



**Universidad de Holguín
“Oscar Lucero Moya”
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Mecánica**

Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Mecánico

Título: Método alternativo de Vertido Dinámico en la disminución de los poros y sopladuras en los fundidos de cuproaleaciones.

Autor: Luis Guillermo RODRÍGUEZ VELÁZQUEZ

Tutor: MsC. Rigoberto Pastor SÁNCHEZ FIGUEREDO

2008-2009

PENSAMIENTO



“ Hoy más que nunca tenemos que ser más eficientes en el trabajo, tenemos que avanzar, emplear de manera adecuada cada centavo, cada grano de material, cada gota de sudor. Hoy más que nunca tenemos que hacer más eficiente nuestro esfuerzo y lo haremos más eficientes.”

Fidel Castro Ruz

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco a todas aquellas personas que de una forma u otra me han ayudado en la conformación y desarrollo de esta tesis de pregrado. Además de todos los profesores que han contribuido en mi aprendizaje para llegar este momento en que tengo el honor de presentar este trabajo para alcanzar mi título de ingeniero. Al igual que todas aquellas personas que siempre han estado conmigo y me han dado el aliento y la fuerza necesaria para seguir adelante independientemente de las dificultades que he presentado durante el tiempo que estubo dentro de la universidad desde el primero hasta mi último año de estudio. En especial a mi tutor el MsC. Rigoberto Pástor Sánchez Figueredo, Eduardo Fernández Aguilar, DrC. Julio Pino Tarrago, DrC. Ramón Martínez Batista. DrC Ana María Quezada Junto con mi amigo y hermano Yurisel Guzmán Hernández.

DEDICATORIA.

A "**Doralis Adriana**": Este trabajo de diploma es para ti mi hermanita que llena de inocencia y verdad en tu mirada la cual siempre firme y con bondad me llenas de alegría siempre que me besas en la mejilla porque eres la persona que mas quiero.

Queriendo para ti solo la felicidad y que la vida te depare amor e inteligencia la cual nunca la desaproveches, para que seas una mujer sana, alegre y con un futuro construido por tus manos el cual siempre es el que sabe mejor porque es el fruto de tu Sacrificio y dedicación....

RESUMEN

La presente investigación muestra la solución al problema existente en el país sobre la necesidad de disminuir las importaciones bronce y latones, los diferentes parámetros que intervienen en la producción de las piezas de las mismas, bajo las condiciones actuales en la industria sideromecánica cubana, por producciones netamente nacionales que garantizan productividad, eficacia y competitividad con los productos importados a otros países.

La propia naturaleza de los procesos de manufactura de artículos fundidos tienen un alto índice de rechazo por concepto de poros y sopladuras debido a la particularidad que tienen el cobre y los metales aleantes de reaccionar con el hidrógeno y formar metal libre más vapor de agua: Lo cual trae como consecuencia que los expertos y la literatura especializada hallan concluido que no se puedan obtener fundidos sanos de poros y sopladuras por métodos tradicionales de fundición, producto que los vapores de agua quedan dentro del caldo metálico al solidificarse la pieza, generando poros que aumentan de la periferia al centro, todo lo cual provoca un elevado costo de producción.

En este trabajo investigativo versa sobre la novedad de diseño y construcción de un entorno tecnológico alternativo para la producción competitiva, sostenible y sustentable de fundidos de bronce y latones sanos de inclusiones gaseosas y no metálicas utilizados en la industria metalmecánica y del transporte ferroviario y marítimo, para el cual se usa una rampa vibratoria que con un vibrador electromagnético se le aplican vibraciones en el orden de los (50-80Hz) a las fundiciones lo cual durante el vertido las partículas de menor peso específico suben a la superficie obteniéndose piezas sanas de poros, sopladuras lo cual esto solamente en nuestro país a sido utilizado en la industria de la construcción pero nunca antes en la rama de las fundiciones dándole al país un alto aporte económico por la sustitución de importaciones debido a que la tonelada de bronce en el mercado internacional oscila entre los (€ 17 000 a € 27 000) la tonelada.

SUMMARY

Shown in this investigation evidences of the solution to the existent problem of the country on the need to decrease the importing of tin and brass, the different parameters that they intervene in this production to the Cuban industry, to of great application for purely national productions that they guarantee productivity, efficacy and competitiveness with the imported products to another countries.

The of one's own nature of processes of manufacture of goods fused they have a high index indirectly by way of pores and blowholes due to the particularity that the copper and the metals have alloys to react with the hydrogen and to form free further metal water vapor: Which to as a result that the experts and the specialized literature find concluded that sound dissolves of pores and blowholes for traditional methods of founding, product may obtain themselves that the water vapors get within the metallic broth when it becomes solid the piece, generating pores that they enlarge of the periphery to the center, all which he provokes a raised cost of production.

It is about the designing new thing and brass construction of technological alternative surroundings for the competitive, sustainable and sustainable production of dissolves and healthy brasses of gaseous inclusions in this investigating work and no metallic utilized at the mechanical-metal industry and of transportation railway-man and maritime, for the one that one uses a vibratory ramp for than with an electromagnetic vibrator apply it vibrations in the order of 100Hz to the casting which during the poured the particles of younger specific weight get on the surface obtaining healthy pieces of pores, blowholes which this only at our country to been utilized at the industry of construction but never before in the branch of casting opening into the country a height economic contribution for the import substitution owed to than the ton of brass international market oscillates between the (€ 17 000 to € 27 000) the Ton.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 2. Entorno tecnológico para la producción de fundidos de cuproaleaciones por el método de vertido dinámico.	8
CAPÍTULO I. ANÁLISIS DE LOS ENTORNOS TECNOLÓGICOS PARA LA OBTENCIÓN Y VERTIDO DE FUNDIDOS DE CUPROALEACIONES.	9
INTRODUCCIÓN.	9
1.1 Fusión del cobre y sus aleaciones:	10
1.1.1 Bronces fosfóricos	10
1.1.2 Bronces rojos o bronce de cañones, "Gunmental."	11
1.1.3 Los bronce al plomo.....	11
1.1.4 Bronces al aluminio	12
1.1.5 El latón.....	12
1.1.6 Cuproníquel (alpacas)	14
1.1.7 Cobre-cadmio	14
1.1.8 Cobre-cromo.....	14
1.1.9 Cobre-berilio (Cu-Be):.....	15
1.1.10 Cobre-plata (Cu-Ag)	15
1.2 La conducción de la colada óptima de las cuproaleaciones.....	15
1.3 Métodos de vertido en la obtención de fundidos de cuproaleaciones.	17
1.3.1 Vertido Estático	18
1.3.2 Vertido Dinámico	18
1.3.3 Métodos de vertido estático.....	18
1.3.4 Métodos de vertidos dinámicos.	21
1.4 Vibraciones mecánicas.	24
1.4.1 Definición de vibraciones o movimiento vibratorio.....	24
1.4.2. Aplicación industrial de las vibraciones (vibro máquinas).....	24
1.5 Resortes helicoidales (muelles).	27
1.5.1 Tratamiento térmico de los aceros para muelles.	29

1.5.2 Principales parámetros característicos para el diseño de resortes.....	30
1.6 Breve referencia acerca de los programas usados para el diseño en computadoras de la presente rampa vibratoria.	32
1.6.1 SolidWorks.	32
1.6.2 COSMOSWorks	33
1.7 Conclusiones del capítulo.....	35
CAPITULO II. ENTORNO TECNOLÓGICO PARA LA PRODUCCIÓN DE FUNDIDOS DE CUPROALEACIONES POR EL MÉTODO DE VERTIDO DINÁMICO.	
INTRODUCCIÓN.	36
2.1 Construcción de la rampa vibratoria.	37
2.1.1 Cálculo de los resortes helicoidales de Acero-65 al manganeso para la rampa.	37
2.1.2 Selección del material para las vigas.....	44
2.1.3 Selección del material para la chapa.	45
2.1.4 Selección del vibrador electromagnético.	45
2.2 Instrucción tecnológica para la aplicación de vertido dinámico a los fundidos de cuproaleaciones.	48
2.3 Análisis de los resultados.	56
2.4 Valoración socio económica.....	57
2.4 Conclusiones del capítulo.....	59
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
ANEXOS	67

INTRODUCCIÓN

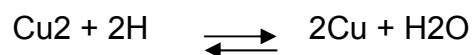
La tecnología de fundición tiene grandes perspectivas pues ésta permite la obtención de productos con la configuración, las dimensiones y masa exigida directamente a partir del metal fundido, con menor gasto de la energía, materiales y trabajo. También permite la obtención de piezas de cualquier composición química con masas desde unos pocos gramos hasta varias toneladas, con dimensiones de hasta 10 metros y altas propiedades de explotación y la producción de artículos de las aleaciones no ferrosas por métodos de fundición, son hoy en día, un punto clave del desarrollo. Las mismas son base fundamental en la industria eléctrica, electrónica, industria de la construcción, la fabricación de piezas para maquinarias agrícolas, la industria automovilística, la industria naval, la industria azucarera y otras.

Como es conocido, las aleaciones no ferrosas constituyen una amplia gama de materiales que se pueden clasificar ya sea por su estructura, como por su composición química. Una de la más difundida, tanto por su uso como por su factibilidad económica, lo constituyen las llamadas Cuproaleaciones, estas no son mas que, aleaciones cobre-estaño formando bronces o cobre- zin como latones y un grupo grande de aleaciones de cobre con níkel, manganeso, aluminio, plomo y otros metales; además de otros elementos que son constantes y considerados impurezas cuando no se utilizan con el fin de darles características específicas a las mismas.

Las aleaciones pueden ser simples (dos elementos) y complejas (varios elementos), además las impurezas. Las cuproaleaciones se clasifican por su composición química en bronces y latones. Existen estudios de las cuproaleaciones y su aplicación en la industria mecánica por la variante de “vertido dinámico”, los parámetros tecnológicos que se ven afectados por causa de las particularidades de nuestra industria.

La alta electro conductividad le dan a las cuproaleaciones una gran aplicación en la industria eléctrica, electrónica, sus particularidades en los pares de fricción, han provocado una tendencia mundial en la utilización de las cuproaleaciones, eso se puede observar fundamentalmente en la industria automovilística, la industria naval, de materiales de la construcción, la construcción de maquinarias agrícolas, producciones artísticas, 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 de Fundición de Hierro y Acero (EFHA), ubicada en la carretera de San Germán. Km. 3½, fundada en julio de 1980, está constituido por dos talleres fundamentales para su producción. El taller de hierro presenta un horno de cuba continuo de 700 mm de diámetro interior con una capacidad de 3 toneladas por hora. En la actualidad, la carga para la producción del hierro fundido gris presenta la siguiente composición: chatarra de hierro 20%, chatarra de acero 20% y retorno 60%. Se utilizan cajas metálicas de 630 x 500 x 250 mm y mezclas en verde. Posee un taller secundario para la elaboración y secado de los machos, estos son elaborados con mezclas de bentonita, aceite de linaza y melaza y secados en estufas a temperaturas de 200 – 250° C. Posee un sistema de moldeo mecanizado con máquinas neumáticas movidas por un compresor que impulsa de forma estable aire comprimido a 6 atmósferas. La capacidad del mencionado taller es para una producción de 3000 toneladas anual. Además un taller de producciones no ferrosas para la manufactura de artículos de aleaciones de aluminio, bronces, latones, plomo, etc. La empresa tiene talleres secundarios de plantillería para la construcción del herramental tecnológico.

El cobre y sus aleaciones se funden en hornos-llamas o de crisol utilizando crisoles de grafito o carburos de silicio, teniendo como particularidad que el cobre y los metales aleantes al reaccionar con el hidrógeno se forma metal libre más vapor de agua según las siguientes reacciones:





Lo cual trae como consecuencia que no se puedan obtener fundidos sanos de poros y sopladuras por métodos de fundición, producto que los vapores de agua quedan dentro del caldo metálico, generando poros que aumentan de la periferia al centro./7,8/

El moldeo en nuestras empresas es casi todo en verde, y es escaso el empleo de métodos avanzados de obtener el molde, además del encarecimiento de los procesos de fusión producto de la utilización de crisoles, la aparición de poros y sopladuras por la presencia de vapor de agua en el fundido, la imposibilidad de adquirir en mercados foráneos de metales vírgenes como el estaño, zinc, plomo necesarios para preparar las cuproaleaciones primarias para una correcta conducción de la colada según exigencias tecnológicas, en su lugar se aplican tecnologías alternativas utilizando chatarras de latones y bronce con un alto contenido de Zn, Pb, Sn, etc. que dificultan la producción de bronce de las marcas solicitadas por los clientes. Esto dificulta y encarece la obtención de fundidos de aleaciones de cobre con calidad por vías conocidas en el mundo pero con sus exigencias constructivas lo que hace imprescindible la aplicación de inversiones. Estas particularidades de nuestra industria ha provocado el surgimiento de un **problema científico**: La no existencia de una tecnología y procedimiento científicamente fundamentado para obtención de fundidos de cuproaleaciones libres de poros y sopladuras, inclusiones no metálicas y cavidades bajo las condiciones actuales en la industria metalúrgica cubana.

Objeto de Estudio:

Las tecnologías de fusión de las cuproaleaciones.

Campo de acción

Los métodos de vertido en las tecnologías de fusión de las cuproaleaciones.

Necesidad:

Elaborar los procedimientos que aseguren la obtención de fundidos de bronce libres de la presencia de poros, sopladuras y cavidades no metálicas por el método de “vertido dinámico” de una forma eficiente y aplicable a las condiciones actuales de la industria en Cuba.

Hipótesis:

Aplicando cargas dinámicas en una rampa vibratoria durante el vertido, se eliminan los poros y sopladuras en los artículos fundidos de bronce, de una forma sostenible, sustentable y competitiva alternativa al entorno tecnológico de fundición actual de la industria cubana.

Objetivo general del trabajo:

Demostrar que es posible, en las condiciones actuales de la industria metalúrgica cubana, la producción de fundidos de cuproaleaciones libres de inclusiones no metálicas, aplicando el método de “vertido dinámico”.

Objetivos Específicos:

1. Evaluar los procedimientos existentes para la obtención de fundidos de cuproaleaciones y su estado actual de aplicación en las industrias involucradas con el proceso en el mundo y el país.
2. Asegurar, con la implementación del método de “vertido dinámico”, la obtención de fundidos de cuproaleaciones libres de poros y sopladuras, de forma tal que presente facilidades para su adecuación a las condiciones de Cuba sobre la base de la síntesis del estudio realizado.
3. Construcción de una rampa vibratoria con la cual se pueda establecer una tecnología con basamento científico que sea capaz sustentar una relación

matemática de la frecuencia de vibración, las cargas dinámicas y el tiempo de vibración tecnológico.

4. Evacuación de los poros, sopladuras, cavidades e inclusiones no metálicas de los fundidos de aleaciones de cobre en el momento del vertido dinámico teniendo en cuenta: la altura necesaria de evacuación de los poros y sopladuras (altura del artículo), densidad del caldo metálico, peso de la pieza y el molde, etc.

Tareas a ejecutar para el cumplimiento de los objetivos.

