

### 3. PROCESOS DE CAMBIO Y FORMA

#### 3.1 Fundición y colado

Proceso de producción de piezas metálicas a través del vertido de metal fundido sobre un molde hueco, por lo general hecho de arena. El principio de fundición es simple: se funde el metal, se vacía en un molde y se deja enfriar, existen todavía muchos factores y variables que se deben considerar para lograr una operación exitosa de fundición. La fundición es un antiguo arte que todavía se emplea en la actualidad, aunque ha sido sustituido en cierta medida por otros métodos como el fundido a presión (método para producir piezas fundidas de metal no ferroso, en el que el metal fundido se inyecta a presión en un molde o troquel de acero), la forja (proceso de deformación en el cual se comprime el material de trabajo entre dos dados usando impacto o presión para formar la parte), la extrusión (es un proceso de formado por compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal), el mecanizado y el laminado (es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos).

#### Procesos de Fundición



Colado de metal fundido

La realización de este proceso empieza lógicamente con el molde. La cavidad de este debe diseñarse de forma y tamaño ligeramente sobredimensionado, esto permitirá la contracción del metal durante la solidificación y enfriamiento. Cada metal sufre diferente porcentaje de contracción, por lo tanto si la presión dimensional es crítica la cavidad debe diseñarse para el metal particular que se va a fundir. Los moldes se hacen de varios materiales que incluyen arena, yeso, cerámica y metal. Los procesos de fundición se clasifican de acuerdo a los diferentes tipos de moldes.

Proceso:

Se calienta primero el metal a una temperatura lo suficientemente alta para transformarlo completamente al estado líquido, después se vierte directamente en la cavidad del molde. En un molde abierto el metal líquido se vacía simplemente hasta llenar la cavidad abierta. En un molde cerrado existe una vía de paso llamada sistema de vaciado que permite el flujo del metal fundido desde afuera del molde hasta la cavidad, este es el más importante en operaciones de fundición.

Cuando el material fundido en el molde empieza a enfriarse hasta la temperatura suficiente para el punto de congelación de un metal puro, empieza la solidificación que involucra un cambio de fase del metal. Se requiere tiempo para completar este cambio de fase porque es necesario disipar una considerable cantidad de calor. El metal adopta la forma de cavidad del molde y se establecen muchas de las propiedades y características de la fundición. Al enfriarse la fundición se remueve del molde; para ello pueden necesitarse procesamientos posteriores dependiendo del método de fundición y del metal que se usa. Entre ellos tenemos:

El desbaste del metal excedente de la fundición.

La limpieza de la superficie.

Tratamiento térmico para mejorar sus propiedades.

Pueden requerir maquinado para lograr tolerancias estrechas en ciertas partes de la pieza y para remover la superficie fundida y la microestructura metalúrgica asociada.

## **CLASIFICACIÓN DEL PROCESO DE FUNDICIÓN:**

Según el tipo de modelo:

### **Modelos removibles**

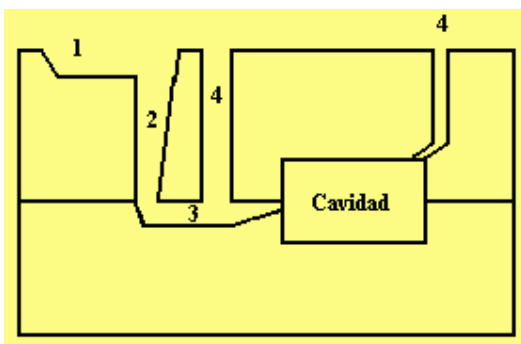
En la figura anterior se ilustra un procedimiento simple para moldear un disco de un metal fundido para hacer un engrane. El molde para este disco se hace una caja de moldeo que consta de dos partes. A la parte superior se le llama tapa, y a la parte inferior base. Las partes de la caja se mantiene en una posición definida, una con respecto a la otra por medio de unos pernos colocados en dos lados opuestos de la base que encajan en agujeros de unos ángulos sujetos a los lados de las tapas.

El primer paso en la hechura de un molde es el de colocar el modelo en el tablero de moldeo, que coincide con la caja de moldeo. Enseguida se coloca la tapa sobre el tablero con los pernos dirigidos hacia abajo. Luego se criba sobre el modelo para que lo vaya cubriendo; la arena deberá compactarse con los dedos en torno al modelo, terminando de llenar completamente la tapa. Para moldes pequeños, la arena se compacta firmemente con apisonadores manuales. El apisonado mecánico se usa para moldes muy grandes y para moldeo de gran producción. El grado de apisonado necesario solo se determina por la experiencia. Si el molde no ha sido lo suficientemente apisonado, no se mantendrá en su posición al moverlo o cuando el metal fundido choque con él. Por otra parte, si el apisonado es muy duro no permitirá que escape el vapor y el gas cuando penetre el metal fundido al molde. Después que se ha terminado de apisonar, se quita el exceso de arena arrasándola con una barra recta llamada rasera. Para asegurar el escape de gases cuando se vierta el metal, se hacen pequeños agujeros a través de la arena, que llegan hasta unos cuantos milímetros antes del modelo.

Se voltea la mitad inferior del molde, de tal manera que la tapa se puede colocar en su posición y se termina el moldeo. Antes de voltearlo se esparce un poco de arena sobre el molde y se coloca en la parte superior un tablero inferior de moldeo. Este tablero deberá moverse hacia atrás y hacia delante varias veces para asegurar un apoyo uniforme sobre el molde. Entonces la caja inferior se voltea y se retira la tabla de moldeo quedando expuesto el molde. La superficie de la arena es alisada con una cuchara de moldeador y se cubre con una capa fina seca de arena de separación. La arena de separación es una arena de sílice de granos finos y sin consistencia. Con ella se evita que se pegue la arena de la tapa sobre la arena de la base.

Enseguida se coloca la tapa sobre la base, los pernos mantienen la posición correcta en ambos lados. Para proporcionar un conducto por donde entra el metal al molde, se coloca un mango aguzado conocido como clavija de colada y es colocada aproximadamente a 25 mm de un lado del modelo, las operaciones de llenado, apisonado y agujerado para escape de gases, se llevan a cabo en la misma forma que la base.

Con esto, el molde ha quedado completo excepto que falta quitar el modelo y la clavija de colada. Primero se extrae esta, abocardándose el conducto por la parte superior, de manera que se tenga una gran apertura por donde verter el metal. La mitad de la caja correspondiente a la mitad superior es levantada a continuación y se coloca a un lado. Antes de que sea extraído el modelo, se humedece con un pincel la arena alrededor de los bordes del modelo, de modo que la orilla del molde se mantenga firme al extraerlo. Para aflojar el modelo, se encaja en el una alcayata y se golpea ligeramente en todas direcciones. Enseguida se puede extraer el modelo levantándolo de la alcayata.



1. Vasija de vaciado. Entrada del metal fundido al molde.
2. Bebedero. Conducto por el cual baja el metal fundido para la alimentación del metal al molde.
3. Corredor alimentador. Vasija inferior que permite la entrada del material a la cavidad. En algunos casos se coloca un rebosadero antes del corredor alimentador para que se atrape la escoria o partículas extrañas del metal fundido.
4. Rebosaderos. Son espacios que pueden ser ciegos o abiertos y que sirven para permitir que la escoria del material fundido flote y sea atrapada. También sirven para conocer si el material llenó en su totalidad la cavidad del molde.

