

FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Diploma

Fabricación de crisoles de grafito por el proceso tecnológico de maquinado, bajo las condiciones específicas de la industria metalmecánica cubana.

Autor: Alejandro Pérez García

Tipo de curso: CRD

Curso: 2016-2017



FACULTAD DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

Trabajo de Diploma

Fabricación de crisoles de grafito por el proceso tecnológico de maquinado, bajo las condiciones específicas de la industria metalmecánica cubana.

Autor: Alejandro Pérez García

Tutores: Dra.C. Ana María Quesada Estrada.

M. Sc. P. Aux. Ing. Rigoberto Pastor Sánchez Figueredo.

Tipo de curso: CRD

Curso: 2016-2017



Dedicatoria

A mis padres, Julia Magalis García Alfonso, Alfredo Pérez Morales, mi hermano Alfredo Pérez García y amigos que con sus sabios consejos supieron guiarme por sendero plano, fortaleciendo cada paso dado en este competitivo mundo.

Agradecimientos

- ❖ *A mi familia, en especial mi mamá, mi papá y mi hermano que supieron darme su apoyo en los cinco años de estudio de la carrera.*
- ❖ *A mis tutores, Ana María Quesada Estrada, Rigoberto Pastor Sánchez y Alexis Ronda Oro que con su entrega, dedicación y paciencia supieron guiarme en la realización de este trabajo.*
- ❖ *Al profesor Jorge Luis Parra Paneque por haberme guiado y apoyado en las primeras etapas de la realización del presente trabajo.*
- ❖ *A mis profesores, que intervinieron en mi formación como Ingeniero Mecánico.*
- ❖ *A mis compañeros, que me brindaron su apoyo en todo momento.*

Pensamiento

Un gran descubrimiento resuelve un gran problema, pero en la solución de cualquier problema hay una pizca de descubrimiento.

George Polya

RESUMEN

La presente investigación da solución a una de las tareas del Banco de Problemas del Taller de Fundición de la Empresa Mecánica de Holguín, en cuanto a la necesidad de crisoles de grafitos para los hornos de crisol de fundición de metales no ferrosos. Se define el marco teórico referencial con una búsqueda bibliográfica especializada y el criterio de expertos y se logran utilizar los electrodos de grafito de los hornos de arco eléctricos desechados de las acerías para fabricar por el proceso tecnológico de maquinados crisoles para fusores de metales no ferrosos. Se realizó el diseño, fabricación y montaje de los dispositivos necesarios de manera novedosa al aplicar por primera vez una tecnología de fabricación de crisoles grafito por proceso tecnológico de maquinado con un significativo impacto tecnológico, económico y social.

SUMMARY

The present investigation gives solution to one of the tasks of the Bank of Problems of the Workshop of Smelting of the Mechanical Company of Holguín, as for the need for graphite crucibles for the stoves of crucible of smelting of not ferrous metals. The referential theoretical frame is defined with a specializing bibliographical search and the experts' criterion and one manages to use the graphite electrodes of the electrical stoves of arch rejected of the steelworks to make for the technological process of schemed crucibles for furnace of not ferrous metals, is realized the design, manufacture and assembly of the necessary devices of a novel way on having applied for the first time a technology of manufacture of crucibles graphite for technological process of schemed with a significant technological, economic and social impact.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA FABRICACIÓN DE CRISOLES PARA FUSORES DE METALES NO FERROSOS.	7
1.1. Crisoles para uso en laboratorio	10
1.2. Crisoles estándar.....	14
1.3. Crisoles de alta alumina	15
1.4. Método de czochralski	16
1.5. Proceso de crisol abierto	19
1.6. Empleo en análisis químicos	21
1.7. Electrodo de carbón o grafito.....	24
1.8. Definición de taladrado	26
1.9. Clasificación de las taladradoras	26
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS PARA LA FABRICACIÓN DE CRISOLES DE GRAFITO	30
2.1. Selección del electrodo de grafito a maquinar:.....	30
2.2. Selección de la taladradora para el maquinado del electrodo de grafito.....	32
2.3. Diseño y fabricación de la cuchilla.....	35
2.4. Estudio previo asistido con el programa SolidWork.....	37
2.5. Información de mallas.....	39
2.6. Resultados del estudio de tensiones.....	41
2.7. Resultados del estudio de desplazamientos.....	42
2.8 Valoración medioambiental.....	43
2.9 Contribución de este proyecto a la defensa de la patria.....	44
Valoración económica.....	45
CONCLUSIONES.....	46
RECOMENDACIONES	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48

INTRODUCCIÓN

En Cuba, a pesar de haberse logrado cierto desarrollo en la industria mecánica y metalúrgica, el estado actual del sistema económico del país no facilita la introducción de los logros de la ciencia y la técnica, entre otras razones, por la insuficiente disponibilidad de recursos financieros.

La Universidad tiene la responsabilidad de formar a sus egresados y recalificar a los profesionales que laboran en esas industrias para que puedan utilizarlas eficientemente; esta realidad conlleva a la necesidad del perfeccionamiento constante de los planes y programas de estudio.

La compra de crisoles de grafito para la realización de prácticas relacionadas con el proceso de obtención de piezas fundidas de aluminio en moldes perdidos es muy costosa, es por eso que el colectivo de la Disciplina Procesos Tecnológicos se dio a la tarea de resolver este problema mediante la selección de una aleación adecuada y la elaboración de la tecnología de obtención de la misma, además de la elaboración de la tecnología para su obtención en moldes de madera.

En la actualidad en el mundo hay una tendencia a la realización de prácticas virtuales, al no contar con las instalaciones requeridas; pero siempre que sea posible la realización de las mismas en forma real, sin un gasto excesivo de recursos, es mucho mejor esta variante. En este caso está más que justificada pues se tienen todas las instalaciones para la realización de la misma y con ello poder garantizar la adquisición de habilidades en la elaboración de moldes y la fusión de aleaciones no ferrosas en hornos de crisol.

Uno de los usos más primitivos del crisol fue la elaboración y obtención del platino para hacer metales acrisolados. Más recientemente, los metales tales como el níquel y el circonio se han empleado en el crisol.

Los metales acrisolados se elaboran o se trabajan a grandes temperaturas para ser incluidos en una especie de molde. Los moldes permiten que los gases se expandan y se liberen durante su enfriamiento. Los moldes se pueden fabricar de muchas formas y de varios tamaños, pero rara vez de tamaños de menos de 10–15 milímetros, como los de porcelana.

El Taller de la Empresa Mecánica de Holguín es una de las entidades que tiene dentro de sus planes de desarrollo la implementación de la producción de hierro con grafito esferoidal, 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 posee con un horno de cuba alta discontinuo de 700 mm de diámetro interior. La capacidad calculada del mencionado taller es de 360 toneladas al año. Se producen piezas principalmente para la Industria Mecánica, el Grupo Empresarial AzCuba, el MINTUR, el MINDUS, entre otras. El moldeo se realiza en cajas metálicas de dimensiones 1 000 x 800 x 300 mm y 630 x 500 x 250 mm y se utilizan mezclas en verde.

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 de metales no ferrosos 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.

En las siderurgia “José Martí” de Ciudad de La Habana y Las Tunas, del Grupo Empresarial ACINOX, se utilizan para la fusión del acero hornos de arco eléctrico de 60 toneladas, los cuales usan electrodos de grafitos con diámetro igual a 500 mm, los cuales se rompen durante la fusión.

La importancia para el desarrollo de la industria cubana de la producción de artículos de metales no ferrosos, los altos costos y dificultades en la importación de los crisoles, son particularidades de nuestra industria que han provocado el surgimiento de un **problema científico**: la necesidad de fabricación de crisoles de grafito por el proceso tecnológico de maquinado, bajo las condiciones específicas de la industria metalmeccánica cubana. El **objeto de estudio** lo constituyen, los procesos tecnológicos de fabricación de crisoles y **campo de acción** la fabricación de crisoles de grafito por el proceso tecnológico de maquinado.

La investigación plantea como **hipótesis** que si se utiliza el proceso tecnológico de maquinado, se pueden fabricar crisoles de grafito bajo las condiciones actuales en la industria sideromeccánica cubana, con un significativo impacto tecnológico, económico y social.

A partir de la hipótesis, se plantea como **objetivo general** de esta investigación: fabricar crisoles de grafito bajo las condiciones actuales en la industria sideromeccánica cubana, con un significativo impacto tecnológico, económico y social.

Tareas de investigación:

1. Evaluar los procedimientos existentes más avanzados de fabricación de crisoles y su estado actual de aplicación.

2. Seleccionar la taladradora de columna axial para la fabricación de los crisoles para fusores de metales no ferrosos.
3. Realizar el diseño, fabricación y montaje de los dispositivos tecnológicos, en las condiciones cubanas, para la fabricación de los crisoles para fusores de metales no ferrosos.
4. Preparar los electrodos de grafitos de los hornos de arco eléctricos desechados en las Acerías de Acinox-Tunas y Antillana de Acero, como piezas en bruto para la fabricación de los crisoles para fusores de metales no ferrosos.

Los **beneficios esperados** de la investigación se expresan en el establecimiento de una tecnología alternativa, que permita la producción de crisoles de grafito por el proceso tecnológico de maquinado, bajo las condiciones específicas de la industria siderúrgica cubana.