1. Realizar una búsqueda bibliográfica.
2. Realizar un estudio estadístico del rechazo por poros, sopladuras, cavidades e inclusiones no metálicas en la Empresa de Fundición de Hierro y Acero de Holguín con el fin de determinar la factibilidad de producir artículos de cuproaleaciones por el método de “vertido dinámico”.
3. Seleccionar cuales son la frecuencia, tiempo de vibración y la temperatura de vertido necesaria tecnológicamente para la evacuación de los poros sopladuras, cavidades e inclusiones no metálicas de la pieza que son más factibles de utilizar de acuerdo a las condiciones de vertido de la empresa.
4. Seleccionar el vibrador más adecuado para lograr la evacuación de las inclusiones no metálicas de la forma tecnológica y económicamente posible más deseable.
5. Desarrollar una tecnología de evacuación de inclusiones gaseosas y no metálicas con la aplicación de vertido dinámico que permita la determinación de la frecuencia y tiempo de vibraciones tecnológicamente necesarias.

Impacto Social

El resultado de esta investigación establece un entorno tecnológico y la primera metodología con basamento científico para la obtención de fundidos de cuproaleaciones libres de poros, sopladuras, cavidades e inclusiones no metálicas por el método de vertido dinámico bajo las particularidades de la industria metalmeccánica cubana, que permitirá de forma competitiva, sostenible y sustentable la sustitución de importaciones de laminados y artículos de cuproaleaciones que oscila de € 17 000 a € 27 000 la tonelada.

Métodos de investigación:

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 determinadas, en el proceso de realización de una investigación científica.

1. 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.

2. Método de inducción-deducción: A partir del estudio de diferentes casos particulares se llega 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 aplica para la evaluación de la

relación que existe entre las diferentes magnitudes de frecuencias de vibración aplicadas y la altura de evacuación de las inclusiones gaseosas y no metálicas, determinar sus ventajas y desventajas, con el objetivo de aplicarlos en la obtención de fundidos de cuproaleaciones bajo las condiciones específicas de la industria metalúrgica cubana.

3. 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 relaciones de la frecuencia y tiempo de vibración aplicados durante el método de “vertido dinámico” y caracterizarlas, estableciendo la relación entre ellas y así definir la formulación tecnológica necesaria para la obtención de los fundidos de cuproaleaciones libres de inclusiones no metálicas.

4. 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 comportamiento dinámico de los gases, sopladuras, cavidades e inclusiones no metálicas en el momento del vertido del caldo metálico a los moldes y aplicarle la frecuencia de vibraciones tecnológicamente necesarias, permitiendo predecir si habrá problemas en la obtención de artículos de calidad desprovistos de cavidades gaseosas o no metálicas, observando si será adecuado o no.

5. Método empírico: Consulta con expertos de la UHO, así como trabajadores y la documentación tecnológica durante la visita a la empresa de Fundiciones Acero-Hierro de Holguín.

Como **novedad**, la investigación logra por primera vez en las condiciones de la industria Metal-Mecánica en Cuba, la producción de fundidos de cuproaleaciones sanas de poros y sopladuras por el método de vertido dinámico.

La investigación identifica como **aportes**:

El diseño de una rampa vibratoria, con un vibrador capaz de variar la frecuencia de vibración y la amplitud de oscilación para una mejor estructura metálica de las fundiciones a las cuales se les va a aplicar las cargas en cada caso.

Establecer una metodología de cálculo de los parámetros tecnológicos necesarios para la aplicación del método de vertido dinámico en la producción de fundidos de cuproaleaciones sanas de poros y sopladuras.

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

Introducción.

Capítulo 1. Análisis de los entornos tecnológicos para la obtención y vertido de fundidos de cuproaleaciones.

Capítulo 2. Entorno tecnológico para la producción de fundidos de cuproaleaciones por el método de vertido dinámico.

Conclusiones.

Recomendaciones.

Bibliografía.

Anexos.

CAPÍTULO I. ANÁLISIS DE LOS ENTORNOS TECNOLÓGICOS PARA LA OBTENCIÓN Y VERTIDO DE FUNDIDOS DE CUPROALEACIONES.

INTRODUCCIÓN.

El cobre, lo mismo que el oro y la plata, se encuentra en forma nativa, por lo que ya en la antigüedad el hombre, que desconocía aún la metalurgia (obtención del metal por reducción de las menas), pudo emplearlo. En aquel tiempo el hierro (meteorítico) se apreciaba más que el cobre y el oro, ya que el primero, por sus propiedades, era evidentemente más apto para la fabricación de armas que el cobre. /7,8 ,24/

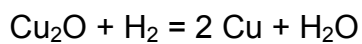
En la actualidad se obtiene el cobre por procedimientos metalúrgicos, separándolo del oxígeno y del azufre.

A pesar de que el contenido de cobre en la corteza terrestre es pequeño {0,01 %}, no es un metal disperso, sino que se concentra en los minerales de cobre, en los que su concentración es del orden del 5%.

El cobre se oxida poco al aire, por lo que recibe el nombre de metal seminoble. El cobre puro tiene una serie de propiedades técnicas valiosas. Gran plasticidad, alta conductibilidad eléctrica, y calorífica, pequeña oxidabilidad; todo esto hace que el cobre se utilice mucho en la industria mundial preferentemente en la electrotécnica como material conductor. Además, el cobre sirve de base para aleaciones tan importantes como los latones y los bronces.

1.1 Fusión del cobre y sus aleaciones: /1, 10, 12/

Durante el derretido del cobre debe conducirse la colada evitando la incorporación del hidrógeno y el oxígeno al cobre fundido. El hidrógeno se disuelve en el cobre en tanto que el oxígeno se combina formando óxido cuproso Cu_2O ; después de la colada, el cobre al enfriarse libera el hidrógeno que reacciona con el óxido cuproso generando vapor de agua que al solidificarse en la capa superficial del fundido quedan formando poros, sopladuras, cavidades e inclusiones no metálicas según la siguiente ecuación:



La literatura especializada concluye que debido a esta particularidad es imposible obtener piezas fundidas libres de poros y sopladuras. Este peligro aumenta cuando se utiliza cobre catódico, el cual debido a su proceso de obtención contiene H_2 disuelto. Para evitarlo se conduce la colada bajo una atmósfera protectora cubriendo el espejo del caldo metálico con una capa de materiales carburantes (carbón vegetal, fragmentos de grafito, etc. y aplicando en calidad de desoxidantes berilio, cuprofósforo, litio y diversos compuestos de calcio, Puede utilizarse también el aluminio que es un desoxidante muy activo. Si bien este metal forma una capa de óxido en la superficie del crisol que debe eliminarse antes de proceder al vertido a una temperatura de vertido: $1150 - 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ este intervalo se conoce como Peligroso, porque un vertido antes o después de estas temperaturas aumentan la generación de poros.

1.1.1 Bronces fosfóricos. Este tipo de aleación se le conoce como el bronce fosforoso, compuesto por estaño hasta el 30%, desoxidado, con 0,5% o más de fósforo; es muy duro y tenaz. En estado de fusión es muy fluido que durante el periodo de derretido de estas aleaciones el fósforo actúa como desoxidante y el la pieza mejora la resistencia a la corrosión al disminuir la porosidad, se utilizan en la construcción de engranajes, motores, llaves de compuertas y sobre todo en la construcción de cojinetes. Produciendo el fósforo la dureza y resistencia al desgaste que combinándose con el Sn formándose una capa protectora. En

estado de fusión es muy fluido, no reteniendo oxígeno, lo que constituye una ventaja para las piezas fundidas por no presentar gran cantidad de poros, sopladuras o burbujas. /1, 7, 8, 10, 12/

1.1.2 Bronces rojos o bronce de cañones, "Gunmetal." Las cuproaleaciones que base cobre con Sn, Pb y Zn. Siendo la mas conocida la denominada 85-5-5-5 (85 % de cobre, 5 % de Sn, Pb y Zn). Teniendo la particularidad que el plomo aumenta la maquinabilidad, el Zn actúa como elemento desoxidante. Estas aleaciones tienen una aplicación universal en la construcción de cojinetes, válvulas, accesorios para griferías, etc.

1.1.3 Los bronce al plomo. Son aleaciones de cobre y plomo (40 % como máximo de Pb.). Se utilizan sobre todo para la construcción de cojinetes debido a sus propiedades antifricción y la gran diferencia entre los puntos de fusión y peso específico de ambos constituyentes es muy difícil obtener una aleación homogénea. Entre un 30 a 35 % de Pb forma una aleación homogénea a 1080 °C. Que al descender la temperatura comienza la solidificación del cobre a una temperatura de 950 °C, se mantiene la fase líquida del plomo por lo que el enfriamiento debe ser rápido para evitar la segregación. Cuando la solidificación es lenta, el plomo se agrupa formando nódulos en la masa de la aleación con un contenido de más de 35 % de plomo sin alearse homogéneamente, presentándose en forma emulsionada de pequeñas partículas.

Por el mayor peso específico el plomo tiende a descender al fondo del crisol, por lo que es necesario agitar la aleación para que no se separen por gravedad. También un rápido enfriamiento puede conseguir una estructura fina y uniforme, pequeñas adiciones de azufre ayudan a mantener el grado de dispersión del plomo en la aleación, esto se prevé conduciendo la colada con sumo cuidado agregando el Pb ala aleación solo cuando se halla culminado el proceso de derretido y afinado del Cu. La temperatura de fusión varía según el porcentaje de plomo, entre 1000 y 1100 °C.

1.1.4 Bronces al aluminio: Son aleaciones de cobre y aluminio o de ambos metales con otros elementos. El contenido de aluminio llega hasta 10 % en las aleaciones binarias y hasta un 12 % en las complejas, un ejemplo de la composición química para fundición en arena y en coquilla lo constituye: Al – 10 %, Ni – 1 % máximo, Mn – 1 % máximo, Fe – 2,5 % máximo, Cu – el resto.

Otros bronce al aluminio pueden contener además Si, Pb y Sn, con una temperatura de vertido entre 1150 y 1250⁰C, Hasta 2 % de Al, presenta color rojo y amarillo para contenidos de aluminio superiores al 5 %, Tiene la más alta resistencia a la corrosión entre todas las aleaciones de cobre, formando una capa protectora que cubre las piezas fundidas con estos materiales.

Al fundir debe tenerse especial cuidado para evitar la formación de óxido de aluminio que formarían inclusiones en la masa de la aleación originando zonas locales de corrosión. Se trabaja con atmósfera oxidante, fundiendo bajo una atmósfera protectora carburante y evitar enfriamientos lentos sobre todo para contenidos altos de aluminio (10 % y más) ya que pueden resultar piezas quebradizas.

1.1.5 El latón. También conocido como *cuzin*, es una aleación de cobre, zinc (Zn) y, en menor proporción, otros metales. Se obtiene mediante la fusión de sus componentes en un crisol o mediante la fusión y reducción de menas sulfurosas en un horno de reverbero o de cubilote. En los latones industriales el porcentaje de Zn se mantiene siempre inferior a 50%. Su composición influye en las características mecánicas, la fusibilidad y la capacidad de conformación por fundición, forja y mecanizado. En frío, los lingotes obtenidos se deforman plásticamente produciendo láminas de diferentes espesores, varillas o se cortan en tiras susceptibles de estirarse para fabricar alambres. Su densidad depende de su composición y generalmente ronda entre 8,4 g/cm³ y 8,7 g/cm³.

Las características de los latones dependen de la proporción de elementos que intervengan en la aleación de tal forma que algunos tipos de latón son maleables

únicamente en frío, otros exclusivamente en caliente, y algunos no lo son a ninguna temperatura. Todos los tipos de esta aleación se vuelven quebradizos cuando se calientan a una temperatura próxima al punto de fusión.

El latón es más duro que el cobre, pero fácil de mecanizar, grabar y fundir, es resistente a la oxidación, a las condiciones salinas y es dúctil, por lo que puede laminarse en planchas finas. Su maleabilidad varía según la composición y la temperatura, y es distinta si se mezcla con otros metales, incluso en cantidades mínimas.

Una pequeña aportación de plomo en la composición del latón mejora la maquinabilidad porque facilita la fragmentación de las virutas en el mecanizado. El plomo también tiene un efecto lubricante por su bajo punto de fusión, lo que permite ralentizar el desgaste de la herramienta de corte.

El latón admite pocos tratamientos térmicos y únicamente se realizan recocidos de homogenización y recristalización. El latón tiene un color amarillo brillante, con gran parecido al oro y por eso se utiliza mucho en joyería conocida como bisutería, y elementos decorativos. Otras aplicaciones de los latones abarcan los campos más diversos, desde el armamento, calderería, soldadura, fabricación de alambres, tubos de condensador y terminales eléctricos. Como no es atacado por el agua salada, se usa también en las construcciones de barcos y en equipos pesqueros y marinos.

El latón no produce chispas por impacto mecánico, una propiedad atípica en las aleaciones. Esta característica convierte al latón en un material importante en la fabricación de envases para la manipulación de compuestos inflamables.

1.1.6 Cuproníquel (alpacas).

Las alpacas o platas alemanas son aleaciones de cobre, níquel (Ni) y cinc (Zn). En una proporción de 50-70% de cobre, 13-25% de níquel, y del 13-25% de zinc. Sus propiedades varían de forma continua en función de la proporción de estos elementos en su composición, pasando de un máximo de dureza a mínimos de conductividad. Estas aleaciones tienen la propiedad de rechazar los organismos marinos (*antifouling*). Si a estas aleaciones de cobre-níquel-cinc, se les añaden pequeñas cantidades de aluminio o hierro, constituyen aleaciones que se caracterizan por su resistencia a la corrosión marina, por lo que se utilizan ampliamente en la construcción naval, principalmente en los condensadores y tuberías, así como en la fabricación de monedas y de resistencias eléctricas.

Con las aleaciones de cobre-níquel-cinc se consigue una buena resistencia a la corrosión y buenas cualidades mecánicas. Por esas propiedades se utilizan principalmente para la fabricación de material de telecomunicaciones, piezas para instrumentos, artículos de grifería y accesorios de tubería de buena calidad, en la industria eléctrica, para artículos de ferretería y de ornamentación y artículos utilizados en la fabricación de construcciones metálicas, así como para diversos aparatos de las industrias químicas y alimenticia. Algunas calidades de alpaca se utilizan también para fabricar vajillas y artículos de orfebrería de mesa.

1.1.7 Cobre-cadmio (Cu-Cd): Son aleaciones de cobre con un pequeño porcentaje de cadmio y tienen con mayor resistencia que el cobre puro. Se utilizan en líneas eléctricas aéreas sometidas a fuertes solicitaciones mecánicas como catenarias y cables de contacto para tranvías.

1.1.8 Cobre-cromo (Cu-Cr) y Cobre-cromo-circonio (Cu-Cr-Zr): Tienen una alta conductividad eléctrica y térmica. Se utilizan en electrodos de soldadura por resistencia, barras de colectores, contactores de potencia, equipos siderúrgicos y resortes conductores.

1.1.9 Cobre-berilio (Cu-Be): Es una aleación constituida esencialmente por cobre. Esta aleación tiene importantes propiedades mecánicas y gran resistencia a la corrosión. Se utiliza para fabricar muelles, moldes para plásticos, electrodos para soldar por resistencia y herramientas antideflagrantes.

1.1.10 Cobre-plata (Cu-Ag) o cobre a la plata: Es una aleación débil por sus altos componentes de cobre, que se caracteriza por una alta dureza que le permite soportar temperaturas de hasta 226°C, manteniendo la conductividad eléctrica del cobre.

En las cuproaleaciones no es muy adecuada la fundición por moldeo, porque produce *galleo*. El galleo se produce cuando el oxígeno del aire es absorbido por el metal a altas temperaturas formando burbujas y, al enfriarse este, se libera el aire de las burbujas creando gran cantidad de minúsculos hoyos en la superficie de las piezas fundidas.

