

5. PROCESOS DE CONSERVACIÓN Y REDUCCIÓN DE LA MASA

5.1 Procesos de conservación de masa

5.1.1 Característica, principios y equipo

En la conformación de metales, el proceso básico primario es la deformación plástica de tipo mecánico. La capacidad de un material para experimentar deformación plástica está determinada primordialmente por su ductilidad (medida por la reducción de área en la prueba de tensión). La cantidad de deformación plástica necesaria para producir el componente deseado depende del principio que se elija para la creación de superficie y del incremento esperado en la información de forma. En otras palabras, la ductilidad de un material determina el principio de creación de superficie y el incremento de información obtenible sin fractura.

Las curvas de esfuerzo-deformación son la fuente de información más importante al evaluar la idoneidad de un material para ser sometido a deformación plástica. La deformación por inestabilidad, la elongación porcentual y la reducción de área son las características sobresalientes. En casi todos los procesos de conformación hay una buena correlación entre la reducción de área y la "conformabilidad" del material. Las curvas de esfuerzo-deformación también revelan los esfuerzos necesarios para producir la deformación deseada. Los esfuerzos y deformaciones, así como las fuerzas, el trabajo y la energía resultantes tienen importancia en el diseño de herramientas o moldes y en la elección de maquinaria para el proceso.

UBB DIMEC Materiales 1

Como se mencionó antes, las condiciones en que se realiza un proceso pueden influir en gran medida sobre la "conformabilidad". Los parámetros importantes son el estado de tensión, la viscosidad de deformación y la temperatura. En cuanto al estado de tensión se puede afirmar que la conformación bajo esfuerzos de compresión generalmente es más fácil que bajo esfuerzos de tensión ya que se suprimen las tendencias hacia la inestabilidad y la fractura por tensión. Mas aún una presión hidrostática como carga adicional incrementa la conformabilidad (ductilidad), por lo cual se utiliza en ciertos casos. En la mayoría de procesos, el estado de tensión varía a lo largo de la zona de deformación; por tanto, a veces puede ser difícil identificar el estado máximo de tensión.

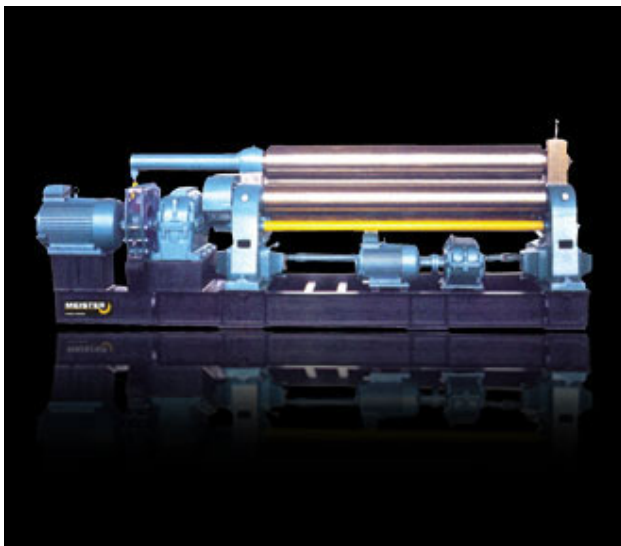
La velocidad de deformación también influye en la ductilidad de un metal. Una mayor velocidad de deformación provoca una menor ductilidad y un incremento en los esfuerzos necesarios para producir cierta deformación. Los procesos industriales más utilizados tienen lugar a temperatura ambiental; en consecuencia, la velocidad de deformación no ocasiona problemas. Sin embargo en aquellos procesos que se efectúan a temperaturas elevadas se deben tomar en cuenta los efectos de la viscosidad de deformación (véase la figura 5 del apunte "Propiedades de los metales de Ingeniería"). Las altas temperaturas pueden dar por resultado un material con un esfuerzo constante de cedencia, el cual es independiente de la deformación. En este estado el material puede soportar deformaciones muy grandes, ya que la temperatura es superior a la de cristalización, donde se producen continua y casi

instantáneamente nuevos granos libres de deformación. Estos “procesos de trabajo en caliente” no causan problemas graves en la fase de deformación, cuando la velocidad de dicha deformación esta controlada. Lo anterior es válido, para todos los metales, con algunas excepciones: por ejemplo el latón para cartuchos, que presenta tendencia a la fragilidad a temperaturas por arriba de la temperatura de recristalización.