Los **métodos de investigación 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 diferentes 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 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 fabricación de crisoles de grafito por el proceso tecnológico de maquinado, bajo las condiciones específicas de la industria siderúrgica cubana.
- 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 fabricación de crisoles de grafito por el proceso tecnológicos de maquinado, bajo las condiciones específicas de la industria siderúrgica cubana.
- 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 en la fabricación de crisoles de grafito por el proceso tecnológico de maquinado, bajo las condiciones específicas de la industria siderúrgica cubana.
- 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 fabricación de crisoles de grafito por el proceso tecnológico de maquinado, bajo las condiciones específicas de la industria siderúrgica cubana.

Como aporte científico los resultados obtenidos en esta investigación permitirán, por primera vez, en las condiciones de la industria metalmecánica en Cuba, la fabricación de crisoles de grafito por el proceso tecnológico de maquinado, bajo las condiciones específicas de la industria siderúrgica cubana.

El informe de tesis se estructura en la siguiente forma:

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA FABRICACIÓN DE CRISOLES PARA FUSORES DE METALES NO FERROSOS.

En este capítulo se realiza un estudio de los antecedentes y el estado actual de la producción de crisoles para la fusión de metales ferrosos y no ferrosos.

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA EN LA FABRICACION DE CRISOLES GRAFITO PARA FUSORES DE METALES NO FERROSOS.

En este capítulo se expone en detalles todos los elementos que componen la metodología para la fabricación de crisol de grafito por el proceso tecnológico de maquinado y se realiza una valoración socio económica, con un análisis del costo de producción en la fabricación de crisoles.

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA FABRICACIÓN DE CRISOLES PARA FUSORES DE METALES NO FERROSOS.

El correspondiente problema al que se refiere en esta investigación proyecto es originado en taller de fundición de la Empresa Mecánica de Holguín particularmente en el área de del taller de fundición de metales no ferrosos. La empresa se encuentra ubicada en la Carretera a San Germán Km. 3½, del municipio de Holguín y de la misma provincia; su razón productiva es la de fundición con el objetivo de hacer piezas de repuesto para otras empresas como son la Empresa Mecánica Héroes del 26 de Julio y la LX Aniversario de la Revolución de Octubre.

Una definición de crisol habla de la concavidad existente en la parte inferior de los hornos altos y en los de manga, para recibir el metal fundido que se concentra en ella, separándose de las escorias que quedan sobrenadando. Los crisoles tienen distinta forma, pero generalmente son prismáticos y sus dimensiones son de 1,8 a 2,3 m de longitud, a nivel de las toberas; 0,75 a 1 m de ancho y de 0,5 a 0,8 m de alto; constan de cara posterior, cara anterior, los laterales costeros y el fondo o plaza.

Los crisoles son vasijas que se emplean con frecuencia en diversas operaciones químicas que han de poder resistir temperaturas elevadas sin fundirse, al mismo tiempo han de resistir cambios bruscos de temperatura sin resquebrajarse y no han de ser atacados por el combustible y los productos de la combustión, y tampoco por las sustancias que en ellos se someten a la acción del calor.

Los crisoles más empleados son de grafito, se fabrican por moldeo y cocción a temperatura elevada, de una pasta compuesta de grafito, arcilla y alquitrán principalmente. También se fabrican crisoles tallados directamente en bloques de grafito artificial.

Cuando conviene concentrar el efecto calórico en una región determinada de los crisoles se recurre a disminuir el espesor de sus paredes en la parte que convenga, o bien a modificar la proporción de la mezcla de grafito y arcilla en las distintas zonas,

haciendo por ejemplo que la parte central sea más arcillosa a fin que pueda calentarse más que las porciones extremas.

Si se quiere evitar el peligro de una carburación, se emplean crisoles de magnesio u otras sustancias, o bien se adoptan crisoles de grafito provistos de un revestimiento interior adecuado.

Los crisoles se construyen de muy diversos materiales, según el objeto al que se destinen:

- Crisoles de fundición: la fundición muy carburada resiste la acción de agentes que atacan a muchos metales, por eso se utilizan en algunos casos crisoles de hierro fundido.
- Crisoles de plata: se utilizan en análisis para el ataque de diversas sustancias con los álcalis.
- Crisoles de platino: son muy empleados en análisis y su manejo requiere determinadas precauciones a fin de que no se deterioren con facilidad
- Crisoles de Hess: se fabrican con una arcilla que contiene 71 % de sílice como promedio, 25 % de alúmina y 4 % de óxido férrico. A esta arcilla se le añade de 1/3 a 1/2 % de su peso de arena cuarzosa. Se distinguen por ser muy refractarios y por consiguiente muy apropiados para muchas operaciones químicas en las que se requieren elevadas temperaturas. Sin embargo, a causa de su porosidad y de lo áspero de su superficie no son utilizables para ciertos trabajos de fusión, como por ejemplo la de metales nobles.
- Crisoles de cemento: se preparan con una mezcla de arcilla, arena silícea, cemento y otras materias análogas.
- Crisoles de chamotte: están formados por arcilla rica en sílice y alúmina, que se ha mezclado con polvo de arcilla refractario ya cocida, con arena cuarzosa y otros materiales semejantes.

- Crisoles de Passau o de Ips: se componen de una mezcla de arcilla refractaria y de grafito.
- Crisoles ingleses: se forman con una mezcla de dos partes de arcilla refractaria y una parte de coque.
- Crisoles de plombagina: se fabrican con una pasta que contiene cuatro partes de plombagina pulverizada y una parte de arcilla refractaria
- Crisoles brascados: Son crisoles de arcilla refractaria cubiertos interiormente con una capa de carbón llamada brasca, cuyas paredes poseen carbón y obran como reductores sobre los óxidos metálicos que con ellos se someten a la acción de temperaturas elevadas. Se emplean en las operaciones en las que hay que calentar una sustancia sustrayéndola a la acción oxidante del aire; la brasca enrojecida absorbe el oxígeno del aire, que penetra en el crisol a pesar de la tapa.
- Crisoles de magnesia.
- Crisoles de cristal de roca fundido: pueden sustituir en muchos casos a los de platino. Son mucho más económicos y resisten no solamente elevadas temperaturas sino los cambios bruscos de calor.
- Crisoles de Rose: son crisoles de porcelana, provistos de una tapadera taladrada y de un tubo, todo de porcelana. Por el tubo se hace pasar una corriente de hidrógeno, con el cual se consigue calentar el contenido del crisol en un medio reductor y fuera del contacto del aire.
- Crisoles de Gooch: llámese así a unos crisoles de porcelana, cuyo fondo está agujereado en forma de criba y cubierto con un disco de papel de fieltro.
- Crisoles de Neubauer: con este nombre se designan unos crisoles de platino cuyo fondo está agujereado en forma de criba, y cubierto con una capa espesa de esponja de platino.

Los crisoles tienen varias características que los hacen ideales para los ensayos de minería. La mezcla científica de distintos materiales, el prensado adecuado con moldes

exactos, y las temperaturas correctas a las que son cocidos, proveen el grado más elevado de resistencia mecánica para soportar shocks severos de temperatura. La alta calidad de los materiales utilizados en su fabricación, acoplado con una producción cuidadosamente manejada, asegura más calentamientos por crisol, por lo tanto más valor. Combinando todas estas características con la conveniencia de distintos tamaños y formas disponibles, y los crisoles de ensayo AP Green son la elección perfecta para las aplicaciones mineras. (1)

1.1 Crisoles para uso en laboratorio. (18)

Los crisoles están diseñados para ser empleados en fusión de muestras en laboratorios. Los crisoles lunge se pueden emplear con éxito en operaciones de fundición de metales tales como: cobre, oro, bronce, plata, plomo, etc.(1)

Es necesario desarrollar crisoles capaces de soportar el mayor número de fundidas, sin contaminar las muestras que se analizan.

El trabajo de laboratorio puede ser apasionante, intenso, interesante y hasta divertido, pero también implica responsabilidad, capacidad y sobre todo conocimiento; por esto es importante que los usuarios conozcan a la perfección los diferentes materiales de trabajo que se utilizan, sus usos, precauciones y los diferentes tipos que existen.

Los instrumentos para laboratorio se dividen básicamente en dos tipos: los aparatos y los materiales. Los aparatos a su vez pueden clasificarse con base en sus métodos y mecanismos de acción en aparatos mecánicos y aparatos electromecánicos.

Los materiales, por su parte, se clasifican con base en el uso que tienen en materiales de sostén, materiales volumétricos, materiales para usos específicos y recipientes. Los aparatos son el equipo, las máquinas, los artefactos que son utilizados para realizar diferentes tipos de tareas, dependiendo de su diseño y funciones, algunas muy específicas, otras más generales.

Algunos de los aparatos más comunes que se pueden encontrar son la balanza analítica, aparato mecánico que cuenta con una gran sensibilidad que le permite determinar el peso de sustancias y materiales sumamente ligeros con gran precisión.

Así, se tiene la balanza granataria, también un aparato mecánico para pesar, pero con menor sensibilidad.

Existen, por supuesto, muchos otros aparatos con diferentes usos y funciones en los laboratorios; los de uso más frecuente son el agitador magnético (cuya función es la de homogenizar sustancias en conjunto con una barra de agitación), el potenciómetro (un medidor de pH), la mufla (que sirve para análisis de cenizas de muestras orgánicas e inorgánicas) y las parrillas (utilizadas para calentamiento de sustancias contenidas en recipientes que se vean afectados por el fuego directo).