1.2 La conducción de la colada óptima de las cuproaleaciones. Se recomienda en hornos eléctricos, por no existir el peligro de incorporación de gases producto de la combustión (especialmente los de inducción de alta frecuencia) pero por razones económicas se usan generalmente hornos de crisol y de reverbero, siendo esencial mantener separado el metal de los gases de la combustión a fin de evitar su incorporación al metal fundido (O_2 , N_2 , H_2 , CO_2 , CO). El que ejerce una mayor acción perjudicial es el H_2 (procedente de la atmósfera, de la combustión y de cualquier elemento que posea humedad) y el producido al entrar en contacto el vapor de agua con el caldo metálico, se descompone en sus elementos constituyentes, el oxígeno forma óxido con el metal, mientras que el hidrógeno queda retenido en el metal fundido. Durante la solidificación el hidrógeno queda libre y reacciona con el óxido cuproso reduciendo dicho óxido y formando vapor de agua que origina porosidad en las piezas.

Para evitar la incorporación del hidrógeno se utiliza el método denominado oxidación – reducción (opera en atmósfera oxidante y luego antes de proceder a la colada, se efectúa una reducción de los óxidos formados, mediante un desoxidante adecuado (cuprofósforo con un contenido del 10 al 15 % de P, en una proporción del 1 % aproximadamente de la carga del crisol)). La colada se conduce hasta el derretido del baño de cobre hasta la temperatura tecnológica requerida y antes de agregar el resto de los elementos aleantes se añade el cuprofósforo el cual ejerce un papel desoxidante y aleante a la vez.

El cuprofósforo se utiliza como desgasificador añadiéndolo a la cuchara de vertido una vez luego de realizar el escoriado del espejo metálico en una proporción de un 5 % y realizando el vertido de dos a tres minutos después de desgasificado.

Durante todo el periodo de fusión sobre el espejo del metal se crea una atmósfera protectora compuesta por materiales carburantes con el objetivo de que al O_2 reaccionar con los componentes de la capa se evacue hacia la atmósfera formando CO y CO_2 .

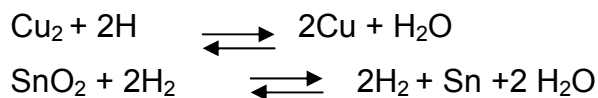
Es conveniente efectuar el vertido a la menor temperatura posible, que sea compatible con el buen resultado de la misma y verter enseguida que el metal ha adquirido dicha temperatura para evitar recalentamiento y reducir la posibilidad de absorción de gases.

Si se controla bien la temperatura de vertido el metal al entrar en contacto con el molde, como en cualquier otra aleación, reacciona con él, el O_2 forma una capa de óxidos resistentes e impermeables que puede actuar muchas veces como una capa protectora contra una oxidación más profunda y al mismo tiempo impide la disolución del hidrógeno en la masa de metal fundida. (La cual aumenta con la temperatura) por lo que es obvio indicar gran interés al control de dicha temperatura.

La colada se conduce añadiendo primero el cobre y después el resto de los elementos aleantes teniendo en cuenta su temperatura de fusión y se agita enérgicamente el baño metálico logrando homogenización, cuanto menos tiempo permanezca el resto de los elementos fundidos, menores serán las pérdidas por

oxidación y volatilización de este metal. A fin de evitar esto se utilizan flujos de cobertura que aíslan la superficie del metal fundido de la atmósfera, y en muchos casos se recubre el baño con una capa de material carburante, vidrio o arena silícea que además de actuar como flujo de cobertura sirven también para escorificar las impurezas, procurándose evitar sobrecalentamientos mediante un exacto y continuo control de la temperatura y vertiendo inmediatamente que el metal esté fundido.

Con una conducción óptima de la colada logramos disminuir o evitar las inclusiones gaseosas y no metálicas que se generan durante el derretido al reaccionar los elementos componentes de las cuproaleaciones con los elementos que componen la atmósfera, pero no ha sido posible controlar la particularidad que tienen el cobre y los metales aleantes al reaccionar con el hidrógeno de formar metal libre más vapor de agua según las siguientes reacciones:



Lo cual trae como consecuencia que la literatura especializada concluya que no se puedan obtener fundidos sanos de poros y sopladuras por métodos de fundición, producto que los vapores de agua quedan dentro del caldo metálico, generando poros que aumentan de la periferia al centro. /1, 3, 4, 7,8, 11,12, 14, 22, 28 ,35/

1.3 Métodos de vertido en la obtención de fundidos de cuproaleaciones.

El proceso de vertido de las cuproaleaciones por lo general se realizaba en moldes en verde, método que prevalece y es predominante en la actualidad donde se han desarrollado procedimientos tecnológicos que han logrado disminuir las fuentes de generación de gases durante el vertido, por eso buscando la calidad de los fundidos se han desarrollado otros métodos como lo son: vertido en coquillas, vertido centrifugo, vertido en cáscaras, vertido en moldes volátiles, Vertido a presión, etc. que han logrado disminuir la presencia de poros y sopladuras en los fundidos de cuproaleaciones .

Aunque la literatura especializada agrupa los tipos de fundición en dos grupos: Fundición en moldes de arenas y Métodos Especiales de Fundición o métodos exactos de fundición, en lo adelante para una mejor organización, aplicación y comprensión de esta investigación utilizaremos los términos de “**Vertido Estático**” y “**Vertido Dinámico**” para clasificar los diferentes tipos y métodos de fundición y vertido considerando:

1.3.1 Vertido Estático: A aquellos que se realizan sobre la zona de vertido de los talleres (pisos, transportadores, rampas, etc. que se encuentran estáticos en el momento del vertido.)

1.3.2 Vertido Dinámico: A aquellos que se realizan en equipos, máquinas, mesas vibratorias a los cuales se les aplican cargas dinámicas en el momento del vertido. En nuestro país en lo fundamental para la obtención de piezas de cuproaleaciones se utiliza el método de vertido estático en moldes de arena (vertido en verde) en los talleres de fundición del Combinado Mecánico del Níquel “ Gustavo Machin Hoed de Bech”, Fundición Acero-Hierro de Holguín, Complejo Militar Industrial “Ignacio Agramante” de Camagüey, Planta Mecánica de Santa Clara “ Fabric Aguiar Noriega”, Cubana de Bronce en Ciudad Habana y se han realizado inversiones en la Planta de Herrajes y Empresa ELEKA también en ciudad de la Habana , que han permitido al País la aplicación del vertido estático moldes metálicos, y vertido dinámico centrífugo, a presión para la producción de herrajes y continuo para la producción de cables eléctricos

1.3.3 Métodos de vertido estático: /11, 12, 24, 28/

Vertido en moldes de arena. Es el proceso de producción de piezas fundidas que más se aplica a nivel mundial es el moldeo de arena. En Cuba más del 90 % de la producción por fundición se realiza en moldes de arena, y se basan en la utilización de las mezclas de moldeo y para machos.

Tipos de moldeo.

El moldeo se puede realizar tanto de forma manual como mecanizada.

Los métodos de moldeo manual más utilizados en la práctica son: moldeo en dos cajas, moldeo en varias cajas, moldeo en el piso, moldeo en cajas desarmables, moldeo con terrajas, moldeo con modelos de esqueletos, moldeo con machos, etc.

Los moldes pueden ser de diferentes tipos: permanentes, semipermanentes y moldes Perdidos. Los moldes perdidos son los que más se usan en la industria de fundición y deben su hecho a que pueden y son utilizados una sola vez, pues se destruyen después de cada colada.

Sus ventajas son: facilidad en su construcción, buenas propiedades tecnológicas, pueden elaborarse piezas de grandes dimensiones.

En el ciclo productivo de una pieza fundida antes de la elaboración del moldeo se debe preparar la mezcla de moldeo (arena refractaria, la cual se mezcla con una sustancia aglutinante), primeramente los materiales de moldeo se limpian eliminándole las impurezas, se busca la granulometría necesaria para la arena y se secan luego se transportan al área de mezclado donde se mezclan previamente hasta lograr una composición homogénea. Esta mezcla una vez preparada se transporta hacia el área de moldeo donde se realiza la elaboración del molde.

Paralelamente al moldeo se realiza la fusión del metal en las diferentes instalaciones (hornos) luego con la ayuda de cucharas de vertido el metal es conducido a la zona donde se encuentran los moldes listos para el vertido una vez realizado el vertido y después de solidificada y enfriada la pieza se procede al desmolde y limpieza de las piezas.

Una fuente de poros y sopladuras lo constituye la reacción de los materiales de la mezcla de moldeo y el caldo metálico, además de los generados por el vapor de agua y se ha demostrado que es imposible obtener fundidos de cuproaleaciones libres de poros y sopladuras por este método.

Vertido en moldes metálicos. (Coquilla). Consiste en el llenado de un molde metálico con metal líquido, bajo la acción de su propio peso. El molde metálico se conoce con el nombre de coquilla, las mismas se fabrican generalmente de fundición gris perlítica, de elevada resistencia a la fricción y de acero. En las coquillas se fabrican piezas de aleaciones ferrosas y no ferrosas, incluyendo al acero. La cavidad de la coquilla se forma mediante dos o más partes que conforman el exterior de la pieza y también los machos, los cuales forman la superficie interior.

En comparación con la fundición en moldes de arena, la fundición en coquilla brinda las ventajas siguientes:

- * Mayor exactitud dimensional.
- * Requiere menor excesos para el máquinado.
- * Mejores propiedades mecánicas debido a la estructura de grano fino.
- * Mejores condiciones de higiene, pues no se requiere arena o moldeo.

Aunque con este método se obtiene una buena calidad superficial no es capaz de eliminar las inclusiones gaseosas producidas por el vapor de agua generado durante la reacción de los óxidos metálicos y el hidrogeno.

Vertido en cáscara. El molde de cáscara tiene un espesor de 4 a 10 mm elaborado con una mezcla especial. El proceso de fabricación del molde (cáscara) se basa en las operaciones siguientes:

- Calentamiento de una placa modelo metálica hasta 220 a 280 °C.
- Deposición sobre la placa calentada de una mezcla de arena sílice y resina sintética
- Formación de la cáscara de espesor variable en función del tiempo (4-10mm).
- La otra mitad se elabora por un procedimiento similar después de lo cual ambas se unen formando el molde.

Se aplica a las aleaciones comerciales conocidas. La gran ventaja de este método es el notable acabado superficial. Tanto los molde como los machos

pueden fabricarse por el mismo proceso. Es un método que generalmente está automatizado.

Ventajas.

1. Facilidad para obtener piezas de paredes muy delgadas. (cilindros nervados de las motocicletas)
2. Mejora el acabado superficial.
3. Mejora en la exactitud dimensional.
4. Disminución de exceso para el máquinado.

Aunque con este método no es capaz de eliminar las inclusiones gaseosas producidas por el vapor de agua generado durante la reacción de los óxidos metálicos y el hidrogeno.

Vertido en molde de cera perdida. Este proceso se basa en la fabricación de un molde a partir de un modelo consumible (de cera) y empleando materiales de moldeo especiales. Debido a la elevada exactitud dimensional de las piezas obtenidas por este método, así como por el buen acabado superficial, el proceso se conoce con el nombre de fundición de precisión.

Los modelos fabricados con materiales fácilmente fusibles como la cera, después del moldeo son eliminados del interior del molde por aplicación de calor.

Por este método se pueden obtener piezas muy complejas La exactitud dimensional de una pieza fundida obtenida por cera perdida es superior a la que se obtiene por cualquiera de los métodos de fundición estudiados. No obstante, no es comparable con las que se obtienen con operaciones de máquinado, además existe la presencia de inclusiones gaseosas producidas por el vapor de agua generado durante la reacción de los óxidos metálicos y el hidrogeno.

1.3.4 Métodos de vertidos dinámicos. / 35, 36, 39, 40/

Vertido a presión. Se basa en la introducción del metal líquido en un molde metálico, a una presión de $200-1000MPa$. Se aplica en la fabricación en masa de

piezas pequeñas y paredes delgadas, de aleaciones de metales no ferrosos como aluminio, bronce, zinc, etc. La característica principal de las piezas obtenidas por esta tecnología es su exactitud dimensional, y su limpieza, lo que condiciona que dichas piezas no requieran de ningún proceso posterior de elaboración mecánica; además de su alto grado automatización.

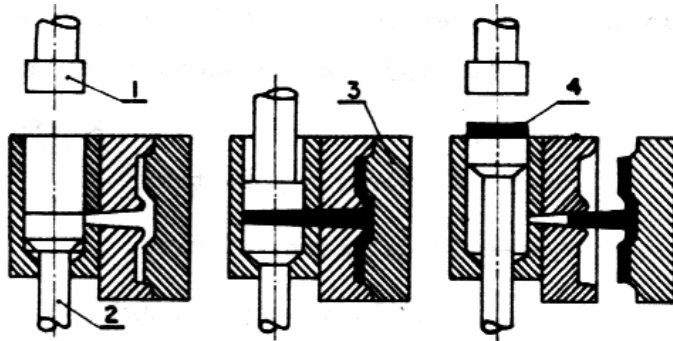


Fig. 1 Molde de vertido a presión.

Las máquinas para la fundición a presión pueden ser de dos tipos:

- Con cámara fría (esquema mostrado)
- Con cámara caliente

Ventajas del proceso.

1. Elevada productividad (hasta 600 piezas por hora) en piezas no grandes.
2. Eliminación casi total del tratamiento de elaboración mecánica posterior.
3. Disminución del peso de la pieza del 20-40 % en comparación con la fundición de coquilla.
4. Aumento del rendimiento del metal.

Desventajas

1. Necesidad de emplear máquinas costosas.

2. Elevado costo de fabricación del molde.
3. Peso y dimensiones limitadas de las piezas.

Este método no es capaz de eliminar la aparición frecuente de porosidad central en la pieza generada por las inclusiones gaseosas.

Vertido en máquinas centrifugas. El proceso de fundición centrifugada consiste en depositar una capa de metal fundido en un molde de revolución girando a gran velocidad producida por la acción de una fuerza centrífuga, la cual esta destinada para solidificar rápidamente el metal mediante un enfriamiento continuo del molde o coquilla.

El eje de rotación puede ser horizontal, vertical o inclinado.

La mayor eficiencia de este método se obtiene en piezas que tienen forma de cuerpos de revolución. (Tubos de acueductos, bujes, anillos, cilindros, ruedas dentadas, etc.)

Ventajas.

1. Permite fundir tubos de gran longitud
2. Aumenta la resistencia y la plasticidad entre 20 a 60 %.
3. Eliminación de la porosidad.
4. Posibilidad de obtener piezas sanas de aleaciones de poca fluidez y elevada contracción.
5. Aumento del rendimiento del metal pues no se requiere del sistema de alimentación.
6. Disminución del exceso para el maquinado entre un 5 a 20 %.

Realizando una conducción optima de todo el proceso tecnológico derretido, afino, vertido y centrifugación se logran índices de Descartes de 5%.

1.4 Vibraciones mecánicas. /27, 42/

1.4.1 Definición de vibraciones o movimiento vibratorio. Movimiento vibratorio, o vibración, es la variación de la configuración de un sistema con respecto al tiempo, alrededor de una posición de equilibrio estable. Generalmente supone variaciones relativamente pequeñas de la configuración, porque fuera de ellas dejan de tener validez la mayoría de las hipótesis que se establecen para su estudio; pero esto no implica una restricción importante en su concepto.