Ejemplos típicos de procesos de conservación de masa. Laminación, Extrusión, Estirado en caliente, Forja, Extracción, Embutido, Conformación con hule, Abocardado, Repujado, Plegado, Conformación por estirado, Doblado con rodillos. Cálculo de esfuerzos y energías. Laminación determinación de las fuerzas de laminación momento y potencia. Extrusión determinación de la presión.

Trefilado determinación de la fuerza de estiramiento y reducción máxima de área en una pasada.

5.1.2 Laminación



La roladora puede hacer dobleces completamente circulares, también puede realizar aplanados y rolados.

LAMINADO

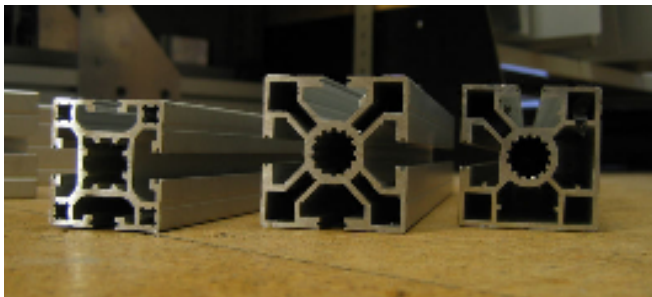
Este es un proceso en el cual se reduce el espesor del material pasándolo entre un par de rodillos rotatorios. Los rodillos son generalmente cilíndricos y producen productos planos tales como láminas o cintas. También pueden estar ranurados o grabados sobre una superficie a fin de cambiar el perfil, así como estampar patrones en relieve. Este proceso de deformación puede llevarse a cabo, ya sea en caliente o en frío.

El trabajo en caliente es usado muy ampliamente porque es posible realizar un cambio en forma rápida y barata. El laminado en frío se lleva a cabo por razones especiales, tales como la producción de buenas superficies de acabado o propiedades mecánicas especiales. Se lamina más metal que el total tratado por todos los otros procesos.

La mayoría de los laminados primarios se hacen ya sea en un laminador reversible de dos rodillos o en un laminador de rolado continuo de tres rodillos. En el laminador reversible de dos rodillos, Fig. 3A, la pieza pasa a través de los rodillos, los cuales son detenidos y regresados en reversa una y otra vez. A intervalos frecuentes el metal se hace girar 90° sobre su costado para conservar la sección uniforme y refinar el metal completamente. Se requieren alrededor de 30 pasadas para reducir un lingote grande a una lupia. Los rodillos superior e inferior están provistos de ranuras para alojar las diferentes reducciones de la sección transversal de la superficie. El laminador de dos rodillos es bastante versátil, dado que posee un amplio rango de ajustes según el tamaño de piezas y relación de reducción. Está limitado por la longitud que puede laminarse y por las fuerzas de inercia, las cuales deben ser superadas cada vez que se hace una inversión. Esto se elimina en el laminador de tres rodillos, Fig. 3C, pero se requiere un mecanismo elevador. Aunque existe alguna dificultad debido a la carencia de velocidad correcta para todas las pasadas, el laminador de tres rodillos es menos costoso para hacerse y tiene un mayor rendimiento que el laminador reversible.

Los tochos podrían laminarse en un gran laminador del tamaño usado para lupias, pero esto no se acostumbra hacer por razones económicas. Frecuentemente se laminan lupias en un laminador continuo de tochos compuesto de alrededor de ocho estaciones de laminado en línea recta. El acero formado, por último pasa a través del laminador y sale con un tamaño final de tocho, aproximadamente de 50mm por 50mm, el cual es la materia prima para muchas formas finales tales como barras, tubos y piezas forjadas. Además, muchos laminadores especiales toman productos previamente laminados y fabrican con ellos artículos terminados como rieles, formas estructurales, placas y barras. Tales laminadores usualmente llevan el nombre del producto que se lamina y, aparentemente, son semejantes a los laminadores usados para lupias y tochos.

5.1.3. Extrusión



Aluminio extruido

EXTRUSION

En este proceso un cilindro o trozo de metal es forzado a través de un orificio por medio de un émbolo, por tal efecto, el metal estirado y extruido tiene una sección transversal, igual a la del orificio del dado.

Hay dos tipos de extrusión, extrusión directa y extrusión indirecta o invertida. En el primer caso, el émbolo y el dado están en los extremos opuestos del cilindro y el material es empujado contra y a través del dado. En la extrusión indirecta el dado es sujetado en el extremo de un émbolo hueco y es forzado contra el cilindro, de manera que el metal es extruido hacia atrás, a través del dado.