Antes de cerrar el molde, debe cortarse un pequeño conducto conocido como alimentador, entre la caída del molde hecho por el modelo y la abertura de la colada. Este conducto se estrecha en el molde de tal forma que después que el metal ha sido vertido el mismo en el alimentador se puede romper muy cerca de la pieza.

Para prever la contracción del metal, algunas veces se hace un agujero en la tapa, el cual provee un suministro de metal caliente a medida que la pieza fundida se va enfriando, esta aventura es llamada rebosadero. La superficie del molde se debe rociar, juntar o espolvorear con un material preparado para recubrimiento, dichos recubrimientos contienen por lo general polvo de sílice y grafito. La capa de recubrimiento del molde mejora el acabado de la superficie de colado y reduce los posibles defectos en las superficies. Antes que el metal sea vaciado en el molde, deberá colocarse un peso sobre la tapa para evitar que el metal líquido salga fuera del molde en la línea de partición.

### **Modelos desechables**

En la fabricación de moldes con modelos desechables, el modelo, que es usualmente de una pieza, es colocado en el tablero y la base de la caja se moldea en la forma convencional. Se agregan unos agujeros para ventilación y la base se voltea completamente para el moldeo de la tapa. Casi siempre la arena en verde es el material común más usado, aunque pueden usarse arenas especiales para otros propósitos, como arena de cara que se utiliza de inmediato alrededor del modelo. La arena en la línea de partición no se aplica en la tapa de la caja y la base no puede ser separada hasta que la fundición es removida. En cambio, la tapa es llenada con arena y se apisona. En cualquiera de los casos la colada es cortada en el sistema de alimentación o ambas, como usualmente sucede, esta es una parte del modelo desechable. Se hacen los agujeros para ventilación y se coloca algo de peso para oprimir la tapa. Los modelos de poliestireno, incluyen la alimentación y el sistema de colado como se muestra en la figura. La colada es vaciada rápidamente en la pieza moldeada; el poliestireno se vaporiza; y el metal llena el resto de la cavidad. Después de enfriado la fundición es eliminada del molde y limpiada.

El metal es vaciado lo suficientemente rápido para prevenir la combustión del poliestireno, con el resultado de residuos carbonosos. En cambio, los gases, debido a la vaporización del material, son manejados hacia fuera a través de la arena permeable y los agujeros de ventilación. Un recubrimiento refractario se aplica comúnmente al modelo para asegurar un mejor acabado superficial para la fundición y le agrega resistencia al modelo. Es obligatorio a veces que los pesos para oprimir los moldes sean parejos en todos los lados para combatir la alta presión relativa en el interior del molde.

Las ventajas de este proceso incluyen los siguientes aspectos:

- Para una pieza no moldeada en máquina, el proceso requiere menos tiempo.

No requieren que hagan tolerancias especiales para ayudar a extraer el modelo de la arena y se requiere menor cantidad de metal.

El acabado es uniforme y razonablemente liso.

No se requiere de modelos complejos de madera con partes sueltas.

No se requiere caja de corazón y corazones.

El modelo se simplifica grandemente.

Las desventajas de este proceso incluyen los siguientes aspectos:

- El modelo es destruido en el proceso.

Los modelos son más delicados de manejar.

El proceso no puede ser usado con equipos de moldeo mecánico.

No puede ser revisado oportunamente el modelo de la cavidad.

## **TIPOS DE FUNDICIONES**

### **Fundición a la arena:**

Existen dos métodos diferentes por los cuales la fundición a la arena se puede producir. Se clasifica en función de tipo de modelo usado, ellos son: *modelo removible* y *modelo desechables*.

En el método empleando modelo removible, la arena comprimida alrededor del modelo el cual se extrae más tarde de la arena. La cavidad producida se alimenta con metal fundido para crear la fundición. Los modelos desechables son hechos de poliestireno y en vez de extraer el modelo de la arena, se vaporiza cuando el metal fundido es vaciado en el molde. Para entender el proceso de fundición, es necesario conocer como se hace un molde y que factores son importantes para producir una buena fundición.

Los principales factores son:

1. Procedimiento de moldeo

Modelo

Arena

Corazones

Equipo metálico

Metal

Vaciado y limpieza

*Procedimiento de moldeo:*

### **Los moldes se clasifican según los materiales usados.**

Moldes de arena en verde. Es el método más común que consiste en la formación del molde con arena húmeda, usada en ambos procedimientos. La llamada arena verde es simplemente arena que no se ha curado, es decir, que no se ha endurecido por horneado. El color natural de la arena va desde el blanco hasta el canela claro, pero con el uso se va ennegreciendo. La arena no tiene suficiente resistencia para conservar su forma, por ello se mezcla con un aglutinante para darle resistencia; luego se agrega un poco de agua para que se adhiera. Esta arena se puede volver a emplear solo añadiendo una cantidad determinada de aglutinante cuando se considere necesario. La siguiente figura muestra el procedimiento para la fabricación de este tipo de moldes

Moldes con capa seca. Dos métodos son generalmente usados en la preparación de moldes con capa seca. En uno la arena alrededor del modelo a una profundidad aproximada de 10 mm se mezcla con un compuesto de tal manera que se seca y se obtiene una superficie dura en el molde. El otro método es hacer el molde entero de arena verde y luego cubrir su superficie con un rociador de tal manera que se endurezca la arena cuando el calor es aplicado. Los rociadores usados para este propósito contienen aceite de linaza, agua de melaza, almidón gelatinizado y soluciones líquidas similares. En ambos

métodos el molde debe secarse de dos maneras: por aire o por una antorcha para endurecer la superficie y eliminar el exceso de humedad.

Moldes con arena seca. Estos moldes son hechos enteramente de arena común de moldeo mezclada con un material aditivo similar al que se emplea en el método anterior. Los moldes deben ser cocados totalmente antes de usarse, siendo las cajas de metal. Los moldes de arena seca mantienen esta forma cuando son vaciados y están libres de turbulencias de gas debidas a la humedad.

*Moldes de arcilla.* Los moldes de arcilla se usan para trabajos grandes. Primero se construye el molde con ladrillo o grandes partes de hierro. Luego, todas estas partes se emplastecen con una capa de mortero de arcilla, la forma del molde se empieza a obtener con una terraja o esqueleto del modelo. Luego se permite que el molde se seque completamente de tal manera que pueda resistir la presión completa del metal vaciado. Estos moldes requieren de mucho tiempo para hacerse y su uso no es muy extenso.

Moldes furánicos. el proceso es bueno para la fabricación de moldes usando modelos y corazones desechables. La arena seca de grano agudo se mezcla con ácido fosfórico el cual actúa como un acelerador. La resina furánica es agregada y se mezcla de forma continua el tiempo suficiente para distribuir la resina. El material de arena empieza a endurecerse casi de inmediato al aire, pero el tiempo demora lo suficiente para permitir el moldeo. El material usualmente se endurece de una a dos horas, tiempo suficiente para permitir alojar los corazones y que puedan ser removidos en el molde. En uso con modelos desechables la arena de resina furánica puede ser empleada como una pared o cáscara alrededor del modelo que estará soportado con arena de grano agudo o en verde o puede ser usada como el material completo del molde.

Moldes de CO<sub>2</sub>. En este proceso la arena limpia se mezcla con silicato de sodio y es apisonada alrededor del modelo. Cuando el gas de CO<sub>2</sub> es alimentado a presión en el molde, la arena mezclada se endurece. Piezas de fundición lisas y de forma intrincada se pueden obtener por este método, aunque el proceso fue desarrollado originalmente para la fabricación de corazones.

