

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Escuela Superior de Ingeniería Química e
Industrias Extractivas

TRANSFORMACION DEL ALUMINIO POR EL
PROCESO DE FUNDICION A PRESION

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO METALURGICO

p r e s e n t a n

Salvador Rubén Ayala Rodríguez
José Luis Quevedo Romo
Marcos Cuauhtémoc Quevedo Romo

México, D. F.

1985



SECRETARÍA
DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

DIVISION DE SISTEMAS DE TITULACION

México, D. F. 2 diciembre 1985

SALVADOR RUBEN AYALA RODRIGUEZ
JOSE LUIS QUEVEDO ROMO
C. MARCOS CUAUHEMOC QUEVEDO ROMO
Pasante de Ingeniero METALURGICO
Presente

El tema de trabajo y/o tesis para su examen profesional en la opción TESIS COLECTIVA

es propuesto por el C. ING. INOCENCIO CASTILLO TERAN quien será el responsable
de la calidad de trabajo que usted presente, referido al tema " TRANSFORMACION DEL ALUMINIO POR EL PROCESO
DE FUNDICION A PRESION"
el cual deberá usted desarrollar de acuerdo con el siguiente orden

- RESUMEN
- INTRODUCCION
- I. GENERALIDADES
- II. PRINCIPIOS DEL PROCESO DE FUNDICION A PRESION
- III. CONSTRUCCION Y OPERACION DE LAS MAQUINAS DE INYECCION
- IV. DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL MOLDE
- V. EL PRODUCTO Y CONTROL DE LA CALIDAD
- VI. CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA


ING. IRMA EDSENA ENRIQUEZ

El Jefe del Departamento de Opción



ING. INOCENCIO CASTILLO TERAN

El Profesor Orientador


ING. RUBÉN LEMUS BARRÓN

El Jefe de la División de
Sistemas de Titulación


DR. GUILLERMO MARRERO QUINTANA

El Director de la Escuela

'ash.

Dedicada :

A mi esposa: MARTHA BEATRIZ, con todo mi amor y sincero -
agradecimiento por su ayuda
y alientos de motivación pa-
ra concluir este trabajo.

A mis hijos: JESSICA y MARCOS, cómo estímulo para su vida
futura.

A mi padre: En reconocimiento a su fuerza moral y espiri-
tual que me ha legado.

A mi madre: En honor a su memoria, siempre que la vida -
exista y la fé perdure.

A mis hermanos: VICTOR Y ALEJANDRO, por sus enseñanzas.

A mis profesores: En agradecimiento sin límites.

MARCOS CUAUHEMOC.

A MIS QUERIDOS PADRES:

SR. MARGARITO AYALA GONZALEZ
SRA. AMPARO RODRIGUEZ DE AYALA

CON CARIÑO, RESPETO Y ADMIRACION
POR EL APOYO QUE SIEMPRE ME HAN
BRINDADO PARA MI SUPERACION PER-
SONAL Y PROFESIONAL, PARA ELLOS
MI AGRADECIMIENTO ETERNO.

SOLO LECTURA

A MIS HERMANOS:

GRACIELA, ROGELIO, ELOISA, MAGDALENA,
MARIA DEL REFUGIO Y FRANCISCO ANTONIO.

POR EL APOYO Y COMPRESION QUE ME HAN
BRINDADO PARA CONTINUAR LAS METAS -
TRAZADAS.

A MIS MAESTROS:

EN AGRADECIMIENTO A SUS SABIAS ENSEÑANZAS.

AL I. P. N.

QUE ME DIO LA OPORTUNIDAD DE ESTUDIAR.

SALVADOR RUBEN AYALA RODRIGUEZ

Dedicada a :

MI ESPOSA LIDIA
QUE CON SUS PALABRAS DE ALIENTO,
ME IMPULSO A FELIZ TERMINO.

MIS HIJAS FABIOLA Y NASHELY
EN SIMBOLO DEL CARINO QUE SIENTO
POR EllAS.

JOSE IVIS.

I N D I C E

RESUMEN

INTRODUCCION

CAPITULO I GENERALIDADES

CAPITULO II PRINCIPIOS DEL PROCESO DE FUNDICION
A PRESION

CAPITULO III CONSTRUCCION Y OPERACION DE LAS
MAQUINAS DE INYECCION

CAPITULO IV DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL MOLDE

CAPITULO V EL PRODUCTO Y CONTROL DE LA CALIDAD

CAPITULO VI CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

RESUMEN

El presente estudio práctico y de la técnica del proceso de la fundición a presión, se desarrolla sobre la fabricación de componentes de aluminio para bicicletas, motocicletas, partes de la industria automotriz y en general, enfocado a aquellas que por su diseño e importancia muestren ejemplos concisos e interesantes para su estudio, además de constituir la base para el diseño de cualquier producto que se ajuste a lineamientos enmarcados.

Se plantean generalidades sobre el aluminio y sus aleaciones, desde el beneficio de minerales, procesos diversos de transformación y los usos correspondientes, con objeto de situar mejor a este elemento.

Se presentan de una forma teórica, aquellas relaciones gráficas de fuerzas y potencias que delinear el funcionamiento de las máquinas de inyección, así como también el desarrollo y cálculo de las constantes de operación, como son : velocidad de llenado, presión de trabajo, tiempo de colada - volumen de metal, etc., relacionados matemáticamente entre sí, lo que sirve de apoyo para determinar las condiciones de operación de las máquinas.

Se comprenden algunos detalles sobre la construcción y operación de las máquinas desde un punto práctico, con objeto de visualizar los mecanismos e identificar sus elementos constituyentes.

Los principios de accionamiento de los equipos de inyección y de cierre, alimentados por sistema de presión hidráulicos, son tratados en forma sistemáticas para su mejor comprensión .

El diseño y fabricación del molde es de suma importancia para la aplicación favorable del proceso de inyección, por lo cual se consideran aspectos constitutivos y de funcionamiento haciendo referencia de aplicación a piezas específicas.

El proceso de inyección involucra a otros aspectos comunes con la fundición de metales, por la necesidad de contar con hornos de crisol para la fusión de la aleación, aditivos y herramientas, compuestos químicos para la purificación y refinación del metal fundido, además de un sistema de un trabajo confiable y operante que garantice lograr una buena calidad del producto.

Para tal efecto de control de variable es necesario la implantación de un sistema de control de calidad, que abarque las diferentes etapas de trabajo. Con esta idea se presentan algunas prácticas recomendables para conocer y evaluar las características mecánicas, dimensionales, metalográficas y otras que determinen la calidad del producto.

También se consideran aspectos diversos que rodean al contexto principal del tema presentado, que es la -- transformación del aluminio por fundición a presión, -- también conocido como " Fundición en Matriz " o die casting, por considerarlo de importancia para el desarrollo y aplicación de este proceso.

Durante la observación constante de la práctica de este proceso se ha detectado la necesidad de contar con conocimientos de estos aspectos que se abordan paralelamente y que, definitivamente caen dentro del área de la metalurgia como una rama de especialización metal-mecánica.

INTRODUCCION

El incremento en la demanda de piezas fundidas que requieren de gran calidad y exactitud dimensional, ha llevado a la técnica de la fundición a presión de metales a alcanzar un amplio panorama de desarrollo técnico-práctico, fundamentado en conocimientos teóricos de la metalurgia y mecánica, así como en el apoyo de ciertas leyes físicas que se involucran en el proceso.

En todo el mundo industrial y de transformación metal-mecánica la aplicación del proceso ha reportado grandes índices de crecimiento sobre todo en el ramo de los metales y aleaciones no ferrosas, lográndose con ello ventajas económicas y productivas frente a otros procesos.

La razón de la preferencia del proceso de fundición a presión es que representa el camino más corto de transformación de un metal en un producto útil, siempre que se cuente con el equipo adecuado, el cual representa una inversión amortizable a corto plazo si se cuenta con una línea de producto de demanda. Por otro lado, la tecnología existente en México sobre construcción de maquinaria y equipos es suficiente para considerar un proyecto de lanzamiento o fabricación de máquinas de inyección, ya sea de funcionamiento hidráulico o neumático, que de alguna forma reduzcan las importaciones de productos para las plantas ensambladoras de artículos y vehículos.

CAPITULO I

GENERALIDADES

La abundancia en la corteza terrestre, sus propiedades y adaptación a diversos procesos de fabricación, hacen del aluminio un metal de interés por el papel tan importante que juega hoy en día y en un futuro relevante, ante la necesidad de adaptar mejores materiales para la construcción, la fabricación de componentes para motores y vehículos, enseres, etc., con propiedades adecuadas a las exigencias de uso.

El consumo mundial del aluminio ha alcanzado grandes volúmenes, situándolo con el hierro solo por debajo y con el cobre paralelo. Esto se funda, en la diversidad de aleaciones para aplicaciones específicas, con propiedades mecánicas, químicas y físicas que abarcan un amplio rango de valores. De una buena elección, dependerá la aplicación satisfactoria de una aleación particular.

1: ORIGEN Y ESPECIES MINERALES.

El aluminio es un metal blanco de brillo argentífero con pocos años de haber sido descubierto y aplicado, en consideración con el cobre y el hierro que han sido de importancia en la historia del hombre moderno.

La alúmina (Al_2O_3), óxido de aluminio, ocupa el 15 % de -

la corteza terrestre, siendo un mineral abundante localizado preferentemente en los trópicos, el cual ha sido explotado --ror un siglo, desde sus orígenes por el año 1890, en que se --inventó un procedimiento electrolítico para reducir la alúmina en aluminio.

El procedimiento Hall-Hérault inventado en esa época por el francés Paul Hérault y el norteamericano Charles Hall, -- quienes trabajaban en forma independiente en sus respectivos países, ha sido perfeccionado y en la actualidad es el que -- se emplea para la producción mundial de aluminio puro al --

99.9 %

La materia prima para el procedimiento Hall-Hérault la constituye la alúmina, clasificada en diferentes especies minerales con contenidos variables de otros elementos formando combinaciones complejas. Estas especies minerales tienen diferentes aplicaciones dependiendo de los contenidos de alúmina y de impurezas, pudiendo citarse los siguientes usos:

- Para la fabricación de Aluminio.
- Para usos químicos.
- Para abrasivos.
- Para fabricación de cementos.
- Para emplear en material refractario.

ESPECIES MINERALES

Dentro de las especies minerales encontradas en la natura

leza con contenidos de alúmina, se tienen por orden de importancia las siguientes:

a. Bauxitas.

Con contenidos variables de hidróxido de aluminio e impurezas, es el principal material en importancia para la fabricación de alúmina y que reúne características adecuadas de composición química, además de un rendimiento económico satisfactorio.

Sus límites de composición pueden ser los siguientes:

Al(OH)_3	40 - 60 %
Fe_2O_3	5 - 30 %
SiO_2	1 - 8 %
TiO_2	2 - 4 %
CaO	2 - 6 %
H_2O	12 - 30 % (de cristalización)
Impurezas	variable

Se ha llegado a afirmar que la acción de la intemperie en las zonas tórridas y templadas sobre silicatos de aluminio, - ha dado origen a la formación de las bauxitas por el arrastre de la sílice e hidratación, resultando un mineral bajo en sílice.

La alúmina contenida en las bauxitas como compuesto oxihidratado, está en forma de granos diseminados redondos;

también maciza (dólitica), en arcilla es terrosa con color -- blanco-grisáceo a amarillo, con color rojizo se encuentra asociada con hierro. La bauxita se encuentra por lo general en los bancos de caliza en forma de bolsadas, existiendo yacimientos ricos en el norte y sur de América, Jamaica, Francia, - Italia, Indonesia, Rusia, etc.

b. Lateritas.(Trihidrato de Alúmina).

Son productos de la descomposición de carbonatos de aluminio, inestables por carácter, quienes a su vez han sido el producto de la reacción entre los silicatos de aluminio sobre la acción de carbonatos alcalinos.

Otros compuestos minerales de formación compleja, contienen a la alúmina en porcentajes menores que la bauxita, de ahí que sólo sean de interés para otras aplicaciones, a -- continuación se citan algunos.

1. Arcillas.

Se determinan cantidades teóricas de alúmina entre 30 y 40 %, algunos ejemplos son: Silimanita, Cianita y Andalucita, que son silicatos de aluminio anhidro con contenido teórico de 63 % de Al_2O_3 . La Leucita, silicato doble de aluminio y potasio, con 37 % de Al_2O_3 .

2. Feldespatos.

Con contenido teórico de Al_2O_3 del orden de 16 a 37 %, -- formando silicatos dobles de aluminio y otros metales como el potasio, sodio, calcio, litio y bario.

3. Micas.

Silicatos con contenidos teóricos de Al_2O_3 del orden de 15 a 35 %.

4. Masas Rocosas.

Se ha determinado un contenido teórico de Al_2O_3 superior a al 15 % en las grandes rocas eruptivas y que no son carácter de explotación; algunos ejemplos de estas masas rocosas lo constituyen las fenolíticas (16 - 23 % de Al_2O_3), el granito (11 - 16 % de Al_2O_3), los basaltos y gabbros (12 -- 21 % de Al_2O_3).

PROCESOS DE OBTENCION Y REFINACION DEL ALUMINIO.

Teóricamente casi todos los minerales y rocas son susceptibles de emplearse para la obtención de aluminio, pero a la fecha, la bauxita baja en sílice es la de mejor aprovechamiento; en general los silicatos de aluminio altos en sílice no son adecuados.

En la fabricación del aluminio hay que considerar 2 etapas:

1o. La fabricación de alúmina en la forma y pureza requeridas.

2o. La electrólisis de la alúmina en baño de criolita fundida, para obtener aluminio y oxígeno.

PRODUCCION DEL OXIDO DE ALUMINIO (ALUMINA).

En la obtención de la alúmina se utiliza el método alcalino ó Bayer. Los minerales de bauxita con bajo contenido de silice se tratan con álcalis para convertir el hidróxido de aluminio en aluminato sódico:



El aluminato de sodio obtenido se disuelve en agua y los óxidos de hierro, calcio y titanio forman un sedimento sólido insoluble, que se separa en filtros-prensa. La solución acuosa filtrada de aluminato sódico se envía a unos recipientes - con agitador en donde se efectua la hidrólisis con siembra de óxido de aluminio hidratado, separándose el sedimento sólido del hidróxido de aluminio formado:



El sedimento filtrado y lavado se envía a los hornos de - calcinación, donde a 1300°C se transforma en óxido deshidratado de aluminio (Al₂O₃). La alúmina obtenida debe reunir una -

serie de características, algunas condiciones son:

- Pérdida por calcinación	0.15 a 0.50 % máximo.
- Impurezas : Si + Fe	0.045 a 0.07 %
Ti + V	0.003 a 0.005 %

Además de una estructura poco cristalizada que la haga soluble en la criolita. A continuación se da una descripción de las diferentes etapas del método o proceso alcalino para la obtención del óxido deshidratado de aluminio (Al_2O_3) :

1o. Explotación.

Generalmente la explotación ocurre en yacimientos a cielo abierto, facilitando las operaciones de excavación y transporte.

2o. Preparación.

El mineral es seleccionado por tamaños para ser enviado a trituración y lavado, en esta etapa se eliminan cantidades considerables de ganga y se proporcionan tamaños uniformes. El secado facilita el transporte.

3o. Molienda.

Se realiza en molinos de bola, la granulometría obtenida facilita las reacciones de disolución.

4o. Digestión.

Consiste en la disolución por ataque del mineral con hidróxido de sodio (NaOH) y cantidades adecuadas de cal (CaO) y carbonato de sodio (Na_2CO_3) para lograr la concentración adecuada: se lleva a cabo en los digestores acondicionados con inyección de vapor de agua a una presión suficiente y en el tiempo requerido para lograr la disolución completa. En los digestores se aprovecha el reflujo de los licores de hidróxido de sodio procedentes del lavado del hidróxido de aluminio de un ciclo anterior para acelerar la reacción.

5o..Descompresión..

De los tanques de digestión (autoclaves) genera vapores que se alimentan a la digestión, manteniendo el flujo de la disolución de aluminato de sodio hacia los tanques de separación.

6o. Dilución, Decantación y Lavado.

La decantación y lavado de los "lodos rojos" se sucede en tanques-embudo colocados en serie para asegurar la separación de esta materia. La solución diluida de aluminato de sodio es conducida en flujo contrario a los lodos y es tratada con cal para neutralizar al hidróxido de sodio.

7o. Filtración.

Asegura en gran parte, la separación de lodos rojos - remanentes en la solución de aluminato de sodio.

8o. Calentamiento de la solución.

Con objeto de acelerar la descomposición del aluminato de sodio, se calienta a través de un sistema de intercambiadores de calor.

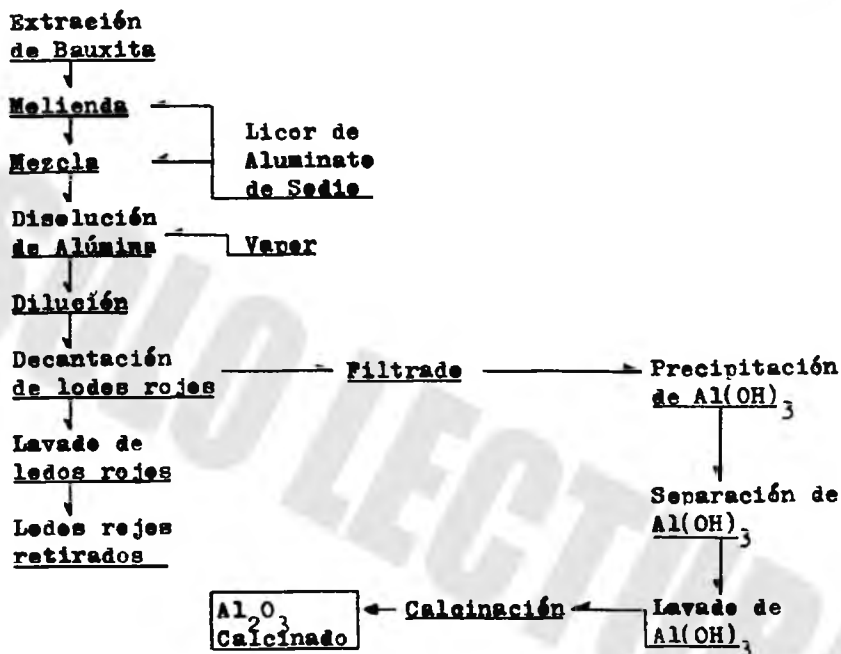
9o. Descomposición por hidrólisis.

La solución es tratada en los reactores de descomposición con óxido de aluminio hidratado como siembra, se parandose el sólido pastoso de color blanco de hidróxido de aluminio, por efecto de la hidrólisis en presencia de un núcleo cristalino y de un decremento en la temperatura del sistema. Enseguida se sucede el -- lavado y filtrado del hidróxido de aluminio formado.

10o. Calcinación.

El hidróxido de aluminio formado se conduce al sistema de alimentación del horno de calcinación, el cual tiene implementado separadores de polvo que lo realizan, evitando pérdidas a la atmósfera. La temperatura de calcinación en el horno rotatorio es de 1 300

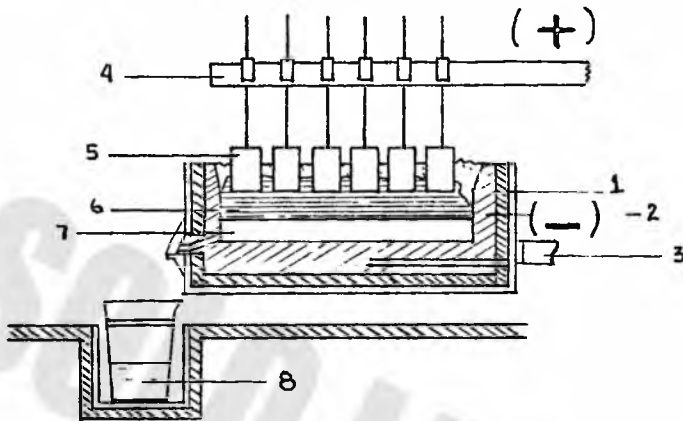
°C. El enfriamiento de la alúmina se sucede enseguida por medio de aire comprimido. La alúmina es almacenada en silos que la protegen contra la absorción de humedad.



