

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

CONSTRUCCIÓN DE UN MOLDE DE ACERO POR MECANIZADO PARA FUNDICIÓN DE POLEAS EN ALEACIONES DE ALUMINIO

**PROYECTO PREVIO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN PROCESOS DE PRODUCCION MECANICA**

RODRIGO ALEJANDRO PUERRES GUILCAZO

EDUARDO DANIEL TOLEDO PICOITA

DIRECTOR: ING. FAUSTO OVIEDO

QUITO, Enero 2008

DECLARACIÓN

Nosotros, Eduardo Daniel Toledo Picoita y Rodrigo Alejandro Puerres Guilcazo, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de este documento cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

.....

Eduardo Daniel Toledo Picoita

.....

Rodrigo Alejandro Puerres Guilcazo

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por: Eduardo Daniel Toledo Picoita y Rodrigo Alejandro Puerres Guilcazo, bajo mi supervisión.

.....
Ing. Fausto Oviedo
DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación está dedicado a:

Dios, mis padres y a mis maestros por todo el apoyo incondicional que me han brindado, por la paciencia con que fueron forjando sus enseñanzas en mi para poder llegar a dar un paso más en mi vida.

EDUARDO DANIEL TOLEDO P.

DEDICATORIA

A DIOS por que es el eje principal con que gira mi vida.

A MI FAMILIA. José Puerres e Inés Guilcazo mis padres, por su apoyo incondicional y por la enseñanza de valores morales y éticos que son pilares básicos en la formación de una persona. Y a mis hermanos por su comprensión y paciencia.

RODRIGO A. PUERRES G.

AGRADECIMIENTO

Nuestro agradecimiento va dirigido a:

La Escuela Politécnica Nacional, en especial a la carrera de Tecnología en Procesos de Producción Mecánica por habernos dado la oportunidad de adquirir los mejores conocimientos durante todo nuestro período de formación para poder llegar a ser buenos profesionales.

Además un especial agradecimiento al Ing. Fausto Oviedo por habernos guiado en el proceso de elaboración de nuestro proyecto.

Y finalmente damos las gracias a todos nuestros profesores de la carrera de Procesos de Producción Mecánica quienes de una u otra forma han aportado con su conocimiento en nuestra formación profesional.

CONTENIDO

CAPÍTULO I

El Aluminio y sus Aleaciones	1
1.1 Aluminio.....	1
1.2 Propiedades del Aluminio.....	2
1.3 Aleaciones de Aluminio.....	4
1.4 Designaciones de temple.....	8
1.5 Aleaciones de aluminio para fundición.....	9
1.6 Parámetros de selección para aleaciones de aluminio utilizadas en fundición.....	20
1.7 Selección de la aleación de aluminio a utilizar.....	20

CAPÍTULO II

Moldes Metálicos	22
2.1 Generalidades.....	22
2.2 Propiedades de los moldes metálicos.....	23
2.3 Tipos de moldeo para moldes metálicos.....	24
2.4 Características de los moldes metálicos.....	37
2.5 Definición del tipo de molde metálico.....	41

CAPÍTULO III

Definición de la Pieza Modelo	42
3.1 Generalidades.....	42
3.2 Las Poleas.....	43
3.3 Definición de la polea a fabricar.....	49

CAPÍTULO IV

Construcción del Molde Metálico	51
4.1 Dimensiones básicas en la construcción del molde metálico.....	51
4.2 Partes características de un molde metálico.....	54
4.3 Parámetros fundamentales en la construcción del molde metálico	56
4.4 Construcción del molde metálico.....	59
4.5 Control de las piezas antes de la expedición.....	69
4.6 Defectos de fundición en el moldeo por gravedad.....	70

CAPÍTULO V

Ensayos y Pruebas	80
5.1 Condiciones para la utilización de una coquilla.....	80
5.2 Desarrollo de las condiciones a tomar en cuenta.....	81
5.3 Controles diarios en la fundición en coquilla.....	85
5.4 Desarrollo de las pruebas realizadas en el molde metálico.....	86

CAPÍTULO VI

Conclusiones y recomendaciones	90
Bibliografía	92
Anexo1 (Planos)	
Anexo2 (Tablas)	

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 Pasos en la fundición en molde permanente.....	28
Fig. 2 Fundición a baja presión.....	29
Fig. 3 Configuración general de una máquina de fundición en dados.....	30
Fig. 4 Ciclo de la fundición en cámara caliente.....	31
Fig. 5 Ciclo de la fundición en cámara fría.....	32
Fig. 6 Moldeado en coquilla centrifugada sin macho.....	34
Fig. 7 Moldeo de una pieza anular en coquilla de cavidad completa.....	35
Fig. 8 Molde centrifugado con varias cavidades.....	35
Fig. 9 Molde con una cavidad con eje de rotación exterior a la pieza.....	36
Fig. 10 Poleas Simples.....	44
Fig. 11 Polea de Gancho.....	45
Fig. 12 Polipasto para elevación de cargas.....	46
Fig. 13 Polea de Correa.....	47
Fig. 14 Poleas de Correas Planas.....	48
Fig. 15 Polea de Correa Trapezoidal.....	48
Fig. 16 Transmisión de movimiento en una lavadora.....	49
Fig. 17 Polea a producir con molde metálico.....	50
Fig. 18 Elementos del molde metálico para la fundición de poleas.....	55
Fig. 19 Bloques metálicos en bruto.....	59
Fig. 20 Torneado de la huella en los bloques.....	60
Fig. 21 Molde metálico soldado.....	61
Fig. 22 Agujeros para la sujeción de tapa y placas porta moldes.....	61
Fig. 23 Molde completo.....	68
Fig. 24 Soporte.....	69
Fig. 25 Grietas producidas por desigual enfriamiento.....	75
Fig. 26 Corte de un cilindro de motor, revelando la presencia de rechupes	77
Fig. 27 porosidades sobre una pieza.....	79
Fig. 28 Colado de la cera en el molde metálico.....	86
Fig. 29 Desmoldeo de la pieza.....	87
Fig. 30 Colado del aluminio en el molde metálico.....	88
Fig. 31 Desmoldeo de la pieza.....	89
Fig. 31.1 Piezas realizadas en el molde metálico.....	89

RESUMEN

La mejora continua en los procesos de producción de la industria metalmeccánica es importante para un constante desarrollo tecnológico del país, por lo cual bajo ese criterio se ha desarrollado el siguiente trabajo el cual muestra de una manera sencilla la construcción de un molde metálico para producir poleas por medio de la tecnología de la fundición.

Para esto se ha seguido una secuencia de construcción la cual contempla el dimensionamiento adecuado del molde de acuerdo al tamaño del modelo a producir para después continuar con la elección del método de construcción del molde metálico, para este proyecto se construirá el molde metálico por medio de la tecnología de mecanizado.

Otro aspecto a considerar es la elección adecuada del material considerando que debe ser un material que estará trabajando en caliente. Con la aplicación de estos puntos se podrá construir el molde metálico.

Después de poder materializar la idea se procede a la ejecución de las pruebas y ensayos los cuales nos indican los resultados que se obtienen mediante la utilización del molde metálico.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo está orientado a mejorar el proceso de construcción y la calidad de las poleas de Aluminio, ya que en la actualidad la construcción de poleas es muy costosa y tarda mucho tiempo su manufactura, ya que el método utilizado para su construcción es inadecuado, lo que genera el problema de productos de baja calidad y de costos sumamente elevados, por lo cual se tiene una producción deficiente y exceso de material desperdiciado.

Lo que se espera obtener con la construcción del molde metálico es mejorar la producción y calidad de poleas de aluminio y reducir costos de producción, tiempo de fabricación, y demás costos indirectos, obteniendo así una optimización de la producción, y por ende consiguiendo una fabricación en serie de dicho producto en consecuencia se puede añadir también la fácil operación de colado en el molde.

Para alcanzar la mejora en la producción y la calidad del producto se formula y se plantea una secuencia de pasos a desarrollar los cuales se muestran por capítulos.

Capítulo 1: Se menciona el material que se utilizara para la producción de poleas así como sus propiedades y los tipos de aleaciones existentes con dicho material y las aleaciones que se utilizan en la tecnología de la fundición.

Capítulo 2: En este capítulo detalla los diferentes procesos de fundición en los cuales interviene los moldes metálicos, así como sus principales características.

Capítulo 3: La definición de la pieza a producir y los diferentes modelos que esta pieza presenta de los cuales se eligió uno para su producción.

Capítulo 4: La construcción del molde metálico esta detallado en este capítulo así también se menciona su dimensionamiento y los principales parámetros para su construcción.

Capítulo 5: Este capítulo muestra los ensayos aplicados al molde metálico, como las condiciones necesarias para la utilización del mismo y los controles diarios requeridos en la fundición.

Capítulo 6: Conclusiones y recomendaciones obtenidas del proyecto desarrollado.

Con el perfecto desarrollo de los puntos mencionados se puede resolver los problemas anteriormente expuestos dando como resultado el mejoramiento del proceso de fabricación de poleas y por ende se resolvería los costos de producción, problemas de producción, y por consiguiente alcanzar un mejor nivel en la calidad del producto.

CAPITULO I

EL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES

El Aluminio y sus aleaciones se caracterizan por la relativamente baja densidad, elevadas conductividades eléctricas y térmicas y resistencia a la corrosión en algunos medios, incluyendo el atmosférico. A muchas de estas aleaciones se las puede dar forma diferente debido a su alta ductilidad, maleabilidad y buena colabilidad. Estas son las razones por las que este elemento hoy en día es uno de los más importantes dentro de la industria.

En este capítulo se realiza un estudio de las propiedades y aleaciones del aluminio y de manera especial las aleaciones para la fundición con lo cual se procede a seleccionar la aleación a utilizar para el fin propuesto.

1.1 ALUMINIO

El aluminio es un metal muy abundante en la corteza terrestre. Los compuestos de aluminio forman el 8% de la corteza de la tierra y se encuentran presentes en la mayoría de las rocas, de la vegetación y de los animales.

El aluminio puro es un metal suave, blanco y de peso ligero. Al ser mezclado con otros materiales como: silicio, cromo, tungsteno, manganeso, níquel, zinc, cobre, magnesio, titanio, circonio, hierro, litio, estaño y boro, se producen una serie de aleaciones con propiedades específicas que se pueden aplicar para propósitos diferentes.

El aluminio puede ser ligero, dúctil y maleable. Es un excelente conductor del calor y de la electricidad; sus temperaturas de fusión y ebullición son de 658°C y 2.467°C respectivamente. No se altera en contacto con el aire ni se descompone en presencia de agua, debido a que su superficie queda recubierta por una fina capa de óxido que lo protege del medio. Sin embargo, su reactividad con otros elementos es elevada: al entrar en contacto con oxígeno produce una reacción de combustión que origina una gran cantidad de calor, y al combinarse con halógenos y azufre da lugar a la formación de haluros y sulfuros.

Pero una de las mayores ventajas del aluminio es que puede ser reciclado una y otra vez sin perder su calidad ni sus propiedades.

1.2 PROPIEDADES DEL ALUMINIO

1.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS:

Este metal, de reflejos blancos azulados en el momento de seccionarlo, se marchita rápidamente al aire recubriéndose de una fina película de alúmina protectora susceptible de adquirir pulimentado.

Los cristales elementales del aluminio son de estructura cúbica centrada en las caras (FCC).

Sus principales características son:

- Peso específico: 2,7 kg/dm³
- Temperatura de fusión: 658 °C
- Calor de fusión: 95 kcal/kg
- Calor específico del sólido 0.24 kcal/kg°C
- Temperatura de ebullición: 2467 °C

El aluminio, desde el punto de vista de conductibilidad eléctrica, se coloca inmediatamente después del cobre y su coeficiente de conductibilidad equivale a 63 % del cobre.

La conductibilidad térmica elevada del aluminio, que sobrepasa notablemente la del hierro fundido, ha hecho que se prefiera aquel metal en la fabricación de aparatos culinarios.

1.2.2 PROPIEDADES QUÍMICAS:

Su gran afinidad para el oxígeno lo hace utilizar en la:

- Preparación de metales y aleaciones para aluminotermia.
- Desoxidación de baños de acero.
- Soldadura aluminotermica.

La presencia de una capa de alúmina de algunas centésimas de milímetro de espesor, al proteger la masa metálica contra una oxidación más intensa, hace que el aluminio sea prácticamente inalterable al aire.

Esta capa, que resiste la corrosión, constituye un aislante eléctrico. Es fuente de inconvenientes en las instalaciones. Vuelve a crearse tan pronto se la destruye. Este metal resistirá más a la corrosión de las soluciones salinas y del agua cuanto más puro sea. Estas diversas propiedades hacen de las aleaciones a base de aluminio sean de gran utilización en la industria.

1.2.3 PROPIEDADES MECÁNICAS:

En el estado bruto de colada, las propiedades mecánicas del aluminio son función de:

- La temperatura de colada.
- La sección de la pieza colada.
- La velocidad de solidificación.

La resistencia a la tracción del aluminio varía de 7 a 10 kg./mm.². Su límite elástico es del orden de 3,5 kg./mm.². Su alargamiento está comprendido entre 15 y 25% y la dureza Brinell alcanza HB= 20.

La débil resistencia a la tracción del aluminio, está compensada por su importante poder de alargamiento. Gracias a este último puede ser laminado, trefilado y forjado. Puede, además, emplearse en las formas más variadas: planchas, papel, polvo, tubos blandos, etc. Sin embargo, sus características mecánicas son débiles. Se las puede mejorar combinándolo con otros elementos.

1.2.4 PROPIEDADES TECNOLÓGICAS:

Las propiedades tecnológicas del aluminio puro lo hacen adecuado para el moldeo por fusión de entre estas propiedades las que se destacan son:

- Fusibilidad,
- Colabilidad
- Ductilidad
- Maleabilidad en frío y en caliente,
- Mecanizable con herramientas.

1.3 ALEACIONES DE ALUMINIO

1.3.1 GENERALIDADES:

El aluminio y sus aleaciones se adquieren o se seleccionan indicando primero la designación de la aleación, seguida de un código que indica cómo se procesa; esto último se expresa mediante lo que se conoce como designación de temple. Por tanto, antes que cualquier otra cosa, debemos conocer la aleación y las designaciones de temple. Así como las designaciones de los aceros son manejadas por el American Iron and Steel Institute (AISI), las designaciones del aluminio están a cargo de la Aluminum Association (AA) y se estipulan en la norma H35.1 del American National Standards Institute (ANSI).

Bajo la denominación de aleaciones ligeras se comprenden las aleaciones cuyo constituyente principal es el aluminio, y su peso específico a 20 °C es inferior a 3 kg/dm³.

Las principales aleaciones ligeras se describen detalladamente, no obstante dada la gran importancia que estas aleaciones tienen en todas las ramas de la industria moderna se ha considerado oportuno resumir aquí unas nociones relativas a sus constituyentes fundamentales.

Se las clasifica en función de:

a) Su utilización:

Dependiendo de la utilidad se las clasifica en dos grupos:

- En aleaciones trefiladas o forjadas.
- En aleaciones de fundición coladas:
 - En arena.
 - En coquilla
 - A presión

Si están destinadas a la laminación o al forjado, su elección, dependerá de:

- Su aptitud al trabajo en frío o en caliente.
- Sus características mecánicas.
- Su resistencia a la corrosión (caso de planchas utilizadas en la fabricación de recipientes).
- Su facilidad de mecanizado.

Las aleaciones de fundición se eligen según:

- Sus propiedades de fundición (colabilidad, aptitud a la contracción o a los rechupes).
- Sus características mecánicas.
- Su resistencia a la corrosión.
- Su facilidad de mecanizado.

b) Su aptitud al tratamiento térmico:

Se distinguirá en esta categoría las aleaciones ligeras utilizadas:

- Sin tratamiento térmico.
- Con tratamientos térmicos.

c) Su composición:

Según su componente principal, se denominan:

- Aleaciones al cobre.
- Aleaciones al silicio.
- Aleaciones al manganeso.
- Aleaciones al zinc.

1.3.2 DESIGNACIÓN DE LAS ALEACIONES

Las designaciones del aluminio y de sus aleaciones se basan en su calidad de productos forjados o productos fundidos (moldeados). En la tabla 1 se muestra el sistema de designación de las aleaciones forjadas, y en la tabla 2, el de las aleaciones fundidas.

DESIGNACIÓN	ELEMENTO PRINCIPAL DE ALEACIÓN
1XXX	Ninguno aluminio al 99.00% mínimo.
2XXX	Cobre (Cu)
3XXX	Manganeso (Mn)
4XXX	Silicio (Si)
5XXX	Magnesio (Mg)
6XXX	Magnesio (Mg) Calcio (Ca)
7XXX	Zinc (Zn)
8XXX	Otros elementos
9XXX	No se usa

Tabla 1 Designación de aleaciones de aluminio forjadas

DESIGNACIÓN	ELEMENTO PRINCIPAL DE ALEACIÓN
1XX.Y	Ninguno aluminio al 99.00% mínimo.
2XX.Y	Cobre (Cu)
3XX.Y	Si-Mg ; Si-Cu ; Si-Cu-Mg
4XX.Y	Silicio (Si)
5XX.Y	Magnesio (Mg)
7XX.Y	Zinc (Zn)
8XX.Y	Estaño (Sn)
9XX.Y	Otros elementos
6XX.Y	No se usa

Tabla 2 Designación de aleaciones de aluminio fundidas

1.3.3 ALUMINIO Y ALEACIONES DE ALUMINIO FORJADOS

El sistema de designación de cuatro dígitos se inicia con un primer dígito que indica la adición de aleación principal del aluminio. El primer dígito "1" designa el aluminio no aleado o prácticamente puro, y los dígitos del 2 al 8 designan las aleaciones de aluminio que contienen el o los elementos de aleación principales que se indican en la tabla 1.

En el caso de las aleaciones 1XXX de aluminio prácticamente puro, con un contenido mínimo de 99.00 por ciento de aluminio, las dos últimas XX de la designación corresponden a los dos dígitos que siguen al punto decimal del contenido mínimo de aluminio. Por tanto, el contenido mínimo de aluminio es de 99.XX por ciento, expresado con una exactitud de 0.01 %. La primera X o el segundo dígito de la designación de cuatro dígitos representan cierto control de la composición. Un "0" significa que no se controlan los límites de impurezas naturales.

Un segundo dígito "del 1 al 9", que se asigna consecutivamente según se necesita, representa un control especial o una adición de una o más impurezas individuales. En el caso de las aleaciones de aluminio de las 2XXX a las 8XXX, las dos últimas XX no tienen un significado especial; representan sólo un tipo determinado de aleación del grupo (por ejemplo, los elementos de aleación principales son los mismos). Un cero como valor de la primera X o del segundo dígito de la designación de cuatro dígitos representa la primera aleación de las que tienen las mismas adiciones de aleación principales (mismas dos últimas XX). Un segundo dígito "del 1 al 9" representa una modificación de la composición de la aleación original. La AA sigue reglas explícitas para determinar si una composición propuesta es una modificación de una aleación ya registrada, o si es una aleación totalmente nueva.

1.4 DESIGNACIONES DE TEMPLE

El tratamiento del aluminio y de sus aleaciones se codifica mediante letras y números, y se indica en seguida de las designaciones de aleación después de un guión. El código de letras con números constituye la *designación de temple*, e indica precisamente cómo se va a tratar el material. Aunque algunas de las designaciones no son aplicables a todas las aleaciones, las designaciones de temple son aplicables en general a los productos tanto forjados como fundidos.

1.4.1 DESIGNACIONES DE TEMPLE BÁSICAS. Los tratamientos apropiados se indican mediante los códigos de letras siguientes:

- *F, fabricado tal cual.* Se asigna una *F* a los productos los que se ha dado forma mediante procedimiento de trabajado en frío, trabajado en caliente o moldeados, en los cuales no se aplicó un control especial a las condiciones térmicas o al endurecimiento por deformación. En el caso de los productos forjados, exista límites en cuanto a las propiedades mecánicas.

- *O, recocido.* Se asigna una *O* a los productos que han sido recocidos para conseguir la menor resistencia y los productos fundidos **que son reconocidos mejoran su ductilidad y su** estabilidad dimensional. La *O* puede ir seguida de un dígito distinto de cero.
- *H, endurecido por deformación (sólo para producto forjados).* La *H* indica productos que han sido endurecidos por trabajo en frío o por deformación, con o sin tratamiento térmico complementario para reducir la resistencia en alguna medida. La *H* siempre va seguida de dos o más dígitos que indican el tratamiento y el grado de trabajo en frío o de endurecimiento por deformación.
- *W, térmicamente tratado por disolución.* La *W* indica una condición inestable aplicable sólo a las aleaciones cuya resistencia cambia de forma natural (espontánea) a temperatura ambiente a lo largo de un periodo de meses o incluso años después del tratamiento por disolución. La designación es específica sólo si se indica el periodo de envejecimiento natural; por ejemplo: *W 1/2h*.
- *T, térmicamente tratado por disolución.* La *T* se asigna a las aleaciones cuya resistencia mecánica es estable en el término de unas pocas semanas después del tratamiento por disolución. La *T* siempre va seguida de uno o más dígitos.

1.5 ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICIÓN

El aluminio y las aleaciones de aluminio fundidos se designan mediante tres dígitos, *XXX*. Un cuarto dígito, *Y*, separado por un punto decimal, (ver tabla 2) indica la composición de una pieza fundida o de un lingote. *Y = 0* indica la composición de la aleación de una pieza fundida, en tanto que *Y = 1* o *2* indica la composición de aleaciones específicas en lingotes que quizá tendrán que ser derretidos en el taller de fundición.

Al igual que en las designaciones para materiales forjados, la primera *XXX* de la designación de tres dígitos indica la adición de aleación principal; el "1" designa el aluminio no aleado o prácticamente puro, y los dígitos del 2 al 8 designan las aleaciones de aluminio que contienen el o los elementos de aleación principales

que se indican en la tabla 2. En el caso de piezas fundidas o lingotes de aluminio prácticamente puro, los dos últimos dígitos del código de tres dígitos, 1XX, tienen el mismo significado que en las aleaciones forjadas (los números que siguen al punto decimal en la composición mínima del aluminio, como en 99.XX por ciento, expresada con una exactitud de 0.01 %). En el caso de piezas fundidas o lingotes de aleaciones, los dos últimos dígitos de las designaciones 2XX a las 8XX se asignan de forma arbitraria para indicar ciertos tipos de aleaciones de la familia o grupo. Las modificaciones a las designaciones de aleación originales se representan mediante prefijos de letras mayúsculas que se agregan al código de tres dígitos, y que se indican en secuencia a partir de A, B, C, y así sucesivamente, pero omitiendo las letras I, O, O y X; la X se reserva para las aleaciones experimentales.

Las aleaciones de aluminio para moldeo se basan en los mismos sistemas de aleación que las que se emplean para piezas forjadas, a excepción de la ausencia de manganeso como elemento de aleación principal.

También se clasifican como aleaciones no termotratables y termotratables. Puesto que los productos son piezas fundidas, las aleaciones no termotratables no se endurecen por trabajado en frío. En la tabla 3 se muestran las aplicaciones típicas de las piezas fundidas de aleación de aluminio.

Las aleaciones 3XX son las que más se utilizan para piezas fundidas de aluminio, del mismo modo que las aleaciones 3XXX son para productos forjados. Como se indica la diferencia entre estas dos aleaciones radica en su elemento de aleación principal. Las aleaciones forjadas contienen manganeso, en tanto que las aleaciones fundidas tienen silicio. El silicio al combinarse con el aluminio tienen un efecto que proporcionan la fluidez y la moldeabilidad de estas aleaciones de aluminio para moldeo que contienen silicio y que son de gran volumen (en términos de mercado). El contenido de silicio desde alrededor de 4% hasta un 12% reduce las pérdidas por desperdicio, permite la producción de formas mucho más complicadas con una variación más amplia en cuanto a espesor de sección, y produce piezas fundidas de mayor calidad superficial e interna.

Mongonom

Aplicaciones representativas de las aleaciones de aluminio para fundición

100.0 Rotores eléctricos de más de 152 mm (6 pulg.) de diámetro
201.0 Elementos estructurales: tapas de cilindros y pistones; cajas para engranajes, bombas y equipo aeroespacial
208.0 Piezas fundidas para usos generales; cuerpos de válvula, múltiples y otras piezas estancas a la presión
222.0 Bujes; piezas de medidores; cojinetes; tapas de cojinete; pistones de automóvil; tapas de cilindros
238.0 Soleras de base para planchas eléctricas manuales
242.0 Pistones para servicio pesado; tapas de cilindros enfriadas por aire; carcasas para generador de aviación
A242.0 Pistones diesel y de aviación; tapas de cilindros enfriadas por aire; carcasas para generador de aviación
B295.0 Cajas para engranajes; accesorios de aviación; bielas de compresora; bastidores de asiento de vagón de ferrocarril.
308.0 Piezas fundidas en molde permanente para usos generales; rejillas ornamentales y reflectores
319.0 Cárrteres de motor; tanques de gasolina y de aceite; colectores de aceite; piezas de motor
332.0 Pistones de automóvil y para servicio pesado; poleas, garruchas
333.0 Piezas de medidores y reguladores de gas; bloques de engranes; pistones; piezas fundidas de automóvil en general
354.0 Piezas fundidas de óptima resistencia mecánica para la industria aeroespacial.
355.0 De arena: pistones de compresores de aire; planchas de fondo de prensas de imprenta; camisas de agua; cárrteres. Permanente: impulsores, accesorios de aviación; engranajes de distribución; carcasas de compresores de motor de reacción
356.0 De arena: volantes fundidos; cajas de transmisión de automóvil; colectores de aceite; cuerpos de bomba.
Permanente: piezas de máquinas herramientas; ruedas de avión; piezas

fundidas para bastidores de avión; barandillas de puente
A356.0 Piezas estructurales que requieren gran resistencia mecánica; piezas de máquinas; piezas de chasis de camión
357.0 Aplicaciones que requieren resistencia a la corrosión y estanqueidad a la presión
359.0 Piezas fundidas de gran resistencia mecánica para la industria aeroespacial
360.0 Piezas de motor fuera de borda; cajas para instrumentos; placas de cubierta; piezas fundidas marinas y de aviación.
A360.0 Placas de cubierta; cajas para instrumentos; piezas de sistemas de irrigación; piezas de motor fuera de borda; bisagras
380.0 Cubiertas para podadoras de césped y transmisores de radio; piezas fundidas de frenos de aire; cajas de engranajes
A380.0 Aplicaciones que requieren gran resistencia mecánica a temperaturas altas.
384.0 Pistones y otras aplicaciones de servicio severo; transmisiones automáticas
390.0 Pistones, bloques, múltiples y tapas de cilindros de motores de combustión interna
413.0 Aplicaciones arquitectónicas, ornamentales y marinas, y equipo para alimentos y productos lácteos.
A413.0 Pistones de motor fuera de borda; equipo dental; cubiertas para alumbrado público.
443.0 Utensilios de cocina; accesorios de tubería; accesorios marinos; cilindros neumáticos; cuerpos de carburador.
514.0 Accesorios para uso químico y de alcantarillado; equipo para manejar productos lácteos y alimentos; cilindros neumáticos.
A514.0 Vaciado en molde permanente de accesorios arquitectónicos y herrería ornamental.
518.0 Piezas fundidas arquitectónicas y ornamentales; piezas de transportadores; piezas fundidas marinas y de aviación.
520.0 Accesorios para aviones; bastidores de vagón de ferrocarril para

pasajeros; secciones de bastidor de camiones y autobuses.
535.0 Piezas de instrumentos y otras aplicaciones donde la estabilidad dimensional es importante.
A712.0 Piezas fundidas para usos generales que requieren soldadura fuerte posterior.
713.0 Piezas de automóvil; bombas; piezas de tráiler; equipo para explotación de minas.
850.0 Bujes y chumaceras para ferrocarril.
A850.0 Cojinetes de laminadora y aplicaciones similares.