A veces se emplea la palabra *oscilación* como sinónimo de vibración, aunque la frecuencia de su uso es menor cuando se trata de las vibraciones mecánicas, en comparación con el estudio de las de otra naturaleza, como, por ejemplo, las eléctricas, electromagnéticas, acústicas, térmicas, etc. No hay definiciones precisas, y los autores no han llegado a un completo acuerdo sobre qué se debe entender por vibración y qué por oscilación.

Parece que oscilación deba tener el sentido más amplio de variación de una magnitud, que adquiere alternativamente valores mayores y menores que un determinado valor de referencia.

Este curso se limita al estudio de las vibraciones mecánicas que se presentan en los sistemas másicos, es decir, en los sistemas que son objeto de estudio de la mecánica y, más concretamente, a sistemas ideales de un número finito de puntos-masa, o bien a sistemas mas reales de un número infinito, pero dentro de la consideración de sólido elástico, y prescindiendo, por tanto, de vibraciones en medios fluidos.

1.4.2. Aplicación industrial de las vibraciones (vibro máquinas).

La Industria automatizada moderna requiere, en innumerables lugares y procesos, una corriente controlada de los materiales a granel que cabalmente controlen el flujo desde el almacenaje o controlen flujo a o desde procesos.

Los alimentadores vibratorios VIBROMAQ son una herramienta “natural” para cualquier industria - cualquier material, desde polvos finos a piedras enormes pueden alimentarse y manejarse.

El principio probado de vibración sub-sonoro de los alimentadores vibratorios electro-magnéticos VIBROMAQ son diseñados y construidos para tener una frecuencia natural capaz de operar bajo cualquier condición - en alta velocidad y en el movimiento de grandes volúmenes.

Los Alimentadores Vibratorios (VIBROMAQ) toleran grandes volúmenes en las peores condiciones. La vibración sub-sonora de un Alimentador Vibratorio (VIBROMAQ) denota que la frecuencia natural de los alimentadores es mayor que la frecuencia de línea o frecuencia de operación. Para cualquier condición de carga tendremos un canal adecuado y una unidad vibratoria. Los mismos dan una respuesta para una multiplicidad de aplicaciones gracias a su versatilidad y robustez en la construcción libre de averías y excelentes rendimientos. Desde los modelos livianos hasta los modelos extra-pesados son aplicables en zarandas y separadores de gran caudal. Siendo de uso frecuente en los rubros alimenticios, químicos, mineros, etc. Todos nuestros modelos son energizados por unidades vibratorias electromagnéticas. De esta forma evitamos el mantenimiento de la unidad motriz debido a no tener piezas mecánicas móviles tales como motores eléctricos, excéntricos, leva, engranajes, correas y carecen totalmente de lubricación.

Gracias a la Vibración lograda por VIBROMAQ y la posibilidad de controlarla en toda su gama y tener la posibilidad de cortar y arrancar cuantas veces sea necesario, sin tener la necesidad de modificar parámetros mecánicos.

Este probado principio de afinar un Alimentador VIBROMAQ para encontrar las condiciones exactas de trabajo de cualquier industria es la premisa con la cual VIBROMAQ está comprometido. Ellos pueden proveerse en un número de modelos con unidad electromagnética única los cuáles ofrecen una amplia gama de capacidades, desde unos cientos de kilos a 2000 toneladas por hora.

Estas unidades vibratoras electromagnéticas son de muy bajo consumo y muy fáciles de controlar gracias a su control de vibración independiente y controlable a distancia, el cuál también se lo puede instalar como salida controlable de un PLC para aplicaciones de pesaje y dosificación. La selección de cada alimentador apropiado para su aplicación específica depende de las características del material, el tonelaje y volumen, y la especialidad y/o aplicación para cada proceso.

Se utilizan para la construcción de mesas vibratorias para el estudio de movimientos sísmicos. Debido a la gran incertidumbre que existe con respecto al comportamiento sismológico del planeta, se han diseñado a través de los años modelos que permiten hacer una aproximación cada vez más real de la acción que estas fuerzas producen sobre las estructuras, respaldados éstos tanto por desarrollos teóricos, como por ensayos de laboratorio que permiten comprobar y soportar los primeros. Esto es, simulando un movimiento en la base del sistema en estudio, el cual permite analizar, si no de manera exacta, por lo menos más acertadamente el comportamiento que seguiría el sistema en caso de una sollicitación sísmica.

Uno de los puntos de vista que se debe analizar con importancia es el hecho de que, al generar un movimiento como estos, las cargas transmitidas al suelo son de forma dinámica y deben ser disipadas por este, sin generar consecuencias negativas sobre estructuras vecinas, ya que este movimiento podría producir daños sobre éstas.

Otra aplicación de las vibraciones es que se pueden detectar anomalías y averías como puede ser defectos en rodamientos, desalineamientos de ejes, etc. para ser corregidas antes de que se produzca un fallo. Para ello se seleccionarán los puntos y las direcciones de medida en estos equipos, de forma que se obtengan medidas que aporten la mejor información posible para la detección de las anomalías. También será necesario la selección del tipo de transductor para la

medida de la vibración, así como la selección de otros tipos de aparatos de medida, como puede ser la velocidad de régimen de trabajo, etc., para contemplar parámetros que aporte también información necesaria para la detección de anomalías. Logrando así un mejor mantenimiento de los equipos de trabajo en talleres, fabricas etc.

1.5 Resortes helicoidales (muelles). /7, 8, 24/

Los resortes helicoidales (muelles) son elementos que suelen emplearse para el aislamiento de las vibraciones. Estos muelles pueden ser cargados a tracción, pero es más conveniente cargarlos a compresión. La máquina se coloca encima de los soportes por medio de tornillos, que a la vez sirven de guías, logrando así la alineación del equipo. Cada soporte puede estar compuesto por un resorte, o por varios resortes en paralelo, pero la cantidad de resortes puede ser mayor según la necesidad que se tenga para la aplicación deseada.

Las ventajas de los resortes consisten, principalmente, en su capacidad de sufrir grandes deformaciones, conservando constante su coeficiente de rigidez, es decir, que se comportan linealmente dentro de amplios rangos de deformaciones.

Los soportes de muelles son usados para el aislamiento de las vibraciones, principalmente, cuando estas son de baja frecuencia, por consiguiente, la deflexión estática de los muelles debe ser relativamente mayor, en comparación con las sufridas por los aisladores de goma. Esto conlleva el peligro de la inestabilidad, con la posibilidad de que el equipo montado sobre los resortes pueda irse hacia los lados, si no se toman las medidas necesarias para evitar este fenómeno. La inestabilidad se debe, frecuentemente, a que la rigidez lateral del resorte es pequeña, o que la deflexión es muy grande.

Dependiendo del tipo de fijación de los extremos del resorte, que puede permitir la rotación o traslación lateral de dichos extremos, la experiencia ha establecido determinados valores límites de la relación (H_0/D) entre la longitud libre del resorte, y el diámetro medio de este, a partir de los cuales se hace necesario

controlar la estabilidad lateral. Cuando los extremos se fijan por medio de articulaciones, que permiten su rotación, el valor límite de la relación entre la longitud libre del resorte y el diámetro medio de este es de tres.

Cuando los extremos se fijan rígidamente a superficies paralelas, que no permiten su rotación, el valor límite de la relación entre la longitud libre del resorte y el diámetro medio de este se puede elevar hasta cinco. En la literatura especializada se observan marcadas diferencias entre los valores límites recomendados, para dicha relación, por diferentes autores. También se debe destacar, que en el montaje de un resorte dado, se pueden combinar dos tipos de fijación de sus extremos, según sea necesario y posible. Estos resortes son de cuerpo cilíndrico helicoidal abierto, y por lo general enrollado con diámetro constante. Otras formas incluyen el reloj de arena, cono y barril. El alambre redondo es el material más comúnmente usado para la fabricación de los resortes de compresión, ya que es el más adaptable al herramental de enrollado estándar. No obstante, también puede usarse alambre cuadrado, rectangular o de sección especial cuando así exige el diseño.

A menudo se esmerilan los extremos de los resortes de compresión para aumentar su vida de servicio y permitir que el resorte se asiente plenamente sobre la superficie de carga. El esmerilado también aumenta el número de espiras activas y el diámetro de alambre disponible en un volumen de espacio específico. Esto puede conducir a cargas más altas o tensiones más bajas. Las instalaciones de esmerilado de Newcomb fluctúan desde equipos manuales hasta esmeriladores de disco automáticos grandes de eje vertical de alta velocidad.

Para el modo de empleo de la rampa se necesitan resortes helicoidales (muelles) que trabajen a compresión con una amplitud de oscilación entre 2 y 5 milímetros que trabajen con una frecuencia propia menor de 5Hz y una frecuencia del vibrador en un rango (entre 50 y 80Hz) y en un rango de 3000 mil vibraciones por

minuto. Los resortes de compresión están diseñados para crear resistencia a una fuerza compresiva.

1.5.1 Tratamiento térmico de los aceros para muelles. /7, 8, 24/

RECOSIDO.

El recocido de los aceros para muelles exige ciertas precauciones especiales, que a veces puede inutilizar el material por efectuarse mal esta operación. El recocido tiene por objeto ablandar el acero, quitarles tensiones que se han originado en la laminación y trefilado y hacer posible el enrollado. En este proceso debe evitarse que el material se descarbure, pues luego en las zonas descarburadas se inician fácilmente grietas de fatiga durante el trabajo del muelle y además, con la descarburación, se disminuye la sección transversal útil de muelle, ya que el comportamiento elástico de la zona descarburada es muy bajo. Sobre todo ha que tener especial precaución con los aceros mangano-siliciosos, que se descarburan con mucha mayor facilidad que los demás. Para evitar este contratiempo, se pueden hacer los recocidos en cajas cerradas con bastante cantidad de viruta de fundición exenta de humedad o en hornos de atmósfera controlada, procurando no elevar demasiado la temperatura, siendo preferible, a veces, obtener durezas no muy bajas y tener seguridad de que no hay descarburaciones.

El recocido se suele efectuar a temperaturas comprendidas entre 750° y 800° y luego se enfría lentamente en el horno a los 600°. De esa forma quedan los aceros con durezas comprendidas entre 170° y 220° unidades Brinell.

TEMPLE.

Se realiza a temperaturas variables de 800° a 900° y no exige precauciones muy especiales. Se obtienen muy buenos trabajos realizando el calentamiento en hornos de sales, ya que de esa forma empleando sales de cianuro ligeramente carburantes no solo se evita la descarburación, sino se consigue una ligera carburación superficial que es muy beneficiosa. Además se evita la oxidación

superficial y la presentación es muy buena. El enfriamiento se hará rápidamente en agua o aceite, según el tipo de acero. Los aceros al carbono y de baja aleación se templean en agua y los aceros cromo-vanadio y algunos otros aleados, en aceite. El temple en aceite tiene la ventaja de que produce menos deformaciones que el temple en agua, pero solo se puede emplear para los aceros aleados o perfiles delgados de aceros de baja aleación.

La mejor forma de conocer si los aceros para muelles deben ser templados en agua o aceite, es el estudio de las curvas de Jominy. En ellas se ven diferencias importantes a pesar de ser el contenido en carbono de todos estos aceros casi el mismo.

REVENIDO.

Se suele efectuar a temperaturas variables desde 200° a 500°, según el proceso de fabricación, y luego se enfrían al aire. En algunos talleres que no tienen buenos aparatos para la medida de la temperatura, al revenir los muelles gruesos y ballestas, para comprobar si el acero tiene la temperatura conveniente, suele utilizar como pirómetro un trozo de madera. Es un procedimiento muy clásico, poniendo una madera en contacto con el acero a 400° aproximadamente, desliza suavemente, a 450° la madera comienza a mera y a 500° se quema y aparecen pequeñas llamas.

1.5.2 Principales parámetros característicos para el diseño de resortes.

El éxito de la construcción de muelles se basa en hacer trabajar siempre el acero por debajo del límite elástico, pues así es seguro que los muelles después de su funcionamiento recobrarán su forma primitiva.

Por eso, se pueden construir muelles que trabajan perfectamente, con hierro o con cualquier acero, siempre que, como hemos dicho, trabajen por debajo del límite elástico. En la práctica, sin embargo, hay que elegir aceros especiales para muelles, pues con ellos se pueden fabricar muelles de menos peso, de menor volumen y más baratos que con los demás aceros al poder hacer trabajar al acero con coeficientes de trabajo muy elevados.

Para calcular un muelle hay que fijar de antemano la fatiga a que se quiere que esté sometido el material durante el trabajo normal, y luego elegir el acero que cumpla las características que se han señalado. Para ello, es indispensable conocer, en cada caso, las características de los diferentes aceros y ver, además, si cumplen lo que se ha señalado. En general, los fabricantes de acero suelen dar para cada acero la resistencia a la tracción, límite de elasticidad y alargamiento; algunas veces dan también la resiliencia. Además de esas características hay que tener en cuenta la templabilidad, que nos indica si se alcanza las características citadas anteriormente en perfiles de cierto espesor y tener en cuenta el medio de enfriamiento que en cada caso hay que emplear.

Cuando los muelles trabajan a tracción, para calcularlos basta sustituir en las fórmulas normales de cálculo que corresponden a cada caso particular, el valor de la fatiga admisible a tracción y el módulo de elasticidad, que ya hemos dicho que suelen venir en todos los catálogos; pero cuando los resortes trabajan a torsión, el problema es algo más complejo, pues aparecen otras características, como la fatiga por torsión y el módulo de desgarramiento a la torsión, que son factores menos conocidos.

Hay pocas informaciones sobre el valor de estos últimos factores y por eso surgen dudas que intentaremos aclarar para calcular los muelles que trabajan a torsión. En los formularios que suelen dar algunos coeficientes que relacionan las resistencias a tracción con la torsión y esfuerzo cortante; pero hay bastante

diferencia entre los valores que se dan. Una de las más modernas teorías de resistencia de los materiales, la de rotura por el desgarramiento máximo, establece que la resistencia máxima a la torsión es igual a la del esfuerzo cortante, y ambas, a la mitad de la resistencia máxima a la tracción.

1.6 Breve referencia acerca de los programas usados para el diseño en computadoras de la presente rampa vibratoria. /37, 38/

1.6.1 SolidWorks.

La globalización y los vertiginosos movimientos del mercado han incrementado la presión para desarrollar mejores productos en menos tiempo, aumentando la necesidad de los fabricantes de automatizar sus procesos para poder competir. Cada vez más diseñadores e ingenieros de producto en todo el mundo dependen de SolidWorks, como su solución de CAD en 3D para mejorar la calidad de sus productos y acortar el proceso de desarrollo y diseño de éstos.

SolidWorks es un programa de diseño asistido por computador para modelado mecánico que corre bajo el sistema operativo Microsoft Windows y es desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una subsidiaria de Dassault Systèmes (Suresnes, Francia). Es un modelador de sólidos paramétrico, que usa el kernel de modelado geométrico Parasolid. Fue introducido en el mercado en 1995 para competir con otros programas CAD como Pro/ENGINEER, I-DEAS, Unigraphics, CATIA, y Autodesk Mechanical Desktop y es actualmente el líder del mercado del modelado mecánico en CAD.

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en trasvasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las

extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

La empresa SolidWorks Corp. fue fundada en 1993 por Jon Hirschtick con su sede en Concord, Massachusetts y lanzó su primer producto, SolidWorks 95, en 1995. En 1997 Dassault Systèmes, mejor conocida por su software CAD CATIA, adquirió la compañía. Actualmente posee el 100% de sus acciones y es liderada por Jeff Ray.

