



**UNIVERSIDAD DE
CASTILLA - LA MANCHA**

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALBACETE

*Dpto. de Mecánica Aplicada e Ing. de Proyecto
Ingeniería Técnica Industrial-Mecánica*

APUNTES DE CLASE TECNOLOGÍA MECÁNICA

CURSO 2.003 – 2.004

Gonzalo ORTEGA GALLEGO

TECNOLOGÍA MECÁNICA

Dpto. de Mecánica Aplicada e Ing. De Proyectos
Ingeniería Técnica Industrial (Mecánica)

Curso: 2003/2004

Créditos: 6

Código: 20.223

Profesores: Adolfo García González

INDICE

TEMA 1. METROLOGIA.
TEMA 2. CONFORMACION POR MOLDEO.
TEMA 3. MOLDEO EN ARENA.
TEMA 4. MOLDEO EN MOLDES METALICOS.
TEMA 5. MOLDEOS ESPECIALES.
TEMA 6. TECNOLOGIA DE LA FUNDICION.
TEMA 7. PULVIMETALURGIA.
TEMA 8. CONFORMADOS POR DEFORMACION PLASTICA 1.
TEMA 9. CONFORMADOS POR DEFORMACION PLASTICA 2.
TEMA 10. MAQUINABILIDAD.
TEMA 11. MAQUINAS-HERRAMIENTAS 1.
TEMA 12. MAQUINAS-HERRAMIENTAS 2.
TEMA 13. MAQUINAS HERRAMIENTAS 3.
TEMA 14. LA PROGRAMACION Y EL CONTROL NUMERICO.

PROGRAMA DE CONTENIDOS

TEMA 1. METROLOGIA.

INTRODUCCION. PRECISION EN LA INDUSTRIA. MEDICION .NATURALEZA DE LAS MEDIDAS DE PRECISION. ERRORES DE MEDIDA. CAUSAS DE ERROR. CUALIDADES DE UN INSTRUMENTO DE MEDIDA.

TEMA 2. CONFORMACION POR MOLDEO.

OPERACIONES FUNDAMENTALES DE LA FUNDICION. METALES Y ALEACIONES APTOS PARA SER CONFORMADOS POR FUNDICION. HORNO PARA FUNDIR METALES.

TEMA 3. MOLDEO EN ARENA.

MODELOS. ARENAS DE MOLDEO. ENSAYOS PARA DETERMINAR LAS CARACTERISTICAS DE UNA ARENA DE MOLDEO. PROPIEDADES DE LAS ARENAS DE MOLDEO. ADITIVOS. METODOS DE MOLDEO.

TEMA 4. MOLDEO EN MOLDES METALICOS.

MOLDES. TIPOS DE COLADA. FUNDICION CENTRIFUGADA.

TEMA 5. MOLDEOS ESPECIALES.

MOLDEO EN CASCARA. MOLDEO CON CO₂. MOLDEO A LA CERA PERDIDA. MOLDEO MERCAST. MOLDEO CON YESO.

TEMA 6. TECNOLOGIA DE LA FUNDICION.

TECNOLOGIA DE LA FUSION. TECNOLOGIA DE LA COLADA. SISTEMAS DE DISTRIBUCION. COLABILIDAD. DESMOLDEO. DESARENADO. ACABADO. DEFECTOS E INSPECCION DE LAS PIEZAS FUNDIDAS.

TEMA 7. PULVIMETALURGIA.

METALURGIA DE POLVOS. SINTERIZACION.

TEMA 8. CONFORMADOS POR DEFORMACION PLASTICA.1

FORJA. CICLO TERMICO. EFECTOS QUE PRODUCE LA FORJA. MAQUINAS DE FORJAR. DEFECTOS. ESTAMPACION.

TEMA 9. CONFORMADOS POR DEFORMACION PLASTICA. 2.

RECALCADO. EXTRUSION. LAMINACION. ESTIRADO Y TREFILADO.

TEMA 10. MAQUINABILIDAD.

FACTORES DE QUE DEPENDE E INFLUENCIA DE LOS MISMOS. HERRAMIENTAS DE CORTE. CUCHILLAS. VELOCIDAD DE CORTE. LUBRICANTES.

TEMA 11. MAQUINAS HERRAMIENTAS.1

CEPILLADORA. LIMADORA. MORTAJADORA. BROCHADORA. COMPONENTES. MOVIMIENTOS. OPERACIONES QUE REALIZAN. POTENCIA NECESARIA.

TEMA 12. MAQUINAS HERRAMIENTAS.2

EL TORNO. TALADRADORA. MANDRINADORA. PUNTEADORA. FRESADORA. COMPONENTES. MOVIMIENTOS. OPERACIONES QUE REALIZAN. POTENCIA NECESARIA.

TEMA 13. MECANIZADO POR ABRASIVOS

MAQUINAS DE ABRASIVOS. CONFORMADOS ESPECIALES.

TEMA 14. LA PROGRAMACION Y EL CONTROL NUMERICO.

PRODUCCION, FABRICACION Y AUTOMATIZACION. FLEXIBILIDAD EN LA M.H. CONTROL NUMERICO Y CAMPO DE APLICACIÓN. VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL C.N. CONCEPTO Y FASES DE LA PROGRAMACION.

BIBLIOGRAFIA BASICA.

- Hector Arias y José Maria Las Heras. Tecnología Mecánica y Metrotécnia. Edit. Donostiarra. San Sebastián.
- Amstead, B.H ; Philip Ostwald ; Myron L. Begeman. Procesos de Manufactura. Edit. Compañía Editorial Continental, S.A. México.
- Coca Rebollero, P ; Rosique Jiménez, J. Tecnología Mecánica y Metrotécnia. Edit. Cosmos.
- Richard L. Little. La Tecnología en el trabajo de los Metales. Edit. McGraw-Hill. Company.
- Ulrich Schärer Säuberli. Ingeniería de Manufactura. Compañía Editorial Continental. S.A.. México.
- Mario Rossi. Maquinas Herramientas Modernas. Edit. Dossat. S.A.

EVALUACION.

Se efectuarán dos Exámenes Parciales, bimensuales, además del Final y del extraordinario de Septiembre.

Además el alumno podrá realizar un trabajo Práctico sobre un proceso de fabricación industrial y que podrá suponer hasta 1 punto sobre la nota final de la asignatura.

INTRODUCCIÓN A LA TECNOLOGÍA MECÁNICA

TECNOLOGÍA MECÁNICA:

La tecnología mecánica se define como la ciencia de la conformación de componentes mecánicos, con una precisión dimensional adecuada. Así como las máquinas-herramientas, herramientas y demás equipos necesarios para la realización física de tales procesos, incluidos los empleados para asegurarse la precisión dimensional de los productos obtenidos.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS:

Como una respuesta a las necesidades cada vez mayores de productos manufacturados se ha hecho necesario que los sistemas productivos se apoyen más en conocimientos científicos, técnicos y administrativos, que permitan obtener grandes volúmenes de producción a menor costo y con la mayor calidad y eficiencia posible.

Existen dos tipos básicos de sistemas productivos:

- Sistema de producción continuo o masivo.
- Sistemas intermitentes.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN MASA O CONTINUOS:

Las instalaciones, los productos y los flujos de producción se encuentran estandarizados, sus principales características son:

- Tienen poca diversificación, ya que son productos que la sociedad requiere en grandes cantidades.
- Las líneas de producción están generalmente automatizadas.
- Los cambios en las instalaciones de la línea de producción, debidas a modificaciones o mejoras de producto son muy costosas.
- Los costes unitarios de producción, son bajos debido a los grandes volúmenes de productos manufacturados.
- El mantenimiento preventivo, es muy importante, puesto que cuando se para una máquina, generalmente, se para toda la línea de fabricación, como ejemplo:
 - o Fábricas de automóviles.
 - o Fábricas de motores electrónicos.
 - o Industria siderúrgica.

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN INTERMITENTE:

Deben ser instalaciones flexibles para poder producir gran variedad de productos. Algunas de sus características son:

- Fabrican productos que la sociedad requiere en gran cantidad.
- Debido a que cada producto tiene una secuencia diferente de operaciones, la distribución de la maquinaria para la producción es muy compleja.
- Las instalaciones se pueden adaptar con facilidad a los cambios en el proceso.
- Tienen poca automatización y requiere de más trabajadores cualificados, ejemplos:
 - o Talleres de engranajes.
 - o Talleres de estructuras.
 - o Empresas de cuchillería.

CRITERIO DE LA PRODUCCIÓN ECONÓMICA:

El costo de un producto depende de las inversiones o gastos que se generan en cuanto al consumo de materias primas, máquinas, mano de obra, ventas, almacenamiento y otros gastos generales. Los tres criterios fundamentales que determinan una producción económica o rentable son:

- Un proyecto funcional lo más simple posible y de una calidad estética apropiada.
- La selección de un material que represente la mejor concordancia entre las propiedades físicas, su aspecto exterior, su costo y la facilidad para trabajarlo o maquinarlo.
- La selección de los procesos de manufactura para fabricar el producto debe ser de tal manera que con ellos se obtenga la necesaria exactitud y acabado superficial con un costo unitario lo más bajo posible.

CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE MANUFACTURA:**A. PROCESOS QUE CAMBIAN LA FORMA DEL MATERIAL:**

1. Fundición o moldeo.
2. Conformado por deformación plástica en frío y en caliente.
3. Metalurgia de polvos.
4. Moldeo de plásticos.

B. PROCESOS QUE PROVOCAN DESPRENDIMIENTOS DE VIRUTA

1. Maquinados convencionales con arranque de viruta.
2. Maquinados no convencionales.

C. PROCESOS PARA ACABAR LA SUPERFICIE:

1. Por desprendimiento de partículas.
2. Por pulido.
3. Por recubrimiento.

TEMA 1: METROLOGÍA**PRECISIÓN EN LA INDUSTRIA:**

El gran desarrollo industrial en los dos últimos siglos ha sido posible gracias a la gran cantidad de productos fabricados con una calidad y un precio aceptable, se ha abandonado totalmente el proceso artesanal en el cual una persona o muy pocas realizaban un proceso completo en todos sus aspectos, y se ha dado paso a un proceso de fabricación en serie donde un operario fabrica multitud de piezas, siempre la misma generalmente, e incluso, normalmente, tan sólo alguna de las operaciones necesarias para obtener dicha pieza.

Esta forma de producción impuesta por el factor económico, ha creado la necesidad del intercambio para que el montaje de un mecanismo complejo pueda realizarse a partir de cualquier conjunto de sus piezas, componentes y pueda sustituirse una o varias de ellas sin fallos en el conjunto.

La consecución de estos objetivos ha obligado a aumentar el control de calidad en la fabricación, pese al elevado coste económico que supone. Un aspecto de este control es la normalización para homogeneizar criterios de diseño, otro es el empleo de tolerancias para conseguir los correspondientes ajustes, otro es la verificación sistemática de las máquinas, piezas y herramientas mediante el empleo de calibres durante el proceso de producción, y por último la comprobación final de los mecanismos y de los instrumentos de medida, para con todo ello, asegurar que las piezas obtenidas por distintos aparatos son correctos y por tanto intercambiables.

Además de conseguir la intercambiabilidad, el desarrollo técnico ha conducido a conseguir precisiones cada vez más estrechas. Para estos factores resulta primordial el control de las piezas a través de técnicas de medición, lo cual cuando se ha llegado al orden de la milésima de milímetro trae consigo la aplicación de técnicas muy específicas.

En la palabra control se engloba un conjunto amplísimo de operaciones a partir de cuyos resultados se a de dictaminar sobre la aceptación o rechazo del producto de acuerdo con la calidad exigida.

Un grupo de ellas (operaciones) de importancia primordial en la fabricación es el control metrotécnico de cuya realización se encarga la Metrotécnia, que es la Metrología aplicada a la técnica. Pero así como la Metrología es esencialmente la ciencia de la medida en su más amplio sentido, la Metrotécnia se ocupa con preferencia de problemas dimensionales, orientando su tarea en dos vertientes:

- Una en la que se mide, es decir, mediante instrumentos adecuados se obtiene el valor numérico de las cotas.
- Y la otra mediante comparadores o calibres, establece comparaciones se sus dimensiones están o no en el campo de tolerancias establecido.

Medición

La medida es el resultado de la medición, es decir de comparar dos magnitudes semejantes. Las mediciones que se realizan en fábrica o en un laboratorio de metrología tienen uno de estos objetivos:

- A. La determinación numérica de una longitud o un ángulo, a esta operación se le llama medir.
- B. La comprobación de si una medida es mayor o menor que un valor numérico dado y a esto se le llama verificar.

Al medir se determina una medida efectiva expresada numéricamente en las unidades adoptadas.

Al verificar se comprueba sólo si hemos sobrepasado por exceso o por defecto los límites dados.

La medida es pues una determinación objetiva, mientras que la verificación es subjetiva, ambas, medición y verificación, forman parte fundamental del control.

Para medir utilizaremos instrumentos de medida con cualidades bien determinadas y exactamente conocidas.

Para verificar emplearemos comparadores o calibres que responderán a normas generales o se usarán según dicte la experiencia.

Naturaleza de las medidas de precisión

Hay tres medidas que regulan el medir por comparación:

1. Para obtener la máxima precisión en la comparación es necesario que el patrón y el elemento a medir tengan magnitudes físicas muy similares.
2. El patrón y el elemento a medir deben tener igual forma y medirse con el mismo procedimiento.
3. Tan perjudicial es la realización de una medida sin precisión como el emplear una alta metrología, para una medición que no la necesite.

En cualquier medición se debe de emplear un instrumento que garantice la precisión necesaria.

En la verificación, en general, de márgenes de tolerancia, es deseable disponer de precisión diez veces superior al intervalo de tolerancias, pudiéndose rebajar este valor hasta un mínimo de tres veces superior.

ERRORES DE MEDIDA:

El verdadero valor de una cierta cantidad que se mide es siempre imposible de obtener por las limitaciones naturales, tanto del operador, como del instrumento de medida; por muy hábil que sea el primero y muy precisos los segundos, por tanto toda medida se ve afectada de un error imposible de determinar exactamente, pero cuyo valor puede acotarse.

Desde un punto de vista matemático puede ser:

- **Error absoluto:** es la diferencia entre el resultado de la medición y el valor verdadero de la magnitud. Es un índice de la medida.
- **Error relativo:** es el cociente entre el error absoluto y el valor verdadero. Es un índice de la importancia del error cometido en la medición.

Los errores cometidos en una medición admiten otra clasificación de gran interés atendiendo a su naturaleza u origen:

El error de un método de medida, se denomina **sistemático**, cuando al medir una magnitud en las mismas condiciones permanece constante en valor absoluto y signo, y cambia según una ley, conocida o no, cuando cambian las condiciones de la medida. Su característica fundamental es que obedece a una cierta ley que aunque no sea conocida pero se sabe que cada vez que se presentan unas determinadas circunstancias aparece este error. Si las condiciones de medida van cambiando, el error sistemático también cambia.

Los **errores aleatorios**, se originan por las magnitudes de influencia que intervienen en la medición, siendo a este respecto una de las principales fuentes de error absoluto lo cual explica la tendencia a su eliminación en el desarrollo de la moderna instrumentación. Con ello se abandona cada vez más, la habilidad del operario, como factor a tener en cuenta al valorar el resultado final.

Existe un tercer error, denominado **fallo o falta** que es de tipo parásito, fuertemente subjetivo y que consiste en una equivocación importante en la lectura, cálculo o posicionamiento. Cuando se producen estos fallos suelen ser afortunadamente tan gordos que se ponen inmediatamente de manifiesto, con lo cual se eliminan de forma absoluta.

En última instancia puede decirse que el error es de una sola naturaleza pero se denomina sistemático cuando se conocen las leyes o mecanismos que en cada momento la causan. Mientras que se la denomina aleatorio, si dichas leyes por su complejidad o pequeñísima influencia, no son conocidas o no son aplicables. Un ejemplo de los primeros es la influencia de la temperatura, y un ejemplo de los segundos es la fatiga del operador.

CRITERIO DE RECHAZO DE UNA MEDIDA:

Cuando se reitera una medida para aumentar su precisión y disminuir su error aleatorio pueden cometerse dos errores o faltas que no se repiten. Un criterio práctico es el de Chauvenet y este indica que deben rechazarse todas las medidas cuya probabilidad de aparición sea inferior a $1/2n$ siendo n el número de medidas realizadas.

TEMA 2: CONFORMACIÓN POR MOLDEO

El moldeo llamado también fundición o colada, es un proceso de conformación basado en la fusión de los metales. Consiste en una serie de operaciones mediante las cuales se obtiene un hueco o molde de arena, metal o material refractario, que reproduce la forma de la pieza que se desea fabricar, en el cual se vierte o cuela el metal fundido dejándole enfriar hasta que solidifica completamente.

Como proceso tecnológico, su principal ventaja consiste en que con él se pueden fabricar con facilidad y economía piezas de forma muy complicada, como bloques de cilindros, culatas de motores de explosión, carburadores, bancadas de máquinas-herramienta, etc. que son muy difíciles o imposibles de obtener por otros métodos.

Permite además el empleo de metales y aleaciones que no son aptos para el conformado por deformación o soldadura, como la fundición gris.

OPERACIONES FUNDAMENTALES DE LA CONFORMACION:

Para realizar este proceso son necesarias tres clases de operaciones fundamentales:

- Operación de fusión.
- Operaciones de moldeo y desmoldeo.
- Operaciones de acabado.

1. Operaciones de fusión:

La fusión de metales y aleaciones se realizan en distintos tipos de hornos, cada uno de los cuales es adecuado para cada metal o aleación, a temperaturas comprendidas entre ciertos límites mayores que una temperatura mínima, para que el metal fundido tenga fluidez y menores que una temperatura máxima para evitar el quemado del metal y la pérdida del mismo por vaporización o por oxidación.

Muchas veces esta operación no se limita a la fusión del metal, sino que en ella se elabora la aleación al mismo tiempo que se funde, como por ejemplo, la fundición de hierro, en la cual se adiciona a la cuchara los elementos de aleación.

2. Operaciones de moldeo y desmoldeo:

Comprende en primer lugar la preparación del molde que puede ser de arena, metálico, etc.

Para la preparación del molde de arena, hay que hacer una reproducción de la pieza que se desea fabricar, que se llama modelo.

Después se coloca este modelo, en una caja de moldeo se llena de arena y se apisona fuertemente, se retira el modelo posteriormente y queda el hueco de la pieza a reproducir.

A estos moldes de arena se les llama **moldes perdidos**, a los de materiales refractarios se les llama **moldes semipermanentes** y a los moldes metálicos, **moldes permanentes**.

Una vez hecho el molde se vierte el metal fundido en una operación que se llama colada, y una vez enfriado el metal, se abre o rompe el molde y se saca la pieza, esta operación se le llama desmoldeo.

3. Operaciones de acabado:

Se procede a limpiar de arena las piezas y a romper los conductos por donde se ha metido el metal y que han quedado adheridos a la pieza, y ya queda o totalmente terminada o preparada para el mecanizado posterior.

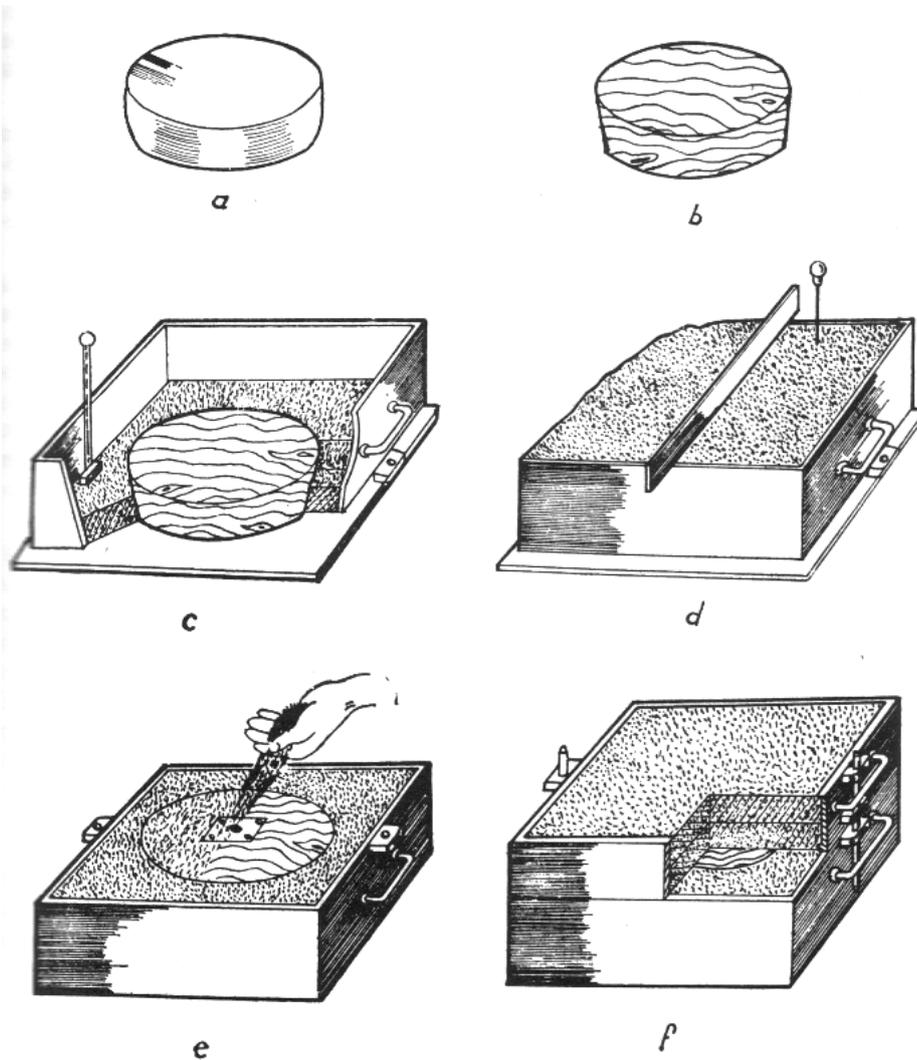


Fig. 4-3.—Moldeo de una polea: a) pieza a moldear; b) modelo; c) apisonado de la arena; d) forma de practicar los vientos; e) espolvoreo de la superficie de separación; f) colocación y llenado de una segunda caja de moldeo sobre la primera.

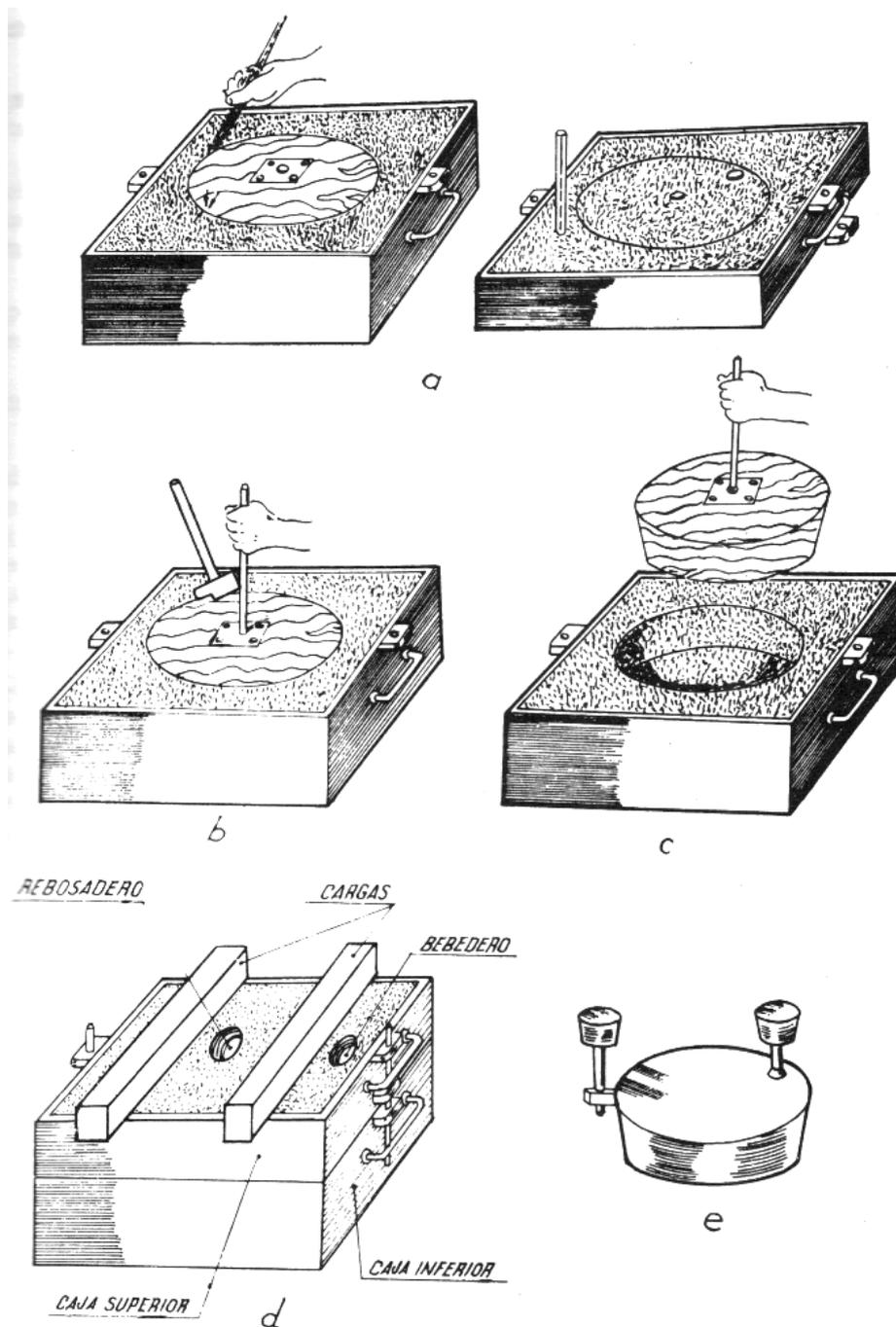


Fig. 4-4.—Moldeo de una polea (continuación): a) separación de las dos cajas; b) traqueteo para la extracción del modelo; c) extracción del modelo; d) cajas preparadas para la colada, con bebederos y rebosaderos terminados; e) pieza colada con sus bebederos y rebosaderos antes del desbarbado.

METALES O ALEACIONES APTOS PARA SER CONFORMADOS POR FUNDICIÓN:

Los metales y aleaciones que normalmente se conforman por fundición son las de hierro, cobre, aluminio, magnesio, cinc y aleaciones antifricción.

Aunque teóricamente se pueden moldear cualquier metal, normalmente sólo se moldean las más adecuadas. Existen incluso aleaciones concebidas especialmente para ello, como casi todas las de cobre.

Las características deseables en los metales para ser conformado por moldeo son las siguientes:

1. Baja temperatura de fusión para ahorrar combustible.
2. Bajo calor latente de fusión para ahorrar combustible.
3. Baja tensión superficial para que la reproducción del molde sea perfecta.
4. Bajo coeficiente de dilatación, en estado líquido e intervalo de temperaturas de solidificación lo más reducido posible para que la concentración del metal sea la mínima posible.
5. Bajo coeficiente de dilatación en estado sólido, para reducir el peligro de aparición de grietas durante el enfriamiento.
6. Alta colabilidad, (actitud del metal para llenar el molde).
7. Alta densidad para que el propio peso del metal contrarreste la falta de fluidez y la tensión superficial.

HORNOS PARA FUNDIR METALES:

Los hornos son unos dispositivos que se emplean en el moldeo para suministrar al metal el calor necesario para fundirlos y sobrecalentarlos hasta la temperatura más conveniente para la colada.

Los hay de diferentes formas y tamaños desde los que se emplean para fundir unos gramos hasta los que funden cientos de toneladas.

En el momento de elegir el horno más adecuado para un proceso de fundición deben tenerse en cuenta los factores siguientes:

- A. Cantidad de calor necesario.
- B. Composición y temperatura de colada del metal.
- C. Velocidad de fusión o cantidad de metal fundido por unidad de tiempo.
- D. Grado de pureza que requiere el metal fundido.
- E. Coste inicial del horno.
- F. Coste básico de la operación.
- G. Coste relativo de mantenimiento y reparación.
- H. Disponibilidad y coste relativo de los distintos combustibles de la localidad.
- I. Nivel de ruido y contaminación que produce en la atmósfera.
- J. Tipo de vertidos.

Podemos clasificar los hornos de fusión atendiendo a la naturaleza de la fuente calorífica y al grado de contacto entre el metal, el combustible y sus productos de combustión en los siguientes tipos:

Hornos de combustible:

Emplean combustibles sólidos, como carbón vegetal, madera, hulla, carbón de cock(coque), antracita, etc.

Combustibles líquidos, como gasolina, gasoil, etc.

O combustibles gaseosos, como gas natural, butano, etc.

El calor procede de la energía desprendida en la reacción con el oxígeno de los elementos combustibles, carbono, hidrógeno o azufre.

Los hornos de combustibles podemos subdividirlos en los grupos:

- Hornos en los que el metal no está en contacto ni con el combustible ni con los gases de la combustión, a este grupo pertenecen los hornos de crisol.
- Hornos en los que el metal está en contacto con el combustible y con los gases de la combustión, el horno más representativo de este grupo es el cubilote.
- Hornos en los que el metal está en contacto con los gases de la combustión pero no con el combustible, a este grupo pertenecen los de reverbero.

Convertidores:

No son en realidad hornos de fusión, más bien pueden considerarse como hornos de afino, ya que en ellos se introduce arrabio, (producto de la primera fusión del mineral de hierro, es el hierro más o menos puro) previamente fundido y por combustión de las impurezas de carbono, silicio, manganeso se transforma en acero.