*Moldes de metal.* Los moldes de metal se usan principalmente en fundición en matriz de aleaciones de bajo punto de fusión. Las piezas de fundición se obtienen de formas exactas con una superficie fina, esto elimina mucho trabajo de maquinado.

*Moldes especiales.* Plástico, cemento, papel, yeso, madera y hule todos estos son materiales usados en moldes para aplicaciones particulares.

El molde debe poseer las siguientes características:

Debe ser lo suficientemente fuerte para sostener el peso del metal.

Debe resistir la acción de la erosión del metal que fluye con rapidez durante la colada.

Debe generar una cantidad mínima de gas cuando se llena con el metal fundido.

Los gases contaminan el metal y pueden alterar el molde. Debe construirse de modo que cualquier gas que se forme pueda pasar a través del cuerpo del molde mismo, más bien que penetrar el metal.

Debe ser suficientemente refractario para soportar la alta temperatura del metal y poderse desprender con limpieza del colado después del enfriamiento.

El corazón debe ceder lo suficiente para permitir la contracción del colado después de la solidificación.

#### **Maquinas para moldeo:**

Estas máquinas ofrecen velocidades más altas de producción y mejor calidad de los colados además de mano de obra ligera y costos más bajos.

**Máquinas de moldeo por sacudida y compresión:** consta básicamente de una mesa accionada por dos pistones en cilindros de aire, uno dentro del otro. El molde en la mesa se sacude por la acción del pistón inferior que eleva la mesa en forma repetida y la deja caer bruscamente en un colchón de rebote. Las sacudidas empaacan la arena en las partes inferiores de la caja de moldeo pero no en la parte superior. El cilindro más grande empuja hacia arriba la mesa para comprimir la arena en el molde contra el cabezal de compresión en la parte superior. La opresión comprime las capas superiores de la arena en el molde pero algunas veces no penetra en forma efectiva todas las áreas del modelo. Maquinas de sacudida y vuelco con retiro del modelo: en esta máquina una caja de modelo se coloca sobre un modelo en una mesa, se llena con arena y se sacude. El exceso de arena se enrasa y se engrapa un tablero inferior a la caja de moldeo. La máquina eleva el molde y lo desliza en una mesa o transportador. La caja se libera de la máquina, el modelo se vibra, se saca del molde y se regresa a la posición de carga.

Máquinas similares comprimen y también sacuden.

**Máquina lanzadora de arena:** esta máquina logra un empaque consistente y un efecto de apisonado lanzando arena con alta velocidad al modelo. La arena de una tolva se alimenta mediante una banda a un impulsor de alta velocidad en el cabezal. Una disposición común es suspender la lanzadora con contrapesos y moverla para dirigir la corriente de arena con ventaja dentro de un molde. La dureza del molde se puede controlar mediante el operador cambiando la velocidad del impulsor y moviendo la cabeza impulsora. Su principal utilidad es para apisonar grandes moldes y su única función es empaacar la arena en los moldes. Generalmente trabaja con el equipo de retiro del modelo.

*Los procesos de moldes en fundición comercialmente ordinaria pueden ser clasificados como:*

**Moldeo en banco:** Este tipo de moldeo es para trabajos pequeños, y se hace en un banco de una altura conveniente para el moldeador. En estos tipos de moldeo se producen grandes cantidades, también se utilizan placas correlativas que son modelos especiales metálicos de una sola pieza al igual que las cajas de tableros de soporte que permiten sacar con facilidad el modelo del molde de arena, el cual se puede volver a utilizar.

**Moldeo en piso:** Cuando las piezas de fundición aumentan de tamaño, resulta difícil su manejo, por consiguiente, el trabajo es hecho en el piso. Este tipo de moldeo se usa prácticamente todas las piezas medianas y de gran tamaño. Suelen ser muy costosos, tienen el mismo procedimiento que el moldeo en banco salvo las características ya mencionadas. Moldeo en fosa: Las piezas de fundición extremadamente grandes son moldeadas en una fosa en vez de moldear en cajas. La fosa actúa como la base de la caja, y se usa una capa separadora encima de él. Los lados de la fosa son una línea de

ladrillos y en el fondo hay una capa gruesa de carbón con tubos de ventilación conectados a nivel del piso. Entonces los moldes de fosa pueden resistir las presiones que se desarrollan por el calor de los gases, esta práctica ahorra mucho en moldes costosos.

**Molde en maquina:** Las maquinas han sido construidas para hacer un numero de operaciones que el moldeador hace ordinariamente a mano, tales como apisonar la arena, voltear el molde completo, formar la alimentación y sacar el modelo; todas estas operaciones pueden hacerse con la maquina mucho mejor y más eficiente que a mano.

#### **Sistema de alimentación del molde.**

Los conductos que llevan el metal vaciado a la cavidad de molde son llamados sistema de alimentación, generalmente están constituidos por una vasija de vaciado, comunicando a un canal de bajada o conducto vertical conocido como bebedero, y a un canal a través del cual el metal fluye desde la base del bebedero a la cavidad del molde. En piezas grandes, de fundición puede usarse un corredor el cual toma el metal desde la base del bebedero y lo distribuye en varios canales localizados alrededor de la cavidad. El propósito de este sistema es, primeramente colocar el metal dentro de la cavidad. Como quiere que sea el diseño del sistema de alimentación es importante e involucra un número de factores.

El metal debe entrar a la cavidad con el mínimo de turbulencia, y cerca del fondo de la cavidad en los casos de fundiciones pequeñas.

La erosión de los conductos o superficie de la cavidad deben ser evitadas con una regulación apropiada del flujo del metal o por el uso de arena seca de corazones.

El metal debe entrar en la cavidad así como proporcionar una solidificación direccional. La solidificación debe progresar desde la superficie del molde a la parte del metal mas caliente compensando así la contracción.

Se debe prever que no entre la escoria u otras partículas extrañas a la cavidad del molde. La vasija de vaciado, debe estar próxima a la parte superior al agujero del bebedero, facilitando el vaciado y eliminado la escoria. El metal debe ser vaciado de tal manera que la vasija de vaciado y el agujero del bebedero estén llenos todo el tiempo.

Los rebosaderos que se obtienen proporcionan en los moldes la alimentación del metal líquido a la cavidad principal de la pieza para compensar las contracciones. Estas pueden ser tan grandes en sección, así como el resto del metal liquido, tan grande como sea posible, y puede localizarse cerca de las secciones grandes que pueden estar sujetas a una gran contracción. Si estas se colocan en la parte superior de la sección, la gravedad puede ayudar a la alimentación del metal en la propia pieza fundida. Los rebosaderos ciegos son como rebosaderos con cúpula, se localizan en la mitad de la tapa de la caja, los cuales no tienen la altura completa de la tapa. Estos están por lo normal colocados directamente sobre el canal, donde el metal alimenta dentro de la cavidad del molde y entonces complementa el metal caliente cuando el vaciado esta completándose.

#### **Tipos de Arena:**



**Arena Sílica (Si O 2)** se encuentra en muchos depósitos naturales, y es adecuada para propósitos de moldeo por que puede resistir altas temperaturas sin descomponerse. Esta arena es de bajo costo, tiene gran duración y se consigue en una gran variedad de tamaño y formas de grano. Por otra parte, tiene una alta relación de expansión cuando esta sometida al calor y tiene cierta tendencia a fusionarse con el metal.