Los materiales de sostén son instrumentos para laboratorio que permiten la sujeción de materiales, sustancias, piezas u otros instrumentos. Las herramientas más comunes y conocidas de este tipo son los diferentes tipos de pinzas. Por ejemplo está la pinza para refrigerante o pinza Holder, un utensilio que cuenta con dos nueces, la primera para sujetarse al soporte y la otra para sujetar un refrigerante.

En el grupo de las pinzas también se tienen otras pinzas diseñadas para sujetar o sostener sustancias en un recipiente determinado o instrumentos específicos, como las pinzas para cápsulas de porcelana, pinzas para crisol, pinzas para tubos de ensayo o las pinzas para vasos de precipitados. También se tiene el anillo circular de hierro, una pieza que se ajusta al soporte universal para poder sostener otros utensilios como embudos y, en conjunto con una tela de alambre, vasos de precipitados o matraces, sobre todo cuando se calentará alguna sustancia.

La gradilla también es una herramienta muy conocida, pues es el mejor utensilio para ordenar y manejar de la mejor forma los tubos de ensayo y las sustancias que estos contienen.

El soporte universal y la tela de alambre también son de uso común. El soporte universal es de gran utilidad pues puede soportar diferentes tipos de recipientes de diferentes formas y tamaños, a él se pueden adaptar otras herramientas. Por su parte, la tela de alambre es muy útil para proteger utensilios o materiales que van a ser calentados directamente al fuego, sobre todo porque su parte central está recubierta de

asbesto, lo que propicia una mejor distribución del calor, permitiendo que el calentamiento del material sea uniforme.

Otros utensilios de sostén que se pueden encontrar en el laboratorio son los bornes (para sujetar cables), el triángulo de porcelana (para calentar crisoles), el tripié (alternativa al soporte universal y anillo de hierro), entre otros.

Los materiales volumétricos son instrumentos para laboratorio cuya función es la de medir el volumen de las sustancias líquidas. Los instrumentos más comunes de este tipo son la bureta, el matraz volumétrico, la pipeta graduada, la pipeta volumétrica, la probeta y el gotero. Todos estos utensilios tienen exactamente la misma función, la diferencia entre ellos, además de la forma y el tamaño, radica en su aplicación, la capacidad de medición, su precisión y la escala que utilizan. En el caso del gotero, además de medir, también sirve para dosificar la sustancia que contiene.

Estos materiales además, también pueden diferenciarse por el uso que se les da dependiendo del trabajo, sustancia o experimento que se lleva a cabo, pues se utilizan para diferentes propósitos como neutralización, preparación, mezcla, condensación, etc.

Los materiales de uso específico son los instrumentos diseñados, como su nombre lo indica, para realizar tareas muy específicas. Por ejemplo, el agitador de vidrio es una pequeña varilla que se utiliza para agitar mezclas y así homogeneizar sustancias. Otro ejemplo es el destilador, un artefacto que consta de un matraz redondo, una alargadera de destilación y un refrigerante de serpentín, todo en conjunto se utiliza para la separación sucesiva de los líquidos de una mezcla aprovechando la diferencia entre sus puntos de ebullición.

Otro tipo de materiales para usos específicos son el baño maría cromado, el calorímetro, la cápsula de porcelana, el termómetro, el refrigerante, el crisol de porcelana, el cristizador, las cucharillas de combustión, el desecador, los diferentes tipos de embudos, mecheros (de Bunsen, para altas temperaturas), los matraces con funciones específicas, los escobillones y muchos otros.

Finalmente se tienen los recipientes, instrumentos para laboratorio cuya función es la de contener sustancias o reactivos.

Los recipientes más comunes son los frascos reactivos, el matraz balón, la piseta, el matraz Erlenmeyer, los tubos de ensayo, diferentes tipos de frascos y probetas, incluso el frasco gotero que, si bien, es utilizado para medir y dosificar sustancias; también en él se puede contener y almacenar. Al igual que con los materiales volumétricos, los recipientes solo se diferencian unos de otros por su forma, tamaño, capacidad, el tipo de sustancia que contienen y en algunos casos su fabricación.

En general existe una gran cantidad de materiales que se utilizan en los laboratorios, sin importar si el fin de estos es académico, industrial, laboral o científico, lo importante es que los usuarios conozcan el tipo y uso de cada material y utensilio para evitar accidentes y llevar a cabo las labores de la mejor manera.

Pero, muy importante al respecto también es la calidad. Y es por esto que El Crisol, una empresa mexicana con más de 50 años en el mercado pone a disposición de la comunidad científica, académica, industrial, entre otras, su amplio catálogo de materiales e instrumentos para laboratorio.

El Crisol es una empresa con un inventario extenso, con diferentes marcas nacionales e internacionales, con sucursales en diferentes estados de la república, pero sobre todo con materiales de la más alta excelencia, durabilidad y calidad.

El trabajo de laboratorio es de suma importancia para el desarrollo de la industria, el comercio, la salud y la humanidad en general y para lograr ese desarrollo es necesario contar con el mejor material y equipo, un compromiso que ha adoptado y cumplido cabalmente durante más de cinco décadas.



Fig. 1.1 Crisoles para uso en laboratorio. (18)

1.2 Crisoles estándar. (19)

Fabricados con calcinados y caolines de excelente calidad y cocidos en hornos especialmente diseñados para obtener quemas rigurosamente controladas. El crisol estándar corresponde a la serie común que se fabrica en Chile.

Este producto es de características muy estables; posee una gran resistencia a los ataques químicos, a la penetración de metales y escorias. Tiene una gran resistencia a los cambios de temperatura, lo que permite efectuar varias operaciones de fusión y por consecuencia son muy económicos.

Este tipo es recomendado para aquellos análisis de muestras repetitivas. Se podrá efectuar en el, sobre 3 fundidas, sin problemas de contaminación.

"El número de fundidas dependerá fundamentalmente del grado de silicatación de la escoria obtenida".



Fig. 1.2 Crisoles estándar. (19)

1.3 Crisoles de alta alúmina. (22)

Resiste el ataque de escorias básicas y ácidas. Su baja porosidad inhibe la penetración de metales y escorias.

Gran resistencia a los cambios bruscos de temperatura.

Soporta sobre 1 500 °C de temperatura.

Es apto para trabajar todo tipo de muestras: duras, blandas, con alto contenido de cobre, etc. (6)

Especialmente formulado para fundir metales (cobre, bronce, plata, oro, etc.)

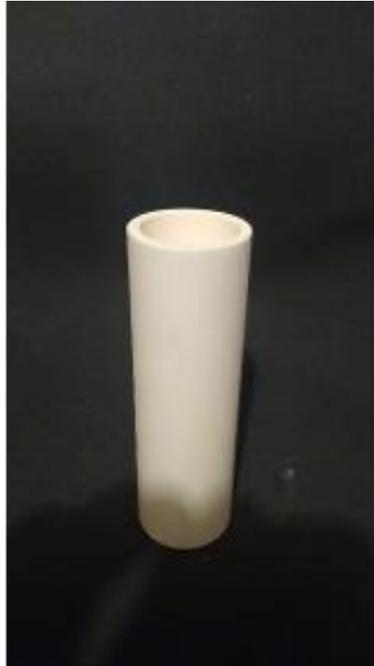


Fig. 1.3 Crisoles de alta alúmina. (22)

1.4 Método de czochralski (20)

El proceso o método de Czochralski consiste en un procedimiento para la obtención de lingotes monocristalinos. Fue desarrollado por el científico polaco Jan Czochralski.

Este método es utilizado para la obtención de silicio monocristalino mediante un cristal semilla depositado por un baño de silicio. Es de amplio uso en la industria electrónica para la obtención de wafers u obleas, destinadas a la fabricación de transistores y circuitos integrados.

El método consiste en tener un crisol que contiene el semiconductor fundido, por ejemplo germanio. La temperatura se controla para que esté justamente por encima del punto de fusión y no empiece a solidificarse. En el crisol se introduce una varilla que gira lentamente y tiene en su extremo un pequeño monocristal del mismo semiconductor que actúa como semilla. Al contacto con la superficie del semiconductor fundido, éste se agrega a la semilla, solidificándose con su red cristalina orientada de la misma forma que aquella, con lo que el monocristal crece. La varilla se va elevando y, colgando de ella, se va formando un monocristal cilíndrico. Finalmente se separa el lingote de la varilla y pasa a la fusión por zonas para purificarlo.

El grosor del lingote depende del control de temperatura y la velocidad de la varilla. Cuando la temperatura asciende, el propio lingote se va fundiendo, pero si desciende, se forman agregados que no son monocristalinos.

Método Czochralski o Pulling.

El método consiste en la formación de un cristal en forma de varilla de material muy puro, por contacto con un baño de mezcla fundida en un crisol de platino, iridio, cerámica o grafito. La "varilla", cuyo extremo, en el que se coloca una semilla de cristalización, se encuentra en contacto con el baño, se hace girar y ascender lentamente, produciéndose un monocristal en forma de barra y quedando las impurezas en el baño. Se utiliza una atmósfera oxidante.

En la figura 1.4 se muestra el esquema del método Czochralski así como el del método Kyropoulos, una variante del anterior.