PRODUCCION DEL ALUMINIO POR METODO ELECTROLITICO

El método electrolítico mediante el cual se logra la descomposición (electrólisis) de la alúmina en sus elementos, se logra en un baño de criolita fundida ($AlF_3 \cdot 3NaF$) contenida en una celda electrolítica. La criolita, que actúa como disolvente de la alúmina rebaja su temperatura de fusión normal, que es de aproximadamente 2 000°C, por la interacción con la alúmina, lo que beneficia la capacidad del proceso.

Enseguida se muestra un tipo de celda con esquemática de una celda electrolítica para la reducción de la alúmina, indicando sus principales partes componentes:



CELDA PARA LA REDUCCION DEL ALUMINIO.

Partes Componentes:

- Caja de hierro con revestimiento termo-aislante.
- Revestimiento de carbono comprimido.
- Barras colectoras catódicas.
- Barras colectoras anódicas.
- Electrodos de carbón.
- Crisolita fundida.
- Alúmina.
- Aluminio líquido.

FUNCIONAMIENTO

El principio de operación de la celda electrolítica se fundamenta en la descomposición de la alúmina por electrólisis, esto es, al hacer pasar un corriente eléctrica de baja tensión y alta intensidad a través del electrolito (solución fundida de criolita y alúmina) el óxido de aluminio se descompone en aluminio, que se deposita en el cátodo (-) y en el oxígeno, que se dirige al ánodo (+) combinándose con éste para formar CO_2 . Por lo tanto, las barras colectoras catódicas colocadas en el fondo de la celda se conectan al polo negativo de la fuente de corriente y las barras colectoras anódicas al polo positivo, siendo en estas que se colocan los electrodos de carbono.

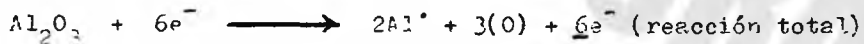
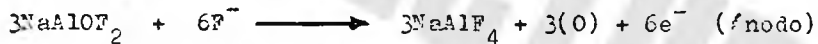
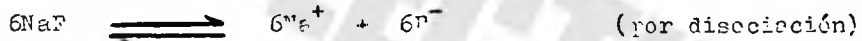
Al iniciar la electrólisis se coloca sobre el fondo de la celda una capa fina de coque, entonces se bajan los electrodos de carbón hasta hacer contacto y se conecta la corriente eléctrica, cuando el coque se pone al rojo vivo, se procede a la carga de la criolita esperando el tiempo suficiente hasta su fusión. Fundida la criolita se carga la alúmina en proporción no mayor del 15 % de la cantidad de criolita cargada, fijando la temperatura del electrolito entre 950 a 1 000°C. Conforme se descompone la alúmina, el aluminio reducido se acumula en el fondo por ser más pesado que la criolita, se extrae por espacio de tiempo una de las ánodos.

Para lograr mayor eficiencia y estabilidad se colocan celdas en serie, siendo variables el número, desde 60 hasta 100 celdas por serie.

La tensión eléctrica es normalmente de 5 - 10 volts, siendo la intensidad de corriente alrededor de 25 000 amperios. Para obtener 1 tonelada de aluminio se consumen cerca de 2 toneladas de alúmina, 0.6 toneladas de electrodos de carbono, 0.1 toneladas de criolita y de 16 000 a 19 000 KWH de energía.

El aluminio obtenido se refina para eliminar impurezas y gases disueltos, destinándose para lingotes o la fabricación de aleaciones.

REACCIONES EFECTUADAS EN LA ELECTROLISIS DE LA ALUMINA



NORMALIZACIÓN DEL ALUMINIO.

El aluminio es un metal, con relativo bajo punto de fusión, blando, maleable y dúctil, que posee una alta conductividad térmica y eléctrica (60% en relación a la conductividad

eléctrica del cobre) además de una buena resistencia a la corrosión. Las propiedades del aluminio y sus aleaciones, han hecho de este metal uno de los más empleados y económicos -- para una amplia variedad de artículos y aplicaciones. El aluminio con pureza de 99.9 % es producido sólo en escala limitada y para usos especiales, siendo el más comercialmente producido el de 99 a 99.5 % de pureza. Las impurezas comunes en el aluminio son el hierro y el silicio, además de pequeñas -- cantidades de cobre y trazas de otros elementos.

PROPIEDADES DEL ALUMINIO

El aluminio tiene una estructura cristalográfica cúbica -- centrada en las caras (fcc), característica que imparte propiedades significativas, sobre todo de ductilidad. En la siguiente tabla, se muestran algunas de las propiedades y características del aluminio técnicamente puro en comparación con otros metales no ferrosos.

ALEACIONES DEL ALUMINIO

Un gran número de industrias de transformación utilizan -- ampliamente las aleaciones a base de aluminio, debido a la -- extensa variedad de combinaciones en cuanto a propiedades físicas y mecánicas que ofrecen. Las aleaciones de aluminio se fabrican con muchos metales y combinaciones. Esta serie de -- elementos que constituyen aleaciones de aluminio, forman con él soluciones sólidas de solubilidad limitada y con concentra ción variable.

Denominación del Metal.	Símbolo Químico	Propiedades Físicas							Propiedades Mecánicas					Estructura Cristalina.	Aplicación
		Peso Específico en gr/cc	Temperatura de Fusión en °C	Conductibilidad térmica a 25°C cal/sec/cm ² /cm/°C	Coefficiente de Expansión Térmica mm/°C	Módulo de Elasticidad (Young) Kg/mm ²	Módulo de Rigidez (corte) en Kg/mm ²	Resistencia Eléctrica Ohm/mm ² /m	Resistencia a la Ruptura (tensión) Kg/mm ²	Límite Elástico o de Fluencia. Kg/mm ²	Alargamiento % en 50 mm	Dureza Brinell "HB" (Bola 10mm-500Kg)			
Aluminio	Al	2.71	658	0.56	2.38×10^{-5}	7030	2670	2.7	8	3.2	85	20	fcc	Alambres Aparatos Hojas, Perfiles, Aleaciones	
Cobre	Cu	8.94	1083					1.56	22		75	35	fcc	Alambres Aleaciones	
Niquel	Ni	8.9	1452					11.8	45		70	60	fcc	Aparatos Aleaciones Resistencias	
Estaño	Sn	7.3	232					11.1	3		74	8-10	Tetragonal	Estañado Hojas Aleaciones Soldadura	
Plomo	Pb	11.34	327					20.4	1.8		95	4.6	fcc	Acumuladores Metal Babbit Baños Temple Aleaciones.	
Magnesio	Mg	1.74	651					4.2	18		20	25	Hexagonal	Aleaciones Lámparas.	

Dentro de los elementos empleados en la fabricación de aleaciones de aluminio, podemos contar a los metales: Silicio, Magnesio, Cobre, Niquel y Zinc, siendo los tres primeros los de mayor importancia y uso.

Otros elementos suelen aparecer en cantidades pequeñas dentro del Aluminio, considerados como impurezas a controlar debidamente por el efecto contrario que producen a sus propiedades, siendo los más comunes el Hierro, Cromo, Manganeso, Esttaño y Titanio. Sin embargo se ha demostrado que cantidades controladas de estos elementos favorecen algunas propiedades, como el caso del Hierro, que imparte mayor fluidez a la inyección por el colado a presión y, el caso del titanio, que refina el grano de aleaciones colables por presión y a gravedad.

Algunas aplicaciones requieren aluminio con pureza de -- más del 99.85% como es el caso de los cables conductores de electricidad.

TEORIA DE LAS FASES EN LAS ALEACIONES DE ALUMINIO.

Una aleación formada por dos o más elementos metálicos fundidos juntos y solidificada hasta la temperatura ambiente, puede presentar dos condiciones:

1o.- Que los elementos se encuentren disueltos completamente entre sí.

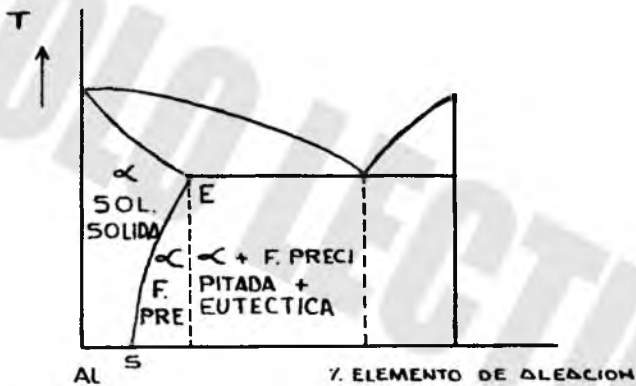
2o.- Que los elementos se encuentren parcialmente disueltos.

En el primer caso se forma una aleación de total solubilidad al estado sólido, y en el segundo, de parcial solubilidad al estado sólido.

Estas condiciones pueden ser variadas por un cambio en la temperatura de la aleación así como en su concentración.

Cuando un elemento se adiciona en cantidad determinada porcentualmente a otro en mayor cantidad (de base), se le conoce como elemento de adición o aleación. Cuando existen dos o más elementos de adición, el de mayor porcentaje se define como el principal y las propiedades resultantes de la aleación se basan primordialmente en estos elementos.

En la siguiente figura se representa el diagrama de equilibrio de las aleaciones de aluminio.



Las aleaciones en las que la cantidad de elementos de adición es menor que la concentración del punto "s", precipitan de la solución sólida durante el enfriamiento a las fases sobrantes de acuerdo a la solubilidad de éste en el aluminio; en las aleaciones Al-Cu se precipita $CuAl_2$; en las aleaciones Al-Mg se forma Al_3Mg_2 .

Un efecto importante de estas aleaciones, es que se pueden endurecer por tratamiento térmico al ser calentadas por arriba de la línea E-S; soportan perfectamente el prensado, forjado, extruido.

Las aleaciones cuyas concentración es mayor al punto E forman la eutéctica al solidificar y poseen buenas condiciones de moldeo; También son susceptibles de bonificar por tratamiento térmico.

CLASIFICACION DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO.

Desde un punto de vista enfocado al estudio de las aleaciones de aluminio, éstas se clasifican en dos grupos :

A).- Aleaciones de composición binaria.- Comprenden los sistemas : Al-Si; Al-Cu; Al-Mg; Al-Zn.

B).- Aleaciones de composición complicada.- Se producen por adición de un tercer o cuarto elemento; la mayoría de las aleaciones comerciales caen en esta clasificación.

DIAGRAMAS DE EQUILIBRIO

Desde el punto de vista de su aplicación, las aleaciones de aluminio se clasifican en dos grupos principales -- derivándose sub-grupos convenientemente, de acuerdo con el siguiente cuadro:

I.- Aleaciones para fundición. {

- En arena
- Molde Permanente
- En matriz (Fundición a Presión)

II.- Aleaciones para deformación -- plástica. {

- Tratables térmicamente
- No tratables térmicamente

Para hacer una buena selección de una aleación de -- aluminio enfocado a un producto específico, se toman en cuenta los siguientes factores :

- a).- Diseño y forma del producto.
- b).- Adaptabilidad de la aleación al proceso de fabricación .
- c).- Propiedades físicas y mecánicas requeridas.
- d).- Requerimientos de acabado.

LAS ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION.

Son aquellas que pertenecen a los sistemas : Al-Si; Al-Cu; Al-Mg; Al-Zn y las derivadas de composición complicada que se obtienen a base de las primeras. Las aleaciones a base de Al-Si se conocen con el nombre de siluminfos; La primera en importancia es la que contiene de 1. a 1.3% de Si por sus buenas propiedades al moldeo, buena resistencia a la corrosión y gran plasticidad.

No se justifica el tratamiento térmico . Cuando el siluminio contiene Cu y Mg, que son solubles parcialmente en el aluminio, forman fases de precipitación de CuAl_2 y Mg_2Si , son endurecimiento, en este caso se recomienda el tra tamiento térmico.

Las aleaciones a base Al-Cu, son empleadas para fabri car piezas de importancia en motores, por su buena resisten cia mecánica a temperaturas altas y por su bonificación al tratamiento térmico (temple y envejecimiento).

La aleación para el moldeo a base Al-Mg, se aplica en piezas sometidas a esfuerzos por el choque y para los casos que se requiere resistencia a la corrosión.

LAS ALEACIONES PARA LA DEFORMACION PLASTICA.

Se someten al trabajo por presión, laminado, extrusión, estirado, forjado y estampado con buenos resultado. El endurecimiento de las aleaciones que responden al tratamiento térmico se logra por temple y envejecimiento.

Un ejemplo es el sistema Al-Cu, con contenido del 5.5 % - que al calentarla a una temperatura de 500°C , la fase -- CuAl_2 se disuelve por completo formando la solución sólida monofísica de Al(Cu) la cual se fija por enfriamiento rápido en agua.

El envejecimiento natural precipita los átomos de Cu, hacia los bordes de grano, desfigurando la red cristalina lo que produce endurecimiento; El envejecimiento artificial a 150-180°C, precipita de la solución sólida las partículas de CuAl₂ lográndose el endurecimiento.

A las aleaciones a base de Al-Cu, y con adiciones de Mg Mn y Si, sí se les conoce como duraluminos. Las aleaciones no tratables termicamente poseen alta plasticidad y resistencia a la corrosión, solo se endurecen su superficialmente por deformación en frío.

NOMENCLATURA DE LAS ALEACIONES

El número de aleaciones de aluminio existentes que caen dentro de la clasificación descrita para el moldeo de fundición y para la deformación plástica, requieren de una nomenclatura o designación adecuada.

En el mundo tecnológico y en cada país, se han dado designaciones que comprenden a los diferentes grupos y que a la vez son diferentes entre sí, por lo que no existe una nomenclatura internacionalmente reconocida.

La base principal para la nomenclatura de las aleaciones de aluminio se fundamenta en su composición química. En México, las compañías productoras de aleaciones de aluminio han adoptado con fines comerciales el sistema propuesto por "The aluminum Association Alloy Designation **Sistema**" de la unión americana.

Sin embargo las relaciones entre productores y consumidores han manejado diferentes nomenclaturas, ya sea por mantener ocultas las especificaciones de un producto o por facilidad de comunicación.

De acuerdo con el sistema para la designación de las aleaciones de aluminio norteamericano, se tiene la siguiente nomenclatura a base de dígitos:

a).- Nomenclatura de las aleaciones de aluminio para fundición, según su composición química:

<u>Grupo o sistema :</u>	<u>Dígitos.</u>
Aluminio sin alear de 99.0 % min.	1 XX
Aluminio - Cobre	2 XX
Aluminio - Silicio con Cobre	3 XX
Aluminio - Silicio	4 XX
Aluminio - Magnesio	5 XX
Serie no usual	6 XX
Aluminio - Zinc	7 XX
Aluminio - Estaño	8 XX
Otros elementos	9 XX

b).- Nomenclatura de las aleaciones de Aluminio para --
Desformación Plástica(según ASM.Metals Handbook).

<u>Grupo o Sistema</u>	<u>Dígitos.</u> 1o.2o.3o.4o.
Aluminio sin alear 99.0 % min.	1 XXX
Aluminio - Cobre	2 XXX
Aluminio - Manganeso	3 XXX
Aluminio - Silicio	4 XXX

<u>Grupo o Sistema</u>	<u>Dígitos.</u>
Aluminio - Magnesio	5 XXX
Aluminio - Magnesio- Silicio	6 XXX
Aluminio - Zinc	7 XXX
Otros elementos	8 XXX
Serie no usual	9 XXX

Los dígitos se interpretan como sigue :

- 1o.- Grupo de aleación.
- 2o.- Modificación al límite de impurezas.
- 3o. y 4o.- Aleaciones específicas o pareas.

ESPECIFICACIONES

Las aleaciones de Aluminio han sido desarrolladas y estudiadas en varios países del mundo, concretamente en los países avanzados, por grupos o asociaciones representativas que han formulado especificaciones enfocadas al auxilio del consumidor.

Las especificaciones de mayor relevancia han sido emitidas por las siguientes asociaciones :

<u>PAIS:</u>	<u>ASOCIACION :</u>	<u>NORMAS :</u>
E.U.A.	ASTM	B26-65;B85-60;B108-66
E.U.A.	SAE	J453a; J767a
U.R.S.S.	GOST	2685-63
Francia ---	AFNOR	NFA57-702;NFA57-703
Alemania --	DIN	1725
Italia ----	UNI	----
Inglaterra	BS	1490
Internacional	ISO	----

Las aleaciones de aluminio normalizadas por éstas asociaciones pueden ser equivalentes entre sí, aunque la nomenclatura es diferente; A continuación se presentan tablas de equivalencias de aleaciones para fundición más usuales y de acuerdo con el grupo de aleaciones:

SOLO LECTURA

GRUPO AL-Si

ISO	BS	UNI	DIN	AFNOR	GOST	SAE	ASTM
Al-Si5Mg	Lm8	3054	3.2341	A-S4G/702			
Al-Si5Cu1	LM16	3600			AL 5	335	SC51E
Al-Si5Cu3	LM22	3052		A-S5U3/702	AL 6		
Al-Si74g		3599	3.2381	A-S7G/702	AL 9	336	SG70B
Al-Si10Mg		3051	3.2381	A-S10G/702			SG91A
		5074	233	A-S10G/703	AL 4	309	SG10CA
				A-S10VG/702	AL4V		SC92f
	LM9	3049	230-10				
Al-Si12Fe	LM6	4514	230	A-S13/702			
Al-Si12Cu	LM2/LM20	5079	231/331	A-S13/703	AL 2	305	S12A
	LM2	5076	232			303	SC114A
Al-Si8Cu3Fe	LM24	5075	226	A-S10U4/703			SC94f
						327	SC82f
			226		AL/4V	332	SC103A
Al-Si5Cu3Fe	LM4/LM21		311			326	SC64L
			234		AL3V	322	SC51A
	LM18	5077				35	S5B
				A-S4G/703	AL9V	323	SG70f

GRUPO AL-CU

ISO	BS	UNI	DIN	AFNOR	GOST	SAE	ASTM
		3041		A-U10G/702		34	CG100f
Al-Cu4Ti	LM11	3044	220		AL 7	38	C4A
Al-Cu4MgTi			220/1	A-U5GT/702			
Al-Cu4Si			221		AL7V	380	CS43A
	LM 1		223			33	CS74A
Al-Si6Cu4			225		AL15V	306	SC84A

GRUPO AL-Mg

ISO	BS	UNI	DIN	AFNOR	GOST	SAE	ASTM
Al-Mg3		3059	243	A-G3T/702			
Al-Mg6	LM5	3058	245	A-G6/702	AL28	320	G4A
Al-Mg9Si		3057	3.3292		AL29		GP/C ^o
Al-Mg6Fe		5080	341	A-G6/703			G ^o A
Al-Mg10	LM10	3056	240/10	A-G10/703	AL27	324	G10A

GRUPO Al-Zn

ISO	BS	UNI	DIN	AFNOR	GOST	SAE	ASTM
Al-Zn5Mg		3602		A-Z5G/702	AL24	310	ZG61A

GRUPO Al-Ni

ISO	BS	UNI	DIN	AFNOR	GOST	SAE	ASTM
Al-Cu4Ni2Mg2	LM13	6251-68 3045	230 Ni	A-S12UN	AL30/ AL25	39	CN42A
	LN14			A-S22UNK A-U4NF	AL26 AL 1		

Las especificaciones en cuanto a los límites de composición química de las aleaciones para fundición, se muestran en la tabla, de acuerdo con la clasificación al método de moldeo. En la tabla siguiente se indican las propiedades mecánicas típicas de las mismas aleaciones con base a la condición (tratamiento térmico) impartida y tomando como referencia la composición nominal en % de la aleación.