Tabla 3 Aplicaciones representativas de las aleaciones de aluminio para fundición.

Aunque se ha creado un gran número de aleaciones de aluminio para moldeo, los siguientes son los tipos fundamentales:

1.5.1 ALEACIONES 1XX.0: Hay una sola aplicación importante del aluminio fundido comercialmente puro, la cual se basa en su gran conductividad eléctrica. El aluminio se utiliza en forma de anillos colectores y barras conductoras, las cuales se moldean de forma integral con laminaciones de acero para producir los rotores de ciertos tipos de motores eléctricos. La mayor parte de los rotores de motor de aluminio se produce con miras a un rendimiento eléctrico controlado con mínima incidencia de micro contracción y grietas durante el moldeo. Con base en esto, se utilizan sobre todo las aleaciones puras minuciosamente controladas 100.0 (99.00% mín. de Al), 150.0 (99.50% mín. de Al) y 170.0 (99.70% mín. de Al). La aleación 100.0 contiene una cantidad significativamente mayor de hierro y otras impurezas para mejorar la moldeabilidad y la resistencia al agrietamiento y para reducir la contracción. Por la misma razón, la aleación 150.0 tiene un mejor comportamiento en el moldeo que la aleación 170.0. Debido a la mejor moldeabilidad de la 100.0, se recomienda para rotores de más de 152 mm (6 pulg.).

Aunque los defectos de moldeo notorios pueden afectar de modo adverso el rendimiento eléctrico, la conductividad de las aleaciones está controlada de forma casi exclusiva por las impurezas en solución sólida.

1.5.2 ALEACIONES 2XX.0: La ventaja de la adición de cobre a esta aleación radica en que mejora la resistencia y la dureza a temperaturas elevadas; por tanto, las aleaciones 2XX.0 encuentran aplicación en ambientes de alta temperatura. Estas aleaciones son termotratables cuando la aleación contiene de 4 a 5 % de cobre. Sin embargo, su fluidez es limitada y su moldeabilidad es marginal, lo que requiere un cuidadoso control de los bebederos y una generosa alimentación al canal de mazarota para asegurar una pieza moldeada sólida. Además, es difícil obtener piezas estancas a la presión de diseño intrincado; su resistencia al agrietamiento en caliente es relativamente mala, y son susceptibles al agrietamiento por corrosión con esfuerzo. Debido a estas características, se suele sustituir las aleaciones 2XX por aleaciones 3XX.

La aleación 295 con 4.5% de Cu fue la aleación inicial que se utilizó para muchas piezas fundidas de aluminio. La aleación 296, con la adición de 0.6% de Si a la aleación 295, mejoró la resistencia al agrietamiento en caliente en las fundiciones en molde permanente. Sin embargo, estas aleaciones ya han sido reemplazadas por las aleaciones 355 y 356, que tienen propiedades mecánicas similares pero menor densidad relativa, mejor resistencia a la corrosión y características de moldeo superiores.

La aleación 222, con mayor contenido de cobre, de alrededor del 10 %, se creó para utilizarse en la fabricación de pistones para motores de combustión interna. Sin embargo, ha sido sustituida en esta aplicación por las aleaciones 332,336 y 339, y en menor medida por la 242 y la A242. Las aleaciones 230,242, A242 y 243 también tienen gran resistencia mecánica y dureza a temperaturas elevadas, lo que justifica su uso como pistones de motores diesel y culatas de cilindro enfriadas con agua de motores de avión.

Las aleaciones 201, A206, 224 y 249 son creaciones recientes que presentan resistencias a la tensión significativamente mayores que las de todas las aleaciones de aluminio de fundición anteriores, y se utilizan para moldear piezas de primera calidad para vehículos aeroespaciales.

1.5.3 ALEACIONES 3XX.0: Debido a que estas aleaciones contienen silicio con cobre o magnesio, tienen buena moldeabilidad y al mismo tiempo son endurecibles por tratamiento térmico. Por estas razones, estas aleaciones se utilizan en buena parte para elaborar piezas fundidas de aluminio.

1.5.3.1 ALEACIONES DE SI-CU: El silicio proporciona excelentes características de moldeo, en tanto que el cobre imparte una resistencia moderadamente grande y mejor labrabilidad, aunque a expensas de una reducción de la ductilidad y de la resistencia a la corrosión. Las aleaciones 319 (6%Si-3.5%Cu) y 380 (8.5%Si-3.5%Cu) son los materiales de uso general para piezas fundidas de aluminio. La aleación 319 es la que se prefiere para el vaciado en moldes de arena; en cambio, la aleación 380 goza de preferencia para la fundición en matriz. Las aleaciones 308, 383 y 384, así como sus variantes, que pueden contener hasta 3 % de zinc y otros elementos, son otros materiales para fundición en matriz. Para el vaciado en molde permanente se recomienda la aleación 333 (9.0%Si-3.5%Cu). Muchas piezas fundidas de estas aleaciones (319, 380 y 333) se suministran con el temple F, la condición de moldeo tal cual. Algunas piezas fundidas se tratan térmicamente al temple T5 para mejorar su dureza, su labrabilidad y la estabilidad de sus propiedades. Se puede mejorar en grado considerable la resistencia de todas las aleaciones mediante un temple T6 completo.

1.5.3.2 ALEACIONES DE SI-MG. Estas aleaciones se endurecen por efecto del siliciuro de magnesio, Mg_2Si , del mismo modo que las aleaciones forjadas 6XXX. La que goza de más aceptación entre éstas es la 356 (7%Si-0.3%Mg) y la A356, de mayor pureza. Estas aleaciones tiene excelente moldeabilidad, soldabilidad, estanqueidad a la presión y resistencia a la corrosión. Son termotratables a fin de obtener diversas combinaciones de propiedades de tensión y físicas que son atractivas para muchas aplicaciones, incluso piezas de aviones y de automóviles. La aleación 357 es similar a la 356, pero con más magnesio (0.5 %Mg) y puede tratarse térmicamente a un nivel de resistencia más elevado. Las versiones de alta pureza de ambas aleaciones, A356 y A357, ofrecen mayor ductilidad y se

cuentan entre los materiales de primera calidad para fundición en arena y en moldes permanentes que se especifican para aplicaciones militares y de aviación.

Otras aleaciones del grupo de las de aluminio-silicio-siliciuro de magnesio son la 359 (9%Si-0.6%Mg), la aleación 360 (10.5%Si-0.5%Mg) para fundición en matriz, la A360 (con menos hierro que la 360) y la 364 (8.5%Si-0.3%Mg-0.4%Cr-0.03%Be). La resistencia a la corrosión de estas aleaciones de Al-Si-Mg es mejor que la de las aleaciones de Al-Si-Cu 319 y 380 para usos generales.

1.5.3.3 ALEACIONES DE SI-MG-CU. La combinación de magnesio y cobre ofrece un aumento de resistencia mayor durante el tratamiento térmico que el cobre o el magnesio solo. Sin embargo, la mayor resistencia se consigue con cierto sacrificio de la ductilidad y la resistencia a la corrosión.

De este grupo, son aleaciones representativas para moldes de arena y permanentes la 355 (5%Si-1.3%Cu-0.5 %Mg) y la versión de mayor resistencia a la tensión C355 (que también es una aleación para moldeo de primera calidad). Los ventiladores de enfriamiento para motor de tanque, así como las piezas e impulsores giratorio de alta velocidad se fabrican de C355. Cuando se aplican procedimiento de moldeo de primera calidad, se pueden obtener propiedades de resistencia a la tensión aún mejores con la aleación 354 (9%Si-1.8%Cu-0.5%Mg) tratada térmicamente.

Los pistones para motor de combustión interna se fabrican de aluminio 332 (9.5%Si-3%Cu-1%Mg) fundido en molde permanente. La aleación 336, con más silicio y con adición de níquel (12%Si-2.5%Ni-1%Cu-1%Mg), se utiliza en motores diesel y en otros de mayor rendimiento. La 336 tiene mejores propiedades a temperaturas elevadas, un coeficiente de expansión más pequeño y mejor resistencia al desgaste. Los pistones se utilizan normalmente con el temple T5 o una variante de éste, como elT55a, a fin de aumentar la dureza, mejorar la labrabilidad e impartir estabilidad al crecimiento.

1.5.4 ALEACIONES 4XX.0: Éstas son principalmente aleaciones binarias de aluminio-silicio que se clasifican en: (a) *aleaciones eutécticas e hipoeutécticas* (<12%Si) y (b) *hipereutécticas* (>12%Si). Estos materiales presentan gran resistencia a la corrosión, buena soldabilidad y baja densidad específica, pero ofrecen cierta dificultad para el maquinado.

1.5.4.1 ALEACIONES EUTÉCTICAS E HIPOEUTÉCTICAS. Las aleaciones 413, 443 y 444 son las aleaciones binarias de aluminio importantes. La aleación 443 (5.3%Si, aleación hipoeutéctica) puede utilizarse en todos los procesos de moldeo de piezas que requieren buena ductilidad, resistencia a la corrosión y estanqueidad a la presión considerada como más importante que la resistencia mecánica. Las aleaciones 413 y A413 (12%Si, aleación eutéctica) para fundición en matriz también presentan buena resistencia a la corrosión, y son mejores que la aleación 443 en términos de moldeabilidad y estanqueidad a la presión. La aleación A444 (7%Si-0.2%Fe máx.) tiene buena resistencia a la corrosión y, especialmente, gran ductilidad cuando se vacía en molde permanente y se trata térmicamente a la condición T4. También se selecciona cuando la resistencia al impacto es una consideración primordial.

1.5.4.2 ALEACIONES HIPEREUTÉCTICAS. Estas aleaciones binarias de aluminio-silicio tienen notable resistencia al desgaste, menor coeficiente de expansión térmica y buenas características de moldeo. Se han utilizado en Europa durante años para fabricar pistones y en aplicaciones similares a alta temperatura. En Estados Unidos, se han empleado aleaciones como la 393 (22%Si-2.3%Ni-1%Mg-0.1%V) en aplicaciones similares desde hace mucho tiempo.

A principios de los años setenta, el primer bloque de motor todo de aluminio, sin forros de hierro ni electro-chapeado del ánima de los cilindros se fabricó con la aleación 390 (17%Si-4.5%Cu-0.5%Mg). Desde entonces, los motores de muchos automóviles de primera calidad han sido proyectados y manufacturados con la aleación 390 utilizando la misma tecnología de ánima desnuda. El uso de la aleación 390 obedece en parte a sus destacadas características de desgaste y a su resistencia. En la actualidad, la 390 se utiliza extensamente en motores

pequeños (por ejemplo, sierras de cadena), separadores de discos de computadora, pistones para compresoras de aire acondicionado, cajas de compresora de aire, cilindros maestros de frenos, bombas y otros componentes de transmisiones automáticas.

1.5.5 ALEACIONES 5XX.0: Estas aleaciones contienen magnesio como elemento de aleación principal y se caracterizan por su excelente resistencia a la corrosión, buena labrabilidad y atractiva apariencia. Al igual que las aleaciones con magnesio forjadas, las 5XX.0 son especialmente buenas para aplicaciones marinas y de agua de mar, y sus propiedades de resistencia y tenacidad son de moderadas a altas. Estas aleaciones son idóneas para conjuntos soldados y suelen emplearse para satisfacer necesidades arquitectónicas y de otra índole decorativa o de construcción por su atractiva apariencia cuando han sido anodizadas (véanse otras aplicaciones en la tabla 3).

En comparación con las aleaciones 3XX y 4XX, las aleaciones 5XX requieren más cuidado en el control de los bebederos, en la ubicación y tamaño correctos de los canales de mazarota, y en la provisión de mejor enfriamiento para producir piezas fundidas sólidas. Para conseguir la óptima resistencia a la corrosión, es necesario preparar estas aleaciones con metales de alta calidad y bajo contenido de impurezas, así como manejarlas con gran cuidado en el taller de fundición. Se necesita controlar muy bien el derretimiento y el vertido en la práctica para compensar la mayor tendencia a la oxidación de estas aleaciones (magnesio) en estado de fusión. La importancia de este cuidado se acentúa porque muchas de las aplicaciones de estas aleaciones requieren pulimentado o un acabado de superficie fino, para lo cual los defectos causados por inclusiones de óxidos son especialmente indeseables. La moldeabilidad relativamente pobre de estas aleaciones, así como las prácticas especiales de taller de fundición que son necesarias para producir piezas fundidas de calidad, aumentan el costo de las piezas moldeadas de estas aleaciones y las hacen menos deseables, a menos que sean absolutamente necesarias.

1.5.6 ALEACIONES 7XX.0: El principal elemento de aleación en estos materiales es el zinc, aunque también contienen un poco de magnesio; por tanto, son fundamentalmente aleaciones de aluminio-zinc-magnesio. Estas aleaciones envejecen de forma natural (endurecimiento por precipitación a temperatura ambiente) hasta un nivel de resistencia razonable sin tratamiento térmico por disolución, por lo cual son útiles para elaborar piezas fundidas con formas difíciles de tratar térmicamente por disolución y templar sin que se agrieten y deformen. Estos materiales tienen buena labrabilidad y alto punto de fusión, por lo cual son idóneos para piezas fundidas que se van a ensamblar por soldadura fuerte. No obstante, tienen los mismos problemas de moldeabilidad y de procedimientos de manejo especiales que las aleaciones 5XX.0.

1.5.7 ALEACIONES 8XX.0: Estas aleaciones que contienen estaño se eligen para cojinetes y bujes porque tienen gran capacidad para soportar carga y gran resistencia a la fatiga. También presentan una excelente resistencia a la corrosión causada por los aceites lubricantes de motor de combustión interna en comparación con la mayor parte de los otros metales de composición para cojinetes. Las cuatro aleaciones de esta familia pueden vaciarse en moldes tanto de arena como permanentes. Sin embargo, se necesita un cuidadoso control de los bebederos y de otras prácticas de vaciado para producir piezas moldeadas sólidas y vencer su marcada susceptibilidad al agrietamiento en caliente. Con las aleaciones 850 y 851 se fabrican principalmente bielas y cojinetes de cárter para motores diesel. Las aleaciones 852 y 853 tienen mayor resistencia a la cedencia y dureza, y se utilizan para fabricar cojinetes de rodillos para camiones.

1.6 PARAMETROS DE SELECCIÓN PARA ALEACIONES DE ALUMINIO UTILIZADAS EN FUNDICIÓN

Los cuatro factores principales que influyen en la selección de aleaciones para aplicaciones de moldeo son las siguientes:

- Consideraciones de proceso de moldeo y de diseño: incluyen fluidez, resistencia al rasgado en caliente, intervalo de solidificación y soldadura con matriz (en el moldeo en matriz).
- Requisitos de propiedades mecánicas: incluyen resistencia mecánica y ductilidad, posibilidad de tratamiento térmico y dureza.
- Requisitos de servicio: incluyen características de estanqueidad a la presión, resistencia a la corrosión, tratamientos de superficie, estabilidad dimensional y estabilidad térmica.
- Economía: incluye labrabilidad, soldabilidad, costos en lingote y de fusión y tratamiento térmico.

1.7 SELECCIÓN DE LA ALEACIÓN DE ALUMINIO A UTILIZAR.

Las aleaciones del tipo 3xx y 4xx son excelentes aleaciones para la utilización en molde permanente debido a que las mismas contienen aleantes como, silicio, cobre, magnesio.

Los mismos que proporcionan:

- Buena moldeabilidad
- Fluidez,
- Pocos gases, y además se las puede obtener en el mercado local.

La aleación de aluminio que se utilizará en este proyecto es la aleación de aluminio silicio de un 12 a 13% de silicio se encuentra en lugar preponderante en la fundición de aleaciones, ligeras. Se denomina Alpax o Silumin. Su colabilidad es elevada, nulo su intervalo de solidificación y débil su contracción lineal: 11%. Su resistencia mecánica, comparada a la de las demás aleaciones ligeras de fundición, es considerable, y su resistencia a la corrosión satisfactoria frente a las aleaciones Al-Cu. Estas cualidades apreciables han hecho generalizar su empleo

en fundición. Se utiliza especialmente para la colada de piezas complicadas y que tengan partes delgadas. Sus características varían, según sea colada en arena o en coquilla:

Colada en arena:

$$R_t = 16 \text{ a } 18 \text{ kg./mm}^2$$

$$E = 8,5 \text{ a } 9 \text{ kg./mm}^2$$

$$A = 4 \text{ a } 6\%.$$

Colada en coquilla:

$$R_t = 18 \text{ a } 22 \text{ kg}$$

$$E = 12 \text{ a } 13 \text{ kg./mm}^2$$

$$A = 6 \text{ a } 12\%.$$

Donde:

R_t = Resistencia a la Tracción (Kg. /mm.²)

E = Límite Elástico (kg. /mm.²)

A = Alargamiento (%)

CAPITULO II

MOLDES METÁLICOS

La fundición en moldes permanentes es utilizada para la producción masiva de piezas de pequeño o regular tamaño, de alta calidad y con metales de baja temperatura de fusión. Sus ventajas son que tienen gran precisión y son muy económicos, cuando se producen grandes cantidades.

La fundición en molde permanente usa un molde metálico construido en dos secciones que están diseñadas para cerrar y abrir con precisión y facilidad. Los moldes se hacen comúnmente de acero o hierro fundido. Los metales que se funden comúnmente en molde permanente son: aluminio, magnesio y aleaciones de cobre.

En este capitulo se realiza un estudio de los moldes permanentes, de sus características y propiedades para finalmente seleccionar el molde a construir.

2.1 GENERALIDADES

Los moldes metálicos son un sistema de moldeo, que es perfecto para el colado de aleaciones con punto de fusión inferior a 800° C por lo general se funden aleaciones de aluminio, magnesio, cobre, **hierro fundido**, aunque presenta inconvenientes para el colado de aleaciones férricas, ya que las coquillas mismas son de aleaciones férricas.

Para las piezas de hierro de forma muy sencilla y de fácil desmoldeo, se han podido realizar moldes metálicos apropiados, revestidos con refractario recubiertos con un enlucido espeso. Este último será lo que únicamente se deteriorará durante la colada, por lo que habrá que proceder cada vez a su reparación, obteniéndose así un molde semipermanente.

La finalidad principal de un molde metálico es:

- Una producción rápida y constante.
- Precisión en las dimensiones de las piezas, que no se puede a veces obtener con el moldeo en arena.
- Características mecánicas mejoradas en relación con el moldeo en arena. Estas mejoras son debidas al enfriamiento más rápido de la

aleación colada en contacto con las paredes metálicas del molde, lo que genera una estructura de grano más fino, de esta forma pueden producirse fundiciones más resistentes.

- Una simplificación y una reducción del mecanizado. Conviene no obstante señalar que es difícil suprimirlo totalmente.
- Reducción del costo de la pieza acabada.

2.2 PROPIEDADES DE LOS MOLDES METÁLICOS

2.2.1 INDEFORMABILIDAD DEL MOLDE.- Durante el uso, cada parte del molde bajo el efecto del calentamiento desigual de sus caras, tiende a tomar una desviación que desaparece en el enfriamiento, pero que perjudica a la precisión de las piezas. Se corre peligro de que aparezcan fugas de metal, sobre todo si el margen entre los bordes de las partes de la coquilla y la impresión es escasa.

Las deformaciones en curso de colada se atenúan por un espesor suficiente del molde o por nervios. Los nervios pueden presentar inconvenientes; crean irregularidades en el poder de enfriamiento del molde; se corre el peligro de trabajar demasiado y de que se rompan. Los moldes de gran espesor y sin nervios son los mejores y los más duraderos.

2.2.2 DESPULLA O SALIDA. Se llama despulla en un punto P, a la pendiente del ángulo que forma la superficie con la dirección de desmoldeo, es conocido también como ángulo de salida.

Cada parte del molde debe estar «en despulla», es decir, debe tener una superficie de inclinación orientada en todos sus puntos para que permita el desmoldeo.

En las zonas donde la contracción de la pieza tiende a despegar a ésta del molde, es deseable una despulla por lo menos del 5 %. El mínimo es del 2 % en el caso de grandes longitudes de desmoldeo. Puede alcanzarse hasta el 1 % para longitudes de desmoldeo inferiores a 50 mm.

En las zonas donde la contracción de la pieza tiende a apretar a ésta contra el molde, es deseable una despulla del 8 %, siendo el mínimo de un 4 %.

2.2.3 CONTRACCIÓN LINEAL.- Se dice que a la impresión del molde se dan cotas superiores a las que se obtendrán sobre la pieza fría. La desviación se llama *contracción lineal*. Es, aproximadamente, la diferencia entre la contracción de la pieza después de la solidificación y la dilatación que la coquilla sufre en el calentamiento.

La contracción de la coquilla está influenciada por todo lo que se opone a la libre contracción del metal en el molde, principalmente los machos.

Para una aleación dada, la contracción varía un poco con la forma de la pieza. En una pieza dada, la contracción no es totalmente idéntica en todas las direcciones.

2.2.4 DURACIÓN DEL MOLDE.- La duración de un molde depende mucho del tipo de utillaje y de los cuidados que se tengan en su empleo. Un molde mecanizado, cuyos elementos están dirigidos y sometidos a fuerzas bien centradas, dura mucho más que un molde manejado con medios rudimentarios.

La vida del molde depende también de la aleación que se cuele; algunas aleaciones como el A-S13 se cierran más sobre los machos y los relieves de la coquilla, por lo cual trabajan más.

A veces se considera que una coquilla bien hecha y bien utilizada debe servir para 20 000 ó 40 000 piezas sin retoques importantes (considerando aparte los machos). Estas cifras son susceptibles de superación si la coquilla está mecanizada.

2.3 TIPOS DE MOLDEO PARA MOLDES METÁLICOS

Existen diferentes procedimientos utilizados en el moldeo en coquilla.

- Moldeo por inversión.
- Moldeo Cothias.
- Moldeo en coquilla por gravedad.
- Moldeo en coquilla y a presión.
- Moldeo por centrifugación.

2.3.1 MOLDEO POR INVERSIÓN

Este procedimiento consiste en llenar un molde metálico de cinc líquido muy puro que se invierte instantes después en el horno. Una película de metal queda adherida a las paredes del molde. Se tiene así la posibilidad de obtener, sin emplear noyos, piezas delicadas, completamente vaciadas y de buen aspecto exterior. Las coquillas están formadas por numerosas piezas dispuestas en una envoltura metálica. Después del completo desmoldeo, se reconstituye el molde y puede comenzarse una nueva colada. Las coquillas, hechas en bronce, permiten obtener objetos de cinc que, después de darles un baño de cobre, imitan los broncees artísticos. Se conocen en el comercio con el nombre de "broncees de imitación". El molde coquilla va montado sobre dos ejes fijados a la tolva-envoltura.

La superficie externa de la pieza se limpia y luego se sumerge en un baño electrolítico donde se recubre con una capa de latón y luego con una fina película de estaño. Se obtiene así en el exterior de la pieza una capa electrolítica de bronce.

Este procedimiento exige el empleo de huellas susceptibles de dar moldes de amplia abertura superior y que no presentan estrangulamiento en el curso del descenso en el molde, de donde se deriva la necesidad de fragmentar los objetos. Se cuelan troncos, cuerpos y brazos, que serán fáciles de soldar con estaño antes del patinado. Las mismas partes de cuerpo pueden servir para montar objetos diferentes.

Tal procedimiento se utiliza para la colada de objetos baratos o de piezas de noyotaje difícil (picos de cafeteras). Se aplica con dificultad a las aleaciones ligeras y no se emplea para aleaciones cuprosas. Los objetos de aluminio necesitan coquillas de hierro fundido.

2.3.2 MOLDEO COTHIAS

El molde, en metal, está sólidamente cerrado. Presenta en la parte superior una amplia abertura, generalmente cilíndrica y sin estrangulamiento hasta la huella.

La cantidad de metal líquido necesario para realizar la pieza se vierte en el molde caliente.

Un pistón, ajustado en el orificio superior y hundiéndose en el molde, empuja el metal y obliga a éste a adaptarse a la forma de la huella. Este procedimiento permite la fabricación de piezas sanas, con formas nítidas, pero exige moldes de forma abierta y se aplica con dificultad a las aleaciones con elevado punto de fusión. Encuentra una de sus aplicaciones en el moldeo de cubilotes de vidrio en máquinas automáticas.

2.3.3 MOLDEO EN COQUILLA POR GRAVEDAD

Este procedimiento, consiste en sustituir los moldes de arena en la fundición ordinaria por gravedad, por moldes metálicos. También se puede entender como método de fundición en moldes duraderos que permite la fabricación más racional de piezas de fundición mediante un uso repetido de los moldes, aumentando la exactitud en las medidas y mejorando la naturaleza de la superficie. Al mismo tiempo, resulta también una ventaja del punto de vista de la figura de la estructura y con ello de la resistencia, del límite de fluencia y de la dureza. La fundición en coquilla se aplica especialmente para metales ligeros (Al, Mg) así como aleaciones de metales pesados.