La arena sílica pura no es conveniente por si misma para el trabajo de moldeo puesto que adolece de propiedades aglomerantes. Las propiedades aglomerantes se pueden obtener por adición de 8 a 16% de arcilla. Los tres tipos de arcilla comúnmente usados son, la Caolinita, Illita y Bentonita. Esta ultima, usadas con mas frecuencia, proviene de cenizas volcánicas.

**Arenas naturales (semisintéticas):** estas se han formado por la erosión de las rocas ígneas; se mezclan adecuadamente con arcillas al extraerlos en las canteras y solo se requiere agregarles agua para obtener una arena conveniente para moldeos de piezas fundidas de hierro y metales no ferrosos. La gran cantidad de materia orgánica encontrada en las arenas naturales impiden que sean lo suficientemente refractarias para usos en temperaturas elevadas, tal y como en el modelo de metales y aleaciones con alto punto de fusión.

Las arenas de moldeo sintéticas se componen de Sílice lava de granos agudos, a lo que se añade 3 a 5% de arcilla. Con las arenas sintéticas se generan menos gas ya que se requiere menos del 5% de humedad para que desarrolle su resistencia adecuada.

A medida que aumente el tamaño de las piezas a fundir conviene elegir también arena con granos más gruesa, de mayor resistencia y refracción. La arena ideal, seria aquella que se adaptara perfectamente bien para moldes destinados a distintos trabajos.

Para la fundición de piezas cuya superficie deben presentar buen aspecto sin trabajos posteriores a la fundición, se hace necesario el empleo de moldes de arena fija.

Este tipo de arena es recomendable ya que gracias a su contenido es posible obtener mayor permeabilidad, lo que conlleva a una disminución de los defectos de la pieza.

A continuación se indican los distintos tipos de arena y la forma de empleo para construir moldes de fundición, según la naturaleza de cada metal.

Los moldes para el cobre se hace de arena verde mojada, muy poroso, para permitir el libre escape de los gases.

Los latones requieren arenas especiales, no muy grasosas pero de buena cohesión. Para que la superficie de las piezas fundidas resulte lisa y de buen aspecto, se aplicará arena de granos mas bien finos y con una cierta cantidad de arcilla, sin olvidar, por otro lado que esta ultima ha de estar limitada, para que no impida la salida de los gases.

Para los bronce se pueden aplicar moldes de arena verde o los llamados desecados. Los primeros se adaptan mejor para la fundición de piezas pequeñas, mientras que los segundos se usan para piezas de mayor tamaño.

Para el aluminio y sus aleaciones, se usa arena que no ha de ser ni muy grasosa ni demasiado fina, con un contenido de arcilla de 10 a 15% y de 7 a 8% de agua; a esta arena se le agrega un poco aceite de lino, melaza, polvo de carbono o resina para aumentar la cohesión.

Para las aleaciones de magnesio se aplica, por lo general, los mismos moldes que para la fundición del aluminio, pero con una diferencia solamente, que consiste en agregar a la arena de 3 a 10% de azufre y de 0.25 a 1% de ácido bórico. Esta 2 sustancia tienen por objeto, formar gases durante la fundición para impedir quemaduras en la superficie del metal o agujeros.

#### *Calidad de las arenas:*

Para determinar la calidad esencial de la arena de fundición se hace necesaria algunas pruebas periódicas. Las propiedades cambian por contaminación con materiales extraños, por la acción del lavado en el recocido, por el cambio gradual y la distribución de los tamaños de grano y por la continua exposición de esta a altas temperaturas. Las pruebas pueden ser tanto químicas como mecánicas, pero aparte de la determinación de los elementos indeseables en la arena, las pruebas químicas son de poco uso. Las mayorías de las pruebas mecánicas son simples y no requieren equipos elaborados. Varias de las pruebas están diseñadas para determinar las siguientes propiedades de la arena de moldeo:

**Permeabilidad.** La porosidad de la arena que permite el escape de los gases y vapores formados en el molde.

**Resistencia.** La arena debe ser cohesiva hasta el grado de que tenga suficiente ligazón, tanto el contenido de agua como el de arcilla, afecta la propiedad de la cohesión.

**Resistencia en seco:** es la resistencia necesaria en la arena para mantener la forma de la cavidad del molde cuando este seca.

**Resistencia en verde:** es la capacidad de la arena para formar grumos para retener la forma necesaria.

**Refractariedad:** La arena debe resistir las altas temperaturas sin fundirse.

**Resistencia en caliente:** Esta resistencia hace que la arena no se deteriore ni cambie sus dimensiones. Una vez que el metal se solidifica y seca las orillas del molde, la arena se calentará mucho; pero en ese momento se solidificó el metal y no es crítico el estado de la arena.

**Desprendimiento:** Es la facilidad de la arena para sacudirla o sacarla después que solidificó la pieza. Si la arena tiene mucho aglutinante se endurece mucho al secarlas y se hace difícil separarla de la pieza fundida.

**Tamaño y forma del grano.** La arena debe tener un tamaño de grano dependiente de la superficie que se trate de producir, y los granos deben ser irregulares hasta tal grado que mantenga suficiente cohesión. Equipo para el acondicionamiento de la arena.

Propiamente la arena bien acondicionada es un factor importante en la obtención de una buena pieza fundida **Tamaño y forma del grano.** La arena debe tener un tamaño de grano dependiente de la superficie que se trate de producir, y los granos deben ser irregulares hasta tal grado que mantenga suficiente cohesión.

. Las arenas nuevas así como las usadas preparadas adecuadamente, contienen los siguientes resultados: El aglutinante está distribuido más uniformemente en los granos de arena.

El contenido de humedad está controlado y además la superficie particular está humedecida.

Las partículas extrañas están eliminadas de la arena.

La arena se ventila de tal manera que no se compacta y esté en condiciones propias para el moldeo. Por razón de que acondicionar la arena a mano es difícil la mayoría de las fundiciones tienen equipos apropiados para esta operación.

Tiene dos rodillos en los cuales está montado una combinación de rastras y muelas trituradoras. Las dos muelas trituradoras están dispuestas de tal manera que la arena pueda ser procesada de forma continua. Las muelas trituradoras proporcionan una acción intensa de frotamiento y amasado. El resultado es una distribución a través de los granos de arena con el material aglutinado. La arena en verdad y la de corazones ambas pueden ser preparadas en esta manera.

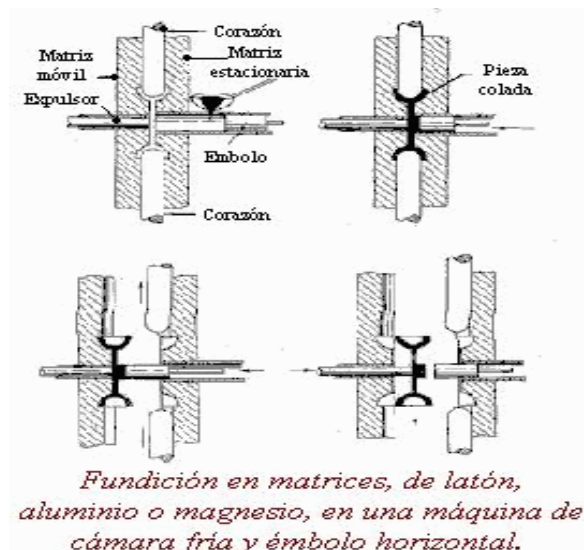
*Pruebas de la arena:* son pruebas que se realizan continuamente para verificar que cumpla con los requisitos necesarios para poder soportar el proceso, ya que es normal que después del uso prolongado de estas se deterioren sus propiedades aglutinantes.