SolidWorks ha entrado con fuerza al mercado latinoamericano, especialmente en América del Sur. Algunos de sus distribuidores autorizados latinos se encuentran ubicados en México, República Dominicana, Colombia, Venezuela, Perú, Chile, Honduras y Argentina.

1.6.2 COSMOSWorks

COSMOSWorks es una aplicación de automatización y diseño de análisis totalmente integrado con SolidWorks. Este software usa el Método del Elemento Finito (FEM) para simular las condiciones de trabajo de los diseños y predecir su comportamiento.

FEM requiere la resolución de grandes sistemas de ecuaciones. COSMOSWorks hace posible para diseñadores verificar rápidamente la integridad de sus diseños y busca la solución óptima. COSMOSWorks viene en varios paquetes para satisfacer todas las necesidades de análisis. Acorta el tiempo de comercialización probando los diseños en la computadora en lugar de caras y engorrosas pruebas de campo.

COSMOSMotion permite asegurar que los mecanismos del ensamblaje trabajen antes de que sean construidos. Totalmente empotrado dentro de SolidWorks, COSMOSMotion permite a los ingenieros dimensionar motores, determinar el consumo de energía, etc.

COSMOSFloWorks combina un nivel alto de funcionalidad y exactitud con facilidad de uso. Totalmente insertado dentro de SolidWorks, COSMOSFloWorks es perfecto para el ingeniero que necesita el análisis de flujo, pero no necesariamente es un experto en el campo de la simulación de fluidos. Ya sea desarrollando un automóvil, el ala de un avión, o una válvula de descarga, usando COSMOSFloWorks en el ciclo de desarrollo del producto puede ayudarle a construir un mejor producto en menos tiempo.

La compañía Structural Research and Analysis Corp. (SRAC), a Dassault Systemes S.A. (NASDAQ: DASTY), desarrolla el software de análisis conocido como el COSMOS desde su principio en 1982, SRAC ha creado innovaciones que Han tenido un impacto significativo en la evolución de Análisis del Elemento Finito (FEA). SRAC tiene como misión proporcionar a todos los ingenieros involucrados en diseño, prueba y fabricación de productos mecánicos con análisis de diseños económicos y de alta calidad. Más de 14 000 compañías por el mundo usan el software del COSMOS para probar los diseños a lo largo del desarrollo del producto, previniendo costosos errores, mejorando el tiempo de salida al mercado, y ahorrando en materiales y recursos humanos.

1.7 Conclusiones del capítulo.

A modo de conclusiones de este capítulo tenemos que la situación actual de las producciones de las aleaciones del cobre no poseen de la calidad requerida en las mismas, durante los procesos actuales y tradicionales de fundición en la industria metalmeccánica cubana. Además de una breve referencia de la aplicación de las vibraciones mecánicas y de los programas utilizados para el diseño de la rampa con la cual se le dará solución en el próximo capítulo al problema antes mencionado en la metodología de la investigación. El cual se basa en la obtención de cuproaleaciones libres de poros y sopladuras por el método de vertido dinámico, que no ha sido utilizado con anterioridad con el objetivo de eliminar los poros y sopladuras en los fundidos de bronce.

CAPITULO II. ENTORNO TECNOLÓGICO PARA LA PRODUCCIÓN DE FUNDIDOS DE CUPROALEACIONES POR EL MÉTODO DE VERTIDO DINÁMICO.

INTRODUCCIÓN.

En el presente capítulo se expone los aspectos fundamentales en la construcción de la rampa vibratoria y el cálculo de algunos de sus componentes. Además el diseño asistido por computadoras el solidWorks, para la obtención de los broncees libres de poros y sopladuras por el método “de vertido dinámico” para la empresa de fundiciones de la provincia de Holguín.

Cumpliendo con el objetivo de esta investigación que es el establecimiento de una metodología de obtención de fundidos de poros y sopladuras por el método “de vertido dinámico” y los resultados económicos esperados para la generalización de dicho proyecto lo antes posible debido a que es muy factible para la economía de nuestro país y el mejoramiento de las condiciones de dicha empresa.

2.1 Construcción de la rampa vibratoria. /8, 27, 37, 38, 42/

Para la obtención de fundidos de cuproaleaciones libres de poros y sopladuras aplicando cargas dinámicas, realizamos el diseño de una rampa vibratoria, para lo que se utilizan los programas de modelado mecánico asistido por computador que corren bajo el sistema operativo Microsoft Windows como el SolidWorks y el COSMOSWorks los cuales han aumentado la capacidad para desarrollar mejores productos en menos tiempo, según la necesidad de automatizar sus procesos para que este se produzca con la mayor calidad en el menor tiempo posible ya los mismos realizan cálculos, gráficos y formatos tan o mas exactos que los que realiza el hombre por los cálculos manuales convencionales.

2.1.1 Cálculo de los resortes helicoidales de Acero-65 al manganeso para la rampa. /24/

Para el modo de empleo de la rampa se necesitan resortes helicoidales (muelles) de compresión con una amplitud de oscilación entre 2 y 5 milímetros que trabajen con una frecuencia propia menor de 5Hz y una frecuencia del vibrador en un rango (entre 50 y 80Hz) y en un rango de 3000 mil vibraciones por minuto. Los resortes de compresión están diseñados para crear resistencia a una fuerza compresiva.

Teniendo en cuenta todo lo antes expuesto para que no ocurra ningún problema durante el diseño y el trabajo de los resortes en la rampa se procede a realizar el cálculo de los resortes para que cumplan todos los parámetros necesarios.

Datos

Para fijar la carga máxima y la mínima, que actuarán sobre cada resorte, se considera que la carga estática (P), aumenta o disminuye en alguna proporción durante el trabajo, debido a las fuerzas que provocan las vibraciones, durante el paso por la zona de resonancia. Esta variación se determina por (SP). La cual se fija un valor según la elasticidad deseada para el resorte a diseñar.

$$SP = 0.20$$

$$P_{est} = 250\text{kgf}$$

$$T_{ao} = 50\text{kgf} / \text{mm}^2$$

$$\Delta X = 5\text{mm}$$

Para diseñar el resorte, se debe fijar el índice del resorte, que se puede escoger en el rango siguiente (4 ÷ 12) o por la fórmula:

$$i = \frac{Dm}{da} = 4 \div 12$$

Se escoge un índice de resorte: $i = 6$

1-Cálculo de la fuerza máxima a que será sometido el resorte.

$$P_{\max} = (1 + SP) * P_{est}$$

$$P_{\max} = (1 + 0.20) * 250\text{kgf}$$

$$P_{\max} = (1.20) * 250\text{kgf}$$

$$P_{\max} = 300\text{kgf}$$

2-Cálculo de la fuerza mínima a que será sometido el resorte.

$$P_{\min} = (1 - SP) * P_{est}$$

$$P_{\min} = (1 - 0.20) * 250\text{kgf}$$

$$P_{\min} = (0.80) * 250\text{kgf}$$

$$P_{\min} = 200\text{kgf}$$

3-Coeficiente de corrección que se tiene en cuenta para la curvatura del alambre, la inclinación de las espiras y el efecto de la fuerza cortante se obtienen de la fórmula empírica.

$$\mu = \frac{4 * i + 2}{4 * i - 3}$$

$$\mu = \frac{4 * 6 + 2}{4 * 6 - 3}$$

$$\mu = \frac{26}{21}$$

$$\mu = 1.238$$

4- Cálculo del diámetro del alambre a utilizar para el proyecto de diseño de resorte.

$$da = 1.6 \sqrt{\frac{\mu * P_{\max} * i}{\tau_{ao}}}$$

$$da = 1.6 \sqrt{\frac{1.238 * 300 \text{kgf} * 6}{50 \text{kgf} / \text{mm}^2}}$$

$$da = 1.6 \sqrt{44.6 \text{mm}^2}$$

$$da = 1.6 * 6.7 \text{mm}$$

$$da = 10.7 \text{mm}$$

$$da = 11 \text{mm}$$

5- Cálculo del diámetro medio del resorte.

$$D_m = i * da$$

$$D_m = 6 * 11 \text{mm}$$

$$D_m = 66 \text{mm}$$

6- Cálculo del diámetro exterior del resorte.

$$D_{ext} = D_m + da$$

$$D_{ext} = 66 \text{mm} + 11 \text{mm}$$

$$D_{ext} = 77 \text{mm}$$

7- Cálculo del diámetro interno del resorte.

$$D_{int} = D_m - da$$

$$D_{int} = 66 \text{mm} - 11 \text{mm}$$

$$D_{int} = 55 \text{mm}$$

8- Cálculo de la variación de la elasticidad del resorte a partir de la deseada inicialmente.

$$\Delta X = A_{des} * 2$$

$$\Delta X = 5 \text{mm} * 2$$

$$\Delta X = 10 \text{mm}$$

9- Cálculo del coeficiente preliminar de rigidez del resorte.

$$Kip = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{\Delta X}$$

$$Kip = \frac{300kgf - 200kgf}{10mm}$$

$$Kip = \frac{100kgf}{10mm}$$

$$Kip = 10kgf / mm$$

10- Cálculo del número de espiras de trabajo.

$$ne = \frac{G * da^4}{8 * Dm^3 * Kip}$$

$$ne = \frac{8300kgf * (11mm)^4}{8 * (66mm)^3 * 10kgf / mm}$$

$$ne = \frac{8300kgf * 14641mm^4}{8 * 287496mm^3 * 10kgf / mm}$$

$$ne = \frac{121520300kgf / mm^4}{22999680kgf / mm^4}$$

$$ne = 5,55esp$$

$$ne = 6esp$$

11- Recalcular el coeficiente de rigidez para el número de espiras seleccionadas a partir del cálculo anterior sin que me deforme grandemente la variación de elasticidad estática.

$$Kip = \frac{G * da^4}{8 * Dm^3 * ne}$$

$$Kip = \frac{8300kgf * (11mm)^4}{8 * (66mm)^3 * 6}$$

$$Kip = \frac{8300kgf * 14641mm^4}{8 * 287496mm^3 * 6}$$

$$Kip = \frac{121520300kgf / mm^4}{13799808mm^3}$$

$$Kip = 9.123kgf / mm$$

12- Cálculo del número de espiras de trabajo. A partir de que para seleccionarlas se toma para cada lado del resorte entre 0,75 y 1 esp. Para este diseño se tomó una espira para cada lado del resorte.

$$net = ne + 2$$

$$net = 6 + 2$$

$$net = 8esp$$

13- La deflexión estática real que sufre el resorte se obtiene a partir de la siguiente fórmula.

$$\Delta_{rest} = \frac{P_{est}}{Kip}$$

$$\Delta_{rest} = \frac{250kgf}{9.1kgf / mm}$$

$$\Delta_{rest} = 27,5mm$$

14- Cálculo del paso preliminar del resorte sin carga esta determinado por:

$$hp = da + \frac{(1.1 \div 1.2) * \Delta X}{i}$$

$$hp = 11mm + \frac{(1.1 \div 1.2) * 10mm}{6}$$

$$hp = 11mm + \frac{11 \div 12}{6}$$

$$hp = 11mm + 2mm$$

$$hp = 13mm$$

15- Ahora el paso de trabajo según el libro de Elementos de Máquina del autor Rechetov el paso de trabajo esta determinado entre (0.3 y 0.5) del diámetro medio del resorte por lo cual:

$$hpt = (0.3 \div 0.5) Dm$$

$$hpt = (0.3 \div 0.5) 66mm$$

$$hpt = 19.8mm \div 33mm$$

$$hpt = 21mm$$

16- La longitud del resorte totalmente comprimido (hasta unir las espiras):

$$H_c = (n_e p - 0.5) * d_a$$

$$H_c = (8 - 0.5) * 11 \text{ mm}$$

$$H_c = 7.5 * 11 \text{ mm}$$

$$H_c = 82.5 \text{ mm}$$

$$H_c = 83 \text{ mm}$$

17- Longitud del resorte totalmente descargado:

$$H_d = h_c + n_e * (h_{pt} - d_a)$$

$$H_d = 83 \text{ mm} + 6 * (21 \text{ mm} - 11 \text{ mm})$$

$$H_d = 83 \text{ mm} + 6 * 10 \text{ mm}$$

$$H_d = 83 \text{ mm} + 60 \text{ mm}$$

$$H_d = 143 \text{ mm}$$

18- Cálculo del coeficiente de embombamiento de resorte. Si esta relación es mayor de tres (3), se deben tomar medidas para evitar el pandeo (uso de guías).

En este caso:

$$Re_{st} = \frac{H_d}{D_m}$$

$$Re_{st} = \frac{143 \text{ mm}}{66 \text{ mm}}$$

$$Re_{st} = 2.2 < 3$$

En este caso ($Re_{st} < 3$) es menor así que no ocurre pandeo en los resortes.

19- Cálculo del ángulo de inclinación de las espiras para el resorte totalmente descargado.

$$\beta = a \tan \frac{h_{pt}}{\pi * D_m}$$

$$\beta = a \tan \frac{21 \text{ mm}}{3.14 * 66 \text{ mm}}$$

$$\beta = a \tan 0.1$$

$$\beta = 5.71^\circ$$

20- Longitud total del alambre.

$$La = \frac{\pi * Dm * net}{\cos \beta}$$

$$La = \frac{3.14 * 66mm * 8}{\cos 5.71}$$

$$La = \frac{1657.92mm}{0.995}$$

$$La = 1666.251mm$$

$$La = 1667mm$$

Tratamiento térmico del Acero-65 al manganeso para los muelles.

Después de realizado el diseño del resorte se procede a realizarle el tratamiento térmico el cual consta de los siguientes pasos: Lo primero que se le aplica es un recocido. El cual tiene por objeto ablandar el acero, quitarles tensiones que se han originado en la laminación y trefilado y hacer posible el enrollado. Para evitar las descarburaciones, se puede hacer el recocido en cajas cerradas con bastante cantidad de viruta de fundición exenta de humedad o en hornos de atmósfera controlada, procurando no elevar demasiado la temperatura. El cual se efectúa a temperaturas comprendidas entre 750° y 800° y luego se enfría lentamente en el horno a los 600°. De esa forma queda con una dureza comprendida entre 170° y 220° unidades Brinell.

Luego se realiza un temple a temperaturas variables de 800° a 900° en hornos de sales, ya que de esa forma empleando sales de cianuro ligeramente carburantes evitando la descarburación, consiguiendo una ligera carburación superficial. Además de evitar la oxidación superficial y la presentación es muy buena. El enfriamiento se hará rápidamente en aceite, ya que el temple en aceite tiene la ventaja de que produce menos deformaciones que en agua.

Por ultimo se le aplica un revenido que se suele efectuar a temperaturas variables desde 200° a 500°, según el proceso de fabricación, y luego se enfrían al aire.

2.1.2 Selección del material para las vigas.

Para las vigas se determina el uso de un acero para estructuras CT3 por las grandes propiedades mecánicas que posee. Estos aceros se dedican a la construcción de puentes, gaseoductos, oleoductos, armaduras, calderas, etc. Por lo general, todos los aceros-para estructuras son soldables y la soldabilidad es una de sus principales propiedades. El acero para estructuras es de bajo contenido de carbono, $C < 0,22—0,25 \%$. El aumento de su resistencia se consigue aleándolo con elementos baratos, como el manganeso y el silicio. En este caso, y siendo bajo el contenido de carbono, el límite de fluencia aumenta hasta $40—45 \text{ kgf/mm}^2$ (y la resistencia a la rotura hasta $50—60 \text{ kgf/mm}^2$), y si se somete a tratamiento térmico, esta aumenta en gran por ciento sus propiedades mecánicas. Para la construcción de la rampa que ha de soportar diferentes gamas de fuerzas provocadas por las vibraciones mecánicas aplicadas a la misma debe emplearse acero normalizado o mejorado térmicamente.