Bajo ciertas condiciones es posible la fabricación en serie de piezas de hierro fundido, por el método de fundición a coquilla. Las piezas están exentas de dureza en los bordes, son compactas, mecanizables, exactas y pueden ser fundidas en serie siempre que se trate de piezas de poco peso, hasta 70 Kg de peso unitario aproximadamente. Se fabrican con este sistema amortiguadores, frenos de aire comprimido, piezas resistentes al aire y al aceite para máquinas frigoríficas, cilindros, etc.

Las propiedades físicas del aluminio permiten la fundición de piezas muy complicadas, de manera que, aparte de las coquillas en dos partes, también se

utilizan moldes múltiples, piezas sueltas, machos compuestos y accesorios para moldeo, además se emplean a menudo machos de arena y machos de masa. Aparte de esto, es posible fundir conjuntamente zonas roscadas.

Como material para el molde se emplea normalmente hierro fundido. Una aplicación de plumbagina aísla el material del molde del material fundido. La temperatura de las coquillas debe mantenerse entre 300 y 400°C. Se ha desarrollado también la fundición en grandes y complicadas coquillas. Piezas de forma complicada alcanzan hoy pesos de más de 40 Kg, y las piezas sencillas hasta 150 Kg. Las piezas fundidas en coquillas encuentran aplicación principalmente en la fabricación de elementos para vehículos, maquinas y mecanismos en la electrotécnica.

Las circunstancias en caso del magnesio hacen algo diferente la técnica de la fundición, sobre todo desde el punto de vista de la disposición de bebederos y la técnica de la colada, así como la de los recubrimientos a emplear. Hay que prestar atención a un buen calentamiento y control del calor. La Industria del automóvil es gran consumidora de piezas de magnesio fundido en coquillas.

La fundición en coquilla de metales pesados no férricos es más difícil que la de los metales ligeros. La viscosidad y capacidad de conducción del calor son menores, el enfriamiento es más rápido que en el metal ligero. La disminución del efecto del enfriamiento, se controla mediante el revestimiento del molde. Después de cada colada debe ser renovado el revestimiento aislador, lo que se efectúa por vía húmeda, con lo que se consigue también una refrigeración de la coquilla. Por medio de adiciones de fusión se puede mejorar el aspecto de la superficie. Los tiempos de fabricación son menores que en el caso del metal ligero, la producción, por tanto, mayor. Principalmente son fundidos con este procedimiento latón, bronce de aluminio aleado, así como cobre puro. Se fabrican principalmente grifería así como piezas para la industria cerrajera.

2.3.3.1 PRINCIPALES PARTES DE LAS COQUILLA.

-El cuerpo del molde, que da forma exterior a la pieza; en todos los casos siempre es metálico. Está formado por dos o más partes, según la complejidad de las piezas a obtener.

-**Los machos o núcleos**, que determinan las cavidades o entrantes de las piezas; éstos pueden ser metálicos o de arena. Los metálicos deben ser de forma ligeramente cónica para facilitar la extracción. A veces los núcleos se construyen en varias piezas.

El proceso está limitado generalmente a metales de bajo punto de fusión. La manufactura de formas geométricas más simples que las fundidas en molde de arena (debido a la necesidad de abrir el molde) constituye otra limitación, además del costo. Debido al costo sustancial del molde, el proceso se adapta mejor a producciones de alto volumen que pueden automatizarse. Las partes típicas que se producen con proceso de molde permanente son pistones automotrices, cuerpos de bombas y ciertas fundiciones para aviones y proyectiles.

Esquema General de la utilización de un molde permanente tal como se muestra en el manual del fundidor (1*).

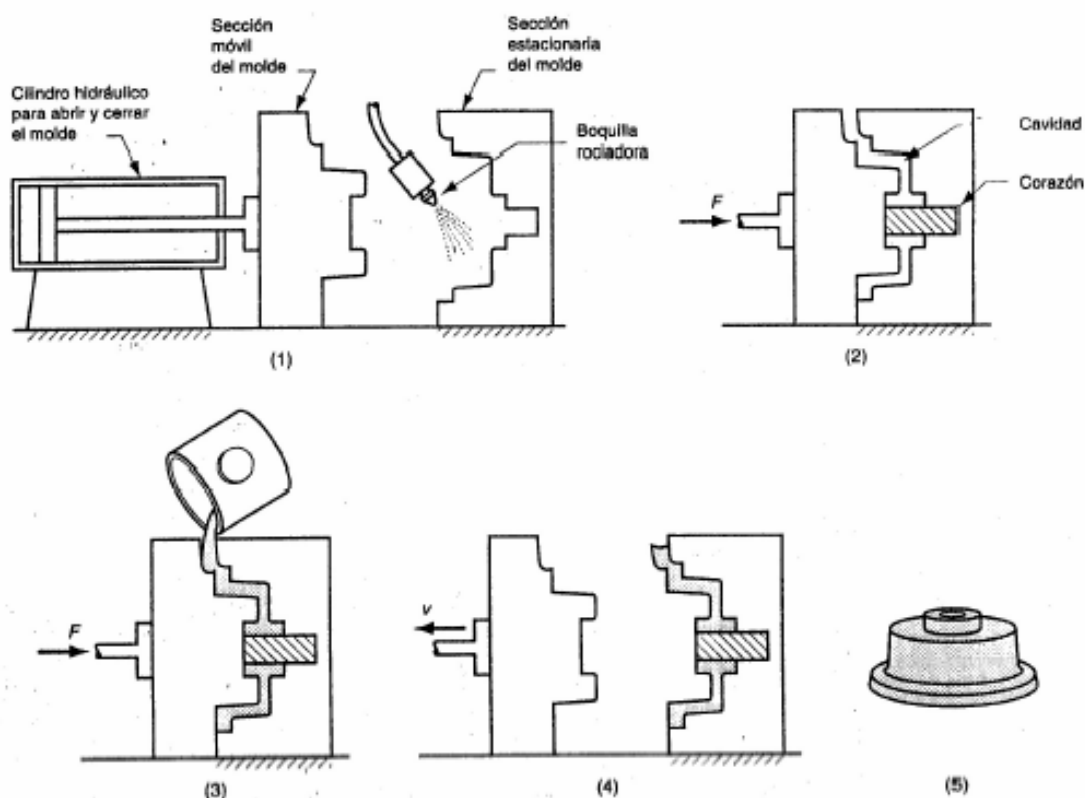


Fig.1 Pasos en la fundición en molde permanente: (1) el molde se precalienta y se recubre; (2) se insertan los corazones (en su caso) y se cierra el molde; (3) el metal fundido se vacía en el molde y (4) el molde se abre. La parte terminada se muestra en (5).

(1*) A. Spencer: "Manual del Fundidor"(Urmo: Bilbao ,1968), P.48

2.3.4 MOLDEO EN COQUILLA Y A PRESIÓN

La fundición a presión es un proceso que necesariamente utiliza moldes permanentes y se puede clasificar en: fundición a baja presión, fundición con molde permanente al vacío y fundición en dados.

2.3.4.1 Fundición a baja presión.- En el proceso de fundición con molde permanente básico, el flujo de metal en la cavidad del molde es causado por la gravedad. En la fundición a baja presión, el metal líquido se introduce dentro de la cavidad a una presión aproximada de 0.1 MPa, aplicada desde abajo, de manera que el metal fluye hacia arriba como se ilustra en la figura 2.

La ventaja de este método sobre el vaciado tradicional es que se introduce en el molde un metal limpio desde el centro del crisol, en lugar de un metal que ha sido expuesto al aire. Lo anterior reduce la porosidad producida por el gas y los defectos generados por la oxidación, y se mejoran las propiedades mecánicas.

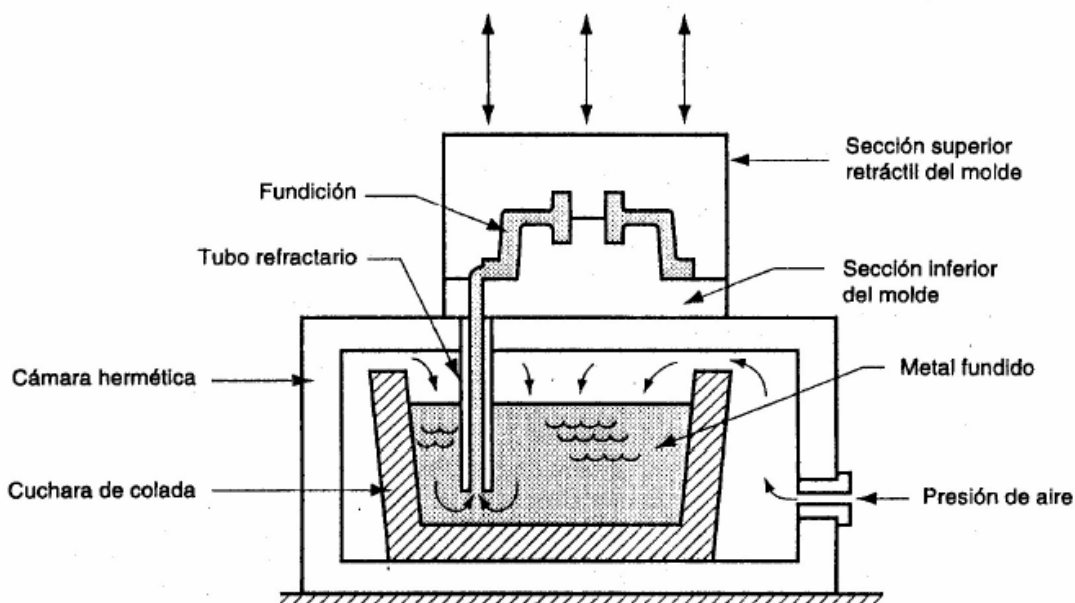


FIG. 2 Fundición a baja presión. El diagrama muestra cómo se usa la presión del aire para forzar el metal fundido, dentro de la cuchara de colada, hacia la cavidad molde. La presión se mantiene hasta que solidifica la fundición.

2.3.4.2 Fundición con molde permanente al vacío.- La fundición con molde permanente al vacío es una variante de la fundición a baja presión en la cual se usa vacío para introducir el metal fundido en la cavidad del molde. La configuración general del proceso es similar a la operación de fundición a baja presión. La diferencia es que se usa la presión reducida del vacío en el molde para atraer el metal líquido a la cavidad, en lugar de forzarlo por una presión positiva de aire desde abajo. Los beneficios de esta técnica, en relación con la fundición a baja presión, son que se reduce la porosidad del aire y los efectos relacionados, obteniendo una mayor resistencia del producto de fundición.

2.3.4.3 La fundición en dados es un proceso de fundición en molde permanente en el cual se inyecta el metal fundido en la cavidad del molde a alta presión. Las presiones típicas son de 7 a 350 MPa. La presión se mantiene durante la solidificación; posteriormente, el molde se abre para remover la pieza. Los moldes en la operación de fundición se llaman dados, de aquí el nombre de fundición en dados. El uso de alta presión para forzar al metal dentro de la cavidad del dado es la característica más notable que distingue a este proceso de otros en la categoría de molde permanente. Las operaciones de fundición en dados se llevan a cabo en máquinas especiales. Las máquinas modernas de fundición en dados están diseñadas para mantener un cierre preciso de las dos mitades del molde y mantenerlas cerradas, mientras el metal fundido permanece a presión dentro de la cavidad. La configuración general se muestra en la figura 3.

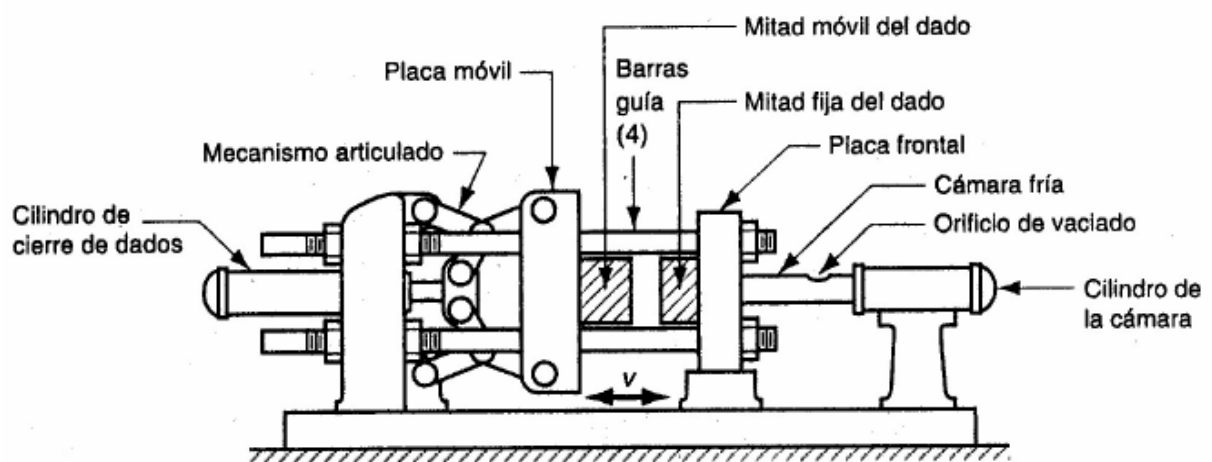


FIGURA 3 Configuración general de una máquina de fundición en dados (cámara fría).

Existen dos tipos principales de máquinas de fundición en dados: 1) de cámara caliente y 2) de cámara fría; sus diferencias radican en la forma en que se inyecta el metal a la cavidad.

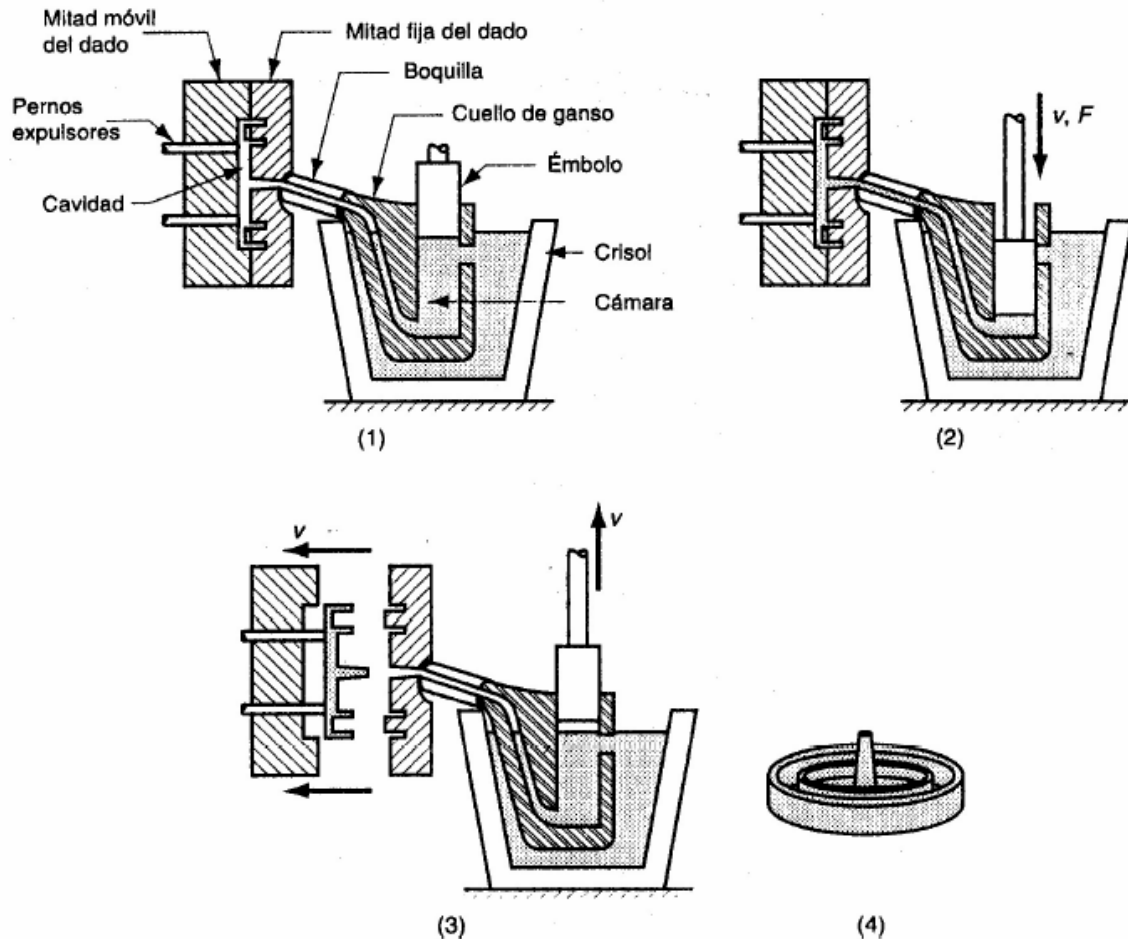


FIG. 4 Ciclo de la fundición en cámara caliente: (1) el metal fluye en la cámara con el dado cerrado y el émbolo levantado; (2) el émbolo fuerza al metal de la cámara a fluir hacia el dado, manteniendo la presión durante el enfriamiento y la solidificación, y (3) se levanta el émbolo, se abre el dado y se expulsa la parte solidificada. La parte terminada se muestra en (4).

-En las máquinas de cámara caliente, el metal se funde en un recipiente adherido a la máquina y se inyecta en el dado usando un pistón de alta presión. Las presiones típicas de inyección son de (7 a 35 MPa). La fundición se resume en la figura 4. Son velocidades características de producción de hasta 500 partes por hora. La fundición en dados con cámara caliente impone una dificultad especial en el sistema de inyección, porque gran parte de dicho sistema queda

sumergido en el metal fundido. Por esa causa, las aplicaciones del proceso quedan limitadas a metales de bajo punto de fusión que no atacan químicamente al pistón y a otros componentes mecánicos. Estos metales incluyen al zinc, al estaño, al plomo y algunas veces al magnesio.

-En las máquinas de fundición en dados con cámara fría, el metal fundido procedente de un contenedor externo para colar, se vacía en una cámara sin calentar y se usa un pistón para inyectar el metal a alta presión en la cavidad del dado. Las presiones de inyección usadas en estas máquinas van típicamente (14 a 140 MPa). El ciclo de producción se explica en la figura 5. La velocidad de ciclo no es tan rápida con respecto a las máquinas de cámara caliente, debido a que es necesaria una cuchara de colada para vaciar el metal líquido desde una fuente externa en la cámara. Sin embargo, este proceso de fundición es una operación de alta producción. Las máquinas de cámara fría se usan típicamente para fundiciones de aluminio, latón y aleaciones de magnesio. Las aleaciones de bajo punto de fusión (zinc, estaño, plomo) pueden también fundirse en máquinas de cámara fría, pero las ventajas del proceso de cámara caliente favorecen más el uso de estos metales.

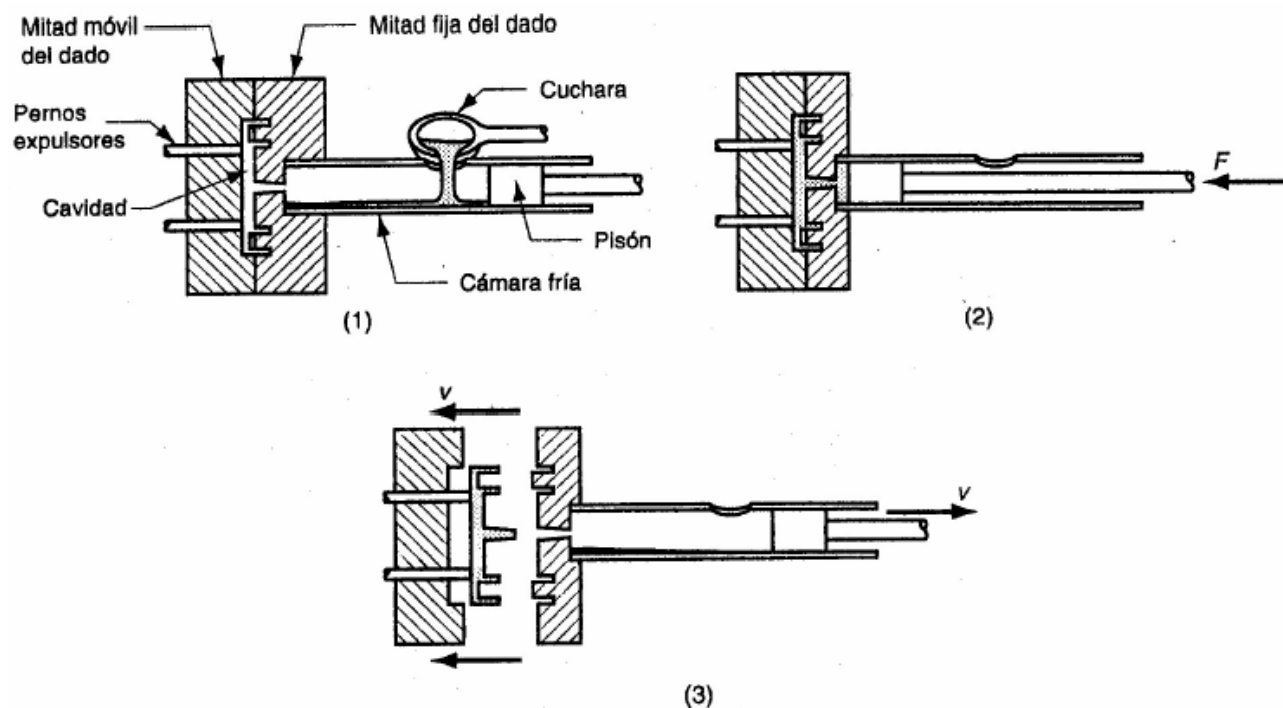


FIG. 5 Ciclo de la fundición en cámara fría: (1) se vacía el metal en la cámara con el dado cerrado y el pistón retraído; (2) el pistón fuerza al metal a fluir en el dado,

manteniendo la presión durante el enfriamiento y la solidificación; y (3) se retrae el pistón, se abre el dado y se expulsa la fundición. El sistema de vaciado está simplificado.

Los moldes que se usan en operaciones de fundición en dados se hacen generalmente con acero de herramienta y acero para moldes refractarios. El tungsteno y el molibdeno con buenas cualidades refractarias también se utilizan, especialmente en los intentos para fundir el acero y el hierro en dados.

Las ventajas de la fundición en dados incluyen:

- 1) Altas velocidades de producción
- 2) Son económicas para volúmenes grandes de producción
- 3) Son posibles tolerancias estrechas, del orden de ± 0.076 mm en partes pequeñas
- 4) Buen acabado de la superficie
- 5) Son posibles secciones delgadas hasta cerca de 0.05 mm
- 6) El enfriamiento rápido proporciona a la fundición granos de tamaño pequeño y buena resistencia.

Las limitaciones de este proceso, además de los metales que maneja, son la restricción en la forma de las piezas. La geometría de la parte debe ser tal que pueda removerse de la cavidad del dado.

2.3.5 MOLDEO EN COQUILLA CENTRIFUGADA

La rotación de ciertos moldes, sometiendo el metal líquido a la fuerza centrífuga, facilita el llenado y mejora la alimentación.

Se distinguen dos aplicaciones de la centrifugación: la colada de un cuerpo hueco de revolución en un molde sin macho y la colada en un molde de cavidad completa.

2.3.5.1 Colada de un cuerpo hueco de revolución en un molde sin macho.- El molde es un tambor hueco. Su forma interior de revolución, reproduce la superficie exterior que se quiera dar a la pieza y gira alrededor de un eje horizontal o vertical. El metal vaciado en el interior del tambor, se pega contra la pared por el

efecto de la fuerza centrífuga (fig.6). Se obtiene así un cuerpo hueco, cuya superficie interna es un cilindro si el eje de rotación es horizontal, un paraboloide si el eje es vertical.

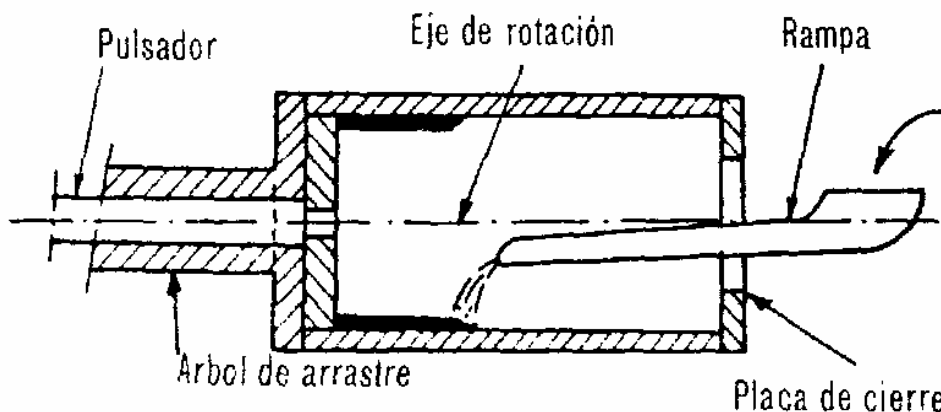


FIG. 6 Moldeado en coquilla centrifugada sin macho.

El paraboloide se acerca tanto más al cilindro cuanto más rápida es la rotación. La elección de un eje vertical implica velocidades muy elevadas. Es preferible adoptar un eje horizontal cuando la longitud de la pieza sobrepasa dos veces su diámetro.

2.3.5.2 Colada en un molde con cavidad completa.- La cavidad reproduce completamente la superficie externa e interna de las piezas con machos, si es necesario. El eje de rotación es vertical. Este tipo de molde se divide en tres categorías.

-Molde de piezas aproximadamente de revolución. El eje de rotación y el emplazamiento del orificio de colada coinciden con el eje de la pieza. El diámetro del embudo de colada aumenta de arriba hacia abajo.

El procedimiento se emplea casi siempre con piezas vacías en el centro. La base del embudo está unida a la pieza por una aleta continua o por entradas radiales, que desempeñan el papel de masas alimentadoras.

Si la pieza tiene una zona central, ésta es menos sana que el resto y no se consigue enteramente sino en el caso de que la velocidad no sobrepase un cierto límite.

La (fig. 7) representa el esquema de un molde de pieza anular.