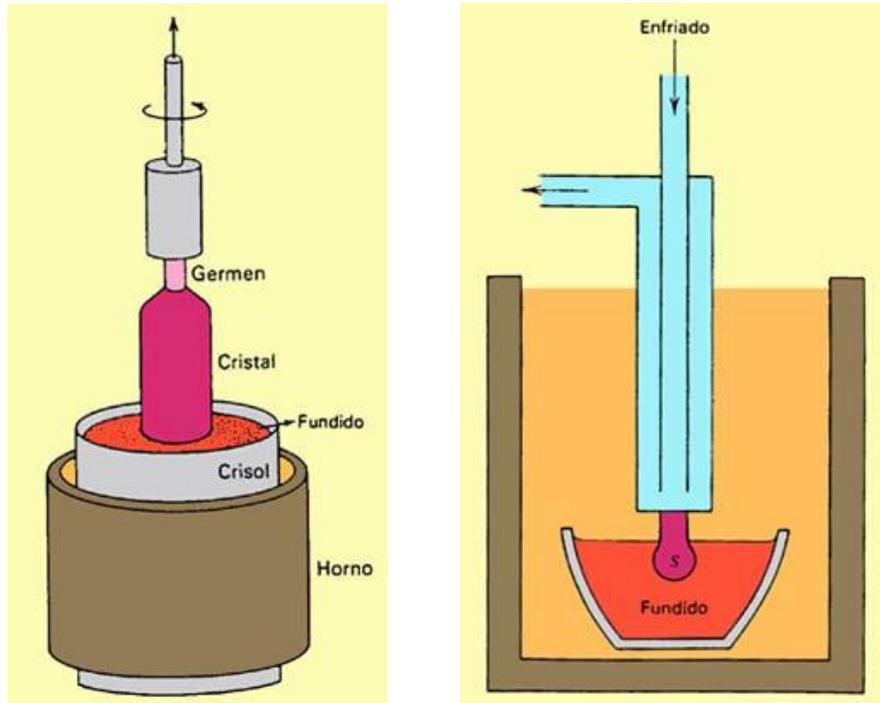


Fig. 1.4 Crisoles de czochralski. (20)

Las velocidades de crecimiento varían de 6 a 25 mm por hora.

Por este método que también admite modificaciones y mejoras, se obtienen corindones muy puros, para su utilización en semiconductores (zafiros) y láseres (rubíes). También se producen aluminato de itrio (YAG), granate de galio y gadolinio (GGG), niobato de litio, scheelita sintética y otros materiales.

1.5 Proceso de crisol abierto.(27)

Cualquier proceso de producción de acero a partir de arrabio consiste en quemar el exceso de carbono y otras impurezas presentes en el hierro. Una dificultad para la fabricación del acero es su elevado punto de fusión, 1 400 °C, que impide utilizar combustibles y hornos convencionales. Para superar la dificultad se desarrolló el horno de crisol abierto, que funciona a altas temperaturas gracias al precalentado regenerativo del combustible gaseoso y el aire empleados para la combustión. En el precalentado regenerativo los gases que escapan del horno se hacen pasar por una serie de cámaras llenas de ladrillos, a los que ceden la mayor parte de su calor. A continuación, se invierte el flujo a través del horno, y el combustible y el aire pasan a través de las cámaras y son calentados por los ladrillos. Con este método, los hornos de crisol abierto alcanzan temperaturas de hasta 1 650 °C.

El horno propiamente dicho suele ser un crisol de ladrillo plano y rectangular de unos 6 x 10 m, con un techo de unos 2,5 m de altura. Una serie de puertas da a una planta de trabajo situada delante del crisol. Todo el crisol y la planta de trabajo están situados a una altura determinada por encima del suelo, y el espacio situado bajo el crisol lo ocupan las cámaras de regeneración de calor del horno. Un horno del tamaño indicado produce unas 100 toneladas de acero cada 11 horas.

El horno se carga con una mezcla de arrabio (fundido o frío), chatarra de acero y mineral de hierro, que proporciona oxígeno adicional; se añade caliza como fundente y fluorita para hacer que la escoria sea más fluida.

Las proporciones de la carga varían mucho, pero para una carga típica podría consistir en 60 000 kg de chatarra de acero, 11 000 kg de arrabio frío, 45 000 kg de arrabio fundido, de caliza 12 000 kg de caliza, 1 000 kg de mineral de hierro y 200 kg de fluorita.

Una vez cargado el horno, se enciende y las llamas oscilan de un lado a otro del crisol a medida que el operario invierte su dirección para regenerar el calor.

Desde el punto de vista químico, la acción del horno de crisol abierto consiste en reducir por oxidación el contenido de carbono de la carga y eliminar impurezas como silicio, fósforo, manganeso y azufre, que se combinan con la caliza y forman la escoria. Estas reacciones tienen lugar mientras el metal del horno se encuentra a la temperatura de fusión, y el horno se mantiene entre 1 550 y 1 650 °C durante varias horas hasta que el metal fundido tenga el contenido de carbono deseado.

Un operario experto puede juzgar el contenido de carbono del metal a partir de su aspecto, pero por lo general se prueba la fundición extrayendo una pequeña cantidad de metal del horno, enfriándola y sometiéndola a examen físico o análisis químico. Cuando el contenido en carbono de la fundición alcanza el nivel deseado, se sangra el horno a través de un orificio situado en la parte trasera. El acero fundido fluye por un canal corto hasta una gran cuchara situada a ras de suelo, por debajo del horno. Desde la cuchara se vierte el acero en moldes de hierro colado para formar lingotes, que suelen tener una sección cuadrada de unos 50 cm de lado, y una longitud de 1,5 m. Estos lingotes —la materia prima para todas las formas de fabricación del acero— pesan algo menos de 3 toneladas. Recientemente se han puesto en práctica métodos para procesar el acero de forma continua sin tener que pasar por el proceso de fabricación de lingotes.(5)



Fig. 1.5 Crisol abierto. (27)

1.6 Empleo de análisis químico.

En el área de los análisis químicos los crisoles se emplean en las determinaciones gravimétricas cuantitativas (análisis midiendo la masa de la sustancia a analizar).

Los crisoles más comunes se emplean como sigue:

- Un residuo o precipitado resultante de un método de análisis puede ser recolectado y filtrado con algún elemento o solución libre de cenizas, como puede ser un filtro de papel.
- El crisol y el elemento se pre-pesan con mucha precisión en una analítica gravimétrica.

- Tras haber lavado y secado el residuo en el papel de filtro se introduce en el horno (caliente a una muy alta temperatura) hasta que todas las sustancias volátiles y humedad se han eliminado por completo de la muestra.
- El filtro de papel se quemará, sin dejar rastro alguno.
- Finalmente, tanto el crisol como la muestra se dejan enfriar en un desecador; ambos se someten a otro análisis gravimétrico en una balanza y se determina el peso de ambos precisamente a temperatura ambiente (si se pesara a temperaturas altas las corrientes de aire provocadas por la convección del aire podría falsear las medidas y dar resultados poco precisos).
- La masa del crisol, medida con antelación, es sustraída y el resultante es la masa de la muestra una vez secada en el crisol.

Los crisoles que poseen pequeñas perforaciones en su parte inferior (o fondo) se diseñan específicamente para ser empleados en la filtración, en especial en los análisis gravimétricos tal y como se ha descrito anteriormente, en estos casos este diseño especial se denomina crisol gooch en honor de su inventor: Frank Austen Gooch.

Para poder realizar medidas completamente precisas es necesario que se laven las manos y que éstas estén libre de polvo o suciedad que se pueda adherir al crisol, ya que este evento podría falsear las medidas gravimétricas. Los crisoles de porcelana son higroscópicos, es decir que absorben una cierta cantidad de humedad del aire. Por esta razón, tanto el crisol de porcelana como la muestra son pre-calentados antes de ser calibrados en peso. De esta forma se determina correctamente el peso del crisol y de la muestra sin interferencias. En algunos casos se realizan dos o varias operaciones de este tipo para saber que no hay problemas con la medida gravimétrica y que está completamente seca.(6) .



Fig. 1.6 Crisoles para análisis químico. (25)



Fig. 1.7 Crisoles de porcelana. (18)

Electrodo de carbón o grafito.(28)

Se emplea en la fabricación de crisoles refractarios para las industrias del acero, latón y bronce. Igualmente, como lubricante mezclado con aceite. Mezclado con arcilla fina forma las minas de los lápices. Se emplea también en la fabricación de pintura para la protección de estructuras de acero, en el barnizado de moldes y machos de fundición, para electrodos, escobillas de generadores, en galvanotipia, para barras de aislamiento en centrales nucleares. (2)

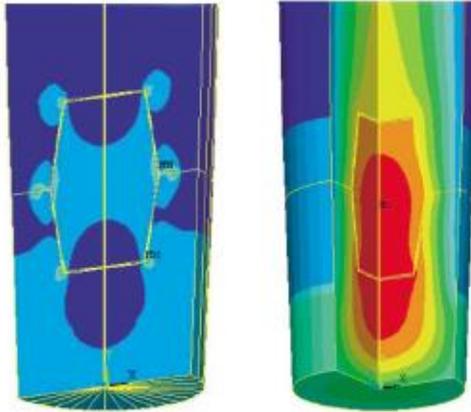


Fig. 1.8 Simulación de grafitos. (28)

En la simulación a la izquierda, la corriente específica es baja.

La simulación a la derecha muestra la temperatura dentro del electrodo.