Hornos eléctricos:

Están basados en la transformación de la energía eléctrica en calorífica por efecto Joule. Estos hornos tienen grandes ventajas, pero su principal inconveniente es su elevado coste de este tipo de energía. Los hornos eléctricos pueden subdividirse:

1. Hornos por resistencia; que a su vez pueden ser metálica, no metálica o por electrodo radiante.
2. Hornos de arco, que emplean el arco eléctrico y pueden ser de arco directo o arco indirecto.
3. Hornos de inducción que pueden ser de alta, media y baja frecuencia.

TEMA 3: MOLDEO EN ARENA

Desde tiempos prehistóricos se han usado moldes de arena o mineral, las operaciones básicas no han cambiado, simplemente se ha agregado maquinaria para hacer las tareas difíciles y aunque se automatice el equipo los conceptos básicos no cambian. Además de ser el método más antiguo para hacer piezas fundidas, la fundición en arena es aún el método que más se usa.

En este proceso se llama molde a la cavidad que reproduce la forma exterior de la pieza que se va a fundir. Se obtiene, generalmente comprimiendo arena de moldeo sobre el modelo el cual se retira después. Por tanto si el molde que con él se obtiene se llena con metal fundido, obtenemos una pieza maciza. Si ha de ser hueca, para obtener las cavidades se necesitan colocar otras piezas especiales denominadas machos o nuyos que no son más que bloques macizos de arena u otro material, cuyo interior es el que queremos reproducir.

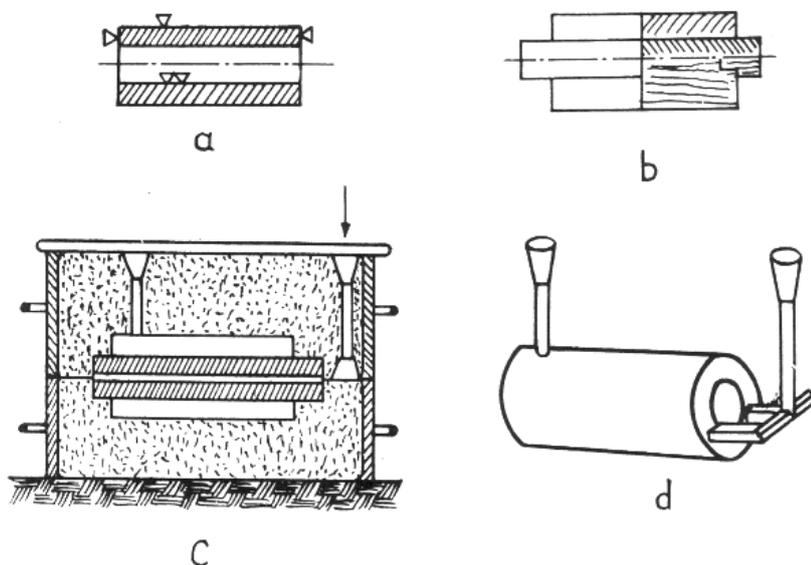


Fig. 3-2.—Moldeo con macho de un tubo. a) Plano de la pieza, b) modelo y macho, c) molde preparado para la colada, d) pieza sin desbarbar.

CONSTRUCCIÓN DE LOS MODELOS:

Los modelos al no ser una reproducción exacta de la forma exterior de la pieza que se desea fundir, ya que a menudo se parecen poco, deben cumplir las siguientes condiciones:

- Las dimensiones de los modelos son siempre mayores que las de la pieza, ya que hay que tener en cuenta la contracción del metal al enfriarse y solidificar. En la construcción de modelos para la obtención por fundición de moldes metálicos se debe tener en cuenta la doble contracción o sea, la del molde y la de la pieza a fundir.
- Deben conocerse bien las limitaciones de la fundición y no intentar reproducir detalles imposibles de obtener directamente en el moldeo.
- Deben sobredimensionarse las superficies a las que haya que darles un acabado por mecanizado posterior.

- Deben preverse salidas adecuadas para extraer el modelo sin arrastrar la arena de los moldes una vez hechos éstos. A las salidas se les da un ángulo determinado conocido como ángulo de salida o despuya.

MATERIALES UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE MODELOS:

A la hora de elegir un material para construir un modelo hay que tener en cuenta varios factores:

- A. Número de piezas que se van a obtener.
- B. Método de moldeo: (Manual o Mecánico)
- C. Peso del modelo.
- D. Facilidad de trabajo.
- E. Alteración en función del tiempo y de los agentes externos: humedad, abrasión...

Los materiales más utilizados suelen ser:

- Madera.
- Fundición de hierro.
- Latón.
- Aleaciones de aluminio.
- Yeso.
- Mercurio.
- Resinas plásticas.

PLACAS MODELO:

Por lo general constan de un modelo metálico, de madera, yeso o plástico, montados sobre una placa metálica. Los metálicos tienen la ventaja de ser más duraderos, de mayor exactitud y suministran superficies más lisas. Son el elemento fundamental en el moldeo mecánico.

CAJAS DE MOLDEAR:

Son marcos de madera, aluminio, fundición o acero, de formas y dimensiones muy variadas, y están destinadas a contener la arena del molde. Constan de una parte superior y de otra inferior o de fondo, provistas de espigas o clavijas y de orejas en correspondencia para fijar su posición durante el moldeo. Si hay más de dos a las otras se las llama "intermedias o aros". Las paredes de estas cajas suelen llevar, sobre todo si son grandes, una serie de agujeros o ranuras para facilitar la salida de gases del molde y además las aligeran de peso.

ARENAS DE MOLDEO:

Las arenas silicoaluminosas denominadas tierras de moldeo son el material que más se emplea para la fabricación de moldes y machos. Están compuestos químicamente por cuarzo, arcilla, cal y feldspatos.

El cuarzo puro es la sílice y es el principal componente de la arena, entre el 80% y 90%. Constituye el armazón de la arena, ya que tiene una elevada dureza, 7 en la escala de Mohs. Tiene además una elevada resistencia a la temperatura ya que empieza a reblandecer a los 2400°C aproximadamente.

La arcilla está compuesta fundamentalmente por silicato de aluminio hidratado y está en una proporción del 10%. Se encuentra rodeando los granos de sílice y constituye el material aglutinante que une a éstos y da cohesión al conjunto.

Aparte de sus características se le utiliza mucho porque es fácil de obtener y no es costosa. Sin embargo, cada vez más se usan ARENAS ESPECIALES por varias razones:

- Están compuestas de materiales más complejos.
- Contienen mezclas de compuestos inorgánicos.
- Y aunque cuestan más ofrecen mayor estabilidad a temperaturas elevadas, que la sílice ordinaria, lo cual produce mejores superficies de las piezas fundidas.

Algunas arenas especiales son: La olivina, la cromita, el circonio, la estauroлита y el silicato de aluminio.

Las más usadas son: la olivina, la cromita y el circonio.

Todas las arenas naturales contienen siempre un porcentaje de agua variable y que suele ser generalmente inferior al 10%, pero lo ideal es que esté comprendido entre el 5 y el 7%. Si el porcentaje es menor al 5% la resistencia mecánica de la arena disminuye con peligro de arrastre de porciones del molde y forme inclusiones en la pieza fundida. Si el porcentaje es más alto del 7%, el volumen de vapor producido dentro del molde aumentaría el riesgo de poros y sopladuras.

CUALIDADES DE LAS ARENAS DE MOLDES:

Los moldes realizados con arena destinados a recibir la colada deben poseer las siguientes cualidades:

1. **Plasticidad en estado húmedo**, para reproducir con fidelidad los detalles de las piezas.
2. **Cohesión** para que el molde conserve su forma cuando se retire el modelo.
3. **Refractariedad** o capacidad para resistir la elevada temperatura del metal colado sin que se funda o vitrifique en el fondo de la pieza.
4. **Conductividad calorífica** que regula la velocidad de enfriamiento del metal en el molde y con ello su estructura.
5. **Permeabilidad** o capacidad para dejar pasar a su través lo gases que se originan durante la colada.
6. **Deformabilidad** o capacidad de comprimirse para permitir la contracción de la pieza durante su enfriamiento.
7. **Disgregarse(desunirse) con facilidad** para permitir que se desaloje la pieza una vez enfriada.
8. **Ser económica.**

Las arenas que más comúnmente satisfacen estas propiedades están formadas por granos de sílice y cierta cantidad de arcilla y humedad que actuarán como aglomerante de los mismos. Los granos de sílice hacen que la arena sea refractaria y permeable, mientras que la arcilla y humedad le comunican plasticidad y cohesión.

CLASIFICACIÓN DE LAS ARENAS DE MOLDEO:

1. Según su origen:

1. **Arenas naturales** se encuentran en la naturaleza formando sedimentos y si el porcentaje de arcilla y sílice es el correcto se denomina tierra o arena natural de moldeo.
2. **Arenas artificiales o sintéticas** se preparan mezclando sílice, arcilla y agua.

2. Según su estructura:

Redonda, angular, subangular y compuesta

Las investigaciones con arenas de fundición han mostrado que la arena angular proporciona una mayor resistencia de entrelazamiento si se apisona o compacta de forma adecuada.

Los granos redondos fluyen mejor, tienen mayor resistencia de compresión y mejores propiedades de ventilación.

Las propiedades de la arena subangular están entre las de grano redondo y las angulares. Las arenas compuestas no se usan con frecuencia debido a sus propiedades finales impredecibles.

3. Según el estado o el uso al que se destinan:

a. - Arena verde: es cuando está húmeda con el agua imprescindible para darle plasticidad y cohesión. El moldeo en verde se utiliza fundamentalmente, para piezas de tamaño pequeño y mediano, por la economía y rapidez que supone no tener que secar los moldes. El porcentaje de humedad debe ser inferior al 8% para evitar un excesivo desprendimiento de gases durante la colada.

b. - Arena seca o de estufa: es cuando se elimina la humedad de los moldes calentándolos. Se utiliza para fundir piezas de grandes dimensiones con formas complicadas o de elevada calidad. Sus principales ventajas son: menor tendencia a producir poro, mejor resistencia mecánica y mejor precisión en las dimensiones. Sus inconvenientes son el mayor costo, y la pérdida de tiempo en el secado.

c. - Arena vieja o de montón: se obtiene al desmoldear las piezas fundidas, ha perdido las propiedades por la temperatura a que ha estado sometida. Se puede regenerar adicionándole arcilla o mezclándola con arena nueva.

d. - Arena de moldeo o de cargar: Es la que está en íntimo contacto con el modelo y con el metal fundido durante la colada. Es siempre arena nueva o regenerada.

e. - Arena de relleno: envuelve a la de moldeo y llena el resto de la caja. Se utiliza arena usada o de montón.

f. - Arena para machos: se destina a la elaboración de los mismos y se utiliza arena extrasilíceica de granos redondeados y tamaño uniforme, aglomerada con aglomerantes especiales, para machos.

g. - Barro: Es el producto que se obtiene mezclando en molinos de cilindros, arena rica en arcilla, estiércol de caballo, paja y crines de caballo y la cantidad de agua suficiente para obtener una masa de consistencia pastosa. Se emplea para enlucir la superficie rugosa de los moldes construidos con ladrillos refractarios.

MÉTODOS DE MOLDEO:

Una primera clasificación sería por la forma de realizarlo:

- Moldeo a mano:
Como su nombre indica todas las operaciones son manuales. Requieren personal muy cualificado y sólo es adecuado para obtener un número muy reducido de piezas o cuando las piezas son muy complicadas y no se puede utilizar el moldeo mecánico.
- Moldeo mecánico:
En los talleres de fundición de gran producción y en serie, para elaboración de moldes y machos se sustituyen los métodos manuales por el moldeo mecánico. Sus ventajas son las siguientes:
 1. No requiere personal especializado.
 2. Se puede utilizar de forma más racional al personal especializado, ya que se le libera de una serie de espacios auxiliares.
 3. Posibilita que el operario adquiera con rapidez la habilidad de elaborar los moldes a máquina mientras que el aprendizaje manual es más lento.
 4. Es posible obtener piezas de forma complicada con precisión y rapidez.
 5. Se pueden obtener piezas con espesores muy pequeños.
 6. Los moldes adquieren una compacidad más uniforme y resistencia más alta, con lo cual las piezas quedan mejor terminadas.
 7. Se facilita la operación de desmoldeo sin deteriorar el molde con el consiguiente ahorro de gastos de reparación.
 8. Se disminuye el número de piezas defectuosas y se mejora la calidad.

MÁQUINAS DE MOLDEAR:

Realizan total o parcialmente el ciclo de operaciones del moldeo. Las primeras que se construyeron sólo extraían el modelo, se llamaban máquinas de desmodelar. Con ello se evitaba la posibilidad de deterioros y posterior reparación del molde.

A continuación, para disminuir la fatiga de los operarios y aumentar la productividad se sustituyó el atacado a moldeo por el mecánico y ya se construyeron las máquinas de moldear que incluso cerraban la caja.

En la actualidad las máquinas automáticas clasifican y cargan la arena, retiran el modelo y cierran las cajas dejándolas listas para la colada.

Las principales ventajas de las maquinas son:

1. La densidad de los moldes es más uniforme que en el moldeo a mano, lo que se traduce en una mayor uniformidad en el acabado de las piezas.
2. Las dimensiones de las piezas son también más uniformes pues en el moldeo manual el operario tranquea y mueve los modelos demasiadas veces, aumentando las dimensiones de los moldes y por tanto de las piezas.
3. En el moldeo y máquina se obtienen los moldes con los bebederos, 18 , etc. Ya que van modelados en la placa modelo. En cambio en el moldeo a mano es prácticamente imposible reproducir en cala molde con igual exactitud el sistema de colada con sus dimensiones y posición correcta.
4. Los modelos duran más colocados en las placas que si están sueltos como en el moldeo a mano.

Los principales inconvenientes son:

- El elevado coste de adquisición
- La dificultad de introducción de la misma en un taller aferrado a la rutina del moldeo a mano.

En muchos talleres se adquieren máquinas a veces sin estudiar a fondo el trabajo que han de realizar y o por inercia de los operarios que se resisten al aprendizaje de nuevos métodos o porque realmente no son adecuados para el tipo de moldeo que se les asigna.

El caso es que se transforman en un estorbo más que en un útil de trabajo, por ello para la adquisición de una máquina se debe hacer un estudio conociendo las necesidades del taller y así tener garantía de acierto. En la elección hay que enseñar correctamente su manejo a los operarios que se han de hacer cargo de ella y saber mantenerla en su punto óptimo de funcionamiento.

El tiempo y coste se la puesta a punto de la fabricación de cada pieza que hay que sumar al coste de la coquilla.

TEMA 4: MOLDEO EN MOLDES METÁLICOS

Los moldes metálicos también llamados coquillas, sustituyen ventajosamente a los de arena cuando se trata de fabricar grandes series de una misma pieza. Las coquillas se componen de dos partes principales: una el cuerpo del molde, que da la forma exterior de la pieza y que es siempre metálica, y otra que son los machos, que reproducen partes o entrantes de las piezas, y que pueden ser metálicos o de arena.

El espesor de las paredes del molde depende del tamaño de las piezas que se vayan a colar. Un molde de paredes demasiado gruesas con relación a la pieza, tiene una inercia térmica demasiado grande, lo que retrasa su calentamiento y posteriormente su enfriamiento. Mientras que un molde demasiado delgado, se calienta demasiado en cada llenado y se enfría con rapidez en cada vaciado.

Normalmente, el espesor de las paredes está comprendido entre 3 y 4 veces el grueso de la pieza, no debiendo ser inferior a 15mm, ni superior a 60mm.

La duración de los moldes depende de la clase de material empleado en su fabricación, del material que se moldee, y del cuidado que se ponga en su manipulación. Un molde bien fabricado y bien utilizado suele resistir la fundición de 20.000 a 40.000 piezas sin retoques de importancia.

La colada en coquilla de forma complicada, se facilita imprimiéndole a las mismas vibraciones de pequeñísima amplitud, por medio de un mecanismo adecuado accionado por un motor eléctrico. También se puede facilitar el llenado de la coquilla por la aspiración producida en su fondo por una bomba aspirante. Este procedimiento permite el moldeo de piezas finas y muy esbeltas.

Las principales condiciones que se debe precisar en la utilización de coquillas son:

1. Lubricantes que se deben emplear.
2. Temperaturas de colada del metal.
3. Temperatura a que debe mantenerse la coquilla.
4. Forma y velocidad de la colada.
5. Orden y cadencia de las operaciones de desmoldeo.
6. Velocidad de enfriamiento de los núcleos.

Las principales ventajas del moldeo en coquilla son:

- Se logra mayor precisión en las cotas de las piezas que en el moldeo con arena.
- Las contracciones lineales son menores que en arena.
- En el moldeo en coquilla pueden insertarse más fácilmente que en arena las piezas metálicas que se desean colar.
- Necesita menos espacio y menos manejo de materiales que en arena.
- Siempre que se deseen fabricar series de más de mil piezas, el moldeo en coquilla resulta más económico que en arena.

Los inconvenientes que presenta el moldeo en coquilla son:

- El elevado coste de las coquillas y de los accesorios.
- El tiempo y coste de la puesta a punto de la fabricación de cada pieza al que hay que sumar al coste de la coquilla.

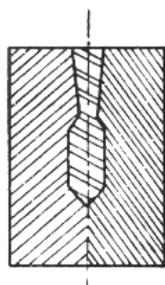


Fig. 6-1.—Coquilla formada por dos placas.

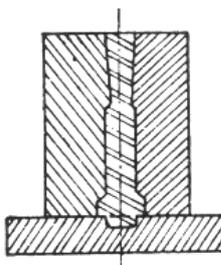


Fig. 6-2.—Coquilla formada por dos placas y pedestal.

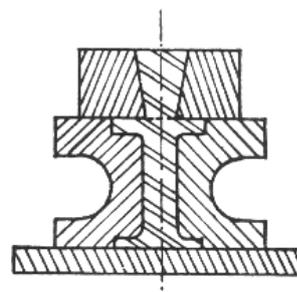


Fig. 6-3.—Coquilla formada por dos pisos de placas y pedestal.

FUNDICIÓN CENTRIFUGADA:

Se caracteriza porque durante la misma el molde está animado de un movimiento de rotación que le comunica al metal fundido por arrastre de sus paredes. La fuerza centrífuga que se desarrolla lanza al líquido contra las paredes del molde y aumenta su presión, facilitando el llenado de los huecos y la solidificación. Las instalaciones suelen ser muy costosas y sólo se amortizan fabricando grandes series.

MOLDEO EN COQUILLA CON INVERSIÓN DE MOLDE:

También llamado moldeo por inversión, se emplea principalmente para obtener piezas huecas de ornamentación y orfebrería.

Consiste en dejar que se forme una capa de metal sólido en contacto con las paredes de la coquilla y cuando ha alcanzado el espesor deseado, se invierte el molde y se desaloja el metal líquido que aún no ha solidificado.

El espesor de la capa es función de la temperatura de la coquilla, y del tiempo transcurrido desde que se efectúa la colada, hasta que se invierte el molde.

Las características mecánicas de las piezas son muy bajas, el acabado de la superficie interior muy rugoso y el espesor de la capa no es uniforme, sin embargo el aspecto exterior de la superficie es muy bueno.

MOLDEO EN COQUILLA POR PRESIÓN: FUNDICIÓN A PRESIÓN.-

Difiere del moldeo en coquilla por gravedad en que el metal en estado líquido o pastoso se introduce en el hueco del molde bajo presión, esto favorece el rápido llenado del molde y la reproducción fiel de sus más finos detalles. También se asegura la eliminación de la porosidad en las secciones macizas de la pieza.

La presión debe ser tanto más elevada cuanto mayor sea la tendencia de la aleación a presentar sopladuras. En la práctica oscila entre 10 y 700 kg/cm² con una velocidad de introducción del metal en el molde del orden de 60 m/s.

Las piezas después de eliminado el bebedero quedan completamente terminadas y no necesitan mecanizado posterior.

La estructura del metal es de grano fino y las características mecánicas muy elevadas. La presión se ejerce sobre el metal con máquinas especiales que trabajan de forma automática o semiautomática.

TEMA 5: MOLDEOS ESPECIALES

MOLDEO EN CÁSCARA:

Es bastante moderno, se puso en práctica en 1944. Consiste en esencia en obtener un molde con una delgada cáscara de arena de sílice aglomerada con resinas sintéticas termoestables tipo fenol-formol o urea-formol, depositándola sobre una placa modelo se juntan dos coincidentes para formar el molde completo donde se cuela la aleación.

Los materiales esenciales son:

- **Arena de sílice seca** lavada para eliminar la arcilla, de grano fino perfectamente controlado.
- **Arena de circonio** con la que se obtienen un acabado superficial más perfecto, pero es más cara.
- **Resinas** en forma de polvo muy fino, tipo baquelita y un acelerador de moldeo. El porcentaje de resina varía del 6 al 10%.

Placas modelo para el moldeo en cáscara: con ellas se obtienen cada una de las mitades del molde. Deben ser de un metal buen conductor del calor, capaz de calentarse y enfriarse sin experimentar deformaciones u oxidaciones apreciables.

Generalmente, suelen ser de acero al carbono o fundición para grandes series y de aluminio, latón o bronce para pequeñas series.

MÁQUINAS PARA EL MOLDEO EN CÁSCARA:

Este proceso se realiza en máquinas que ejecutan las siguientes operaciones.

1. Calientan la placa modelo a unos 200°C.
2. Pulverizan sobre la placa un agente de desmoldeado a base de siliconas para facilitar el desmoldeo.
3. Colocan la placa modelo sobre un dispositivo parcialmente lleno de la mezcla.
4. Se invierte el depósito cayendo la arena sobre el modelo desde una altura de 25-30 cm y a partir de este momento empieza a formarse la cáscara a razón de 1mm por segundo. Los 5 primeros mm y después a razón de 1mm cada 2 segundos los espesores siguientes. El tiempo medio utilizado en formarse la cáscara es de unos 10 segundos.
5. Se vuelve a girar el depósito con la placa modelo, hasta colocarlo en su posición original con la cual la arena no aglomerada cae otra vez al depósito quedando en contacto con el modelo la cáscara.
6. Se lleva la placa modelo con la cáscara pegada a él, a una estufa donde se termina el endurecimiento de la cáscara, calentándola a una temperatura entre 350 y 450 C° durante 2 minutos. Con esto se quedan los medios moldes terminados los cuales se pueden cerrar, uniéndolos por los bordes con tornillos o encalándolos con resinas plásticas del tipo urea-formaldehído o epoxi.

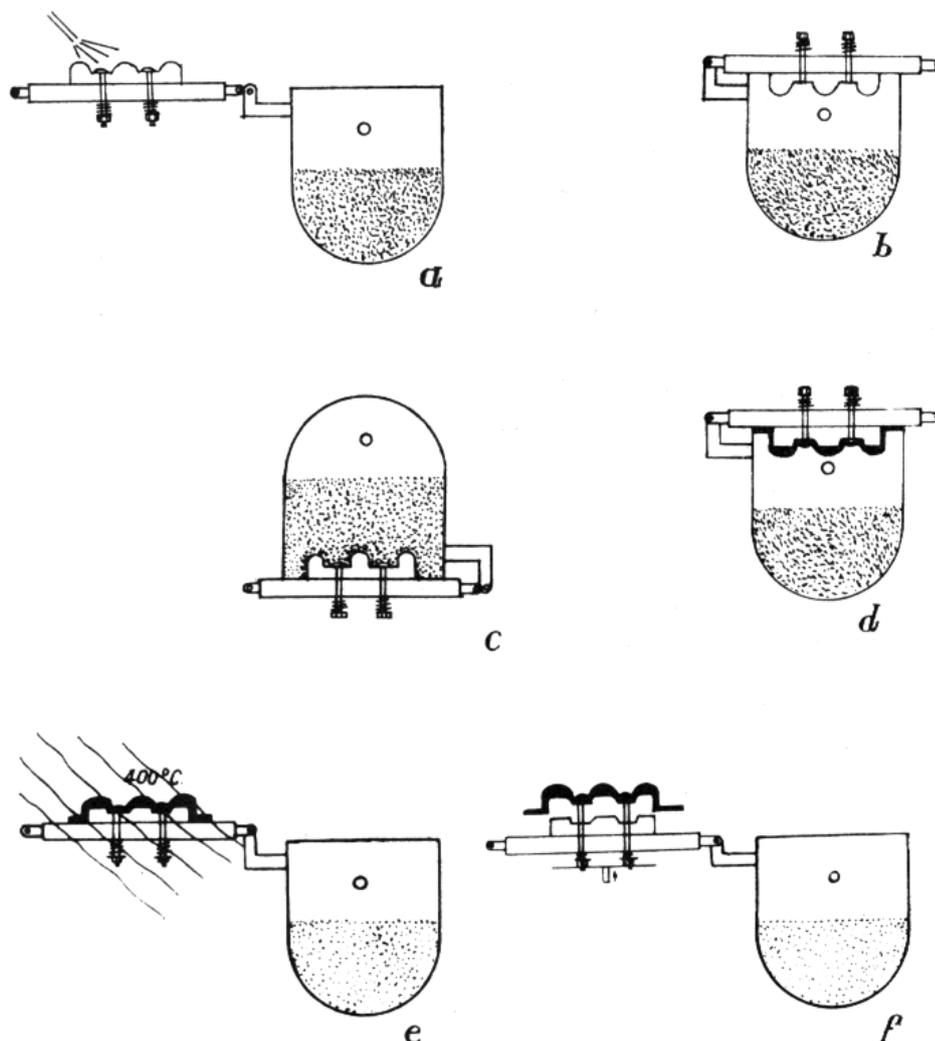


Fig. 5-4. Esquema del molde en cáscara: a) pulverizado de la placa modelo ya calentada a 250° de un agente de desmoldeo para facilitar el desmoldeo; b) modelo preparado sobre el depósito de arena; c) Inversión del depósito sobre la placa-modelo; d) el depósito de arena vuelve a su posición normal y queda el molde en cáscara adherido a la placa-modelo; e) el molde en cáscara todavía adherido a la placa-modelo se calienta en la estufa hasta 400°; f) el molde en cáscara se desprende de la placa-modelo.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL PROCESO:

Ventajas:

1. Las piezas moldeadas en cáscara, tienen mayor precisión que las moldeadas en arena. Esto unido al mejor acabado de las mismas permite sobreesesores más reducidos en las superficies que se han de mecanizar.
2. Los moldes de cáscara son más ligeros y manejables pues pesan una décima parte menos que los moldes de arena.
3. No son necesarias cajas de moldear.
4. Los machos fabricados en cáscara son huecos y porosos con la consiguiente reducción de peso.
5. Las piezas conformadas por este proceso tienen mayor homogeneidad estructural.

6. Los moldes se producen con rapidez y en espacio reducido.
7. El moldeo se realiza automáticamente y no necesita mano de obra especializada.
8. Como la capacidad calorífica de la cáscara es baja el metal se enfría lentamente, lo que permite reducir el tamaño de los conductos de distribución.
9. Los moldes son muy estables y se pueden almacenar durante mucho tiempo.

Inconvenientes:

1. Sólo son aplicables a grandes series, para que la amortización de los útiles no encarezca excesivamente los moldes fabricados.
2. La arena con aglutinantes resulta 5 o 6 veces más cara que la arena normal.
3. Las placas modelo metálicas, son bastante más caras que las de madera, plástico, yeso, etc.
4. Las piezas no pueden ser muy grandes normalmente, las más grandes suelen ser de unos 250kg.

En resumen este proceso sólo es aconsejable económicamente cuando la mayor precisión de las medidas en las piezas obtenidas, hagan totalmente innecesario el mecanizado posterior, ya que si hay que mecanizar, no compensa la diferencia con el mayor coste del proceso.

MOLDEO CON CO₂:

Es un proceso basado en endurecer los moldes y machos de arena sin necesidad de cocerlos. Para esto se emplea arena extrasilíceica mezclada con silicato sódico como aglomerante en lugar de arcilla, el molde o macho se prepara como si fuese de arena en verde y cuando está terminado se hace pasar a través de su masa una corriente de oxido de carbono que produce gel de sílice que es el elemento que origina el endurecimiento.

MOLDEO A LA CERA PERDIDA:

Se realiza de la manera siguiente:

1. Se hace un modelo en cera del objeto que se ha de moldear.
 2. Se recubre este modelo con una capa gruesa de yeso y arena de sílice mezclada.
 3. Después de secarse al aire el modelo de cera con su envoltura, se cuece en un horno. La cera entonces se funde y queda el recubrimiento formando el verdadero molde, que reproduce con gran exactitud la superficie exterior del modelo de cera. Se emplea mucho este proceso para la fabricación de piezas pequeñas en serie que se obtienen con excelente acabado superficial y gran precisión, lo que hace innecesario su mecanizado posterior en muchos casos. En la actualidad se utiliza para obtener, con aleaciones refractarias, una gran cantidad de piezas de elevada precisión, formas muy complicadas y pequeño tamaño, imposibles de obtener por otro método de moldeo e incluso por mecanizado. Por este método se obtienen piezas como las siguientes:
- Fresas y brocas de acero de corte rápido.
 - Álabes para turbinas de vapor, de gas y de motores de reacción con aceros inoxidables o aleaciones refractarias.
 - Tijeras e instrumental quirúrgico con aceros martensíticos.
 - Pequeños imanes permanentes de formas complicadas con aleaciones de tipo álnico(denominación comercial).

- Piezas de maquinaria textil, de máquinas de coser, de armas automáticas, de motores de combustión, herramientas calibres, moldes de estampación, partes de electrodomésticos, etc.