La extrusión puede llevarse a cabo, ya sea en caliente o en frío, pero es predominantemente un proceso de trabajo en caliente. La única excepción a esto es la extrusión por impacto, en la cual el aluminio o trozos de plomo son extruidos por un rápido golpe para obtener productos como los tubos de pasta de dientes. En todos los procesos de extrusión hay una relación crítica entre las dimensiones del cilindro y las de la cavidad del contenedor, especialmente en la sección transversal.

El proceso se efectúa a una temperatura de 450 a 500 °C con el fin de garantizar la extrusión.

El diseño de la matriz se hace de acuerdo con las necesidades del mercado o del cliente particular.

La extrusión nos permite obtener secciones transversales sólidas o tubulares que en otros metales sería imposible obtener sin recurrir al ensamble de varias piezas.



Extrusión Los metales que pueden trabajarse en caliente pueden extruirse con formas de sección transversal uniforme con ayuda de presión. El principio de extrusión, similar a la acción del chorro de la pasta de dientes de un tubo, ha sido muy usado para procesos en serie desde la producción de ladrillos, tubo de desague, tubo de drenaje, hasta la manufactura de macarrones. Algunos metales como el plomo, estaño y aluminio pueden extruirse en frío, mientras que otros requieren la aplicación de calor para hacerlos plásticos o semisólidos antes de la extrusión. En la operación actual de extrusión, los procesos difieren un poco, dependiendo del metal y aplicación, pero en resumen consisten en forzar al metal (confinado en una cámara de presión) a salir a través de dados especialmente formados. Varillas, tubos, quarniciones moldeadas, formas estructurales, cartuchos de bronce, y cables forrados con plomo son productos característicos de metales extruidos.

La mayoría de las prensas usadas en el extruido convencional de metales son de tipo horizontal y operadas hidráulicamente. Las velocidades de operación dependen sobre todo de la temperatura y material, varían de unos cuantos metros sobre minuto hasta 275 m/min.

Las ventajas de la extrusión incluyen la facilidad de producir una variedad de formas de alta resistencia, buena exactitud y terminado de superficie a altas velocidades de producción, y relativamente con un bajo costo de los dados. Más deformaciones o cambio de forma pueden conseguirse por este proceso que por cualquier otro, excepto fundición. Longitudes casi ilimitadas de sección transversal continua pueden producirse, y debido al bajo costo de los dados, series de producción de 150 m pueden justificar su uso. El proceso es alrededor de tres veces más lento que la forja por rolado, y la sección transversal debe permanecer constante. Existen muchas variantes de este proceso.

El metal es extruido a través del dado abriéndolo hasta que sólo queda una pequeña cantidad. Entonces es cortado cerca del dado y se elimina el extremo.

Extrusión Indirecta La extrusión indirecta. Se requiere menos fuerza por este método, debido a que no existe fuerza de rozamiento entre el tocho y la pared continente. El debilitamiento del apisonador cuando es hueco y la imposibilidad de proveer soporte adecuado para la parte extruida constituyen las restricciones de este proceso.

Extrusión por Impacto En la extrusión por impacto un punzón es dirigido al pedazo de metal con una fuerza tal que éste es levantado a su alrededor. La mayoría de las operaciones de extrusión por impacto, tales como la manufactura de tubos plegables, son trabajadas en frío. Sin embargo hay algunos metales y productos, particularmente aquellos en los cuales se requieren paredes delgadas, en los que los pedazos de metal son calentados a elevadas temperaturas. La extrusión por impacto es cubierta en el capítulo siguiente sobre trabajo en frío.

5.1.4 Trefilado



- Apropriado para estirar alambre de 8 mm o 6 mm a diámetros menores hasta 2 mm o menos para fabricar clavos puntas de paris.
- Apropriado también para estirar alambre para fabricar alambre de púas, mallas de alambre, etc.
- Disponible también Maquinaria para Estirado de alambre fino tipo Mojado / deslíz.

Proceso de trefilación

La trefilación consiste en cambiar y/o reducir la sección de una barra haciéndola pasar por tracción a través de un dado cónico. Este proceso se realiza en frío. En general este proceso es económico para barras de menos de 10mm de diámetro.

Trefilación de una barra circular

Este método se basa en plantear el equilibrio de macro elementos del material, suponiendo una distribución de tensiones uniformes, más la aplicación posterior de la condición de fluencia.

Trefilado

Se entiende por **trefilar** a la operación de conformación en frío consistente en la reducción de sección de un alambre o varilla haciéndolo pasar a través de un orificio cónico practicado en una herramienta llamada hilera o dado. Los materiales más empleados para su conformación mediante trefilado son el acero, el cobre, el aluminio y los latones, aunque puede aplicarse a cualquier metal o aleación dúctil.