Se emplean electrodos de grafito, con diámetros ahora extensibles de 350 mm a 800mm. Los diámetros adecuados del electrodo necesitan estar específicamente seleccionado para encontrar los requisitos técnicos. Los electrodos de grafito de SGL *Carbon* son producidos con un grado alto de pureza a fin de no tener efecto adverso en el acendramiento de acero.

Tabla 1.1 Propiedades de electrodos de grafito.

Diámetro en mm	350	450	500	650
Densidad g / cm ³	1.60 -1.75	1.60-1.75	1.67-1.77	1.67-1.77
Resistencia eléctrica específica Y. μ. m	5.0 – 7.5	5.0 – 7.5	4.5 – 5.5	4.5 – 5.5
Flexura Strength N / mm ² W / (kilobyte. m)	8-13	8-13	10-13	10-13
Conductividad térmica μ m / (kilobyte. m)	220 – 270	220 – 270	250 – 280	250 – 280
Coeficiente de expansión.	0.5 – 1.1	0.5 – 1.1	0.3 – 0.6	0.3 – 0.6

1.7 Definición de Taladrado (37)

El taladrado es una operación de mecanizado consistente en la realización de agujeros cilíndricos o ligeramente cónicos, mediante la penetración forzada de una herramienta que gira, la cual posee aristas cortantes que están constantemente en acción.

A pesar de que el taladrado se puede realizar en diversas máquinas como son: tornos, fresadoras, mandrinadora, etc., la máquina específica para este trabajo es la taladradora.

Una taladradora puede realizar sólo las operaciones donde la herramienta gira y avanza a lo largo de su eje de rotación. La pieza permanece siempre fija durante el proceso de mecanizado. En muchas taladradoras la herramienta avanza manualmente con una palanca situada a la derecha del cabezal. Tanto el cabezal como la mesa pueden desplazarse verticalmente para trabajar piezas de diferentes alturas.

Las máquinas taladradoras también permiten realizar otras operaciones, tales como el barrenado y escariado de agujeros cilíndricos y cónicos, el fileteado de roscas interiores, el avellanado, etc.

Empleando herramientas especiales y dispositivos en las taladradoras se pueden mandrinar orificios de gran diámetro en planchas, esmerilar orificios precisos, etc.

1.8 Clasificación de las taladradoras. (37)

Las máquinas taladradoras se clasifican en varios tipos fundamentales que son:

- Taladradoras portátiles.
- Taladradoras de banco.
- Taladradoras verticales de columna.
- Taladradoras radiales.
- Taladradoras multihusillos.
- Taladradoras especiales.

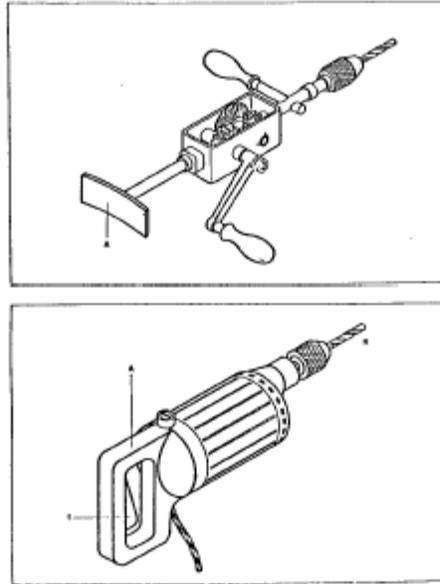


Fig. 1.9 Taladradoras portátiles.

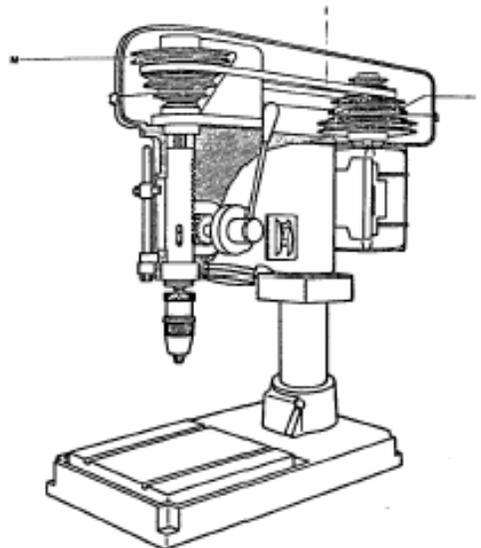


Fig. 1.10 Taladradoras de banco.



Fig. 1.11 Taladradoras verticales de columna.

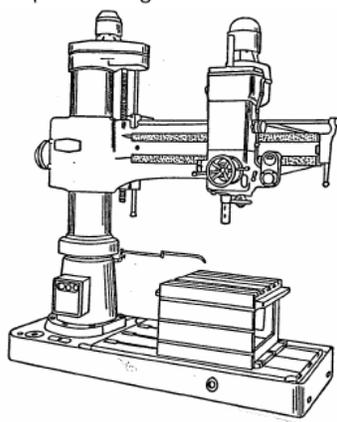


Fig. 1.12 Taladradoras radiales.

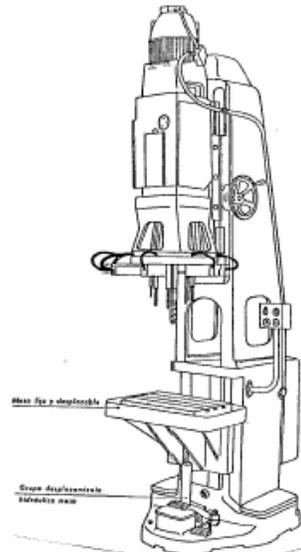


Fig. 1.13 Taladradoras multihusillos.

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA EN LA FABRICACIÓN DE CRISOLES DE GRAFITO PARA FUSORES DE METALES NO FERROSOS.

Es este capítulo se expone la metodología de fabricación de crisol de grafito para la fusión de metales no ferrosos se desarrolla utilizando el taladradora modelo PK-230, para el cual se diseñó un dispositivo de sujeción y una cuchilla para el maquinado del electrodo de grafito.

2.1 Selección del electrodo de grafito a maquinar:

Se toma un electrodo desechado, de diámetro 500 mm y con un serrote se cortan ambos lados dañados a una longitud de 500 mm.



Fig. 2.1 Grafitos a maquinar.

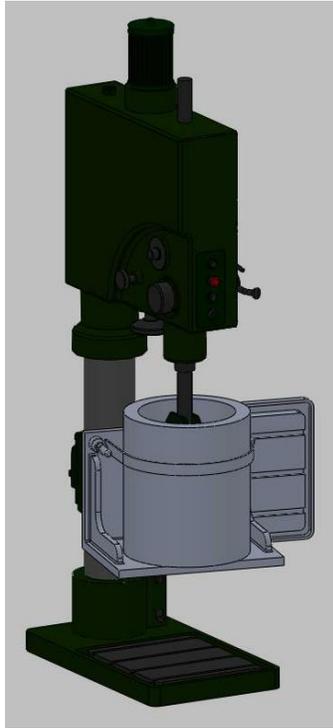


Fig. 2.2 Dispositivo y grafitos.

2.2 Selección del taladradora para la fabricación del crisol de grafito por el proceso tecnológico de maquinado.

El taladradora es la máquina herramienta que permite hacer agujeros debido al movimiento de rotación que adquiere la broca sujeta al cabezal. En esta investigación se seleccionó la taladradora de columna modelo PK – 230 cuyos parámetros tecnológicos se muestran en la Tabla 2.1, porque es una taladradora estacionaria con movimiento vertical y mesa para sujetar el objeto a taladrar. La principal ventaja de este taladradora es la absoluta precisión del orificio y el ajuste. Permiten taladrar fácilmente algunos materiales frágiles (vidrio, porcelana, grafito) que necesitan una firme sujeción para que no se rompan.

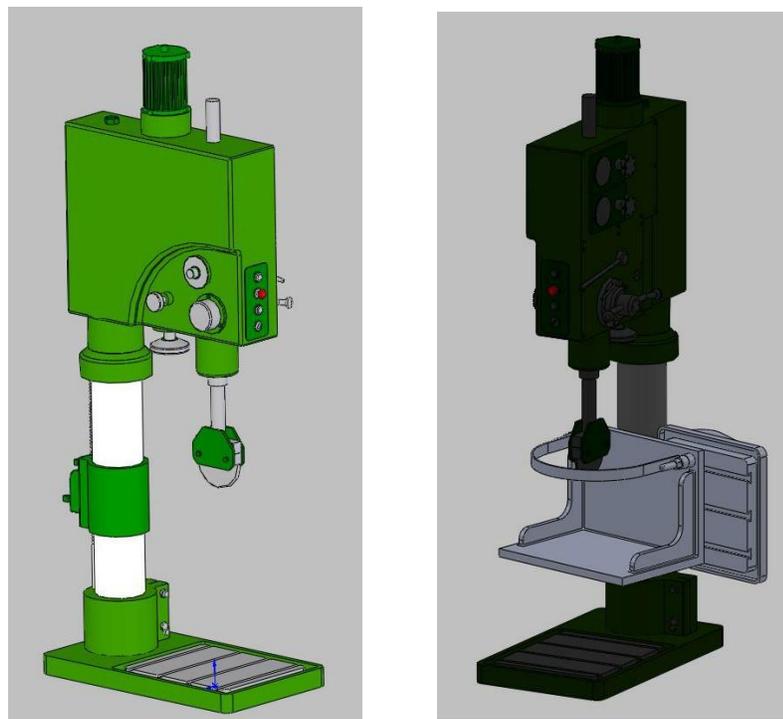


Fig. 2 Taladradora PK – 230.