Las limitaciones de este procedimiento se deben al coste relativamente elevado y a la limitación del tamaño de las piezas, que suele ser menor de 500gr. La gran mayoría no sobrepasan los 30gr, pero se han llegado a obtener piezas de hasta 20kg.

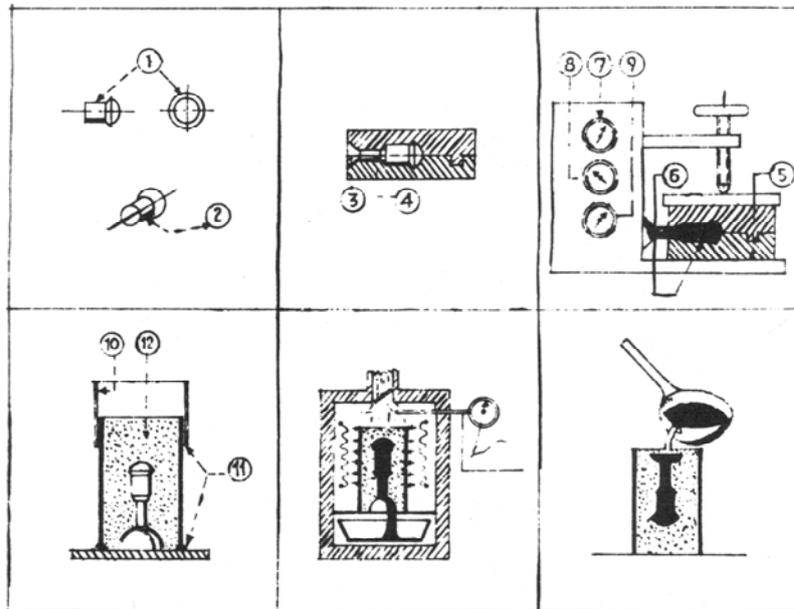


Fig. 5-12.—Moldeo a la cera perdida: 1, plano de la pieza; 2, modelo; 3, coquilla metálica preparada con el orificio y el canal 4) de inyección; 5) coquilla dispuesta en la prensa de inyección de la cera en la que se obtiene el modelo en cera 6). La máquina lleva indicadores de temperatura de la cera 7), presión de inyección 8) y duración de la inyección 9). A continuación se introduce el modelo de cera en un recipiente de acero 11), sobre el que se coloca un realce 10), para que una vez apisonada la arena por sacudidas, quede lleno el recipiente 12). Finalmente se calienta el recipiente, se derrite la cera y queda el molde en disposición de colada.

MOLDEO MERCAST:

Puede considerarse como una variación del moldeo a la cera perdida, en este caso, se utiliza mercurio en lugar de cera y se obtienen piezas de alta precisión de medidas, se realiza de la manera siguiente:

- Se fabrican modelos patrón y medios moldes metálicos igual que para la cera perdida.
- Se vierte mercurio en los medios moldes hasta llenarlo por completo.
- Se introducen en un baño de acetona a una temperatura inferior a 75 °C bajo cero, con lo cual el mercurio, que solidifica a 40 °C bajo cero, queda totalmente en estado sólido.
- Se extraen los medios moldes y se juntan sin necesidad de ningún adhesivo.
- Se sumerge el mercurio sólido en baños de papillas cerámicas mantenidas a una temperatura inferior a la de congelación del mercurio con lo cual se recubre éste de una capa de papilla cerámica de un espesor de 3 a 6 mm.
- Se lleva hasta la temperatura ambiente con lo cual el mercurio se licua y es evacuado, el recubrimiento queda formando el molde.
- Estos moldes cerámicos, se cuecen a temperaturas elevadas con lo que adquieren las cualidades de la porcelana, con superficies extraordinariamente lisas, que luego dan un excelente acabado superficial a la pieza moldeada.

- El molde cerámico cocido se coloca en una caja de moldeo y se rodea de arena. A continuación se calienta el conjunto hasta la temperatura de colada con lo cual se facilita el perfecto llenado del molde.
- Después de un enfriamiento controlado, se rompe el revestimiento y queda la pieza con una precisión que en la mayoría de los casos hace innecesaria ninguna otra operación.

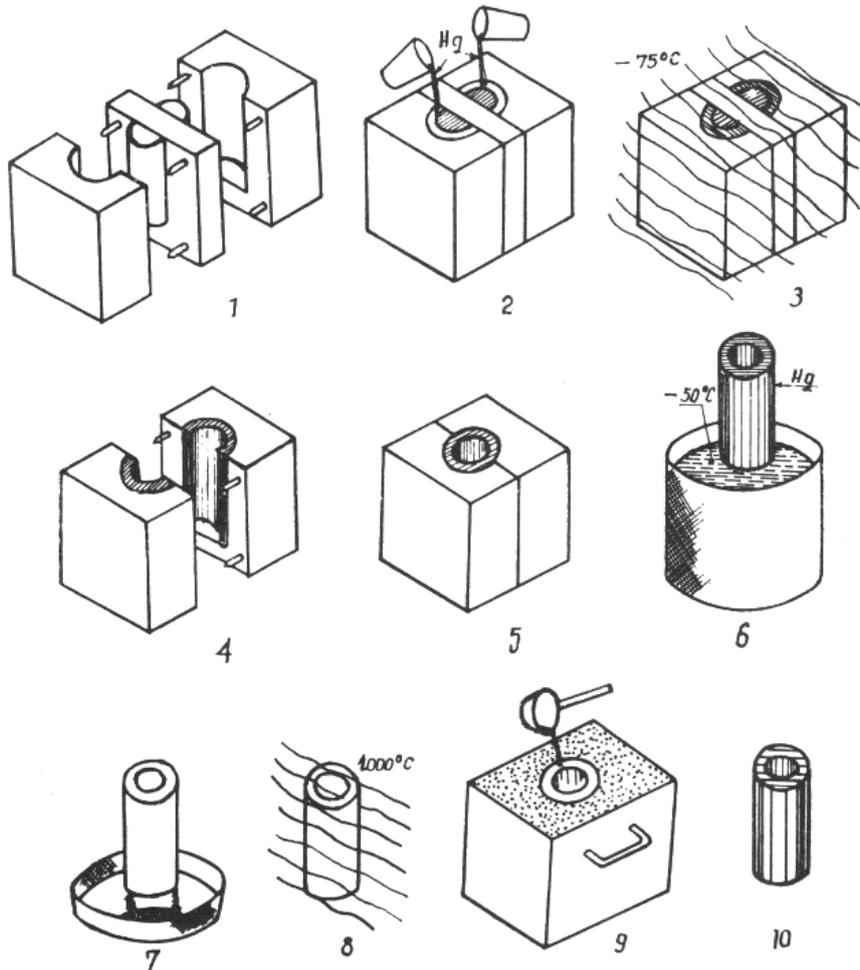


Fig. 5-16.—Moldeo por el procedimiento Mercast: 1) coquilla metálica con placa intermedia de machos; 2) colada; 3) enfriamiento de la coquilla a -75° ; 4) separación de las placas intermedias; 5) unión de las dos mitades del molde sin placa intermedia, quedando los modelos de mercurio perfectamente adheridos por simple presión; 6) recubrimiento del modelo de mercurio congelado de un baño de papilla cerámica por inmersión; 7) al elevar a la temperatura ambiente se licua el modelo de mercurio y queda el recubrimiento de cerámica; 8) a continuación se cuece el molde formado por el recubrimiento; 9) colada una vez rodeado el molde de arena para mejorar su resistencia; 10) pieza terminada.

MOLDEO CON YESO:

Usualmente los moldes de yeso no se consideran competitivos con los moldes de arena o los metálicos, sin embargo, este proceso permite la producción de piezas fundidas que de otra manera sería imposible producir debido al tiempo, diseño o textura de la superficie deseada. La tersura de superficie de estos moldes proporciona un acabado superficial excelente en las piezas fundidas, esta superficie produce una mayor exactitud que la obtenida en cualquier otro método. Se puede ir a tolerancias mucho más estrechas con lo cual las piezas necesitan poco o ningún

maquinado, además tienen una dureza y una maquinabilidad uniformes debido a su lenta solidificación direccional que ayuda a eliminar tensiones internas.

El procedimiento para obtener los moldes de yeso incluye los siguientes pasos:

1. Se recubre la placa modelo con una delgada capa de aceite y se coloca sobre un tablero en una caja de moldeo.
2. A continuación se vierte la mezcla sobre la placa y se llena la caja.
3. Se le hace vibrar para asentar el yeso y asegurarse que el modelo ha quedado rodeado completamente.
4. Después de unos 30 minutos el molde debe estar lo bastante duro para taladrarlo, hacerle los huecos de alineamiento y darle la vuelta.
5. Después de sacar por completo la sección superior del molde se coloca la sección superior de la caja y toda la superficie del yeso y del modelo se cubre con aceite. Se deja fraguar el yeso durante 30 minutos y se separa las dos mitades golpeándolas.

El material de moldeo es una lechada o papilla de yeso calcinado con adicciones de talco para evitar que se agriete el molde de óxido de magnesio, para acelerar el fraguado y en ocasiones óxido de calcio o cemento para controlar la dilatación durante el secado y cocido.

Recientemente se ha desarrollado otra variante en la cual se aumenta la permeabilidad adicionándole a la mezcla un agente espumante que mediante un batido produce una estructura porosa distribuida uniformemente por el interior del molde.

Otra técnica más moderna es el proceso antiok con el que se eleva la permeabilidad y la capacidad calorífica del molde haciendo más fácil la obtención de forma más complejas con detalles más finos y secciones más delgadas.

El material usado es una mezcla de yeso, arena, amianto, talco, silicato sódico y agua. La pasta se retira de la placa aún húmeda y se introduce en un autoclave (depósito en el cual se controla presión, temperatura y vapor. Se utiliza para esterilizar en hospitales) para aumentar su permeabilidad. Luego se deja secar al aire y finalmente secan en estufa a unos 230°C.

Los moldes de yeso se usan para colar metales no féreos como aluminio, plata, oro, magnesio, cobres, bronce y latones, ya que a alta temperatura, el azufre del yeso reacciona con el hierro y producen superficies defectuosas.

La ventaja principal del molde de yeso, es la elevada precisión en las medidas.

El principal inconveniente es que el molde de yeso tiene una capacidad calorífica muy baja y por tanto las piezas solidifican lentamente dando una estructura de grano más grueso y por tanto menos resistencia mecánica que la obtenida en moldes de arena o metálicos.

TEMA 6: TECNOLOGÍA DE LA FUNDICIÓN

TECNOLOGÍA DE LA FUSIÓN:

Durante la fusión se debe realizar un control riguroso de la composición de la atmósfera del horno y de la escoria, si es necesario se adicionan los elementos de aleación precisos y se eliminan impurezas indeseables. En ocasiones antes de la colada se agregan inoculantes para afinar el grano o modificar la estructura metalúrgica a fin de obtener mejores características mecánicas.

Una vez que se ha elegido el horno más adecuado se funde en primer lugar el metal con mayor temperatura de fusión, y cuando se ha alcanzado la temperatura suficiente se le van adicionando en proporción adecuada los restantes elementos o aleación madre previamente calentados o fundidos en un crisol aparte. En este periodo, la aleación puede disolver los gases de la atmósfera del horno, reaccionar con ellos, o también con los materiales del crisol, por eso, aun empleando materias puras es casi inevitable que las aleaciones estén impurificadas con gases disueltos, elementos no gaseosos disueltos y óxidos e inclusiones en suspensión.

Por esto las aleaciones antes de colarlas se someten a los siguientes tratamientos:

1.- REFINADO: Su misión es eliminar las impurezas indeseables de la aleación líquida. Se emplean los flujos de fusión que actúan protegiendo, desoxidando o desgasificando el baño. Estos flujos deben tener las siguientes propiedades:

- a) Poseer una temperatura de fusión inferior a la de la aleación.
- b) Protegerla contra la oxidación del aire y de la humedad.
- c) Eliminar los óxidos que se forman en la superficie y en el interior, y también los gases disueltos o combinados.
- d) No deben introducir elementos extraños ni eliminar los de la aleación.
- e) Deben poder separarse fácilmente del metal y no sean higroscópicos.

2.- PROTECCIÓN: Los metales fundidos se protegen de los gases que les rodean mediante sales fundidas que flotan en la superficie.

3.- DESOXIDACIÓN: Los óxidos se eliminan de la masa metálica mediante agentes reductores cuya afinidad por el oxígeno es mayor que la de los elementos de la aleación. Los óxidos que se formen han de ser menos densos que la aleación para que se decanten y reaccionen con la escoria.

4.- DESGASIFICACIÓN: Salvo las aleaciones fundidas en hornos con cámara de vacío, las demás contienen mayor o menor cantidad de gases disueltos que si no se eliminan antes de la solidificación originan poros. El más peligroso y difícil de eliminar es el hidrógeno.

La desgasificación puede efectuarse:

- a. Por enfriamiento lento hasta las proximidades del sólido, seguido por un calentamiento rápido hasta la temperatura de colada.
- b. Por oxidación deshidrogenante.
- c. Mediante flujos que liberan gases no solubles como nitrógeno, cloro y gases nobles que arrastran consigo al hidrógeno. Los flujos pueden estar formados por sales volátiles como son cloruros y fluoruros, que al descomponerse dejan en libertad gases que arrastran al hidrógeno. También pueden ser compuestos orgánicos como el hexacloroetano o el hexaclorobenceno, o gases como el cloro y el aire.

5.-INOCULACIÓN: Se efectúa por lo general al final de la fusión y antes de la colada, mediante la adición de inoculantes que hacen variar la microestructura de la aleación solidificada. Pueden producir los siguientes efectos:

- a) Afinar el grano.
- b) Favorecer la grafitización.
- c) Alterar la forma de grafito en las fundiciones haciendo que adopte una forma esférica dando lugar a un tipo de fundición de alta resistencia y plasticidad conocida como fundición dúctil o de grafito esferoidal. Esto se consigue adicionando pequeñas cantidades de magnesio o cérium en forma de ferroaleaciones.

COLABILIDAD:

Aun cuando los conductos del sistema de distribución estén perfectamente diseñados, existe la posibilidad de que el metal comience a solidificar antes de haber llenado por completo al molde, sobre todo en sus partes más delgadas. Para que esto no suceda, la aleación debe tener una colabilidad adecuada, entendiéndose por tal su mayor o menor aptitud para llenar por completo la cavidad del molde. Será función de la cantidad de calor que puede perder el metal antes de solidificar y en consecuencia de la temperatura de sobrecalentamiento, depende también de las condiciones de enfriamiento del metal en el molde y de la velocidad de la colada.

RECHUPADOS:

Se origina por el enfriamiento desigual del metal en el molde, consisten en una cavidad o rechupe que se sitúa en la zona que solidifica en último lugar.

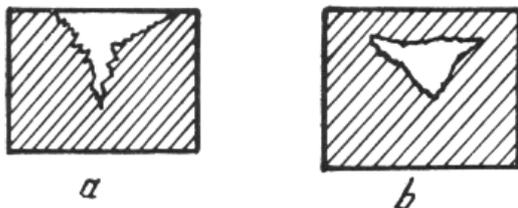


Fig. 9-4.—Rechupes: a) exterior; b) interior.

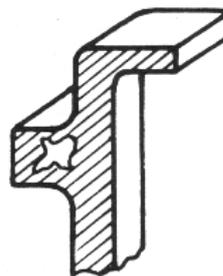


Fig. 9-5.—Rechupe producido en un punto caliente.

DESMOLDEO:

Esta es la operación en virtud de la cual las piezas una vez frías se extraen del molde, la duración del enfriamiento depende de la naturaleza del molde y del volumen del metal colado. En piezas muy voluminosas coladas en arena pueden tardar varios días, por ejemplo un eje de un motor marino de 30 toneladas puede tardar hasta 8 días en enfriarse y no debe desmoldearse antes de lo debido pues se podría romper como consecuencia de las tensiones que origina el enfriamiento rápido al aire libre de piezas pequeñas coladas en coquilla solidificarán rápidamente y se desmoldean con suma facilidad bastando con abrir la coquilla y extraer la pieza.

El desmoldeo de piezas coladas en arena es un trabajo penoso e insalubre debido a la cantidad de polvo de sílice que se desprende y por lo tanto hay peligro de silicosis. Debe efectuarse en locales muy bien ventilados con extractores de polvo y a ser posible humedeciendo la arena, los obreros deben usar mascarillas antipolvo. Esta operación se puede realizar por varios procedimientos desde la separación normal en los talleres no mecanizados hasta el empleo de las instalaciones automáticas en los mecanizados, en estos últimos se suelen emplear máquinas vibradoras que constan esencialmente de una parrilla muy robusta sometida a vibración mecánica o neumática encima de la cual se colocan las cajas de moldeo, después del enfriamiento y por efecto de la vibración la arena se desprende y cae a través de las barras de la parrilla sobre una cinta transportadora situada debajo que la recoge y lo envía a una sección de recuperación. Las piezas y las cajas casi exentas de arena quedan retenidas encima de la parrilla.

También existen máquinas de extracción por sacudidas que constan de una parrilla muy robusta sometida a percusión por elevación y caída desde una cierta altura sobre un soporte rígido, bajo cuyo efecto las arenas de la caja situadas encima se desmoronan y cae a través de barras que retienen las cajas y las piezas, también está provista de una cinta transportadora.

DESARENADO:

Es la operación en virtud de la cual después del desmoldeo se retira de la superficie de la pieza cualquier trozo de arena u otras impurezas que hayan podido quedar adheridas. Para ello se suelen emplear cepillos de alambre si son pocas piezas y pequeñas. Tambores o cubas de frotación que se usan también para piezas pequeñas y que consisten en un tambor giratorio dentro del cual se introducen las piezas junto con pequeñas estrellas de puntas de fundición blanca y al girar el tambor se desprende la arena por frotación y las piezas quedan completamente limpias. También se utilizan chorros a presión de aire, de agua o de bolitas de acero.

DESBARBADO:

Mediante esta operación se eliminan de las piezas los canales de colada, las mazarotas (recargador de metal fundido) y las rebabas de las juntas, para ello se utilizan los más diversos métodos como pueden ser la utilización de limas, cizallas, sierras, muelas de esmeril, sopletes, etc.

PIEZAS DESMOCHADAS:

Si no se toman las debidas precauciones durante el desmoldeo y el desbarbado puede romperse los conductos de colada y arrancarle un trozo a la pieza dejándola inservible.

ESTABILIZACIÓN O ELIMINACIÓN DE TENSIONES EN LAS PIEZAS MOLDEADAS:

Aun tomando las debidas precauciones la mayor parte de las piezas fundidas después de enfriarlas están sometidas a tensiones, por tanto antes de mecanizarlas se debe someter a las piezas a un tratamiento de estabilización o recocido contra tensiones consistente en calentarlas lentamente hasta una temperatura adecuada en función del material, durante 4 ó 5 horas seguido

de un enfriamiento lento. En las piezas de calidad elevada se suele dar un segundo tratamiento después del mecanizado principal y antes del acabado final, también se puede conseguir la estabilización natural dejando que las piezas envejezcan a la intemperie durante 1 ó 2 años pero esto no es rentable.

INCLUSIONES:

Son partículas extrañas procedentes de las impurezas que inevitablemente se encuentran en el metal en el momento de la colada o que pueden accidentalmente incorporarse a ella. Producen discontinuidades en la masa metálica afectan a las características mecánicas. Suelen ser óxidos, silicatos, sulfuros, trozos de refractario.

GOTAS FRÍAS:

Se originan normalmente en la colada directa o cuando las gotas que salpican se oxidan y solidifican bruscamente. Si al caer en la aleación líquida la temperatura de ésta no es lo suficientemente elevada para refundirlas quedan aprisionadas en la masa en forma de gotas frías, si quedan al descubierto durante el mecanizado deterioran las herramientas de corte por su elevada dureza.

INSPECCIÓN DE LAS PIEZAS FUNDIDAS:

Los métodos más corrientes son:

- Examen visual: se debe realizar inmediatamente después del desmoldeo para evitar gastos de limpieza en piezas con defectos visibles.
- Control de dimensiones: con calibres especiales si la serie es grande o en una mesa de trazado si es pequeña.
- Prueba de sonoridad: Se efectúa golpeando con un mazo de madera la pieza colgada de un gancho y por el sonido que emite se sabe si la pieza está rota o no.
- Ensayos no destructivos: Se utilizan métodos de partículas magnéticas, líquidos penetrantes, rayos X y ultrasonidos.
- Examen metalográfico: Para determinar el tamaño del grano y las microporosidades.
- Ensayos mecánicos: Como pueden ser dureza, tracción, flexión, fatiga, etc...
- Análisis químico: Para ver si la composición se ha mantenido dentro de los límites deseados.
- Acabado superficial: Valorando el mismo con el rugosímetro.

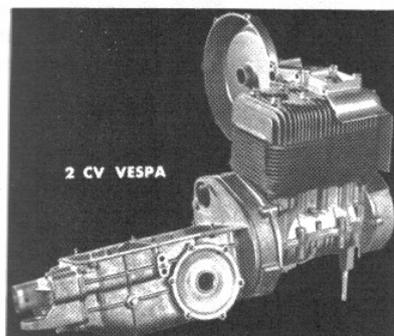


Fig. 7-10.- Motor de «Vespa» de aleación ligera colado por fundición a presión.

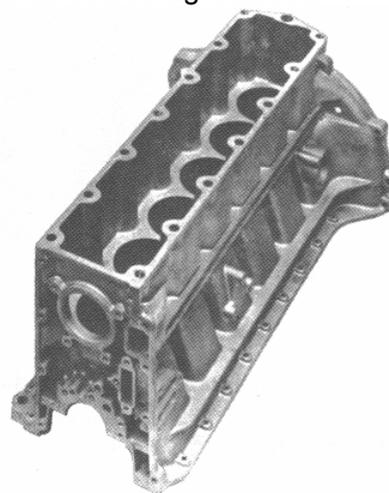


Fig. 7-11.-Bloque de motor de explosión de seis cilindros, colado en aleación ligera por fundición a presión.

TEMA 7: METALURGIA DE POLVOS (PULVIMETALURGIA)

Se conoce con el nombre de pulvimetalurgia (metalurgia de polvos), sinterización o fritado, al proceso empleado en la fabricación de piezas a partir de polvos metálicos. Estos polvos se prensan dentro de moldes, se extraen de los moldes y se calientan a temperatura inferior al punto de fusión del metal.

Es un proceso utilizado principalmente para metales difíciles de maquinar y consta principalmente de las etapas siguientes:

1. Obtención del polvo.
2. Proporcionar un tratamiento al polvo.
3. Moldear la masa de polvo mediante prensado.
4. Sinterizar la pieza obtenida por compactación.

Aunque menos empleados existen 2 variedades del proceso:

En una cuando se requiere aumentar la precisión dimensional, la densidad, o eliminar la porosidad superficial, la pieza se vuelve a comportar después de sinterizada.

En la otra variante además de la recompactación la pieza se somete a una 2ª operación de sinterizado, la cual elimina esfuerzos y suelda las partículas compactadas. En consecuencia aumenta la resistencia mecánica, se mejora las propiedades magnéticas y la estabilidad dimensional.

En la actualidad tiene un gran campo de aplicación como pueden ser:

1. Piezas de aleaciones de hierro, cobre, etc. para las que factores técnicos y económicos aconsejan este método por la supresión del mecanizado y el máximo aprovechamiento del metal.
2. Para cojinetes autolubricantes con un 30% de poros en bronce sintetizado, estos cojinetes se impregnan de aceite o de teflón(politetracloro...).
3. Pseudoaleaciones de metales con temperaturas de fusión muy dispares, como por ejemplo: cobre-wolframio, plata-wolframio, plata-molibdeno, etc. se emplean en los contactos eléctricos en la zona donde se produce la chispa de ruptura ya que en este sitio necesitamos la buena conductividad del cobre y de la plata y la buena resistencia al desgaste del wolframio o el molibdeno, de aquí la importancia de este tipo de aleaciones y hoy en la actualidad se utilizan contactos de plata endurecida con un 10% de cadmio.
4. Preparación de metales pesados o pseudoaleaciones con un contenido 85-95% de wolframio, 3-10% de níquel y 2-5% de cobre. Estos materiales se caracterizan por tener una altísima densidad y se utilizan para la fabricación da giróscopos, pantallas para rayos x y rayos gamma, apantallamiento de centrales nucleares, etc.
5. Fabricación de filtros resistentes a los golpes y a las variaciones bruscas de temperatura por ejemplo filtros de aceite para las válvulas de inyección en los motores diesel, filtros para refrigeradores, etc... que se fabrican en metal *monel* (acero inoxidable y titanio).
6. Preparación de carburos de wolframio, titanio, etc. y pseudoaleaciones de wolframio-acero, estos compuestos se caracterizan porque tienen una dureza elevada, buena resistencia a la abrasión, debido a su alto punto de fusión sólo se pueden fabricar por este procedimiento utilizando cierta cantidad de cobalto que actúa de cemento.

7. Tratamiento de metales rebeldes a la forja o al moldeo como puede ser las aleaciones especiales de tipo álnico (20% manganeso, 63% hierro, 12% aluminio, 5% cobalto) que se utilizan mucho para imanes permanentes y para imanes sintetizados de naturaleza cerámica.
8. Tratamiento de metales refractarios, como wolframio, molibdeno y niobio, ya que el elevado punto de fusión hace prohibitivo el darles forma por moldeo.
9. Fabricación de cermets, que son aglomeradores obtenidos por sinterización de un metal con elevado punto de fusión y óxidos muy refractarios y se utilizan para la fabricación de turborreactores.
10. Para evitar las segregaciones en los aceros de alta aleación, como es el caso de los aceros rápidos que segregan bandas de carburos.
11. Para la fabricación de termistores de óxido de cinc con curva de tensión-intensidad no lineal, a base de envenenar los límites de grano con óxido de bismuto.
12. Para la obtención de aleaciones oxidadas interiormente, como el aluminio con óxido de aluminio.

VENTAJAS DE LA PULVIMETALURGIA:

Esta industria, en las últimas décadas está experimentando un creciente aumento fundamentalmente por las siguientes razones:

1. La pulvimetalurgia reduce al mínimo las pérdidas de materias primas, ya que sólo se usa la cantidad de polvo necesario para alcanzar el producto final.
2. Se facilita el control exacto de los límites de la composición.
3. Se puede eliminar o reducir al mínimo las operaciones de mecanizado.
4. Todas las operaciones son susceptibles de automatización.
5. Se logran buenos acabados superficiales sin las señales propias del moldeo.
6. Es la única técnica que permite lograr una porosidad controlada y una oxidación interna muy repartida apta para el endurecimiento.
7. Evita las segregaciones.
8. Permite la obtención de una serie de piezas muy extensa que no puede realizarse por procedimientos convencionales.

LIMITACIONES DE LA PULVIMETALURGIA:

1. Las piezas deben tener una forma que permita extraerlas fácilmente de la matriz, con lo cual se limita bastante las posibilidades de diseño.
2. El tamaño de la pieza está limitado por la fuerza de las prensas que no suele sobrepasar las 500 toneladas.
3. Las piezas obtenidas por pulvimetalurgia no pueden tener las características mecánicas que tienen las obtenidas por métodos convencionales.
4. El factor económico es muy importante, debido al elevado coste de las matrices de acero aleado o de carburo de wolframio.

CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA:

Las características de los polvos determinan las propiedades finales del componente y repercuten en las etapas de compactación y sintetizado. Por lo tanto la calidad del producto, y la economía del proceso de fabricación depende de las características de los polvos, y a su vez, las

características de los distintos tipos de polvo procedentes del mismo metal dependen del método de obtención y de los tratamientos a que han sido sometidos.

Las propiedades fundamentales que definen básicamente al tipo de polvo son:

- la forma.
- La composición.
- El tamaño del grano.
- La distribución.
- La porosidad.
- La microestructura.

Los métodos de obtención de polvos son:

1. Reducción.
2. Atomización.
3. Métodos electrolíticos.
4. Trituración.
5. Pirólisis.
6. Corrosión.
7. Condensación.
8. Amalgamación.
9. Precipitación.
10. A partir de chatarra.

LA COMPACTACIÓN:

Esta operación tiene por objeto conformar el polvo metálico en la forma y dimensiones deseadas, dándole la resistencia y consistencia necesaria para su manipulación cuidadosa hasta la sinterización.

La cohesión del producto comprimido, se puede considerar como una verdadera soldadura en frío de los puntos de los polvos en contacto debido a:

1. La rotura de la película gaseosa que envuelve las partículas del polvo.
2. Al ensamblaje facilitado por las irregularidades de las superficies de los polvos.
3. A los calentamientos locales provocados por la presión que se pueden traducir en verdaderas soldaduras en caliente.
4. A la soldadura en frío debido a la captura de valencias superficiales libres y a las fuerzas de Van der Waals.
5. A las fuerzas de atracción interatómicas que no empiezan a manifestarse hasta que los centros de dos átomos pertenecientes a dos partículas diferentes se encuentran a una distancia del orden del diámetro atómico.

La compresión se realiza introduciendo el polvo en una matriz fabricada con un metal muy duro, generalmente de carburo de wolframio. El polvo se somete a una presión que puede variar entre 800 y 5000 kg/cm² (lo más usual es de 4000kg/cm²).

La fuerza de las prensas varía de 4 a 80 toneladas en prensas mecánicas y de 80 a 200 en prensas hidráulicas. Las mecánicas son más rápidas.

Debido a que la pulvimetalurgia debe su rentabilidad a la producción de grandes series, necesita matrices fáciles de fabricar y de gran resistencia al desgaste, por eso se suelen hacer de aceros indeformables y de carburos de aglomerados.

SINTERIZACIÓN O FRITRADO:

Es la operación pulvimetalúrgica principal y tiene por objeto dar cohesión y resistencia al producto comprimido.