Trefilado

El trefilado propiamente dicho consiste en el estirado del alambre en frío, por pasos sucesivos a través de hileras, dados o trefilas de carburo de tungsteno cuyo diámetro es paulatinamente menor. Esta disminución de sección da al material una cierta acritud en beneficio de sus características mecánicas. La disminución de sección en cada paso es del orden de un 20% a un 25% lo que da un aumento de resistencia entre 10 y 15 kg/mm². Alcanzado cierto límite, variable en función del tipo de acero, no es aconsejable continuar con el proceso de trefilado pues, a pesar que la resistencia a tracción sigue aumentando, se pierden otras características como la flexión.

Si es imprescindible disminuir el diámetro del alambre, se hace un nuevo **tratamiento térmico** como el **recocido** que devuelve al material sus características iniciales.

Las máquinas utilizadas para realizar este proceso se denominan trefiladoras. En ellas se hace pasar el alambre a través de las hileras, como se ha dicho antes. Para lograrlo el alambre se enrolla en unos tambores o bobinas de tracción que fuerzan el paso del alambre por las hileras. Estas hileras se refrigeran mediante unos lubricantes en polvo y las bobinas o tambores de tracción se refrigeran normalmente con agua y aire. Las trefiladoras pueden ser de acumulación en las que no hay un control de velocidad estricto entre pasos o con palpadores en las que sí se controla la velocidad al mantener el palpador una tensión constante.

ESTIRADO Y TREFILADO

El estirado y el trefilado son dos procedimientos de conformación de materiales dúctiles que se realizan estirándolos a través de orificios calibrados, denominados hileras.

La operación consiste en deformar el metal mediante la aplicación de una fuerza delantera que obliga al metal a pasar por la abertura de la matriz, que controla la geometría, y el tamaño de la sección de salida.

El estirado incluye operaciones en las que se estira el metal, en herramientas contenedoras adecuadas, a partir de láminas o blancos planos, para formar tazas cilíndricas o formas rectangulares o formas

irregulares, de mucha o poca profundidad. En este proceso grandes cantidades de barras, tubos, alambres y secciones especiales son terminadas mediante estirado en frío.

La relación entre la forma o diámetro antes de estirar y la forma o diámetro después de estirar, determina la magnitud de los esfuerzos.

Las operaciones intensas de estirado en frío requieren material muy dúctil y, como consecuencia de la cantidad de deformación plástica, endurecen el metal con rapidez y se necesita recocido para restaurar la ductilidad para trabajo adicional.

El trabajo de estirado es, más o menos, el producto de la longitud del estiramiento y la presión máxima del punzón, porque la carga se eleva con rapidez hasta su máximo, permanece constante y tiene un brusco descenso al final del estiramiento, salvo que halla fricción contra la pared.

ESTIRADO DE ALAMBRE

Una varilla de metal se aguza en uno de sus extremos y luego es estirada a través del orificio cónico de un dado. La varilla que entra al dado tiene un diámetro mayor y sale con un diámetro menor. En los primeros ejemplos de este proceso, fueron estiradas longitudes cortas manualmente a través de una serie de agujeros de tamaño decreciente en una "placa de estirado" de hierro colado o de acero forjado. En las instalaciones modernas, grandes longitudes son estiradas continuamente a través de una serie de dados usando un número de poleas mecánicamente guiadas, que pueden producir muy grandes cantidades de alambre, de grandes longitudes a alta velocidad, usando muy poca fuerza humana. Usando la forma de orificio apropiada, es posible estirar una variedad de formas tales como óvalos, cuadrados, hexágonos, etc., mediante este proceso.

5.1.5 Embutición



Cubo para embutir acero

EMBUTIDO PROFUNDO Y PRENSADO

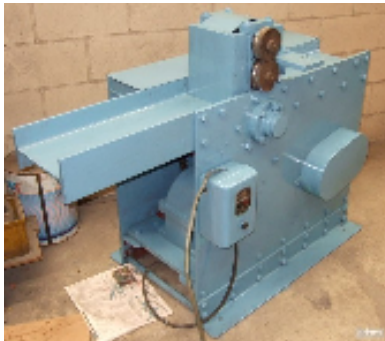
El embutido profundo es una extensión del prensado en la que a un tejo de metal, se le da una tercera dimensión considerable después de fluir a través de un dado. El prensado simple se lleva a cabo presionando un trozo de metal entre un punzón y una matriz, así como al indentar un blanco y dar al producto una medida rígida. Latas para alimentos y botes para bebidas, son los ejemplos mas comunes. Como se verá mas adelante, este proceso puede llevarse a cabo únicamente en frío. Cualquier intento de estirado en caliente, produce en el metal un cuello y la ruptura. El anillo de presión en la Fig. 4, evita que

el blanco se levante de la superficie del dado, dando arrugas radiales o pliegues que tienden a formarse en el metal fluyendo hacia el interior desde la periferia del orificio del dado.