El contenido de humedad se mide con un medidor de humedad el cual envía aire caliente a través de una muestra de arena a un volumen constante. El volumen de humedad se determina por el tiempo necesario para secar la muestra.

Las resistencias se miden con una probadora universal: se toma una muestra de arena y se somete a pruebas de tracción, compresión, esfuerzo cortante y de carga. El número de veces que cae el peso muerto y apisona la arena, determina la resistencia del núcleo.

La permeabilidad se mide con un aparato especial que registra el tiempo necesario para hacer pasar una cantidad determinada de aire a través de una muestra de arena. La arena poco permeable dejará pasar menos aire que otra más porosa.

### Corazones.



Cuando una pieza de fundición debe tener una cavidad o hueco, tal y como un agujero para un tornillo, debe introducirse al molde alguna forma de corazón. Un corazón se define algunas veces como cualquier proyección de arena dentro del molde. Esta proyección puede quedar formada por el molde mismo o puede ser hecha en otra parte e introducido en el molde después de extraer el modelo. Se pueden formar superficies tanto internas como externas en una pieza de fundición mediante los corazones.

Los corazones se clasifican como corazones de arena verde y corazones de arena seca. La figura muestra varios tipos de corazones.

Los de arena verde como se muestra en la figura son aquellos formados por el mismo modelo y se hacen en la misma arena del molde.

Los corazones de arena seca son los que se forman separadamente para insertarse después que se ha retirado el modelo y antes de cerrar el molde. En general deben usarse los corazones de arena verde, siempre que sea posible para mantener el costo de los modelos y de las piezas de fundición en un mínimo. Naturalmente los corazones separados aumentan el costo de producción.

Un corazón debe ser:

**Permeable:** capacidad de la arena para permitir que escapen los vapores.

**Refractario:** capacidad de soportar altas temperaturas.

**Facilidad de colapso:** habilidad para disminuir el tamaño conforme se enfría el colado y se contrae.

**Resistencia en seco:** para que no se erosione y sea arrastrado o cambie de tamaño cuando esté rodeado del metal fundido.

**Friabilidad:** facilidad para desmoronarse y eliminarse con facilidad del colado.

Debe tener una tendencia mínima a generar gas.

### **Colada (vaciado)**

En talleres y fundiciones de producción pequeña, los moldes se alinean en el piso conforme se van haciendo y el metal es tomado entonces en pequeñas cucharas de vaciado. Cuando se requiere mas metal o si un metal mas pesado es vaciado, se han diseñado cucharas para ser usadas, por dos hombres. En fundiciones grandes, están comprometidas en la producción en masa de piezas fundidas, el problema de manejo de moldes y vaciado de metal se resuelve colocando los moldes sobre transportadores y haciéndolos pasar lentamente por una estación de vaciado. La estación de vaciado puede ser localizada permanentemente cerca del horno o el metal puede ser traído a ciertos puntos por equipo de manejo aéreo. Los transportadores sirven como un almacén de lugar para los moldes, los cuales son transportados a un cuarto de limpieza. El rechupe, debido a la falta de alimentación de la pieza. Las superficies internas de esta cavidad están cubiertas con cristales dendríticos y no están oxidadas.

### **Fundición por Inyección:**

La fundición en esta forma y tratándose de gran cantidad de piezas, exige naturalmente un número considerable de moldes. Es evidente que el costo de cada pieza aumenta con el precio del molde.

En las técnicas modernas para la fundición de pequeñas piezas, se aplican maquinas con moldes de metal, que duran mucho tiempo, pudiendo fundirse en ellos millares de piezas, el metal se inyecta en el molde a presión, por cuya razón este sistema se denomina por inyección. El peso de las piezas que se pueden fundir por inyección en moldes mecánicos, varía entre 0.5 gramos hasta 8 kilos. Por lo general se funden por inyección piezas de Zinc, Estaño, Aluminio, y Plomo con sus respectivas aleaciones. La parte más delicada de la maquina para fundir por inyección es el molde. Este molde tiene que ser hecho con mucho cuidado y exactitud, tomando en cuenta los coeficientes de contracción y las tolerancias para la construcción de las piezas, de acuerdo con el metal y la temperatura con la que se inyecta.

La cantidad de piezas que pueden fundir en un molde y con una sola maquina es muy grande, además, en una hora pueden fabricarse de 200 a 2000 piezas según su tamaño y forma, por lo tanto, repartiendo el costo del molde, de la maquina, así como también los gastos de mano de obra para la manutención del equipo y teniendo en cuenta la gran producción, a de verse que las piezas fundidas en serie por inyección resultan de bajo costos.

#### **Fundición en Coquillas:**

Si se hecha un metal fluido en un molde permanente, fabricado de hierro o acero, se efectúa la fundición en coquillas. Este método tiene una ventaja importante en comparación con la fundición en arena; se puede fundir con la pieza misma, roscas exteriores mayores, agujeros, etc. Las piezas coladas en coquillas tienen una superficie pareja y limpia por lo que, generalmente, no es necesario un trabajo posterior de acabado. La exactitud de la medida es mucho más grande que la fundición de arena; pero mucho menor que cuando se funde por inyección.

Se puede observar que la estructura de la pieza fundida en coquillas es densa de grano muy fino, por lo que las propiedades mecánicas en estas son mejores que las de piezas iguales coladas en molde de arena. Por esta razón es posible disminuir el peso de piezas fundidas en coquillas, con el consiguiente ahorro de material.

#### **3.1.1 Al alto vacío**

### **HORNO DE ALTO VACÍO**

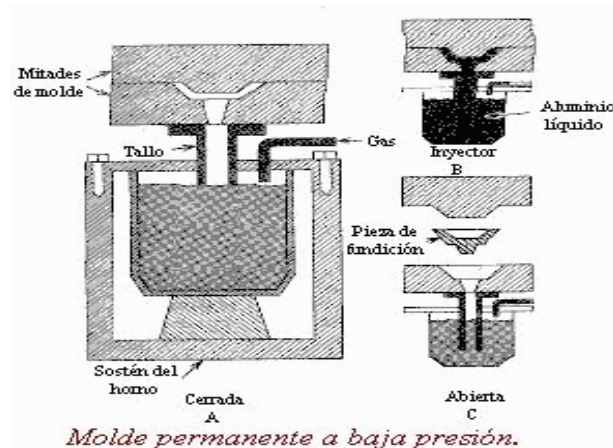
En 1954 una turbina tuvo una falla catastrófica e Estados Unidos. El rotor de una turbina a vapor para generación de energía de 165 MW se rompió en varias partes operando a 3600 rpm. La planta ubicada en Ridgland (Chicago) fue destruida. El mismo año, otro rotor fabricado para Arizona Public Service Co. se rompió en varias partes cuando estaba siendo probado. El análisis de estas fallas mostró que la causa de los defectos fue el hidrógeno. Desde esa época el acero desgasificado se tornó obligatorio para varios productos, tal como rotores de turbina.

En los procesos de fabricación del acero, ¿se obtiene en la colada la calidad, pureza y composiciones deseadas? La respuesta a esta pregunta, en general, es no. Cualquiera que sea el proceso de obtención

del acero, siempre trae consigo la presencia de impurezas, gases, incrustaciones y segregaciones que hacen necesario la implementación de procesos de refinación posterior, comúnmente conocidos como “afino” del acero. Finalmente, las técnicas y procedimientos de refinación del acero, no se encuentran fácilmente en la literatura técnica, por cuanto constituyen secretos industriales, que son la base de la competitividad.