Consiste en dar un calentamiento a la masa de polvo a una temperatura inferior a la de fusión (la temperatura de fritado es del orden de $2/3$ a $4/5$ de la temperatura de fusión) durante el tiempo suficiente para que las partículas se suelden y el componente resultante, muchas veces poroso, adquiera la suficiente resistencia mecánica. Todo esto realizado en atmósfera protectora para evitar la oxidación ya que el compactado puede pasar parcial pero nunca totalmente al estado líquido.

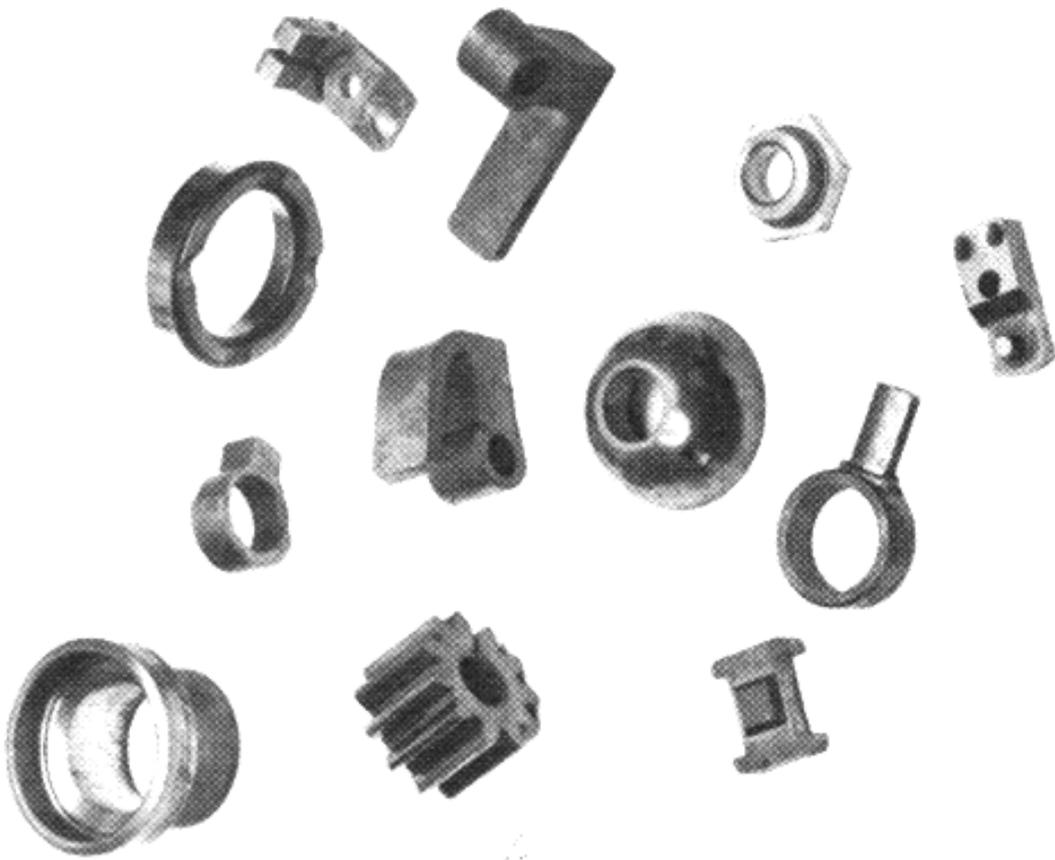


Fig. 11-7.—Piezas de máquinas obtenidas por sinterización (Cortesía de Aplicaciones de Metales Sinterizados, S. A.)

TEMA 8: CONFORMADOS POR DEFORMACIÓN PLÁSTICA

FORJA:

Se entiende por forja la deformación por compresión de un material colocado entre matrices. Éstas a menudo, son componentes de prensas de gran tamaño capaces de ejercer una presión enorme y pueden obtenerse piezas tan complejas como las alas de un avión.

La forja ocupa un lugar preeminente en lo que se denomina *hechurado primario*.

PROCESO DE LA FORJA:

Se acepta comúnmente que la capacidad para deformar metales se basa en la naturaleza del enlace metálico. En este tipo de enlace los átomos del metal comparten electrones externos y el enlace es adireccional, de modo que los átomos pueden situarse muy próximos unos a otros en disposiciones cristalinas regulares tridimensionadas. La presencia en estas estructuras de dislocaciones o imperfecciones en la disposición tridimensional posibilita que planos compactos de la red cristalina se deslicen a lo largo de direcciones de máximo empaquetamiento.

La deformabilidad relativa de los diferentes metales depende en alto grado de la facilidad con que pueden generarse las dislocaciones para deformar el metal sin causar su rotura o sin introducir en él otro tipo de defectos.

CICLO TÉRMICO DE LA FORJA:

La forja se realiza con tres fases:

1. Calentamiento del metal a la temperatura de forja.
2. Operación de forja, que es donde se produce la deformación.
3. Enfriamiento a la temperatura ambiente.

CALENTAMIENTO: Se ha de realizar teniendo en cuenta que el metal cuando empiece el proceso de deformación, debe hallarse a la máxima temperatura posible, pero sin alcanzar al punto de fusión del constituyente que lo tenga más bajo. También hay que considerar que durante la deformación, se comunica energía mecánica a la pieza como consecuencia de choque del martillo o la presión de la prensa y parte de esta energía se transformará en calor, provocando un sobrecalentamiento, si las circunstancias en que se realiza la forja son tales que se dificulta el enfriamiento a causa de la rapidez, como es la forja con martinete. Por otra parte si la forja se prolonga más del tiempo debido puede tener lugar un enfriamiento excesivo hasta sobrepasar descendiendo la temperatura de recristalización.

La forja en caliente requiere el mínimo de energía en el forjado y produce la máxima deformación, pero al forjar cuesta controlar las dimensiones del producto ya que el metal no se contrae uniformemente cuando se enfría de ahí que la forja se realice a menudo a temperatura ambiente, aunque la deformabilidad del metal es algo menor.

Otros factores a considerar son la velocidad de calentamiento y la atmósfera en el horno.

DEFORMACIÓN: La deformación producida en la forja es debida a esfuerzos de la compresión, esta fuerza necesaria para la deformación es denominada "carga de forja" y se deduce para un metal en particular, por la compresión de probetas cilíndricas entre matrices planas y paralelas

bien lubricadas. A temperatura de trabajo en frío las tensiones son elevadas y esto se debe a la dificultad de mover las dislocaciones a través de la red ya que éstas se multiplican rápidamente conduciendo a un endurecimiento por trabajo y los límites de deformabilidad son bajos.

Cuando se trabaja en caliente los niveles de tensión son más bajos ya que la energía térmica ocasiona grandes fluctuaciones de los átomos con las redes cristalinas, de los granos del metal alrededor de sus posiciones de equilibrio. La estructura de un metal puede cambiar tan drásticamente durante el trabajo en caliente, que el resultado es un ablandamiento que puede ocasionar una exagerada deformación no uniforme.

La deformabilidad también depende del tamaño de los granos, un tamaño de grano grande es difícil de forjar. En una operación de forja real, la carga y la presión de forja depende marcadamente de la fricción entre las matrices y la pieza de trabajo, así como del límite de fluencia del metal de la pieza.

Bajo condiciones de lubricación perfectas la presión requerida para forjar una muestra cilíndrica es uniforme e igual al límite de fluencia del material.

ENFRIAMIENTO: Se produce constantemente desde que sale la pieza del horno para ser forjada.

Este enfriamiento no puede ser brusco para evitar grietas por contracciones rápidas.

Durante la forja el enfriamiento tiene lugar por radiación al ambiente o por conducción a la matriz o estampa. Si la forja es con martinete, la pieza está menos tiempo en contacto con la matriz que cuando se trabaja con una prensa por tanto el enfriamiento es menos rápido.

Influye considerablemente el tamaño de la pieza, ya que las piezas grandes se agrietan con más facilidad que las pequeñas a causa de las tensiones que se originan por la desigualdad de enfriamiento entre la periferia y el núcleo.

Una vez terminada la forja el enfriamiento puede hacerse al aire, pero si el material es delicado como sucede en muchos tipos de aceros hay que dejar enfriar la pieza en el mismo horno o en un lecho de cenizas para evitar las pérdidas bruscas de calor.

EFFECTOS QUE PRODUCE LA FORJA:

Con la forja se realizan dos clases de trabajos:

- Piezas acabadas a las que por forja se les ha dado su forma definitiva.
- Piezas de desbaste: a las que por forja se les da una forma aproximada y se terminan por mecanizado.

Con la forja se logra una positiva mejora en las propiedades mecánicas de los metales y aleaciones, como consecuencia del afinamiento de grano, de la orientación de la fibra y de la disminución de sopladuras.

1. Afinamiento de grano en la forja:

Durante la forja entran en juego dos efectos complementarios, la deformación plástica de los cristales y la subsiguiente recrystalización. La consecuencia lógica tiene que ser un grano más fino, pero en este proceso influye por un lado la temperatura de equicohesión y de otro la velocidad de deformación. El efecto final dependerá de estos dos factores con las siguientes posibilidades:

- A. Forja realizada de forma violenta (por choques) a temperatura inferior a la de equicohesión. Produce principalmente efectos transcristalinos, que trituran el grano y lo afinan.

- B. Forja realizada de forma lenta (por prensas) a temperatura inferior a la de equicohesión, y que produce principalmente efectos intercrystalinos que deforman el grano sin afinarlo.

2. Orientación de la fibra:

La fibra que se produce en la forja por aplastamiento y alargamiento de las inclusiones e impurezas que contiene el metal hacen variar sus propiedades mecánicas mejorándolas en la dirección de la fibra y empeorándolas en dirección perpendicular. Esto es debido a que en las secciones del metal perpendiculares a la dirección de la fibra hay un porcentaje de impurezas inferior al que había antes de la forja. En cambio en las secciones paralelas el porcentaje es superior. Por esto, en metales con muchas impurezas, debe orientarse la fibra de manera que coincida con la dirección de los máximos esfuerzos.

3. Eliminación de cavidades, sopladuras, poros, etc.:

Las altas presiones a las que se somete el material producen siempre una condensación del mismo, de modo que por este medio se consigue la desaparición de poros, sopladuras, burbujas, etc., siempre que las paredes de estas oquedades no estén oxidadas porque se produciría un resquebrajamiento interior con una soldadura imperfecta.

LA FORJA MECÁNICA:

Es en la que utiliza fuerza motriz de tipo mecánico, hidráulico, neumático o eléctrico. El conjunto es una máquina a la que se aporta energía exterior para mover los mecanismos impulsores de la herramienta. Esto permite el trabajo de grandes piezas o grandes series de piezas aplicando esfuerzos violentos y bruscos con los martinets o continuos con las prensas. Las prensas realizan un trabajo mayor en un periodo de tiempo más largo, por consiguiente el material fluye mejor ya que los átomos disponen de más tiempo para su movimiento, sin que surjan distorsiones violentas en la estructura y con ello tensiones internas que se opongan a la deformación.

La utilización de prensa o martillo depende principalmente del peso de la pieza a forjar y de su sección. Se utiliza el martillo para piezas de hasta 5.000Kg y las prensas desde este valor hasta las 100 toneladas. Los tamaños de los martillos varían desde mazas de 50Kg hasta las de 10.000Kg. Y las prensas desde 1.500 hasta 15.000 toneladas. Hasta secciones de 17.000cm² deben usarse martillo y de este valor en adelante prensas.

MARTINETES:

Son máquinas utilizadas principalmente para forja, estampación y recalado. Generalmente constan de una maza de gran peso formada por un bloque de acero o fundición que se mueve entre guías y choca contra el yunque o chavota el cual se apoya sobre un bloque de fundición también llamado asiento que a su vez descansa en la bancada. Tanto la maza como la chavota pueden ser provistos o sustituidos por una estampa en la maza que choca contra la matriz en la chavota cuando en vez de forjar lo que se desea es estampar.

PRENSAS:

Se clasifican atendiendo a la magnitud del modo operativo. Las tres magnitudes determinantes son:

- La fuerza.
- El trabajo.
- Y el recorrido.
 - En las caracterizadas por la fuerza, lo que se especifica es la fuerza de compresión. El proceso de conformado termina cuando la fuerza de conformación iguala al valor máximo de su capacidad de compresión.
 - En las caracterizadas por el trabajo se termina el proceso al agotarse la capacidad de trabajo. Piezas iguales con distinta resistencia a la conformación se forjan a distintas alturas limitando de alguna manera el recorrido y observando la energía sobrante mediante resortes.
 - En las caracterizadas por el recorrido, es el trayecto de la maza o pilón el determinante.

MATERIALES FORJABLES:

Puesto que el trabajo de forja está basado en la aptitud para la recristalización y el crecimiento de los granos, sólo se podrán trabajar así los metales que cumplan esta doble condición. Por tanto serán forjables como metales puros el aluminio, el cobre, el hierro, el titanio y el cinc.

Son forjables como aleaciones las formadas por una o varias soluciones sólidas de todas ellas, lo más importante es el acero no aleado, o simplemente aleado, ya que los aceros altamente aleados exigen en su mayoría grandes esfuerzos lo cual es un inconveniente en las matrices en cuanto a su duración.

Son también forjables las aleaciones de aluminio con cobre, magnesio, cinc y manganeso; las de magnesio; los bronce y latones y hasta las aleaciones de cobre-silicio.

Algunas de las aleaciones anteriores forman compuestos intermetálicos, sólo son parcialmente forjables cuando el constituyente matriz lo sea. Si este constituyente matriz es un compuesto intermetálico, la forja no es posible.

TEMA 9: ESTAMPACIÓN, RECALCADO Y ESTRUSIÓN

INTRODUCCIÓN:

Todas estas operaciones (estampación, recalcado y extrusión) son forjas del tipo que indican siempre que se hagan en caliente. Tienen en común que se produce fluencia de partículas de material sin perder su cohesión y se obtiene una pieza sólida con una forma determinada.

En la estampación se somete al material a esfuerzos de compresión, sin dirección determinada para que fluya entre las dos partes del molde, llamadas matriz y estampa. Se usan mucho para fabricar piezas en serie como pueden ser esferas de acero, ejes, discos, cigüeñales, engranajes, navajas, cuchillos, etc.

El recalcado se utiliza cuando se desea producir acumulación del material en una zona limitada de un producto semielaborado. Para ello se comprime este, generalmente en forma de barra, de modo que el metal, fluye en la matriz hasta llenarla en la parte que se desea recalcar. Las piezas más usuales son cabezas de tornillos, planchas de blindaje, llantas para ruedas, bulones, remaches, clavos, etc.

En la extrusión se impulsa el metal comprimiéndolo para que fluya a través del orificio de una matriz la aplicación más directa son cartuchos para balas, piezas huecas, perfiles, tubos, etc.

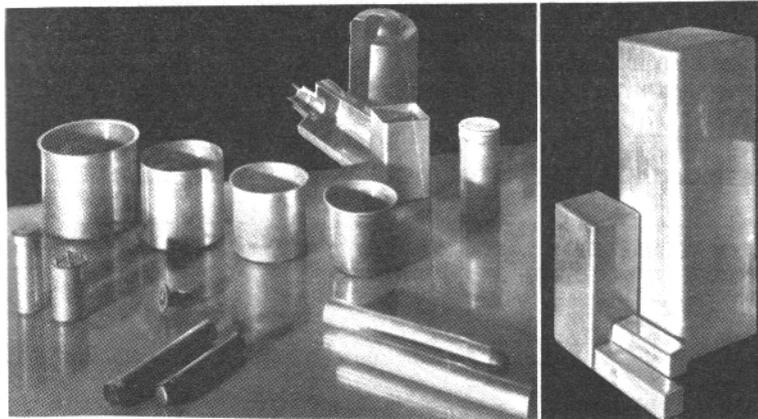


Fig. 14-7.—Piezas fabricadas por extrusión en frío.

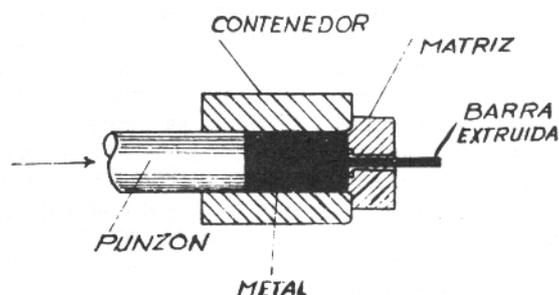


Fig. 14-8.—Obtención de una barra por extrusión.

ESTAMPACIÓN:

El ciclo de trabajo de este proceso se realiza en cortas etapas a partir de un producto semielaborado, con el que se obtiene una preforma según sea la forma definitiva de la pieza a fabricar, con la que se ha de procurar guarde cierta analogía.

La necesidad de forjas parciales intermedias sobre todo de formas complicadas, se hace para conseguir una mejor distribución del material, hasta llegar a la pieza final.

Las medidas alcanzables en este proceso abarcan amplios límites, desde 10gr de peso y 10mm de longitud hasta 2000kg y 3,5m. Utilizando aluminio se forjan piezas de hasta 10m de longitud, como son las cabeceras de las alas de los aviones.

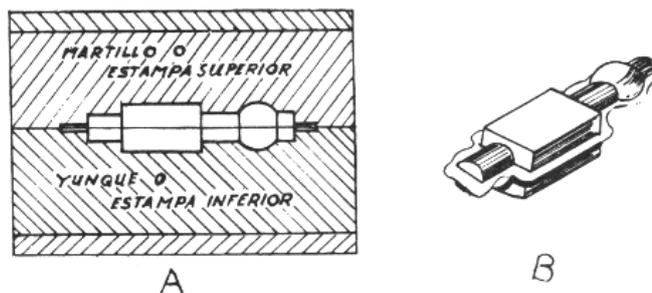


Fig. 13-18.—A), estampa para estampación en caliente; B) pieza obtenida.

Estampas

Constan de dos partes:

La superior, que se sujeta al pilón(martillo) del martinete o a la maza de la prensa y la inferior que se fija a la chavota.

El hueco para el material, está grabado parcialmente en cada una de las estampas.

Las características constructivas de las estampas se deducen del hecho de ser la estampación un proceso de fabricación sólo rentable cuando se aplica a un gran número de piezas, máxime si la forma de éstas es complicada.

Deben tener resistencia a la compresión, resistencia al choque, resistencia al desgaste y resistencia a altas temperaturas. Si las estampas se emplean para el corte, resistencia a la cizalladura.

ESTAMPACIÓN EN FRÍO:

Está basada en las grandes aplicaciones de la chapa fina para la fabricación de piezas para aviones, carrocerías de automóviles, electrodomésticos, etc.

Se debe en parte a tres causas principales:

- 1.- A la economía de la fabricación de las piezas de chapa cuando se producen grandes series.
- 2.- A la uniformidad de las características mecánicas obtenidas en las piezas ya que en la estampación no se produce ninguna transformación que pudiera alterar las propiedades iniciales de la chapa.
- 3.- Al excelente acabado superficial de las piezas que no necesitan ninguna operación posterior salvo pintura u otro recubrimiento exterior.

Los materiales industriales más empleados para su conformación por estampación en frío son:

- La chapa de acero.
- La de aluminio y sus aleaciones.
- Y la chapa de latón.

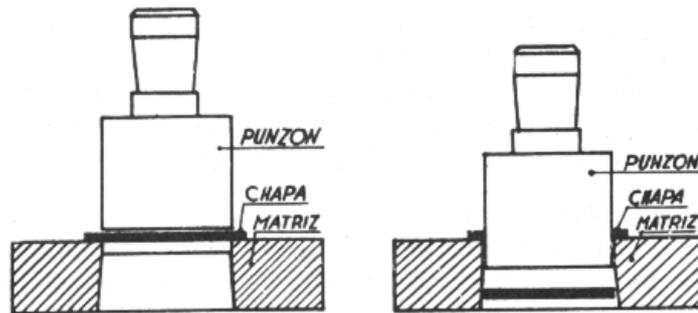


Fig. 15-1.—Estampa para conformación en frío.

RECALCADO:

Consiste en una acumulación o condensación de materias en una zona limitada de un producto acabado generalmente en forma de palanquilla, barra redonda, o perfil poligonal. Como se realiza por compresión axial se produce simultáneamente un acortamiento.

Puede realizarse en frío o en caliente, siendo la primera la forma más usada. La acritud que adquiere el metal y la orientación de la fibra permite obtener una mayor seguridad frente al cizallamiento que en otros procesos de maquinado.

Los materiales más idóneos para este proceso son los aceros pobres en carbono, así como el cobre, aluminio y sus aleaciones. Incluso que pueden utilizar aceros aleados.

EXTRUSIÓN:

Es un proceso realizable en caliente y en frío y en el que mediante un émbolo o punzón se presiona el material obligándole a salir o fluir por el orificio de una matriz, la cual da su forma a la pieza.

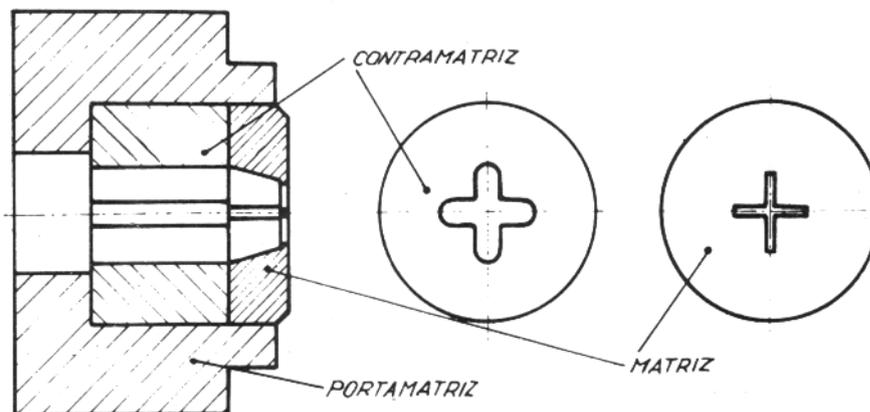


Fig. 14-18.—Matriz completa de extruir.

Como en los anteriores procesos su aplicación presupone la fabricación de un gran número de piezas que se eliminan o desminuyen en gran parte los trabajos de mecanizado posterior.

La característica de este método es la creación de un estado de tensiones en la palanquilla o pastilla de partida que ocasiona la fluencia del material y en este estado se originan principalmente en la pared interna del contenedor fuerzas considerables de rozamiento, las cuales la desgastan e inutilizan al sobrepasar un cierto límite. La mayoría de las veces es el desgaste y no la rotura la que condiciona su duración.

Materiales usados:

En principio se pueden extruir todos los metales y aleaciones siempre que posean buena capacidad de deformación y presenten al conformarlos un bajo grado de acritud. Deben tener un límite elástico bajo un gran alargamiento y poca dureza.

Aplicaciones de la Extrusión en Frío:

Las principales aplicaciones de la extrusión en frío son:

- La fabricación de pequeños recipientes de paredes flexibles para pasta de dientes, cremas, pegamentos, etc. Es decir tubos.
- También se fabrican vainas para piezas cilíndricas, para condensadores, etc. Las producciones que se alcanzan son muy elevadas y pueden llegar a ser del orden de 3000 piezas por hora.

Extrusión en caliente:

Se realiza haciendo fluir a presión los metales puestos a temperaturas comprendidas entre la de cristalización y la de fusión a través de matrices cuyas boquillas son de sección igual a las del perfil que se pretende obtener. Tienen una aplicación mucho más extensa que la extrusión en frío, hasta el punto de que, de no especificar lo contrario, la denominación de extrusión se entiende normalmente aplicación a la extrusión en caliente.

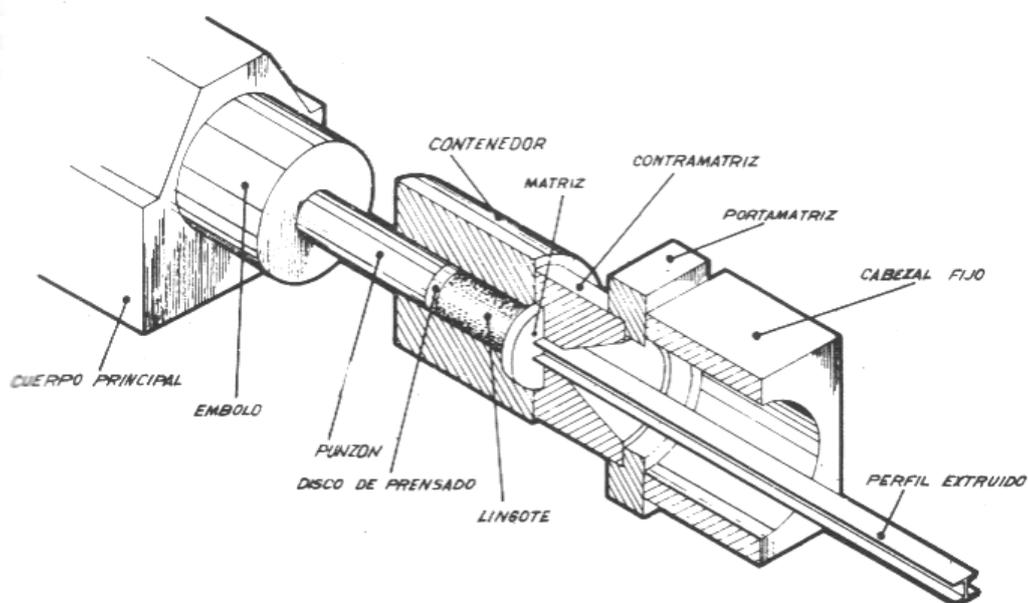


Fig. 14-9.—Órganos principales de una prensa de extrusión.

Metales y aleaciones extruidos en caliente:

Se emplea para el conformado de gran número de metales y aleaciones, como plomo, estaño, cinc, cobre, aluminio, magnesio, níquel y sus aleaciones. También aceros dulces, inoxidable refractarios y en menor proporción con la plata, platino, titanio, molibdeno, uranio y circonio.

De todos estos, con el que mejor se trabaja es el plomo que fue el primer metal del que se fabricaron tubos.

Aplicaciones de la extrusión en caliente:

Se emplea para la obtención de gran variedad de perfiles y piezas, debido a la sencillez de la operación, a la rapidez, bajo coste cuando se trata de series discretas de piezas, y a las excelentes características del material extruido, similares a las obtenidas por forma como son: el grano pequeño equiaxial, disminución de sopladuras, dendritas y segregaciones y por tanto elevada carga de rotura y buena resistencia mecánica.

Por extrusión se obtienen toda clase de perfiles como pueden ser angulares, en T, en dobles T, tubos redondos, irregulares, con aletas, con nervios, molduras de cualquier forma, etc.

LAMINACIÓN:

Es un proceso de conformación plástica en el que el material fluye de modo continuo en una dirección preferente mediante fuerzas de compresión ejercidas al pasar el metal entre dos cilindros y el metal.

Bajo la acción de las fuerzas de compresión al material a laminar experimenta a través del continuo proceso de recalado un alargamiento en sentido longitudinal, así como un ensanchamiento y con ello una disminución de sección. Se puede realizar en caliente o en frío, siendo la frontera la temperatura de recristalización, pero se ha impuesto la denominación de laminación en frío si se realiza a temperatura ordinaria y en caliente si es por encima de la temperatura de recristalización.

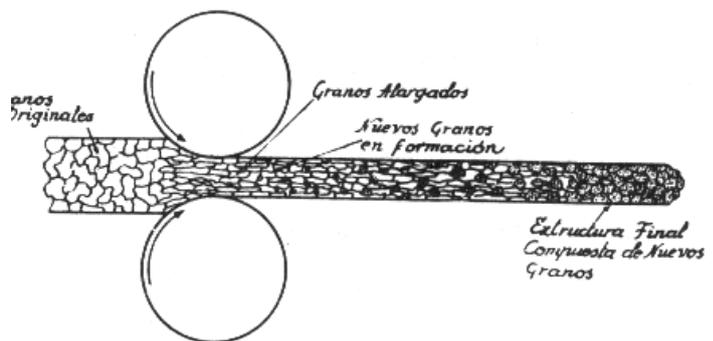


Fig. 18-1.—Variaciones en la estructura de los metales producidas por la laminación.

LAMINACIÓN EN CALIENTE:

El material de partida son lingotes fundidos, de sección cuadrangular, rectangular y oval.

Los lingotes en bruto son laminados para hacer semiproductos terminados como pueden ser la palanquilla o la pletina o productos terminados como perfiles o carriles.

La temperatura a la que se trabaja es la de forja por tanto la deformación no produce acritud y se pueden obtener grandes reducciones de espesor. Los granos cristalinos sufren una deformación y como durante el paso por entre dos cilindros el material recristaliza al salir de ellos el grano es menor, ya que la temperatura no aumenta.

La fluidez del material por la gran presión crea una estructura fibrosa, eliminándose así las sopladuras y las faltas de homogeneidad con la consiguiente mejora de las características mecánicas.

Uno de los inconvenientes es la oxidación superficial que se produce y la inevitable formación de cascarilla lo cual impide operar con pequeñas tolerancias.

LAMINACIÓN EN FRÍO:

Se aplica en aquellos casos en que han de producirse las deformaciones en un pequeño campo de tolerancia y cuando se desean obtener en el material las características propias de un tratamiento en frío. Así como conseguir un acabado superficial más fino.

Al ser un tratamiento en frío, siempre se produce acritud, con el aumento consiguiente de la resistencia a tracción, rigidez, dureza a la vez que una disminución de la ductilidad y tenacidad.