Por lo cual se le aplica un tratamiento térmico determinado por un (temple + revenido a $600—650 \text{ }^\circ\text{C}$), en este caso no sólo se eleva algo -el límite de fluencia ($28—30 \text{ kgf/mm}^2$), sino que también desciende considerablemente el umbral de fragilidad en frío e influye en las propiedades mecánicas.

Cálculo de resistencia de las vigas.

Según consulta con los expertos de la Universidad de " Holguín Oscar Lucero Moya " como los DrC. Julio Pino Tarragó y Ramón Martínez Batista, no es necesario realizar los cálculos de resistencia de los materiales, debido que los aceros están diseñados para soportar hasta 10 veces su peso y el peso que soportaran las vigas es relativamente pequeño. Aunque este sometido a cargas dinámicas por eso se determino que no se realicen estos cálculos debido a la experiencia de los doctores antes mencionados se determino solo usar el material adecuado para las vigas y se desprecian los cálculos de resistencia y se asegura que sin comprobarlo las vigas resisten los cambios de frecuencia del vibrador y el peso de las diferentes piezas a fundir la rampa.

2.1.3 Selección del material para la chapa.

Para fabricar la chapa de la rampa se utiliza un acero de construcción de bajo por ciento de carbono el cual posee altas propiedades mecánicas; alta resistencia y tenacidad, para poder aguantar los efectos dinámicos y de choque, porque en este caso las cargas son alternativas, el metal debe poseer una gran resistencia a la fatiga y al desgaste. Además de una buena resistencia a la corrosión, a la fluencia y a otras acciones constantes. Para que la pieza dure y tenga un largo tiempo de explotación.

Por lo cuál se somete a un tratamiento térmico doble de endurecimiento, es decir, a temple + revenido a baja temperatura. Para mejorar dichas propiedades mecánicas además de darle una mejor soldabilidad, debido a que la chapa para su montaje se suelda a las vigas.

2.1.4 Selección del vibrador electromagnético. /27, 42/

Una vez diseñada la rampa o mesa vibratoria seleccionamos el vibrador de pared Vibromaq ya que ofrecen un medio económico de mantener la corriente de descarga de una tolva de almacenamiento o silo de grandes volúmenes. Como todos los alimentadores vibratorios electromagnéticos Vibromaq se proveen con control electromagnético de vibración, la cual los hace unidades flexibles en su aplicación gracias a poder modificar fácilmente la intensidad de vibración para distintos regímenes de trabajo. Además, ellos pueden operarse continuamente o intermitentemente dependiendo de los requerimientos específicos. Para asegurar las normas más altas de calidad, Vibromaq prueba, controla y ajusta todos sus equipos para un desempeño óptimo.

La mayoría de los modelos se construyen estancos al polvo y con posibilidad de trabajar a la intemperie. Como todos los vibradores Vibromaq no poseen piezas mecánicas, por ello están libres de mantenimiento.

Diseño y beneficios.

Diseño Electromagnético.

- Libres de mantenimiento. Sin piezas mecánicas.
- Ideal para trabajos continuos o intermitentes.

Control ajustable.

- Modifica la intensidad de vibración solamente girando la perilla de control.

Protección para la intemperie.

- Encapsulado de bobina y protección anti polvo. Contra agentes químicos.

Un mejor desempeño en la productividad.

- No es necesario ningún trabajo manual para solucionar los problemas de atascamiento en una tolva.

Simple diseño, durable y construcción robusta.

- Seguros y una alta gama de experiencia en las aplicaciones.

Un gran rango de tamaños.

- Tenemos un vibrador para cada aplicación.

Bajo nivel de ruido.



Fig. 2 Vibrador electromagnético.

Un vibrador muy poderoso capaz de mover toneladas de peso inerte. Es el modelo más popular de los vibradores pesados. Ampliamente usado en muchas aplicaciones.

Para acomodar material en movimiento el cual se empaca o estiba y/o para mover material estibado para que este fluya. Se pueden conectar en combinación con la apertura de puertas o válvulas, cuando estas abren el V-75 comienza a vibrar. La válvula cambia de posición y el V-75 comienza a funcionar en forma independiente para cada puerta o válvula.

Este vibrador electromagnético es capaz de mover toneladas de peso y tiene una gran gama de aplicaciones debido a que es capaz de variar la frecuencia de vibración según lo que se desee realizar con el mismo por eso es que se escoge este modelo para tener óptimos resultados en la función para el cual esta determinado y destinado en este caso.

El V-75 es de fácil montaje, fijándolo directamente con tornillos a la base de la rampa.

ESPECIFICACIONES


DIMENSIONES

- Peso Vibrador..... 35 kg.
- Peso Control..... 4 kg.
- Peso Total..... 39 kg.
- Amperes..... 3.
- Vibraciones por Minuto..... 3000.

	A	B	C	D	E	F	G
V-75	330	146	324	14	254	82	203

2.2 Instrucción tecnológica para la aplicación de vertido dinámico a los fundidos de cuproaleaciones.

La obtención de fundidos de cuproaleaciones por el método de vertido dinámico se realiza según la siguiente instrucción tecnológica elaborada y aplicada en la Empresa de Fundiciones de Acero – Hierro de Holguín.

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-09
	VERTIDO DINAMICO DE FUNDIDOS DE CUPROALEACIONES	Revisión: 00 Fecha: 25/03/09 Página: 1 de 7

ÍNDICE

1.0 Objetivo.

2.0 Alcance.

3.0 Definiciones.


4.0 Responsabilidades.

5.0 Referencias.

6.0 Desarrollo.

7.0 Registros

Elaborado por: Luis Guillermo Rodríguez Velázquez. Diplomante	Revisado por: MSc. Rigoberto Pastor Sanchez Figueredo. Tutor.	Aprobado por: Ing. Alexis Ronda Oro. Oponente.
--	--	---

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-09
	VERTIDO DINAMICO DE FUNDIDOS DE CUPROALEACIONES	Revisión: 00 Fecha: 25/03/09 Página: 1 de 7

1. OBJETIVO.

Describir los pasos a seguir para el vertido dinámico en los moldes de cuproaleaciones.

2. ALCANCE.

La presente Instrucción es aplicable al el vertido dinámico en los moldes de cuproaleaciones

3. DEFINICIONES.

No se aplica.

4. RESPONSABILIDADES.

4.1 El Jefe de brigada de fusión tiene la responsabilidad de que se cumpla estrictamente lo descrito en esta instrucción.

4.2 El controlador de la calidad tiene la responsabilidad de:

- Velar por que se cumpla lo descrito en esta instrucción.
- Medir la temperatura del metal.
- Llevar la probeta para ensayos al laboratorio.

4.3 El resto de las responsabilidades se encuentran descritas en el acápite DESARROLLO.

5. REFERENCIAS.


No se aplica.

6. DESARROLLO.

6.1 Generalidades.

6.1.1 Antes del vertido de los moldes el J' de Brigada de Fusión debe conocer:

- El número, el peso, la cantidad y el tipo de piezas que se van a verter.
- La composición química de la aleación a verter, la temperatura de vertido del molde, peso de metal en el mismo, tiempo de mantenimiento del metal líquido en el molde hasta desmoldeo y la situación de los pesos para la carga de los moldes.

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-09
	VERTIDO DINAMICO DE FUNDIDOS DE CUPROALEACIONES	Revisión: 00 Fecha: 25/03/09 Página: 1 de 7

6.2 Lugar de trabajo y equipamiento de los vertedores. El área o lugar de trabajo de los vertedores incluye:

6.2.1 El área de toma del metal líquido de los hornos, el área de colada de la granallera y las áreas de vertidos en las cuales están situadas los moldes que se van a verter.

6.2.2 En la colada se utilizan los equipos y herramientas siguientes:

- Cubos de vertido de 2 t; 1.2 t; 0,3 t y 0,08 t.
- Grúa puente.
- Rampa de Vertido.
- Mecanismo de vertido.
- Carro para transportar las cazuelas.
- Herramientas: Palancas, limpiadores, tubo de acero de Ø 14mm.
- Balón de oxígeno.

6.3 El Jefe de Brigada de Fusión debe revisar el estado técnico de las grúas viajeras y la posibilidad de ejecutar todos los mandos correctamente.

6.4 Los vertedores están obligados a:

6.4.1 Revisar el buen estado del revestimiento refractario de los cubos de vertido a utilizar así como el funcionamiento y centrado del seguro.

6.4.2 Revisar el estado del mecanismo de inclinación e izaje de los cubos de vertido.

6.4.3 Revisar que todas las herramientas necesarias se encuentren en el área.

6.4.4 Retirar todo tipo de objetos y materiales que no se necesitan y que pueden provocar accidentes.


6.4.5 Preparar la cantidad de cuproaleaciones necesarias para modificar la aleación a obtener y su colocación en los cubos antes de la colada.

6.5 Secuencia de actividades para el vertido:

(La colada sólo se realizará después de la preparación del lugar de trabajo, herramientas y los equipos según las responsabilidades de los implicados).

6.5.1 Preparar los moldes para verter la probeta tecnológica para ensayos en presencia del Controlador de la Calidad y del Jefe de Brigada de Fusión.

6.5.2 En el caso que corresponda se colocarán las adiciones y cuproaleaciones en el fondo del cubo previamente calentado.

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-09
	VERTIDO DINAMICO DE FUNDIDOS DE CUPROALEACIONES	Revisión: 00 Fecha: 25/03/09 Página: 1 de 7

6.5.3 Vertido del metal al cubo.

6.5.4 Limpiar la escoria si fuera necesario. Adicionar 1 kg de NaCl caliente al espejo del metal.


6.5.5 Medir la temperatura del metal dentro de las cazuelas según la tecnología.

- 6.5.6 Encendido de la rampa vibratoria regulada de 80 a 85 Hz.
- 6.5.7 Efectuar el vertido de la probeta para ensayos, en presencia del controlador de la calidad y el jefe de brigada.
- 6.5.8 Transportar el cubo por medio del carro hasta el área de vertido correspondiente. Adicionar al espejo del metal un ladrillo refractario de desecho previamente calentado, colocándolo de forma tal que obstruya el paso de la escoria a través del labio de la cazuela.
- 6.5.9 Transportar el cubo por medio de la grúa hasta el molde.
- 6.5.10 Bajar el cubo hacia el tragadero del molde, siendo la altura o distancia del flujo líquido no mayor de 150 – 200 mm.
- 6.5.11 Realizar el vertido con un flujo líquido continuo en el comienzo hasta llenar el sistema de alimentación y lento al final del vertido, de forma tal que no se derrame el metal del molde.
- 6.5.12 Evitar que el metal líquido se derrame por la parte superior de las mazarotas y respiraderos del molde.
- 6.5.13 Si durante el vertido el molde hierve, se producen explosiones o se escapa el metal por el (los) plano divisorio el vertido se interrumpe.
- 6.5.14 El metal que sobra en los cubos se vierte en las lingoteras.
- 6.5.15 Apagado de la Rampa vibratoria
- 6.5.16 Después de terminado el vertido se procede a la limpieza del cubo, utilizando para ello los tubos de acero Ø 14mm y el balón de Oxígeno,

hasta eliminar el metal incrustado. Además deben limpiar y reparar las herramientas que han sido utilizadas.

6.6 Protección e higiene del trabajo.

6.6.1 Los vertedores deben ser instruidos respecto a las técnicas de seguridad, protección e higiene del trabajo y a lo establecido en la presente instrucción.

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-09
	VERTIDO DINAMICO DE FUNDIDOS DE CUPROALEACIONES	Revisión: 00 Fecha: 25/03/09 Página: 1 de 7

6.6.2 Está prohibido:

- Utilizar cubos de fundición húmedos, mal secados o que no han sido calentados hasta el rojo la primera vez que se han utilizado.
- Utilizar cubos de fundición con partes exteriores locales rojas.
- Utilizar herramientas húmedas y defectuosas.
- Verter el metal en el piso. Verter la escoria en otro lugar que no sean los preparados para ello (Palets).
- Pasar y permanecer debajo del cubo de vertido.
- Transportación de cubos de fundición que no estén protegidos al giro contrario o con el mecanismo de seguridad defectuoso.
- Trabajar con grúas defectuosas.
- Trabajar con el mecanismo de vertido de monorriel defectuoso.
- Utilizar la grúa por personas que no posean la calificación correspondiente.

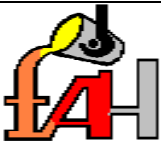
6.7 Frecuencia de cumplimiento:

Durante la jornada de la fusión en los hornos.

7. REGISTROS.

7.1 R 4.5.1-“Control del Vertido”.

7.2 Los registros se controlan según lo establecido en el PG 1.2.4-04 “Control de los Registros de la Calidad”

	INSTRUCCIÓN	Código: IT 4.5.1-09
	VERTIDO DINAMICO DE FUNDIDOS DE CUPROALEACIONES	Revisión: 00 Fecha: 25/03/09 Página: 1 de 7

2.3 Análisis de los resultados. /27,35 ,42 /

El encarecimiento de los procesos de fundición producto de la aparición de poros y sopladuras por la presencia de vapor de agua y la variación de la densidad, lo eliminamos aplicando vibraciones en el momento del vertido del caldo metálico, lo que provoca que las inclusiones no metálicas de menor peso específico suban a la superficie obteniéndose fundidos libres de poros, sopladuras e inclusiones no metálicas para lo cual se construyó la rampa vibratoria que se describe con anterioridad en este trabajo, la cual está constituida por chapas y vigas de acero de 4000 X 4000 mm con un vibrador ensamblado en el centro y 4 patas de 300 mm de altura con muelles. La cual se le aplican diferentes frecuencias de vibraciones las cuales están determinadas en los regímenes o el rango de (50 a 80 Hz) y de amplitud de oscilación de los resortes en el rango siguiente (2 a 5mm).

La novedad científica del presente trabajo está en que se establece una metodología con basamento científico que lograra por primera vez registrar el comportamiento y la relación tecnológica existente de los parámetros que intervienen en la obtención de fundidos de cuproaleaciones libres de inclusiones gaseosas y no metálicas mediante la aplicación del método de “vertido dinámico”, generando formulaciones que permiten determinar la frecuencia tecnológica de vibración y el tiempo tecnológico de vibración necesario para aplicar el método de vertido dinámico adecuado a las condiciones actuales de la industria en Cuba, en la obtención de artículos de cuproaleaciones libres de poros y sopladuras, con la composición química y propiedades mecánicas que establecen las normas que rigen este tipo de producción en el mundo.

Aporta a la ciencias metalúrgicas nuevos conceptos y cálculos de parámetros como lo son: Método de “Vertido Dinámico”, Frecuencia tecnológica de vibración, tiempo tecnológico de vibración. Por lo que se el trabajo se considera como un aporte científico a la Metalurgia en nuestro industria de fundiciones.