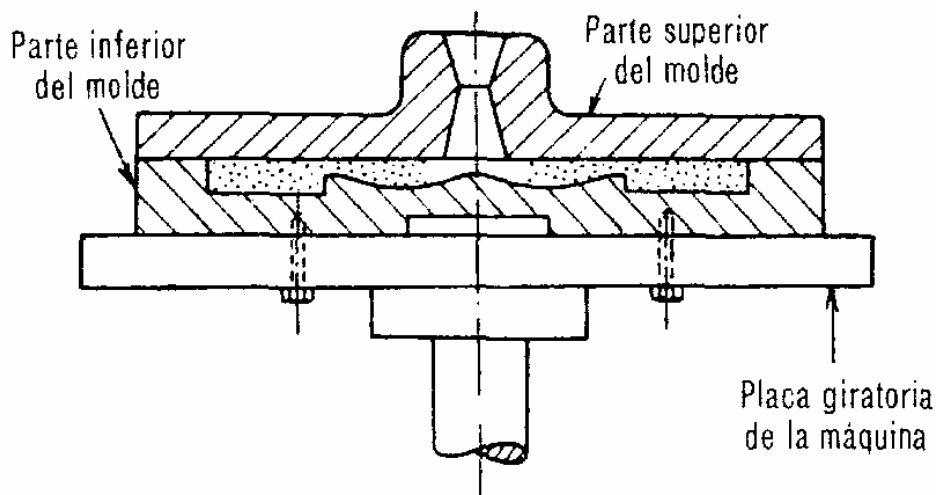


Fig.7 Moldeo de una pieza anular en coquilla de cavidad completa

-Molde con varias cavidades dispuestas en corona alrededor del eje de rotación Este dispositivo es conveniente para colar piezas de formas indefinidas y de pequeñas dimensiones (fig. 8). El agujero de colada, situado sobre el eje de rotación, comunica con las diferentes cavidades por canales dispuestos como los radios de una rueda.

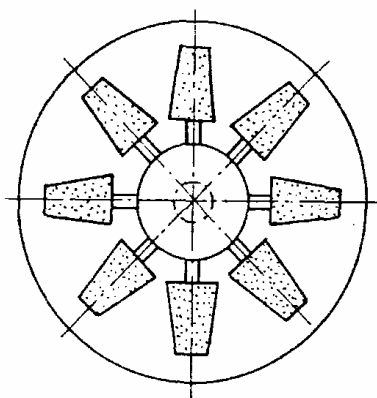


Fig.8 Molde centrífugo con varias cavidades

-Molde con cavidad única y con eje de rotación exterior.- El canal que va del agujero de colada a la pieza es dirigido según un radio (fig.9). Si el orificio de vertido está sobre el eje de rotación, el llenado en el curso de rotación es posible. Si no, el llenado se hace en la parada.

Las precisiones siguientes se aplican a las tres categorías de moldes con cavidades completas.

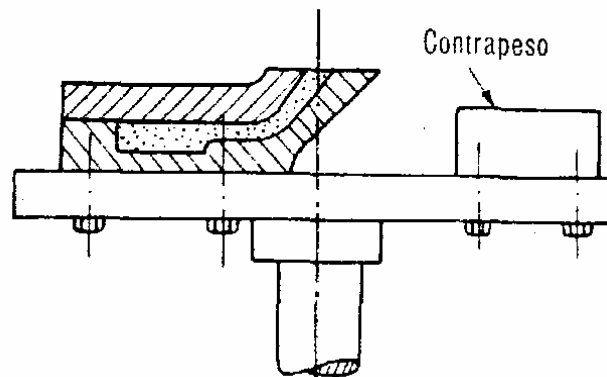


Fig.9 Molde con una única cavidad con eje de rotación exterior a la pieza

2.3.5.3 Los Moldes

Los moldes son de fundición, de acero semiduro o incluso de aceros especiales. El efecto de erosión por el metal líquido llega a ser muy sensible cuando se hace el llenado durante la rotación.

Los moldes más sencillos están separados en dos mitades por una junta horizontal. La mitad inferior fija a la plataforma, y la otra móvil o articulada sobre la primera por medio de una bisagra.

Los extractores se pueden colocar en una u otra parte.

Se utilizan machos metálicos o de arena. Se equilibra lo mejor posible la masa giratoria total.

2.3.5.4 Aplicación e interés de la centrifugación

Las aleaciones utilizadas en el moldeo en coquillas por gravedad son utilizadas también para la centrifugación.

Las principales ventajas del procedimiento son:

- Obtención de una estructura muy densa (a condición de evitar la turbulencia) obteniéndose características mecánicas más elevadas que por gravedad;
- Precisión dimensional superior a la del moldeo por gravedad y aproximándose a los resultados de la colada bajo presión;
- Posibilidades de realizar piezas delgadas (se desciende hasta 1 mm en las pequeñas dimensiones):
- Reducción del peso del metal tratado; las pérdidas son suprimidas o muy reducidas.

Una desventaja de este tipo de moldeo es, de no permitir fácilmente velocidades de producción elevadas; los tiempos destinados a la abertura, al desmoldeo y después al cierre, se añaden al tiempo de la rotación (arranque y frenado).

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LOS MOLDES METÁLICOS

2.4.1 MATERIALES.- Por lo general, la coquilla es sólo un soporte en el que se ajustan un juego de piezas desmontables, que forman la huella.(2*)

La composición del metal que constituye la coquilla varía en función de la del metal a colar. Para el moldeo de aleaciones de bajo punto de fusión se elige una Fundición gris, fácil de trabajar, con buena calidad, y de estructura perlítica de grano fino y compacto, con débil contenido de fósforo y de azufre:

— carbono	3.2%
— silicio	1,5 a 2,0%
— manganeso.....		0,7 a 0,9 %
— fósforo	<< 0.3%
— azufre	<< 0.1%

Las fundiciones dulces con porcentajes elevados de carbono, silicio y un porcentaje bajo o medio de fósforo son muy recomendables, pero sólo se utilizarán previo un recocido de estabilización que garantizará la constancia de las formas y dimensiones de la huella, el cual para un acero al carbono, puede consistir en mantenerlo durante 10 h a 550 °C. con aumento de temperatura y enfriamiento lento.

Los noyos son de aceros especiales, susceptibles de resistir en caliente. En el caso de series muy grandes se reemplaza el hierro colado de algunas partes que forman la huella, por partes de acero especial, duro y muy resistente. El acero permite conservar una huella de granos finos, a condición que sea finamente revestida; las piezas obtenidas tienen una superficie impecable.

Esta clase de coquillas pueden ser preparadas por un buen plaquista, con el utillaje que poseen todas las fundiciones.

Para los moldes que van a tener gran uso, se puede recurrir a *aceros aleados* que lleven o no tratamientos térmicos.

También se pueden obtener coquillas baratas de aleación de aluminio (siendo los machos de acero) para las piezas cuya forma permita un fácil desmoldeo y para aquellas que deben tener una gran precisión, con la condición de que las series sean poco importantes (inferiores a 1000). El emplear aleación de aluminio permite evitar la fabricación de la impresión, pues los elementos de la coquilla se obtienen de fundición a partir de modelos de yeso moldeados sobre un prototipo de madera que reproduce la pieza.

2.4.2 ESPESOR DE LAS PAREDES DEL MOLDE.- El espesor debe ser proporcional al de la pieza. Un molde demasiado estrecho sufre grandes variaciones de temperatura, se calienta fuertemente en cada llenado y se enfría rápidamente en cada desmoldeo. Su fuerte calentamiento al contacto con el metal líquido disminuye el poder enfriador.

Por el contrario, es inútil un espesor grande e incluso puede degenerar en una gran inercia térmica, que necesita un largo calentamiento para la puesta en funcionamiento. El poder refrigerador puede ser demasiado fuerte. Se adopta un espesor medio comprendido, generalmente, entre el doble y el quíntuplo del de la pieza, a veces entre el triple y el cuádruplo. Se toma al menos 15 mm; rara vez se superan los 60 mm.

Un molde cuyo espesor sea casi constante es más favorable para obtener una solidificación regular. Un nervio o un saliente sobre la superficie exterior de la coquilla tienen, en cierta medida, la misión de un enfriador. Al contrario, un **pequeño espesor** del molde en el lugar de las mazarotas permite a éstas enfriarse más lentamente.

Cuando se diseña una coquilla, es conveniente prever en el lugar de las mazarotas un espesor del molde suficiente para que se pueda ahondar en ellas más favorablemente si hay necesidad para ello. También es útil prever en ciertos lugares la posibilidad de colocar mazarotas suplementarias.

2.4.3 LA HUELLA.- La huella de la pieza está tallada en dos bloques enguados, si es relativamente sencilla, o bien formada por un ensamblaje de piezas talladas, unidas y encastradas en los bloques.

La forma exterior de la coquilla es sencilla (prismática o redonda). Está en función de la repartición del calor a evacuar del molde.

Los bloques poseen cavidades en las cuales pueden introducirse, según los casos, quemadores de gas o insufladores para enfriamiento.

Se estudia la realización de la huella en función:

- De la facilidad de mecanizado.
- De la posición de las aristas vivas exigidas por la pieza.
- De las dilataciones sucesivas de las diversas partes del molde y de los enfriamientos bruscos por inmersión, causas de deformación de la junta y de la huella.
- De la forma de las juntas en las diversas partes del molde.

Las piezas ensambladas multiplican las costuras y, por consiguiente, aumentan el tiempo de desbarbado. Tienen no obstante la ventaja de facilitar la extracción de aires y el llenado del molde.

Cuanto más se reduzca el número de piezas desmontables, más conservará la huella su precisión inicial y más satisfactorio será su enfriamiento. Conviene señalar, sin embargo, que el mecanizado de la huella será entonces más difícil.

La realización de un molde requiere un estudio minucioso y una amplia y total colaboración entre el cliente, el fundidor y el técnico, así como un conocimiento perfecto de los procedimientos y posibilidades de ejecución de las huellas:

2.4.4 SALIDAS DE AIRE.- Respiraderos horadados en las partes altas de la huella, surcos de aire en forma de entramado y con una profundidad de 2/10 mm., orificios y desniveles de ventilación facilitarán la salida de los gases.

Para las aleaciones de elevada tensión superficial se perforan agujeros de poco diámetro a través de la pared del molde, pero este procedimiento exige especial cuidado en la limpieza de esos agujeritos durante el revestimiento. Su destaponado puede desconchar el mismo.

Las salidas de aire tienen gran importancia en el caso de piezas delgadas o de grandes superficies. El éxito de las piezas es función de su correcto trazado.

2.4.5 CIERRES.- Las diferentes partes del molde son sólidamente enclavadas entre sí en el momento de la colada. Los dispositivos utilizados son: torniquete, charnelas, pasadores, chavetas, pestillos.

El deslizamiento de estas partes móviles, al endurecerse las mismas con el calor, son susceptibles de gripaje, sobre todo si son maniobradas con rudeza y a golpes de martillo. Conviene darles amplias dimensiones.

Se evitará el empleo de ganchos y pestillos montando de preferencia las partes móviles sobre correderas. Su movimiento será gobernado por piñón y cremallera, o bien por excéntrica y biela conducidas con el pie o a mano, o también mediante cric hidráulico. Las coquillas podrán montarse en pequeñas máquinas sencillas que resuelven a la vez los problemas de guía y de cierre hermético.

2.4.6 EXPULSORES.- Los expulsos, montados sobre cremalleras y guiados por piñón dentado, permiten empujar la pieza paralelamente a sí misma y, por tanto, guiarla perfectamente en el desmoldeo. Bien situados, facilitarán la salida de aires del molde y la de las piezas conectadas.

Si el trazado de la pieza es preciso, si las salidas, correctamente estudiadas, resultan suficientes, si el molde está convenientemente construido, la pieza debe desprenderse, por sí sola y sin esfuerzo, de la huella.

Se evita entonces el costoso mecanizado de los expulsos-y de sus dispositivos de mando.

2.5 DEFINICIÓN DEL TIPO DE MOLDEO UTILIZADO

Del estudio realizado se concluye que el tipo de moldeo que se utilizará es el de molde permanente (coquilla) con el tipo de moldeo por presión a gravedad esto es justificable por la geometría de la pieza en la cual se puede apreciar que no presenta un grado mayor de dificultad para el tallado de la huella, y la manejable dimensión de la pieza a producir.

Otro factor que se determinó para la utilización de este método es la desventaja económica de cualquiera de los procesos con molde desechable que presentan la necesidad de un nuevo molde para cada fundición.

En la fundición con molde permanente, el molde se reutiliza muchas veces ocasionando así un significativo costo de manufactura, en esta sección se analiza la fundición en molde permanente, tratándola como un proceso básico del grupo de procesos que utilizan moldes reutilizables.

El emplear este tipo de proceso ocasiona una producción con piezas fundidas que presentan una estructura de grano más fino, y son más resistentes que las piezas fundidas con moldes de arena, debido a que la velocidad de enfriamiento es más rápida. Además, las piezas fundidas en molde permanente poseen generalmente menores contracciones y porosidad que las piezas fundidas en arena.

A más de lo ya citado se ha establecido la utilización de este método por algunas ventajas que presenta las cuales son:

- las piezas están casi acabadas y pueden producirse a un alto ritmo
- las tolerancias dimensionales de cada parte de la pieza fundida pueden ser mantenidas.
- es posible la obtención de superficies suaves
- el proceso puede ser automatizado.

Sin embargo, los moldes permanentes tienen limitaciones de tamaño, y para piezas complejas puede resultar un tanto difícil o imposible realizarlo.

CAPITULO III

DEFINICIÓN DE LA PIEZA MODELO

La polea es un dispositivo mecánico de tracción o elevación, formado por una rueda montada en un eje, con una cuerda o banda que rodea la circunferencia de la rueda. Tanto la polea como la rueda y el eje pueden considerarse máquinas simples que constituyen casos especiales de la palanca.

El presente capítulo está orientado al conocimiento de los tipos y características de las poleas y de acuerdo con este se realiza la definición del tipo de polea que se va a adoptar como la huella del molde metálico, es decir el tipo de polea a producir.

3.1 GENERALIDADES

La definición de la pieza está sujeta con factores que implican en la construcción del molde metálico para fundición, estos factores son muy importantes y se los menciona a continuación:

- La facilidad de mecanizado.
- La posición de las aristas vivas exigidas por la pieza.
- Las dilataciones sucesivas de las diversas partes del molde y de los enfriamientos bruscos por inmersión, causas de deformación de la junta y de la huella.
- De la forma de las juntas en las diversas partes del molde.
- Las piezas ensambladas multiplican las costuras y, por consiguiente, aumentan el tiempo de desbarbado. Tienen no obstante la ventaja de facilitar la extracción de gases y el llenado del molde.

Después de analizar todos estos factores se puede dar una definición de la pieza a construir.

3.2 LA POLEA

La polea se define como un dispositivo mecánico de tracción o elevación, formado por una rueda montada en un eje, con una cuerda que rodea la circunferencia de la rueda.

Las grúas más simples con una sola rueda de poleas fueron inventadas hace unos 3.000 años, y las poleas compuestas con varias ruedas hacia el año 400 a.C. Se dice que Arquímedes inventó la polea compuesta y fue capaz de levantar un barco y llevarlo a la costa.

Existen varios tipos de poleas como los que se nombra a continuación:

3.2.1 POLEA SIMPLE

Una polea simple es, una polea que está unida a otro operador a través del propio eje. Siempre acompañada, al menos, de un soporte y un eje.

El *soporte* es el que sostiene todo el conjunto y lo mantiene en una posición fija en el espacio. Forma parte del otro operador al que se quiere mantener unida la polea (pared, puerta del automóvil).

El *eje* cumple una doble función: *eje de giro* de la polea y *sistema de fijación* de la polea al soporte (suele ser un tirafondo, un tornillo o un remache).

Además, para mejorar el funcionamiento del conjunto, se le puede añadir un casquillo de longitud ligeramente superior al grueso de la polea (para facilitar el giro de la polea) y varias arandelas (para mejorar la fijación y el giro). También es normal que la polea vaya dotada de un cojinete para reducir el rozamiento.

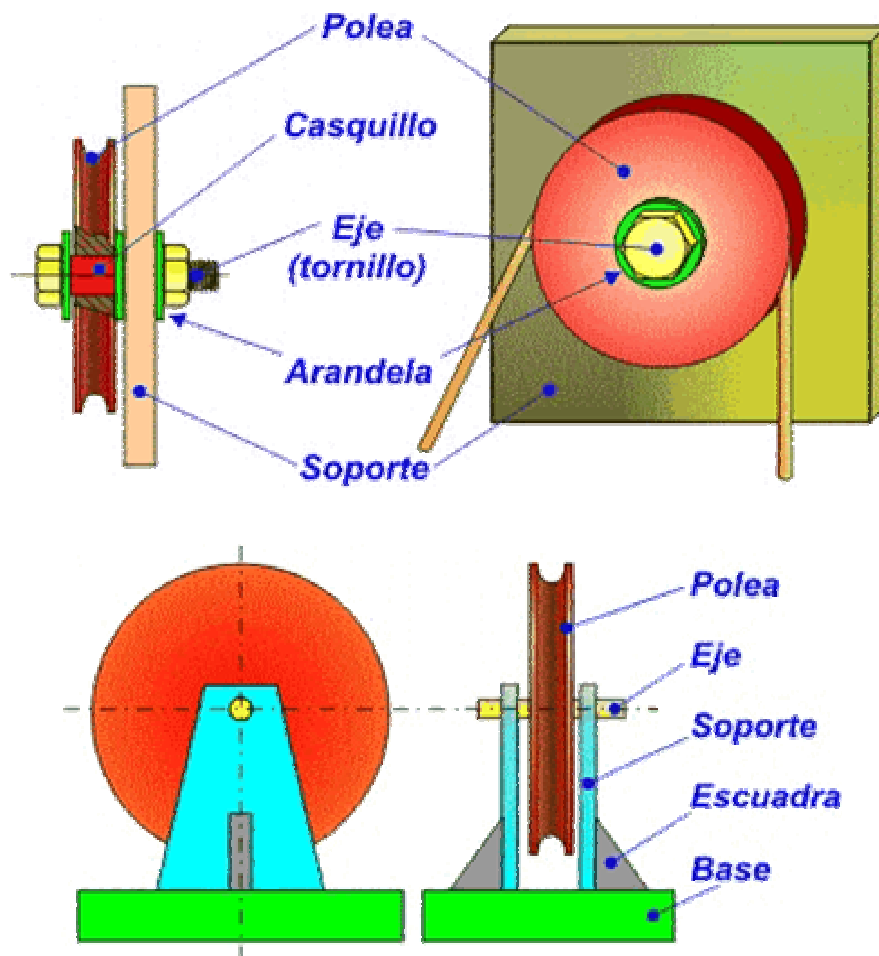


FIG. 10 Poleas Simples

3.2.2 POLEA DE GANCHO

La polea de gancho es una variación de la *polea simple* consistente en sustituir el soporte por una armadura a la que se le añade un gancho; el resto de los elementos básicos (eje, polea y demás accesorios) son similares a la anterior.

El *gancho* es un elemento que facilita la conexión de la *polea de gancho* con otros operadores mediante una unión rápida y segura. En algunos casos se sustituye el gancho por un tornillo o un tirafondo. Fig. 11

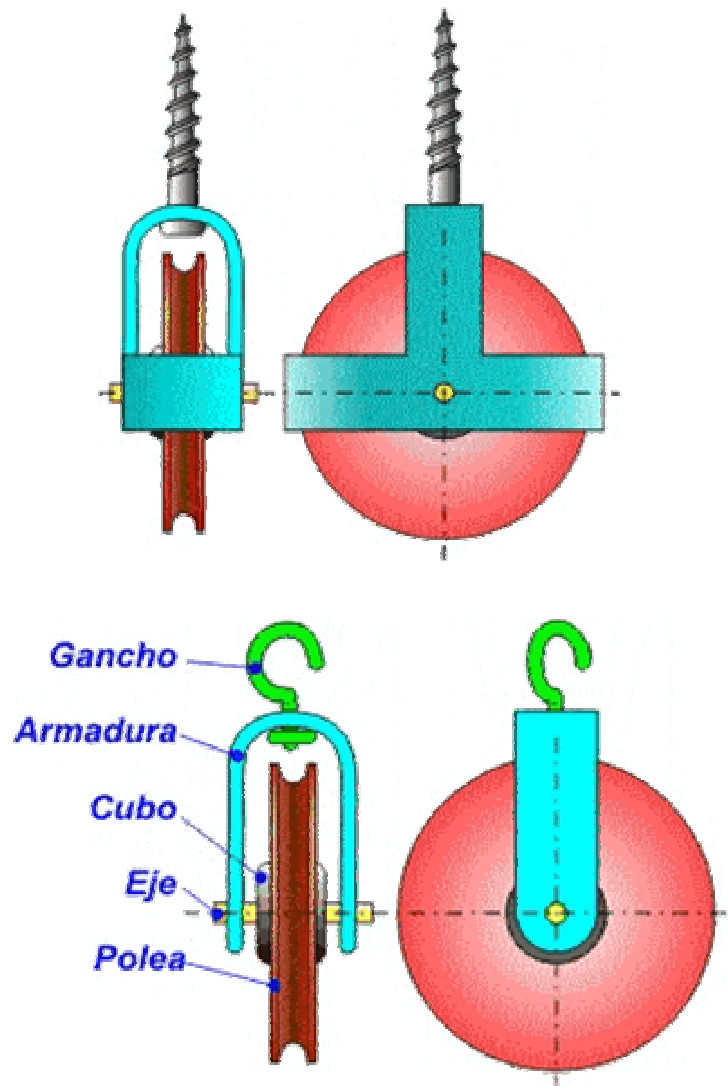


FIG. 11 Polea de Gancho

El aparejo de poleas (combinación de *poleas de cable* y *cuerda*) se emplea bajo la forma de polea fija, polea móvil o polipasto:

La polea fija del cable se caracteriza porque su eje se mantiene en una posición fija en el espacio evitando su desplazamiento. Debido a que no tiene ganancia mecánica, su única utilidad práctica se centra en:

Reducir el rozamiento del cable en los cambios de dirección (aumentando así su vida útil y reduciendo las pérdidas de energía por rozamiento).

Cambiar la dirección de aplicación de una fuerza.

Se encuentra en mecanismos para el accionamiento de puertas automáticas, sistemas de elevación de cristales de automóviles, ascensores, tendales, poleas de elevación de cargas y combinadas con poleas móviles formando polipastos.

-**La polea móvil** del cable es aquella que va unida a la carga y se desplaza con ella. Debido a que es un mecanismo que tiene ganancia mecánica (para vencer una resistencia R es necesario aplicar solamente una potencia P ligeramente superior a la mitad de su valor $P > R/2$) se emplea en el movimiento de cargas, aunque no de forma aislada, sino formando parte de polipastos.

-**El polipasto** es una combinación de poleas fijas y móviles. Debido a que tiene ganancia mecánica su principal utilidad se centra en la elevación o movimiento de cargas. La podemos encontrar en grúas, ascensores, montacargas, tensores.

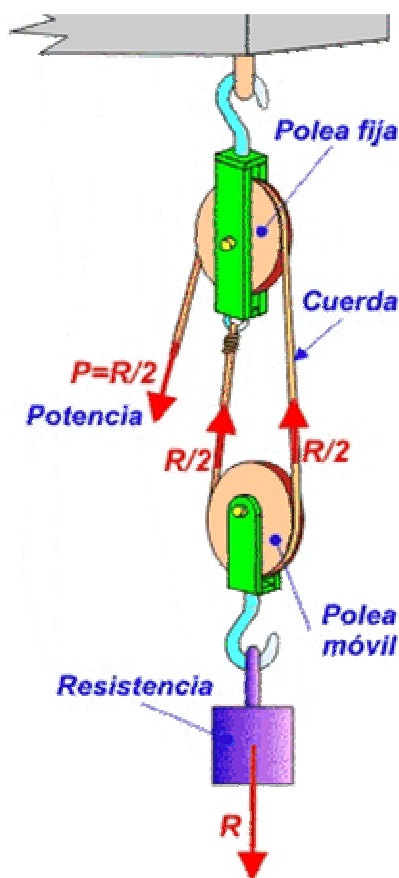


FIG.12 Polipasto para elevación de cargas

3.2.3 POLEA DE CORREA

La polea de correa trabaja necesariamente como polea fija y, al menos, se une a otra por medio de una correa, que no es otra cosa que un anillo flexible cerrado que abraza ambas poleas.

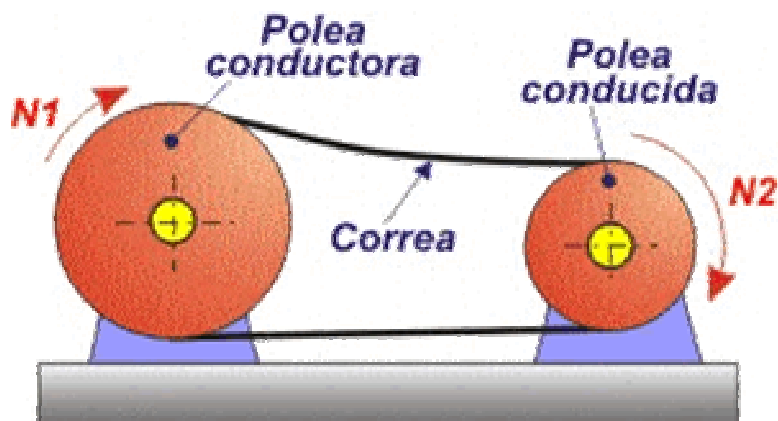


FIG. 13 Polea de Correa

Este tipo de poleas tiene que evitar el deslizamiento de la correa sobre ellas, pues la transmisión de potencia que proporcionan depende directamente de ello. Esto obliga a que la forma de la garganta se adapte necesariamente a la de la sección de la correa empleada.

Se emplean dos tipos de correas: **planas** y **trapezoidales**.

-Las **correas planas** exigen poleas con el perímetro ligeramente bombeado o acanalado, siendo las primeras las más empleadas.

En algunas aplicaciones especiales también se emplean correas estriadas y de sincronización que exigen la utilización de sus correspondientes poleas.

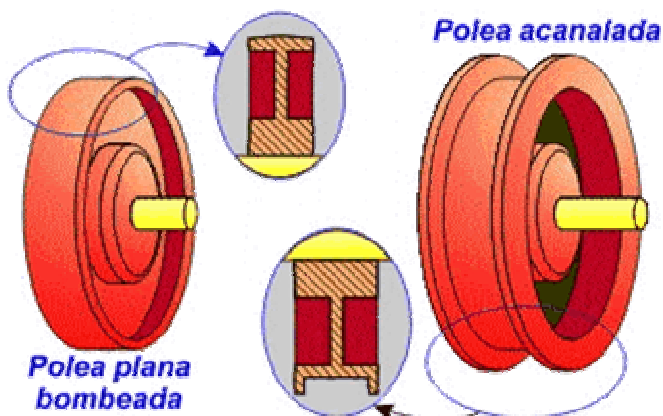


FIG. 14 Poleas de Correas Planas

-Las **correas trapezoidales** son las más empleadas existiendo una gran variedad de tamaños y formas. Su funcionamiento se basa en el efecto cuña que aparece entre la correa y la polea (a mayor presión mayor será la penetración de la correa en la polea y, por tanto, mayor la fuerza de agarre entre ambas). Esto obliga a que la correa no apoye directamente sobre la llanta de la garganta, sino solamente sobre las paredes laterales en forma de "V".