Los datos sobre el tratamiento térmico se dan en la tabla para relacionarlos con la teoría del "sistema para la designación del temple en las aleaciones de aluminio.

Para concluir, se muestran en las tablas siguientes, la composición química, propiedades mecánicas y datos sobre el tratamiento térmico de las aleaciones para deformación plástica.

INFLUENCIA DE LOS ELEMENTOS ALEANTES.-

Dentro de las aleaciones para el moldeo, se encuentra una amplia variedad en combinaciones de: resistencia a la corrosión, y otras características como: colabilidad, grado de pulimento mecánico y maquinabilidad, las cuales influyen sobre la elección de una aleación.

COMPOSICION QUIMICA DE ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION EN ARENA

ASTM	No. SAE	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Sn	otros elementos		Al
												uno	total	
CS72A	33	1.0-4.0	1.4	6.0-8.0	0.6	0.10	-	0.35	2.5	0.25	-	-	0.50	Resto
CG100A	34	2.0	1.5	9.2-10.8	0.50	0.15-0.35	-	0.50	0.8	0.25	-	-	0.35	-
S 5 B	35	4.5-6.0	0.8	0.6	0.50	0.05	0.25	-	0.50	0.25	-	-	0.35	-
C4 A	38	1.5	1.0	4.0-5.0	0.35	0.03	-	-	0.35	0.25	-	0.05	0.15	-
CN42A	39	0.7	1.0	3.5-4.5	0.35	1.2-1.8	0.25	1.7-2.3	0.35	0.25	-	0.05	0.15	-
ZG61A	310	0.25	0.50	0.25	0.10	0.5-0.6	0.4-0.6	-	5.0-6.5	0.15-0.25	-	0.05	0.20	-
ZG32A	311	0.20	0.8	0.25	0.4-0.6	1.4-1.3	0.2-0.4	-	2.7-3.5	0.25	-	0.05	-	-
ZG42A	312	0.20	0.8	0.20	0.4-0.6	1.8-2.4	0.2-0.4	-	4.0-4.5	0.25	-	0.05	-	-
ZG61B	313	0.15	0.50	0.35-0.65	0.05	0.6-0.8	-	-	6.0-7.0	0.25	-	0.05	0.15	-
ZC81A	315	0.25	1.0	0.4-1.0	0.6	0.2-0.5	0.35	0.15	7.0-8.0	0.25	-	0.10	0.25	-
G4A	320	0.35	0.50	0.15	0.35	3.5-4.5	-	-	0.15	0.25	-	0.05	0.15	-
SC51A	322	4.5-5.5	0.8	1.0-1.5	0.50	0.4-0.6	0.25	-	0.35	0.25	-	0.05	0.15	-
SG70A	323	6.5-7.5	0.6	0.25	0.35	0.2-0.4	-	-	0.35	0.25	-	0.05	0.15	-
G 10 A	324	0.25	0.3	0.25	0.15	4.5-10.6	-	-	0.15	0.25	-	0.05	0.15	-
SC64D	326	5.5-6.5	1.0	3.0-4.0	0.50	0.10	-	0.35	1.0	0.25	-	-	0.50	-
SC82A	327	7.0-8.6	1.0	1.0-2.0	0.2-0.6	0.20-0.6	0.35	0.25	1.5	0.25	-	-	0.50	-

COMPOSICION QUIMICA DE ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION EN MOLDE PERMANENTE.

ASTM	No. SAE	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Sn	Otros elementos	
												uno	total
CS72A	33	1.0-4.0	1.4	6.0-8.0	0.6	0.10	-	0.35	2.5	0.25	-	-	0.50
CG100A	34	2.0	1.5	9.2-10.8	0.50	0.15-0.35	-	0.50	0.8	0.25	-	-	0.35
S 5 B	35	4.5-6.0	0.8	0.6	0.50	0.05	0.25	-	0.50	0.25	-	-	2.35
CN42A	39	0.7	1.0	3.5-4.5	0.35	1.2-1.8	0.25	1.7-2.3	0.35	0.25	-	0.05	0.15
CS66A	300	5.0-6.0	1.5	5.5-7.5	0.8	0.20-0.6	-	-	0.8	0.25	-	-	0.8
ZG42A	312	0.20	0.8	0.20	0.40-0.6	1.8-2.4	0.2-0.4	-	4.0-4.5	0.25	-	0.05	-
ZC60A	314	0.35	1.4	0.35-0.6	0.05	0.25-0.45	-	-	6.0-7.0	0.25	-	0.05	0.15
ZC81B	315	0.25	1.3	0.40-1.0	0.6	0.2-0.5	0.35	0.15	7.0-8.0	0.25	-	0.10	0.25
SN122A	321	11-12.5	1.3	0.90-1.5	0.35	0.7-1.3	-	2.00-3.0	0.35	0.25	-	0.05	-
SC51A	322	4.5-5.5	0.8	1.0-1.5	0.50	0.4-0.6	0.23	-	0.35	0.25	-	0.05	0.15
SG70A	323	6.5-7.5	0.6	0.25	0.35	0.2-0.4	-	-	0.35	0.25	-	0.05	0.15
SC64D	326	5.5-6.5	1.0	3.0-4.0	0.50	0.10-	-	0.35	1.0	0.25	-	-	0.50
SC122A	328	11-12.5	0.9	1.0-2.0	0.50-0.9	0.4-1.0	-	0.05	1.0	0.25	-	-	0.50
-	329	5.5-6.5	1.2	3.0-4.0	0.3	0.1-0.5	-	0.50	1.0	0.25	-	-	0.50
SC103A	332	8.5-10.5	1.2	2.0-4.0	0.50	0.5-1.5	-	0.50	1.0	0.25	-	-	0.50
-	334	11-13.0	1.0	1.8-2.8	0.50	0.7-1.3	-	1.0	1.0	0.25	-	-	0.50
SC51B	335	4.5-5.5	0.20	1.0-1.5	0.10	0.4-0.6	-	-	0.10	0.20	-	0.05	0.15
SG70B	336	6.5-7.5	0.20	0.20	0.10	0.2-0.4	-	-	0.10	0.20	-	0.05	0.15
CS43A	380	2.5-3.5	1.2	3.5-4.5	0.50	0.10	-	0.35	1.0	0.25	-	-	0.50

- 33 -

COMPOSICION QUIMICA DE ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION A PRESION.

ASTM	No. SAE	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Sn	Otros elementos	
												uno	total
SC114A	303	10.5-12	1.3	3.0-4.5	0.50	0.10	-	0.50	1.0	-	0.35	-	0.50
S 5 C	304	4.5-6.0	2.0	0.6	0.35	0.10	-	0.50	0.50	-	0.15	-	0.25
S 12 A	305	11-13	1.3	0.6	0.35	0.10	-	0.50	0.50	-	0.15	-	0.25
SC84A	306	7.5-9.5	1.3	3.0-4.0	0.50	0.10	-	0.50	3.0	-	0.35	-	0.50
SC84B	308	7.5-9.5	2.0	3.0-4.0	0.50	0.10	-	0.50	3.0	-	0.35	-	0.50
SG100A	309	9-10.0	1.3	0.60	0.35	0.4-0.6	-	0.50	0.50	-	0.15	-	0.25

Estas características le son impartidas al aluminio - por los elementos de aleación. El manganeso aumenta la resistencia; el magnesio y silicio imparten características anticorrosivas y elevan la resistencia; el cobre y zinc mejoran notablemente la colabilidad; el titanio, níquel, - cromo refinan el grano del aluminio.

Las cantidades y combinaciones varían para cada aleación de acuerdo con lo expuesto en las especificaciones. Una descripción genérica de la influencia de los elementos de aleación se describe a continuación.

Silicio.- Mejora la fluidez durante el moldeo, aumenta la resistencia mecánica, eleva la resistencia a la corrosión. Se emplea para piezas con paredes delgadas y diseños intrincados. Es el principal elemento de aleación en el aluminio. Se obtiene gran plasticidad con concentraciones menores al 1 %. Debido a la poca solubilidad del silicio en el aluminio no se justifica el tratamiento térmico.

Cobre.- Mejora las propiedades mecánicas para piezas - trabajan en caliente, la ductilidad se ve incrementada por el efecto en el refinamiento del grano; Disminuye el coeficiente de dilatación térmica; da susceptibilidad a la aleación por tratamiento térmico incrementando la dureza por la formación del CuAl_2 .

Mejora la maquinabilidad notablemente. Incrementa la temperatura de fusión por lo que eleva la temperatura de -moldeo. Exceso de otros elementos : Hierro o Silicio bajan la resistencia a la tensión y la ductibilidad al igual que el Manganeso y el Magnesio; el Titanio reduce la dureza y la resistencia a la corrosión.

Magnesio y Zinc.- Imparte excelentes propiedades anticorrosivas y de lustre químico o mecánico; aumenta la dureza, la ductibilidad y la maquinabilidad. Favorecen la colabilidad.

Hierro.- Se encuentra como impureza en el aluminio, en concentraciones arriba del 1 % disminuye la contracción lineal, produce un grano basto dándole fragilidad a la aleación de 0.4 a 0.8 % favorece la fluidez.

Manganeso.- Empleado con cobre y silicio mejora la resistencia en altas temperaturas. Reduce la contracción lineal de aleación, % arriba del 0.6 fragilizan a la aleación.

Nicquel.- Favorece las propiedades de aleaciones sometidas a elevadas temperaturas, se producen las ligas termoresistentes en combinación con Manganeso; en combinación con Silicio y Magnesio, baja el coeficiente de la dilatación térmica por lo que se usa en pistones; Favorece al tratamiento térmico; en combinación con Cobre baja la colabilidad en el moldeo

Cromo, Titanio.- Cantidades pequeñas refinan el grano de la aleación, imparten características anticorrosivas y se -- piensa que disminuyen las tensiones internas.

Estaño, Plomo.- Es un rango menor al 0.4 % favorecen la maquinabilidad del aluminio.

SOLO LECTURA

PROPIEDADES MECANICAS Y TRATAMIENTOS DE ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION EN MOLDE PERMANENTE

Designación	Composición Química Nominal (%)				Condición (Temple)	Propiedades Mecánicas Típicas				Datos del Tratamiento Térmico			
	Si	Cu	Mg	Otros		Resistencia a la Tensión (Kg/mm ²)	Esfuerzo de cedencia (Kg/mm ²)	Alargamiento (%) 50mm	Dureza (500KG) Bhn	Temple en Solución		Envejecimiento	
										T(°C)	Horas	T(°C)	Horas
CS72A	2.0	7.0	-	2.5Zn	F	16	10	-	70	-	-	-	-
CG100A	2.0	10.0	0.30	0.8Zn	T551	21	-	-	115	-	-	170	18-22
					T65	28	-	-	140	510	8-12	170	7-9
CN42A	0.7	4.0	1.5	2.0Ni	T571	24	-	-	105	-	-	470	40-48
					T61	28	-	-	110	515	6	200	3-5
CS66A	5.5	6.5	0.4	0.8Zn	T5	22	18	-	95	-	-	195	8-10
ZG42A	-	1.2	2.0	4.0Zn	T5	30	18	4.0	95	-	-	100	8
ZG32A	0.2	0.2	1.6	3.0Zn	T5	26	12	10.0	70	-	-	100	8
ZC60A	0.35	0.5	0.35	6.5Zn	T5	20	13	7.0	70	-	-	100	8
ZC81B	0.25	1.0	0.35	7.5Zn	T5	22	16	4.0	75	-	-	Natural	24
SN122A	12.0	1.0	1.0	2.5Ni	T551	22	-	-	105	-	-	200	8-12
					T65	28	-	-	125	515	8	170	14-18
					T51	18	-	-	75	-	-	225	7-9
SC51A	5.0	1.0	0.5	0.3Zn	T51	18	-	-	75	-	-	225	7-9
					T6	26	16	1.5	90	525	8-12	155	3-5
					T71	24	-	-	85	525	8-12	190	4-6
SG70A	7.0	0.2	0.4	0.3Zn	T6	23	16	3.0	80	540	8-12	155	2-3
SC64D	6.0	4.0	-	1.0Zn	F	19	10	2.5	85	-	-	-	-
					T61	28	17	2.0	95	500	6-12	155	8-12
SC122A	12.0	2.0	0.4	1.0Zn	T5	22	18	-	100	-	-	190	8-12
					T65	30	26	-	125	515	6-12	175	14-18
SC103A	10.0	3.0	-	1.0Zn	T5	22	-	-	105	-	-	200	8
SC51B	5.0	1.0	-	-	T61	28	21	3.0	90	525	6-12	155	10-12
SG70B	7.0	-	0.40	-	T61	27	18	5.0	80	540	6-12	155	6-10
CS43A	-	-	-	-	T4	23	11	4.5	75	510	6	-	-
					T6	25	16	2.0	90	510	6	155	5-7
					T7	23	12	3.0	80	510	6	260	4-6

PROPIEDADES MECANICAS Y TRATAMIENTOS DE ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION EN ARENA.

Designación ASTM	Composición Química				Condicón (Tem- ple)	Propiedades Mecánicas Típicas				Datos del tratamiento Térmico.			
	Nominal (%)					Resisten- cia a la Tensión (Kg/mm ²)	Esfuerzo de Ceden- cia. (Kg/mm ²)	Alarga- miento (%)50mm	Dureza (500Kg) Bhn	Temple en Solución		Envejecimiento	
	Si	Cu	Mg	Otros						T(°C)	Horas	T(°C)	Horas
CS72A	2.0	7.0	-	1.7Zn	F	14	8	1.5	70	-	-	-	-
CG100A	-	10.0	0.2	-	T2	16	-	1.0	-	-	-	315	2-4
C4A	-	4.5	-	-	T61	21	-	-	115	510	8-12	155	10-12
					T4	20	9	6	60	515	12	-	
					T6	22	14	3	75	515	12	155	
					T62	25	20	1.5	90	515	12	155	
CN42A	-	4.0	1.5	2.0Ni	T61	22	14	-	515	6	230	1-3	
ZG61A	-	-	0.6	5.5Zn	T5	24	18	4	80	-	100	8	
ZG32A	-	-	1.5	3.0Zn	T5	21	12	5	65	-	100	8	
ZG42A	-	-	2.2	4.0Zn	T5	23	16	2	75	-	100	8	
ZC81A	-	1.0	0.5	7.5Zn	T7	26	21	1.0	80	530	8-16	175	4-8
					T5	21	16	3.0	75	-	Natur.	24	
SC51A	5.0	1.3	0.5	-	T51	18	13	-	65	-	-	225	7-9
					T6	22	14	2.0	80	530	8-12	155	
					T71	21	16	-	75	530	8-12	250	
SG70A	7.0	-	0.3	-	T51	16	11	-	60	-	225	7-9	
G10A	-	-	10.3	0.25Ti	T6	21	14	-	70	540	8-12	155	2-3
					T4	30	16	12	75	430	16	-	
SC64D	6.0	3.5	0.10	0.35Ni	F	16	9	1.5	70	-	-	-	-
					T6	24	15	1.0	85	510	-	150	
1.0	1.0	0.50	1.5Zn	-	F	18	10	1.0	80	-	-	-	-
					T6	24	15	1.0	85	510	8-12	150	

PROPIEDADES MECANICAS Y TRATAMIENTOS DE ALEACIONES DE ALUMINIO PARA FUNDICION A PRESION

SC114A	11.0	4.0	-	1.0Zn	-	30	20	2.5	100	-	-	-	-
S5C	5.0	-	-	0.5Ni	-	24	15	3.0	65	-	-	-	-
SC84A	12.0	-	-	-	-	27	17	3.5	75	-	-	-	-
SC84B	3.0	4.0	-	3.0Zn	-	33	16	3.5	85	-	-	-	-
SC84B	8.0	4.0	-	3.0Zn	-	32	16	2.5	85	-	-	-	-
SG100A	10.0	-	0.6	-	T5	31	24	3.5	95	-	-	170	12-18

CAPITULO II

PRINCIPIOS DEL PROCESO DE INYECCION.-

Consideraciones de la técnica del Proceso.

La aplicación de energía de presión sobre un metal fundido por medio de un sistema mecánico accionado hidráulicamente y su transformación en energía cinética, hace posible el llenado de una cavidad dispuesta en un molde metálico, partido y permanente.

De esta forma se obtienen altas velocidades de circulación del metal dentro del molde hasta su llenado total, - siendo entonces, que la energía cinética del sistema de prensado se transforma en energía de presión y térmica.

De lo anterior se desprende, que la Fundición a Presión es un proceso mecánico de colada, en el cual, el metal fundido es comprimido en un molde partido y metálico.

A este proceso también se le conoce como "Fundición en matriz" para diferenciarlo de la "Fundición en coquilla" o de "molde permanente", puesto que en ambos sistemas se emplean los moldes metálicos, partidos y permanentes, además de que en la fundición por coquilla el llenado del molde se logra únicamente por la acción de la gravedad obteniéndose velocidades de circulación del metal relativamente bajas.

Por esta razón, la fundición en coquilla se limita a piezas bajo determinadas condiciones de diseño y de propiedades.

Por el contrario, en la fundición a presión el metal líquido se inyecta en la cavidad del molde a alta velocidad y la acción de la presión hace que el metal se introduzca en las secciones estrechas comprimiéndolo contra las paredes del molde, lo que determina la reproducción exacta del contorno, así como buena calidad superficial y exactitud dimensional.

Esta condición hace que las piezas inyectadas requieran un mínimo de trabajos de mecanizado o acabado, lo que produce grandes ventajas técnicas y económicas, sobre cualquier otro proceso de fundición, siempre que se cuente con un programa de producción en serie y a grandes volúmenes.

Por lo tanto, la fundición a presión adquiere esencial importancia desde el punto de vista económico en una producción en serie. En consiguiente, la instalación de un taller o fundición a presión requiere del análisis contable de la inversión primaria sobre el equipo, máquinas y moldes que sean los más propios a las necesidades de producción programadas, con miras a la amortización del capital a corto o mediano plazo.

DEFINICION DE LAS VARIABLES

Con objeto de tener una mejor visión y comprensión de la técnica del proceso de la fundición a presión, se considera adecuado definir las variables que se involucran y que son importantes para las condiciones de operación de las máquinas de inyección.

A continuación se da una definición simple de dichas variables incluyendo las unidades con que se manejan :

Va = Velocidad del flujo en el ataque de colada (cm/seg).-
se define como la velocidad de la corriente de metal fundido al llenar el molde y se considera a partir de que el metal atravieza el ataque de colada.

Pg = Presión de colada o llenado (kg/cm²).-
Es la presión que origina la compresión del metal fundido en el molde la cual depende directamente de la presión de accionamiento.

Pb = Presión de accionamiento o servicio (kg/cm²).-
Es la presión hidraulica que suministra el pistón de accionamiento sobre el pistón de inyección al realizar la colada, siendo característica de la máquina de inyección; se puede regular de acuerdo con las necesidades; Durante la colada la presión de accionamiento presenta cuatro fases de variación.

t = Tiempo de colada (seg).-

Es el lapso de tiempo que se requiere para el llenado de la cavidad de un molde o el tiempo transcurrido entre el inicio y el final de la circulación del metal a través del ataque.

V = Volumen de la pieza inyectada (cm^3).-

Tal como se define, es el volumen de la pieza incluyendo los rebosaderos.

G = Peso de la pieza inyectada (kg).-

Para efectos de cálculo de una pieza se debe considerar el peso incluyendo los rebosaderos.

ρ = Densidad del metal fundido (kg/cm^3).-

Prácticamente es el peso específico obtenido al relacionar el peso y volumen de una pieza; para efectos de cálculo se tomará la densidad teórica de la aleación en su estado sólido, ya que al estado líquido no se tiene mucha diferencia.

S_a = Sección del ataque de colada (cm^2).-

Es el área proyectada por donde el metal líquido penetra en la cavidad del molde.