Tabla 2.1 Certificado técnico de la taladradora PK- 230.

Dimensiones principales	
Diámetro del taladradora en mm	18
Distancia entre el extremo del husillo y la mesa en mm	
Mínima	0
Máxima	650
Cono del orificio del husillo	morse 2
Curso máximo axial del husillo en mm	200
Curso del husillo por vuelta del volante-palanca en mm	110
División del limbo en mm	1
Curso del cabezal porta-husillo en mm	300
Curso máximo vertical de la masa en mm	350
Curso de la masa por vuelta de la palanca en mm	2.4
Motor eléctrico del movimiento vertical.	
Potencia en kW	1.5
Número de r/min	1420
Dimensiones y peso	
Dimensiones de la máquina (largo x ancho x alto) en mm	870 X 590 X 2080
Peso de la máquina en kg	450

Datos principales del dispositivo.

Dimensiones principales

Mesa de apoyo del electrodo (ancho x alto x largo) en mm.....400 x 300 x 400.

Peso de la mesa de apoyo en kg30

Material: acero 45.

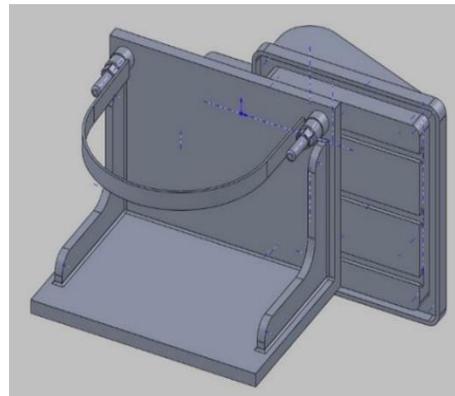
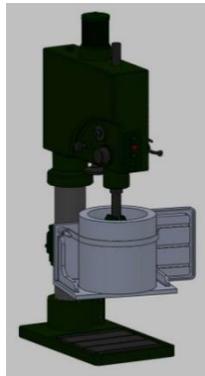


Fig. 2.4 Dispositivos.

Tabla 2.3 Parámetros tecnológicos de la taladradora. (47)

Número de los escalones	Número de r/m del husillo		Potencia eficaz en el husillo, (kW)		Momento máximo tensional (kgf.cm) En SI N.m
	Directo	Inverso	Utilizando la potencia nominal del motor eléctrico	Admisible por el eslabón más débil	
1	180	180	1.3	1.5	880
2	250	250	1.3	1.5	620
3	350	350	1.3	1.5	440
4	500	500	1.3	1.5	312
5	710	710	1.3	1.5	220
6	1 000	1 000	1.3	1.5	157
7	1 420	1 420	1.3	1.5	110
8	2 000	2 000	1.3	1.5	77.5
9	2 800	2 800	1.3	1.5	55

2.3 Diseño y fabricación de la cuchilla.

El utilizar la broca adecuada es imprescindible no solo para que el trabajo sea más fácil y con mejor resultado, sino incluso para que pueda hacerse, lo más conveniente es utilizar siempre la broca apropiada a cada material, existen muchas calidades para un determinado tipo de broca según el método de fabricación y el material del que hecha. La calidad de la broca influirá en el resultado y precisión del taladrado y en el tiempo de vida útil de la misma. Por tanto, es aconsejable utilizar siempre brocas de calidad.

Para perforar la cavidad de 400 mm de diámetro interior del crisol de grafito no existen brocas, por lo que se diseñó un dispositivo de taladrado con una cuchilla, como muestra la figura 2.5. La calidad de la cuchilla influirá en el resultado y precisión de la

taladradora y en la duración de la misma. A continuación, se muestran los pasos a tener en cuenta para la obtención de la cuchilla.

1. Medir el artículo con pie de rey o regla, para comprobar las dimensiones: 10 mm de espesor, 300 mm de ancho 100 mm de alto.
2. Por el proceso de soldadura se elabora la cuchilla semiesférica.
- 3- Se abren los orificios de 18 mm de diámetro con una broca helicoidal de HSS.
- 4- Se le aplica tratamiento térmico a la cuchilla para mejorar sus propiedades mecánicas. El tratamiento térmico consiste en un temple a 840°C y enfriamiento en agua con el que se obtiene una dureza de 50 a 55 HRC y una estructura de martensita, posteriormente un revenido a 380°C el cual eleva el límite de fluencia (elasticidad), alcanza una dureza de un 40 HRC y estructura de troostita.

2.4 Estudio previo asistido con el programa SolidWork

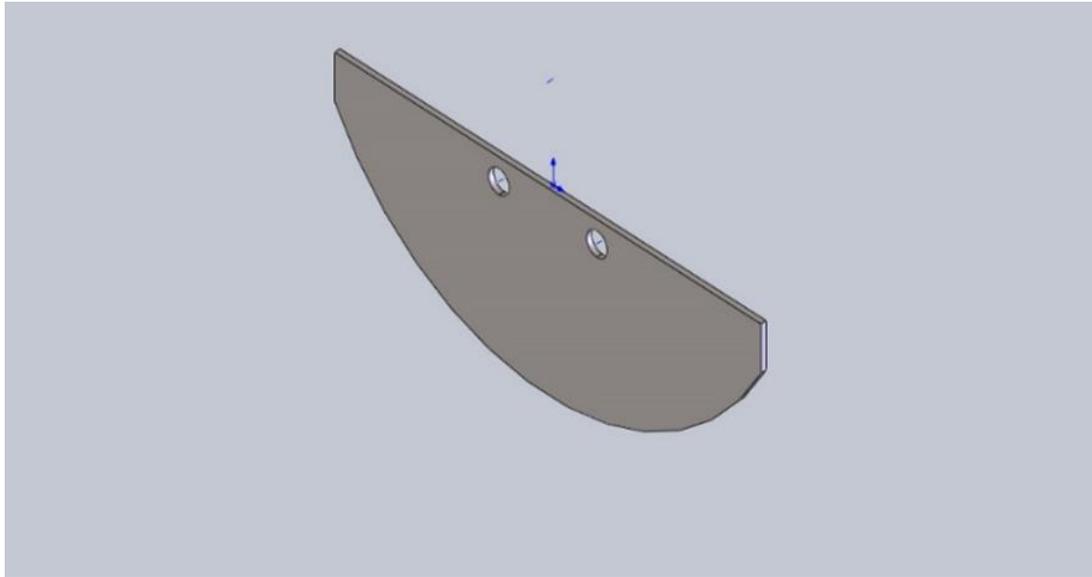


Figura 2.5 Cuchilla para el maquinado de crisol de grafito.

Se realiza un estudio asistido por la herramienta Solidwork, para lo cual se simula la cuchilla y se le realiza un análisis estático, como se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.4 Composición química del acero AISI-SAE 1045 (24)

Elemento	Composición
Carbono	0,45%
Silicio	0,25%
Manganeso	0,65%
Azufre	0,04%
Fósforo	0,04%

Tabla 2.5 Propiedades del acero AISI-SAE 1045 (24)

Propiedad	Valor	Unidad
Resistencia a la tracción	210	MPa
Alargamiento	18	%
Dureza Brinell	60	HRC

Se midieron todas las dimensiones de la cuchilla real para elaborar el modelo. Después se elaboró el modelo con el programa SolidWorks. Las dimensiones del modelo se obtuvieron mediante el comando medir para elaborar el modelo ideal.

En la Tabla 2.6 se muestra un estudio estático para estudiar los desplazamientos y las tensiones que ocurren en la cuchilla simulada. Los modelos simulado, además de las cargas y restricciones aplicadas al modelo se muestran posteriormente.

Tabla 2.6 Sujeciones.

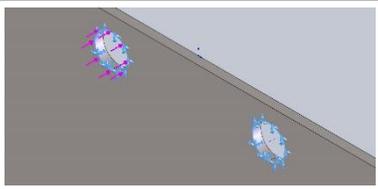
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades:	2 arista(s)		
		Tipo:	Geometría fija		
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	0.00893402	-0.0116711	149.976	149.976	
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0	

Tabla 2.7 Tipo de mallas.

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	5.45287 mm
Tolerancia	0.272644 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

2.5 Información de mallas

En el caso de la cuchilla simulada también se utilizó una malla sólida, sin refinar la malla en algunas zonas, con elementos cuadráticos de alto orden de un tamaño máximo de 5,45 mm en la de malla gruesa. (Ver tabla 2.7).

Tabla 2.8 Información de mallas.