La metalurgia del vacío se introdujo hacia el año 1955. Las roturas catastróficas que se produjeron en varias centrales eléctricas de Estados Unidos, como las antes mencionadas, aceleraron la puesta en marcha de los procesos alemanes de desgasificación por vacío (eliminación del H<sub>2</sub>). La ley de Siebert rige el fenómeno y basta un vacío menor de 10 Torr para bajar el O<sub>2</sub> a niveles inocuos. El vacío elimina parcialmente el H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y el N<sub>2</sub>.

### Proceso de Vacío del Acero Fundido



Después de ser producido en cualquiera de los hornos de fabricación de acero, el acero derretido puede refinarse aún más para producir acero de alta pureza y homogeneidad. Esto se logra removiendo los gases (oxígeno, hidrógeno y nitrógeno) en el acero derretido que fueron absorbidos o formados durante el proceso de fabricación.

Si los gases no se remueven antes que el acero se solidifique, su presencia o sus reacciones con otros elementos en el acero puede producir defectos tales como: inclusiones (partículas sólidas de óxido), sopladuras (bolsas de gas), descascarillamiento (grietas internas) y fragilidad (pérdida de ductibilidad). La desgasificación del acero fundido se lleva a cabo exponiéndolo a un vacío. La presión enormemente reducida sobre la superficie del líquido permite que los gases escapen.

El acero fundido puede desgasificarse de varias maneras. Las dos más comunes son:

Desgasificación por Flujo

Desgasificación en la Olla Colada

#### **Desgasificación por flujo**

En este proceso, el acero fundido se vierte desde la olla de colada dentro de una lingotera, la cual está completamente encerrada en una cámara de vacío. Mientras el flujo de acero fundido cae dentro del

vacío, se separa en gotitas. Debido a la reducida presión sobre el líquido, los gases disueltos revientan y se extraen fuera de la cámara por medio de una bomba de vacío. Libre ya de gases en la lingotera, éste se solidifica en un acero de alta pureza.

### **Desgasificación en la olla de colada**

En este proceso, el acero derretido se desgasifica en la olla de colada. Se hace descender un recipiente de vacío calentado de modo que su boquilla de absorción quede por debajo del nivel líquido del acero fundido.

La presión atmosférica impulsa el acero fundido hacia arriba dentro de la cámara de vacío, en donde los gases revientan y se extraen mediante la bomba de vacío. La elevación del recipiente de vacío permite que el acero fundido fluya de vuelta, por la fuerza de gravedad, dentro de la olla de colada. Este ciclo se repite varias veces hasta que la totalidad del acero fundido en la olla se ha desgasificado.

### **Otros Procedimientos en Vacío**

Tratamiento de afino de los aceros inoxidables

La chatarra se funde en un horno eléctrico de arco de inducción. Después de colada la cuchara con el acero fundido en la cámara y hecho el vacío, se inyecta oxígeno con una lanza situada en la parte superior, que elimina el carbono con un mínimo de oxidación metálica. Al mismo tiempo, se pasa Argón a través de un tapón poroso situado en el fondo de la cuchara, para homogeneizar la masa del acero líquido.

Desoxidación del acero por el carbono en el vacío o (VCD)

Al ser tratado el acero en el vacío conteniendo carbono y oxígeno disueltos estos elementos reaccionan entre sí, dando origen a CO, de esta forma se elimina el oxígeno del acero sin dejar residuos sólidos (inclusiones no metálicas). El CO (gas) es eliminado del sistema (vacío), siguiendo la reacción hasta prácticamente la eliminación total del oxígeno. La deshidrogenación también es más elevada, al ser ayudada por el desprendimiento de burbujas de CO, que facilitan el arrastre del hidrógeno.

### **Efecto del Vacío en los Gases Disueltos en el Acero**

La eliminación del H<sub>2</sub> es fácil, pues no forma compuestos estables en el acero, mientras que la del N<sub>2</sub> es más difícil, ya que forma nitruros estables.

La afinidad de los elementos desoxidantes corrientes, como el Si, Ti, Al, etc., no depende de la presión.

El carbono es el único elemento de utilización industrial que origina una fase de desoxidación gaseosa y constituye un enérgico desoxidante, igual que el Al o el Ti, pero al ser sensible a las variaciones de presión, resulta más versátil que éstos. Los óxidos de Si y Mg son igualmente reducidos por el C en vacío y, mientras que el Al y el Si pasan al acero, el Mg se volatiliza.

El acero fabricado en horno eléctrico convencional con escoria básica y reductora (calmado en horno) contiene: H<sub>2</sub> de 0.0004 a 0.0008 %, N<sub>2</sub> de 0.008 a 0.01 %, O<sub>2</sub> de 0.005 a 0.008 %. El acero fabricado en horno eléctrico convencional y desgasificado en vacío contiene: H<sub>2</sub> de 0.0001 a 0.0002 %, N<sub>2</sub> de 0.004 a 0.008 %, O<sub>2</sub> de 0.002 a 0.005 %

Diferentes objetivos del empleo del vacío

Eliminación parcial de gases en el acero: Se elimina en parte más o menos importante de los gases disueltos en el acero. Desoxidación del acero por el C en vacío: Se puede eliminar la mayor parte del oxígeno disuelto en el acero. Descarburación del acero por O<sub>2</sub> en vacío: Se puede descarburar a fondo el acero sin oxidarlo apreciablemente.

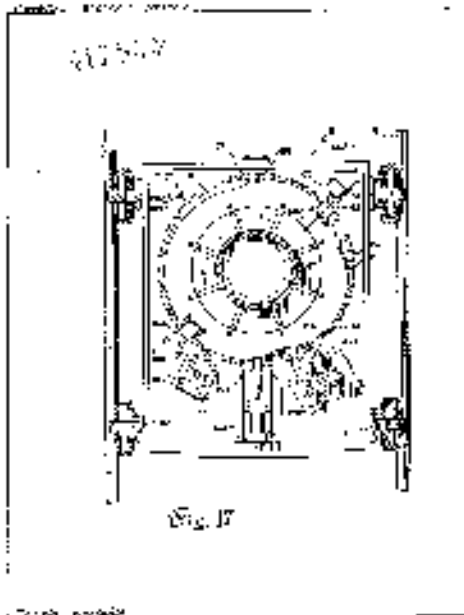
### 3.1.2 Centrífuga

#### Fundición Centrífuga:

La fundición centrífuga es el proceso de hacer girar el molde mientras se solidifica el metal, utilizando así la fuerza centrífuga para acomodar el metal en el molde. Se obtienen mayores detalles sobre la superficie de la pieza y la estructura densa del metal adquiere propiedades físicas superiores. Las piezas de forma simétricas se prestan particularmente para este método, aun cuando se pueden producir otros muchos tipos de piezas fundidas.

Por fundición centrífuga se obtienen piezas más económicas que por otros métodos. Los corazones en forma cilíndricas y rebosaderos se eliminan. Las piezas tienen una estructura de metal densa con todo y las impurezas que van de la parte posterior al centro de la pieza pero que frecuentemente se maquinan.

Por razón de la presión extrema del metal sobre el metal, se pueden lograr piezas de secciones delgadas también como en la fundición estática.



La figura 17, es un molde en posición de la casa "interior" para disponer el metal en la "cámara" y el "receptor" colocado de la parte giratoria.