Así como en la laminación en caliente se produce variación en la forma y tamaño de los granos, en frío sólo hay variación de forma, alargándose en la dirección de la laminación con la aparición de tensiones internas. La magnitud de éstas es función de la reducción de sección que experimenta en cada pasada el material. Las reducciones pequeñas afectan más a la superficie, mientras que las grandes al núcleo.

Los resultados obtenidos con la laminación en frío son la consecución de menores dimensiones, medidas más exactas, menores tolerancias, mejor superficie libre de cascarilla, aumento de la resistencia y del límite de fluencia. Se mantiene la fibra continua y el proceso en sí es más económico que los métodos de trabajo con arranque de viruta. También algunas fabricaciones sólo pueden llevarse a cabo en frío porque si las secciones son muy pequeñas, se enfría muy rápidamente si fuera en caliente, con lo cual la estructura se modificará en forma perjudicial.

LAMINADORES:

Prácticamente se puede afirmar que todos los metales utilizados en la industria han sufrido laminación en alguna etapa de su conformado y como el proceso da lugar a productos muy distintos en la forma y tamaño, también es muy distinta la maquinaria empleada.

El producto de partida es el lingote, el cual en una primera laminación, lo transforma en desbaste. Una siguiente laminación transforma el desbaste en un producto semielaborado, y una laminación final, en producto acabado.

Todos los procesos de laminación se realizan en una unidad elemental o en un tren de laminación, formado por el acoplamiento de varias unidades. La unidad elemental está constituida como mínimo por un par de rodillos, situados en un bastidor adecuado de manera que puedan realizar la función de girar, presionar y modificar la distancia entre sus ejes. A este conjunto se le llama caja.

Como el equipo a emplear depende del tamaño, forma y reducción del producto final, estos factores serán los que determinen la unidad de laminación más conveniente.

Al clasificar los laminadores hay que tener en cuenta dos factores:

- su reversibilidad
- su capacidad de reducción de espesores.

Se denomina pasada, al paso del metal a laminar a través de un par de cilindros.

Se distingue **pasada plana**, cuando después de una pasada sigue otra pasada en la misma posición, y **pasada de canto**, que es la laminación en sentido del ensanchamiento resultante de la pasada plana, y se consigue girando el material a laminar 90°.

Los laminadores se denominando de múltiples maneras, según el material a laminar o los productos terminados, así se pueden distinguir:

- Trenes de desbastes, pesados, medios y ligeros.
- Trenes de semiproductos, como perfiles, vigas, carriles, barras, alambre y de chapa.

Según la disposición de los cilindros de laminación se distinguen:

- Tren laminador dúo; que puede ser: Sencillo, Reversible, Irreversible, Doble dúo y dúo universal.

Todos estos con laminadores de dos cilindros.

- Trenes trío de calibrador y laminador universal trío.
- Trenes de laminación de cuatro cilindros.
- Trenes especiales.

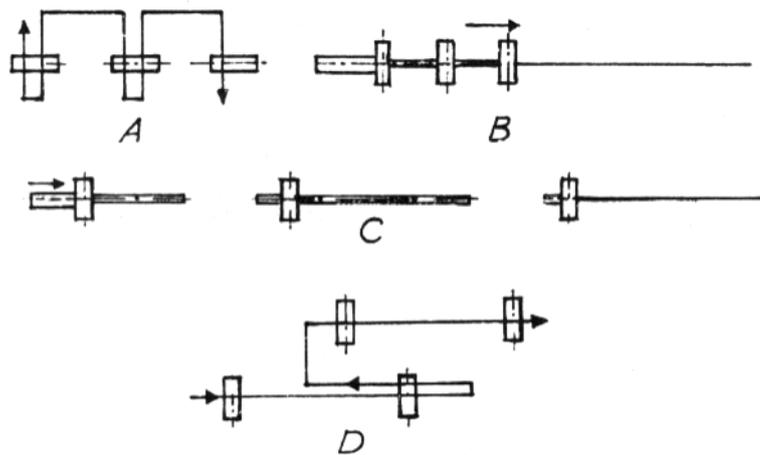


Fig. 19-7.—Casos de trenes de laminación: A) abierto; B) continuo; C) semi-continuo; D) Cross-Country.

ESTIRADO Y TREFILADO:

Son dos procedimientos de conformación de los materiales dúctiles que se realizan estirándolos a través de orificios calibrados denominados hilera. En ambos procesos tiene lugar desplazamiento permanente de material, producido por fuerzas deformadoras de tracción principalmente, con el consiguiente alargamiento del material. Se opera como fase intermedia o como acabado, con perfiles laminados o estruados y generalmente en frío.

Ambos procesos se reducen en realidad a uno sólo ya que su fenomenología es la misma y es el estirado, la diferencia estriba en el fin perseguido y por tanto en su tecnología. En el estirado se pretende sobre todo efectuar reducciones de sección para conseguir formas o calibres determinados. En el trefilado el interés se centra en la reducción de sección, por eso el trefilado requiere más pasadas que el estirado.

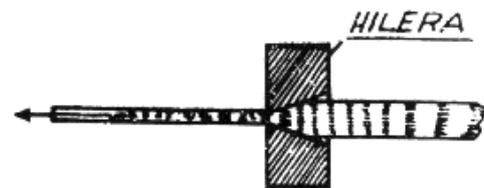


Fig. 20-1.—Estirado o trefilado.

Estirado y trefilado se distinguen en tres aspectos principales:

1. En la clase de material a que se aplica: ya que el estirado se aplica a barras de 4 a 6m de longitud y diámetro superior a 10mm, también a tubos. En cambio, el trefilado se aplica básicamente a la fermachine (siempre de diámetro inferior a 5mm).
2. En el objeto de la operación: ya que el objeto del estirado es principalmente, calibrar, endurecer con deformación o dar una forma determinada a la barra, siendo en este procedimiento el adelgazamiento del material más que el fin el medio para conseguir los fines expuestos. Además los aceros estirados mejoran su maquinabilidad y en cambio en el trefilado se pretende casi exclusivamente un adelgazamiento del material, siendo su endurecimiento y calibrado, objetivos secundarios.
3. En la realización de la operación: en el estirado la operación se realiza en una sola pasada, mientras que en el trefilado se adelgaza el material en varias pasadas.

DESCRIPCIÓN ESQUEMÁTICA DEL ESTIRADO:

Ya se trate de perfiles, tubos, hilos, etc. se reduce a uno de los esquemas siguientes:

1. El material en forma de balda se hace pasar por un conjunto escalonado de matrices, hasta conseguir la forma definitiva.
2. El material en forma de barra maciza o tubo laminado en caliente, se hace pasar tirando con una fuerza determinada por el orificio de una matriz o hilera con un diámetro determinado y un ángulo determinado.

Por la acción conjunta de estas fuerzas tiene lugar una deformación plástica adoptando el material, el diámetro de la matriz y alargándose en proporción a la disminución de sección transversal. Como es un trabajo en frío con grandes reducciones de sección es lógico suponer que estos no pueden conseguirse de una sola vez, siendo necesarias varias pasadas para reducciones sucesivas. La acritud subsiguiente a cada pasada, limita las reducciones de sección alcanzables. Una vez que se alcanza el límite de deformación sólo es posible continuar el proceso tras un tratamiento térmico.

La relación de un buen estirado supone que se han de cumplir las siguientes condiciones de trabajo:

1. Suficiente fuerza y pulimento en la matriz.
2. Ángulo de abertura apropiado. En el estirado del acero varía entre 8 y 20°.
3. Relación correcta entre los diámetros.
4. Superficie del redondo libre de cascarilla.
5. Utilización de lubricante adecuado, para impedir el roce directo entre la matriz y el material.
6. Fuerza suficiente.

MATERIALES PARA ESTIRADO:

Deberán ser dúctiles y de una resistencia perfectamente conocida, para saber en cada momento el máximo esfuerzo aplicable, sin que surja la rotura.

Los metales más idóneos son los aceros, latones, cobre, aluminio, magnesio y sus aleaciones.

PRÁCTICA DEL ESTIRADO:

El estirado de barras comprende las siguientes operaciones:

1. Operaciones preparatorias: son el afilado de la punta de la barra y el decapado. Para poder introducir el extremo de la barra a través del orificio, deberá reducirse su sección a

un diámetro inferior a la de ésta, en una longitud de unos 25cm que son necesarios para sujetar la barra a la mordaza de la máquina. A continuación se da un decapado empleando soluciones ácidas generalmente sulfúricas al 20% a una temperatura entre 30 y 60° y después se enjuagan con abundante agua.

2. El estirado propiamente dicho: que se realiza en los denominados bancos de estirar, formados por una robusta bancada, con una cabeza porta hilera, un carro de tracción provisto de una mordaza para sujetar la barra, y un dispositivo para desplazar el carro. El órgano fundamental del estirado, es la hilera, cuyo perfil se puede dividir en cuatro partes:
 - a. Embocadura de ángulos redondeados.
 - b. Cono de reducción, compuesto de un tronco de cono de ángulo en el vértice que varía según el material.
 - c. Sección de calibrado que es cilíndrica y es donde se ajusta bien el diámetro de la barra y se pule su superficie.
 - d. Cono de salida, que es otro tronco de cono de ángulo 30°
3. Operaciones de acabado: como el corte, recocido, enderezado y pulido., son las siguientes:
 - a. Corte del extremo afilado con una cizalla o una sierra.
 - b. Recocido contra acritud o normalizado si es un acero.
 - c. Enderezado.
 - d. Pulido.

Operaciones preparatorias:

Para poder introducir el extremo de la barra a través del orificio, deberá reducirse su sección a un diámetro inferior a la de ésta, en una longitud de unos 25cm que son necesarios para sujetar la barra a la mordaza de la máquina. A continuación se da un decapado empleando soluciones ácidas, generalmente sulfúricas al 20% a una temperatura entre 30°C y 60°C, y después se enjuagan con abundante agua.

Estirado:

Se realiza en los denominados bancos de estirar, formados por una robusta bancada, con una cabeza porta hilera, un carro de tracción provisto de una mordaza para sujetar la barra, y un dispositivo para desplazar el carro. El órgano fundamental del estirado, es la hilera, cuyo perfil se puede dividir en cuatro partes:

1. Embocadura de ángulos redondeados.
2. Cono de reducción, compuesto de un tronco de cono de ángulo en el vértice que varía según el material.
3. Sección de calibrado, que es cilíndrica y es donde se ajusta bien el diámetro de la barra y se pule su superficie.
4. Cono de salida, que es otro tronco de cono de ángulo 30°.

Operaciones de acabado:

- a) Corte del extremo afilado con una cizalla o una sierra.
- b) Recocido contra acritud o normalizado si es un acero.
- c) Enderezado.
- d) Pulido.

TREFILADO:

Se conoce con este nombre la serie de operaciones que se realizan para reducir el diámetro de los redondos, laminados previamente en frío o en caliente. Se consideran tres grupos de diámetros:

- Mayores de 12mm.
- Entre 12 y 6mm.
- Menores de 6mm.

El trefilado propiamente dicho, se considera para diámetros menores de 6mm. Se aplica para la fabricación de alambres a partir de aceros al carbono de hasta 1,6% de carbono. Como ejemplos típicos son los alambres para muelles, cuerdas de pincho, agujas de coser, alfileres, etc. Con aceros martensíticos se hacen resortes, cercas, redes, clavos, etc. También se utiliza mucho el cobre, al latón y el cinc.

Los filamentos de muchas lámparas incandescentes se obtienen de wolframio trefilado, utilizando matrices de diamante.

PRÁCTICA DEL TREFILADO:

Las operaciones son muy similares a las del estirado, están las operaciones preparatorias, afilado y decapado, después el trefilado propiamente dicho y finalmente las operaciones de acabado que son: el corte, recocido y pulido, y revestimiento superficial.

El trefilado se realiza en máquinas de trefilar, que están compuestas de tres elementos principalmente:

1. Devanadera; que es donde se coloca el rollo de redondo.
2. Hilera de acero al cromo o de vidia, y para grandes reducciones de diámetro se emplean las de diamante.
3. Bobina de arrastre, que estira el alambre.

La velocidad de trefilado, depende del material y de la reducción impuesta, puede llegar hasta los 1500m/min.

Las operaciones básicas de los alambres trefilados, ya que es una operación de muy alta aplicación en la industria debido a la extensa gama de productos derivados del alambre se puede citar:

- 1) Los alambres para ataduras y fabricación de muelles.
- 2) Alambres conductores de cobre, aluminio, bronce, acero galvanizado.
- 3) Cables trenzados.
- 4) Clavos y tornillos.
- 5) Telas metálicas.
- 6) Agujas y alfileres.
- 7) Ejes de aparatos de medida, ejes para relojería , radios de bicicleta.
- 8) Filamentos de lámparas eléctricas, etc.

TEMA 10: MAQUINABILIDAD

INTRODUCCIÓN:

La maquinabilidad no responde a una e individual característica sino a un conjunto de características distintas, cada una de las cuales puede variar independientemente de las demás. Esto comporta serias dificultades para dar una definición de maquinabilidad y además para preparar los medios y procedimientos adecuados para permitir una precisa y válida medida de esta propiedad. Se le podría definir como la aptitud de metales aleaciones, para ser conformados por mecanización en máquinas-herramientas o sea por arranque de material.

En condiciones normalizadas, se mide por medio de ensayos, valorándolos según alguna de las siguientes características:

1. Duración del afilado de la herramienta.
2. Velocidad de corte que debe aplicarse para una duración del afilado de la herramienta.
3. Fuerza de corte de la herramienta.
4. Trabajo de corte.
5. Temperatura de corte.
6. Producción de viruta.

FACTORES DE QUE DEPENDE LA MAQUINABILIDAD E INFLUENCIA DE LOS MISMOS:

La maquinabilidad no depende solamente de las características intrínsecas del material, ya que las condiciones de corte y las características de la herramienta, pueden determinar notables y profundas variaciones en la máquina. Además del tipo de herramienta, sobre la maquinabilidad influyen los siguientes factores:

1. Composición química del material: Los elementos que más influencia ejercen sobre la maquinabilidad de los aceros son el carbono, el manganeso, el azufre, fósforo y plomo, el resto de los elementos hasta una proporción superior al 0,5% no afectan a ésta.
 - a. El carbono hasta un 0,3% aumenta la maquinabilidad.
 - b. El manganeso hasta un 0,05% al combinarse con el azufre, disminuye la plasticidad de la ferrita con lo cual mejora la maquinabilidad, pero al superar el 1% lo reduce rápidamente y hace imposible mecanizarlos al superar el 10%
 - c. El azufre en proporciones superiores al 0,2% e inferiores al 0,4% mejora mucho la maquinabilidad, ya que los sulfuros de hierro y los silicosulfuros al quedar en las juntas de grano debilitan la cohesión de los mismos.
 - d. El fósforo en proporciones de hasta un 0,12% también aumenta la maquinabilidad.
 - e. El plomo es insoluble en los aceros, quedando emulsionado en los mismos, formando pequeñas bolas que lubrican el corte. Se emplea en proporciones del 0,25%.
2. Construcción de los materiales: la estructura que más favorece la maquinabilidad de los aceros con un contenido de carbono inferior al 0,3% es la perlita laminar, si el contenido en carbono es del 0,3 al 0,45% sería la formada por perlita laminar mezclada con cementita globular. Siendo esta última la idónea en porcentajes superiores de carbono.

3. Inclusiones contenidas: dependiendo de la naturaleza de las inclusiones los aceros que las contengan serán más o menos maquinables. Las inclusiones de silicatos y alúminas la disminuyen y los sulfuros en general, simples o complejos la mejoran.
4. Dureza: si el material es demasiado blando la viruta se desprende con dificultad, y se poseen una dureza superior a 50HRc la maquinabilidad va reduciéndose hasta llegar a ser imposible mecanizar aceros con durezas superiores a 60Hc.
5. Acritud: como la acritud va en relación directa con la dureza, a mayor acritud mayor dureza, luego cuanto mayor sea la relación entre el cociente del límite elástico y la resistencia mecánica, mayor será por tanto la maquinabilidad.
6. Tamaño de grano: se admite en general que el aumento del tamaño del grano mejora la maquinabilidad.

CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE:

1. Arrancar la mayor cantidad de material en el menor tiempo.
2. Dejar perfectamente acabada la superficie y con la mayor precisión de medidas.
3. Mecanizar cualquier clase de material por duro que sea.
4. Terminar el trabajo con el menor número de afilados posibles.
5. Realizar las operaciones al menor costo.

En conseguir estos objetivos depende en gran parte del material de que se constituyen las herramientas, las cuales se seleccionan en función del tipo de herramienta y máquina a utilizar, clase de trabajo y material a mecanizar.

DURACIÓN DE LA HERRAMIENTA:

La duración de la herramienta entre dos afilados consecutivos puede valorarse según los siguientes criterios:

1. Tiempo efectivo o total de mecanizado.
2. Volumen de material arrancado.
3. Número de piezas mecanizadas.
4. Velocidad de corte equivalente, es decir, la velocidad de corte a la que la herramienta tendría una duración preestablecida, expresada en tiempo efectivo.
5. Velocidad de corte relativa, es decir, la velocidad a la cual la herramienta presenta la misma duración tanto para el material que se ensaya como para un material de referencia a igualdad de las restantes condiciones de corte.

CRITERIOS PARA DETERMINAR LA VIDA DE LA HERRAMIENTA:

La duración económica de la herramienta puede ser definida con ayuda de los siguientes criterios:

- Destrucción total del filo, con esta condición la herramienta no puede trabajar más sin afilado. Este criterio es aplicable a herramientas de aceros rápidos y máquinas no automáticas.
- Dimensiones preestablecidas de la franja de desgaste y del cráter. Al aumentar la anchura de la franja de desgaste, aparecen modificaciones en las dimensiones de las piezas, esto es muy importante en las máquinas automáticas.

- Acabado superficial de la pieza, las variaciones de calidad de la pieza en su superficie, indican un deterioro de la herramienta. La aparición de este criterio no es fácil, ya que el acabado superficial de la pieza no varía uniformemente con el desgaste de la herramienta.
- Variaciones de las fuerzas de corte, ya que éstas varían a causa del desgaste.

MATERIALES PARA HERRAMIENTAS DE CORTE:

La elección del material es uno de los problemas más delicados ya que los factores que intervienen son tanto de índole técnica como económica. Como el tipo de material está estrechamente ligado a la velocidad de corte a adoptar y ésta a su vez depende de la temperatura a la que se someterá a la herramienta, ello determina una correspondencia entre materiales y tiempo de mecanizado.

Por otra parte, los materiales para herramientas que permiten velocidades mayores y, por tanto, tiempos menores tiene un coste superior.

Los requisitos a considerar para las herramientas de corte son las siguientes:

1. Dureza a elevada temperatura: Un material para cortar a otro debe ser más duro que éste. En los metales y aleaciones la dureza se reduce mucho, así como la resistencia al elevarse la temperatura. Este fenómeno provoca una considerable limitación en las prestaciones de los materiales para herramientas.
2. Resistencia al desgaste: La duración de la herramienta está ligada a la marcha del desgaste que modifica, de hecho, la geometría y las prestaciones hasta el punto de provocar su rotura.
3. Resistencia: Debe alcanzar valores tales que impidan la rotura del filo por fragilidad, lo cual puede suceder especialmente en el corte ininterrumpido.
4. Coeficiente de rozamiento: Es un requisito importante en un material de herramienta debiendo ser lo más reducido posible.
5. Propiedades térmicas. La conductividad tiene importancia a la hora de establecer rápidamente el equilibrio térmico entre los puntos de mayor calentamiento y las restantes partes de la herramienta, así como también son de importancia el calor específico y el coeficiente de dilatación.

MATERIALES APTOS PARA CUCHILLAS DE CONFORMACION POR ARRANQUE DE VIRUTA:

1. Aceros al carbono:

Poseen un contenido de carbono de 0,9 al 1,4%. Si están correctamente tratadas estas herramientas poseen gran dureza, buena tenacidad y resistencia al desgaste, pero no pueden emplearse cuando trabajen a temperaturas superiores a 250°C°. Se emplean en los casos siguientes:

- a) En pequeñas series o en trabajos aislados.
- b) En operaciones de acabado a pequeña velocidad o trabajos muy delicados.
- c) Cuando se exige de las herramientas ángulos muy limpios.

2. Aceros aleados:

Además del carbono contienen cromo, wolframio, molibdeno y vanadio. En su mayoría se ablandan y desafilan a temperaturas superiores a los 250°C. Existen tres tipos principales:

- a) Indeformables. Se emplean para la conformación de piezas de precisión. Se deforman menos que los aceros al carbono y poseen una resistencia al desgaste 6 veces mayor.
- b) Al wolframio. Se emplean para fabricación de brocas.
- c) Semirápidos. Las herramientas que contienen un 9 a 11% de wolframio y 3,5 a 4,5 de cromo se emplean en la fabricación de cuchillas con rendimiento y velocidad de corte muy poco inferiores a las de los aceros rápidos.

3. Aceros rápidos:

Trabajan a temperaturas hasta de 600°C manteniendo su dureza y filo inicial, lo cual permite disponer de velocidades de trabajo mayores que las de los demás aceros.

4. Estelitas:

Son aleaciones cromo-cobalto-wolframio con un tanto por ciento inferior de otros elementos como hierro, carbono, silicio y manganeso. Se fabrican por fusión a temperaturas superiores a 1300°C ya que no pueden mecanizarse nada más que por muelas. Son insensibles a los tratamientos térmicos. Permiten trabajar los metales con velocidades superiores a la de los aceros rápidos ya que soportan temperaturas de hasta 700°C sin perder el filo. Tienen el inconveniente de ser más frágiles que estos últimos. La estelita más conocida es la alacrita.

5. Carburos metálicos:

Los carburos metálicos sinterizados (vidias) están compuestos por carburos de wolframio y un metal auxiliar generalmente cobalto que sirve de liante o aglomerante. Hay otros tipos que además de carburo de wolframio contienen otros carburos de titanio, de tántalo, etc. y el metal auxiliar. Sus características son:

- Elevadísima dureza que se mantiene hasta temperaturas de 600°C.
- Alta resistencia a la compresión.
- Excelente resistencia al desgaste y a la corrosión.
- Escasa resistencia al choque.
- Conductividad térmica igual y tal vez superior a la de los aceros.

6. Diamantes:

Se emplean para mecanizar ebonita(resina plástica), determinados bronce, aleaciones de aluminio, etc. generalmente para operaciones de acabado en la que se pueden obtener tolerancias de 2 micras con superficies mejor acabadas que con las rectificadoras.

Tienen el inconveniente de la fragilidad del diamante, de ahí que su empleo quede limitado a pasadas continuas y en máquinas carentes de vibraciones. Los diamantes en forma de pastilla se montan en mangos de acero y con el fin de disminuir riesgos de rotura al ser altamente frágiles no acaban en punta viva sino redondeada.

7. Materiales cerámicos:

Bajo la denominación de materiales cerámicos o cerámicas de corte, se pueden considerar:

- a. **Cermets:** Son materiales sinterizados constituidos por un componente no metálico (óxidos, silicatos, carburos de silicio y de cromo) y por componentes metálicos de elevado punto de fusión, como molibdeno, cromo o vanadio. A la tenacidad propia de los metales se une un alto grado de refractariedad propio de los productos cerámicos. Los cermets que tienen mejores características de aplicación a las herramientas se obtienen por la sinterización de óxidos de aluminio, junto con carburos de molibdeno o vanadio.
- b. **Óxidos sinterizados:** El más apropiado para la fabricación de herramientas es el óxido de aluminio, alúminas sinterizadas casi puras, o también, un óxido de alúminas casi puras. A este se añaden otras sustancias como óxido de cromo, de hierro o de titanio. La característica de estos óxidos sinterizados más destacable son:
 - Conductividad térmica muy baja, que tienen valores muy bajos parecidos a los de los aislantes térmicos.
 - Coeficiente de rozamiento menor que los carburos sinterizados.
 - Dureza superior a la de los carburos metálicos.
 - Coeficiente de dilatación lineal parecido al de los aceros.

Tienen el inconveniente de su excesiva fragilidad.

Se presentan en forma de plaquitas que se emplean soldadas a sus mangos con resinas epoxi o bien sujetas por medios mecánicos. Se emplean en el torneado de fundiciones y aceros. También para mecanizar el cobre, sus aleaciones y metales ligeros.

8. Nitruros de boro cúbico:

Producido bajo la acción de elevadas temperaturas y presiones en presencia de un catalizador. La plaquita está constituida por un soporte de carburo con una fina capa de nitruro de boro cúbico. La dureza de este material es superada sólo por el diamante. Es frágil pero poco reactivo con la pieza. Su elevada estabilidad térmica le permite trabajar durante largos periodos de tiempo a temperaturas de 1000 a 1100C°. Con este material se pueden mecanizar ventajosamente las aleaciones de níquel a gran velocidad.

TRATAMIENTOS TÉRMICOS DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE:

Las herramientas de acero se templan siempre y revienen para darles la dureza y tenacidad adecuadas. Algunas veces las herramientas de aceros rápidos una vez templadas y revenidas, se someten a tratamientos superficiales como son la nitruración sulfinitación para darles mayor dureza y resistencia al desgaste.

Existe otro tratamiento superficial, el *cromado duro* el cual aumenta la resistencia al desgaste y disminuye el coeficiente de rozamiento. Pero se utiliza más para la restauración de herramientas desgastadas.

ARRANQUE DE MATERIAL POR MEDIO DE CUCHILLAS:

La primera cuchilla utilizada para arranque de material fue el Buril. Todas las herramientas de corte empleadas en las máquinas herramientas se derivan fundamentalmente de una cuchilla de metal similar al Buril. Está formado por una barra rectangular de acero cuyo extremo útil está afilado en forma de ángulo diedro, al ser golpeado al Buril por el martillo penetra el borde en forma de cuña en el material arrancando virutas.

La cuchilla recta es la herramienta elemental de corte, la más sencilla. Van apoyadas en el soporte de la máquina por medio de sus caras denominadas bases.

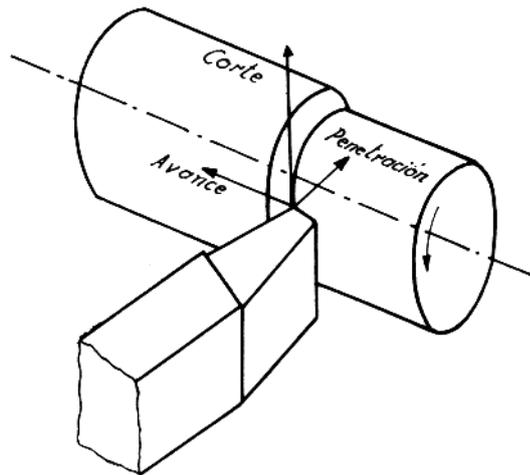
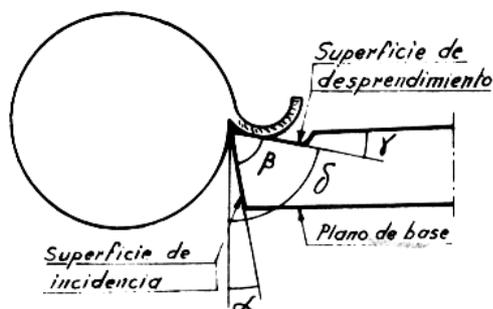


Fig. 29-4.—Movimientos de trabajo de una cuchilla.

LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA CUCHILLA SON:

1. Filo: Es la arista cortante en posición de corte frontal de la cuchilla respecto a la pieza.
2. Superficie de desprendimiento o ataque: Es la cara de la cuña sobre la que desliza el material desprendido cortado frontalmente.
3. Superficie de incidencia: Es la cara de la cuña que queda frente a la superficie trabajada de la pieza en corte frontal.
4. Corte principal: Es la arista de corte de la cuchilla en posición de corte lateral respecto a la pieza.
5. Contrafilo: Denominado también corte secundario, es la otra arista de la cuchilla que forma la punta cortado lateralmente.

Fig. 29-1.—Cuchilla elemental. α ángulo de incidencia, β ángulo de filo, γ ángulo de desprendimiento, δ ángulo de corte.Fig 29-2.—Ángulo de incidencia principal α y secundario α_1

ÁNGULOS DE LA CUCHILLA EN ATAQUE FRONTAL A LA PIEZA:

Son los ángulos que definen la posición de las superficies de la cuchilla:

1. Ángulo de incidencia del filo principal (α): Es la formada por la superficie de incidencia y un plano perpendicular al plano base que pasa por el hilo.
2. Ángulo de incidencia secundario (α'): Ángulo con que se afila el mango cuando la cuchilla es de pastilla, es unos dos grados mayor que el de incidencia del filo principal.
3. Ángulo de filo (β): Es el que forman las superficies de incidencia y de desprendimiento o ataque.
4. Ángulo de desprendimiento o ataque (ρ): Es el ángulo formado por la superficie de desprendimiento o ataque y el plano paralelo al plano base que pasa por el hilo.
5. Ángulo de corte (δ): Es el comprendido entre la superficie de desprendimiento de la cuchilla y un plano perpendicular al plano base que pasa por el filo.