Q = Caudal de metal líquido (cm^3/seg).-

Se define como el volumen que penetra al molde del metal líquido por unidad de tiempo, el cual está directamente relacionado con la sección del ataque de colada.

P_f = Presión final estática. (kg/cm^2).-

Es la presión de compactado que tiene lugar sobre el metal en solidificación y que se determina al momento de frenado del pistón de inyección.

A = Energía de Frenado (kg.m)(k cal).-

Es la energía que aparece al frenar el pistón de inyección desde una velocidad v , hasta velocidad cero, indicando el llenado del molde y que origina un aumento de la temperatura del metal líquido.

V_k = Velocidad del pistón de Inyección. (cm/seg).-

Es la distancia recorrida por el pistón de inyección en el momento de la colada por unidad de tiempo, la cual influye directamente sobre la velocidad de la corriente del metal líquido.

F_g = Superficie de colada proyectada (cm^2).-

Es el área sobre el plomo de partición del molde formada por la suma de las superficies de la pieza, canal de colada y del pistón de inyección.

Ks= Fuerza de cierre del molde (kg).-

Es la fuerza que mantiene a los semi-moldes uno contra otro, impartida por el sistema de cierre de la máquina y que se opone a la llamada fuerza de reacción del molde.

S= Fuerza de reacción del molde (kg).-

Es el resultado de la presión de colada al llegar el metal al molde y se determina a partir de la superficie proyectada de la pieza sobre el plano de partición.

LLENADO DEL MOLDE

El llenado del molde o más propiamente dicho, el llenado de la cavidad de un molde se logra a partir de la aplicación de altas presiones de colada sobre el metal fundido, la cual puede compensar una disposición desfavorable del ataque de colada, sin embargo ésta no es la única variable que determina la producción de piezas inyectadas correctas por lo cual se deben considerar los siguientes aspectos teóricos del llenado de una cavidad.

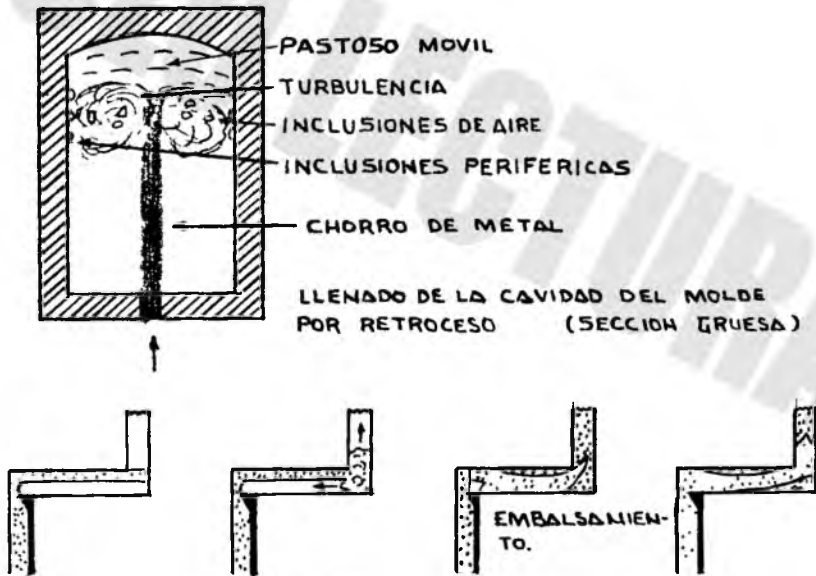
El proceso de llenado sucede en forma que el metal que entra por el ataque de colada alcanza en primer lugar la pared opuesta al flujo del ataque de colada.

Este primer caso se aplica a piezas con sección de pared gruesas, en donde a causa de la pérdida de energía cinética, por el rezamiento y enfriamiento de la masa fundida, se forman "turbulencias" en la corriente de retroceso, las cuales son la

- causa de la formación de inclusiones de aire (porosidad gruesa) atrapadas en el interior de la pieza y de inclusiones superficiales (porosidad periférica)-

Así mismo, un cambio en la dirección del chorro de entrada forzado por el diseño de la pieza, puede llevar a un embalsamiento prematuro del metal fundido y en consecuencia, a un llenado parcial de la zona del molde próxima al ataque de colada.

Estos efectos de turbulencia y embalsamiento prematuro se presentan en las siguientes figuras:



PROCESO DEL LLENADO DE LA CAVIDAD AL CAMBIAR LA DIRECCION DEL FLUJO (SECCION GRUESA)

En piezas con secciones de pared delgadas el chorro de metal entra en contacto con las paredes de la cavidad del molde y se desliza a lo largo de ellas, por lo que el llenado -- tiene lugar hacia adelante, sin embalsamientos, estancamientos y sin corriente de retroceso.

El contacto con la superficie de la cavidad del molde durante el proceso de llenado produce la formación de una piel endurecida de metal solidificado, cuyo espesor está limitado por el incremento de la temperatura originado por la presión de la corriente que absorbe parte de la energía cinética -- transformándola en calor.

Al considerar la superficie de la cavidad del molde como conductora de la temperatura, se tiene que el gradiente de -- enfriamiento actúa perpendicularmente a la dirección de la corriente por lo tanto, existe una caída de viscosidad en la -- parte frontal de la corriente donde el metal fundido toca la pared del molde y en consecuencia, se forma un gradiente de -- velocidad de la corriente, desde cero entre la superficie de -- contacto de molde y piel, hasta la velocidad plena de corriente que está fluyendo.

La piel fina y endurecida fuerza a la punta de la corriente a un movimiento de enrollamiento que choca contra la pared del molde con bastante presión, lo cual determina la reproducción de contornos agudo y favorece la calidad superficial de

- la pieza inyectada.

La velocidad de la corriente es determinante en el proceso de llenado del molde, la cual es directamente proporcional a la presión de colada, de acuerdo con la siguiente ecuación de Torricelli para una corriente casi estacionaria :

$$V = \sqrt{2g \frac{P}{\delta}}$$

DONDE:

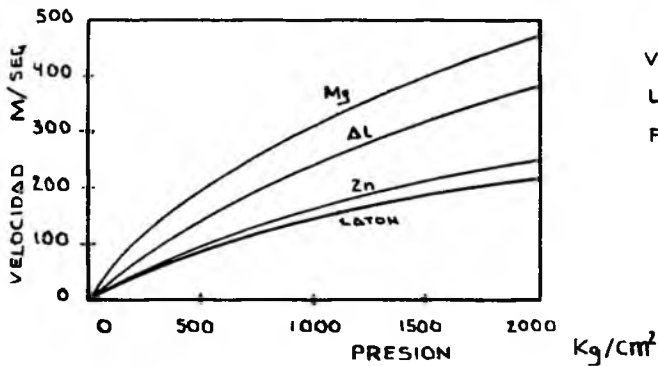
V= Velocidad de la corriente (cm/seg)

g= Aceleración de la gravedad (981 cm/seg.²)

p= Presión de la colada (kg/cm²)

δ = Densidad del metal (kg/cm³) ()

De la ecuación (1) se desprende que para metales o aleaciones distintos cuya densidad es diferente para cada uno, se obtienen velocidades de corriente diferentes cuando se somete el caldo a una misma presión de colada. Las velocidades teóricas alcanzables para latón, cinc, aluminio y magnesio se muestran en la siguiente figura:



De lo anterior se tiene que las velocidades teóricas de circulación para Latón, Cinc, Aluminio y Magnesio, guarden - la relación : 1:1,1 : 1,8 : 2,2 a consecuencia de la diferencia en densidades.

Por lo tanto, para un solo metal o aleación a colar, so lo se puede variar la velocidad de circulación modificando la presión de colada, la que a su vez dependerá del diametro del de inyección y del regulamiento de la máquina.

DISPOCICION DE COLADA A PRESION

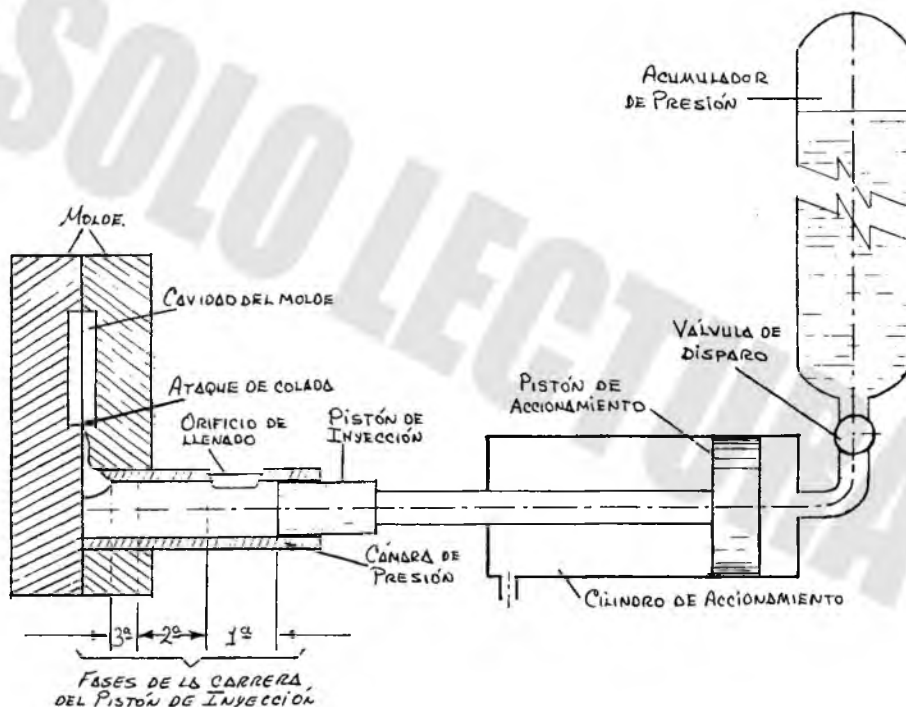
La disposición constructiva del mecanismo hidráulico de - colada a presión para una máquina de cámara fría horizontal, se basa en la obtención de alta presión por medio de un flui do hidráulico contenido en un acumulador de presión, que se conecta al pistón de accionamiento comunicandole una acele- ración elevada.

En el otro extremo del pistón de accionamiento se dispo - ne el pistón de inyección que trabaja empujando al metal lí- quido contenido en la cámara de presión contra la cavidad del molde.

El movimiento del pistón de inyección se desarrolla en - los etapas a velocidad diferente, al principio se mueve lenta - mente a fin de no derramar el metal líquido através del orifi - cio de carga de la cámara de presión y en seguida se incremen - ta la velocidad con lo que el metal se embalsa primero contra la cavidad del molde.

La primera etapa de aproximación lenta del pistón de inyección se obtiene por la conexión de una bomba hidráulica de baja presión al cilindro de accionamiento.

En la segunda etapa actúa el depósito de presión accionado por un interruptor que funciona al momento de que el pistón de inyección rebasa el orificio de carga. En la fig. se representa la disposición de colada en una máquina de cámara fría horizontal.



- ESQUEMA DE LA DISPOSICIÓN DE COLADA.

LA PRESION DE ACCIONAMIENTO

El comportamiento de la presión de accionamiento durante la colada, describe una curva característica de presiones de acuerdo con las fases de la carrera del pistón de inyección indicadas en la fig. A continuación se hace una descripción.

1a. Fase : Aproximación.- Una vez vaciado el metal líquido en la cámara de presión, se hace el disparo, provocándose el movimiento del pistón a velocidad lenta a fin de no derramar el metal através del orificio de carga, manteniéndose la baja velocidad hasta que se ha rebasado dicho orificio.

2a. Fase : Preparación.- El pistón se acelera a alta velocidad y embalsa el metal líquido hasta el ataque de colada; La presión se ve incrementada ligeramente.

3a. Fase : Llenado.- La continuación del movimiento del pistón de inyección, introduce el metal líquido por el ataque de colada y llena la cavidad del molde; al concluir el llenado el pistón se frena bruscamente hasta velocidad cero.

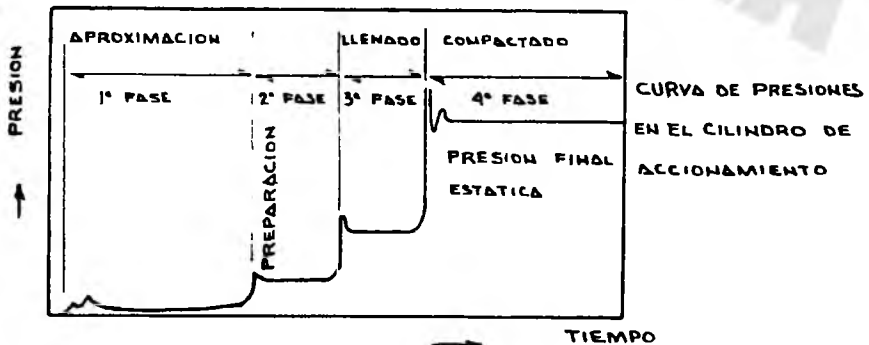
En ésta fase se produce un nuevo aumento de la presión, -- por la compresión del metal contra las paredes de la cámara y -- será determinante para la presión de llenado de la cavidad.

4a. Fase : Compactado.- Llenado el molde se frena el pistón, provocandose un rápido aumento de la presión que produce la compactación de la pieza contra las paredes de la cavidad del molde; se conoce como presión final estática.

Lo anterior se manifiesta en el cilindro de accionamiento de la máquina, pudiéndose tomar las lecturas de las presiones de trabajo en el manómetro correspondiente aunque requiere una buena apreciación.

Debe considerarse que el comportamiento de la presión en la cavidad del molde varía con respecto al cilindro de accionamiento, en que se manifiesta tan pronto como el metal líquido empieza a traspasar el ataque de colada formándose una punta de presión, y durante el llenado la presión oscila según las condiciones de circulación provocada por la forma de la pieza.

Al finalizar el llenado de la cavidad se forma la presión final estática que actúa compactando el metal fundido. En la figura siguiente se representa la curva de presiones en el cilindro de accionamiento de una máquina de cámara fría horizontal.



Algunas máquinas de inyección tienen integrado en el sistema de inyección un "multiplicador" de presión, que produce la elevación de la presión final, para lograr un mejor compactado de la pieza.

CALCULO DE LAS VARIABLES DEL PROCESO

En el proceso de fundición a presión intervienen y se relacionan entre sí, diferentes variables que fundamentan a la técnica de operación para la producción de piezas en diferentes metales y aleaciones.

Por medio de investigaciones hechas por numerosos autores del tema y compañías fabricantes de las máquinas de inyección, se han determinado ecuaciones y diagramas que permiten conocer los valores específicos de dichas variables, así como los efectos que producen al proceso en sí.

En la siguiente tabla se presentan las ecuaciones para determinar las variables del proceso de investigación desde una base teórica y de acuerdo con las definiciones dadas en el apartado .

Ecuación	PARA CALCULAR:	APLIQUESE LA FÓRMULA	UNIDAD
1	VELOCIDAD DEL FLUJO EN EL ATAQUE DE COLADA	$v_a = \sqrt{2g \frac{P}{\gamma}}$	cm/seg
2	TIEMPO DE COLADA	$t = \frac{V}{S_a \cdot v_a}$	seg
2'	TIEMPO DE COLADA	$t = \frac{V}{S_a \cdot \sqrt{2g \frac{P}{\gamma}}}$	seg
3	TIEMPO DE COLADA	$t = \frac{Q}{S_a \cdot \sqrt{2g \cdot \gamma \cdot P}}$	seg.
4	CAUDAL DE ENTRADA DE METAL LIQUIDO	$Q = \frac{V}{t} = \frac{Q}{\gamma \cdot t}$	cm ³ /seg
5	SECCIÓN DEL ATAQUE DE COLADA	$S_a = \frac{Q}{v_a}$	cm ²
4'	CAUDAL DE ENTRADA DE METAL LIQUIDO	$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v_k$	cm ³ /seg
6	VELOCIDAD DEL PISTÓN DE INYECCIÓN	$v_k = \frac{4Q}{d^2 \pi}$	cm/seg
7	PRESIÓN DE COLADA	$P_g = \left(\frac{D}{d}\right)^2 P_b$	Kg/cm ²
8	DIÁMETRO DEL PISTÓN DE INYECCIÓN	$d = \sqrt{\frac{P_b}{P_g} \cdot D^2}$	cm
9	ENERGÍA DE FREMSO	$A = \frac{Q \cdot P}{\gamma}$	Kg · m
10	ENERGÍA DE FREMSO	$A = V \cdot P$	Kg m
10'	ENERGÍA DE FREMSO	$A = \frac{V \cdot P}{427}$	Kcal
11	FUERZA DE REACCIÓN DEL MOLDE	$S = F_g \cdot P_g$	Kg
12	FUERZA DE CIERRE DEL MOLDE	$K_s = 1.25 S$	Kg

· ECUACIONES PARA EL CÁLCULO DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE INYECCIÓN.

Su aplicación tendrá un mejor enfoque, cuando se establezcan las condiciones de operación de la máquina de inyección -- para la fabricación de piezas metálicas que mantengan un nivel de calidad, adecuado a las funciones de trabajo, tratamientos y acabados que se requiera.

La velocidad del flujo en el ataque de colada varía en -- proporción inversa a la sección del ataque de colada, sin embargo se ve ampliamente influenciada por la presión de colada. En cuanto a la relación con los espesores de pared de piezas inyectadas, se necesita mayor velocidad para espesores delgados .

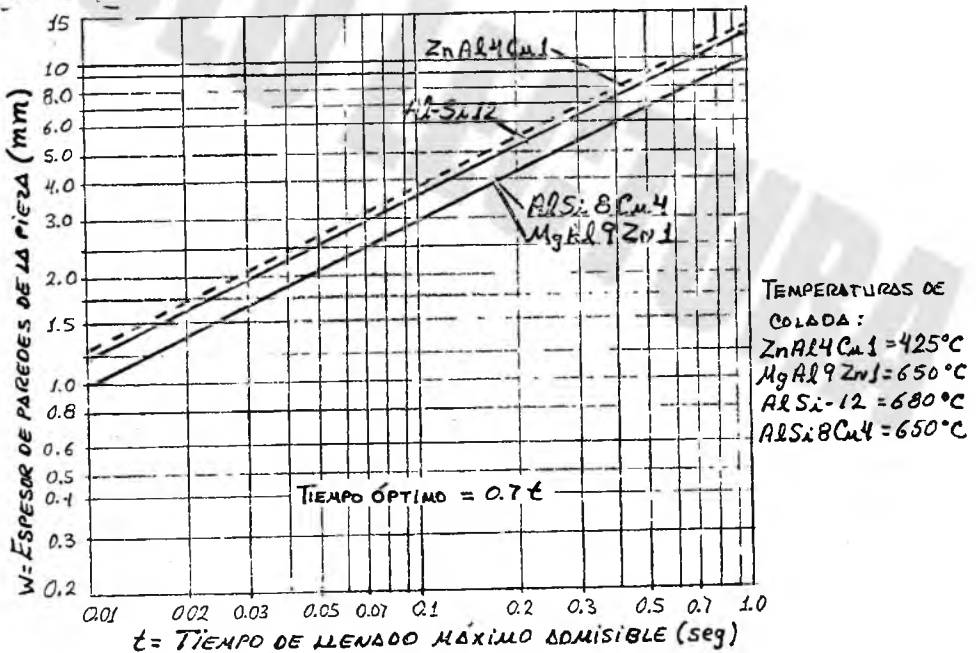
La determinación del tiempo de colada o de llenado de la cavidad del molde es el punto de partida para el cálculo de -- la sección de ataque, puesto que éste se encuentra en función del caudal de entrada y de la velocidad de ataque; a su vez, el caudal de entrada depende del tiempo de colada y del peso y densidad de la aleación a inyectar.