Los moldes permanentes se han hecho frecuentemente en la fundición centrífuga de magnesio. Desde entonces las piezas de fundición de magnesio son forzadas nuevamente al molde, las piezas se enfrían mas rápidamente y el aire o gas atrapados se eliminan entre el molde y el material. Aunque en la



fundición centrífuga hay limitaciones en el tamaño y forma de piezas fundida, se pueden hacer desde anillos de pistón de pocos gramos de peso y rodillo para papel que pesen arriba de 40 toneladas, Blocks de maquinas en aluminio.

### 3.1.3. Precisión

#### **Procesos de Fundición y colado**

La fundición y colado es sencillo y de poco costo relativo en comparación con otros procesos. Para colar o moldear el material en forma líquida ( en el caso de los plásticos el material suele estar en forma de polvo o gránulos ), se introduce en una cavidad preformada llamada molde. El molde tiene la configuración exacta de la parte que se va a moldear o colar. Después de que el material llena el molde y se endurece o se fraqua, adopta la forma del molde, la cual es la forma de la parte. Después, se rompe o se abre el molde y se saca la parte. Los procesos de colada se usan para colar o moldear materiales como metales, plásticos y cerámicas. Los procesos de fundición y colada se pueden clasificar por el tipo de molde utilizado ( permanente o no permanente ) o por la forma en la cual entra el material al molde ( colada por gravedad y fundición a presión ).

El termino "fundición" se usa siempre para los mátales, pero no tienen diferencia considerable en relación con el moldeo (el término de uso general para los plásticos). Por ejemplo, el moldeo por inyección es el término para un preciso de moldeo a presión de partes termoplásticos. La maquina utilizada es una maquina de moldeo por inyección, la cual inyecta el plástico fundido dentro de un molde metálico. El mismo proceso básico, pero a temperaturas mas altas, produce las fundiciones a presión en una maquina para fundición a presión, la cual inyecta zinc o aluminio fundidos, por ejemplo, dentro de una matriz de acero.

Las partes producidas por los procesos de fundición o colada varían en el tamaño, precisión, rugosidad de superficie, complejidad de configuración, acabado requerido, volumen de producción y costo y calidad de la producción. El tamaño de las partes puede variar desde unos cuantos gramos para las producidas por fundición a presión hasta varias toneladas para las producidas por fundición en arena. Las tolerancias dimensionales pueden variar desde 0.127 hasta 6.35mm (0.005 a 0.250 pulg); las partes más exactas se producen por fundición a presión moldeo en cáscara, inyección y revestimiento. Con la colada o fundición en arena o continua se producen partes menos precisas. Ahora bien, la colada continua, se utiliza para producir formas en la planta laminadora: planchas, lingotes y barra redonda, en vez de partes terminadas. La fundición y colada en molde a presión, en molde frío, por inyección, transferencia, vacío y revestimiento producen partes con superficies de relativa tersura. La fundición continua, en arena, centrífuga y con moldes producen las partes con máxima aspereza de superficie. Las formas mas bien sencillas se pueden producir con fundición o colada en formas, arena y continua; las configuraciones más complejas se producen por fundición por revestimiento y aprecion. La fundición a presión se considera un proceso de alto volumen de producción; la fundición en arena es un proceso de uno por uno, un tanto lento.

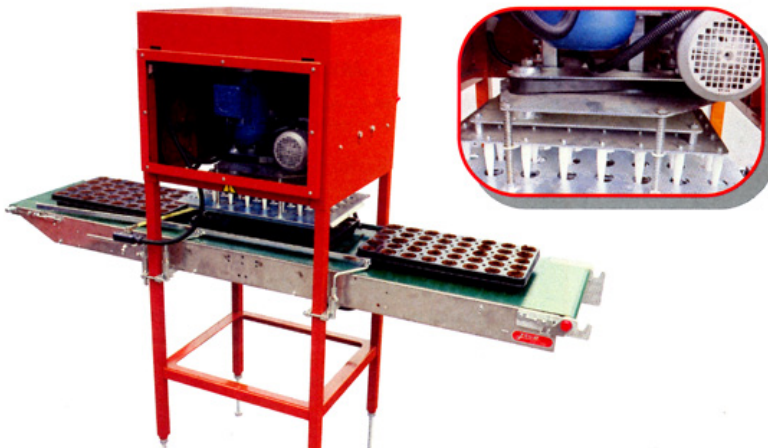
La fundición y colada un proceso de bajo costo relativo. Sin embargo los moldes para moldeo por compresión y moldeo por inyección así como las matrices para la fundición a presión, son muy costosos.

### 3.2. Formado mecánico

Procesos de formado mecánico

El formado de partes con la aplicación de fuerza mecánica, se considera uno de los procesos de formación más importantes, en términos del valor de la producción y del método de producción. El formado de partes se puede efectuar con el material frío (formado en frío) o con material caliente (formado en caliente). Las fuerzas utilizadas para formar las partes pueden ser de tipo de flexión, compresión o cizallado y tensión. Los procesos de formado se pueden clasificar sobre la base de la forma en que se aplica la fuerza.

#### 3.2.1 Prensado



PROCESOS DE FORMADO.

La deformación es únicamente uno de los diversos procesos que pueden usarse para obtener formas intermedias o finales en el metal.

El estudio de la plasticidad está comprometido con la relación entre el flujo del metal y el esfuerzo aplicado. Si ésta puede determinarse, entonces las formas mas requeridas pueden realizarse por la aplicación de fuerzas calculadas en direcciones específicas y a velocidades controladas.



### 3.2.2 . Estirado

#### **Máquina moldeadora por estirado-soplado**



#### ESTIRADO

Este es esencialmente un proceso para la producción de formas en hojas de metal. Las hojas se estiran sobre hormas conformadas en donde se deforman plásticamente hasta asumir los perfiles requeridos. Es un proceso de trabajo en frío y es generalmente el menos usado de todos los procesos de trabajo.



El formado por tensión se efectúa al estirar el material para que adopte la configuración deseada. Incluye procesos tales como estirado, formado por trefilado y abocinado.

### 3.2.3 . Cizallado



El cizallado también incluye procesos tales como punzado o perforación, estampado, punzado con matrices y refinado. El formado por compresión se efectúa al obligar al material, frío o caliente, a adecuarse a la configuración deseada con la ayuda de un dado, un rodillo o un buzo o punzón. El formado por compresión, incluye procesos tales como forja, extrusion, laminado y acuñado.

### 3.2.4. Doblado



El formado por doblado se efectúa al obligar a el material a doblarse a lo largo de un eje. Entre los procesos por doblado están el dobléz, pelado, corrugado y rechazado en alta velocidad. El formado por cizallado (guillotinado) es en realidad, un proceso de separación de material en el cual se hace pasar a presión una o dos cuchillas a través de una parte fija.

### 3.3. Maquinado

#### MAQUINADO



Estos centros de maquinado CNC verticales son capaces de hacer un maquinado completo a piezas de acero o de otros materiales pesados en grandes proporciones para hacer piezas o herramientas de trabajo.

Es un proceso de manufactura en la cual se usa una herramienta de corte para remover el exceso de material de una parte de trabajo de tal manera que el material permanente sea la forma de la parte deseada.

Puede utilizarse herramienta de monofilos y multifilos.

