre estos dos rangos serán hierros blancos de fundición libres de grafito con carburos estables de aluminio y no tienen importancia comercial.

El aluminio refuerza significativamente la resistencia a la oxidación a las temperaturas elevadas y también aumenta la estabilidad de la fase ferrita a muy altas temperaturas hasta y más allá de 980 °C (1800 °F). Como los hierros aleados al silicio, los hierros al aluminio forman un óxido adherente y compacto en la superficie de la pieza que es muy resistente a nuevas penetraciones de oxígeno.

Desgraciadamente, los hierros aleados al aluminio son muy difíciles de fundir sin las inclusiones de escoria.

El aluminio en el hierro es muy reactivo a las temperaturas de fusión del mismo, y el contacto con el aire y la humedad debe ser insignificante. Debe tenerse cuidado de no romper la capa de óxido que se forma durante el vertido del metal en el molde para evitar las inclusiones de la escoria.

No obstante lo anterior en nuestro caso hemos escogido esa aleación, pues tenemos las condiciones para poder fundirla sin un gasto excesivo de recursos.

Para la producción de la aleación se escogió la de menos de 7 % pues presenta una buena resistencia a las altas temperatura y no tenemos problemas con la aparición de hierro blanco lo que podría hacer quebradizo el crisol y el uso de % por encima de 20, no llevaría a la necesidad de elaborara el metal en un horno y no como hemos previsto que es alear en cuchara y además podría traer mas dificultades con la aparición de inclusiones y óxidos durante la colada.

Como metal base se utilizo el que normalmente se utiliza para la confección de las camisas de automóvil ya que eso nos permite tener un metal con la temperatura adecuada para aplicar el sistema de aleación en la cuchara, la composición del mismo se muestra en la siguiente tabla.

carbono	silicio	manganeso	fósforo	azufre	Níquel	cobre	cromo
3.2	2.2	0.5	0.2	0.08	0.5	0.5	0.2

Para realizar la aleación en la cuchara se introdujo el aluminio, para precalentarlo, en la cuchara, después de haberla calentado con metal de la colada anterior, una vez que se introdujo el aluminio se vertió el hierro fundido, el cual se peso mediante un dinamómetro, y se logro la fusión del aluminio no separando la escoria que se formo y que impidió la subsiguiente oxidación del metal, luego la cuchara se traslado hasta el molde y solo entonces fue que se separo la escoria para permitir el vertido del metal.

El vertido de realizó sin interrupciones par evitar la formación de inclusiones óxidos de aluminio.

La composición química resultante fue la siguiente:

carbono	silicio	Mang.	Fosf,	Azufre	Niquel	Cobre	Cromo	Alum.
3.2	2.2	0.5	0.2	0.08	0.5	0.5	0.2	5.5

Tecnología de fundición para el crisol.

Se realiza el análisis previo de la posibilidad de que la pieza pueda ser obtenida por fundición sin cambios de diseño, sin embargo se le añade el canal de sangrado para evitar tener que se construirlo durante su montaje. La adición del canal para el sangrado del crisol no hace más difícil, ni imposible de obtener la pieza. Para su producción se elige el método de moldeo manual teniendo en cuenta el peso de la pieza y que será una sola. La forma final de la pieza se puede ver en el la siguiente figura.

Fig. 1 Dibujo del Crisol

El plano divisor y la posición de llenado de la pieza se pueden ver en el plano adjunto.(anexo) Tal como aparece en el plano tecnológico el llenado es de forma vertical para facilitar el moldeo del macho natural, por la misma razón el plano divisor es el que se indica.

Cálculo del sistema de alimentación.

Para el cálculo del sistema de llenado lo primero es hacer el esquema de llenado (se puede ver en el plano adjunto), para el cálculo de las áreas se utiliza el método de velocidad especifica y para eso lo primero que se hace es calcular el tiempo de vertido según la formula siguiente.

$\tau = 1.11 * S\sqrt{G}$ Donde G = 100 Kg.

τ = 17 s

La sumatoria del área de alimentación se determina por la fórmula:

$$\sum Fa = \frac{G}{\tau * k}$$

$$\sum Fa = \frac{G}{\tau * k} = \frac{100}{17 * 0.9}$$

$\sum Fa =$ 6.5 cm^2

- El número máximo de alimentadores según p.185 [1] es 3 por tanto el área de uno de ellos será:

$$Fa = \sum Fa/3 = 6.5/3$$

Fa = 2.17 cm^2

4.3.- Las dimensiones (mm) del alimentador según p. 179 [1] son:

h = 8; a = 28; b = 25

Según la tabla 1 p. 111 [1] para piezas pequeñas y medianas tenemos que la relación es:

$\sum Fa : \sum Fc,e : \sum Ft = 1.0 : 1.1 : 1.15$; Entonces el área del colector de escoria será:

$$\sum Fc,e = 1.1 \sum Fa = 1.1 * 6.5$$

$\sum Fc,e =$ 7.2 cm^2/3 = 2.4 cm^2; esta es el área del último alimentador: el segundo tendrá 4.8 cm^2 y el tercero tendrá 7.2 cm^2 para elegir sus dimensiones es necesario tener en cuenta en este caso que: $a \geq dti$

Para el último canal escoriador 2.4 cm^2

h = 6; a = 42; b = 38

Para el canal escoriador intermedio.

h = 12; a = 42; b = 38.

Para el canal escoriador que se une al tragadero.

h = 18; a = 42; b = 38.