Debido a que no se aplican las fórmulas correspondientes con dos o más incógnitas, se tiene que: La velocidad de ataque tiene un campo normal comprendido entre 30 y 50 m/seg, -- lo que reduce el campo de aplicación y que el tiempo y espesor, se ha determinado una relación lineal aplicable a espesores de pared de 1.5 a 6.4 mm.

$$t = 0.4(w - 1)^+ - 0.02$$

Otras investigaciones que involucran el metal o aleación e color así como su temperatura de colada, han resultado en una gráfica sobre un sistema de coordenadas logarítmicas, donde se obtiene un comportamiento rectilíneo del espesor medio de paredes de la pieza en función del tiempo de colada máximo admisible.

En la práctica se ha confirmado la perfecta coincidencia de ésta relación, siempre y cuando se disminuya en un 30% el tiempo de colada, es decir, el tiempo de colada ideal debe ser 0.7 veces el tiempo máximo admisible. Este ajuste resulta en mejorar la calidad de la superficie de la pieza.



= GRÁFICA PARA DETERMINAR EL TIEMPO DE COLADA.

Conocido el tiempo de colada óptimo se puede calcular el caudal de entrada de metal líquido, que se tomará como base - para determinar la sección del ataque.

Por otro lado, la velocidad del pistón de inyección durante la colada, se calcula en base al caudal de entrada y al diámetro d , del pistón de inyección instalado en la máquina.

El ajuste de la velocidad del pistón de inyección se efectúa por medio de la válvula correspondiente, aunque debe tomarse en cuenta que se trata de un valor medio obtenido por cálculo; en las máquinas de inyección es del orden de los 5 m/seg.

Al considerar que el accionamiento del pistón de inyección se efectúa mediante un cilindro hidráulico con pistón, cuyas dimensiones son fijas, y que la presión de trabajo recibida del acumulador de presión es también conocida, se tiene que la elección del diámetro del pistón de inyección influye sobre la presión de colada obtenida, de acuerdo con la relación :

$$\frac{P_b}{P_g} = \left(\frac{D}{d}\right)^2$$

Si la máquina tiene integrada un multiplicador de presión al final del proceso de llenado del molde se produce un aumento en la presión efectiva de trabajo, que reditúa en un aumento - de la presión de colada, teóricamente en la misma proporción.

aunque prácticamente existen pérdidas de presión en el sistema entre la cámara de presión y la cavidad del molde, - así como en zonas de la pieza de paredes delgadas que empiezan a solidificarse rápidamente; por lo tanto es difícil determinar la presión estática de colada hasta el momento de concluir el llenado de la cavidad del molde, sobre todo si se conecta un multiplicador de presión.

Al terminar el llenado, el pistón de inyección se frena causando un aumento en la temperatura del metal líquido en la cavidad del molde, que actúa contra una solidificación anticipada, simultáneamente al compactado causado por la presión final estática. La energía de frenado de un cuerpo en movimiento es :

$$A = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

En donde, introduciendo la ecuación fundamental de la - dinámica : $G = m \cdot g$ puede determinarse el trabajo producido al frenar, considerando a la vez la ecuación de **Torricelli**:

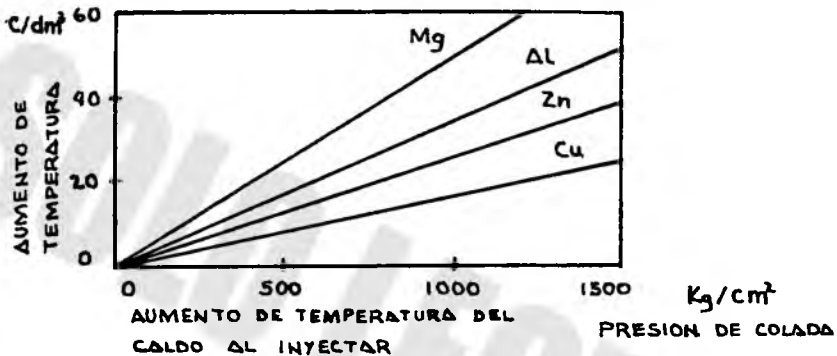
$$v = \sqrt{2g \frac{P}{\gamma}}$$

obteniéndose :

$$A = \frac{G \cdot P}{\gamma} = V \cdot P \text{ (kg.m)}$$

Que indica que la energía de freno originada por la inyección al concluir el llenado del molde, depende solamente de la presión de colada (P) y del volumen de metal (V).

Por lo tanto, para piezas iguales de distintos metales (con el mismo volumen) y a presión de colada constante, el calor liberado es el mismo. Al considerar el calor específico de cada aleación, puede calcularse el aumento efectivo de la temperatura en una relación lineal con la presión de colada; al aumentar la presión, aumenta la temperatura. En la figura siguiente se puede calcular dicho aumento.



El compactado, al concluir el llenado del molde unido con el aumento de temperatura, es muy importante para la obtención de una pieza inyectada homogénea, ya que este efecto lleva a la rotura de las redes dendríticas formadas en la estructura del metal, eliminando tensiones y refinando el grano. Se pensaría entonces, en la necesidad de trabajar con altas presiones de colada para obtener piezas con buena calidad.

LA FUERZA DE REACCION EN EL MOLDE

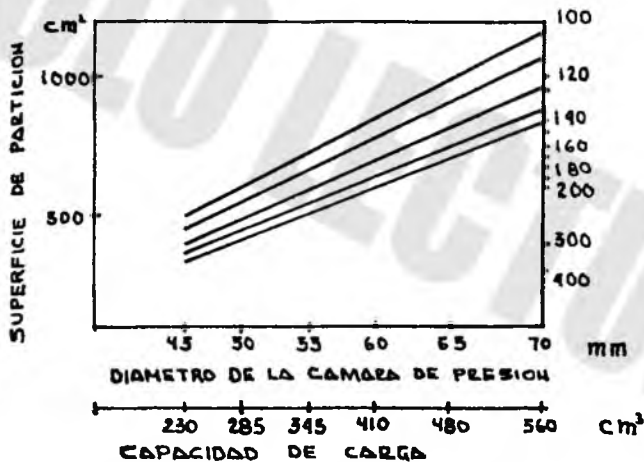
Lo anterior puede lograrse conectando un multiplicador de presión, siendo entonces necesario calcular la fuerza de reacción (S) del molde, que se obtiene a partir de la presión final estática de colada (P_g) y de la superficie de la pieza proyectada sobre el plano de partición (F_g).

Una fuerza de reacción del molde superior a la fuerza de cierre de la máquina (K_s) abriría el molde, lo cual limita a la máxima fuerza de reacción admisible. Esto induce a calcular convenientemente la gama de fuerzas de reacción -- al trabajar con un determinado diámetro del pistón de inyección, desde una presión de trabajo igual a la presión de almacenaje hasta la presión de trabajo a la plena presión -- del multiplicador. La fuerza de reacción real estará comprendida en esos límites, y será tanto menor cuanto más delgadas sean las paredes de la pieza.

De ser necesario se podrá cambiar a un diámetro del pistón de inyección más grande para disminuir la fuerza de reacción. Por lo tanto, el cálculo del ataque de colada solamente determinados datos de trabajo de la máquina, ya que algunas variables dependen del diámetro del pistón de inyección, que deberá elegirse en consideración al diámetro del pistón de accionamiento y a la presión de trabajo dados.

A efecto de tener una mejor visión de las relaciones entre la presión de colada, la superficie de participación y el diámetro del pistón a elegir, considerando además el peso de la pieza a colar, se presenta en la figura siguiente el intervalo de potencias de una máquina de cámara fría, con una fuerza de cierre de Ton.

De esta gráfica se deduce que piezas de gran superficie de colada proyectada en la línea de partición, sólo se pueden producir con cámaras de presión o diámetro del pistón de inyección de gran diámetro, con la cual disminuye la presión de colada considerablemente.



NOMOGRAMA PARA LA DETERMINACION DE LAS VARIABLES DEL PROCESO DE FUNDICION A PRESION

Para facilitar la determinación de las variables que involucra el proceso, se puede utilizar un nomograma en vez de hacer los cálculos por medio de las ecuaciones vistas, obteniéndose valores confiables además de ofrecer una mejor visión de conjunto.

Este nomograma preparado par la determinación de la sección de ataque y del diámetro del pistón de inyección se aplica para la inyección de aluminio y sus aleaciones (con resultados confiables); en su preparación se tomaron como base los tiempos de colada óptimos y los espesores de pared medios de la pieza de acuerdo con su dependencia mostrada anteriormente en la figura.

Para entrar al uso del nomograma se requiere fijar los siguientes datos relacionados con la pieza en cuestión y algunos característicos de la máquina de inyección a usar en la producción; estos datos son :

- A.- Espesor medio de paredes de la pieza (W) en mm.
- B.- Peso de la pieza (G) en kg.
- C.- Velocidad del flujo de metal en el ataque (V_a) en m/seg se mantendrá en el rango de 30 a 50 m/seg.

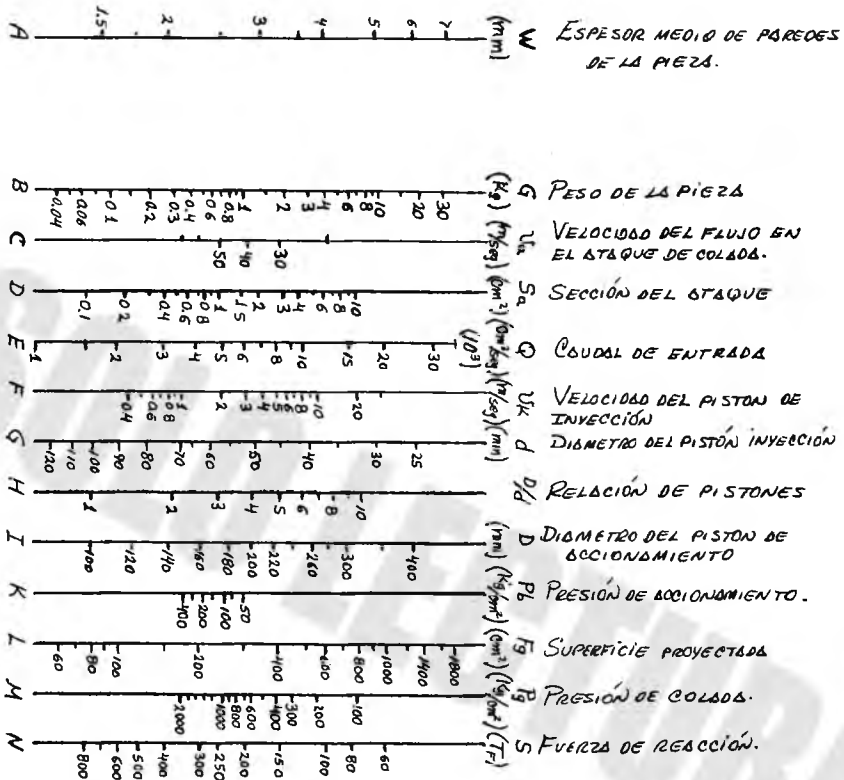
- G.- Diámetro del pistón de inyección (d) en mm; elegir adecuadamente a la máquina de inyección en cuestión.
- I.- Diámetro del pistón de accionamiento (D) en mm; invariable para la máquina de inyección en cuestión.
- K.- Presión de accionamiento o de servicio (P_b) en kg/cm^2 ; se deberá considerar la presión de almacenaje suministrada por el "acumulador" de presión y la presión plena del "multiplicador" (si se tiene); ambas presiones -- son magnitudes constantes para la máquina en cuestión.
- L.- Superficie de colada proyectada (F_g) en cm^2 ;

EMPLEO DEL NOMOGRAMA.

Con los datos anteriores, se procede de la siguiente forma para el empleo del nomograma para la inyección de aluminio y sus aleaciones, presentado en la figura.

- 1).- Se traza una recta desde el espesor medio de la pared de la pieza en la escala A hasta el peso de la pieza -- en escala B, prolongándose hasta la escala E, en donde se obtiene el caudal de entrada (Q).
- 2).- Desde este punto en la escala E, se traza una recta hacia la izquierda hasta la escala C, manteniendo la velocidad en el ataque entre 30 y 50 m/seg. El punto donde ésta recta corta a la escala D, nos da la sección de ataque requerida (S_a).

- 3).- Se elige un diámetro adecuado del pistón de inyección en la escala G, y se une con una recta al caudal dado en la escala E; El punto de intersección sobre la escala F, da la velocidad del pistón de inyección durante la colada que no debe sobrepasar el máximo valor - admisible de la máquina.
- 4).- El diámetro del pistón de inyección elegido se une con una recta corta a la escala H, en un punto **obteniendo** se la relación entre pistones (D/d).
- 5).- Desde este punto en la escala H, se traza una recta -- hasta la presión de almacenaje (accionamiento) en la escala K, prolongándose hasta la escala M, donde se ob-- tiene la presión de colada. Para una máquina con multiplicador se procede de igual forma, pero ahora se toma como base la plena presión del multiplicador para obtener en la escala M, el límite superior de la presión estática de colada.
- 6).- El punto de intersección en la escala M, se une mediante una recta con la superficie de colada proyectada en la escala L, y se prolonga hacia la derecha hasta la - escala N, en donde se **obtiene la fuerza de reacción(S)** en el molde. Para el caso del multiplicador, se traza una segunda recta a través del límite superior de la presión de colada, que en la escala N, indica el límite - superior de la fuerza de reacción.



. NOMOGRAMA PARA LA INYECCIÓN DE ALUMINIO.

CAPITULO III

CONSTRUCCION Y OPERACION DE LAS MAQUINAS DE INYECCION.-

La técnica del proceso de la fundición a presión sólo alcanza su aplicación práctica en las máquinas de inyección a presión. Diversos diseños, tamaños y potencias ofrecen una gama muy amplia para seleccionar la máquina más adecuada a las necesidades de producción de un producto específico.

Generalmente las máquinas de inyección están constituidas por dos grupos principales : El de inyección y el de cierre, que son impulsados por bombas hidráulicas y acumuladores de presión que a su vez se accionan mediante motores eléctricos.

De acuerdo con el tipo de la cámara de presión se distinguen dos procedimientos de inyección diferentes : el sistema de "cámara caliente" en el cual la cámara de presión se encuentra en el horno dentro del metal fundido a la temperatura de inyección, por consiguiente la cámara de presión es "caliente", porque se encuentra a la temperatura del metal fundido; y el sistema de "cámara fría", que se encuentra fuera del horno montada en la platina fija de la máquina, siendo su temperatura máxima la del molde.

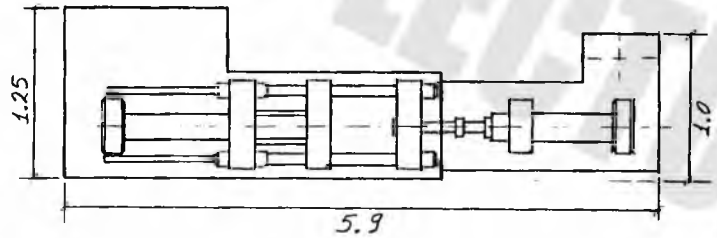
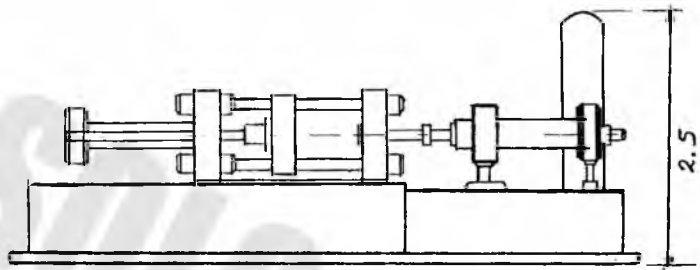
MAQUINAS DE CAMARA FRIA HORIZONTAL

Estas máquinas de inyección, adquieren su nombre debido que la cámara de presión se encuentra inmediata a la máquina, siendo necesario introducir el metal fundido en la cámara de presión mediante una cuchara o algún dispositivo de alimentación para cada inyectada; debido a esto y al funcionamiento prolongado de la cámara (fría) se calienta y llega a alcanzar la temperatura media del molde, sin llegar a la temperatura del metal fundido, como sucede en las máquinas de cámara caliente.

La principal ventaja del sistema de cámara fría, es que se pueden utilizar todos los metales o aleaciones colables. Por lo tanto se pueden producir piezas a base de : Aluminio, Magnesio, Latón, Cinc, Plomo y Estaño y de aleaciones, situando a la máquina de inyección de cámara fría independiente del metal a fundir.

En la sig.figura se representan las vistas (lateral y de planta) de una máquina de cámara fría de 300 Ton, de fuerza de cierre, en donde se aprecia su construcción general.

Otra ventaja, es que no tiene ninguna limitación en cuanto a las dimensiones de la pieza colada, pudiéndose fabricar piezas pequeñas, medianas y grandes, desde unos cuantos gramos de peso, hasta aproximadamente 30 kg. de peso; esto en máquinas que van desde 60 Ton, a 3000 Ton, de fuerza de cierre. Las máquinas de cámara caliente disponen de campos de fuerza de cierre como máximo de unos 500 Ton, y como mínimo de unas 7.5 Ton, lo que presupone su aplicación para piezas



I P N	
E S I Q I E	
MAGUINA DE INYECCION DE CAMARA FRIA	
TESIS	MARCOS C QUEVEDO R
PROFESIONAL	SALVADOR R AYALA R JOSE LUIS QUEVEDO R.

pequeñas y medianas.

GRUPO DE INYECCION. (EQUIPO DE INYECCION)

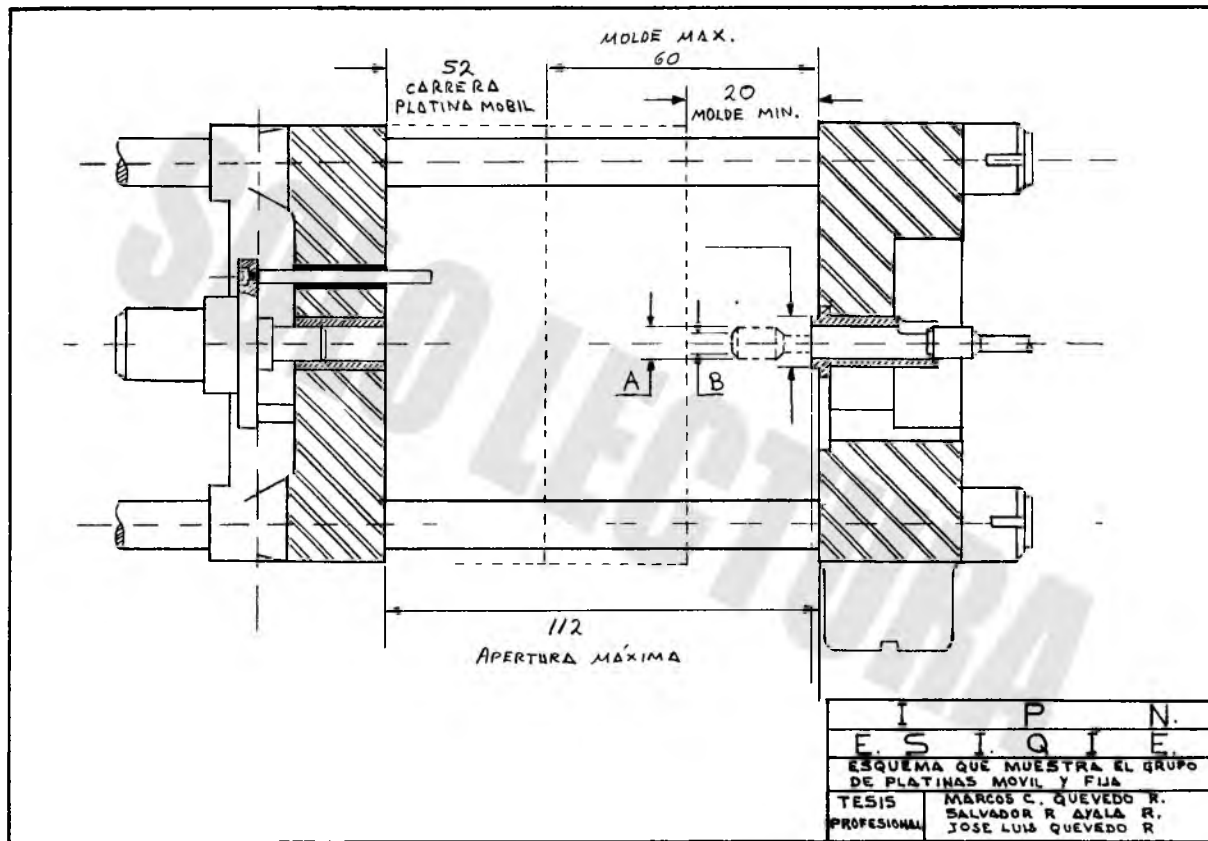
Para las máquinas de cámara fría se cuentan dos disposiciones para la cámara de presión; vertical y horizontal. Ambas disposiciones poseen ventajas y desventajas, siendo el de cámara fría horizontal la que reúne más ventajas - por su versatilidad y facilidad y facilidad de operación, lo que refleja su preferencia en la actualidad por lo fabricantes de productos inyectados.