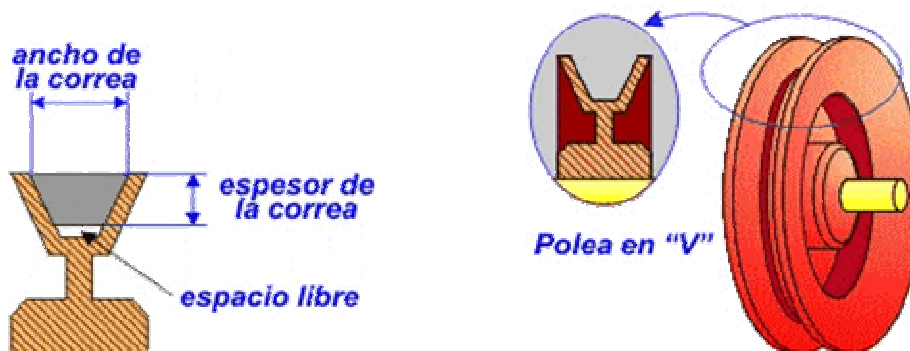


FIG. 15 Polea de Correa Trapezoidal

Su utilidad se centra en la transmisión de movimiento giratorio entre dos ejes distantes; permitiendo aumentar, disminuir o mantener la velocidad de giro, mientras mantiene o invierte el sentido. La podemos encontrar en lavadoras, ventiladores, lavaplatos, pulidoras, cortadores de carne, taladros, generadores de electricidad, cortadoras de césped, transmisiones de motores, compresores, tornos, en forma de multiplicador de velocidad, caja de velocidades o tren de poleas.

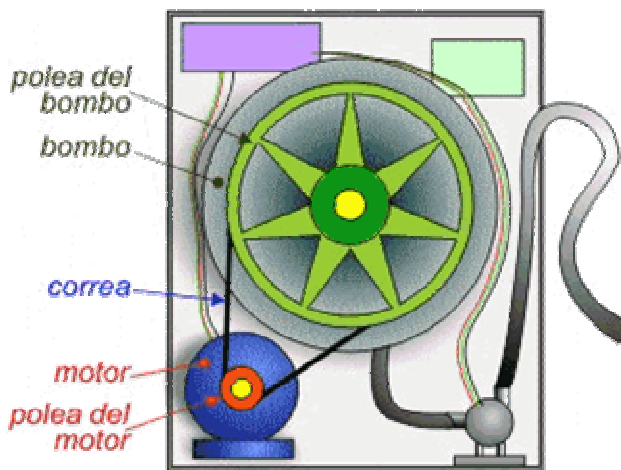


FIG. 16 Trasmisión de movimiento en una lavadora

3.3 DEFINICIÓN DE LA POLEA A FABRICAR

Para concluir este capítulo, se procede a definir la pieza que se va a construir por medio del molde metálico. Como una polea de correa trapezoidal con manzana para prisionero, tal como se muestra en la (fig. 17)

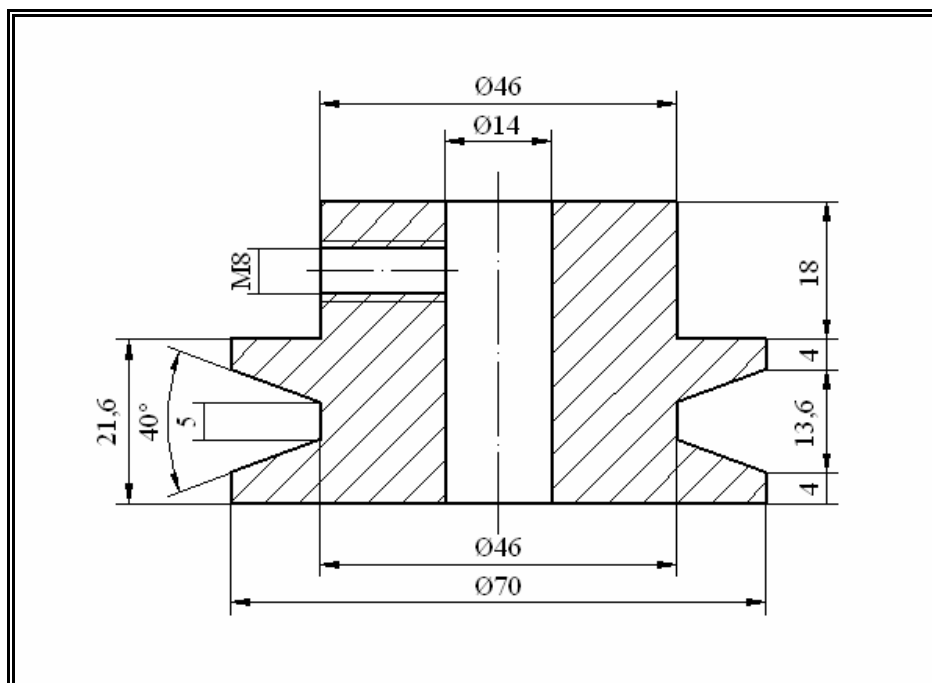


FIG. 17 Polea a producir con molde metálico luego del colado y del proceso de mecanizado de los agujeros para el eje y para el prisionero

Se resolvió elegir esta pieza mecánica porque cumple con algunas condiciones necesarias que exige el método de construcción por medio de un molde permanente.

Ya que esta pieza mecánica tiene una geometría no muy compleja y resulta fácil de mecanizar la huella en el molde, otra característica importante es su tamaño y su gran utilización y demanda en el medio.

Otro factor que motivó a la elección de esta pieza es que en la actualidad la construcción de poleas es muy costosa y tarda mucho tiempo ya que el método utilizado es por mecanizado, lo que genera el problema de productos de baja calidad y de mayor costo, por lo cual se tiene una producción deficiente y exceso de material desperdiciado. Lo que se espera obtener con la construcción del molde permanente es mejorar la producción y calidad de poleas de aluminio y reducir costos de producción, tiempo de fabricación, y demás costos indirectos, obteniendo así una optimización de la producción, y por ende consiguiendo una fabricación en serie de dicho producto en consecuencia se puede añadir también la fácil operación de colado en el molde.

CAPITULO IV

CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE METÁLICO

Un molde metálico por lo general está construido en dos secciones que se abren y se cierran con facilidad y precisión. Los moldes se hacen comúnmente de acero o hierro fundido. La cavidad junto con el sistema de vaciado se forma por maquinado en las dos mitades del molde a fin de lograr una alta precisión dimensional y un buen acabado superficial. Los metales que se funden comúnmente en molde permanente son: aluminio, magnesio y aleaciones de cobre

Este capítulo detalla la construcción de un molde metálico haciendo uso de máquinas herramientas es decir por mecanizado.

4.1 DIMENSIONES BASICAS EN LA CONSTRUCCION DEL MOLDE METÁLICO

Las dimensiones básicas que se tomaron en consideración para la construcción del molde metálico fueron:

- El espesor de las paredes
- El diámetro del canal de alimentación
- El diámetro de los agujeros de salida de gases

Otros parámetros también que se consideraron fueron:

- Tiempo de desmoldeo
- Tiempo de colado

El Espesor de las paredes: Se adopta un espesor medio comprendido, generalmente, entre el doble y el quíntuplo del de la pieza, a veces entre el triple y el cuádruplo. Se toma al menos 15 mm; rara vez se superan los 60 mm. Por este parámetro experimental se adopto un espesor de las paredes que esta comprendido alrededor de 25mm.

El diámetro del canal de alimentación: El diámetro se obtiene a través de las sección del canal de alimentación la cual esta definida por la siguiente expresión(3*):

$$A_b = \frac{m}{\rho * t * u * \sqrt{2 * g * H_{cal}}}$$

Donde:

- m masa de metal fundido
- ρ Densidad del metal fundido (Aluminio 2.71 g/cm³ o 2710 Kg/m³).
- t tiempo de la colada en (s)
- u Coeficiente de resistencia (0.88)
- g Aceleración de la gravedad (9.8 m/s²)
- H_{cal} Altura estática de cálculo desde la superficie superior de la coquilla

El tiempo de colado de la pieza esta expresado en la siguiente ecuación

$$t = s * \sqrt[3]{m * L_{Al}}$$

Donde:

- m Masa de la pieza fundida 0.4688Kg
- S coeficiente que toma en cuenta el espesor de las paredes de la pieza fundida (2.2)
- L_{Al} espesor de la pieza (0.05 m).

$$t = 0.64 \text{ s}$$

De la ecuación se obtiene la sección de alimentación para la pieza fundida:

H_{cal}: 0.030m

A =0.000401

(3*) T. Stepanov: "Tecnología de los Procesos de Fundición"(Mir: Moscu ,1968), P.156,157,158

Se considera que el alimentador va ser un cilindro y la sección de alimentación esta dado por:

$$A_b = \pi * r^2$$

$$r=0.012 \text{ m}$$

$r=12\text{mm}$ de lo anterior desarrollado se tiene que el diámetro es de 24mm.

Tiempo de desmoldeo: El tiempo de desmoldeo esta expresado en la siguiente fórmula(4*).

$$t_m = \left(\frac{V}{A_d} \right)^2 * \left[\frac{\rho * (c_p * (T_v - T_m) + L) * \sqrt{\pi * a}}{2 * k * (T_m - T_o)} \right]^2$$

Donde:

t_m tiempo de desmoldeo (s)

V Volumen

A_d Superficie que contiene al volumen y que es capaz de disipar el calor

ρ Densidad del metal fundido (Aluminio 2.71 g/cm³ o 2710 Kg/m³).

L Calor de solidificación (aluminio 95 cal/g o 397822 W.s/Kg)

c_p Calor específico en estado líquido (aluminio 0.26 cal/g.°C o 1088.78W.s/Kg).

k Conductividad térmica de la coquilla

a termodifusividad de la coquilla ($1.67 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) ✓

T_v temperatura de vertido del aluminio (710 °C)

T_m temperatura de desmoldeo (300 °C)

T_o temperatura de superficie del molde de la coquilla (200 °C es la temperatura de precalentamiento de la coquilla para evitar choques térmicos del metal con el molde).

De la aplicación del la fórmula anterior se calcula el tiempo de desmoldeo:

$$t_m = 12 \text{ s}$$

(4*) Goyos. Leonardo: "Tecnología de la Fundición tomo II"(ISPJAE), P.111,199

4.2 PARTES CARACTERÍSTICAS DE UN MOLDE METÁLICO

En un molde metálico además de los elementos fundamentales que lo conforman como son las dos secciones en las cuales esta tallada la huella de la pieza a producir, intervienen otra serie de elementos que complementan el resto de la estructura mecánica y que a su vez facilitan la operación de colado.

1.- Molde Metálico (Huella)

Bloque Superior Fijo

Bloque Superior Móvil

Bloque Inferior Fijo

Bloque Inferior Móvil

Mazarota Fija

Mazarota Móvil

2.- Tapa

Tapa Fija

Tapa Móvil

3.- Guías

4.- Placas porta moldes

Placa Fija

Placa Móvil

5.- Soporte

En la figura 18 se representa el molde y los elementos que lo conforman mediante un plano de montaje.

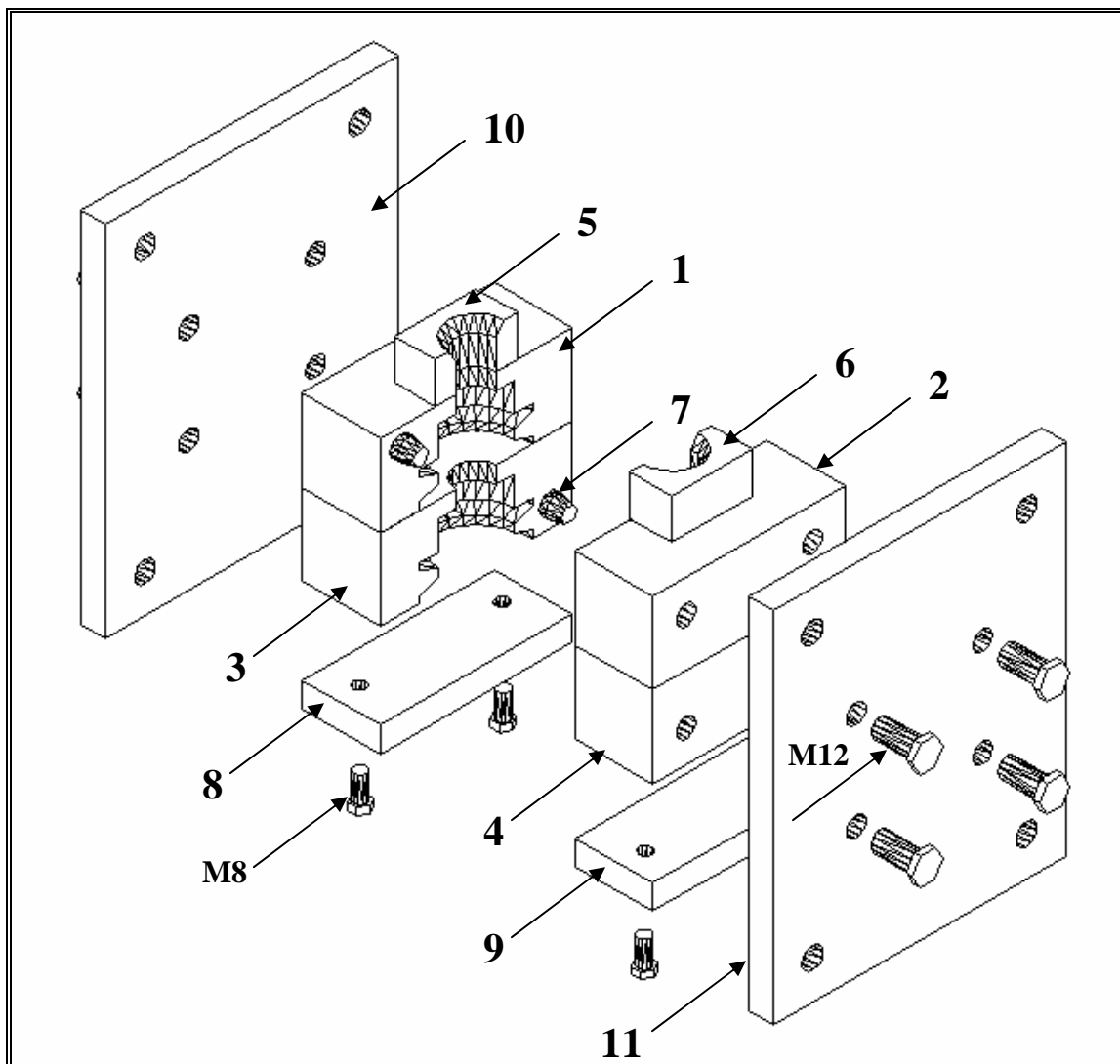


Fig. 18 elementos del molde metálico para la fundición de poleas

- | | | |
|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 Bloque superior fijo | 2 Bloque superior móvil | 3 Bloque inferior fijo |
| 4 Bloque inferior móvil | 5 Mazarota fija | 6 Mazarota móvil |
| 7 Guías | 8 Tapa fija | 9 Tapa móvil |
| 10 Porta molde fijo | 11 Porta molde móvil | 12 Soporte |
| Pernos M8 para las tapas | Pernos M12 | Pernos 1/2" |

4.3 PARÁMETROS FUNDAMENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MOLDE METÁLICO

4.3.1 PARTES CONSTITUTIVAS DE UN MOLDE METÁLICO

4.3.1.1 Molde metálico (Huella).

Es constituido por dos o mas secciones que están diseñadas para cerrar y abrir con precisión y facilidad, ya que en su interior esta tallada la cavidad con la forma de la pieza a fundir; Al ser esta la parte que soporta el choque térmico del metal en estado liquido es donde se concentra la mayor cantidad de masa del dispositivo. En este caso el Molde Metálico consta de cuatro bloques de acero y dos Mazarotas. La cavidad junto con el sistema de vaciado se forma por maquinado en las dos mitades del molde a fin de lograr una alta precisión dimensional y un buen acabado superficial.

4.3.1.2 Tapa.

Esta ubicada en la parte inferior del molde metálico (huella) y tiene la función de impedir que el metal en estado liquido salga por la parte inferior y se derrame.

En este caso esta formada por dos placas metálicas de 15mm de espesor que están sujetadas por medio de pernos a las partes fija y móvil del molde.

4.3.1.3 Mazarotas.

Son placas o bloques metálicos sobre el molde por lo general en el conducto de entrada que ayudan a compensar la contracción del material mientras se esta solidificando y a disipar el calor al momento de colado.

4.3.1.4 Guías.

Son ejes fijos a una de las partes del molde cuya función es permitir el desplazamiento de la parte móvil del molde edemas ayuda para facilitar el posicionamiento de la cavidad dentro del molde, es decir un cierre hermético para el momento de colado y que se abra con facilidad para el desmoldeo.

En este caso son dos guías sujetas con ajuste a la parte fija del molde metálico.

4.3.1.5 Placas porta Moldes.

Estas placas son necesarias para el montaje del molde metálico en el soporte, son de un espesor de 15mm. Una placa es portadora de la parte móvil del molde y esta a su vez va fijada a la parte deslizante del soporte, de igual forma la otra placa es portadora de la parte fija del molde y va fijada en la parte correspondiente del soporte

4.3.1.6 Soporte o caballete.

Es la estructura donde se realiza el montaje del molde para que le proporcione la firmeza y facilidad necesaria durante la operación de colado además ayuda al deslizamiento de la parte móvil del molde.

Esta constituido por una serie de elementos mecánicos diseñados para facilitar la manipulación del operario.

4.3.2 SELECCIÓN DE MATERIALES

Para una adecuada selección de materiales se debe analizar los parámetros fundamentales que influyen sobre las condiciones internas y externas a las que va a estar expuesto el molde metálico.

- Las piezas a colar son de aluminio que tiene un punto de fusión de 658° C por lo tanto el molde debe de ser de un elemento metálico con mayor punto de fusión como es el caso de los aceros que sobrepasan los 1400° C.
- La resistencia mecánica del acero es la suficiente para soportar las tensiones mecánicas a las que estará sometida el molde durante el colado del metal las cuales son la dilatación térmica y la presión metalostática que ejerce el aluminio.
- Otro de los parámetros fundamentales que necesita tener el material a utilizar es facilidad de mecanizado.
- El acero a utilizarse para la construcción del molde metálico debe ser un acero que conserve sus propiedades a altas temperaturas ya que estará expuesto a estas.

Una vez que se ha hecho este análisis se procede a seleccionar el material, utilizaremos un acero aleado para trabajo en caliente el cual será W302 ya que este acero tiene una gran resistencia a la temperatura y al desgaste en caliente, también posee buena tenacidad y resistencia a las fisuras por recalentamiento.(ver anexo 2).

Debido a que el acero antes mencionado no se encuentra en el mercado en la forma de suministro requerido y su costo es bastante elevado sea considerado utilizar un acero con bajo contenido de carbono, que sea común en el mercado y con las dimensiones necesarias, y de bajo costo. Es este el caso del acero SAE 1010 aquí se muestran algunas de sus propiedades mecánicas.

N° SAE o AISI	Resistencia a la tracción Rm		Límite de fluencia Re		Alargamiento en 50 mm %	Dureza Brinell
	Kgf / mm ²	Mpa	Kgf/mm ²	Mpa		
1010	40,0	392,3	30,2	292,2	39	109

Además de las consideraciones antes realizadas para la utilización del acero SAE 1010 se debe mencionar que la matriz no será utilizada para una producción en serie sino se la utilizara como material didáctico para el aprendizaje de los estudiantes dentro del laboratorio de fundición de la Escuela Politécnica Nacional.

Pero para construcciones posteriores con fines de producción se recomienda utilizar el material adecuado y antes ya mencionado para construcciones de moldes metálicos.

Los elementos adicionales son del mismo acero.

4.3.3 DIMENSIONAMIENTO

El dimensionamiento de la huella se lo realizó de acuerdo con el tipo de polea a producir. Y el del molde se lo realizó de forma experimental de acuerdo a los requerimientos de manipulación para el operario durante el colado, teniendo en cuenta parámetros básicos en la construcción de moldes y en especial desde el punto de vista de facilidad de mecanizado.

4.3.4 MAQUINARIA – HERRAMIENTAS A UTILIZARSE.

Los procesos y equipos que se utilizaron para la construcción del molde metálico fueron los comúnmente utilizados en la industria metalmeccánica y que fueron accesibles y son los siguientes.

La construcción del molde metálico (huella), fue a base de una serie de procedimientos de mecanizado en los cuales intervinieron máquinas como el torno, limadora, rectificadora, taladro y soldadora eléctrica.

Para la construcción de guías, se utilizó de manera principal el torno.

Las herramientas utilizadas son las generalmente ocupadas para los procesos de mecanizado (corte con desprendimiento de viruta) tales como: Cuchillas de torno, brocas, machuelos, limas, sierra etc.

4.4 CONSTRUCCIÓN DE LAS PARTES QUE CONFORMAN EL MOLDE METÁLICO

El proceso de construcción tiene como finalidad generar un producto con determinadas propiedades, aptas para un uso específico del mismo. Esto significa transformar un producto inicial (producto bruto) con propiedades no aptas, en un producto final (producto terminado) que dispone de las propiedades aptas.

Durante el proceso de construcción el producto pasa por una serie de etapas en las cuales se aplican los procedimientos propios para cada transformación.

A continuación se explican los pasos seguidos dentro de un ciclo lógico para la construcción del molde metálico.

4.3.1 CONSTRUCCIÓN MOLDE (HUELLA).

Se comenzó utilizando la limadora con el objetivo de planear las seis caras de cada uno de los cuatro bloques metálicos, es decir, darles la forma prismática a la medida de acuerdo con los planos.



Fig. 19 Bloques metálicos en bruto

Luego se procede a rectificar las caras que posteriormente van a estar en contacto tal como se muestra en las hojas de procesos. Los bloques son soldados (punteado a tope) en pares teniendo así dos bloques que están listos para tallar en su interior la forma de la pieza por medio del mecanizado en el torno. Tal como muestra la figura 20



Fig. 20 Torneado de la huella en los bloques

Una vez terminado el torneado en el interior de los bloques, se liman los puntos provisionales de soldadura y se separan los bloques quedando así la forma del torneado en mitades.

El paso siguiente consiste en soldar los bloques uno encima del otro y las mazarotas (más adelante se muestra su construcción) en el agujero de entrada.

Posteriormente se traza y se perforan las posiciones de las guías una en la parte superior y otra en la inferior. Tal como se muestra en la figura 21

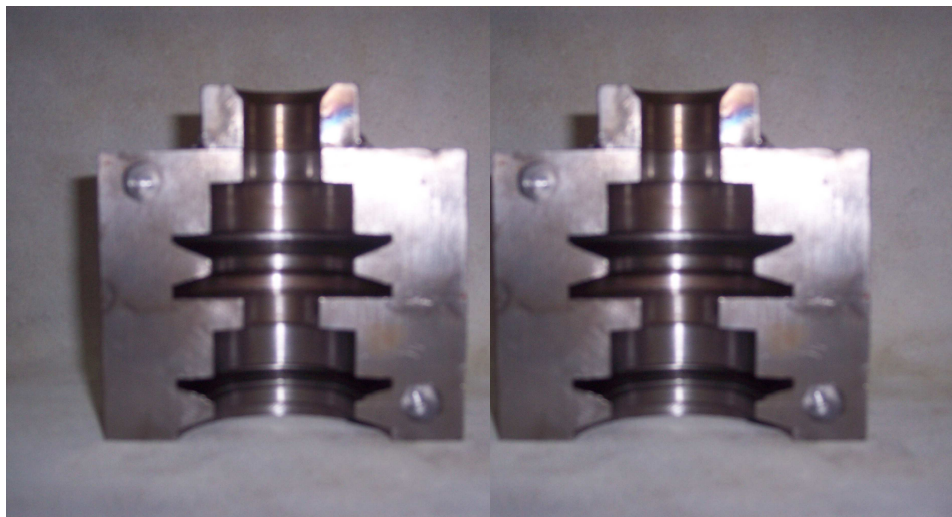


Fig. 21 Molde metálico soldado

Luego se trazan, perforan y machuela (M8) los agujeros en los que va sujeta la tapa inferior, e igual procedimiento se realiza con los agujeros (M12) para la sujeción del molde metálico con las placas porta moldes.