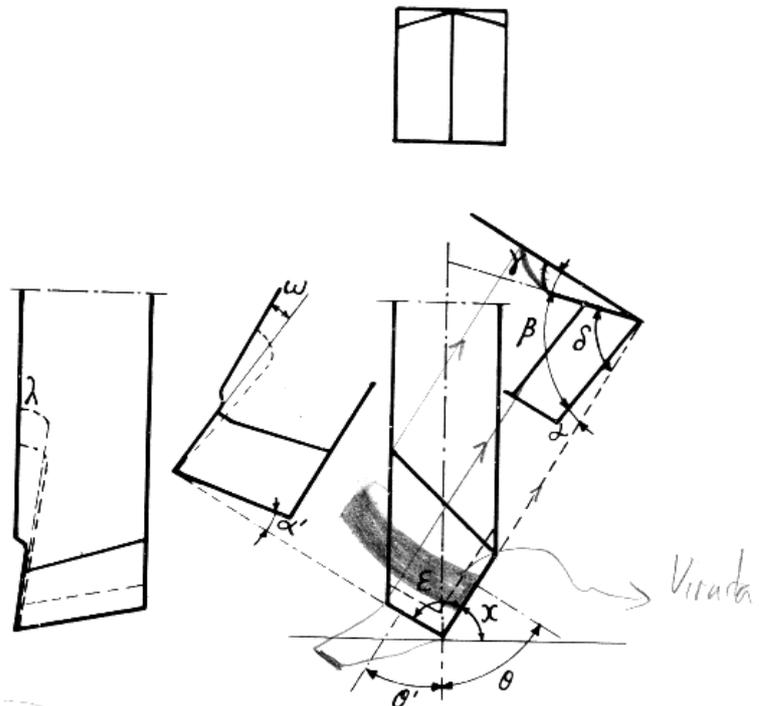
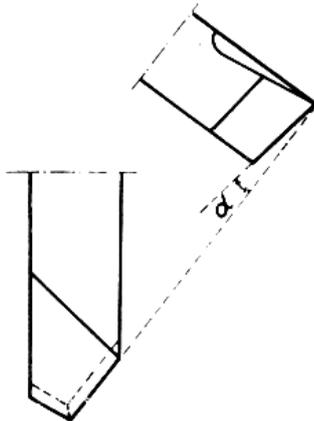
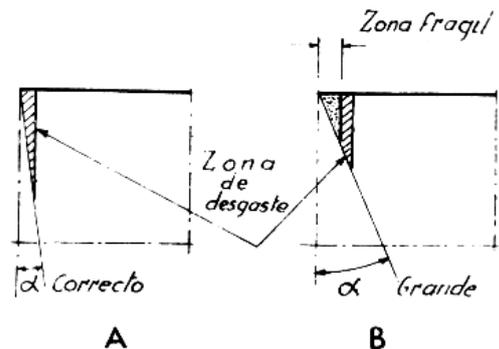


Fig. 29-3.—Ángulos principales de una cuchilla. α ángulo de incidencia principal, α' ángulo de incidencia secundario, β ángulo de filo, δ ángulo de corte, θ ángulo de oblicuidad del filo principal, θ' ángulo de oblicuidad del filo secundario, ϵ ángulo de punta, λ ángulo de inclinación longitudinal, ω ángulo de inclinación del filo, x ángulo de posición.

ÁNGULOS DE LA CUCHILLA EN ATAQUE LATERAL A LA PIEZA:

1. Ángulo de incidencia del contrafilo (α'): Es el formado por la superficie de incidencia secundaria y el plano perpendicular al plano base que pasa por el contrafilo.
2. Ángulo de oblicuidad del filo principal (θ): Es la proyección sobre el plano base del ángulo formado por una perpendicular al filo principal con la paralela al eje de la cuchilla que pasa por la punta de la herramienta.
3. Ángulo de oblicuidad del contrafilo (θ'): Proyección sobre el plano base del ángulo agudo formado por una perpendicular al contrafilo, con la paralela al eje de la cuchilla que pasa por la punta de la herramienta.
4. Ángulo de punta (ϵ): Proyección sobre el plano base del formado por el filo y el contrafilo.

5. Ángulo de inclinación longitudinal (λ): Lo forman las intersecciones de un plano perpendicular al plano base que pasa por el eje de la herramienta, con la superficie de desprendimiento y el plano base. Este ángulo si la superficie de desprendimiento tiene pendiente hacia atrás, será positivo y negativo si es hacia la punta de la herramienta.
6. Ángulo de inclinación del filo (ω): Lo forman el filo principal y el plano base.
7. Ángulo de posición (χ): Se denomina también “ángulo del filo principal”, y es la proyección sobre el plano base del ángulo formado por el filo con el plano de la superficie trabajada o con el de rotación de la pieza, si ésta es cilíndrica. Caso, el eje de la herramienta ser perpendicular de la superficie trabajada, el ángulo de posición coincide con el de oblicuidad del filo.

Fig. 29-5.—Ángulo de incidencia α .Fig. 29-6.—Ángulo de incidencia α .
A) correcto y B) defectuoso

INFLUENCIA DE LOS ÁNGULOS DE LA CUCHILLA EN MECANIZACIÓN:

La variación de los ángulos que forman entre sí los planos principales del extremo afilado de la cuchilla elemental influye mucho en el desarrollo del trabajo de ésta.

1. Influencia del ángulo de incidencia: Si es demasiado pequeño, la cuchilla no penetra bien y roza excesivamente con la pieza, lo que conlleva un aumento de temperatura y por tanto la cuchilla se desafilada antes. Igualmente si éste es demasiado grande resulta un filo frágil, ya que no está suficientemente apoyado para resistir la fuerzas de corte. Cuanto más duro es el material a mecanizar, menor debe ser el ángulo de incidencia, para que así pueda resistir mejor la fuerza de corte.
2. Influencia del ángulo de incidencia secundario: Posee la misma influencia que el ángulo de incidencia principal debiéndose ajustar a las mismas normas.
3. Influencia del ángulo de desprendimiento o ataque: En primer lugar influye, en el ángulo de doblado de la viruta, que es complementario. Si es demasiado pequeño la energía consumida es excesiva, calentándose la herramienta más de lo normal. En cambio si es más grande, y el filo queda muy debilitado, la viruta se separa mejor, obteniéndose un mejor acabado superficial. Con el fin de evitar la rotura del filo en las herramientas frágiles, como pueden ser los carburos metálicos, se ensayaron ángulos de desprendimientos negativos, hasta conseguir que las fuerzas actuasen solamente a compresión sobre la herramienta. Obteniéndose los siguientes resultados satisfactorios:
 - 3.1. Factores que influyen en el ángulo de desprendimiento. Este ángulo depende de los siguientes factores:

- Resistencia del material herramienta.
 - Material a mecanizar.
 - Avance.
- a) *Influencia del material de la herramienta.* Si el material es poco resistente se emplearán ángulos pequeños de desprendimiento, ya que las fuerzas de reacción del material que se mecaniza no actúan en el mismo filo, sino en una zona tanto más delgada de él cuanto más pequeño es el ángulo de desprendimiento. Y cuanto más alejado esté del filo esta zona, tanto mayor será la sección de resistencia de la herramienta para soportar el corte.
- b) *Influencia del material mecanizado.* Cuanto más duro sea éste, mayores serán las fuerzas de corte y, por tanto, tendrá que ser mayor la sección de la herramienta capaz de resistir estos esfuerzos, lo que se conseguirá disminuyendo el ángulo de desprendimiento. Existen dos excepciones y es cuando el material a mecanizar es bronce o bien fundición de hierro, con todas sus variedades, el acero inoxidable, los aceros rápidos recocidos y algunos otros tipos de aceros muy resistentes. En los primeros, es decir, en la mecanización de bronce el ángulo de desprendimiento es casi nulo y en los segundos también es más pequeño de lo normal.
- c) *Influencia del avance.* Al cortar la cuchilla lateralmente a la pieza y cuando tiene el filo inclinado, el espesor de la viruta depende del avance por vuelta. Por lo tanto, cuanto mayor sea el avance, menor ha de ser el ángulo de desprendimiento, con el fin de ofrecer mayor resistencia las fuerzas de corte que se originan.
4. Influencia del ángulo de oblicuidad del filo principal. El ángulo de oblicuidad afecta en las condiciones iniciales del trabajo de las herramientas, en el espesor y anchura de éstas y en la presión sobre el filo.
- a) *Influencia en la iniciación del trabajo.* El ángulo de oblicuidad del filo, puede variar entre 0° , si se trata de un cuchilla de corte frontal y 90° si es de corte lateral. A la hora de iniciar el trabajo, la posición más favorable es la intermedia entre los dos.
- b) *Influencia sobre el espesor y anchura de la viruta.* Manteniendo el avance constante se puede variar el espesor de la viruta, variando el ángulo de oblicuidad y de igual forma la anchura de la viruta.
- c) *Influencia sobre la presión ejercida por el filo.* Cuanto mayor es el avance mayor es la fuerza de corte necesaria y la ración del material sobre la herramienta. Por ello para trabajar materiales muy duros, han de emplearse avances muy pequeños, con lo cual el espesor de viruta también es pequeño y poco el material arrancado. Para compensar la disminución de avances y ancho de viruta, lo que se hace es aumentar su anchura, empleando cuchillas de ángulo de oblicuidad muy pequeño. Pudiendo aumentar a su vez los avances en el mecanizado.
5. Influencia del ángulo de oblicuidad del contrafilo. Con el fin de asegurar la máxima duración de la herramienta, el ángulo de oblicuidad del contrafilo suele ser de unos 5° . Si el eje de la herramienta es perpendicular al de la pieza, el ángulo de oblicuidad coincide con el de posición, pero añade cuando la herramienta no avanza paralelamente al eje de la pieza, sino que penetra en ella con un ángulo determinado, debe inclinarse la cuchilla el mismo ángulo para así mantener un ángulo de posición de unos 5° .
6. La influencia del ángulo de inclinación longitudinal. Este ángulo influye en los siguientes aspectos:
- a) Dirección de salida de la viruta.
Influencia en la dirección de la viruta. La viruta se desprende tangente a la superficie de desprendimiento. Si la superficie tiene un ángulo de inclinación nulo, las virutas saldrán

paralelamente al eje de la pieza trabajada. Pero si éste ángulo es positivo, la viruta se dirige en posición opuesta a la pieza. Si es negativo, se desprenderá hacia delante.

b) Robustez de la punta de la herramienta.

Influencia en la robustez de la punta de la herramienta. La inclinación negativa, orienta las fuerzas de corte de manera que hacen trabajar la pieza a compresión en lugar de a cortadura o flexión, como ocurre cuando la inclinación es positiva. Además el ángulo de inclinación negativa crea una componente tangencial, que tiene a separar la herramienta de la pieza máquina. Todo ello produce el efecto de un robustecimiento afectivo de la punta de la herramienta.

c) Fuerza de deformación de las piezas.

Influencia en la deformación de las piezas. Si la inclinación de la cuchilla es positiva, la componente F_2 , perpendicular a la fuerza de corte F , aproxima si estamos, por ejemplo, torneando un eje, a éste a la cuchilla, y en el centro esta aproximación, será mayor que en los extremos por la flexibilidad del eje, torneándose, un diámetro inferior al de los extremos y por consiguiente obteniendo piezas cóncavas. Si la inclinación es negativa, la fuerza F_2 , tiende a separar la pieza de la cuchilla y se obtendrán por ello piezas convexas.

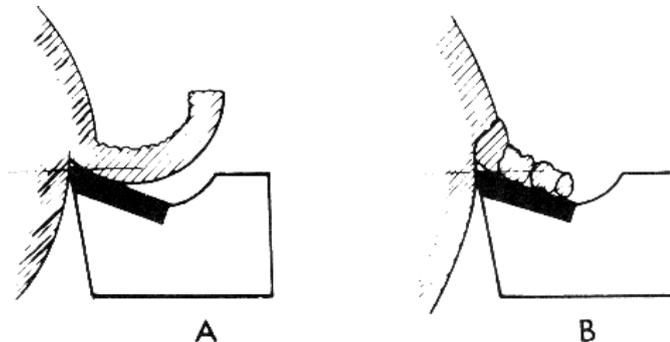


Fig. 28-2.--Tipos de viruta: A) material plástico.
B) material frágil.

VELOCIDAD DE CORTE:

La velocidad de corte es la velocidad con que la herramienta corta la viruta. Se mide siempre en metros por minuto. Aunque viene limitada por las características del material a mecanizar, por el de la herramienta y por la potencia de la máquina. Puede variar en un amplio margen.

Si la herramienta permanece fija y es la pieza la que se mueve, la velocidad con que se mueve la pieza en la dirección del corte será la velocidad de corte. Caso de poseer la pieza o la herramienta un movimiento rectilíneo uniforme, la velocidad de corte se determina fácilmente por medio de la ecuación general del movimiento, pero caso de no ser el movimiento uniforme ya no resulta sencilla su determinación aunque en general se toma como velocidad práctica la velocidad media de la carrera.

Cuando el corte se produce por giro de la pieza, caso del torno o de la herramienta en la fresadora, la velocidad de corte viene en función del diámetro de la pieza o de la herramienta, y la velocidad de giro en revoluciones por minuto (r.p.m.).

Por tanto, tendremos que:

$$V = \pi * D * n / 1000 \quad \text{donde: } V = \text{Velocidad de corte (m/min)}$$

D = diámetro (mm)

n = velocidad de giro (r.p.m.)

Si se conoce la velocidad de corte de la herramienta, caso de interesar la determinación de la velocidad de giro que ha de llevar la herramienta o la pieza, a partir de la fórmula anterior la podemos conocer:

$$n = 1000 * \frac{V}{\pi} * D$$

LUBRICANTES PARA EL MECANIZADO DE METALES:

Como una de las causas del prematuro desgaste de las herramientas de corte es la elevación de la temperatura, que reblandece los filos. En un principio se pensó refrigerar la herramienta y la pieza empleándose, para ello, chorros de agua saturada de sosa.

En la actualidad, la lubricación del corte ha sufrido un gran avance hasta tal punto que existe para cada tipo de operación los lubricantes adecuados.

LAS VENTAJAS DEL EMPLEO DE LOS LUBRICANTES PARA EL MECANIZADO SON:

1. Disminución del rozamiento herramienta-pieza, disminuyendo por tanto la potencia necesaria para el corte en un 10%.
2. Mantiene el filo a temperatura inferior a la de pérdida de sus cualidades de corte y desminuye las dilataciones y contracciones de las piezas.
3. Permite aumentar la velocidad de corte hasta un 50% más, obteniendo una mayor producción de viruta por unidad de tiempo.
4. Permite aumentar la sección de viruta arrancada cuando no puede aumentarse la velocidad de corte, bien aumentando la profundidad de corte o el avance.
5. Protege a la pieza contra la oxidación empleando lubricantes adecuados.
6. Limpia la pieza de partículas y arrastran la viruta.

PROPIEDADES DE LOS LUBRICANTES DE CORTE:

Para obtener las ventajas antes señaladas los lubricantes deben poseer las siguientes propiedades:

1. Propiedades lubricantes, como son: viscosidad, untuosidad, etc.
2. Propiedades refrigerantes: elevado calor específico y buena conductividad calorífica.
3. Propiedades antioxidantes y anticorrosivas.
4. Débil tensión superficial para mojar bien la pieza y la herramienta.

ACEITES DE CORTE:

Las propiedades mencionadas en el apartado anterior las reúnen los denominados "aceites de corte", de los que se emplean dos clases principales.

1. *Aceites puros*: Son generalmente minerales aunque también se emplean aceites vegetales de algodón de viscosidad superior a los minerales o bien aceites mixtos mezcla de minerales, vegetales y también animales(grasas). Estos aceites se emplean cuando se desea que las cualidades lubricantes prevalezcan sobre las refrigerantes.

2. *Aceites con aditivos*: A los aceites puros se les adiciona azufre libre o combinado. El azufre reduce la soldabilidad del material sobre la cuchilla y mantiene la lubricación hasta presiones de 130 kg/cm². Estos aceites poseen el inconveniente de que no se pueden emplear, en general, en metales no férreos ya que producen manchas en las piezas.
3. *Aceites solubles*: Se emplean emulsiones o soluciones en agua, que debe ser de poca dureza siendo la mejor la de lluvia. Las emulsiones se preparan con aceites minerales que se vierten sobre agua.

PRÁCTICA DE LA LUBRICACIÓN EN EL MECANIZADO:

Para la lubricación del corte, las máquinas van, generalmente, provistas de un depósito que contiene el líquido lubricante y una bomba, la cual lo aspira y envía por una canalización adecuada hasta las boquillas de salida, montadas en tubos flexibles para poder orientar adecuadamente el chorro del líquido sobre la zona de corte. El líquido después cae y es recogido en una bandeja que lo devuelve al depósito incorporándose de nuevo al circuito.

El éxito de la lubricación del corte depende, en gran medida, de la correcta dirección del chorro del líquido, que debe llegar al filo de la herramienta.

CÁLCULOS DE TIEMPOS DE FABRICACIÓN:

El cálculo de tiempos en la fabricación de una pieza en una máquina herramienta es fundamental ya que permite:

1. Calcular con una base firme el precio de coste de la pieza fabricada.
2. Fijar el tiempo mínimo sobre el que se ha de basar los salarios con incentivos.
3. Obtener el máximo aprovechamiento de las máquinas y una perfecta ordenación de los trabajos y la previsión de su terminación.

MÉTODOS PARA ESTABLECER LOS TIEMPOS DE FABRICACIÓN: (Importante)

Los tiempos de fabricación se pueden determinar por 5 métodos diferentes:

1. Método de estimación: Consiste en descomponer la operación en fases, cuya duración puede estimarse aproximadamente por la experiencia del técnico, sus resultados no son muy precisos.
2. Métodos de comparación: Es, en realidad, también un método de estimación, pero tienen una base más firme que éste ya que se calculan los tiempos de la operación comparándola con otros de duración conocida, ya determinados.
3. Métodos de cronometraje: Consiste en medir los tiempos de la operación o fases que se descomponga, con un cronómetro. Este procedimiento es muy bueno, pero tiene el inconveniente de su encarecimiento a la hora de realizarlo.
4. Método de suma de tiempos elementales preestablecidos: Consiste en descomponer la ejecución de la pieza en fases elementales cuyos tiempos se pueden valorar perfectamente por estar preestablecidos en tablas.
5. Métodos por tiempos elementales y por comprobación cronométrica: Cuando la serie de piezas a fabricar es importante, primeramente se calcula el tiempo de fabricación por el método de la suma de tiempos elementales y seguidamente se comprueban y afinan los datos obtenidos, cronometrando las diferentes fases del trabajo.

TEMA 11: MÁQUINAS HERRAMIENTAS I

INTRODUCCIÓN:

Se construyen fundamentalmente dos tipos de máquinas herramientas:

- A. Máquinas de movimiento de corte rectilíneo.
- B. Máquinas de movimiento de corte circular.

El corte tanto en unas como en otras puede conseguirse por el movimiento de la pieza o por el movimiento de la herramienta. Se clasifican en:

1. Máquinas por arranque de viruta:

1.1. Por translación:

- 1.1.A. De la pieza: Cepilladura.
- 1.1.B. De la herramienta: Limadora, mortajadora y brochadota.

1.2. Por rotación:

- 1.2.A. De la pieza: Torno.
- 1.2.B. De la herramienta: Taladradora, mandrinadora, punteadota y fresadora.

2. Máquinas por arranque de partículas:

2.1. Por abrasión:

- 2.1.A. Mecánica: las esmeriladoras y las rectificadoras.
- 2.1.B. Ultrasónica.

2.2. Por electroerosión:

- 2.2.A. Electroerosinadoras.

LA CEPILLADORA:

Es una máquina cuya herramienta fija, arranca viruta al moverse la pieza debajo de ella con movimiento rectilíneo. Los movimientos de trabajo(es lo importante de cada máquina) de esta máquina son:

1. Movimiento de corte por desplazamiento longitudinal de la pieza.
2. Movimiento de avance por desplazamiento transversal de la herramienta.
3. Movimiento por profundidad de pasada por desplazamiento vertical de la herramienta.

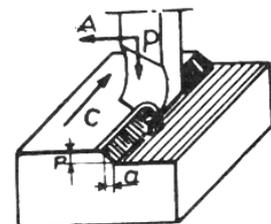


Fig. 32-1.—Movimientos fundamentales de la cepilladora. C, de corte; A, de avance y P, de profundidad de pasada.

A las cepilladoras se las llama también planeadoras por que se utilizan básicamente para planear superficies incluso de varios metros de longitud.

Componentes principales de las cepilladoras:

Las cepilladoras normales están formadas por una bancada, una mesa o tablero, los montantes el travesaño o frontón, el puente o carro transversal y el portaherramientas.

La bancada:

Es la parte más robusta de la máquina soporta todo el conjunto y debe absorber las vibraciones que se producen en los cambios de sentido de movimiento de la mesa, que se desliza sobre guías. La calidad de ejecución de estas guías es de lo que depende en gran parte la precisión de la máquina.

La mesa:

Es la parte de la máquina sobre la que se fijan las piezas que se han de trabajar. Va provista de agujeros o ranuras para enganchar los accesorios de fijación de las pieza que han de ir firmemente sujetas a la mesa. También deben ser robustas para resistir el peso de las piezas y los esfuerzos desiguales que producen los medios de fijación de las piezas.

Los montantes:

Situados uno a cada lado de la bancada tienen por objeto sostener el puente que soporta el carro portaherramientas. También se fabrican cepilladoras de un solo montante, que debe ser mucho más robusto, ya que no sólo estará sometido a flexión sino también a torsión.

El travesaño o frontón:

Es la parte superior de la máquina, une los dos montantes y asegura su paralelismo e inmovilidad.

En el puente o brazo:

Al carro portaherramientas desliza apoyado en el puente que une los dos montantes.

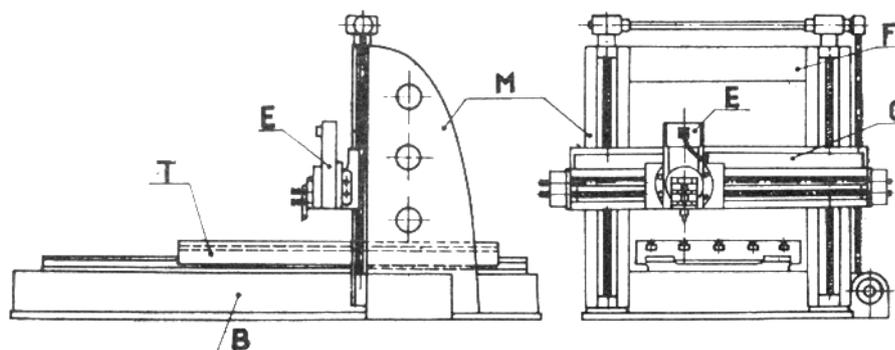


Fig. 32-2.—Cepilladora ordinaria de dos montantes. B, bancada; T, tablero o mesa porta-pieza. E, carro portaherramientas; M, montantes; F, travesaño o frontón; C, puente.

Movimientos de la herramienta:

A la herramienta se le puede dar movimiento en dos direcciones, una en dirección transversal que se consigue por la traslación de carro portaherramientas sobre el puente y un

movimiento vertical, que se puede conseguir o bien desplazando verticalmente el puente o desplazando verticalmente el carro portaherramientas.

Movimientos de la pieza:

En las cepilladuras el movimiento de corte se obtiene moviendo la pieza solidamente fijada sobre la mesa por debajo de la herramienta. Este movimiento generalmente es más lento en la carrera de corte de retroceso, estando ambas velocidades aproximadamente en relación de 1,5 a 4.

El movimiento de la mesa sobre la que va situada la pieza puede verificarse por cuatro sistemas:

1. Por tornillo y cremallera.
2. Por engranaje y cremallera.
3. Por tornillo y tuerca.
4. Hidráulicamente.

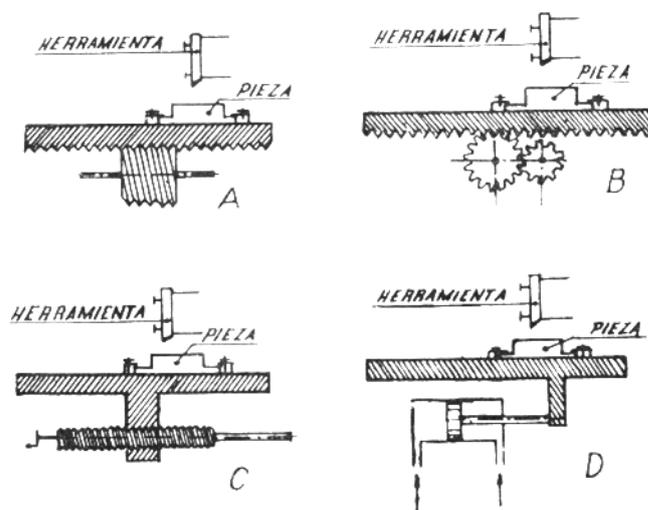


Fig. 32-15.—A, accionamiento de la mesa por tornillo y cremallera; B, accionamiento de la mesa por piñón y cremallera; C, accionamiento de la mesa por husillo y tuerca; D, accionamiento hidráulico de la mesa.

Tipos de cepilladoras:

El más empleado es el de dos montante, dotado de uno o dos carros portaherramientas con movimiento independiente. Hay también cepilladoras especiales como son las cepilladoras copiadoras, las cepilladoras fresadoras y las cepilladoras de dos sentidos de corte.

Operaciones que realizan las cepilladoras:

La principal es el planeado, pero también se labran superficies verticales, ranuras, rebajes, etc. El *planeado* consiste en mecanizar superficies planas, el *ranurado* consiste en mecanizar ranuras, el *rebajado* consiste en bajar la cota de una franja longitudinal de la pieza, en realidad un rebaje se puede considerar como un ranurado más ancho y de baja profundidad.

Potencia necesaria para el corte en las cepilladoras:

La potencia necesaria para el corte, es decir, para que se desarrolle éste a una velocidad determinada se dará multiplicando la fuerza por la velocidad:

$$P = F \cdot V$$

Pero esta fórmula se transforma en:

$$P_c = \frac{k \cdot p \cdot a \cdot v}{4500 \cdot \mu}$$

Siendo: P_c : potencia de corte.
 K : fuerza específica de corte.
 p : profundidad de pasada.
 a : avance.
 v : velocidad.
 μ : rendimiento de la máquina.

Pero a esta potencia necesaria para el corte es necesaria sumarle la potencia que consume el rozamiento del carro sobre las guías de la máquina esta potencia resultará igual a la fuerza de rozamiento por la velocidad.

$$P = q \cdot F \cdot v$$

Siendo: q : peso del carro y de la pieza.
 F : coeficiente de rozamiento.
 v : velocidad.

La potencia total que habrá que aplicarle a la máquina será la potencia absorbida dividida por el rendimiento:

$$P_c = \frac{(k \cdot p \cdot a + q \cdot F) \cdot v}{4500 \cdot \mu}$$

LA LIMADORA:

(Desplazamiento de la herramienta (pieza fija) al contrario que la cepilladora).

Es una máquina cuya herramienta animada de movimiento rectilíneo alternativo arranca viruta al moverse sobre la pieza fijada sobre la mesa de la máquina.

Los movimientos de trabajo de la limadora son:

1. Movimiento de corte: por desplazamiento longitudinal de la herramienta.
2. Movimiento de avance: por desplazamiento transversal de la pieza.
3. Movimiento de profundidad de pasada: por desplazamiento vertical de la herramienta.

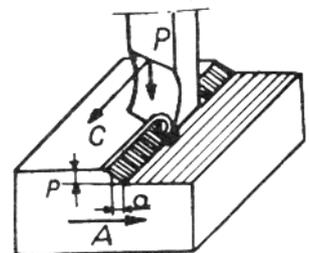


Fig. 33-1. — Movimientos fundamentales de la limadora. C, corte; P, profundidad de pasada; A, avance.

Las limadoras se utilizan principalmente para planear superficies de pequeñas dimensiones, pero también tienen una extensa aplicación para ranurado de ejes, perfilado de punzones, estampas, etc.

Componentes principales de las limadoras:

Está compuesta por tres partes principales:

- La bancada, que es el elemento soporte de la máquina, aloja todos los mecanismos de accionamiento, suele ser de fundición y muy robusta. Está provista de guías horizontales sobre las que deslizan el carnero y dos guías verticales sobre las que puede desplazarse verticalmente la mesa.
- Mesa, sobre las guías verticales de la parte frontal de la bancada se apoya un carro provisto de guías horizontales sobre las que se desplazan la mesa propiamente dicha, por tanto puede moverse verticalmente por desplazamiento vertical del carro.
- Carnero, es la parte móvil de la máquina, desliza sobre guías horizontales situadas en la parte superior de la bancada y en cuya parte frontal hay una torreta provista de un portaherramientas en el que se fija la herramienta de corte.

Operaciones que realiza la limadoras:

Son muy similares a las de las cepilladoras para mecanizar en general piezas más pequeñas.

Las operaciones más frecuentes son:

- El planeado
- El labrado de superficies verticales o inclinadas
- El rasurado
- El perfilado

Como trabajos típicos de la limadora son:

- El mecanizado de colas de milano
- El labrado de superficies cónicas
- El tallado de piñones cónicos para montajes espaciales, etc.

Fuerza de corte y potencia absorbida por la limadora:

La fuerza de corte es la misma que en las cepilladoras.

$$F = K \cdot p \cdot a,$$

Siendo: K: fuerza específica de corte.
P: la profundidad de pasada.
a: avance.

La potencia absorbida en las limadoras es algo menor que en las cepilladoras a que en la limadoras el peso del carnero es relativamente pequeño y no se tiene en cuenta la energía consumida en su movimiento por el rozamiento con las guías.

Luego la potencia absorbida es:

$$P_c = \frac{k \cdot p \cdot a \cdot v}{4500 \cdot \mu} \quad v = \text{velocidad de la corte.}$$

Y en este caso el rendimiento μ varía de 0,6 a 0,8.

MORTAJADORAS:

La mortajadora, también denominadas limadora vertical, es una máquina cuya herramienta animada de movimiento rectilíneo y alternativo vertical o poco inclinado arranca viruta al moverse sobre piezas fijadas sobre la mesa de la máquina.