2.4 Valoración socio económica.

La Metodología de producción de fundidos de aleaciones de Cu aplicando el método de vertido dinámico ha permitido llegar a índices de eficiencia competitivos que han favorecido la producción a escala industrial de fundidos de cuproaleaciones bajo las condiciones de la industria siderúrgica cubana actual, como lo son la disminución del índice de rechazo a un 0,3% el costo de producción \$ 1 058,07 y un precio mas competitivo de \$ 2 274,41 la tonelada, saliendo al mercado con un producto mas competitivo, sostenible y sustentable.

Esto permite la sustitución de importaciones de piezas de cuproaleaciones a un precio que oscila de € 17 000,00 - € 27 000,00 la tonelada. Satisfaciendo el mercado nacional con un producto a un precio de \$ 2 274,41.

Tomando como base comparativa el comportamiento del Rendimiento Tecnológico General (Rtg) con la utilización de la metodología estática y los resultados obtenidos utilizando el vertido dinámico, nos permite hacer medibles la eficacia y la eficiencia por separado de los factores que determinan el costo de la producción, la productividad y competitividad del pieza en bruto fundido, como son el Rendimiento Metálico (Rm), Índice de Rechazo (Ir) y la Pérdida Metálica (Pm) los cuales se incorporan a la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación del comportamiento de los Índices Tecnológicos.

No	Parámetros	Tipo de vertido		Eficiencia	
		Estático	Dinámico	unidades	(%)
1	Rendimiento Metálico (%)	75	92	-	-
2	Índice de Rechazo (%)	25	0,3	14	6,6
3	Perdida Metálica (%)	0,2	0,2	-	-
4	Rendimiento Tecnológico General (%)	68,83	91,50	59,50	

5	Productividad (kg /C.)	750	920	700	122,57
6	Costo (\$/t)	5 995,70	1 058,07	4 937,63	82,35
7	Precio (\$/t)	7 212,05	2 274,41	4 937,64	68,46

El comportamiento del rendimiento metálico o la relación entre el metal neto y el metal bruto medido en por ciento es de 75 %, el índice de rechazo por vertido estático es 25 % y la Pérdida Metálica hasta 0,2 %, obteniéndose un Rendimiento Tecnológico General de 68,83 %, que unido a una productividad por colada de 750 kg /C de a un costo de producción de 5 995.70 (\$/t) y comercializado al precio de 7 212.05 (\$/t), esta variación negativa del Rendimiento Tecnológico General ocasiona pérdidas económicas y eleva los costos de producción de fundidos de cuproaleaciones por el método estático” que imposibilitan su producción a escala industrial por su improductividad y falta de competitividad.

Con la utilización del vertido dinámico se logra bajar el índice de rechazo a 0.3% El comportamiento del Rendimiento metálico es de 92%, el índice de rechazo 0,3 % y la Pérdida Metálica 0,2. Obteniéndose un Rendimiento Tecnológico General de 91.54 %, aumentando la productividad por colada a 920 kg de metal obtenido por vertido dinámico, con una disminución de los costos de de producción a \$ 1 058,07, con un precio mucho más competitivo de \$ 2274,41.

2.4 Conclusiones del capítulo.

Por primera vez se establece en el país una tecnología con basamento científico adecuado a las condiciones de la industria cubana capaz de producir fundidos de bronce libres de poros y sopladuras, con las propiedades químicas, físicas y mecánicas que cumple con las normas que rigen este tipo de producción. Con la aplicación de este trabajo se establece en el país una nueva línea de producción que no solo sustituye importaciones, sino que también tiene calidad exportable de los fundidos de Br y ha permitido a la Empresa mantenerse trabajando, además del gran aporte científico que representa para la industria metalúrgica cubana.

CONCLUSIONES

1. A modo de conclusiones tenemos que por primera vez en nuestro país se obtiene una tecnología con basamento científico capaz de obtener bronce libres de poros y sopladuras por el método de vertido dinámico.
2. Se construyó una rampa vibratoria con la cual se puede dar solución a la teoría antes expuesta se logra la evacuación de los poros, sopladuras, cavidades e inclusiones no metálicas, de los fundidos de aleaciones de cobre en el momento del vertido dinámico teniendo en cuenta: la altura necesaria de evacuación de los poros y sopladuras (altura del artículo), densidad del caldo metálico, peso y el molde.
3. Le da la posibilidad a la industria cubana para la producción de artículos de aleaciones de cobre de forma competitiva, sostenible y sustentable que le permiten la sustitución de las importaciones de estos productos a un precio que oscila de € 17 000 a € 27 000 Euro la tonelada. Con la aplicación de esta tecnología el SIME por concepto de sustitución de importaciones de bronce ahorra aproximadamente. **\$1 323 775,2. EUROS** al año.

RECOMENDACIONES

Establecer esta metodología como generalización en el resto de las 25 Fundiciones del país pertenecientes al SIME, MINBAS, MINAZ, MINAGRI, MININT, MINFAR, MINIL.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 1.[Abramov, 1983] Abramov. A. "Manual del joven fundidor". Editorial Alta Escuela. Moscú.1983. 203 p.
2. [Bakkerus, 1995] Bakkerus and Van der Holst. The T-Nock Process for Making Ductil iron. Modern Casting Tech. N. 711, july 1995.
- 3.[Batista, 1994] Batista Cabrera, A.; et al. "Propiedades de Fundición de los Metales y Aleaciones". Monografía, Universidad de Holguín.1994
- 4.[Boletín, 2001] Boletín Técnico MI SR - ÑMI SR-2. 2001.
- 5.[Calcosoft, 2007] Calcosoft. Base de Datos en Línea, 2004, 2 de Marzo del 2007, <http://www.calcosoft.com>
6. [Chaikin, 1994] Chaikin A. A. Refinado del HGE modificado en el molde por medio De filtros Cerámicos. Liteinoe Proistbosta. N. 4 Año 1994.
- 7.[Cienciade materialesII] [http://www.orce.uni.edu.pe/silabos1/
M_C115CIENCIADEMATERIALESII.doc](http://www.orce.uni.edu.pe/silabos1/M_C115CIENCIADEMATERIALESII.doc)

8. [conocimiento materiales] http://www.frlp.utn.edu.ar/web/syllabus_industrial/nivel_II/conocimiento_materiales.pdf
9. [directindustry] <http://pdf.directindustry.es/>
10. [Forjayfundicion] http://www.eper-es.es/data/docs/Fondo%20documental/Forjayfundicion_421C-4EF9-92D1-D31E5E910537.pdf
- 11.[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>
12. [fundiciónymoldeo] http://www.loader.com.ar/austral04/tercerano/1cuatri/prod1_resumen_fundiciónymoldeo.doc
- 13.[Gibbs, 2007] Gibbs. Base de Datos en Línea, 2004, 4 de Marzo del 2007, <http://www.gibbs.com>
- 14.[Goyos, 1991] Goyos Pérez, L.; Martínez Reina, Elio. “Tecnología de fundición II”. Editorial ISPJAE. Ciudad de la Habana.1991. 243 p.
- 15.[Gynsey, 2001] Gynsey. J. Co CQ (Controlled Quality Inoculation).Un proceso de alta Productividad. www.carpenterfortuna.com.mx/n-hierro.htm.Consult.2001
- 16.[Hughes, 1993] Hughes. S. Foundry Trade Journal. 1993. N. 487.

- 17.[Hity, 1998] Hity D. Electr.Furnace Proc. AIME 1998.V.27 pág 52-56.
- 18 .[infoacadem] <http://dime.cucei.udg.mx/inicio1/infoacadem/academias/cronogramas/IM307.pdf>
- 19.[LINCE, 2004] LINCE FUNDICION. Base de Datos en Línea, 2004, 14 de Marzo del 2004, <http://www.lince-fundición.com>
- 20.[Machikin,1981] Machikin. B. I Aumento de la calidad de las aleaciones ferrosas Edit.Kiev.1981
- 21.[Malishev, 1991] Malishev. A. Influencia del Silicio sobre las propiedades del HGE. Liteinoe Proistbostba No 9 Año 1991
- 22.[May, 1998] Mayk. C .N .Sistema de Alimentación para modificación en el molde. Liteinoe Proistbostba No 11 Año1998
- 23.[Material, 1995] Material Didáctico sin valor comercial. FES-CAUTIPLAN. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MEXICO. 1995
24. [materiales- sam] <http://www.materiales-sam.org.ar/sitio/biblioteca/bariloche/Conferencias/C11.PDF>
- 25.[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.

- 26.[Metallography, 2006] Metallography. Base de Datos en Línea, 2006, 12 de Octubre del 2006, <http://www.metallography//technoters/iron.com>
27. [Mesa.mht] <http://www.idia.unsj.edu.ar/mesa.htm>. Mesa.mht (laboratorio de estructuras)
28. [Moldes Especiales] [http://www.mitecnologico.com/im/Main/MoldesEspeciales.Moldes Especiales .mht](http://www.mitecnologico.com/im/Main/MoldesEspeciales.MoldesEspeciales.mht)
- 29.[Navas, 1996] Navas. E. Batista. A. Métodos de Cálculo en Fundición .Folleto Editado por la Uho. Año 1996.
- 30.[ProCAST, 2007] [ProCAST. Base de Datos en Línea, 2007, 12 de Febrero del 2007, http://www.procast.com](http://www.procast.com)
- 31.[ProEngineer, 2007] [ProEngineer. Base de Datos en Línea, 2004, 2 de Marzo del 2007, http://www.proengineer.com](http://www.proengineer.com)
- 32.[Sánchez F. R. P] Perfil Fundición Acero – Hierro de Holguín”. Convención Internacional METANICA. 2002
- 33.[Sánchez F. R. P] El Rendimiento Tecnológico General como regulador del costo de las Fundiciones”. Convención Internacional METANICA. 2006.
- 34.[Sánchez F. R. P] Horno multipropcito con gasificador de fuel oil para la fusión de aleaciones no ferrosas. Convención internacional METANICA. 2006.

- 35.[Sánchez F. R. P] Aplicación de cargas dinámicas durante el vertido de fundidos de cuproaleaciones. Convención internacional METANICA. 2006
- 36.[Shukobki] J T Basamento físico-químico de los procesos metalúrgicos. Edit. Alta escuela. Año1984 323p.
- 37.[SolidWork, 2007] SolidWork. Base de Datos en Línea, 2007, 12 de Febrero del 2007, <http://www.solidwork.com>
- 38.[SYSWELD, 2007] SYSWELD. Base de Datos en Línea, 2004, 4 de abril del 2007, <http://www.sysweld.com>
39. [Stepin. P] Condiciones de formación del fundido. Masgish.1980
40. [Tzbriak. A. N] Procesos físicos químicos en la zona de contacto metal molde” Edit. Inst. De Problemas de Fundición .Academia de Ciencias de Ucrania. Kiev. 1987.
- 41.[Unigraphics, 2007] Unigraphics. Base de Datos en Línea, 2004, 2 de Marzo del 2007, <http://www.unigraphics.com>
35. [vibratingtable] <http://spanish.besser.com/equipment/pipe/vibratingtable.htm.vibratingtable.mht>

ANEXOS

1. Aval del grupo industrial de la Máquinaria Agrícola y la construcción.
2. Aval de la Dirección nacional de Desarrollo Tecnológico del SIME.
3. Metodología de cálculos económicos (Tablas Excel).
4. Las partes de la rampa vibratoria. (Carpeta piezas SolidWorks)
5. Imágenes de la rampa y el trabajo que se realiza en la fábrica.



Grupo Industrial de la Maquinaria Agrícola y la Construcción
Vice presidencia de desarrollo

La obtención de fundidos de bronce sanos de poros y sopladuras por el método alternativo de vertido dinámico bajo las condiciones específicas de la industria metalúrgica cubana, ha permitido a las empresas del SIME y el país la adquisición de semiproductos fundidos con las propiedades químicas, físicas y mecánicas, necesarias para la producción de piezas maquinadas de aleaciones de cobre.

Sustituyendo las importaciones que se realizaban al respecto a un costo desde € 9 500,00 hasta € 17 000,00 x ton.

Con estas producciones se satisfacen las necesidades más apremiantes de los clientes de la industria mecánica nacional, además de otras ramas que utilizan este tipo de producción.

Atentamente,

Lic. Iliana Lazo de la Vega Paz.
Especialista Inversiones Gimac.



Fig.3 Aval del GIMAC.



Ministerio de la Industria Sideromecanica



Asunto: Valoración Técnico-tecnológica.

La implementación en la Fundición Acero-Hierro de Holguín de la producción de fundidos de aleaciones de cobre por el método de vertido dinámico es novedosa, porque por primera vez se establece en el país una tecnología con basamento científico adecuado a las condiciones de la industria cubana capaz de producir fundidos de bronce libres de poros y sopladuras, con las propiedades químicas, físicas y mecánicas que cumple con las normas que rigen este tipo de producción, teniendo una gran acogida por parte de los clientes por la calidad del producto ofertado y la satisfacción de las expectativas , exigencias tecnológicas y el ahorro económico considerable que constituye al no tener que comprar en el exterior estos productos con un precio de importación que oscila alrededor de los € 17 000,00 por tonelada de fundido. .

Saludos Cordiales.

*Ing. Agustín Guerras Quintas
Director Desarrollo Tecnológico.*

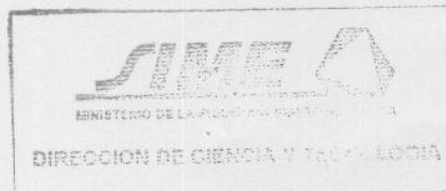


Fig.4 Aval del SIME.

Nombre de modelo: union guia-muelle
Nombre de estudio: Estudio 1
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Plot2
Escala de deformación: 1.60936

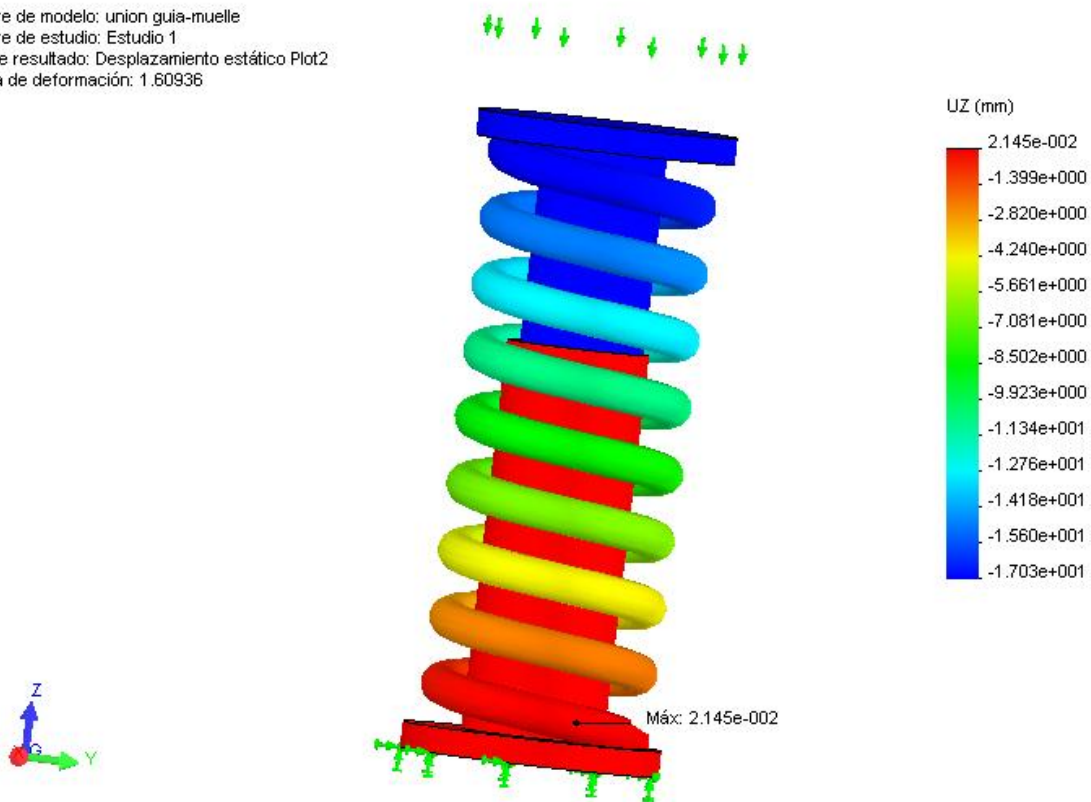


Fig.5 Comprobación del desplazamiento del resorte al aplicársele la fuerza a la cual será sometido durante la explotación con las herramientas informáticas como el COSMOSWorks.