Procesos de remoción de material (maquinado)

Estos procesos se utilizan para conformar partes de materiales como metales, plásticos, cerámica y madera. El maquinado es un proceso que exige tiempo y desperdicia material. Sin embargo, es muy preciso y puede producir una tersura de superficie difícil de lograr con otros procesos de formación. El maquinado tradicional se lleva a cabo con el uso de una herramienta de corte, que remueve el material de la pieza de trabajo en forma de virutas, con lo cual se le da la configuración deseada.

Los procesos para remoción de material se clasifican como tradicionales o con formación de virutas y no tradicionales o sin virutas.

En todos los procesos tradicionales para remoción de material, los tres elementos básicos son la pieza de trabajo, la herramienta de corte, y la máquina herramienta. Las funciones básicas de la máquina herramienta son: 1) proveer los movimientos relativos entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo en forma de velocidades y avances; 2) mantener las posiciones relativas de la herramienta de corte y de la pieza de trabajo, a fin de que la remoción de material resultante produzca la forma requerida. Al variar las posiciones y movimientos entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte, se puede efectuar más una operación en la máquina herramienta.

Las herramientas de corte son, ya sea, de un solo filo o de filos múltiples.

Con los avances de la tecnología, se han desarrollado materiales más fuertes y más duros. El procesamiento eficiente de esos materiales no era posible con los procesos tradicionales para remoción de material. Por lo tanto, se han creado varios procesos nuevos y especializados. Al contrario de los procesos tradicionales en donde la remoción del material necesita una herramienta de corte, los procesos no tradicionales se basan en los fenómenos ultrasónicos, químicos electroquímicos, de electrodescarga y haces de electrones, láser y iones. En estos procesos, la remoción de material no está influida por las propiedades del material; se puede maquinar material de cualquier dureza. Ahora bien, algunos de estos procesos se encuentran en la etapa experimental y no se presentan para elevados volúmenes de producción. En la mayoría de estos procesos, se maquina una parte cada vez. Los procesos no tradicionales son más complejos y se requiere considerable pericia y conocimientos para operarlos en forma eficiente.

Procesos que provocan desprendimiento de viruta

Se ha hecho mucha investigación en el estudio de la mecánica y geometría de la formación de la viruta y la reacción de su forma, a factores tales como duración de la herramienta y el acabado de la superficie. Las virutas herramientas se han clasificado en tres tipos.

El tipo 1 una viruta discontinua o fragmentada, representa una conducción en el que el metal se fractura en partes considerablemente pequeñas de las herramientas cortantes. Este tipo de viruta se obtiene por maquina la mayoría de los materiales frágiles, tales como el hierro fundido.

En tanto se producen estas virutas, el filo cortante corrige las irregularidades y se obtiene un acabado bastante bueno. La duración de la herramienta es considerablemente alta y la falla ocurre usualmente como resultado de la acción del desgaste de la superficie de contacto de la herramienta.

También puede formar virutas discontinuas en algunos materiales dúctiles y el coeficiente de fricción es alto. Sin embargo, tales virutas de materiales dúctiles son una inducción de malas condiciones de corte:

Un tipo ideal de viruta desde el punto de vista de la duración de la herramienta y el acabado, es la del tipo B continua simple, que se obtiene en el corte de todos los materiales dúctiles que tienen un bajo coeficiente de fricción. En este caso el metal se forma continuamente y se desliza sobre la cara de la herramienta sin fracturarse. Las virutas de este tipo se obtienen a altas velocidades de corte y son muy comunes cuando en corte se hace con herramientas de carburo. Debido a su simplicidad se puede analizar fácilmente desde el punto de vista de las fuerzas involucradas.

La viruta del tipo C es característica de aquellos maquinados de materiales dúctiles que tienen un coeficiente de fricción considerablemente alto.

En cuanto la herramienta inicia el corte se aglutina algo de material por delante del filo cortante a causa del alto coeficiente de fricción. En tanto el corte prosigue, la viruta fluyen sobre este filo y hacia arriba a lo largo de la cara de la herramienta. Periódicamente una pequeña cantidad de este filo recrecido se separa y sale con la viruta y se incrusta en la superficie torneada. Debido a esta acción el acabado de la superficie no es tan bueno como el tipo de viruta B. El filo recrecido permanece considerablemente constante durante el corte y tiene el efecto de alterar ligeramente el ángulo de inclinación. Sin embargo, en tanto se aumenta la velocidad del corte, el tamaño del filo decrecido disminuye y el acabado de la superficie mejora. Este fenómeno también disminuye, ya sea reduciendo el espesor de la viruta o aumentando el ángulo de inclinación, aunque en mucho de los materiales dúctiles no se puede eliminar completamente.

La elección de herramientas adecuadas, velocidades avances es un compromiso, ya que entre más rápido se opere una maquina es la eficiencia tanto del operador como de la maquina. Sin embargo afortunadamente, tal uso acelerado acorta grandemente la duración de la herramienta



### 3.3.1 Tradicionales

Los tornos paralelos universales de la serie YZ son usados entre otras cosas para fabricar flechas, bujes, casquillos, poleas, levas entre otras piezas de trabajo pequeñas. Estos tornos también son usados para realizar refacciones y reparaciones de piezas de trabajo.

Procesos de remoción de material (maquinado)

Estos procesos se utilizan para conformar partes de materiales como metales, plásticos, cerámica y madera. El maquinado es un proceso que exige tiempo y desperdicia material. Sin embargo, es muy preciso y puede producir una tersura de superficie difícil de lograr con otros procesos de formación. El maquinado tradicional se lleva a cabo con el uso de una herramienta de corte, que remueve el material de la pieza de trabajo en forma de virutas, con lo cual se le da la configuración deseada

Los procesos para remoción de material se clasifican como tradicionales o con formación de virutas y no tradicionales o sin virutas.

En todos los procesos tradicionales para remoción de material, los tres elementos básicos son la pieza de trabajo, la herramienta de corte, y la maquina herramienta. Las funciones básicas de la maquina herramienta son: 1) proveer

los movimientos relativos entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo en forma de velocidades y avances; 2) mantener las posiciones relativas de la herramienta de corte y de la pieza de trabajo, a fin de que la remoción de material resultante produzca la forma requerida. Al variar las posiciones y movimientos entre la pieza de trabajo y la herramienta de corte, se puede efectuar mas una operación en la maquina herramienta.

Las herramientas de corte son, ya sea, de un solo filo o de filos múltiples.

### 3.3.2. Automatizados





Los tornos CNC serie FCL y FBL tienen la capacidad de fresado, taladrado, torneado y machueado para integrar un maquinado eficiente. Estos tornos CNC son usados para fabricar diferentes tipos de herramientas, moldes y piezas de trabajo metálicos para realizar en serie.

Con los avances de la tecnología, se han desarrollado materiales más fuertes y más duros. El procesamiento eficiente de esos materiales no era posible con los procesos tradicionales para remoción de material. Por lo tanto, se han creado varios procesos nuevos y especializados. Al contrario de los procesos tradicionales en donde la remoción del material necesita una herramienta de corte, los procesos no tradicionales se basan en los fenómenos ultrasónicos, químicos electroquímicos, de electrodescarga y haces de electrones, láser e iones. En estos procesos, la remoción de material no está influida por las propiedades del material; se puede maquinar material de cualquier dureza. Ahora bien, algunos de estos procesos se encuentran en la etapa experimental y no se presentan para elevados volúmenes de producción. En la mayoría de estos procesos, se maquina una parte cada vez. Los procesos no tradicionales son más complejos y se requiere considerable pericia y conocimientos para operarlos en forma eficiente.