Los movimientos de trabajo de la mortajadora son:

1. Movimiento de corte: por desplazamiento longitudinal o vertical de la herramienta.
2. Movimiento de profundidad de pasada: por desplazamiento longitudinal o axial de la pieza.

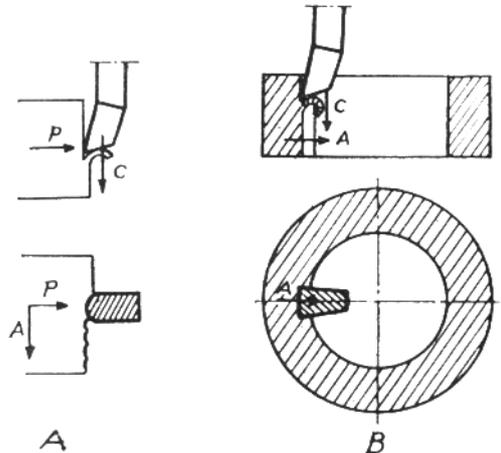


Fig. 34-1.—Movimientos de trabajo de la mortajadora: A) en trabajo ordinario y B) en ranurado.

Cuando se mecaniza con la mortajadora ranuras con herramientas de la anchura de éstas, se considera como movimiento de avance el movimiento transversal o axial de la pieza.

Las mortajadoras fueron creadas principalmente para la ejecución de ranuras en cubos de poleas, volantes, etc. Pero también se emplean para contornear matrices, levas, placas para taller engranajes, etc. Las mortajadoras al igual que en las cepilladoras y limadoras y en general todas las máquinas herramientas de movimiento alternativo tienen poco rendimiento, pues no pueden emplearse con grandes velocidades de corte porque las fuerzas de inercia se oponen a los cambios de sentido de marcha, además de las pérdidas de tiempo de trabajo que suponen los tiempos muertos de las carreras de retroceso.

Tipos de mortajadoras:

El tipo principal es la mortajadora ordinaria, que puede ser de cabezal fijo (llamada vertical) y orientable (llamada inclinada). La mesa puede ser cuadrada o circular en cuyo caso además del movimiento de dos ejes perpendiculares del plato de la mesa puede éste girar accionado por un husillo. Dentro de esta clase de mortajadoras, construyen las de alta precisión de carrera corta para trabajos delicados.

Las mortajadoras punzadoras, parecidas a las ordinarias pero de mayor potencia y la especialidad del trabajo.

Las mortajadoras sobre pórtico, se utilizan para mecanizar piezas grandes como bastidores de locomotoras, etc. Están formadas por una mesa de grandes dimensiones sobre la que se desliza un pórtico que soporta el portaherramientas. Además de su mayor tamaño y de su forma exterior se diferencian de las ordinarias en que el movimiento de avance se consigue por el movimiento del pórtico.

Las mortajadoras transportables, se emplean para mecanizar piezas de muy grandes dimensiones como tapas de turbinas, bancadas de laminadores, etc.

Operaciones realizadas con la mortajadora:

Las operaciones realizables son similares a las que realiza la limadora, pero con mayor potencia de arranque de material por el mayor apoyo que proporciona la mesa a las piezas sobre las que incide verticalmente la herramienta.

Las operaciones son las siguientes:

- Planeado de superficies planas.
- Rasurados interiores y exteriores.
- Estriados.
- Contorneados.
- Perfilados.
- Tallado de dientes rectos.

También se emplea para el desbaste y semiacabado de matrices, mecanizado de grandes piezas y tallado de dientes rectos interiores o exteriores en piezas de grandes dimensiones.

Fuerza de corte y potencia absorbida por las mortajadoras:

Se calculan igual que en las limadoras, siendo la Fuerza:

$$F = K \cdot p \cdot a$$

y la potencia:

$$P_c = \frac{k \cdot p \cdot a \cdot v}{4500 \cdot \mu} \text{ (CV)}$$

Siendo K; fuerza específica de corte.
 p; profundidad de pasada.
 a; avance.
 v; velocidad de corte.
 μ; rendimiento que varía de 0,6 a 0,8.

BROCHADORA:

Es una máquina dotada de una herramienta característica en forma de barra provista de múltiples dientes que se denomina brocha o aguja de brochar. Mecaniza superficies paralelas a su generatriz en una sola pasada de movimiento rectilíneo.

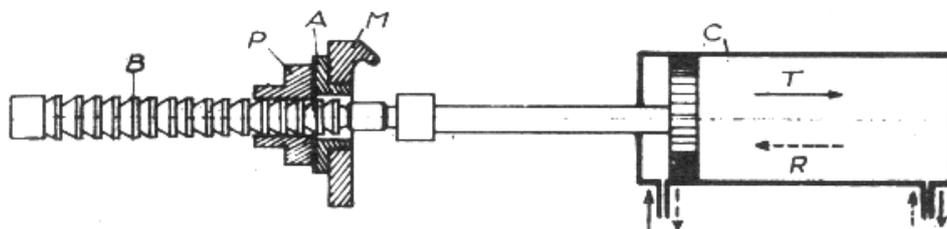


Fig. 35-1.—Esquema de una brochadora. B) brocha; P) pieza; A) montaje; M) mesa; C) cilindro; T) movimiento de trabajo; R) movimiento de retroceso.

Los movimientos de trabajo son:

1. Movimientos de corte por desplazamiento rectilíneo de la herramienta.
2. Movimiento de avance no existe.
3. Movimiento de profundidad de pasada se produce automáticamente y progresivamente a medida que avanza la brocha y es constante para cada herramienta.

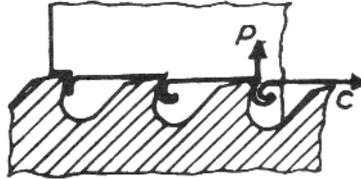


Fig. 35-2.—Movimientos de trabajo de una brochadora. C) corte; P) profundidad de pasada.

El brochado se emplea principalmente para la realización de formas poligonales partiendo generalmente de agujeros cilíndricos, pero también se emplea para la obtención de ranuras de chaveteros. Otra aplicación interesante es el mecanizado de superficies helicoidales en un tiempo 20 veces menor que el que precisa con otros procedimientos, obteniéndose además un trabajo más perfecto.

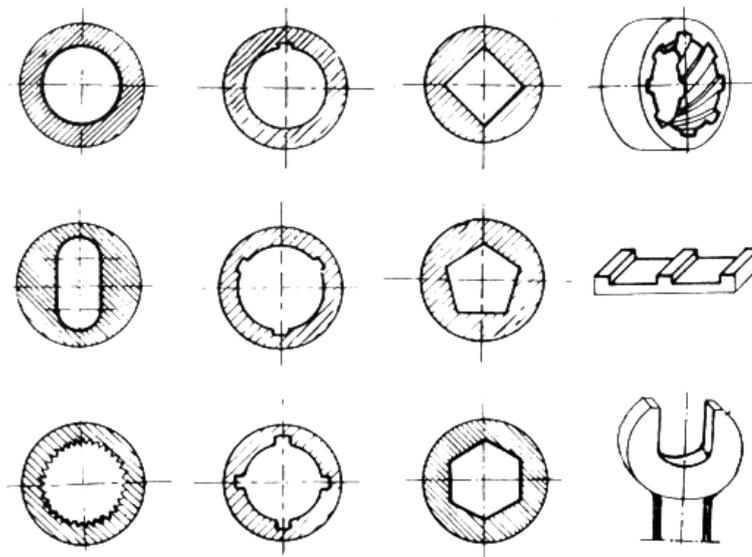


Fig. 35-3.—Secciones de algunas piezas mecanizadas por brochado.

Componentes principales:

La bancada; que es el soporte general de la máquina y alberga todos los elementos de transmisión de la potencia del motor al brazo tractor o impulsor.

La mesa sirve para apoyar la pieza que se ha de mecanizar, no es preciso ningún procedimiento de sujeción de la pieza pues la herramienta ejerce sobre ella un esfuerzo de tracción que la aprieta contra la mesa.

El brazo tractor o impulsor, según tire o empuje y es el órgano que transmite el movimiento rectilíneo.

Herramienta para el brochado: brochas:

La herramienta es la pieza fundamental de la brochadora hasta el punto de que puede considerarse que la máquina no es más que un dispositivo para proporcionar el sencillo movimiento rectilíneo a la brocha que por sí sola realiza una operación completa de mecanización. Las brochas o agujas de brochar, son barras provistas de múltiples hileras de dientes siendo la sección de trabajo de cada hilera un poco mayor que la hilera precedente, lo que produce un pequeño aumento de pasada de hilera a hilera, en su avance, hasta llegar a la dimensión definitiva con el paso de los últimos dientes.

Hay dos clases de brochas adecuadas a la clase de trabajo que han de realizar:

- Brochas para mecanizar interiores la más usadas.
- Brochas para mecanizar exteriores.

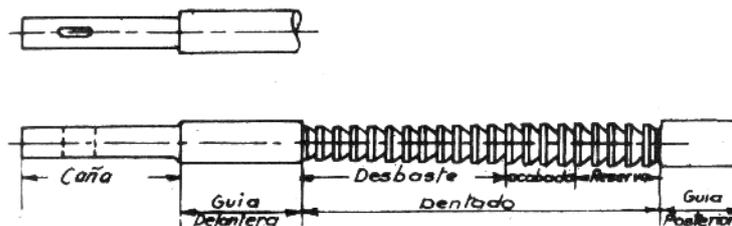


Fig 35-8.—Brocha de tracción.

Tipos de brochadoras:

Se construyen dos clases de brochadoras que se diferencian en la posición en que trabaja la herramienta:

- Brochadoras horizontales, que son las más corrientes.
- Brochadoras verticales.

Las brochadoras horizontales pueden ser de cabezal único, de dos cabezales que accionan dos brochas independientes.

Potencia necesaria para el brochado:

La fuerza de corte es:

$$F = K \cdot s = K \cdot c \cdot e \cdot n$$

Siendo:

k: fuerza específica de corte.

c: perímetro de la hilera de dientes en contacto con la pieza.

e: incremento de la altura de los dientes.

n: nº de hileras de dientes en contacto con la pieza.

Luego la potencia absorbida es:

$$P = \frac{F \cdot v}{\mu} = \frac{k \cdot c \cdot e \cdot n \cdot v}{4500 \cdot \mu}$$

TEMA 12: MÁQUINAS HERRAMIENTAS II

TORNO:

El torno es una máquina-herramienta en la que la pieza que se mecaniza sometida a un movimiento de rotación es conformada por la herramienta animada de un movimiento de avance generalmente paralelo al eje de rotación de la pieza.

Los movimientos de trabajo del torno son:

1. Movimiento de corte por rotación de la pieza.
2. Movimiento de avance por desplazamiento longitudinal de la herramienta.
3. Movimiento de profundidad de pasada por desplazamiento radial de la herramienta.

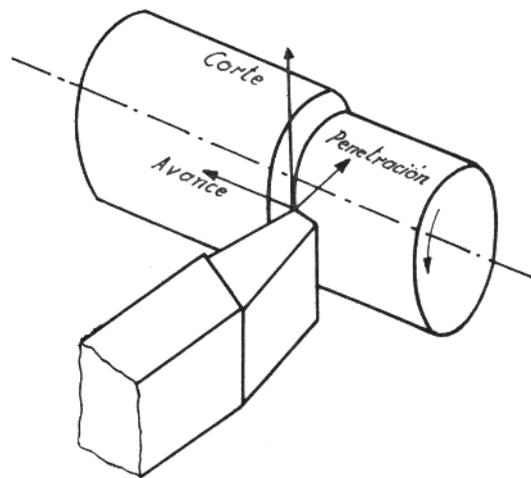


Fig. 29-4.—Movimientos de trabajo de una cuchilla.

El torno sigue siendo la máquina fundamental de los talleres mecánicos y son aproximadamente el 65% del total de las máquinas-herramientas para el conformado por arranque de viruta. Se emplean generalmente para la mecanización de cuerpos de revolución como poleas, manguitos, pernos, etc.

Pero es una máquina muy versátil y de múltiples aplicaciones.

Componentes principales:

El torno cilíndrico de puntas o torno horizontal está compuesto de 4 partes principales:

Bancada:

Es la pieza más robusta ya que sirve de elemento de sustentación a los órganos de la máquina. Se construye generalmente de fundición y en los tornos pequeños, de una sola pieza. En su parte superior lleva las guías del cabezal móvil o contrapunto y la del carro principal o portaherramientas.

Cabezal fijo:

Está formado por una caja de fundición atornillada sobre el extremo fijo de la bancada. Este cabezal contienen el eje principal en cuyo extremo van los órganos de sujeción y accionamiento de la pieza a la que se imprime un movimiento del motor a través de los engranajes de reducción alojados también en el cabezal.

Cabezal móvil:

Se encuentra en el extremo derecho y opuesto por tanto al cabezal fijo y puede deslizarse por las guías en toda su longitud. Está formada por dos piezas principales de fundición, una de las cuales sirve de soporte y contiene las guías que apoyan sobre las del torno y el dispositivo de fijación, para fijarlo. La otra pieza situada en la parte posterior de forma alargada y eje situado en la prolongación del eje principal del cabezal fijo, contiene el contrapunto que constituye el otro apoyo de la pieza que se mecaniza.

Carro porta herramientas o portaútil:

Es el que lleva la herramienta y le comunica los movimientos de avance y de penetración. Está formado por 3 carros superpuestos:

- a) *Carro principal o de bancada:* Desliza sobre las guías de la bancada y lleva en su parte delantera los mecanismos de avance y de profundidad de pasada, tanto manual como automática.
- b) *Carro transversal:* Desliza transversalmente sobre guías del carro principal y se mueve a mano automáticamente por los mecanismos que lleva el carro principal.
- c) *Carro superior u orientable:* Está formado por 3 piezas: La base, el charriot y el portaherramientas. La base, va apoyada sobre una plataforma giratoria en el carro transversal con lo cual puede orientarse en cualquier posición determinada por un limbo graduado y quedar fija por un dispositivo adecuado. Esta base lleva unas guías sobre las que se desliza un carrito o chariot sobre el cual va situado el portaherramientas propiamente dicho.

Operaciones que realizan los tornos:**Cilindrado:**

Consiste en mecanizar un cilindro recto de longitud y diámetro determinado. Una vez iniciado el corte con la profundidad y el avance deseado, la herramienta se desplaza automáticamente y realiza el trabajo. Generalmente se da una pasada de desbaste para dejar la pieza en la cota deseada y una pasada de acabado para alisar la superficie.

Mandrinado:

Consiste en agrandar un agujero.

Refrentado:

Consiste en mecanizar una superficie plana perpendicular al eje de giro, para esto la herramienta no tiene avance sino únicamente profundidad de pasada.

Roscado:

El cilindrado se realiza con una velocidad muy lenta de avance de la herramienta en relación con la velocidad de giro de la pieza, ya que de otro modo quedaría grabados surcos; pues bien, el roscado se realiza con velocidad de avance mucho mayor en relación con la velocidad de la pieza, con lo que la herramienta marca una hélice que constituye la rosca.

Ranurado:

Consiste en abrir ranuras en las piezas, si éstas son estrechas, se realizan con una herramienta de la misma anchura de la ranura, pero si son anchas habrá que darle a la herramienta un movimiento de avance.

Taladrado:

Se realiza fijando brocas de diámetro apropiado en el cabezal móvil en lugar del contrapunto.

Moleteado:

Consiste en imprimir en la superficie de la pieza un grabado por medio de una herramienta especial denominada "moleta" provista de una rueda que lleva en su superficie el grabado deseado y que se aplica fuertemente sobre la pieza a moletear.

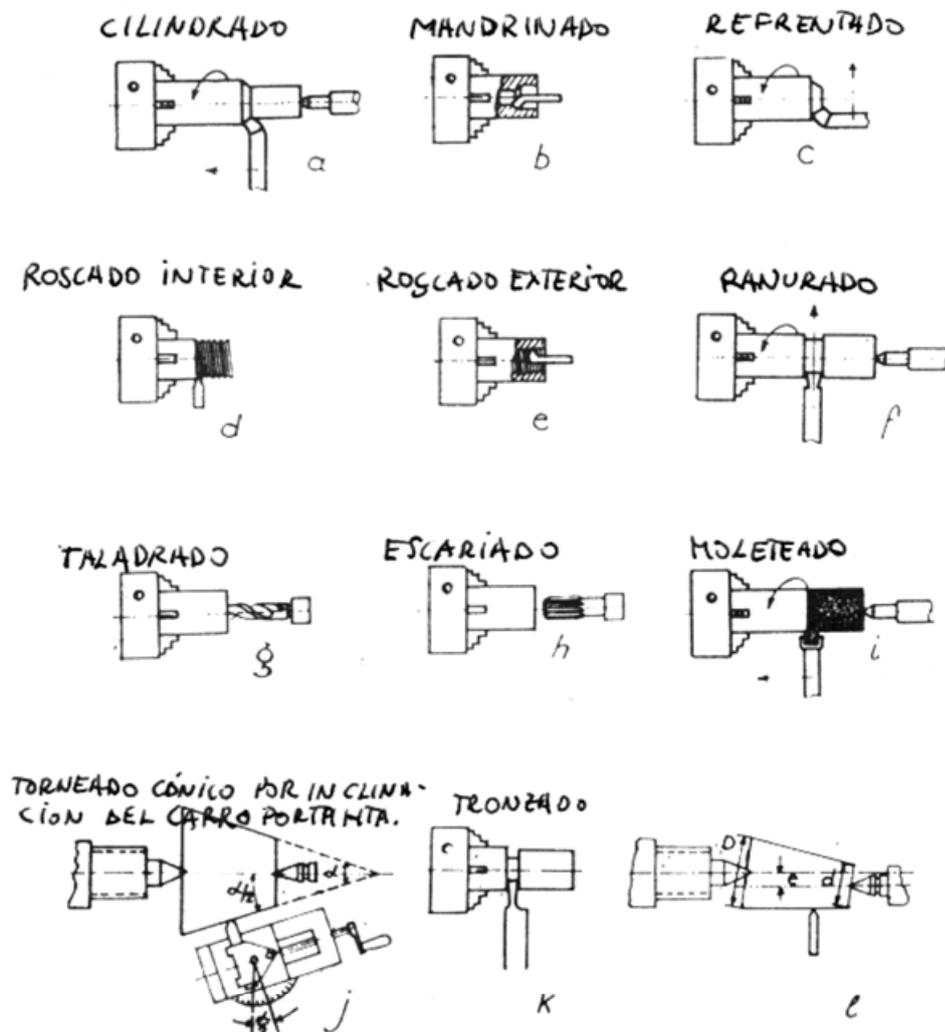
Torneado cónico:

Tiene por objeto obtener troncos de cono en lugar de cilindros. Se puede realizar por 3 procedimientos, como puede ser:

- Inclinando el carro portaherramientas.
- Desplazando el contra punto.
- Con un dispositivo copiador.

Tronzado o corte de la pieza:

Es el seccionamiento de la barra o de la pieza una vez terminada, utilizando una herramienta especialmente afilada denominada tronzadora. Como trabajos especiales se puede utilizar el torno como máquina de fresar montando la fresa que ha de ser de mango en el cabezal o en el plato de garras, y sobre el carro portaherramientas se fija un soporte orientable y desplazable verticalmente. También se puede utilizar como talladora de pequeños engranajes y como mandrinadora o máquina de ranurar. También como máquina de afilar, utilizando una muela de afilado, pero no es aconsejable esta aplicación ya que el (desmedir) desprendido de las muelas puede dañar las guías del torno.



Fuerza de corte y potencia absorbida en el torneado:

$$F = K \cdot p \cdot a$$

$$P_c = \frac{k \cdot p \cdot a \cdot v}{4500 \cdot \mu}$$

Siendo K; fuerza específica de corte.
 p; profundidad de pasada.
 a; avance.
 v; velocidad de corte.
 μ ; rendimiento que varía de 0,6 a 0,8.

Tornos semiautomáticos y automáticos:

El torno horizontal no es adecuado para trabajos en serie, para este tipo de trabajos se han ideado dispositivos para automatizar o semiautomatizar las operaciones para que el torno realice una vez ajustado, piezas sin intervención del operario o con una intervención muy limitada, que puede confiarse a personal no especializado. Con esto se obtiene 3 ventajas principalmente:

1. Se aumenta generalmente la velocidad de producción.
2. Se aumenta la precisión y la uniformidad de las piezas.
3. Se obtiene una sensible reducción del precio de coste al disminuir los gastos de producción por el ahorro de mano de obra.

Los tornos semiautomáticos más usuales son:

- el torno revólver.
- el torno con copiador.

Y los tornos automáticos son:

- los tornos accionados por levas.
- los tornos con control numérico.

TALADRADORA:

Es una máquina cuya herramienta animada de un movimiento de rotación y de avance, perfora la pieza que permanece fija.

Los movimientos de trabajo:

1. Movimiento de corte por rotación de la herramienta.
2. Movimiento de avance por desplazamiento axial de la herramienta.
3. Movimiento de profundidad de pasada, no existe utilizando brocas cilíndricas, pero con brocas cónicas puede considerarse que hay un pequeño avance.

Es una máquina concebida especialmente para realizar agujeros que aunque pueden realizarse por otros procedimientos con ninguno de ellos pueden obtenerse orificios con la precisión, limpieza y profundidad como por taladrado. Tiene muchas aplicaciones.

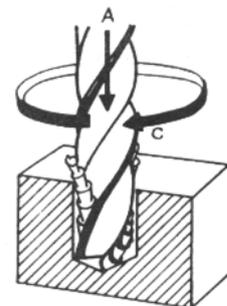


Fig. 38-1.—Movimiento de trabajo de la taladradora: C, corte; A, avance.

Tipos de taladradoras:

Además de la taladradora de columna que es la fundamental, se construyen diversos tipos de taladradoras mejor adaptadas al trabajo al que se destinan. Las principales son las siguientes:

1. Taladradora de sobremesa.
2. Taladradora de series.
3. Taladradora múltiple.
4. Taladradora radiales.
5. Taladradora portátil.

Herramientas de las taladradoras: brocas

Las herramientas típicas de las taladradoras son las brocas, aunque también utilice otras herramientas especiales para determinar las operaciones.

Hay dos clases fundamentales de brocas:

1. Brocas de lanza, que son planas con dos bisel y acabadas en punta.
2. Brocas en espiral, que son en general cilíndricas con unos bisel helicoidal y también terminadas en punta.

Operaciones realizables:

Con la taladradora se realizan en primer lugar agujeros, que es la operación principal para lo que han sido creadas. Según atraviesen o no la pieza, los agujeros se denominan:

- Agujeros pasantes
- Agujeros ciegos.

Además del taladrado, puede realizar las siguientes operaciones:

Escariado:

Es una operación en cierto modo complementaria del taladro, pues consiste en ampliar ligeramente o acabar un agujero ya taladrado.

Abocardado:

Como al taladrar se forma en los bordes del taladro una rebaba muy pronunciada que impide un buen ajuste de las piezas además de poder causar deterioros en sus bordes afilados, los taladros deben ser desbarbados mediante el empleo de un avellanador.

Refrentado:

Consiste esta operación en aplanar la superficie que circunda el orificio o taladro para que asienten perfectamente las arandelas, cabezas de tornillos u otros elementos que tengan que apoyar contra esa superficie.

Penetrado:

Tiene como finalidad hacer cajas o alojamientos en las piezas alrededor de un perno, vástago, bulón, etc.

Barrenado:

Consiste en agrandar un agujero previamente efectuado, mediante útiles de desbastar, en realidad el penetrado y el avellanado son casos particulares del barrenado.

Recortado:

Se realiza utilizando una herramienta especial, compuesta de un brazo radial que lleva una cuchilla desplazable con objeto de poderla ajustar a la posición deseada. Así se obtienen agujeros

de diferentes diámetros. A esta herramienta también se le llama broca de expansión y se utiliza únicamente para piezas de poco espesor, generalmente chapas.

Troceado:

También pueden emplearse las taladradoras para cortar un material, realizando taladros secantes.

Roscado:

Se realiza la operación haciendo en la pieza el agujero adecuado, después se sustituye la broca por el macho de roscar y en cuanto muerde la pieza, haciendo una ligera presión en la palanca de avance manual, continúa avanzando el macho automáticamente debido a su corte helicoidal. Una vez terminada la rosca se saca el macho invirtiendo el sentido de rotación.

MANDRINADORA:

La mandrinadora es una máquina cuya herramienta animada de un movimiento de rotación con avance o sin él y generalmente en posición horizontal aumenta de diámetro (mandrina) orificio de piezas que permanecen fijas o avanzan hacia la herramienta.

Los movimientos de trabajo son:

1. Movimiento de corte por rotación de la herramienta.
2. Movimiento de avance por desplazamiento axial de la herramienta o por desplazamiento longitudinal de la pieza.
3. Movimiento de profundidad de pasada por desplazamiento radial de la herramienta.

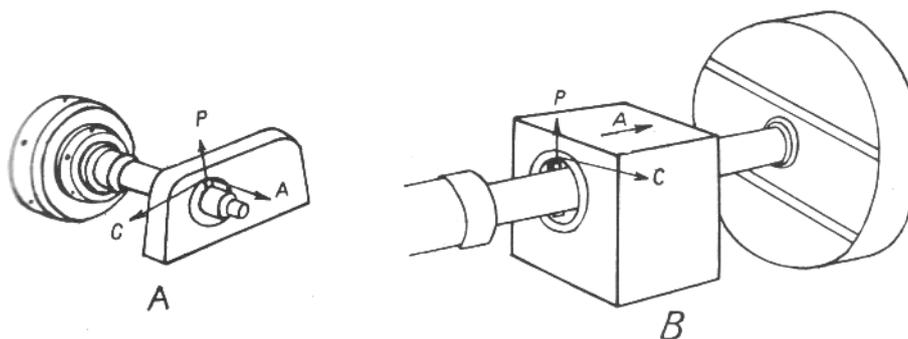


Fig. 39-1.—Movimientos de trabajo de la mandrinadora. A) Con avance de la herramienta.
B) Con avance de la pieza.

En realidad la definición y los movimientos que hemos atribuido a la mandrinadora sólo corresponden a la principal aplicación de esta máquina, pues una mandrinadora moderna tiene una gama de movimientos mucho más amplia y sus aplicaciones ordinarias no se reducen sólo al torreado interior o mandrinado sino que realizan operaciones de refrentado, fresado, roscado, etc.

Operaciones realizables:

Las mandrinadoras se emplean principalmente para mandrinar agujeros de importancia sobre todo en piezas de formas irregulares como cilindros de máquinas de vapor, soportes de bielas, y en general, piezas que deben permanecer fijas y mandrinarse girando la herramienta.

Las operaciones que pueden realizarse son las siguientes:

Mandrinado:

Se realiza con herramientas en voladizo cuando son mandrinados cortos. Si se trata de mandrinados largos, se utiliza la barra de mandrinar.

Taladrado:

Aunque no es un trabajo propio de la mandrinadora, se realizan con frecuencia taladros utilizando brocas con mangos cónicos.

Escariado:

Se repasan los orificios con escariadores fijos o regulables.

Refrentado:

Se realiza esta operación utilizando el plato con el portaherramientas desplazable radialmente.

Roscado:

En algunos tipos de mandrinadoras pueden darse avances al husillo, igual a los pasos normalizados de las roscas, y por tanto.

Fresado:

Es una operación frecuente en las mandrinadoras y se realiza con fresas montadas sobre el eje cuando son de pequeños diámetros o sobre el plato cuando se trata de fresas grandes. Utilizando un portaherramientas orientable especial puede fresarse en cualquier ángulo.

Torneado:

Si la mandrinadora va equipada con mesa circular dotada de rotación independiente pueden realizarse torneados.

PUNTEADORAS:

Son máquinas especiales de muy alta precisión, cuya herramienta animada de movimiento de rotación realiza operaciones de taladrado, mandrinado o fresado de piezas que permanecen fijas, se desplazan o giran durante la operación. Además las punteadoras tienen como característica que las distingue de todas las demás máquinas herramientas, la extraordinaria precisión con que pueden situarse los puntos de mecanizado en la pieza, traduciendo las cotas de los planos con los desplazamientos de los órganos móviles de la máquina, lo que permite mecanizar en puntos exactos sin necesidad de marcarlos previamente.

Además las máquinas más modernas van provistas de dispositivos de repetición automática de operación o de programación por control numérico, lo que permite la utilización de esta máquina con extraordinario rendimiento para la producción en serie.

Operaciones realizables con la punteadoras:

Las operaciones fundamentales que realizan las punteadoras son:

- taladrar
- mandrinar
- refrentar

Pero lo que constituyen la característica destacable de esta máquina es el posicionado rápido y si se desea automático de la herramienta, lo que permite realizar con mayor perfección y en menos tiempo:

- El mecanizado de piezas complicadas como un carter de distribución del aceite de un motor de avión de 6 caras.
- El mecanizado de piezas en serie.

FRESADORA:

Es una máquina dotada de una herramienta característica denominada “fresa”, que animada de un movimiento de rotación mecaniza superficies en piezas que se desplazan con movimiento rectilíneo bajo la herramienta.

Si el eje de la fresa está dispuesto paralelamente a la superficie a mecanizar, el fresado se denomina “cilíndrico”, en este caso la fresa puede girar en sentido contrario al avance, denominándose “fresado normal”, o en el mismo sentido denominándose “fresado en concordancia”.

Cuando el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de la pieza que se mecaniza, el fresado se denomina “frontal”.

Los movimientos de trabajo son:

1. Movimiento de corte, por rotación de la fresa.
2. Movimiento de avance, por desplazamiento rectilíneo de la pieza.
3. Movimiento de profundidad de pasada, por desplazamiento vertical de la pieza.