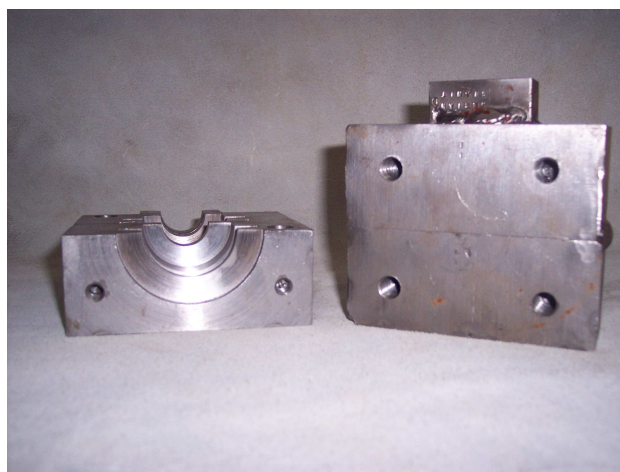
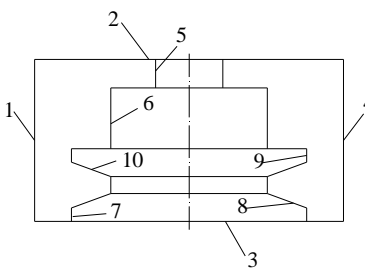
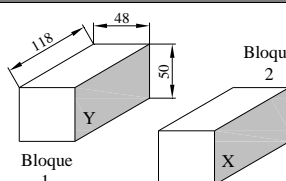
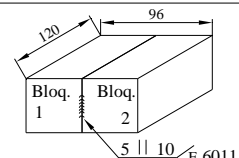
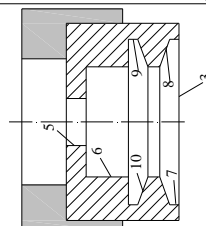
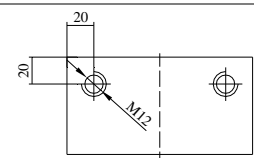


Fig. 22 Agujeros para la sujeción de la tapa inferior y agujeros para la sujeción con las placas porta moldes

EPN		ESFOT PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA											
HOJA DE PROCESO N 01													
Denominación: BOQUES SUPERIORES		Nº de Piezas: 2	Material: Acero SAE 1010	Dimensiones en bruto: 2 Bloques de: 50mm x 50mm x 120mm									
Plano Nº: MMP. 001. 001		Elaborado por: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres			Reviso: Ing. Fausto Oviedo			Fecha: 18-10-07					
													
Fase	Subfase	Operación	DESIGNACIÓN	ESQUEMA	Util	Control	Nº Pasadas	V m/min	n g.p.m.	a mm/g	P mm	Tpo. min	
LIMADORA	1	1.1	Sujetar Bloque 1		Mordaza	-	-	-	-	-	-	2	
		1.2	Dar forma prismatica a medidas (45 x 50 x 92)		Hl	Pr	2	-	140	0.5	0.5	300	
	2	2.2	Sujetar Bloque 2		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		2.1	Dar forma prismatica a medidas (45 x 50 x 92)		Hl	Pr	2	-	140	0.5	0.5	300	
VARIOS	3	3.1	Sujetar pieza		Mesa	-	-	-	-	-	-	2	
		3.2	Rectificar caras X Y		Piedra	Pr	2	280	750	manual	0.05	30	
		3.3	Juntar caras X Y		Soldadora	-	-	-	-	-	-	-	20
		3.4	Puntear con soldadura los dos extremos										
TORNO	4	4.1	Sujetar Pieza		Plato	-	-	-	-	-	-	2	
		4.2	Centrar y Perforar 5 a Ø 25.4		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
		4.3	Cilindrar 6 a Ø46 x 40		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
		4.4	Cilindrar 7 a Ø70 x 4		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
		4.5	Conicidad a 20°		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
		4.6	Ranurar a Ø 70		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
		4.7	Conicidad a 20°		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
VARIOS	5	5.1	Rectificar 3		Piedra	Pr	2	280	750	manual	0.05	30	
		6.1	Perforar a Ø 10		Br	Pr	1	45	-	manual	-	30	
		6.2	Machuelar a M12		Mc	Pr	1	manual	manual	manual	-	8	
OBSERVACIONES H1. Herramientas Br. Brocas Pr. Pie de rey Mc. Machuelo													
Los datos de la velocidad de corte, revoluciones, avances y profundidad de pasada son meramente orientativos; las posibilidades del torno, fresadora y herramientas disponibles las harian variar notablemente en cada paso													

EPN		ESFOT PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA											
HOJA DE PROCESO N 02													
Denominación: BLOQUE INFERIORES		Nº de Piezas: 2	Material: Acero SAE 1010	Dimensiones en bruto: 50mm x 50mm x 120mm									
Plano Nº: MMP. 001. 002		Elaborado por: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres		Reviso: Ing. Fausto Oviedo	Fecha: 18-10-07								
Fase	Subfase	Operación	DESIGNACIÓN	ESQUEMA	Util	Control	Nº Pasadas	V m/min	n g.p.m.	a mm/g	P mm	Tpo. min	
LIMADORA	1	1.1	Sujetar Bloque 3		Mordaza	-	-	-	-	-	-	2	
		1.2	Dar forma prismatica a medidas (45 x 50 x 92)		Hl	Pr	2	-	140	0.5	0.5	300	
	2	2.2	Sujetar Bloque 4		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		2.1	Dar forma prismatica a medidas (45 x 50 x 92)		Hl	Pr	2	-	140	0.5	0.5	300	
VARIOS	3	3.1	Sujetar pieza		Mesa	-	-	-	-	-	-	2	
		3.2	Rectificar caras X Y		Piedra	Pr	2	280	750	manual	0.05	30	
		3.3	Juntar caras X Y		Soldadora	-	-	-	-	-	-	-	20
		3.4	Puntear con soldadura los dos extremos										
TORNO	4	4.1	Sujetar Pieza		Plato	-	-	-	-	-	-	2	
		4.2	Centrar y Perforar 5 a Ø 25.4		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
		4.3	Cilindrar 6 a Ø46 x 40		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
		4.4	Cilindrar 7 a Ø70 x 4		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
		4.5	Conicidad a 20°		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
		4.6	Ranurar a Ø 70		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
		4.7	Conicidad a 20°		Ct1	Pr	6	45	850	manual	1	10	
VARIOS	5	5.1	Rectificar 3		Piedra	Pr	2	280	750	manual	0.05	30	
		6	6.1		Perforar a Ø 10	Br	Pr	1	45	-	manual	-	30
	6.2	Machuelar a M12	Mc		Pr	1	manual	manual	manual	-	8		
	7	7.1	Perforar a Ø 7		Br	Pr	1	45	-	manual	-	8	
		7.2	Machuelar a M8		Mc	Pr	1	manual	manual	manual	-	8	
OBSERVACIONES H1. Herramientas Br. Brocas Pr. Pie de rey Mc Machuelo													
Los datos de la velocidad de corte, revoluciones, avances y profundidad de pasada son meramente orientativos; las posibilidades del torno, fresadora y herramientas disponibles las harian variar notablemente en cada paso													

4.3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA TAPA INFERIOR

Se realiza la construcción de la tapa inferior con la ayuda de la limadora, tal como se muestra en los planos del (anexo 1)

EPN		ESFOT PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA											
HOJA DE PROCESO N 03													
Denominación: TAPA INFERIOR Plano N°: MMP. 001. 006		N° de Piezas: 2	Material: Acero SAE 1010	Dimensiones en bruto: 50mm x 120mm e=15mm									
Elaborado por: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres			Reviso: Ing. Fausto Oviedo				Fecha: 18-10-07						
Fase	Subfase	Operación	DESIGNACIÓN	ESQUEMA	Util	Control	N° Pasadas	V m/min	n g.p.m.	a mm/g	P mm	Tpo. min	
LIMADORA	1	1.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	2	
		1.2	Limar 1		H1	Pr	2	-	140	0.5	0.5	5	
	2	2.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		2.2	Limar 3		H1	Pr	1	-	140	0.5	0.5	4	
	3	3.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		3.2	Limar 2		H1	Pr	2	-	140	0.5	0.5	5	
	4	4.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		4.2	Limar 4		H1	Pr	1	-	140	0.5	0.5	4	
TALADRO	5	5.1	Sujetar Pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	2	
		5.2	Perforar 5		Br	Pr	1	30	280	manual	8	2	
		5.3	Perforar 6		Br	Pr	1	30	280	manual	8	2	
BANCO	6	6.1	Sujetar Pieza		Br	Pr	1	30	280	manual	2	2	
		6.1	Machuelar 5 a M8		Mesa	-	-	-	-	-	-	2	
		6.2	Machuelar 6 a M8		Piedra	Pr	2	280	750	manual	0.05	6	
RECTIFIC.	7	7.1	Fijar Pieza		Mesa	-	-	-	-	-	-	2	
		7.2	Rectificar 7		Piedra	Pr	2	280	750	manual	0.05	6	
OBSERVACIONES H1. Herramientas Br. Brocas Pr. Pie de rey Mc. Machuelo													
Los datos de la velocidad de corte, revoluciones, avances y profundidad de pasada son meramente orientativos; las posibilidades del torno, fresadora y herramientas disponibles las harían variar notablemente en cada paso													

4.3.3 CONSTRUCCIÓN DE MAZAROTAS

La construcción de mazarotas se realiza por medio de la limadora para las partes planas y el agujero se mecaniza en la fresadora con una fresa frontal.

EPN		ESFOT PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA											
HOJA DE PROCESO N 04													
Denominación: MAZAROTA Plano N°: MMP. 001. 007		N° de Piezas: 2	Material: Acero SAE 1010	Dimensiones en bruto: 52 x 25mm e=20mm									
		Elaborado por: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres	Reviso: Ing. Fausto Oviedo	Fecha: 18-10-07									
Fase	Subfase	Operación	DESIGNACIÓN	ESQUEMA	Util	Control	N° Pasadas	V m/min	n g.p.m.	a mm/g	P mm	Tpo. min	
LIMADORA	1	1.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	2	
		1.2	Limar 1		H1	Pr	2	-	140	0.5	0.5	2	
	2	2.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		2.2	Limar 2		H1	Pr	2	-	140	0.5	0.5	2	
	3	3.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		3.2	Limar 3		H1	Pr	2	-	140	0.5	0.5	2	
	4	4.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		4.2	Limar 4		H1	Pr	2	-	140	0.5	0.5	2	
FRESADORA	5	5.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	2	
		5.2	Fresado Frontal 5		Frv	Pr	12	-	35	-	0.5	30	
RECTIFICADORA	6	6.1	Fijar Pieza		Mesa	-	-	-	-	-	-	2	
		6.2	Rectificar 6		Piedra	Pr	2	280	750	manual	0.05	6	
OBSERVACIONES H1. Herramientas Frv. Fresa Frontal Pr. Pie de rey Los datos de la velocidad de corte, revoluciones, avances y profundidad de pasada son meramente orientativos; las posibilidades del torno, fresadora y herramientas disponibles las harían variar notablemente en cada paso													

4.3.4 CONSTRUCCIÓN DE GUÍAS

Se realiza la construcción de las guías mediante la utilización del torno, basándose en los planos de taller y en las hojas de procesos.

EPN		ESFOT PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA											
HOJA DE PROCESO N 05													
Denominación: GUIA Plano N°: MMP. 001. 008		N° de Piezas: 2	Material: Acero SAE 1010	Dimensiones en bruto: Ø13mm x 25mm									
		Elaborado por: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres	Reviso: Ing. Fausto Oviedo	Fecha: 18-10-07									
Fase	Subfase	Operación	DESIGNACIÓN	ESQUEMA	Util	Control	N° Pasadas	V m/min	n r.p.m.	a mm/r	P mm	Tpo. min	
TORNO	1	1.1	Sujetar pieza		Plato	-	-	-	-	-	-	2	
		1.2	Refrentar 1		Ct1	Pr	5	30	450	0.5	0.8	5	
	2	2.1	Girar y sujetar pieza en el plato		Plato	-	-	-	-	-	-	-	1
		2.2	Refrentar 4 a medida		Ct1	Pr	4	45	850	0.5	0.8	5	
		2.3	Dar conicidad		Ct1	Pr	4	45	850	0.5	0.8	5	
	OBSERVACIONES Ct1. Herramientas Brp. Broca de centros Pg. Punto giratorio Mc. Machuelo Pr. Pie de rey				Los datos de la velocidad de corte, revoluciones, avances y profundidad de pasada son meramente orientativos; las posibilidades del torno, fresadora y herramientas disponibles las harían variar notablemente en cada paso								

4.3.5 CONSTRUCCIÓN DE PLACAS PORTA MOLDES

En las placas se realizó limpieza superficial y las perforaciones necesarias para la sujeción del molde y del soporte

EPN		ESFOT PROCESOS DE PRODUCCIÓN MECÁNICA											
HOJA DE PROCESO N 06													
Denominación: TAPA INFERIOR Plano N°: MMP. 001. 009		N° de Piezas: 2	Material: Acero SAE 1010	Dimensiones en bruto: 50mm x 120mm e=15mm									
Elaborado por: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres			Reviso: Ing. Fausto Oviedo				Fecha: 18-10-07						
Fase	Subfase	Operación	DESIGNACIÓN	ESQUEMA	Util	Control	N° Pasadas	V m/min	n g.p.m.	a mm/g	P mm	Tpo. min	
LIMADORA	1	1.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	2	
		1.2	Limar 1		H1	Pr	2	-	140	0.5	0.5	5	
	2	2.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		2.2	Limar 3		H1	Pr	1	-	140	0.5	0.5	4	
	3	3.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		3.2	Limar 2		H1	Pr	2	-	140	0.5	0.5	5	
	4	4.1	Sujetar pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	-	2
		4.2	Limar 4		H1	Pr	1	-	140	0.5	0.5	4	
TALADRO	5	5.1	Sujetar Pieza		Mordaza	-	-	-	-	-	-	2	
		5.2	Perforar 5		Br	Pr	1	30	280	manual	8	2	
		5.3	Perforar 6		Br	Pr	1	30	280	manual	8	2	
		5.4	Perforar 7		Br	Pr	1	30	280	manual	8	2	
		5.5	Perforar 8		Br	Pr	1	30	280	manual	8	2	
6	6.1	Pasar Grata											
OBSERVACIONES H1. Herramientas Br. Brocas Pr. Pie de rey													
Los datos de la velocidad de corte, revoluciones, avances y profundidad de pasada son meramente orientativos; las posibilidades del torno, fresadora y herramientas disponibles las harían variar notablemente en cada paso													

Finalmente el proceso de construcción termina con el montaje del conjunto de piezas como indica la figura 23.



Fig. 23 Molde metálico completo

El molde metálico mostrado en la figura anterior es montado en un soporte diseñado y construido por el Ing. William Danilo Arias Espín en su proyecto de titulación que lleva como título “Diseño y construcción de un equipo para colado en molde permanente. El soporte se encuentra en el laboratorio de fundición de la Escuela Politécnica Nacional. Esta es la razón por la cual en este capítulo no se ha mostrado la construcción de este soporte.

Se justifica el uso de este soporte debido a que ya se encuentra en el laboratorio de fundición, y además el molde construido en este proyecto está dentro del rango(250mm*250mm*250mm*) de dimensiones de moldes con los que funcionan el soporte.

Otro punto fundamental para el uso de este soporte es su versatilidad y su fácil operación ya que con el uso del mismo se obtendrá un cierre hermético de las dos partes de los moldes, un movimiento longitudinal uniforme y una gran facilidad para el colado de la pieza. Además que facilitará a los estudiantes la realización de prácticas de fundición en molde permanente ya que podrán contar con dos tipos de moldes de diferente forma para la realización de las mismas.



Fig. 24 Soporte metálico

4.5 CONTROL DE LAS PIEZAS ANTES DE LA EXPEDICIÓN

El control diario debe ser la base de las fabricaciones de calidad, se añade, según el estado de entrega, un cierto número de otros controles. De una manera general y cualquiera que sea el estado de entrega, un pedido no debe ser puesto en fabricación sino después de ensayar de acuerdo con piezas standard (dos como mínimo), diseñadas y mecanizadas para el cliente.

En una fabricación en serie grande, este acuerdo, generalmente, no se consigue hasta después de una serie previa de veinte e incluso cien piezas.

4.5.1 CONTROL CORRIENTE

Una vez que la composición química y las características mecánicas de una aleación han sido objeto de una verificación en la fusión, el control corriente es simple.

- Aspecto. Pieza perfectamente desarenada y desbarbada, no presentando ningún defecto superficial.
- Dimensiones. Control por muestreo en el curso de fabricación.
- Peso. El peso medio está fijado sobre un mínimo de veinte piezas del mismo tipo.

4.5.2 CONTROL COMPLEMENTARIO

Según su aplicación y su estado de entrega, las piezas pueden sufrir diferentes controles complementarios.

Estanquidad. Las condiciones de estanquidad a las cuales las piezas deben responder, son, generalmente, precisadas en el pedido. Los ensayos más corrientes son hechos bajo presión de agua, bajo presión de aire o bajo presión de aire en el agua.

Defectos externos. En particular, las grietas, defectos peligrosos que tienden a aumentar con el tiempo, no son siempre visibles a simple vista; un control sistemático debe ser efectuado, por ejemplo, sobre todas las piezas coladas en A-U5GT. Existen muchos procedimientos de *ensayos de continuidad*. Difieren en que el penetrador puede ser coloreado y visible a la luz natural o adicionado con sal fluorescente excitada por la luz ultravioleta.

Defectos internos. El examen de los rayos X permite descubrir sopladuras, grietas, inclusiones y porosidades debidas a los gases disueltos que escapan al examen visual. La radioscopia por examen directo sobre pantalla fluorescente, no es válida más que para grandes defectos. Por el contrario, la radiografía permite descubrir todos los defectos, si las condiciones de exposición y desarrollo de las películas son respetados.

4.6 DEFECTOS DE FUNDICIÓN EN EL MOLDEO POR GRAVEDAD

Los defectos de las piezas moldeadas se presentan de una manera poco más o menos análoga que en los restantes metales, pero con ciertas particularidades. Aunque se emplean los mismos términos, tales como *sopladuras*, *rechupes*, *grietas*, etc., para designar los defectos, las causas y los remedios son a veces diferentes.

Solamente se investiga los defectos *corrientes*, comprobados en piezas de serie. Estos defectos se clasifican en dos grupos:

- los *defectos externos*, que se comprueban en las piezas después de la colada;
- los *defectos internos*, son los más perjudiciales, que solamente se pueden descubrir por radiografía o por rotura en los lugares que se sospechan defectuosos.

Los defectos de fundición pueden tener dos orígenes:

- factores metalúrgicos;
- factores de moldeo.

En la práctica estos factores intervienen rara vez solos; sus acciones son casi siempre combinadas.

4.6.1 DEFECTOS PROCEDENTES DEL UTILLAJE

Las contracciones de las diferentes aleaciones de fundición, cuyos valores corresponden a la contracción no perjudicial, son bastante difíciles de prever cuando se está en presencia de piezas de grandes dimensiones, con numerosos machos interiores. Es necesario tener en cuenta que la contracción no se efectúa regularmente en todas direcciones y que en la misma dirección la contracción puede ser contrariada por la presencia de machos, enfriadores o partes de moldes oponiéndose a la contracción normal del metal.

4.6.2 MAL LLENADO DE LA PIEZA

Este defecto aparece frecuentemente bajo la forma de una falta de metal más o menos grande de forma diversa, llamada *no llenado*.

El defecto puede también manifestarse bajo la forma de grietas llamadas *juntas*. Se distinguen generalmente dos: la *junta fría* con bordes redondos, la *junta caliente* con bordes netos.

En los dos casos, la soldadura de las dos capas de metal es entorpecido por la presencia de «piel» de alúmina.

La baja densidad de las aleaciones de aluminio, así como la fuerte tensión superficial de la película de alúmina que recubre siempre al metal en estado líquido, facilitan estos defectos.

Principales Causas:

- Temperatura de colada demasiado baja.

Solución:

- ✓ Aumentar la temperatura de colada, teniendo en cuenta las instrucciones dadas para la fusión de la aleación considerada.

- Temperatura de colada muy elevada oxidación del baño.

Solución:

- ✓ Vigilar la temperatura de fusión.
- ✓ Emplear fundentes de cobertura.

- Mala alimentación del molde.

Solución:

- ✓ Verificar la relación entre las secciones del bebedero de colada y las entradas.
- ✓ Multiplicar las entradas para conducir el metal.
- ✓ Cambiar la orientación y la forma de las entradas por medio de ensayos sucesivos.
- ✓ Aumentar la velocidad del metal, aumentando la presión por la disposición de un reborde de colada.
- ✓ Aumentar el número de bebedores de colada.
- ✓ En el caso de piezas importantes, los ensayos de colada al <<descubierto>> permitirán darse cuenta del llenado del molde.

- Colada Interrumpida.

- ✓ Tener el bebedero siempre lleno para evitar la entrada del aire.

- Coquillas localmente demasiado frías.

Solución:

- ✓ Calentar localmente el molde.
- ✓ Modificar la posición de las coladas y de las mazarotas.

- Elección de la aleación.

Solución:

- ✓ Si las aleaciones tienen colabilidades o moldeabilidades diferentes, la pieza que presente <<no llenados>> o <<juntas>> puede no presentar estos mismos defectos con otra aleación que ofrezca mejor colabilidad.

- Presencia de aire en el interior del molde durante el colado del metal ocasionando el no llenado de detalles de la pieza.

Solución:

- ✓ Realizar perforaciones para dar salida a gases atrapados durante el colado del metal.

4.6.3 IRREGULARIDADES DE LA SUPERFICIE

Estos defectos pueden presentarse de diferentes formas: *gotas frías* y *piezas deformadas*.

4.6.3.1 Gotas frías

Es éste un defecto común a todos los moldeos; debe indicarse que se presenta bajo la forma de inclusión de partes metálicas presolidificadas y que son arrastradas cuando la pieza está siendo colada.

Principales Causas:

- Disposición y sección de las diferentes partes del canal.

Solución:

- ✓ Evitar una caída exagerada del metal.
- ✓ Utilizar un canal de colada con vástago de tapón.
- ✓ Verificar las secciones del bebedero, del canal de colada con escorias y de las entradas de colada.
- Colada defectuosa vacilación, parada, etcétera.

Solución:

- ✓ Disponer un embudo de colada de dimensiones apropiadas y de forma especial para evitar el torbellino.

4.6.3.2 Piezas deformadas y ladeadas

Estos, defectos provienen de un enfriamiento irregular de las diferentes partes de la pieza, de la resistencia de los machos o del molde oponiéndose a la contracción, o bien del tratamiento térmico.

Principales Causas:

- Irregularidad por el Enfriamiento.

Solución:

- ✓ Orientar de diferente forma o desplazar las coladas para obtener un reparto adecuado del metal en el molde.

- Colada con varias cucharas.

Solución:

- ✓ Necesidad absoluta de tener la misma temperatura en cada cuchara.

- Irregularidad por presencia de machos.

Solución:

- ✓ Reducir el grado de compresión.
- ✓ Modificar la composición de la arena.
- ✓ Esperar a que el metal se haya solidificado antes de la apertura del molde.

- Irregularidad por tratamiento térmico

Solución:

- ✓ Comprobar lo posición de la pieza en el horno.
- ✓ Utilizar soportes para algunas aleaciones.
- ✓ Templar en agua caliente.

4.6.4 GRIETAS

Las grietas se producen durante la solidificación y después de ésta; el desigual enfriamiento de las diferentes partes de la pieza fabricada, hace que una zona se solidifique después que las zonas que la circundan; estas variaciones de volumen con fuertes tensiones llegan a producir la rotura fig. 25.

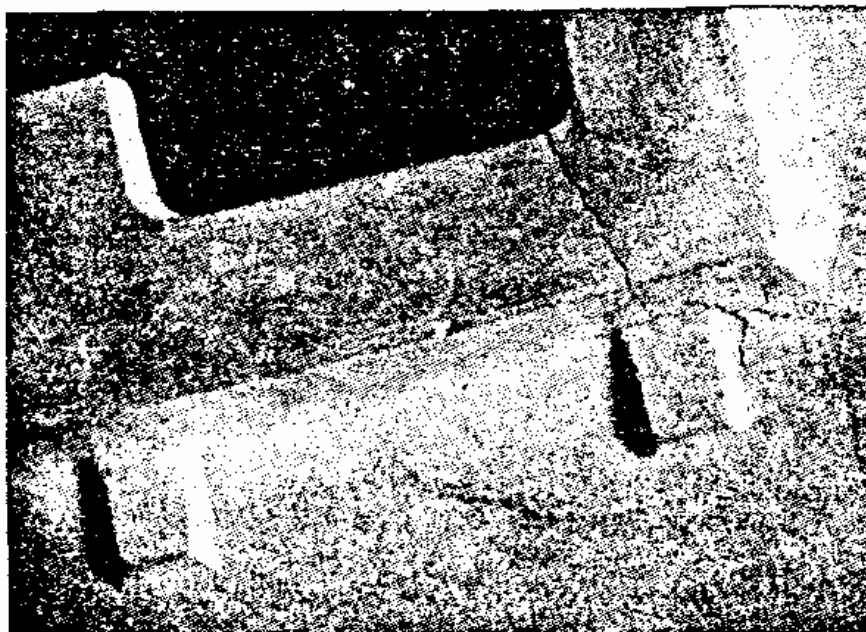


FIG. 25 Grieta producida por desigual enfriamiento.

A esta causa es preciso añadir la resistencia de algunas partes del molde y de los machos.

Los peligros de las grietas son más frecuentes con aleaciones de gran intervalo de solidificación, por lo tanto forman en un magma líquido que se solidifica lentamente; el conjunto constituye una masa heterogénea, que tiende a hundirse sobre ella misma, apareciendo las grietas. Las aleaciones eutécticas o próximas a la eutéctica no tienen el peligro de las grietas.

Las grietas son más frecuentes en moldeado en coquillas que en moldeado en arena.

Principales Causas:

- Trazado de la pieza. Enfriamiento desigual.

Solución:

- ✓ Modificar la concepción del molde.
- ✓ Verificar la posición de las entradas de colada y de las mazarotas, con el fin de que las partes que tienen tendencia a la grieta no se solidifiquen al final.
- ✓ Utilizar refrigeradores para equilibrar la solidificación.

- Coquilla demasiado fría.

Solución:

- ✓ Calentar la coquilla.
- ✓ Emplear revestimientos aislantes.

- Tratamiento térmico.

Solución:

- ✓ Los mismos fenómenos pueden producirse en el temple si las tensiones son muy fuertes; las grietas se producen en el momento del enfriamiento.

4.6.5 RECHUPES

Los rechupes son debidos al cambio de volumen de la pieza colada hasta su solidificación completa.

Los rechupes pueden ser *externos* o *internos*; las aleaciones con gran intervalo de solidificación producen con preferencia rechupes externos. En las aleaciones eutécticas o próximas a la eutéctica, para las cuales la temperatura permanece constante durante toda la duración de la solidificación, las paredes externas que se solidifican las primeras tienden a localizar la contracción en el seno del metal, bajo la forma de rechupes o micro rechupes.

Los rechupes son defectos peligrosos, especialmente cuando son internos, ya que no pueden ser descubiertos por el examen exterior (fig. 30); la presencia de rechupes reduce fuertemente las características mecánicas. Durante la puesta a

punto de una nueva pieza colada, es absolutamente necesario examinar ésta por radiografía o sacrificar varias piezas, que se examinarán bajo planos diferentes, mediante la rotura de las partes macizas.