4.5.- El área del tragadero será:

$$\sum Ft = 1.15 * \sum Fa = 1.15 * 6.5$$

$\sum Ft =$ 7.5 cm^2

El diámetro inferior del tragadero será: dti = 31 mm

El diámetro superior del tragadero será: dts = 35 mm

El canal escoriador es escalonado y por tanto las dimensiones de cada sección se pueden ver en el plano adjunto. a cada una de ellas son las siguientes:

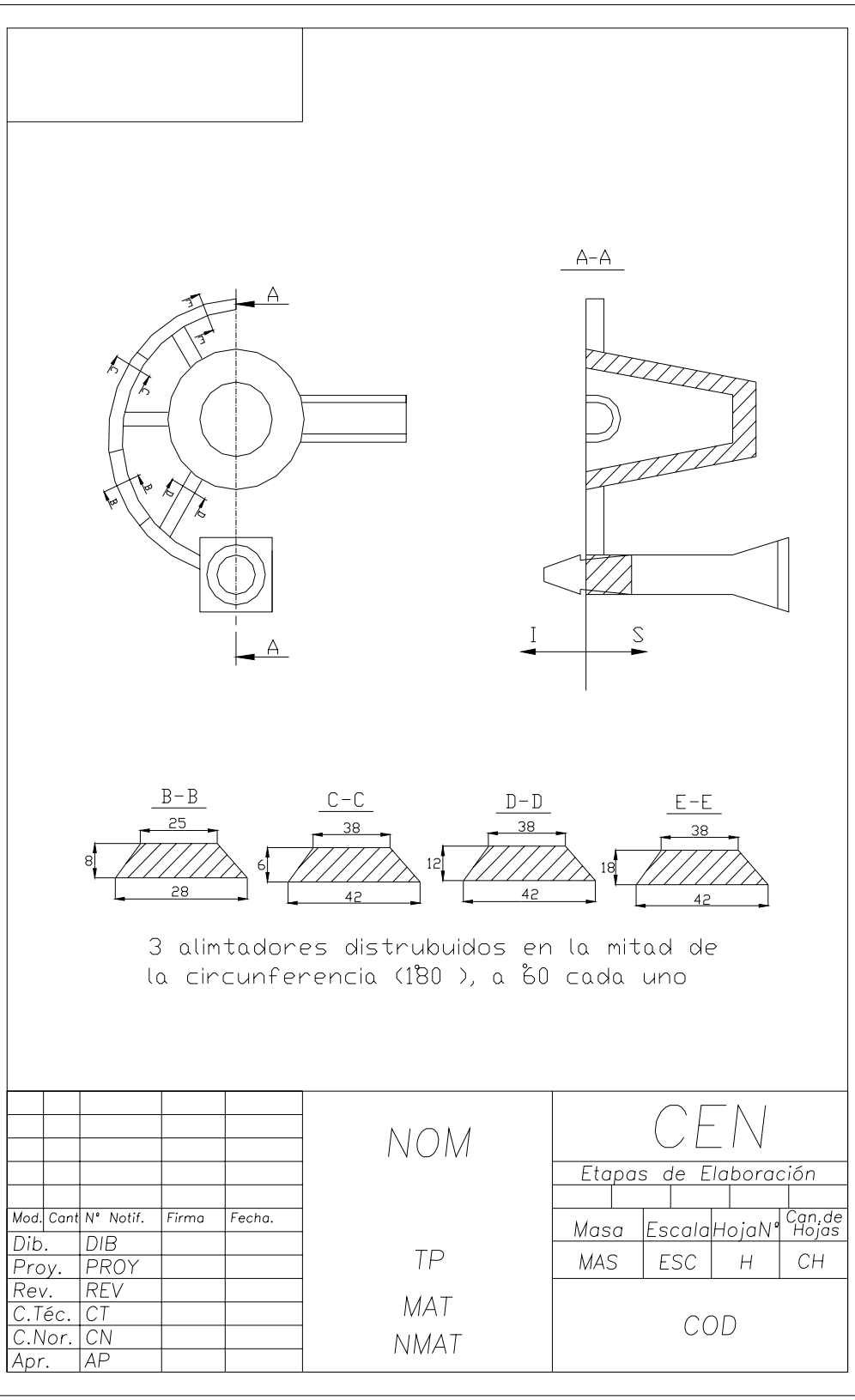
El crisol que se fundió montado en el horno, se puede ver en la siguiente foto donde se puede apreciar su forma y su acabado superficial, además de la facilidad para su montaje.

Fig. 2 Montaje final del crisol en el Horno

Bibliografía.

1. Annual book of ASTM standards 2002 Section one: iron and steel products Volume 01.02 Ferrous Castings; Ferroalloys specification for gray iron castings for elevated temperatures for non-pressure containing part
2. R.m. Hathaway*, p.k. Rohatgi**research into the production of a light weight cast iron (lwci)
3. W. E. Boggs The high-temperature oxidation resistance of iron-silicon-aluminum alloys, oxidation metals vol. 10 n^0 4 pag. 277- 289 Agosto 1976.
4. G.e. Belay Guía Tecnológica de Fundición.
5. ASM Handbook. Volumen 15. Casting.
6. Campbell. Qbe, feng. Butterworth-Heinemann, British Library Cataloguing in publication data 2000.

ANEXO.


A-A
A
A
I
S
B-B
25
8
28
C-C
38
6
42
D-D
38
12
42
E-E
38
18
42
3 alimtadores distrubuidos en la mitad de
la circunferencia (180 °), a 60 ° cada uno
Mod.
Cant
N° Notif.
Firma
Fecha.
Dib.
DIB
Proy.
PROY
Rev.
REV
C.Téc.
CT
C.Nor.
CN
Apr.
AP
NOM
TP
MAT
NMAT
CEN
Etapas de Elaboración
Masa
Escala
HojaN°
Can.de Hojas
MAS
ESC
H
CH
COD