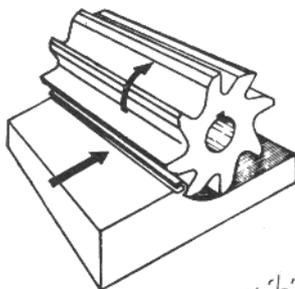


Fig. 40-1.—Fresado cilíndrico normal

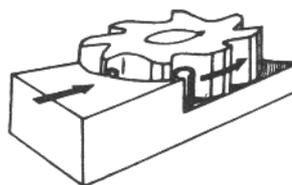


Fig. 40-2.—Fresado frontal.

Actualmente, la fresadora tiene un campo de aplicación para el mecanizado de piezas pequeñas, casi ilimitado. Tienen mucho más rendimiento que las demás máquinas para las mismas operaciones, pues como cada diente o arista de la fresa no está en fase de trabajo y por lo tanto en contacto con la pieza nada más que una fracción de tiempo que dura la revolución de la fresa, ésta experimenta mucha menos fatiga, tiene menos desgaste y trabaja a una temperatura inferior que las herramientas de los tornos, sin que pueda considerarse su trabajo intermitente ya que siempre hay una arista de la fresa en fase de trabajo.

Componentes principales:

La base: Es la base que sirve de apoyo a la máquina.

El cuerpo: Es el elemento estructural de la máquina que en forma de columna se apoya sobre la base llena en la parte frontal, las guías verticales por la que desliza la consola y contiene los mecanismos de accionamiento de la máquina. La consola que desliza sobre las guías sirve de soporte a la mesa. La mesa donde se fijan las piezas tiene su superficie ranurada y se apoya sobre los carros, uno de desplazamiento longitudinal y otro transversal.

El puente: Es una pieza colocada sobre la parte superior del cuerpo y soporta al cojinete o apoyo del eje de la herramienta. Y el eje de trabajo o de la herramienta está montado horizontalmente en la parte superior del cuerpo, sirve de apoyo y accionamiento a la fresa y recibe el movimiento de rotación del mecanismo de accionamiento alojado en el cuerpo de la fresadora.

Procedimientos de fresado:

Fresado tangencial en oposición llamado también fresado normal. En este caso el eje de la fresa es paralelo a la superficie trabajada y gira en sentido contrario al avance de la pieza. En este caso el espesor de la viruta crece al girar la fresa y avanzar la pieza, por lo que el esfuerzo de corte va creciendo también progresivamente, en contra de esta ventaja tiene los siguientes inconvenientes: Si se emplean avances muy pequeños no existe más que un diente cortando a la vez y como la resultante de los esfuerzos de corte al final de la carrera están dirigidos hacia arriba, tiende a levantar la pieza de la mesa con lo que se originan flexiones y vibraciones.

El rozamiento de la fresa sobre la pieza al iniciar el corte es muy grande y esto desgasta los dientes y los calienta.

La potencia consumida en el fresado a consecuencia de lo anterior es superior a la del fresado en concordancia.

Las superficies obtenidas no son perfectamente planas sino ligeramente onduladas.

Fresado tangencial en concordancia, La fresa también de eje horizontal gira en el mismo sentido que el de avance de la pieza, en este caso los dientes de la fresa inician el corte de la viruta en su máximo espesor por lo que necesita mayor esfuerzo de corte que en el normal, tiene las siguientes ventajas:

La componente vertical de la fuerza de corte se dirige hacia abajo y por tanto si la máquina es lo suficientemente rígida quedan eliminadas las vibraciones.

Los dientes de la fresa no sufren el rozamiento inicial con la pieza, que tenían en el fresado normal, por esto y por la ausencia de vibraciones se pueden emplear avances mayores y se obtiene mayor rendimiento.

La potencia consumida en el fresado por la ausencia de rozamientos es inferior a la del fresado normal.

El acabado obtenido es mejor que en el normal pues generalmente no presenta ondulaciones.

Fresado frontal: En el fresado frontal el eje de la herramienta es perpendicular a la superficie de trabajo y el espesor de la viruta arrancada es constante. En este procedimiento solamente trabajan las extremidades de los dientes y se realiza solo cuando la pieza es de anchura inferior a la de la fresa, pues en caso contrario el fresado sería mixto, tangencial y frontal. La superficie mecanizada tiene mejor aspecto que en los procesos anteriores ya que en ella no guarda trazo alguno de la forma de la fresa, sino únicamente la raya dejada por los dientes que son arcos de cicloides, si el eje no es totalmente perpendicular no se obtendrán superficies totalmente planas. En la práctica del fresado frontal el eje de la fresa se lleva ligeramente inclinado hacia delante para evitar el rozamiento de los dientes cuando no cortan, por lo que la superficie gruesa produce es ligeramente cóncava.

Fresas:

En su sentido más amplio las fresas pueden dividirse como sólidos de revolución en cuya superficie se encuentran repartidas cuchillas denominadas dientes que se clavan y arrancan viruta de material al girar alrededor de su eje. Los elementos característicos que definen la fresa son:

- El **cuerpo** que es el núcleo sobre el que van apoyados los dientes.
- El **dentado** que es el elemento activo de la pieza.
- El **mango** (cuando lo tiene) por el que se sujeta al portaherramientas.
- La **periferia** es la superficie de revolución imaginaria que envuelve al filo de los dientes.

Operaciones que realiza la fresadora:**Planeado:**

Se realiza con fresas cilíndricas o frontales.

Ranurado:

Se realiza con fresas de 3 cortes.

Corte:

Se realiza con fresas sierra en forma de disco.

Perfilado:

Se emplean fresas de línea periférica adecuada al perfil que se desea obtener.

Fresado circular o contorneado:

Se utilizan fresas cilíndricas en posición vertical.

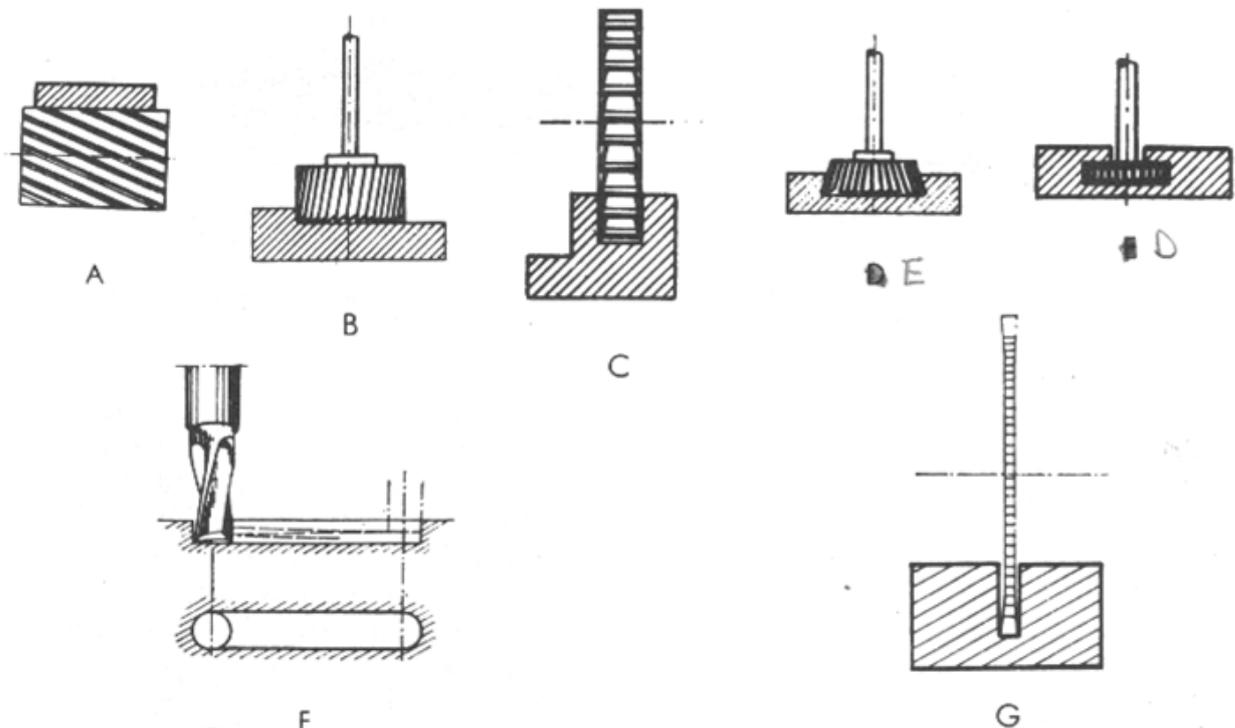
Fresado helicoidal.**Fresado de engranajes.****Taladrado.****Escariado.****Mandrinado.****Mortajado.**

Fig. 40-49.—Operaciones de fresado: A) planeado con fresa cilíndrica; B) planeado con fresa frontal; C) ranurado; D) ranurado en T; E) ranurado en cola de milano; F) ranurado de chavetero; G) serrado.

TEMA 13: MECANIZADO POR ABRASIÓN

INTRODUCCIÓN: MECANIZADO POR ABRASIÓN:

Se conoce con el nombre de abrasivos, determinados materiales naturales o artificiales de gran dureza y que en forma de granos sueltos o aglomerados se emplean para la limpieza y conformado de toda clase de materiales.

Los abrasivos se proyectan o frotan sobre la superficie de la pieza que se desea limpiar, y los diminutos cristales que lo forman arrancan parte del material cuando sus aristas agudas se presentan de forma favorable. Las partículas arrancadas no tienen forma definida como las virutas de las máquinas herramientas, además son de un tamaño más pequeño del orden de la milésima de milímetro.

A pesar de esto, se consiguen arranques de material relativamente importantes pues como se proyectan o frotan granos de abrasivo en gran cantidad se arranca muchas partículas simultáneamente.

Sin embargo, los abrasivos no se emplean generalmente para arranques importantes de material, sino más bien para limpieza, acabado y pulido.

CLASES DE ABRASIVOS:

Hay dos clases de abrasivos:

1. Los naturales, que son:

- El cuarzo es anhídrido silícico y se utiliza en forma de arena o en forma de piedra arenosa o asperón.
- El esmeril está formado de un 50-65% de alúmina que es el elemento cortante y el resto son impurezas de óxido de hierro, sílice y cromo, se emplea pulverizado para la fabricación de lijas.
- El corindón está formado de un 70-75% de alúmina, es más duro que el esmeril y de mejor calidad.
- El diamante es carbono puro cristalizado y se utiliza en la fabricación de muelas diamantadas.

2. Artificiales:

- El corindón artificial o alundum, se obtiene a partir de la bauxita por fusión a 400°C y se obtenemos este abrasivo que contiene del 75-85% de alúmina.
- El corindón blanco de mayor dureza se obtiene por fusión se la alúmina pura.
- El carborundum es el nombre comercial del carburo de silicio y se obtiene a 2200°C carbón de cock, arena silícea, cloruro sódico y serrín, es el abrasivo más duro que se conoce.

APLICACIONES DE LOS ABRASIVOS:

1. Chorros de arena:

Son aparatos compuestos de un depósito para la arena cuyo fondo cónico está unido a un tubo por el que circula una corriente de aire a presión que arrastra granos de

arena del depósito y los proyecta sobre la pieza que se trabaja conducidos por una banda elástica que termina en una boquilla manejada por el operario. Las arenas son generalmente silíceas pero también se emplean granos de corindón. Tiene una gran aplicación industrial para la limpieza y preparación de piezas.

2. Lijas:

Son hojas de papel o tela sobre las que se han añadido abrasivos en polvo. Las que están montada sobre papel se usan para materiales blandos y según el tamaño de grano, se numeran del 1 al 16, 1 la más basta y 16 la más fina. Las montadas sobre tela mejor denominadas tela esmeril, se emplean para el lijado de metales con escala de tamaño de grano fino a basto en FF, F, 00, 0, 1, 1.5, 2, 2.5, 3. Las telas con abrasivos de carborundum se numeran con el número de malla por la que pasa el grano en 40, 60, 80, 100, 120.

3. Muelas:

Son las herramientas de corte formadas por materiales abrasivos cuyos filos son los granos de éste y actúan generalmente al girar la muela a gran velocidad. Se utiliza para desbastar o rebajar piezas en trabajo de poca precisión, para afilar herramientas restableciendo sus filos y ángulos de corte, para rectificar o afinar piezas de elevado grado de precisión y para tronzar(cortar) materiales duros.

Hay muelas naturales o de agua son piedras de arenisca o asperón cortadas en forma de disco, y las muelas artificiales que son las más utilizadas se fabrican de acuerdo a las necesidades específicas de su aplicación.

Sus propiedades de las muelas quedan definidas por 4 características:

- Clase de abrasivo.
- Tamaño de grano.
- Grado de dureza.
- Clase de aglomerado y estructura.

Los abrasivos no naturales más utilizados son: el corindón artificial denominado por la letra A, y el carborundum denominado por C.

El grado de dureza de las muelas: Depende de la mayor o menor tenacidad con que el aglomerante retiene los granos del abrasivo. Depende del aglomerante utilizado y del porcentaje de aglomerante con relación al de abrasivo. Los aglomerantes de las muelas varían según el uso de la muela, los más utilizados son el vitrificado o cerámico y el orgánico o resinoide, también se utilizan el magnesio, el silicato, la goma laca, el caucho, el clorocaucho y las resinas epoxi. Para seleccionar una muela hay que tener en cuenta los siguientes factores:

- Material que se pretende trabajar.
- Tipo de operación.
- Precisión de dimensiones y grado de acabado.
- Superficie de acabado.
- Velocidad de la muela y de la pieza.
- Forma de la muela.
- Tipo y condiciones de la máquina.

Como caso particular se fabrican las muelas diamantadas se emplean para el afilado de herramientas de carburos metálicos, como por ejemplo, las vidias. Se emplean abrasivos construidos por polvo de diamante. Sus características dependen del tipo de abrasivo, tamaño de grano, grado de dureza, concentración, aglomerante y espesor de la capa diamantada.

MAQUINAS PARA EL MECANIZADO POR ABRASIVOS:

Las esmeriladoras:

Son máquinas muy sencillas, compuestas casi exclusivamente por las muelas y un motor que las acciona. Pueden ser fijas y portátiles. Las fijas se emplean para desbarbar o para dar formas rudimentarias para piezas sin presión y las portátiles se emplean exclusivamente para desbarbar.

Las afiladoras:

Son similares a las esmeriladoras, pero dotadas de una mesa montada sobre un pedestal y que desliza por unas guías verticales de éste.

Las rectificadoras:

Son máquinas de alta precisión empleadas para rectificar a las medidas exactas piezas mecanizadas con otras máquinas herramientas. Tienen como características especiales que las diferencian de otras máquinas herramientas lo siguiente:

1. Una gran desproporción entre el tamaño de la pieza que se mecaniza y la máquina debido a la necesidad de evitar totalmente las vibraciones que impedirían obtener la precisión que se exige.
2. Esfuerzos de corte son muy inferiores a otras máquinas y por eso sus órganos de movimiento se calculan para resistir las altas velocidades a que se somete y no a presiones de corte.
3. La muela gira a la velocidad de cualquier otra máquina. Suele superar las 10.000 r.p.m.

Las acabadoras:

Permiten obtener una elevada precisión, superior a la obtenida con otras máquinas a las que tienen que superar en los acabados, con rugosidades inferiores a 1 micra. Comunican a la superficie un acabado espectacular.

Hay dos tipos:

- Acabadoras propiamente dichas, suprimen las rugosidades que puedan quedar en el rectificado. Son las lapeadoras y superacabadoras.
- Máquinas abrillantadoras, solamente dan brillo como son las pulidoras.

Las acabadoras utilizan los abrasivos montados en soportes rígidos, en cambio, las abrillantadoras emplean soportes flexibles.

Las lapeadoras se emplean para el acabado y redondeado de agujeros. La herramienta de eje vertical está formada por un conjunto de piedras en unos modelos o filas de esmeril y en otras van montadas en soportes portapiedras que en conjunto tiene forma cilíndrica.

La característica diferencial de esta máquina es que la herramienta lapeadora no está conducida por la máquina sino que está unida por un eje cardánico y únicamente está accionado por ella.

La operación se realiza combinando el movimiento de giro con un segundo movimiento de vaivén arriba y abajo, por lo que la trayectoria seguida por la herramienta es de zigzag trazando hélices de paso con un ángulo de 30°. La operación se realiza con una lubricación muy abundante.

Los abrasivos empleados son el carborundum para el acero y el corindón para metales ligeros. El espesor del material a arrancar es muy reducido del orden de 10 a 40 micras.

TEMA 14: PROGRAMACIÓN Y CONTROL NUMÉRICO

PRODUCCIÓN, FABRICACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN:

Desde el punto de vista técnico, se emplean a menudo e indistintamente, los términos de fabricación y producción para expresar el objeto producido o la cantidad producida del mismo. Sin embargo, el término fabricación incluye siempre las actividades que se desarrollan en el taller para la obtención del producto.

En el origen, todos los esfuerzos encaminados a aumentar el rendimiento de una fabricación se han dirigido hacia la Máquina Herramienta(MH) mediante la búsqueda de materiales que permitían disminuir los tiempos de corte y automatizado la MH con el fin de disminuir los tiempos no productivos.

De todo el tiempo que la pieza se encuentra en proceso de fabricación solamente el 5% se encuentra en la MH y el resto del tiempo se emplea en movimientos de la pieza por el taller, además, de éste 5% de tiempo que la pieza se encuentra sobre la MH, sólo el 30% se emplea para mecanizado y el resto para el posicionado de la herramienta.

De aquí se deduce la importancia que tienen los automatismos, por la que hoy en día se están haciendo verdaderos esfuerzos para automatizar todo el proceso de fabricación, hasta tal punto que ya no se habla de la automatización de una MH sino de la automatización de un sistema de fabricación, entendiéndose como tal al sistema formado por las operaciones que intervienen en el proceso.

Se entiende por automatización, aquella técnica que aplicada a los sistemas industriales, hace posible que la máquina sea capaz de regularse así misma, prescindiendo del hombre tanto en los trabajos físicos como en las funciones de sistematización y ordenación. En el rendimiento de una fabricación al igual que una MH se puede medir por los costes de fabricación, por la productividad y por los beneficios.

CONCEPTO DE FLEXIBILIDAD EN LA MH:

Se entiende por flexibilidad de una MH a la capacidad de la misma para producir piezas diferentes tanto en su forma geométrica como en el número y tipo de operaciones de mecanizado, de forma que los tiempos de preparación de la máquina sean mínimos.

CAMPO DE APLICACIÓN:

Según la norma ISO 2382/1 de 1974 se define el control numérico(CN) como el control automático de un proceso, ejecutado por un dispositivo que utiliza datos numéricos introducidos usualmente mientras la operación se está realizando.

En MH, la denominación de CN significa control de mecanizado o del proceso con la ayuda de números que puestos en forma cualificada define el ciclo de operaciones a efectuar en la pieza, o sea, el programa. Las informaciones alfanuméricas compuestas de letras, signos y números a introducir en el equipo de control pueden clasificarse en dos grandes grupos,

informaciones geométricas y tecnológicas. Las informaciones alfanuméricas son leídas e interpretadas por el equipo de CN el cual da las órdenes oportunas para que la MH las ejecute.

Puede pensarse que el CN es la panacea de las MH, sin embargo no es así, y si dividiésemos la producción por el tamaño de la misma en grandes, medias y pequeñas series e hiciésemos un estudio de la productividad de diferentes máquinas, observaríamos que las grandes series están reservadas para máquinas poco flexibles, las medias para máquinas de flexibilidad media y las series pequeñas en las que la complejidad de la pieza es grande para las máquinas de CN.

CLASIFICACIÓN DE LAS MH CON CN:

A raíz de las diferencias existentes entre las distintas MH a automatizar, de las dificultades en el diseño en los equipos de control y de la economía de los mismos se han creado diversos tipos de control numérico que pueden clasificarse en los siguientes grupos:

1. Según el tipo de posicionado del órgano móvil (herramienta o pieza).
2. Según la tecnología del sistema de medida de los desplazamientos.
3. Según la capacidad de resolución del propio CN.

1. Clasificación del CN según el tipo de posicionado del órgano móvil:

Se puede clasificar en los siguientes grupos:

- 1.1. CN punto a punto: son aquellos que procuran solamente el posicionamiento final de la herramienta con una precisión determinada en el lugar donde se va a realizar la operación diseñada. La trayectoria seguida por la herramienta para alcanzar el punto deseado no tiene importancia y mientras ésta se efectúa, la herramienta no funciona. Tienen su aplicación principal en taladradoras, punzonadoras, mandrinadoras y máquinas de soldar por puntos.
- 1.2. CN paraxial: Las máquinas que disponen de este CN pueden efectuar movimientos de posicionamiento rápido de un punto a otro igual que las anteriores, pero además pueden efectuar operaciones de mecanizado en direcciones paralelas a los ejes. Tiene su aplicación principal en mandrinadoras, taladradoras-fresadoras y tornos.
- 1.3. CN continuo o de contorneado: En éstas los desplazamientos del órgano móvil son controlados continuamente para que las sucesivas sucesiones den lugar a la trayectoria diseñada, dicha trayectoria se consigue debido a que los distintos ejes controlados están relacionados entre sí, bien mediante una relación lineal, circular o parabólica. Cuando se encuentran relacionados dos ejes la MH de CN se denomina de dos ejes. Si se encuentran relacionados tres ejes se denomina MH de CN de tres ejes, etc. Si se encuentran relacionados dos ejes pero a la vez puede ser mandado un tercero aunque sin sincronización alguna con los anteriores se denomina MH de CN de dos ejes y medio. Cuando son tres ejes los que se pueden mandar pero no se puede sincronizar a la vez más que dos de ellos indistintamente se denominan MH de CN de dos ejes conmutables. El CN continuo se aplica normalmente a tornos, fresadoras, centro de mecanizado, máquinas de oxicorte y de electroerosión por hilo.

2. Clasificación de CN según el sistema de medida de los desplazamientos:

El CN es un automatismo, una de cuyas funciones es la de conducir según una trayectoria determinada un órgano móvil, herramienta o mesa, hasta una posición programada mediante una señal generada por el control.

Para tener la seguridad de que los desplazamientos se han efectuado correctamente, es necesario disponer de un sistema que indique en cada momento la situación del órgano móvil de la máquina, para ello se utilizan dos sistemas:

- 2.1. Sistema de bucle cerrado: Las órdenes enviadas a la MH por el control dependen de la información, que procedente de la MH, se reciban en el control, es decir, el principio de este sistema consiste en comparar en todo momento la posición del móvil con la orden dada. Las máquinas que disponen de este sistema normalmente tienen dos bucles de retorno de información, uno para el control de la posición del móvil y otro para el control de la velocidad.
- 2.2. Sistema de bucle abierto: Se suprime el retorno de la información por motores paso a paso, en los cuales, cada vez que le llega un impulso eléctrico se origina un desplazamiento pequeño, fijo y determinado, de forma que el desplazamiento total se consigue por integración de todos los impulsos recibidos.

Casi la totalidad de los CN son de bucle cerrado debido a las siguientes ventajas:

- Se consigue mayor precisión y repetibilidad de posicionado.
- Estas características se conservan en el tiempo y por lo tanto a lo largo de la serie.
- No existe límite de potencia de la máquina ya que generalmente los motores paso a paso son de pequeña potencia.

Como desventajas se pueden citar:

- CN es más complicado y por lo tanto más caro.
- Los accionamientos también más caros.

De esto se deduce que los CN en bucle abierto se aplicarán a MH de pequeña potencia orientadas sobre todo a operaciones de acabado, a MH de precisión no elevada y a MH baratas derivadas de máquinas universales retocadas.

3. Clasificación de CN según la capacidad de resolución:

Se entiende por capacidad de resolución de un CN a su capacidad para resolver, calcular o controlar mayor número de operaciones simultáneamente o no y de mayor complejidad, de esta forma se tiene:

- Control numérico CN.
- Control numérico por computador CNC.
- Control numérico directo CND.
- Control numérico adaptado CNA.

- 3.1. En el CN cada función de control es resuelta por un circuito específico y la interconexión entre estos circuitos se realiza de forma cableada.

- 3.2. En el CNC se diferencia del anterior en que los elementos que componen el equipo no son específicos para cada función, sino que se agrupan para formar una estructura de microcomputador, y las operaciones de cálculo y control se resuelven por programas en vez de por circuitos específicos.
- 3.3. El CND es un sistema en el que una o varias MH son gobernadas por un computador que además de controlar a las máquinas realiza otras funciones como pueden ser la elaboración de programas de CN, gestión de la producción, etc.
- 3.4. El CNA es un sistema de control que ajusta la respuesta de la MH en función de las condiciones detectadas durante el trabajo.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DEL CN:

Entre las ventajas podemos enumerar las siguientes:

1. Posibilidad de mecanizar de forma automática piezas de forma complicada siempre que sus puntos puedan estar ligados por relaciones matemáticas.
2. Ahorro de herramientas como consecuencia de la utilización de herramientas más universales.
3. Ahorro de utillaje al realizar en la misma máquina mayor número de operaciones.
4. Reglajes más cortos ya que éstos simplemente consisten en la introducción del programa y la colocación de las herramientas prerregladas.
5. Mayor productividad como consecuencia de utilizar trayectorias y velocidades más ajustadas que en las máquinas universales.
6. Menor espacio para el taller tanto para herramientas como para materiales.
7. Menor número de operadores y de menor cualificación.
8. Mayor calidad y uniformidad en el mecanizado.
9. Reducción del porcentaje de piezas defectuosas.
10. Reducción del tiempo de inspección.
11. Mayor duración de la herramienta debido a su mejor aprovechamiento.
12. Mayor flexibilidad.

Entre los inconvenientes podemos citar:

1. Elevada inversión debida no sólo al precio de la MH y del equipo de control, sino también, al de los elementos auxiliares.
2. Es necesario una fase de programación que en algunos de los casos puede ocupar medios humanos y materiales.
3. No es fácil adaptar a los empleados a las nuevas técnicas exigidas por el CN.
4. Mayor responsabilidad de los operarios, ya que la máquina que se pone en sus manos es de elevado precio.

ELECCIÓN DEL EQUIPO DE CN:

Vistas las ventajas e inconvenientes el CN es adecuado:

1. En piezas de cierta complicación que no se pueden hacer por control manual y que se fabriquen en pequeñas y medianas series, del orden de 5 piezas.
2. Cuando la relación "tiempo de reglaje/tiempo de corte" sea muy elevada.

3. Cuando por precisar varias operaciones se necesiten varias máquinas y por tanto varios reglajes.
4. Cuando precisando una gran superficie para la empresa no se disponga de ella.
5. Cuando el coste de los rechazos sea elevado y grande la fatiga del operario.
6. Cuando el precio de los utillajes sea prohibitivo.

CONCEPTO DE PROGRAMACIÓN:

Para conseguir que una MH de CN ejecute las acciones y movimientos deseados deben ser introducidos en el CN las correspondientes informaciones, éstas pueden ser:

- Informaciones geométricas:

Son aquellas que definen datos y condiciones de mecanizado, que tienen que ver directa o indirectamente con la geometría de la pieza y de la herramienta. Por ejemplo, dimensiones de la pieza, acabado superficial, tolerancias, dimensiones de la herramienta longitud de las carreras, etc.

- Informaciones tecnológicas:

Son aquellas que describen datos referentes a las condiciones de mecanizado, los materiales, el modo de funcionamiento de la MH, etc. Es decir, todos aquellos datos que no tienen que ver con la geometría de la pieza. Por ejemplo, velocidad de avance, material de la pieza y de la herramienta, tipo de refrigerante, modo de funcionamiento de la MH, etc.

- Información para el transcurso del programa:

Son aquellas que se refieren al orden e indicaciones para la realización del mismo, por ejemplo el principio del programa, anotaciones, subprogramas, bucles funciones auxiliares y preparatorias.

Pues bien, a la elaboración de dicha información así como la traducción en un lenguaje que puede ser comprendido por el CN de la MH, se le denomina programación.

En una pieza concreta al conjunto de órdenes sucesivas representadas por códigos cuyo fin es indicar a la MH los movimientos se le denomina "programa pieza" o simplemente "programa".

Este programa debe ser introducido en el control numérico para que este actúe de traductor o interprete de los códigos efectuados y se encargue de la ejecución en el sistema mecánico al que esté asociado. Cuando la calidad, precisión y forma de la pieza son de entera responsabilidad del programador que ha realizado el programa de forma que éste se asimilado directamente por el CN se le llama "programación manual". Cuando no es de entera responsabilidad del programador si no que éste introduce un lenguaje a través del cual el ordenador efectúa los cálculos correspondientes así como el lenguaje del CN se habla de "programación asistida o automática".

FASES DE LA PROGRAMACIÓN:

Para la realización de un programa es necesario conocer o establecer las siguientes fases de programación:

1. Capacidad y características de la MH: o sea potencia, velocidades, esfuerzos admisibles, longitud de la carrera, punto de origen, de referencia, etc. Pues de ellos depende los parámetros de corte elegidos, herramientas, tamaño de las piezas, operaciones a realizar, etc.

2. Las características del equipo de CN: como tipo de control, número de ejes, interpolación, formato de bloques, funciones codificadas, etc. pues de ellas dependerán las operaciones de mecanizado así como el propio programa.
3. El plano de la pieza: pues en él constarán las dimensiones de la misma antes y después del mecanizado, material, acabado superficial y tolerancias, que influyen en la elección de la herramienta así como en los parámetros de corte.
4. La importancia de la serie así como su repetición eventual y complejidad, ya que de ellos depende el tipo de máquina a utilizar.
5. El utillaje: comprende de los dispositivos de fijación, plantillas y las herramientas con sus condiciones de aplicación y dimensiones.