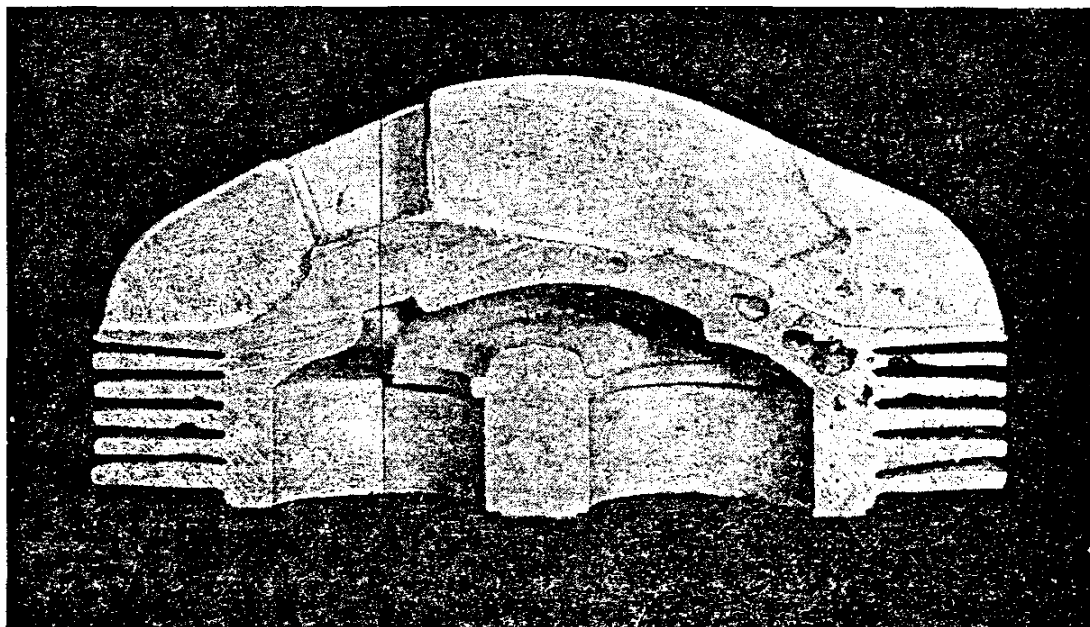


Fig. 26 Corte en un cilindro de motor, revelando la presencia de rechupes.

Principales Causas:

- Trazado de la Pieza.

Solución:

- ✓ Reducir las masas por medio de un trazado adecuado.

- Partes Macizas.

Solución:

- ✓ Poner machos en los resaltos que tienen alisados, los cojinetes etc.
- ✓ Equilibrar la solidificación por el empleo de enfriadores.
- ✓ Disponer una mazarota maciza que permita mantener una parte líquida, hasta la solidificación completa de la pieza.
- ✓ Evitar el estrangulamiento al pie de las mazarotas y unir las con la pieza con grandes radios.
- ✓ En las coquillas emplear enlucidos diferentes.

- Unión entre dos partes de la pieza.

Solución:

- ✓ Método de los círculos inscritos.
- ✓ Aumentar ciertos espesores para asegurar una unión suficiente del metal caliente con una parte maciza.

- Temperatura de Colada.

Solución:

- ✓ Determinar, para cada pieza importante, una temperatura precisa y controlada con el pirómetro.
- ✓ Bajar la temperatura al máximo.

4.6.6 POROSIDADES

En principio, las porosidades no se ven a simple vista en una pieza bruta de colada, no apareciendo hasta después de ser mecanizadas fig. 27.

Las porosidades son debidas al desprendimiento parcial durante la solidificación de los gases disueltos en el metal líquido. Estos gases pueden tener diversos orígenes (metal, fusión y molde).

En las aleaciones eutécticas o próximas a la eutéctica, las porosidades toman habitualmente una forma esférica, no comunicándose, generalmente entre sí. En las aleaciones con gran intervalo de solidificación, las porosidades producen cavidades de forma irregular, que unen los contornos de los cristales. Algunas aleaciones tienen más tendencia a las porosidades que otras; la absorción del hidrógeno es favorecido por la presencia de sodio y magnesio.

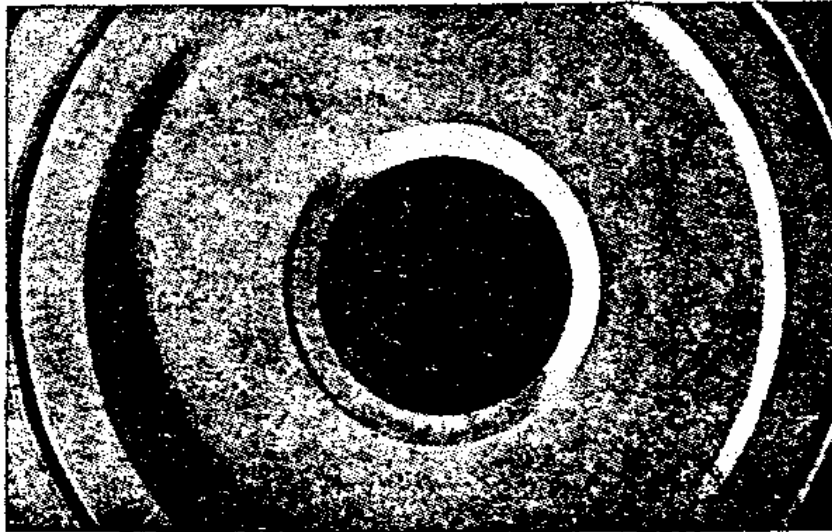


Fig. 27 Porosidades sobre una pieza colada en arena, de aleación Á5.

Principales Causas:

- Metal gasificado al principio, debido a chatarras sucias o a una fusión sobrecalentada.

Solución:

- ✓ Lavar y desgasificar los gases por medio de fundentes salinos.
- ✓ Desgasificar por burbujeo por medio de: gas inerte: el nitrógeno; gas activo: el cloro.

- Fusión combustible, cuchara de colada y útiles de fusión.

Solución:

- ✓ No emplear más que fundentes secos.

CAPITULO V

ENSAYOS Y PRUEBAS

En este capítulo se menciona las pruebas y ensayos realizados en el molde así como también las condiciones que se debe tomar en cuenta para un apropiado colado de la pieza, y una perfecta utilización de la coquilla.

Para poder obtener en el producto final un alto estándar de calidad así como a la vez un excelente nivel de competencia en el mercado.

5.1 CONDICIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE UNA COQUILLA

Cuando se ensaya una coquilla, el fundidor debe determinar las mejores condiciones de utilización:

- Temperatura de colada;
- Temperatura de la coquilla (preferentemente con un pirómetro de contacto);
- Orden y ritmo de las operaciones de desmoldeo;
- Velocidad de llenado y de volteo y eventual elección de los orificios de llenado;
- Enfriamiento de los machos;
- Elección de los enlucidos.
- Disminución de la mano de obra empleada

En el desarrollo de estas condiciones, a veces, se puede tener la obligación de realizar ciertas modificaciones en el molde como suelen ser: creación de nuevas salidas de aire y el ensanchamiento de las mazarotas o de las entradas.

5.2 DESARROLLO DE LAS CONDICIONES A TOMAR EN CUENTA

5.2.1 PRECAUCIONES EN LA FUSIÓN Y EN LA EXTRACCIÓN

El baño debe ser *desoxidado* en el horno de fusión o en el horno de mantenimiento. El empleo de inyectores durante la extracción es perjudicial, porque se introducen inclusiones de óxido.

Para ciertas aleaciones, se debe efectuar una operación de afino en el horno de fusión o en el horno de mantenimiento, o incluso en la cuchara que va de un horno al otro.

Algunas fabricaciones, especialmente las piezas pesadas (pistones de Diesel), exigen un metal completamente desgasificado. En el caso de piezas delgadas es tolerable cierto grado de gases. En algunos casos particulares un metal gasificado, a condición de estar exento de óxidos, puede incluso evitar algunos rechupes locales o ciertas grietas gracias a la fina porosidad que provoca en toda la pieza.

Una temperatura de colada constante es indispensable, de ahí la necesidad de una buena regulación de la temperatura en el horno de mantenimiento y de una buena pirometría.

La superficie del baño debe ser a veces desescoriada. Se debe evitar el volver a verter al horno el excedente de las cucharas.

Las cucharas deben estar *revestidas* y mantenidas limpias; cuando se extrae el metal, se procura que su pico de colada no se ensucie con la costra de alúmina, la cual podría ser arrastrada al molde.

Si el baño está parcialmente recubierto de un fundente protector, se debe evitar el arrastre de inclusiones de fundente en el molde.

Las *inclusiones duras* que a veces hacen difícil la mecanización, mellando los útiles, están constituidas por variedades de alúmina o de óxidos más complejos. Estos granos pueden existir en los lingotes de ciertos lotes de metal de segunda fusión, pero los puede formar el fundidor si no observa ciertas precauciones, tales como: quitar de los crisoles cuando están vacíos las escorias pegadas a las paredes o sobre el fondo, evitar los sobrecalentamientos y utilizar fundentes desoxidantes.

Estos granos son, generalmente, más pesados que el baño; en el horno de mantenimiento se aconseja dejar reposar el baño algunos minutos después de remover el metal, y no verter a los moldes los fondos del crisol.

No raspar los crisoles en el curso de la extracción.

5.2.2 TEMPERATURA DEL MOLDE Y TEMPERATURA DE COLADA

Por regla general se debe colar un *metal frío* en un molde caliente. Una temperatura suficientemente elevada del molde permite reducir los riesgos de las grietas, porque reduce la contracción de la pieza en el interior de la coquilla. La temperatura conveniente es alrededor de 350-400 °C. Se sobrepasa los 400 °C y a veces los 450 °C para las aleaciones sensibles a las grietas.

El A-S13 y los compuestos similares soportan temperaturas más bajas. Con estas aleaciones, la temperatura excesiva de una zona del molde puede dar lugar a la formación de grietas, sobre todo si el llenado es defectuoso.

La mayor parte de las piezas se cuelan con un metal entre 700 y 750 °C.

5.2.3 EL PRECALENTAMIENTO DE LAS COQUILLAS

Otra de las condiciones importantes antes del colado del metal es el calentamiento de las diferentes partes del molde, bien fuera de su posición de trabajo (sobre el borde del horno donde reposa el metal, o incluso en un horno cerrado), o bien en su sitio, preferentemente por medio de quemadores de gas.

Es en el período de precalentamiento cuando se aplican los enlucidos, a una temperatura de 150 °C.

Una vez comenzada la colada, la mayoría de los moldes no necesitan calentamiento si el ritmo de llenado es apropiado. Toman una temperatura de régimen que permite la consecución de las piezas. En caso necesario el molde puede ser calorifugado.

Algunos moldes tienen necesidad de un calentamiento continuo. Se utilizan quemadores de gas convenientemente orientados y fijados sobre el molde o sobre la mesa que lo soporta. Las coquillas en cajón están particularmente adaptadas para el calentamiento permanente.

El gas de ciudad es de una gran comodidad para el calentamiento de las coquillas. En su defecto se recurre al propano.

El calentamiento preferencial de algunas zonas puede ser útil, por ejemplo, en las mazarotas o para equilibrar la temperatura del molde.

Se controlan las temperaturas por medio de lápices termoindicadores, o mejor aún por medio de un *pirómetro de contacto*.

5.2.4 ENLUCIDOS

Los enlucidos sirven para recubrir las superficies destinadas a estar en contacto con el metal líquido. Cumplen varios fines:

- Protegen la coquilla contra la acción del aluminio (poco sensible sobre las partes de fundición);
- Facilitan el deslizamiento del metal líquido, así como el desmoldeo de la pieza;
- Permiten actuar contra la intensidad de los cambios térmicos de la pieza y el molde.

Esta última misión es muy importante; la intensidad de los cambios térmicos depende de la elección del revestimiento y del espesor de la capa.

La aptitud de los revestimientos para transmitir el calor difiere mucho según los productos.

Enlucidos buenos conductores.- Se obtienen diluyendo en agua destilada o de lluvia grafito coloidal. Estos enlucidos son tanto mejor conductores cuanto más delgada es la capa y más puro es el grafito.

Enlucidos malos conductores.- Contienen polvos como el yeso molido (blanco de España), el caolín, el talco, el ocre, el polvo de amianto o de mica; estos polvos se diluyen en agua con adiciones de silicato de sosa.

La elección de los enlucidos y su modo de aplicación tienen una influencia importante sobre la consecución de las piezas. He aquí algunos principios:

- El fundidor debe saber jugar con la naturaleza y el espesor de los enlucidos para hacer variar la intensidad de los cambios térmicos de un punto a otro. Por ejemplo: aplicar sobre las cavidades del molde de colada y las mazarotas capas muy aislantes;
- Para las aleaciones sensibles a las grietas y particularmente en casos de piezas delgadas es preferible un enlucido mal conductor:
- Un enlucido mal conductor permite disminuir la temperatura de colada;
- Los enlucidos a base de grafito son apropiados para las aleaciones eutécticas, poco sensibles a las grietas, para las que es conveniente que una corteza sólida y continua se forme rápidamente al contacto con el molde;
- Los enlucidos rugosos dan superficies más graníticas que los enlucidos lisos, pero son más aislantes; además, evitan algunos defectos de superficie;
- La irregularidad de una capa de enlucido perjudica a la precisión y al aspecto de las piezas y puede producir oquedades locales en las partes en las que el exceso de aislante retarda la solidificación;
- Se busca una buena adherencia con el fin de espaciar las reconstrucciones.

Antes de aplicar un enlucido sobre un molde nuevo, éste debe estar perfectamente desengrasado y también arenado.

Si el molde ha sido usado y se ha enrojecido en el almacén, se elimina el óxido con viruta o con cualquier otro medio que desgaste poco el molde (vapor espeso por ejemplo). El enlucido puede ser aplicado bien por pulverización con inyector o pistola, o bien por medio de un pincel. Estas aplicaciones exigen una temperatura conveniente en las superficies (150 °C aproximadamente). Varias capas finas sucesivas (cada pasada después de haberse secado la precedente) se mantienen mejor que una capa espesa.

En los retoques locales es preferible usar el pincel para aplicarlo. Antes de hacer un nuevo enlucido, se debe eliminar con cuidado la antigua capa, mediante medios que desgasten poco el molde.

Muchos machos no tienen otro enlucido que el grafito procedente del líquido utilizado para enfriarlos; se evita que este enlucido tome un espesor excesivo o irregular.

Pulverización de talco.- Se facilita el deslizamiento del metal durante el llenado así como el desmoldeo de las piezas, proyectando contra la cavidad del molde, antes del cierre, una nube de talco que se produce agitando un saquito o por medio de una pistola.

El enlucido aplicado antes del colado del metal esta compuesto por los siguientes componentes:

1lb. de talco

4l de agua

1l de silicato de sodio

El enlucido se aplicó en una proporción de $\frac{1}{4}$ debido a que la superficie que se necesita recubrir no es de un tamaño considerable.

5.3 CONTROLES DIARIOS EN LA FUNDICIÓN EN COQUILLA

Control inicial. Se debe controlar el cierre y posición de la coquilla por medio de plantillas, de modelos o instrumentos de medida.

Durante la fusión controlar:

- la constitución de las cargas;
- la temperatura de cada adición (aleaciones madres y fundente);
- la temperatura fijada al fin de la fusión para cada aleación;
- el contenido de gas (ensayo en vacío parcial);
- composición química del baño antes de la colada (espectrografía);

- las características mecánicas (dos probetas a tracción, sin mecanizar).

Durante la colada.- Controlar la temperatura óptima fijada para cada tipo de pieza; controlar en caliente los defectos aparentes antes del desbarbado.

5.4 DESARROLLO DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN EL MOLDE METÁLICO

5.4.1 PRIMER ENSAYO

Desarrollo del ensayo.- En este primer ensayo el material utilizado para el colado en el molde metálico fue cera, la razón por la cual se utiliza este tipo de material es porque al momento de la solidificación presenta una baja dureza lo cual ayuda al desmoldeo de la pieza por si se presenta alguna contrasalida o algún otro tipo de problema.

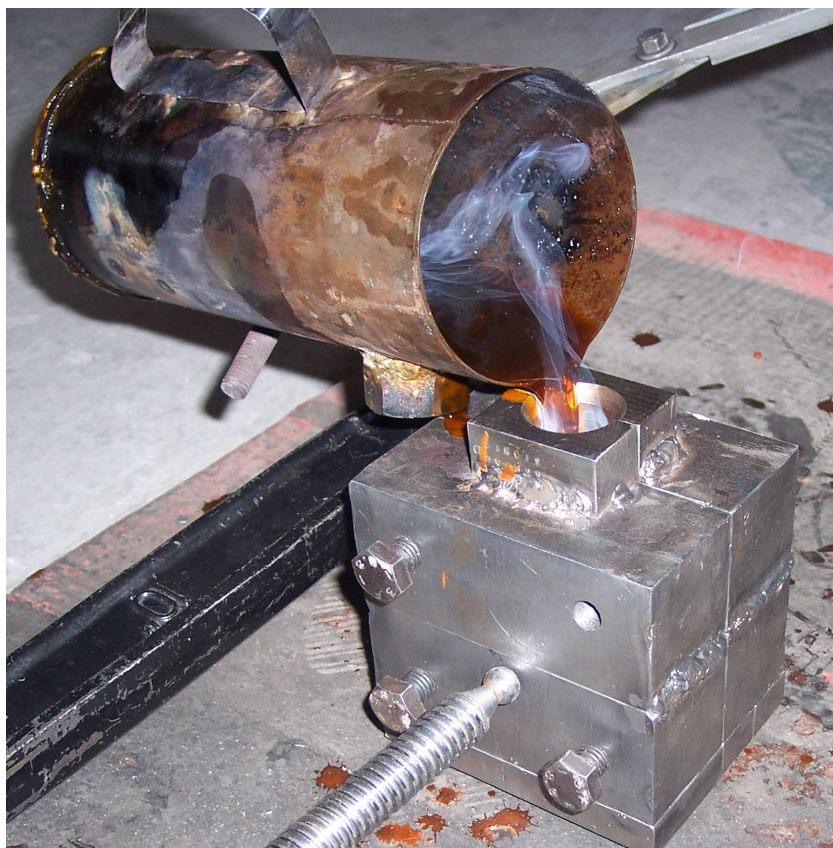


Fig. 28 Colado de la cera en el molde metálico

Análisis de resultados. -De los resultados obtenidos se puede concluir que el molde tiene pequeñas partes que generan contrasalidas las cuales dificultan el desmoldeo de la pieza.

Este tipo de problema se presenta con mayor grado de dificultad al colar la pieza en aluminio.

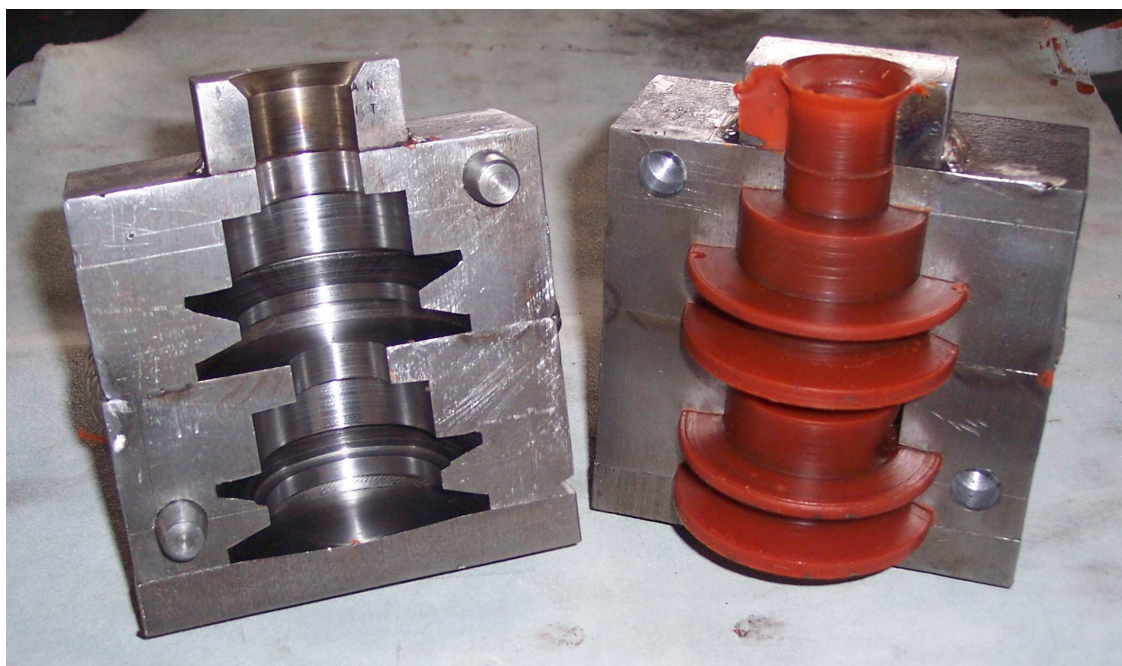


Fig. 29 Desmoldeo de la pieza

Modificaciones.- Las correcciones realizadas para la solución de este tipo de problema fue el mecanizado de las partes que generan contrasalidas.

El mecanizado debe ser un mecanizado fino que no influya en la geometría de la huella del molde.

5.4.2) SEGUNDO ENSAYO

Desarrollo del ensayo.- En el segundo ensayo el tipo de material utilizado es aluminio con este tipo de material se requiere tomar en cuenta los parámetros ya mencionados como son los enlucidos cuya función es facilitar el colado del metal y el desmoldeo de la pieza otro parámetro importante es la temperatura de precalentamiento la cual esta alrededor de los 350°C esta temperatura se alcanza

en unos 20 minutos después de haber cumplido con estos parámetros se procede a colar el metal para la obtención de la pieza requerida.

Análisis de resultados.- Después de haber realizado la prueba correspondiente se observó que se presentaron contrasalidas lo cual ocasionó que se dificulte la extracción de la pieza.

Modificaciones:- Para minimizar este defecto y facilitar la extracción de la pieza se procede a un aumento del ángulo de salida lo cual facilitará la extracción de la pieza.



Fig. 30 Colado del aluminio en el molde metálico



Fig. 31 Desmoldeo de la pieza



Fig. 31.1 Piezas realizadas en el molde metálico

5.5) ANÁLISIS DE LAS PIEZAS OBTENIDAS

Después de haber realizado las pruebas correspondiente se observo que las piezas obtenidas en el molde metálico presentan una aceptable calidad tanto en el ámbito superficial, como en sus dimensiones previamente establecidas al inicio del proyecto presentado, con lo que se demuestra haber cumplido con el objetivo del mismo el cual es mejorar la producción, calidad y aumentar la cantidad de productos terminados, convirtiéndose en un proceso de fabricación versátil y con facilidad de operación, minimizando costos de producción y obteniendo utilidades favorables.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES

Después de un análisis teórico - práctico y de varias pruebas se menciona a continuación algunas de las más importantes conclusiones del proyecto.

- En la construcción de una matriz se debe realizar un estudio detallado de la pieza a construir esta es una de las condiciones mas importantes para evitar futuros problemas con el manejo de la matriz.
- Al finalizar el mecanizado de la matriz es importante tomar en cuenta que mientras mejor sea el acabado superficial de la matriz las piezas a producirse en dicha matriz serán de mejor calidad y reducirá el costo de su producción evitando así operaciones posteriores de mecanizado.
- La construcción de matrices para fundición es aconsejable y justificable para una producción en serie lo que ocasiona una reducción en el precio final del producto, ya que el costo de construcción de una matriz es sumamente elevado.
- Las matrices para fundición son recomendables para materiales con un punto de fusión bajo ya que si se desea obtener un pieza de un material con un punto de fusión alto, se presenta un problema con el material para la construcción de la matriz ya que este debería ser de un mayor punto de fusión que el de la pieza que se desee obtener.
- La utilización de este proceso es versátil ya que solo un operario lo puede realizar por su facilidad de operación.
- El precalentamiento de la matriz es importante para evitar choques térmicos por diferencia de temperatura y por consiguiente defectos en las piezas producidas.

- Este proceso se orienta a una producción en serie por su facilidad y rapidez de operación.

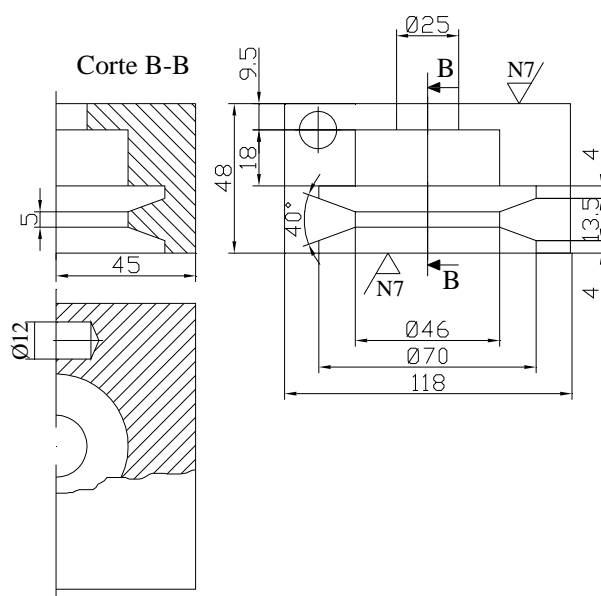
RECOMENDACIONES

- La utilización de enlucidos facilita el llenado del molde y el desmoldeo de la pieza este factor es muy importante que se debe tomar en cuenta.
- Es importante realizar un chequeo al equipo de trabajo antes de empezar el proceso de fundición para evitar posibles accidentes por fuga de gas u otros inconvenientes.
- Es recomendado realizar una prueba en un material fácil de desmoldar ya que esto facilitaría la operación si se presentasen contrasalidas en la matriz.
- Se recomienda dar un leve ángulo de salida en el mecanizado de la huella de la matriz para facilitar el desmoldeo de la pieza.
- Es aconsejable utilizar el material adecuado para la construcción de la matriz para evitar futuros problemas.
- La limpieza de partículas de oxido u otro material que se encuentren adheridos a la superficie de la huella de la matriz, es aconsejable antes de su utilización.
- Una buena alineación de las dos caras de los moldes evitara futuros problemas el momento de la apertura del molde.
- Es fundamental el uso del adecuado equipo de seguridad industrial durante la operación del equipo.