CAMARA DE PRESION Y PISTON DE INYECCION

En el proceso de inyección con cámara fría horizontal hay que considerar varios aspectos constructivos en la obtención del producto inyectado.

De acuerdo con la representación del proceso de colada con cámara fría horizontal, en la primera etapa el pistón - de inyección se encuentra en su posición mas retrasada, entonces se introduce el metal fundido en la cámara de presión mediante una cuchara o un dispositivo de alimentación, vé del orificio de carga dispuesto en su parte superior.

La cantidad de metal debe ser el necesario para cada - colada y generalmente ocupa una tercera parte de la capacidad total de la cámara de presión, debido a que ésta se elige con el diámetro adecuado a la colada en cuestión, siendo



su longitud total de acuerdo a las condiciones del molde.

Al soltar el disparo, el pistón avanza con una velocidad lenta y cubre el orificio de carga de la cámara de presión, lo que incluye aire dentro de la misma. Es muy importante desalojar el aire atrapado a través del sistema de circulación de la colada y por el plano de partición del molde, mediante canales de espesor limitado fresados sobre dicho plano.

El avance del pistón a velocidad lenta en esta primera etapa impide la formación de olas de choque de metal fundido, hasta su embalsamiento justo en el ataque de colada. -- En este momento se efectúa el paso a la alta velocidad del pistón de inyección, lográndose que el metal fundido pase a través del ataque de colada y sea comprimido contra la calidad del molde.

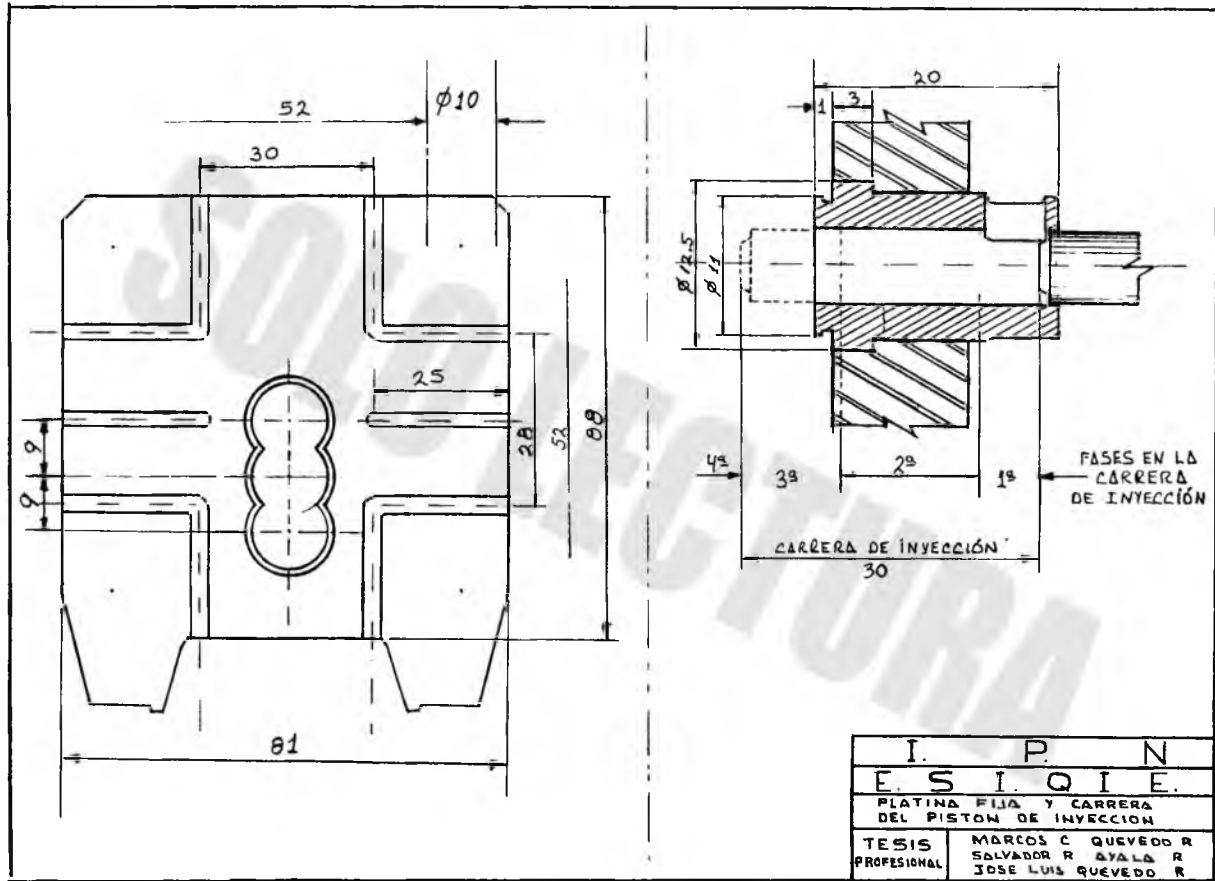
En la figura siguiente, se representa una cámara de presión de una máquina de 300 ton, de cierre indicando su longitud y la carrera máxima del pistón. Una característica importante del proceso de colada con cámara fría horizontal es que esta debe disponerse por abajo de la cavidad del molde, de tal forma que el metal fundido no pueda colar en la cavidad del molde al llenar la cámara de presión, ni antes de soltar el disparo.

Por lo tanto no se puede aprovechar el sistema de ataque central que se utiliza en las máquinas de cámara caliente y en las máquinas de cámara fría vertical.

De esta característica se desprende que en las máquinas de inyección de cámara fría horizontal se debe de proveer una regulación de la altura del equipo de inyección y del eje de la cámara de presión a fin de facilitar la mejor considerencia al cambiar de molde .

En la figura siguiente, se presenta la vista frontal de la platina fija de una máquina con fuerza de cierre de 300 ton, en donde se aprecian las tres posiciones posibles del grupo inyector .

La elección de la posición más conveniente del grupo inyector dependera del tamaño del molde y de la disposición del canal de colada; para este último existe también la posibilidad de diseñar el canal de colada para moldes con varias cavidades, en forma angular y concéntricas al eje de la cámara de presión; para evitar el colado de las cavidades al variar el metal se requiere de un canal de unión vertical desde la cámara de presión hasta el punto más alto del canal angular, en donde alrededor de este se disponen las cavidades.



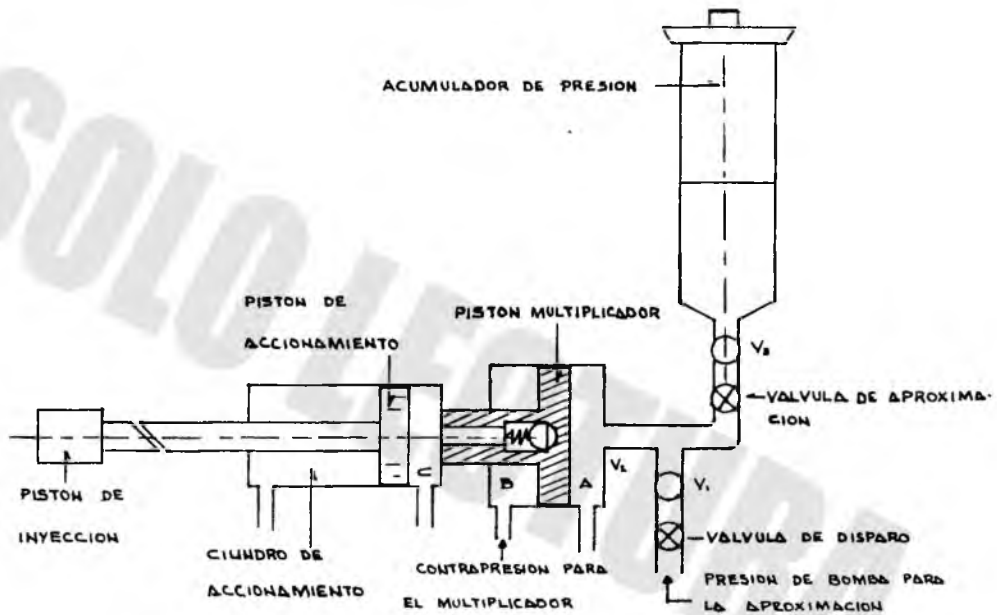
ACUMULADOR DE PRESION Y MULTIPLICADOR DE LA PRESION DE -- INYECCION.

La totalidad de las máquinas de inyección modernas están equipadas con un sistema del grupo inyector que incluye un acumulador de presión y un pistón multiplicador.

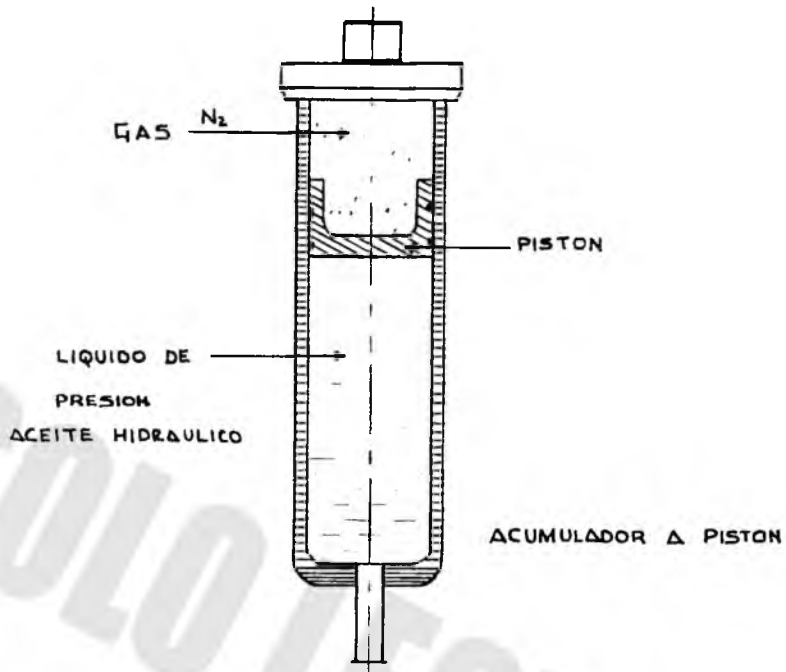
El acumulador de presión es un recipiente cilíndrico de acero, en donde se introduce un gas inerte, generalmente Nitrógeno, que funciona como colchón para el aceite hidráulico. El gas y el aceite permanecen bajo la misma presión, que se conoce como presión de almacenamiento; ésta se logra por medio de la bomba de alta presión que suministra el aceite al acumulador.

La presión de almacenaje máximo correspondiente a la -- máxima presión de la bomba. Para lograr la maniobra de velocidad del pistón de inyección en dos fases (aproximación lenta y llenado rápido) se conecta en la primera fase una línea directa de la bomba hidráulica, y en la segunda la acción -- del acumulador de presión, que proporciona la presión almacenada en un menor tiempo, a su vez la presión es constante en esta fase, lo que elimina fallas en las piezas inyectadas -- por ésta variable.

En la siguiente figura, se representa un acumulador de presión usual que incluye un pistón deslizante para separar al gas del aceite.



I	P	N.
E.	S.	Q. I. E.
ESQUEMA DE UN INYECTOR CON ACUMULADOR DE PRESION Y MULTIPLICADOR		
TESIS PROFESOR	MARCOS C. QUEVEDO R. SALVADOR R AYALA R. JOSE LUIS QUEVEDO R.	



Debe considerarse también que para una buena inyección se requiere de dos condiciones de operación del grupo inyector:

- 1o. Una elevada velocidad del pistón de 1 a (5 m/seg), con el acumulador de presión.
- 2o. Una constitución instantanea de la presión inmediatamente después del llenado de la cavidad o cavidades del molde.

La segunda condición se logra mediante el llamado multiplicador, que son dos pistones unidos rigidamente, uno de diámetro grande (D_1) y otro de diámetro menor (D_2).

De esta forma la presión producida en el pistón grande se transmite multiplicada al pistón menor. Por lo tanto las presiones son inversamente proporcionales a las áreas de los pistones.

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

P_1 = Presión en el pistón mayor

P_2 = Presión en el pistón menor

A_2 = Área del pistón menor

A_1 = Área del pistón mayor

También se encuentra la misma proporción considerando el cuadrado de sus diámetros. La relación de multiplicador de la presión para la mayoría de las máquinas está comprendida de 2:1 hasta 3:1.

El multiplicador de presión también es accionado por la presión de almacenaje del acumulador, según se aprecia en la siguiente figura, de un grupo de inyección con acumulador de presión y multiplicador.

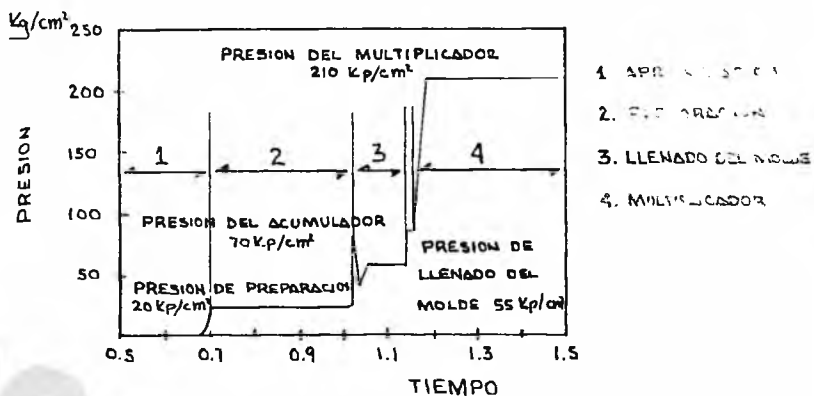
El funcionamiento de este sistema inicia al soltar el disparo, lo que abre la válvula de retención V_1 , conectando la presión de la bomba de hidráulica con lo que el aceite pasa al espacio "A" y luego al espacio "C" por la válvula V_2 ; ahora el pistón de accionamiento avanza lentamente (1a.fase).

Completa la 1a. fase, un microswitch abre la válvula de inyección por lo que el aceite pasa del acumulador al espacio "A" del multiplicador por la válvula de retención V_3 , cerrándose la válvula V_1 , de la bomba y pasando al espacio "C" por la válvula V_2 , provocando el movimiento rápido del pistón de accionamiento.

(2a.fase), hasta que la cavidad del molde se llena. En este momento se frena el pistón de accionamiento y se alcanza la plena presión del acumulador en el espacio "A" y "C".

El pistón del multiplicador produce un aumento de presión queda disminuido por la contrapresión del espacio "B", pero también el pistón del multiplicador penetra al espacio "C" provocando la compactación correspondiente (3a.fase)

Lo anterior se puede analizar en la siguiente gráfica de presiones y tiempos, obtenida en el cilindro de accionamiento de una máquina de 180 Ton, de fuerza de cierre, y con una presión del acumulador de 50 kg/cm^2 .



Esta gráfica muestra los efectos de la presión en una inyección de tres fases, así como el tiempo estimado de cada una de ellas.

El aceite hidráulico empleado en estos sistemas debe tener las siguientes características :

- Ser autolubrificante, para conservar las partes sometidas a fricción.
- Muy poca variación de la viscosidad al variar la temperatura; para conservar sus propiedades.

Las máquinas de inyección cuentan con un sistema de enfriamiento por radiación del aceite, siendo el rango de temperatura mas adecuado de 40 a 60°C, es importante, al inicio del trabajo considerar el tiempo necesario para que el aceite alcance su temperatura ideal de operación, teniendo cuidado siempre de vigilar el nivel del fluido hidráulico.

EQUIPO DE CIERRE

Para hacer posible la inyección a presión de un metal fundido en la cavidad de un molde, se requiere que éste - permanezca en una posición firme y con una fuerza de cierre superior a la fuerza máxima de reacción del molde que aparece al efectuar la colada.

El mecanismo de cierre sirve para abrir y cerrar el - molde y para mantenerlo en posición durante la colada, con una fuerza de cierre determinada por la capacidad de la - máquina, siendo necesario calcular la fuerza de reacción teórica alcanzable, multiplicando la superficie proyectada de la pieza sobre el plano de partición del molde por el - máximo valor efectivo de la presión de colada.

Sin embargo, la fuerza de reacción teórica suele ser menor a la real, ya que influyen especialmente la temperatura de colada, la velocidad del pistón, el espesor de paredes de la pieza inyectada y la construcción del molde.

Esto es de considerar en la práctica de la fundición a presión , ya que permite trabajar con máquinas de menor fuerza de cierre. Lo anterior se debe principalmente, al hecho de que el metal fundido empieza a solidificar durante el llenado del molde, sobre todo en zonas de la pieza de paredes delgadas, por lo tanto, el compactado final efectuado por el pistón de inyección sólo actúa sobre una masa líquida en el núcleo.

La fuerza de reacción teórica se basa en la condición de que el metal está completamente líquido en todas las zonas del molde al actuar la presión estática final. Esto indica el porque se puedan inyectar piezas cuya fuerza de reacción teórica sobre-pasa la fuerza de cierre de la máquina, - sin que por ello se abra el molde.

Por otra parte, debe contarse también con que la fuerza de reacción real puede ser mayor que la calculada teóricamente, sí a causa de la energía cinética del frenado del pistón de inyección y su sistema de impulsión se forman -- puntas de presión que sobrepasa la presión estática final.

Debido a esto, las máquinas de inyección modernas están equipadas con un sistema de compresión de poca masa, que disminuye dicho efecto.

De lo anterior se desprende la necesidad de contar con un equipo de cierre adecuado a las dimensiones de la pieza a colar y superior a la fuerza de reacción real alcanzable con la máxima presión de colada disponible por el sistema de inyección.

Para lograrlo se disponen dos mecanismos impulsados - hidraúlicamente, denominados cierre de fuerza y cierre de forma.

CIERRE DE FUERZA

El mecanismo de cierre es accionado por un cilindro - hidraúlico, en donde trabaja el pistón de cierre que ejerce la fuerza a través de la platina móvil y mantiene al -- molde en su posición. La fuerza de cierre depende del diámetro del pistón y de la presión de accionamiento y se determina de acuerdo a estos datos.

En esta disposición, si la fuerza de reacción del molde sobrepasa la fuerza de cierre, el pistón de cierre se retira inmediatamente, y el molle queda descomprimido. En esta circunstancia, el metal fundido salta fuera del -- molde por el plano de partición, lo que obliga a reconsiderar las condiciones de operación de la máquina. Una máquina con - cierre de fuerza, nunca se **debe** sobrecargar con la presión -

de colada. La fuerza de cierre queda limitada por el diámetro del pistón y la presión hidráulica que proporciona la bomba, de ahí que para incrementarla se debe aumentar el diámetro del pistón y por consiguiente el volumen a llenar el cilindro. Por esta razón los dispositivos con cierre de fuerza se aplican principalmente en máquinas pequeñas y medianas.

Sin embargo, existe un sistema que elimina la necesidad de contar con una potencia de bombeo elevada.