Número total de nodos	13917
Número total de elementos	6786
Cociente máximo de aspect	4.8496
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	98.1
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:20
Nombre de computadora:	ALEJANDRO

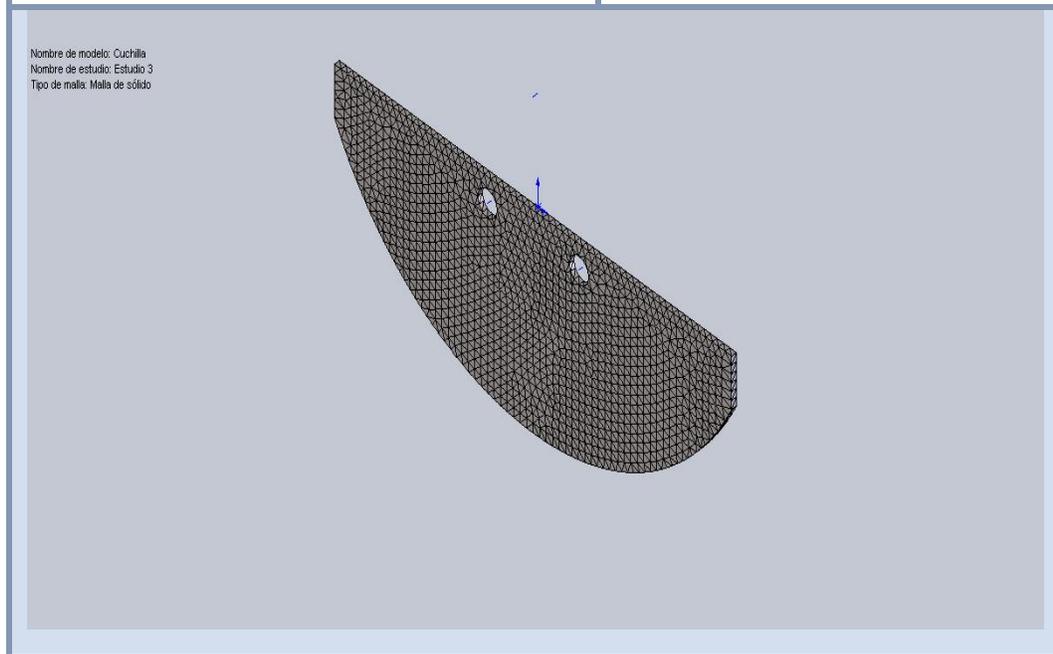


Fig. 2.6 Mallado de la cuchilla.

Tabla 2.9 Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	0.00893402	-0.0116711	149.976	149.976

2.6 Resultados del estudio de tensiones.

Como se muestra en la figura 2.7 este estado tensional cambia bruscamente en las inmediaciones de los dos orificios. Las tensiones alrededor de los orificios superan 19.297 veces el valor del límite elástico, aunque esto no representa un problema para cuando se apliquen las cargas exteriores cíclicas.

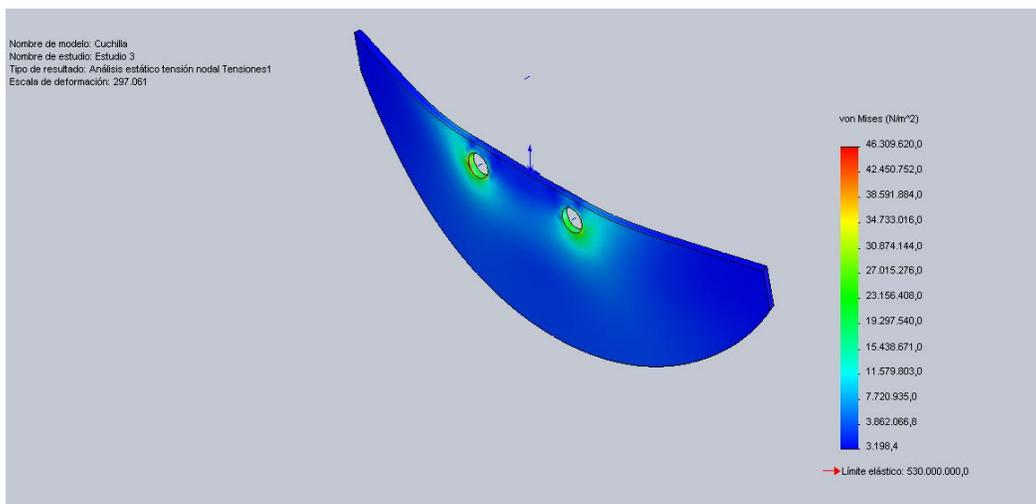


Fig. 2.7 Estudio de tensiones.

Tabla 2.10 Desplazamientos que ocurren en la cuchilla.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	0.111132 mm Nodo: 13203
Cuchilla-Estudio 3-Desplazamientos-Desplazamientos1			

2.7 Resultados del estudio de desplazamientos.

Los desplazamientos que ocurren en la cuchilla se muestran en la figura 2.8. Aunque los desplazamientos mayores ocurren en los extremos libres de la cuchilla con un valor de 1,06 mm no representa ningún problema para el uso de la cuchilla.

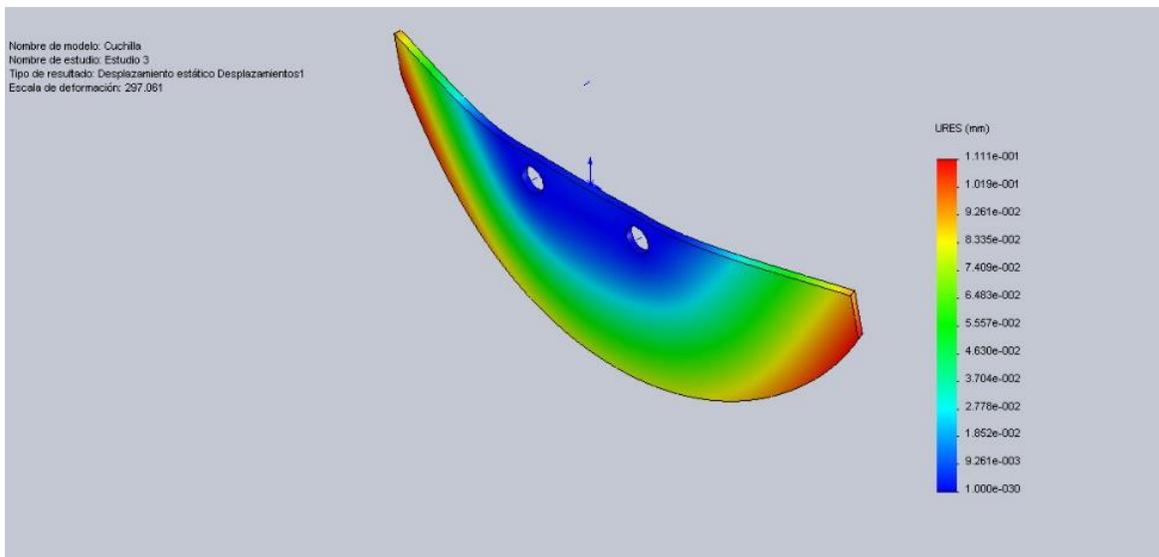


Fig. 2.8 Estudio de desplazamientos.

2.8 Valoración medioambiental

Desde hace varias décadas nuestro planeta está sufriendo daños por los desechos que son vertidos a la atmósfera, a través de los disímiles procesos que se desarrollan en las grandes industrias; no siendo hasta hace pocos años atrás que se ha estado tomando conciencia en el tema, pues está siendo de preocupación por las severas lesiones causadas al medio ambiente y a su vez a la salud humana.

En nuestro país se han puesto en práctica una serie de medidas medioambientales. Durante el proceso de Maquinado se esparcen las virutas y los líquidos refrigerantes los cuales son almacenado evitando con su expansión por el medio ambiente la contaminación de los suelos y de las aguas.

Otro factor de importancia que afecta directamente al ser humano y al entorno son los ruidos provocados por el trabajo de las máquinas lo cual obliga a los operarios a y usar protectores para los oídos.

Con el aporte de esta investigación en la fabricación de crisoles, se logra una fusión más sostenible en cuanto a la generación de escorias pues, en los hornos de reverbero es decir de llama directa se producen muchos más desechos sólidos que en hornos de crisol, una vez inservible el crisol de grafito para la fusión de metales ferrosos y no ferrosos se utiliza como atmósfera protectora en la fusión de aleaciones de cobre y el crisol de hierro se utiliza como chatarra.

2.9 Contribución de este proyecto a la defensa de la patria

Desde los primeros años del proceso revolucionario la dirección del mismo llevó a cabo las primeras acciones de compatibilización del desarrollo económico, social y político con los intereses de la defensa.

En la actualidad el país trabaja arduamente en obtener mejores resultados en la eficiencia de las producciones, para esto se desarrollan procesos de fabricación y/o recuperación que contribuyen de gran manera en el factor económico del país.

Este trabajo investigativo tiene una gran contribución con el defensa de la patria debido a que el objetivo principal del mismo es diseñar el crisol con el propósito de ponerlo en funcionamiento para elaborar piezas en bruto que serán utilizados en reparación y modificación de la técnica militar.

La compatibilización del desarrollo económico-social con los intereses de la defensa no es un fenómeno nuevo creado en nuestro país, sino el resultado de la experiencia acumulada de otros países, tanto capitalistas como socialistas, donde armonizan y dejan resuelto en lo fundamental, los principales elementos de la actividad económica, productiva, social y científico técnica con los intereses de la defensa.

Valoración económica

La valoración económica se hace teniendo en cuenta el costo del crisol de grafito ascendente a 1 528,00 USD (según oferta Carbon and Graphite SGL CARBON Group Wiesbaden/Germany), el costo de elaboración del crisol de grafito por medio de maquinado igual a 150,00 MN y la norma de consumo de 30 crisoles de grafito que utiliza la Empresa Mecánica de Holguín en un año.

$$Ee = (G_a - G_p) \times e(Q)$$

Donde:

Ee-Efecto económico anual

G_a- costo del crisol de grafito \$ 1 528,00

G_p- Costo de elaboración de crisol de grafito por maquinado, \$ 150,00

e-Coeficiente normativa de efectividad = 0,15 (para la rama metalúrgica).