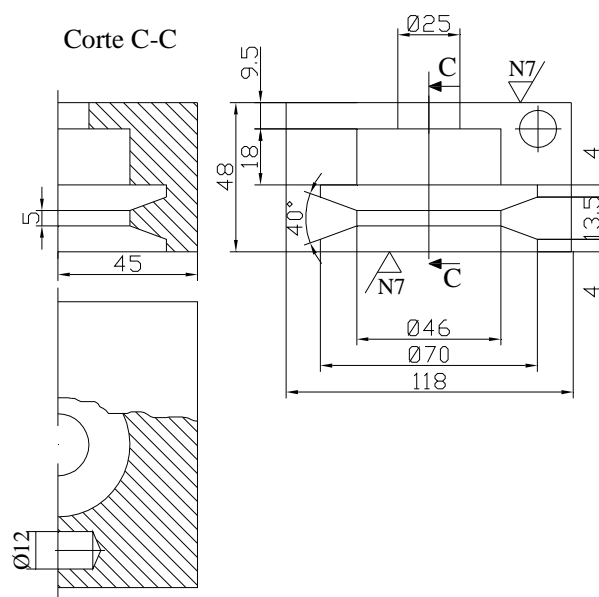
BIBLIOGRAFÍA

- ANILEMA, Alicia. Diseño y construcción de un soporte para troquelaría. Tesis; Quito, agosto, 2005.
- WILLIAM DANILO ARIAS ESPÍN. Diseño y construcción de un equipo para colado en molde permanente. Tesis; Quito, octubre, 2007.
- BARRAND, Pierre.1969; Enciclopedia del Aluminio Vol. 4. Urmo, Bilbao.
- BARRAND, Pierre.1969; Enciclopedia del Aluminio Vol. 3. Urmo, Bilbao.
- BAKER, Glenn. 1985; Procesos de manufactura. Mc Graw-Hill Madrid-España.
- CAPELLO, Eduardo 1974; Tecnología de la Fundición; sin editorial; Italia.
- DESLANDES, Fernand. 1985. Modelos y moldes para Fundición; México.
- EDB,(1986); “Dibujo Técnico”, Ediciones Don Bosco, Ecuador.
- INEN,(1989),”Código de dibujo técnico mecánico”, INEN, Ecuador.
- MAGAROLA, Saenz.1959. Manual del aluminio. Reverte, Barcelona-España
- MANTILLA, Wilson. 1998. Tecnología de Fundición Texto Guia; Escuela Politécnica Nacional; Quito
- TITOV, Stepanov.1981.Tecnología de los procesos de fundición. Mir.Moscú
- A. Spencer: 1968 “Manual del Fundidor” Urmo: Bilbao

ANEXO 1
PLANOS

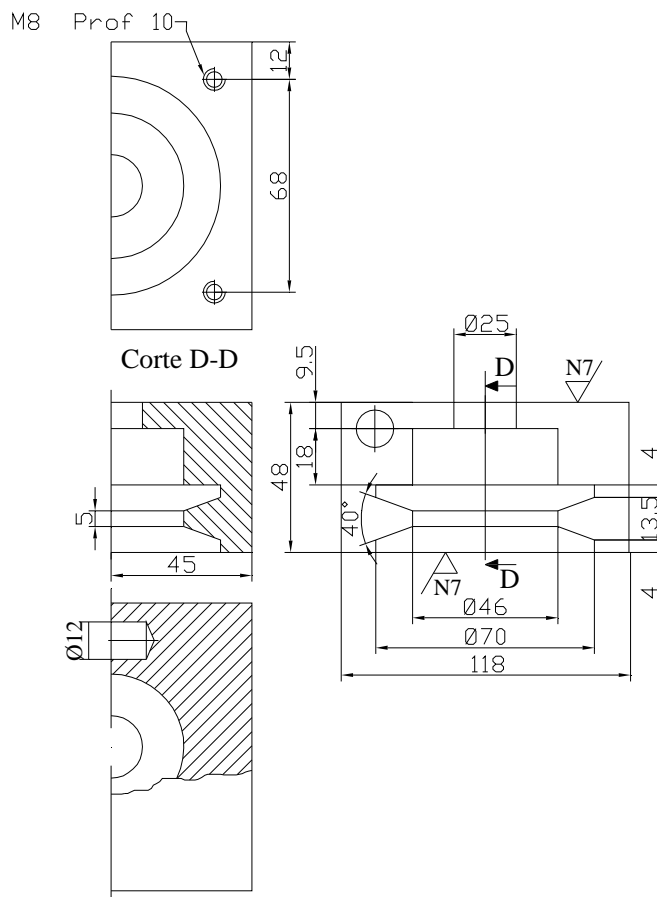
$\nabla N8 / (\nabla N7)$


Recubrimiento:	Ninguno	EPN	ESFOT P.P.M.
Trat. Superficial:	Ninguno		
Nº de piezas:	2		
MATERIAL:	Acero SAE 1010	Tol. Gral. ± 0.5	Escala: 2:1
			Dib: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres
			Rev: Ing. Fausto Oviedo
BLOQUE SUPERIOR FIJO		Nº: MMP. 001. 001	Fecha: 20/10/07

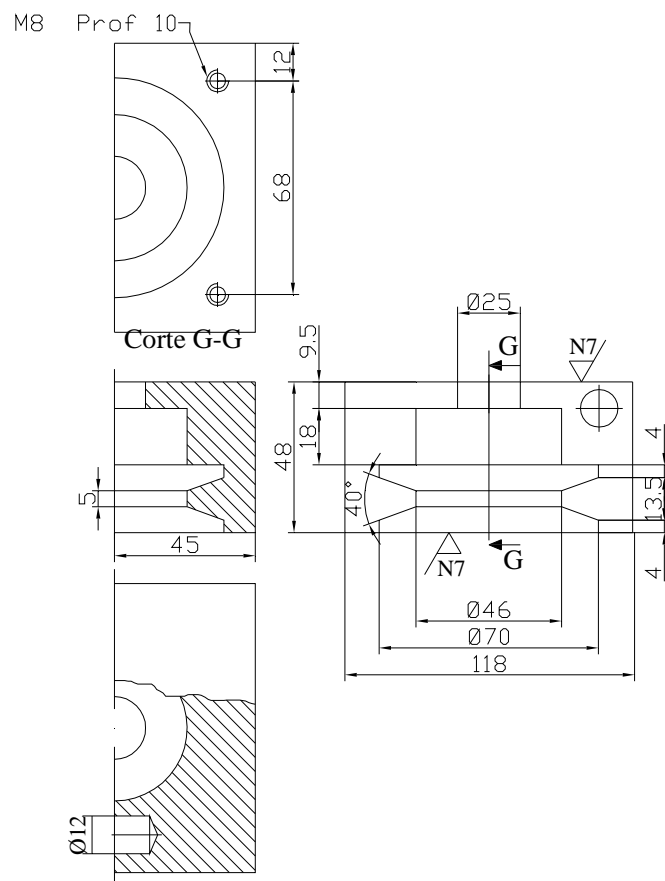
$\nabla_{N8} / (\nabla_{N7})$


Recubrimiento:	Ninguno	EPN	ESFOT P.P.M.	
Trat. Superficial:	Ninguno			
N° de piezas:	2			
MATERIAL:	Acero SAE 1010	Tol. Gral. ± 0.5	Escala. 2:1	Dib: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres
				Rev: Ing. Fausto Oviedo
BLOQUE SUPERIOR MOVIL			N°: MMP. 001. 002	Fecha: 20/10/07

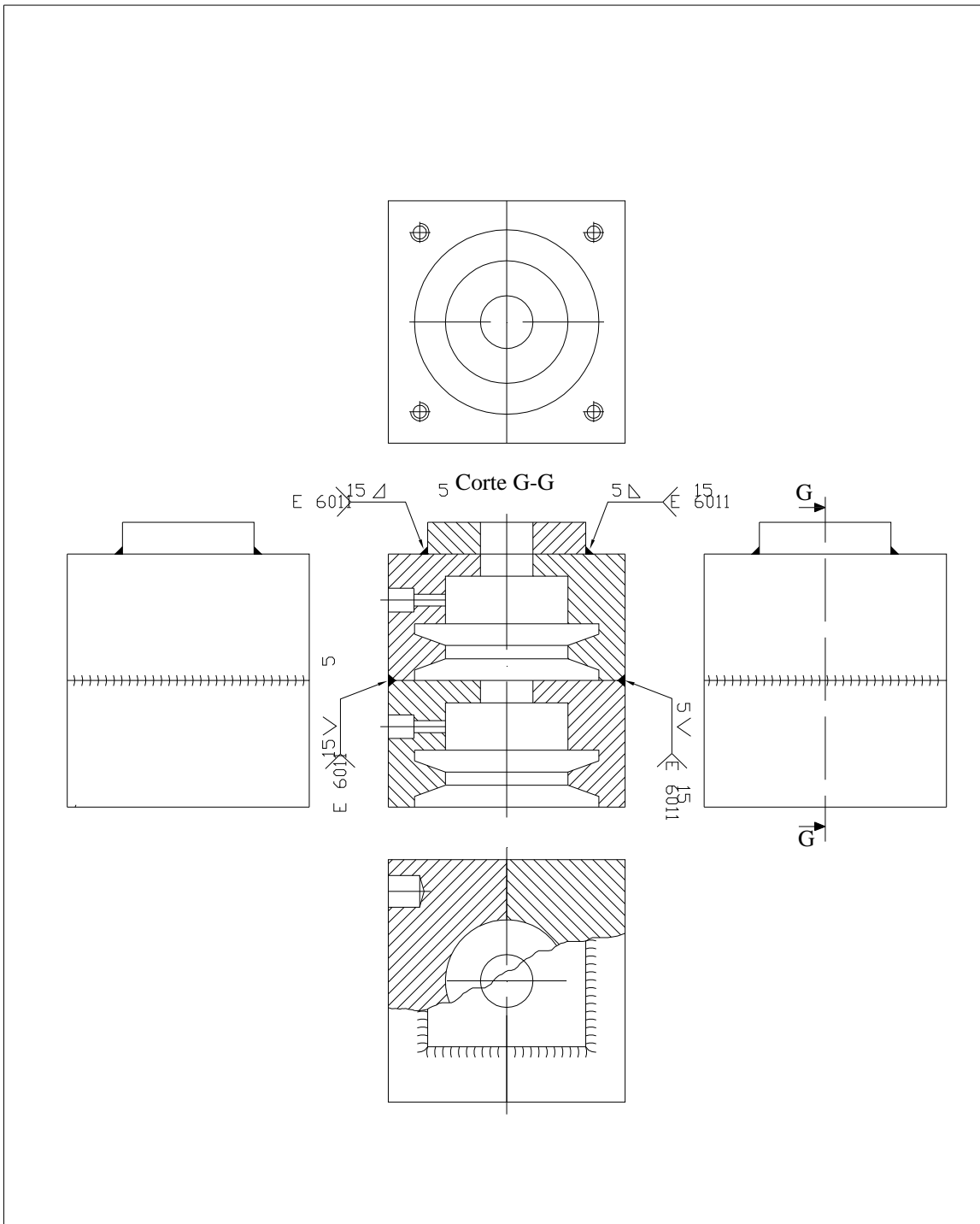
N8 / (N7)



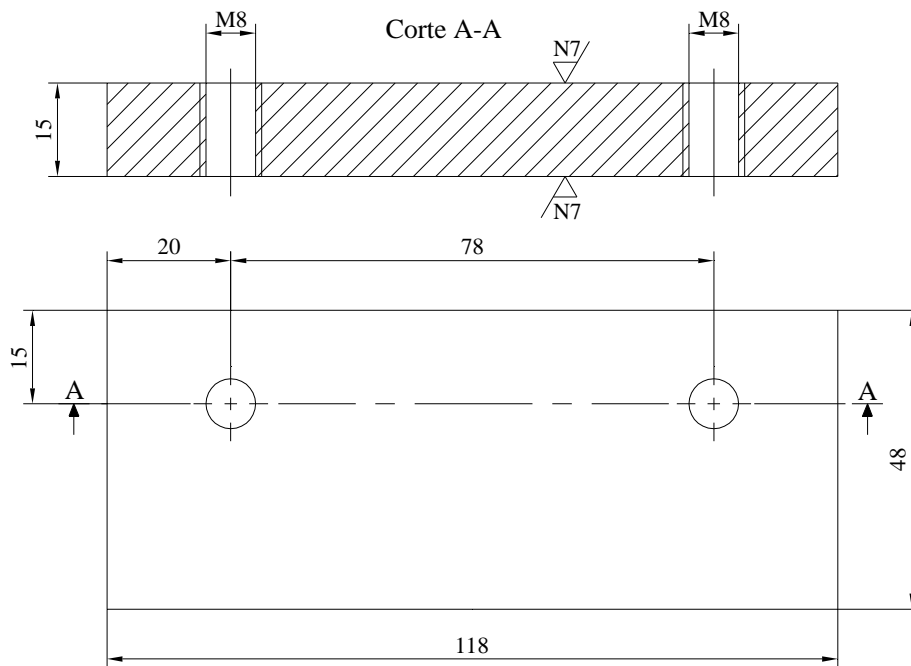
Recubrimiento:	Ninguno	EPN	ESFOT P.P.M.
Trat. Superficial:	Ninguno		
N° de piezas:	2		
MATERIAL:	Acero SAE 1010	Tol. Gral. ± 0.5	Escala: 2:1
			Dib: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres
			Rev: Ing. Fausto Oviedo
BLOQUE INFERIOR FIJO		Nº: MMP. 001. 003	Fecha: 20/10/07

$\nabla N8 / (\nabla N7)$


Recubrimiento:	Ninguno	EPN	ESFOT P.P.M.
Trat. Superficial:	Ninguno		
N° de piezas:	2		
MATERIAL:	Acero SAE 1010	Tol. Gral. ± 0.5	Escala: 2:1
			Dib: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres
			Rev: Ing. Fausto Oviedo
BLOQUE INFERIOR MOVIL		N°: MMP. 001. 004	Fecha: 20/10/07

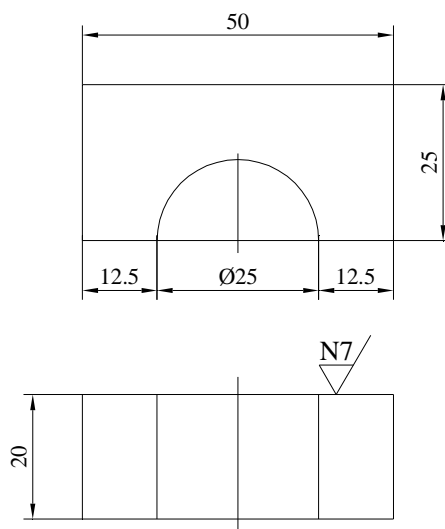


Recubrimiento:	Ninguno	EPN	ESFOT P.P.M.		
Trat. Superficial:	Ninguno				
Nº de piezas:	2				
MATERIAL:	Acero SAE 1010	Tol. Gral.	Escala.	Dib:	Eduardo Toledo Rodrigo Puerres
		± 0.5	2:1	Rev:	Ing. Fausto Oviedo
MOLDE METALICO SOLDADO		Nº: MMP. 001. 005		Fecha:	20/10/07

$\nabla N8 / (\nabla N7 /)$


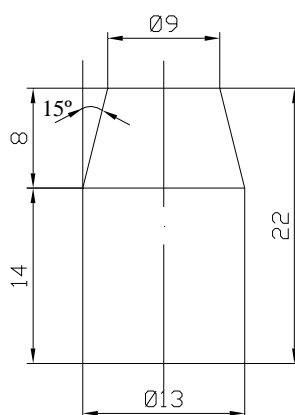
Recubrimiento:	Ninguno	EPN	ESFOT P.P.M.
Trat. Superficial:	Ninguno		
Nº de piezas:	1		
MATERIAL:	Acero SAE 1010	Tol. Gral. ± 0.5	Escala: 1:1
			Dib: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres
			Rev: Ing. Fausto Oviedo
TAPA INFERIOR		Nº: MMP. 001. 006	Fecha: 20-10-07

N8/



Recubrimiento:	Ninguno	EPN	ESFOT P.P.M.
Trat. Superficial:	Ninguno		
Nº de piezas:	2		
MATERIAL:	Acero SAE 1010	Tol. Gral. ± 0.5	Escala. 1:1
		Dib: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres	
		Rev: Ing. Fausto Oviedo	
MAZAROTA		Nº: MMP. 001. 007	
		Fecha: 20/10/07	

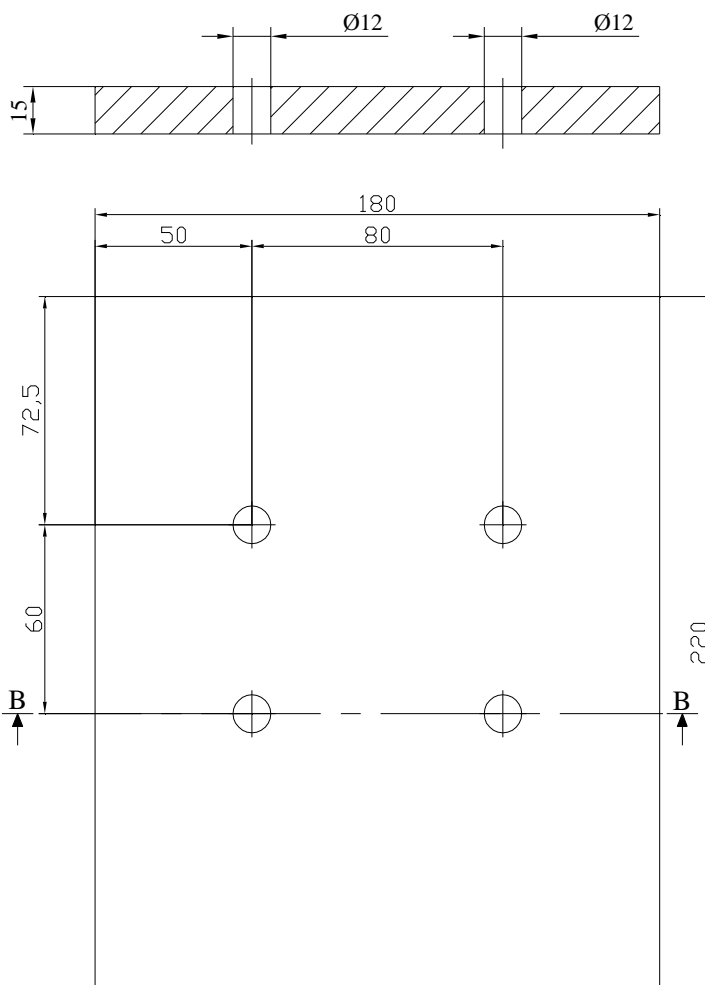
N8



Recubrimiento:	Ninguno	EPN	ESFOT P.P.M.		
Trat. Superficial:	Ninguno				
N° de piezas:	2				
MATERIAL:	Acero SAE 1010	Tol. Gral.	Escala:	Dib:	Eduardo Toledo Rodrigo Puerres
		± 0.5	1:2	Rev:	Ing. Fausto Oviedo
GUIA		N°: MMP. 001. 008		Fecha: 20/10/07	

N9

Corte B-B



Recubrimiento:	Ninguno	EPN	ESFOT P.P.M.
Trat. Superficial:	Ninguno		
Nº de piezas:	1		
MATERIAL:	Acero SAE 1010	Tol. Gral. ± 0.5	Escala: 2:1 Dib: Eduardo Toledo Rodrigo Puerres Rev: Ing. Fausto Oviedo
PLACA PORTA MOLDES		Nº: MMP. 001. 009	Fecha: 20-10-07

ANEXO 2
TABLAS

Clasificación de procesos de colada, vaciado y moldeado

Categoría	Proceso	Material del producto	Materia/ del molde	Clase del molde (Unitario o permanente)	Producto típico
Gravedad	Cera perdida (revestimiento)	Metales	Arena o yeso	Unitario	Estatuas, partes de turbinas, impulsores de transmisiones
	Moldeado en foso	Hierro y acero	Arena verde	Unitario	Partes de máquinas, turbinas y generadores grandes
	Moldeado en piso	Hierro y acero	Arena verde	Unitario	Equipo industrial mediano a grande; bombas
	Moldeado en banco	Hierro y acero; metales no ferrosos	Arena verde	Unitario	Partes de motores, placas, herrajes
	Moldeado en cascara	Metales ferrosos y no ferrosos	Arena curada	Unitario	Piezas de semiprecisión: engranes, partes de motores
	Moldeado de cerámicas	Metales ferrosos y no ferrosos	Arena cruda	Unitario	Partes de precisión, troqueles, aspas de rotor
	Moldeado centrífugo	Plásticos, concreto, metales	Metal	Permanente	Tubos, recipientes para basura, pelotas, juguetes
	Colado	Concreto	Acero o madera	(1) Unitario (2) Permanente	(1) Construcción (2) Tubos, bloques, peldaños
	Molde frío y "a la colada"	(1) Metales no ferrosos (2) Cerámicas	(1) Hierro y acero (2) Yeso	Permanente	(1) Juguetes, figuras pequeñas, Estatuas (2) Jarrones, charolas, platos, etc
	Moldeo por inmersión	Plásticos, metales, caucho	Metal	Permanente	Mango aislantes para herramientas, globos de juguete, cajas
Presión	(1) Revestimiento, centrífugo	Metal	Yeso	Unitario	(1) Joyas de fantasía, partes intrincadas de máquinas
	(2) Arena	Metal	Arena	Unitario o permanente	(2) Partes intrincadas de máquinas, tubos, cajas
	(3) Centrífugo	Metal	Arena	Unitario	(3) Partes pequeñas de máquinas
	(1) Fundición a presión	Metales no ferrosos, vidrio	Hierro y acero	Permanente	Cabezas de máquinas de coser, manijas, carburadores
	(2) Moldeo por inyección	Plásticos, caucho	Metal	Permanente	Juguetes, mangos de caucho moldeado, cubiertos, ornamentos interiores para autos, productos de estireno espumado
	Moldeo por soplado	Plásticos, vidrio	Hierro y acero	Permanente	Recipientes de vidrio y de plástico
	Continua	Metales (acero, cobre y aleaciones de aluminio)	Ninguno o guía de grafito	Permanente	Alambre, varilla, varillas de formas intrincadas

	Moldeo por compresión	Plásticos termoendurecibles	Hierro y acero	Permanente	Partes eléctricas, engranes, aisladores
	Moldeo por transferencia	Plásticos termoendurecibles	Hierro y acero	Permanente	Partes pequeñas intrincadas, bases de transistores, etc.
	Moldeo por capas	Plásticos con fibra de vidrio	Hierro y acero	Permanente	Cascos de lanchas, cajas de máquinas, sillas
	Formación al vacío	Termoplásticos	Metal	Permanente	"Blisters" para empaque, cajas para máquinas pequeñas (taladros, etc.), tapicería para vehículos
	Moldeado con presión directa	Termoplásticos	Metal	Permanente	"Blisters" para empaque, cajas para máquinas pequeñas (taladros, etc.), tapicería para vehículos
	Soplado libre	Termoplásticos	Ninguno	Ninguno	Bóvedas de aviones, domos, claraboyas

Comparación de métodos de fundido y colado

	Colada en arena verde	Colada en molde permanente	Fundición a presión	Fundición con cáscara de arena corazón de co2
<i>Costo relativo en cantidad</i>	Bajo	Bajo	Mínimo	Medio alto
<i>Costo relativo en pequeña cantidad</i>	Mínimo	Alto	Máximo	Medio alto
<i>Peso permisible de la pieza</i>	Ilimitado	100 lb	30 lb	Cáscara: gramos a 250 lbs
<i>Sección mínima colable, pulg</i>	1/10	1/8	1/32	1/10
<i>Tolerancias dimensionales típicas, pulg</i>	0.012	0.03	0.01	0.010
<i>Acabado relativo de superficie</i>	Pasable a bueno	Bueno	Óptimo	
<i>Propiedades mecánicas relativas</i>	Buenas	Buenas	Muy Buenas	Buenas
<i>Facilidad relativa de colada de formas complejas</i>	Pasable a buena	Pasable	Buena	Buena
<i>Facilidad relativa para cambiar diseño en producción</i>	Máxima	Poca	Mínima	Pasable
<i>Gama de aleaciones que se pueden colar</i>	Ilimitada	Preferibles base de cobre y bajo punto de fusión	Preferibles base de aluminio y bajo punto de fusión	ilimitada

Catálogo de Aceros Bohler



W 302

US ULTRA 2

 ASI : M13
 DIN : X40 Cr Mo V51
 W.Nº: 1.2344

Tipo de aleación: C 0.39 Cr 5.2 Mn 0.40 Mo 1.3 V 1.0 Si 1.1 %

Color de identificación: Amarillo - Rojo

Estado de suministro: Recocido. 230 HB (máx)

Acero para trabajar en caliente, fabricado por el proceso especial ISODISC® que le confiere gran homogeneidad, sin orientación de fibra y es prácticamente isotrópico. De gran resistencia a la temperatura y al desgaste en caliente, de buena tenacidad y resistencia a las fisuras por recalentamiento. Refrigeración por agua.

APLICACION: Herramientas para trabajar en caliente sometidas a grandes exigencias, especialmente para la transformación de metales ligeros, como contenedores, liners, punzones, y matrices para extrusión de barras, tubos y perfiles.

Matrices para la extrusión de perfiles de aluminio. Herramientas de extrusión por impacto en caliente. Herramientas para fundición a presión, matrices para la fabricación tuercas, tornillos, remaches, etc. Cuchillas para corte en caliente, moldes para plásticos y elementos para matrices. Por su estructura ISODISC®, este acero es especial para herramientas y piezas de formas complicadas.

INDICACIONES PARA EL TRATAMIENTO

Forjado: 1100 - 900 °C

Recocido: 750 - 800 °C

Enfriamiento lento en el horno hasta 600 °C

Temple: 1020 - 1080 °C

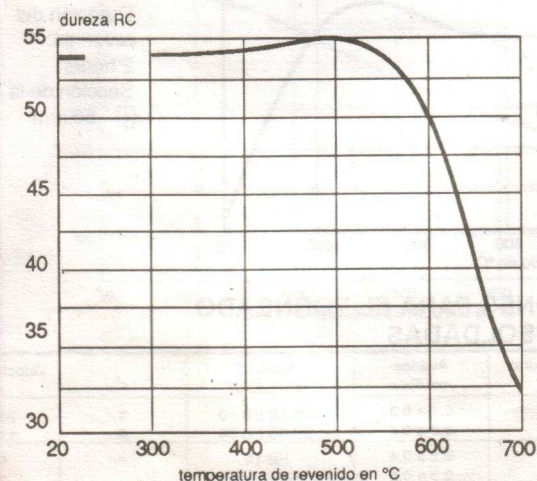
Enfriamiento: en aceite, baño de sal de 500 - 550 °C, aire comprimido o aire quieto.

Dureza Obtenible: al aceite 52 - 56 Rc

al aire 50 - 54 Rc

Revenido: 500 - 620 °C

Nitruración: en baño de sal 580 °C


 Duración del revenido:
 2 horas:
 Sección de la probeta
 □ 50mm