En este caso, se disponen dos cilindros auxiliares al cilindro principal de cierre, los que realizan los movimientos de cierre y apertura que son de dimensiones menores, -- dejando actuar al pistón principal de gran superficie para generar la real fuerza de cierre.

CIERRE DE FORMA

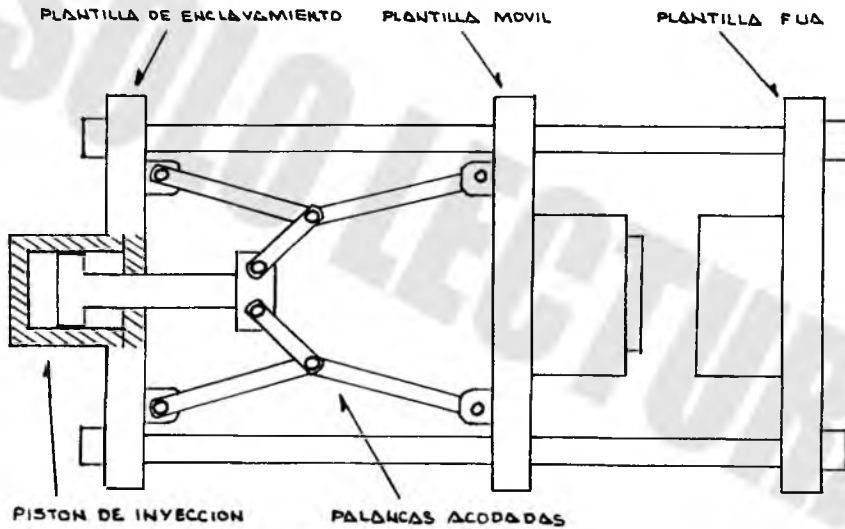
El sistema más usado para el cierre del molde es el - que cumple el mecanismo de palancas acodadas, logrando --- con este un cierre por tensión al hacer pasar a las palancas acodadas a su posición más estirada mediante un cilindro de cierre hidráulico.

Una vez cerrado el molde, la presión en el cilindro de cierre debe mantenerse para evitar que las palanca acodadas se retiren de su posición de tensión, a la posición de punto muerto. Las palancas acodadas se construyen de acero y - las máquinas pueden tener desde dos hasta cuatro de éstas; dependiendo de la capacidad.

El mecanismo de las articulaciones, se construye con - bujes de bronce fosforado aceplados a la fundición en donde trabajan los pernos de acero templado. La fuerza de cierre de este sistema depende de la posición de estirado que se - elija; cada máquina especifica la carrera máxima alcanzable con las palancas acodadas, quedando limitada esta carrera - por la extensión de las mismas.

La posición se puede variar de acuerdo con la altura -- del molde a trabajar, para lo cual se acerca o aleja la platina del pistón de cierre.

Es muy importante controlar la altura de los moldes - a fin de satisfacer el mecanismo de cierre que se ajusta -- longitudinalmente. En la figura siguiente se representa de una forma sencilla un mecanismo de cierre por palancas acodadas, accionado por un cilindro hidráulico que efectúa los movimientos de avance y retroceso.



CIERRE DE FORMA MEDIANTE PALANCA ACODADA

OPERACION DE LAS MAQUINAS DE INYECCION

Una máquina de inyección per cámara fría o caliente, -- puede admitir varias series de programas de trabajo, en la inyección de piezas diferentes; es decir, cada pieza requiere de un análisis, per medio de la observación y prueba, de las condiciones de cierre del molde, cierre de los cerazenes radiales y su apertura, al tiempo y momentos adecuados; así mismo el pistón de inyección debe funcionar durante el ciclo cuando el grupo de cierre mantenga al molde en su posición de cerrado y con la fuerza necesaria para evitar que el metal salga fuera de la cavidad.

La programación se realiza en cada caso siguiendo los - instructivos, al cambiar las secuencias de conexiones en el tablero eléctrico, o también per el cambio de cartuchos o tarjetas impresas de circuitos electrónicos.

Así mismo se debe conocer la secuencia de cierre y desmoldeo en el molde, para evitar el deterioro de algún corazón o peg tizo.

MANDO MANUAL Y SEMIAUTOMATICO

Una secuencia lógica del programa en una máquina de inyección per cámara fría horizontal, es la siguiente:

- 1e.) Limpiar el molde de partículas de metal y residuos -- desmoldante con aire a presión; rociar el desmoldante, colear cera o grasa grafitada en caso de ser requerido

2e).- Accionar el botón para el cierre del molde, en caso de que se tengan cerzones radiales accionar éstos, - para que se mantengan en la posición de trabajo.

3e.º Introdúcir el metal fundido a la cámara de presión, ya sea por medio una cuchara del volumen necesario, manualmente. Las máquinas más modernas cuentan ya con mecanismos automatizados para la alimentación del metal en la cantidad adecuada. (brazo mecánico con funcionamiento hidráulico)

4e).- Soltar el disparo; se sucede el llenado de la cavidad del molde.

5e).- Pausa de solidificación de la pieza inyectada, puede ser disminuido el tiempo empleando la refrigeración del molde con agua. Esta pausa se elige en el cronómetro del tablero de tal forma que la platina abre automáticamente.

6e).- Extraer la pieza, mediante el accionamiento del cilindro de expulsión; esta operación se realiza preferentemente con mando manual para controlar el desmoldeo de la pieza y evitar su rompimiento o amarre. La pieza se retira y se estiba adecuadamente en el contenedor.

Otras operaciones se ajustan al diseño del molde en la secuencia adecuada, como puede ser la colocación de un inserto de otro metal para obtener una fundición compuesta.

En el tablero de comando de la máquina se encuentran los pulsadores e perillas que mandan las señales electricas a las eléctrovalvulas para su apertura e cierre, de tal forma que se transmita la fuerza hidráulica e neumática a los cilindros de presión de cada grupo de la máquina.

La diferencia entre un mando semi-automatico y un mando totalmente automatico es clara; en el segundo caso la intervención del operador se reduce al mínimo (solo la preparación, ajuste y vigilancia de la máquina y del molde), ya que los sistemas trabajan en un ciclo constante, hasta la extracción de la pieza.

MAQUINAS DE CAMARA CALIENTE

Estas máquinas de inyección pueden ser usadas para -- colar aleaciones de relativo bajo punto de fusión, excluyendo a las de aluminio y cobre, debido a que estas tienen una mayor solubilidad del hierro a la temperatura de mantenimiento del metal fundido.

Lo anterior es debido a que la cámara de presión y el pistón de inyección se encuentran dentro del seno del metal fundido a la temperatura de mantenimiento, y se construyen de fundición nodular y de acero respectivamente.

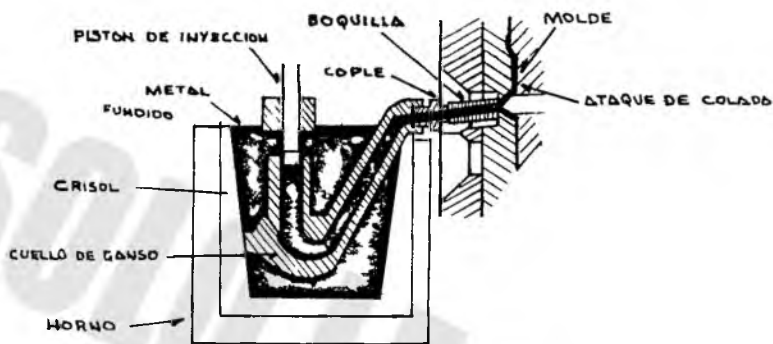
Este sistema de inyección se emplea entonces con más frecuencia para fundir aleaciones de Zinc, Plomo, Estaño Antimonio y Magnesio.

El grupo del inyector presenta en forma general la siguiente construcción :
Un acumulador de presión y un multiplicador transfieren la fuerza necesaria para mover el pistón de inyección dentro de la cámara de presión (casquillo) que se encuentra ensamblada en el depósito de presión. La cámara de presión presenta uno o varios orificios para su llenado nuevamente después de cada inyección.

Esta cámara, a su vez, comunica el fluido metálico hasta una boquilla de inyección por medio de un conducto que viene integrado (forma una sola pieza con el depósito de presión) , el cual se conoce como "cuello de ganso" (Goesneck).

La fabricación del "Goesneck" se realiza en una planta fundidora de hierros, y requiere de un diseño especial para su colocación y funcionamiento, de acuerdo a la máquina. El pistón de inyección, la cámara de presión (casquillo), goesneck, y el adaptador o boquilla de inyección, son piezas más importantes para obtener una buena calidad de piezas inyectadas por este proceso de cámara caliente; la vida útil de uno de estos componentes puede variar de 2 a 6 meses lo cual depende del uso y calidad de los materiales.

En la figura siguiente se representa en forma general la construcción del grupo de inyección per cámara caliente de una máquina con mecanismo de cierre de palancas accedadas :



INYECCION EN CAMARA CALIENTE

En esta figura se aprecia los orificios de llenado en la parte superior de la cámara de presión, que quedan abiertos cuando el pistón sube al punto muerto superior; el metal fundido que sobrepasa este nivel llena nuevamente la cámara de presión y el conducto.

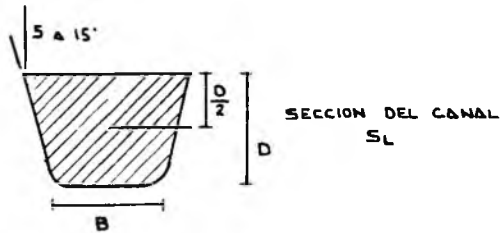
Para un buen funcionamiento y sin pares de máquina por escurrimiento de metal fuera de la boquilla de inyección, es necesario que el pistón en su retroceso conserve los orificios de llenado parcialmente tapados cuando el molde se abre.

B = ancho del canal, es un 70 % mayor que su espesor.

D = en estas condiciones se calcula como sigue :

$$D = 0.77 S_L$$

Dimensiones de la Sección del canal de alimentación.



$$S_L = (1,2 \text{ a } 1,5) S_a = B \times D$$

S_a = Sección del ataque de colada

$$B = 1,7 D$$

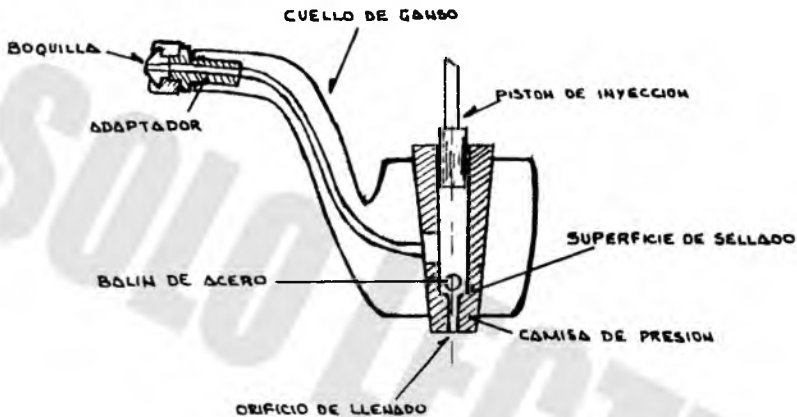
$$D = 0.77 S_L$$

CORAZONES FIJO Y POSTIZOS

Una pieza de detalle complicado puede requerir de taladros, rebajes, aberturas, nervios o aletas que estén en posición paralela a la dirección de cierre y apertura del molde, para lo cual se disponen de piezas que se llaman cerazones, ya sean fijos (forman una sola pieza con la cavidad) o postizos (pueden removerse de la cavidad para su reposición) que dan la forma requerida por el diseño.

El escurrimiento se debe a que se forma un vacío en el cuello de ganso cuando el pistón retrocede con el molde cerrado.

Una variante moderna del tipo de cámara y depósito de presión es el siguiente :



Esta construcción se distingue de la anterior por la forma del llenado de la cámara de presión, que también recibe el nombre de "casquillo", por su forma cónica en la parte exterior. Aquí el llenado se realiza por la parte inferior del casquillo, en donde se encuentra un orificio. Este orificio es obstruido en su parte interior por una bola de acero esférica que asienta en una superficie regular; cuando el pistón realiza la maniobra de descenso (compresión) en la inyección, lo cual conduce al metal por el cuello de ganso -

hasta la bequilla conectada por medio de un adaptador. En el llenado no hay problema de escurrimiento de metal fuera de la bequilla ya que no se produce vacío alguno en el cuello de ganso.

Este tipo de sistema de cámara caliente se emplea regularmente en máquinas de inyección pequeñas y medianas, desde capacidad es de 7.5 Ton, hasta 180 Ton, de fuerza de cierre.

Hasta ahora las máquinas vistas (de cámara fría y caliente) son de funcionamiento hidráulico.

MAQUINAS DE CAMARA CALIENTE DE FUNCIONAMIENTO NEUMATICO.

Un tipo de máquinas modernas que permiten la inyección de metales de bajo punto de fusión por el proceso de cámara caliente y con funcionamiento neumático (por medio de aire comprimido) es la que se muestra en la siguiente figura.

Esta máquina se presenta como variante de las máquinas de 4 columnas de guía que contienen platina fija y platina deslizante (móvil). Como se aprecia en la figura; En este caso se solo se tiene una platina (plate) que sirve de superficie de apoyo para la cruceta, en donde se deslizan los perfiles formando una cruz.

El porta-dado, como su nombre lo indica, soporta a cada uno de los semimoldes de un dado, que pueden ser de 2 a 4 -- semimoldes dependiendo del diseño de la pieza a inyectar.

El porta-dado es impulsado hacia adelante y atrás por medio de un brazo de extensión articulado, el cual se mueve a su vez por un pistón que trabaja en un cilindro neumático

El ajuste del porta-dado en la cruceta debe ser deslizante con un juego máximo de 0.05 mm y perfectamente paralelo. También la cruceta requiere de dos tapas para evitar que el porta-dado, se levante por la presión de inyección.

En la siguiente página, se ilustra la construcción de este sistema de enclavamiento de los dados para la inyección

La máquina neumática mostrada, se puede emplear básicamente para piezas pequeñas, que van desde 1 gr, de peso por cavidad hasta unos 60 - 80 gr.

Se pueden disponer en un sólo molde hasta 24 cavidades dependiendo desde luego del tamaño de la pieza. Esta fundición se caracteriza por realizarse a baja presión de inyección, la cual varía de unas 30 a 60 lb/pulg.²

La inyección se realiza por medio de un pistón que trabaja en un cilindro neumático; el pistón sumergido en el metal junto con el casquillo ejerce la presión necesaria para llenar la cavidad del molde a través de un canal de distribución que se reparte por mitad en los semimoldes izquierdo y

derecho. El molde se comunica con la bequilla de inyección de inyección por un movimiento oscilante del cuello de ganso hacia atrás y adelante; este movimiento posiciona la bequilla (también conocida como nariz) exactamente en el orificio formado por las semimoldes izquierda y derecha.

El funcionamiento neumático en este sistema permite - una mayor velocidad de operación y totalmente automatizado.

Las electroválvulas actúan en el momento preciso de acuerdo al programa elegido en la máquina, de tal manera - que se pueden establecer diferentes secuencias de cierre y apertura de acuerdo con las necesidades e diseño de la pieza, así como del número de semimoldes dispuestos, que como se dijo, pueden ser dos, tres o cuatro.

CAPITULO IV

EL MOLDE

El molde para la Celada a Presión, es un molde permanente metálico, que es sometida a fuertes cargas mecánicas y térmicas, ésta construída con materiales resistentes al calor, generalmente se construyen de acere e aleaciones -- especiales.

DISEÑO Y FABRICACION

Para el diseño de un molde, se deben tomar en cuenta -- los aspectos de la forma y dimensiones generales de la pieza en primera instancia para determinar precisamente la línea de partición.

De ser posible y en el mejor de los casos, se debe contar con una muestra física e molde de la pieza en cuestión así mismo, se toman datos generales sobre su propósito e -- funcionamiento, ya que se podrán predecir ciertas condiciones de operación y diseño.

En la planta productiva, una área importante es la de -- Ingeniería de diseño de los moldes; se debe contar con experiencia para determinar las dimensiones y detalles para su -- construcción, así como para elegir los tipos de acere adecuados para cada componente.

Para la fabricación del molde se emplean máquinas - herramientas; un taller completo que fabrica y repara -- moldes cuenta generalmente con el siguiente equipo : pan tógrafo, electroerosionadora, fresadora universal, terno rectificadora de mesa, rectificadora de cilindricos, sie rra dual, planta de soldadura eléctrica y de argón, equi pe de soldadura autogena y horno de temple y revenido, - básicamente.

El uso del pantógrafo y la electroerosionadora, es - esencial para la fabricación de los electrodos en grafi to e cobre a ser usados en el proceso de erosión, ya sea para la fabricación e reparación de una cavidad de deta- lles complicados.

Es por medio de este proceso de erosión con corrien te eléctrica, por el cual se fabrican en la actualidad la totalidad de las cavidades para moldes de inyección.

Debe determinarse de antemano el tipo de máquina -- donde se montará el molde que va a ser construido, con - el fin de elegir el diámetro de la cámara de presión más conveniente considerando la fuerza de cierre disponible y peder calcular las secciones de ataque y el canal de cola da de acuerdo con las velocidades del pistón de inyección.

También debe examinarse la necesidad de refrigerar - el molde, mediante un cálculo aproximado de Análisis Térmí co, la situación y disposición de los canales de refrigera ción en la placa del molde, e fin de conseguir una elevada

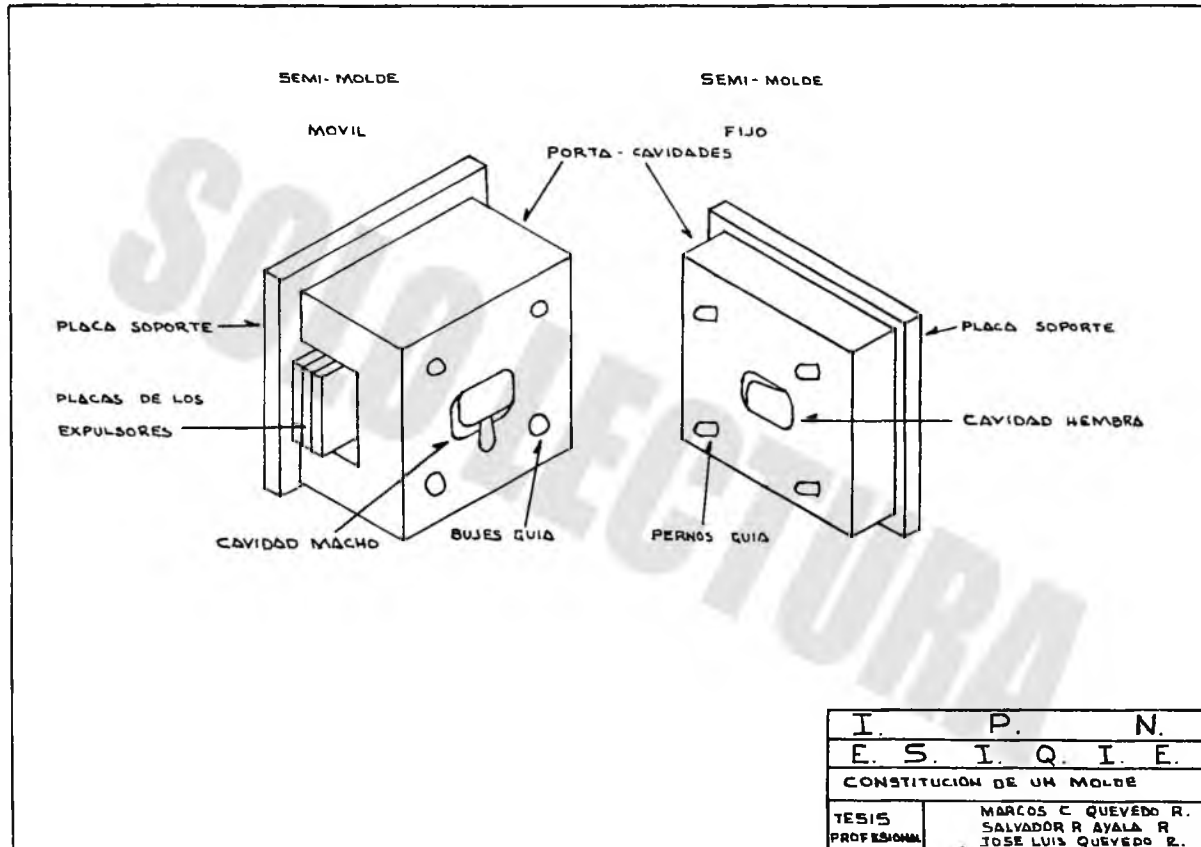
frecuencia de inyección de acuerdo con las condiciones de la pieza inyectada. Las dimensiones constructivas de las piezas, la cavidad del molde, los postizes y los cerazones deben tener en cuenta la contracción adicional del material que se va a inyectar.