Q-Norma de consumo de anual de crisoles de grafito de E.M.H 30 u

Sustituyendo:

$$Ee = (\$ 1 528,00 - \$ 150,00) \times 0,15 (30 u) = \$ 6 201.00$$

CONCLUSIONES

1. La revisión bibliográfica realizada permitió evaluar los procedimientos existentes más avanzados de fabricación de crisoles y su estado actual de aplicación.
2. Se realizó la selección de la máquina taladradora de columna axial PK-230 para la fabricación de los crisoles para fusores de metales no ferrosos.
3. Se prepararon los electrodos de grafitos de los hornos de arco eléctricos desechados en las Acerías de Acinox-Tunas y Antillana de Acero, como piezas en bruto para la fabricación de los crisoles para fusores de metales no ferrosos.
4. Se realizó el diseño, fabricación y montaje de los dispositivos tecnológicos, en las condiciones cubanas, para la fabricación de los crisoles para fusores de metales no ferrosos.
5. Se realizó el diseño de la cuchilla de acero AISI-SAE 1045 para la elaboración de los crisoles y además la simulación de la misma en la Taladradora PK-230.
6. La utilización del programa SolidWorks permitió obtener los valores de obtuvieron las fuerzas de reacción y la tensiones y de los desplazamientos de la cuchilla.
7. En los extremos libres de la cuchilla se observaron las zonas más altas de desplazamientos de la cuchilla, sin representar ninguna dificultad para su uso.
8. A través de este trabajo investigativo se pudieron ampliar los conocimientos adquiridos en los estudios de pregrado.

RECOMENDACIONES

1-A partir de la solución que se le dio a esta tarea se le recomienda profundizar buscando más bibliografía, navegando en Internet, utilizar software más avanzado para una mejor obtención de respuestas ya que estos son más rápidos y seguros, con menor probabilidad de error.

2- Por la importancia que le compete este tipo de equipo al país se recomienda una profundización más avanzada para poder desarrollar una tecnología de diseño, fabricación y mantenimiento más económica y efectiva para alargarle la vida útil al producto como tal.

3-La ruta tecnológica puede estar sujeta a cambios en dependencia del equipamiento tecnológico y herramientas con que se cuente en el taller donde se fabrique la pieza.

4-A muchas empresas que realizan procesos de reparación, donde es preciso sustituir piezas debido a diferentes circunstancias, desarrollar procesos de fabricación y no importarlas, contribuyendo así a la economía de nuestro país.

5-Aplicar esta propuesta en otras empresas del país contribuyendo a la economía.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abramov. A. "Manual del joven fundidor". Editorial Alta Escuela. Moscú.1983. 203 p.
2. Bakkerus and Van der Holst. The T-Nock Process for Making Ductil iron. Modern Casting Tech. N. 711, july 1995.
3. Batista Cabrera, A.; *et al.* "Propiedades de Fundición de los Metales y Aleaciones". Monografía, Universidad de Holguín. Holguín. 1994
4. Boletín MI SR-2. 2001. □ Técnico MI SR
5. Calcosoft. Base de Datos en Línea, 2004, 2 de Marzo del 2007,
6. DELCAM. Base de Datos en Línea, 2004, 4 de Marzo del 2007,
Francois, M. Base de Datos en Línea, 2004, 17 de Mayo del 2001,
<http://www.cta.org.co/institucional.com>
7. enciclopedia libre. <http://es.wikipedia.org>. Consultado en marzo del 2017.
8. Entorno tecnológico alternativo para la producción competitiva, sostenible y sustentable de fundidos de cuproaleaciones densos. Jornada Científica. Facing – CEDEMA. Holguín. 2008
9. 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.
10. Goyos Pérez, L., Martínez Reina, Elio. "Tecnología de fundición II". Editorial ISPJAE. Ciudad de la Habana.1991. 243 p.
11. Gynsey. J. Co CQ (Controlled Quality Inoculation).Un proceso de alta Productividad. www.carpenterfortuna.com.mx/n-hierro.htm.Consult.2001
12. Hughes. S. Foundry Trade Journal. 1993. N. 487.
13. Hity D. Electr.Furnace Proc. AIME 1998.V.27 pág 52-56.
14. <http://www.ictsl.net/productos/01d636958f0b1efc4fe4c.html>crisoles refractarios.
15. <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/tecnologia-elaboracion-crisoles>
16. <http://www.acefesa.es/material/atlantic.pdf> Fabricación de crisoles 2011.

17. <http://www.instrumentosdelaboratorio.net/2012/08/crisol.html>
18. <http://instrumentosdelaboratorio.org/crisol-de-laboratorio>
19. <http://es.slideshare.net/chucho1943/00> material de elaboración de crisoles
20. <http://www.earthwaterfire.com/spanish/crucibles.html> material de elaboración de crisoles.
21. <http://www.hinrasac.com/R6/Crisoles/crisoles.html> Forma de crisoles
22. <http://www.ictsl.net/productos/vidrio/01d636949b1097726.html>
23. <http://es.slideshare.net/efriderm/filtracin-24822198> (página 22 de 35)
24. https://books.google.com.pe/books?id=U6x5TvSHP1kC&pg=PA22&lpg=PA22&dq=crisol+de+disco+fritado&source=bl&ots=szdcpiqsg3&sig=i5meungkc_eh3
25. <http://www.auxilab.es/es/catalogo/porcelana-jipo>
26. <http://www.ictsl.net/productos/01d636958f0b1ef51/021b0796660c4fe4c.html>
Crisoles refractarios.
27. <http://www.hinrasac.com/R6/Crisoles/Ficha%20Tecnica%20Crisoles%20Refal.pdf>
Lima, de febrero de 2016
28. <http://www.fireassay.ca/catalog/c6.pdf>
29. <http://patentados.com/invento/procedimiento-fabricacion-crisoles-fluorita-usos-metalurgicos.html>
30. Iron Casting with Spheroidal or Nodular Graphite Specification 3rd reun. <http://www.clickafoundry.com/specification.1>. Consultado. 2002
31. Lince Fundicion. Base de Datos en Línea, 2004, 14 de Marzo del 2004,
32. Material Didáctico sin valor comercial. fes-cautiplan. Universidad autónoma de México. 1995
33. Metallography. Base de Datos en Línea, 2006, 12 de Octubre del 2006, <http://www.metallography//technoters/iron.com>
34. Navas, E., Batista, A. Métodos de Cálculo en Fundición. Folleto Editado por la UHo. Holguín, 1996.

35. ProCAST. Base de Datos en Línea, 2007, 12 de Febrero del 2007, 225
36. ProEngineer. Base de Datos en Línea, 2004, 2 de Marzo del 2007
Pérez Rodríguez, R. , Quesada Estrada, A. M. Taladrado. Universidad de Holguín, 2006. pág. 56
37. Pérez Rodríguez, R., Quesada Estrada, A.M., Taladrado. Universidad de Holguín “Oscar Lucero Moya” 2006.
38. Sánchez Figueredo, R. Perfil Fundición de Acero-Hierro de Holguín. Convención Internacional de la Industria Metalmeccánica METANICA. CD-ISSN 1607-6261 Ciudad de La Habana
39. Sánchez Figueredo, R. El Rendimiento Tecnológico General como Regulador del costo de las piezas fundidas de hierro nodular. Resumen III Conferencia Internacional. Ingeniería. Holguín. 2007
40. Sánchez Figueredo, R. El Rendimiento Tecnológico General como Regulador del costo de las piezas fundidas de metales ferrosos y no ferrosos. Convención Internacional de la Industria Metalmeccánica. METANICA. CD-ISSN 1607-6261
hierro/tecnologia-elaboracion-crisoles-hierro.pdf
41. Sánchez Figueredo, R. Horno Multipropósito. Convención Internacional de la Industria Metalmeccánica. METANICA. CD-ISSN 1607-6261 Ciudad de La Habana
42. Sánchez Figueredo, R. Sistema de trabajo 20 X 10. Convención Internacional de la Industria Metalmeccánica. METANICA. Ciudad de La Habana CD-ISSN 1607-6261
43. Sánchez Figueredo, R. Entorno tecnológico alternativo para la producción competitiva, sostenible y sustentable de fundidos de cuproaleaciones densos. Jornada Científica. Facing – CEDEMA. Holguín. 2008
44. Sánchez Figueredo, R. Tecnología para la manufactura competitiva de fundidos de aleaciones de Cobre. IV Conferencia Científica CD – ROOM-ISSN – 978-959-16-1010-2. 2009 Holguín

45. Sánchez Figueredo, R. Cálculo Competitivo del Costo y Precio de los fundidos de bronces y Latones. IV Conferencia Científica CD – ROOM-ISSN – 978-959-16-1010-2. 2009 Holguín
46. Sánchez Figueredo, R. Ahorro de portadores energéticos en la obtención de fundidos no ferrosos bajo las condiciones específicas de la industria metalúrgica cubana. Memorias del 6to. Taller Internacional de Energía y Medio Ambiente CD – ROOM-ISBN: 978- 959- 257- 231- 7
47. SolidWork. Base de Datos en Línea, 2007, 12 de Febrero del 2007, <http://www.solidwork.com>
48. Taladradora PK-230. Certificado técnico1986.
49. 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>
50. Unigraphics. Base de Datos en Línea, 2004, 2 de Marzo del 2007, <http://www.unigraphics.com>