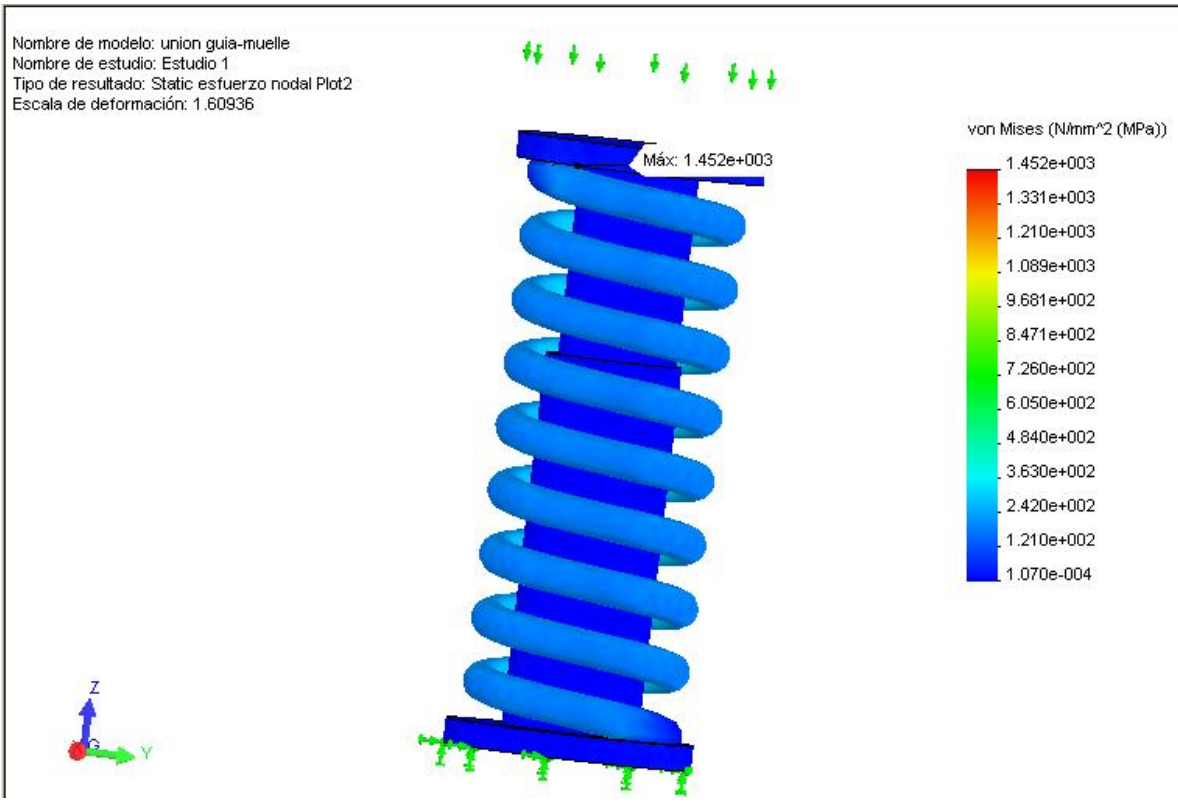


Fig.6 Comprobación de las tenciones.

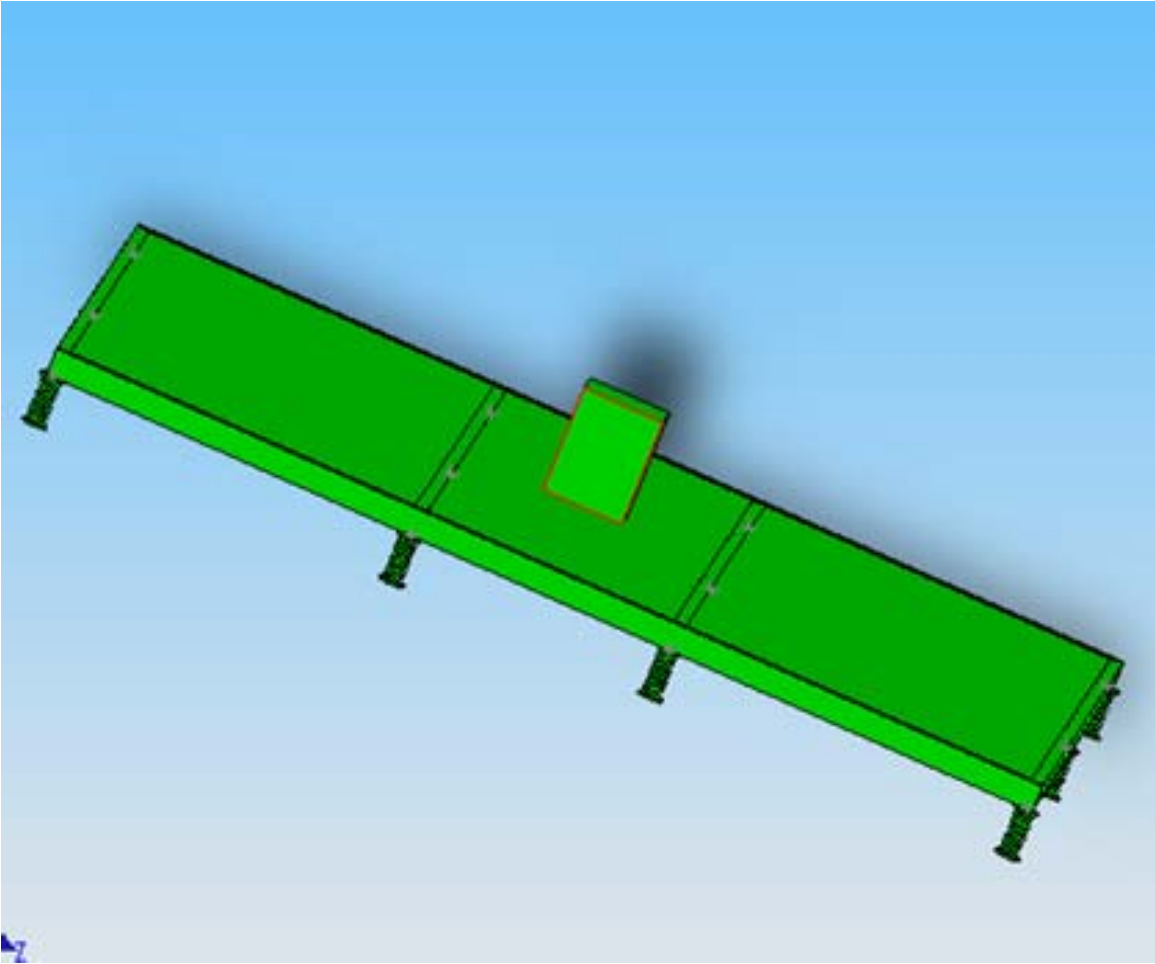


Fig. 7 Rampa diseñada para la obtención de las cuproaleaciones.

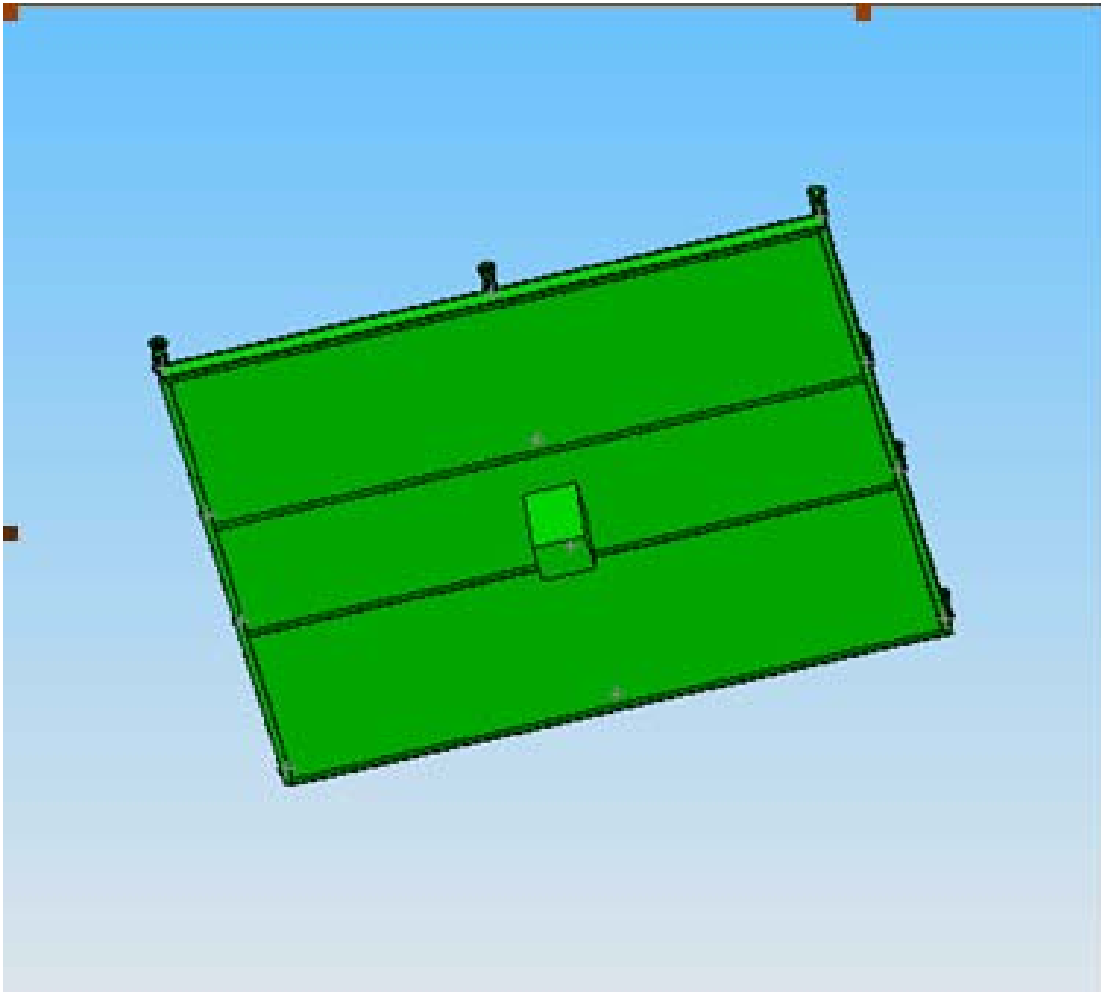


Fig.8 Otra vista de la rampa.



Fig.8 Rampa vibratoria en explotación.



Fig.9 Conducción de la colada cuando el metal es colocado en los moldes



Fig. 10 Horno para fundir los metales de la aleación.

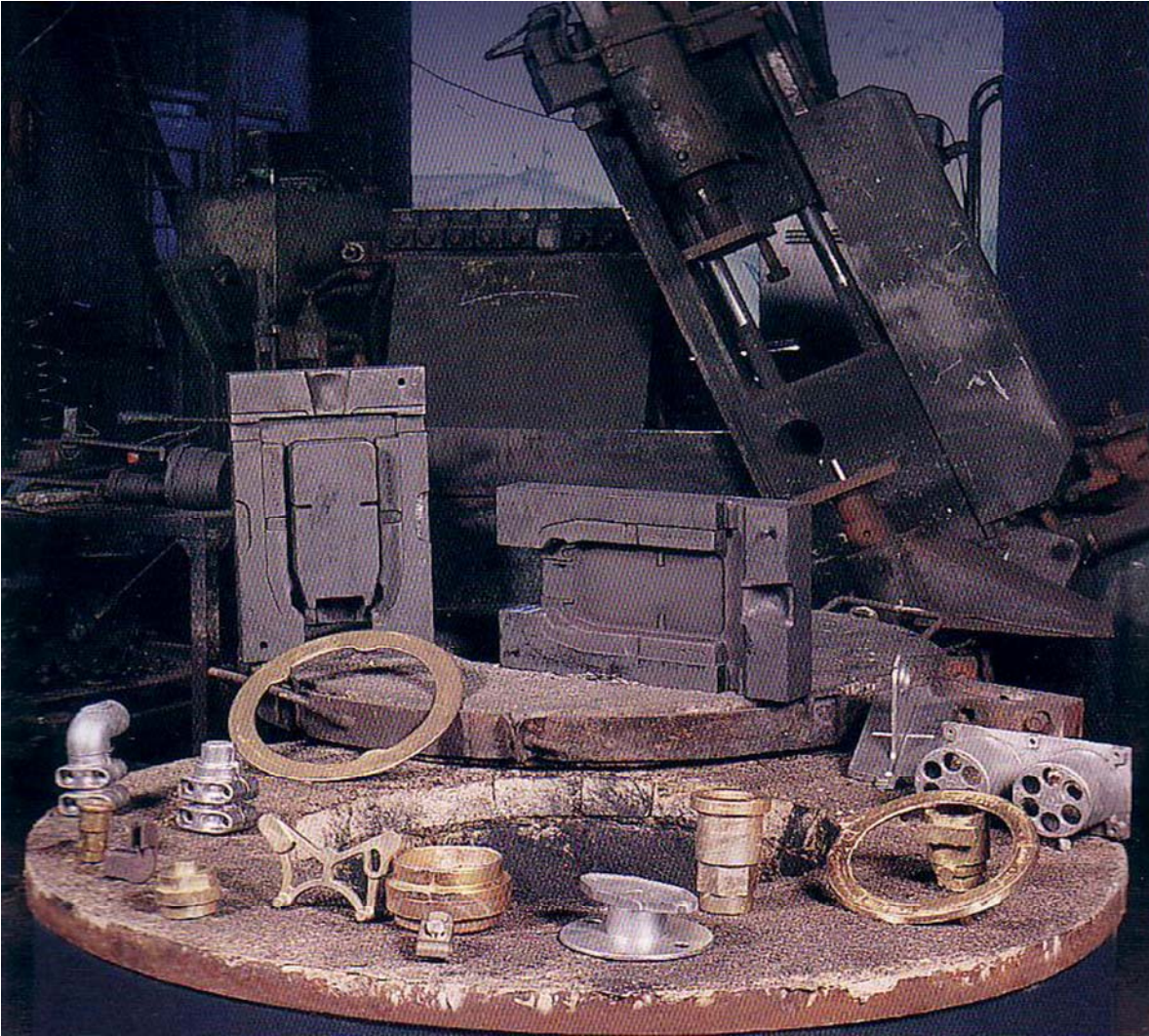


Fig. 11 Piezas que se funden el la fabrica.



Fig. 12 Otras piezas de bronce que se fabrican en la empresa.