PARTES CONSTRUCTIVAS

Un molde para trabajar en una máquina de cuatro columnas de guía, con platinas fija y deslizante, además de la platina de enclavamiento e cierre, consta básicamente de las siguientes partes, según se ilustra en la figura de la página siguiente.

Como se aprecia, el molde consta de : acero donde se compone la figura de la pieza a colar, se aceplan a los portamoldes , que mantienen la alineación y paralelismo. Cada portamoldes con la cavidad correspondiente forma los semi-moldes lado bebedero (fije) y lado expulsor (móvil).

En el momento de colar ambos semi-moldes están cerrados por la acción de la fuerza de la máquina; la superficie de contacto de ambos semi-moldes se conoce como línea de partición.



También el molde consta de cuatro pernos de guía - para el cierre, acoplados generalmente en el semi-molde fije lado bebedero que centran al otro semi-molde por medio de bujes de guía, localizados ambos con exactitud

Estos pernos de guía y bujes centradores permiten - una alineación perfecta de los semi-moldes. Semi-molde móvil se acoplan lo que se conocen como paralelas, que - permiten el movimiento de la placa y contra-placa, de los expulsores de la pieza; todo lo cual descansa sobre la - placa de fijación fuertemente, sujeta a la platina móvil de la máquina.

Por lo anterior, se debe tener siempre en cuenta en el diseño del molde, que la pieza se retenga en el semi-molde móvil para realizar su expulsión por medio del accionamiento del cilindro hidráulico de expulsión.

Los pernos expulsores son de construcción especial - por la calidad del acero y exactitud dimensional; estos - atraviezan practicamente la cavidad del semimolde móvil - hasta la superficie de la pieza y distribuidos de acuerdo a el área proyectada de la pieza de tal forma que las -- fuerzas de expulsión se ajusten uniformemente y permitan un desmoldeo parejo, sin tener la pieza.

SISTEMA: BEBEDERO - CANAL - ATAQUE DE COLADA.

En el interior del molde y através de los canales de -
Circulación se realiza la conducción del metal fundido a la
cavidad del molde, los canales deben ser dimensionados y --
trazados en forma adecuada. En éste caso el sistema de ali-
mentación se clasifica como sigue :

- 1.- Bebedero
- 2.- Canal de colada (o alimentación)
- 3.- Ataque de colada

El bebedero es la conexión del grupo de inyección con
el canal de alimentación (que está unido al cono bebedero,
el cual está refrigerado).

El canal de colada conduce el metal fundido.

El ataque de colada es la sección que introduce el metal fun-
dido a la cavidad del molde.

El canal de colada se elabora en uno de los semimoldes
generalmente en el semimolde móvil. Las paredes laterales del
canal deben disponer de una salida que varia de 5 a 15°.

La sección S_L del canal debe ser de 20 a 50 por ciento
mayor que la Sección S_a del ataque que se alimenta.

$$S_L = (1,20 \text{ hasta } 1,50) S_a$$

Estos corazones deben tener un "ángulo de salida", es - decir, para facilitar la salida de la pieza se requiere de concavidad en la dirección del despegue de más a menos; este ángulo varía de 0.5° a 1° , dependiendo de la longitud del corazón o pestizo, o de la profundidad de la cavidad.

Nunca se deben formar ángulos o salientes que interfieran con el despegue de la pieza de la cavidad, o del corazón.

También se pueden requerir corazones que actúen en forma radial (tangencial) para formar alguna guía o barreno en la pieza, en este caso se dispone en la máquina uno o varios cilindros hidráulicos sujetos del costado del molde o de la platina, correspondiente que ejercen su movimiento en sentido perpendicular al eje del molde.

Estos corazones deben retirarse antes de intentar el -- despegue de la pieza de la cavidad, de lo contrario se llega a fracturar. Esta secuencia de cierre y apertura del molde con corazones radiales, se cuenta en el programa de la máquina y debe definirse claramente.

INYECCION COMPUESTA

Algunas piezas requieren de algún componente en otro metal al que se está colando para darles ciertas características de resistencia o apoyo. Estas piezas se conocen con el nombre de insertos, y se construyen en base a las dimensiones donde van a permanecer durante la inyección y después

Algunos insertos son tales como camisas de acero, tam-
bos de fundición, pernos, birlos, refuerzos de lámina, etc.

Para colocarlos se requiere tener el molde abierto y en -
la mayoría de los casos se deben precalentar a alcanzar la tem-
peratura media del molde. También la presión de ajuste del in-
serto en la cavidad, debe ser tal, que facilite su colocación
y evite su desplazamiento durante el llenado del molde.

En algunas ocasiones quedan enclavados al cierre del mol-
de , lo que requiere de un control de las dimensiones críticas
a fin de evitar algun deterioro de las cavidades .

SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

Debido al trabajo continuo de la fundición a presión, el
molde se calienta gradualmente, de tal forma que se hace nece-
sario evacuar una cierta cantidad de calor entre cada inyec-
ción . Este se logra por medio de agua que circula en los ca-
nales de refrigeración dispuestos en la parte posterior y a --
los lados de cada cavidad en los semi-moldes fije y móvil,.

El calor a evacuar está en función de diversas variables
como el peso de la pieza, la cantidad de inyecciones por hora,
la conductividad térmica del acero del molde, espesor de los
punta-cavidades, etc. para lo cual existe un procedimiento de
cálculo.

En la práctica de la construcción de moldes, los canales de enfriamiento varían de diámetro desde unos 6 mm hasta 10 mm, y se disponen a una distancia de 10 a 20 mm de la cavidad en cada semi-molde. La presión del agua de enfriamiento es suministrada por una bomba.

El pistón de inyección también requiere de enfriamiento por agua circulante; en su interior se comunican a su vez uno o dos canales de circulación. La temperatura adecuada del molde y del pistón-cámara de inyección, depende del metal a colar; así, para el aluminio esta puede permanecer en un rango de 250 a 300°C.

LUBRICACION DEL MOLDE

Antes de cada inyección, las cavidades y corazones del molde deben rociarse por aspersión con un "separador" que permita un desmoldeo fácil. Esta solución es una mezcla de un hidrocarburo (gas nafta generalmente) con una grasa ligera, que se aplica por medio de una pistola de aspersión puede ser manual comprimido.

La aplicación puede ser manual o por medio de dispositivos de rociado automático.

El principio de operación de estos aditamentos es el del tubo venturi, que proporciona una dosificación adecuada del separador (desmoldante).

En algunos casos se emplea una mezcla de grasa grafitada y cera de abeja, fundida para facilitar su aplicación — per medio de una borla de tela porosa.

SOLO LECTURA

CAPITULO V.

CONTROL DE CALIDAD DE LAS PIEZAS INYECTADAS.

Se entiende por Control de Calidad, como la aplicación de un conjunto de métodos y técnicas, para fijar límites -- adecuados y mantener dentro de ellos la variabilidad de las características de un proceso ó producto industrial.

Un proceso de manufactura está controlado, cuando las - variaciones en los valores de control a partir de una central se conservan lo más pequeñas posibles y siempre dentro de ciertos límites establecidos.

En otras palabras, la calidad de un elemento con relación a una de sus características es satisfactoria, cuando dicha característica cumple con las especificaciones que se imponen.

El concepto de calidad se extiende desde la materia prima, en el producto semi-elaborado y al producto terminado.

Dentro de un proceso de manufactura de piezas inyectadas a presión, existen 5 áreas a evaluar cuando existe realmente un buen programa de Control de Calidad, éstas son :

- a) Control de Calidad de los materiales entrando al proceso (materia prima)
- b) La confiabilidad de los sistemas de medición utilizados - en y durante el proceso.
- c) La habilidad y los métodos para controlar el proceso sobre un período largo de tiempo.
- d) Auditorías al proceso para asegurar que las técnicas de control estén funcionando correctamente.
- e) Medios para asegurar un mejoramiento contínuo de los programas de calidad.

Dentro de un programa de calidad el uso de un método de control estadístico como gráficas de control, para analizar un proceso ó sus resultados, el beneficio en varios aspectos, tales como :

- Permite producir más piezas fundidas libres de problemas.
- Disminuye los costes, por desperdicio, retrabajos e inspección.
- Optimiza los costos de operación al disminuir los ajustes cambios de herramientas, etc.
- Identifica y ayuda a eliminar las causas que provoca condiciones fuera de control del proceso.
- Permite establecer un nivel predecible y constante de calidad.

MATERIA PRIMA Y SU PREPARACION.

La materia prima principal en el proceso de manufactura de piezas inyectadas a presión son las diversas aleaciones utilizadas. El control de las características metalúrgicas de dichas aleaciones, se lleva a cabo mediante ensayos y pruebas, entre las que destacan las siguientes :

- Inspección visual.- Pese, volúmen, humedad.
- Analisis químicos.- Principalmente a base de espectrómetro de masas.
- Pruebas metalúrgicas, como la obtención de probetas para determinar su límite elástico, pruebas de doblado, límite de fatiga, elongación, etc.
- Dentro de las pruebas más importantes están aquellas que se realizan con el mismo equipo de proceso, para determinar valores importantes como : punto de fusión de la aleación, temperatura a la que la aleación presenta una fluidez adecuada, tiempos, etc.

CONTROL EN EL PROCESO.

Una vez determinada la calidad de las aleaciones el paso siguiente es el control del proceso dentro de las especificaciones ó valores de calidad previamente establecidas.

El control de calidad que rutinariamente se efectúa sobre la producción através de la inspección visual. Verificación dimensional, las pruebas metalúrgicas, etc.

Sería insuficiente para cumplir con su objetivo si no se contara además con otros recursos que permiten complementar y perfeccionar dicho control. Estos recursos que permiten la detección de diferentes tipos de defectos cuando estos se presentan de tal manera en tales lugares de las piezas que es imposible localizarlos por otros medios, se pueden agrupar en dos grandes categorías, que son :

- Pruebas destructivas.- Son aquellas que para efectuarse se requieren la destrucción de la pieza. Como pruebas destructivas más comunes en las piezas fundidas, podemos nombrar las siguientes :
- Seccionado (A sierra, disco de esmeril, etc) para la obtención de probetas para observación al microscopio, macreatas para detección de porosidad, fisuras, grietas, etc.
- Ruptura por impacto. Para determinar (la resistencia al - impacto) de las piezas.
- Desbaste por máquinas, herramientas, para evaluar la porosidad en zonas críticas y para obtener probetas para determinar las propiedades mecánicas de la pieza fundida.
- Estas pruebas tienen la ventaja de que permiten descubrir los defectos directamente, con el inconveniente de su costo, por lo que es recomendable reducir al mínimo su uso.

PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.-

Son aquellas pruebas que al efectuarse para localizar la presencia de defectos, no requieren la destrucción del material probado . Algunas de estas pruebas son las siguientes.

- Inspección visual. Realizada para separar aquellas piezas con defectos visibles a simple vista, como: grietas, poros, piezas incompletas, deformaciones, etc.
- Inspección por líquidos superficiales como fracturas, porosidades, inclusiones, etc.
- Inspección ultrasónica. Detecta defectos internos mediante señales ultrasónicas.
- Inspección por rayos X.

El mejor uso que se podrá hacer de las pruebas no-destructivas, en su uso racional que permita usar el método más conveniente en cada caso e bien una adecuada combinación de ellos con el fin de que se complementen entre sí.

CONTROL DEL PROCESO. "DEFECTOS MAS COMUNES EN LAS PIEZAS INYECTADAS "

Una pieza inyectada satisface unas condiciones de calidad más elevadas que una pieza obtenida por arena u otro método, por lo que la fabricación correcta de piezas inyectadas exige un cuidadoso control de las condiciones del proceso de fabricación, evitando las causas más comunes que provocan defectos en las piezas y realizando las acciones correctivas y precauciones que es preciso adaptar para evitar esos defectos.

La siguiente tabla comparativa permite identificar los defectos más comunes que se presentan en las piezas inyectadas, sus causas y correcciones recomendables.

DEFECTOS:

- Colada fria.- Es decir, la pieza sale incompleta en algunos extremos alejados del ataque de colada.

Se debe a : temperatura de metal baja;
presión de inyección insuficiente;
velocidad del pistón de inyección lenta;
molde frío (al inicio del trabajo).

- Colada fria con exfolaciones.- Partes de la pieza solidificada en capas que se separan en forma de laminillas.

Se provocan por la formación de puntas de presión durante el llenado de la cavidad. Se requiere de corregir el sistema canal-ataque de colada.

- Inclusión de óxidos.- Arrastre de impurezas y escoria del baño metálico.

- Pieza manchada por grasa en la superficie- Exceso de grasa o desmoldante, no esparcido correctamente en la superficie.

- Rebaba en la línea de partición.- Debido a mal posicionamiento de los semi-moldes en las platinas o deformación de las cavidades. También puede ser debido a falta de presión de cierre en el grupo de cierre de la máquina y en algunas ocasiones a una elevada temperatura del metal de inyección.

- Rebaba en el contorno de barrenos .- Por demasiada holgura de los pernos o corazones en los registros.

DEFECTOS :

- Rebaba en barrenos.- Por demasiada holgura de los pernos o corazones.
- Barrenos tapados.- Se debe a que los pernos se encuentran cortos de su longitud adecuada, y no llegan a tope con la cavidad.
- Rechupes.- Formados en secciones de pared gruesa o interior de barrenos. Se debe a temperatura alta de inyección el metal se contrae en mayor proporción a lo establecido.
- Porosidad interna.- Formadas en secciones de pared gruesa. Causado por la formación de turbulencias y el atrapamiento de gases. Requiere de controlar la velocidad de llenado de la cavidad, así como de adecuar las salidas de gases en esa zona de ser posibles.
- Porosidad en contornos.- Falta de canales adecuados para la salida de gases. Excesiva cantidad de grasa o desmoldan que genera la formación de gases.
- Porosidad en general.- Causada por la formación de "olas de choque" en la cámara de presión y bebedero, por la velocidad elevada en la la.fase de la carrera del pistón de inyección.

DEFECTOS :

- Arrastre de material.- Debido a la formación de "negativos" en los corazones por el choque de éstos con la cavidad al requerirse barrenos abiertos. También debido a incrustaciones del mismo metal inyectado, que se adhieren en zonas intrincadas.

- Piezas fracturada.- Al momento de la extracción de los pernos botadores no es homogénea, pudiéndose presentar desde torceduras hasta la fractura.

También se debe a "amarres" de la pieza en la cavidad - (se pega). Otras causas probables son la falta de refinamiento del grano de la aleación y la contracción excesiva de la pieza aún en el semimolde lado explusor.

CAPITULO VI.

CONCLUSIONES.

Para el trabajo de la fundición a presión de metales se deben poseer conocimientos acerca de las características y propiedades metalúrgicas de las aleaciones a colar, para determinar el proceso de colada adecuado; puede ser por "cámara fría" o por "cámara caliente".

Estos dos procesos se aplican de acuerdo a la demanda de producción requerida, tamaño y peso de la pieza en cuestión, aleación especificada, así como a las propiedades físicas y mecánicas del producto para el trabajo.

Un análisis previo de estos factores y otros que se mencionaron, permite realizar una buena elección del proceso de inyección; también es importante para la construcción del molde, ya que éste debe reunir condiciones de facilidad y seguridad en el trabajo, exactitud dimensional, número de cavidades necesarias para satisfacer la demanda de producción, versatilidad para la reposición de corazones y postizos, etc. de tal manera que se logren los objetivos con el mínimo de paros o problemas.

El análisis del diseño de una pieza a producir, permitirá la fabricación del molde correctamente, ya que los trabajos de maquinado, electroerosionado, etc. son relativamente

muy costosos, aparte del coste del acero también elevado. En la actualidad un molde con todos sus componentes para producir dos piezas de uno 800 gr. cada una en aluminio al silicio, tiene un costo de fabricación de alrededor de 2.5 millones de pesos.

Por lo tanto se deben preveer condiciones como : sistema de colada así como su dimensionado correcto, ángulos de desmoldeo de la pieza inyectada, línea de partición, colocación de corazones fijos y postizos según sea el caso, diseño de los reboaderos y canales para la salida de gases, refrigeración adecuada, contracción lineal de la aleación para compensar en el dimensionado de la cavidad, localización de los pernos botadores, principalmente.

El éxito para la fabricación de moldes que trabajen correctamente y tengan la vida mínima necesaria, depende en gran medida de la calidad de los aceros empleados y del tratamiento térmico proporcionado.

El control de las variables en el proceso, tanto de la máquina, como del molde y del metal a fundir es esencial para obtener una repetibilidad de las características de calidad necesarias.

Durante el trabajo es común que alguna variable de la máquina (presión de inyección, carrera del pistón, etc) no se satisfaga al proceso, por lo tanto se deben establecer por escrito para evitar variabilidad excesiva en las propiedades.

También el operador debe recibir instrucciones claras - acerca de las maniobras a realizar con cada molde; este factor humano es clave sobre todo en procesos manual y semi-automático.

Una fundición de máquinas de inyección requiere de una distribución de planta adecuada, para realizar las diferentes operaciones adecuadamente, a efecto de evitar mezclas de aleaciones y materiales, deterioro del producto inyectado, así como de reunir las condiciones de seguridad para el personal -- y los equipos.

Los equipo de medición, como manómetros, pirómetros, voltímetros, termómetros, conómetros, etc., deben verificarse periódicamente contra estándares reconocidos, ya que son la clave para determinar causas de variación en el proceso.

La observación constante durante un período de tiempo -- corto, de las piezas inyectadas, proporciona puntos de partida para corregir fallas en el producto.

La observación constante del producto inyectado.-- Durante un período de tiempo corto, permite realizar las -- acciones correctivas durante la marcha, hasta lograr la uniformidad deseada.

Esta observación se realiza por los diversos métodos de pruebas establecidas para cada caso, enfocado a alguna característica especial.

La porosidad, rechupes y figuras, son las principales causas de rechazo de productos inyectados y sus causas de rechazo de producto inyectados y sus causas deben ser atacadas inmediatamente al inicio de una producción-

Por lo tanto, la calidad del producto dependerá en gran medida de la inspección que se realiza oportunamente, establecidos los procedimientos de control y corrección.

Las instrucciones escritas en cada estación del proceso, facilitan la interpretación de las características de calidad necesarias, tales como el descolado, destapado de barrenos, rebabeado manual, impregnado, etc. y debe adecuarse a cada caso.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Manual del aluminio
Almexa . Fabricantes nacionales de aluminio
Edición especial.
- 2.- Fundición a presión
Ing. Ernst Braunhuber
Edit. Gustavo Gili,S.A.
- 3.- Fabricación de aleaciones de AL.
I.P.N. Div. Ing.Metalúrgica.
Tesis profesional 1978.
- 4.- Teoría y práctica del Control de Calidad.
Bertand L. Hausea
- 5.- Control Total de la Calidad
Ingeniería y administración
A.V.Feigenbaum
Editorial. Hispano Europea
- 6.- Legge di Alluminio
A.Fenoli & C.