Embutido Para productos sin costura que no pueden hacerse con equipo convencional de rolado, se usa el proceso ilustrado en la Fig.21. Se calienta una lupia a temperatura de forja y con un punzón de penetración operado con una prensa vertical, la lupia se forma por forja dentro de un extremo hueco cerrado. La pieza forjada es recalentada y colocada en el banco de estirado en caliente que consiste de algunos dados, que decrecen sucesivamente en diámetro, montados en un bastidor. El punzón operado hidráulicamente fuerza al cilindro caliente a través de la longitud completa del banco de estirado.

Para cilindros largos o tubos de pared delgada, pueden requerirse calentamientos y embutidos repetidos. Si el producto final es un tubo, el extremo cerrado es cortado y el resto es enviado a través de rodillos para terminado y calibrado, similares a los usados en el proceso de perforado.

5.1.6 Forja



FORJADO

En el caso más simple, el metal es comprimido entre martillo y un yunque y la forma final se obtiene girando y moviendo la pieza de trabajo entre golpe y golpe. Para producción en masa y el formado de secciones grandes, el martillo es sustituido por un martinete o dado deslizante en un bastidor e impulsado por una potencia mecánica, hidráulica o vapor.

Un dispositivo utiliza directamente el empuje hacia abajo que resulta de la explosión en la cabeza de un cilindro sobre un pistón móvil. Los dados que han sustituido al martillo y al yunque pueden variar desde un par de herramientas de cara plana, hasta ejemplares que tiene cavidades apareadas capaces de ser usadas para producir las formas más complejas.

Si bien, el forjado puede realizarse ya sea con el metal caliente o frío, el elevado gasto de potencia y desgaste en los dados, así como la relativamente pequeña amplitud de deformación posible, limita las aplicaciones del forjado en frío. Un ejemplo es el acuñado, donde los metales superficiales son impartidos a una pieza de metal por forjado en frío. El forjado en caliente se está utilizando cada vez más como un medio para eliminar uniones y por las estructuras particularmente apropiadas u propiedades que puede

ser conferidas al producto final. Es el método de formado de metal más antiguo y hay muchos ejemplos que se remontan hasta 1000 años A. C.

Forjado.

Proceso de modelado del hierro y otros materiales maleables golpeándolos o troquelándolos después de hacerlos dúctiles mediante aplicación de calor.

Las técnicas de forjado son útiles para trabajar el metal porque permiten darle la forma deseada y además mejoran la estructura del mismo, sobre todo porque refinan su tamaño de grano. El metal forjado es más fuerte y dúctil que el metal fundido y muestra una mayor resistencia a la fatiga y el impacto.

FORJA MANUAL

La forja manual es la forma más sencilla de forjado y es uno de los primeros métodos con que se trabajó el metal. Primero, el metal se calienta al rojo vivo en el fuego de una fragua, y después se golpea sobre un yunque para darle forma con grandes martillos denominados machos de fragua. Ésta es un hogar abierto construido con una sustancia refractaria y duradera, como ladrillo refractario, y dotado de una serie de aberturas por las que se fuerza el aire mediante un fuelle o un ventilador. En la fragua se emplean como combustible diversos tipos de carbón, entre ellos coque o carbón vegetal. El herrero además de martillos, emplea otras herramientas en las diferentes operaciones de forja.

Forja con martinete.

Otro proceso especial de formación es la forja con martinete, que es un proceso mecánico en el cual se calienta el hierro al rojo, condición en que es más maleable, formándolo por medio de golpes, y finalmente templándolo por enfriamiento brusco en agua o en aceite. La forja mecánica hace lo mismo con grandes martillos "pilones" automáticos.

La forja fue el primer método de trabajo en caliente como se muestra en la histórica fotografía de la Fig. 1. Una prensa movida por una fuente de potencia general y una banda desde los árboles, tiene un brazo descendente y golpea un pedazo caliente de metal colocado en un dado. Los procesos, mientras la tecnología se ha mejorado, hoy permanecen semejantes.

Deformación plástica

Los dos tipos principales de trabajo mecánico en los cuales el material puede sufrir una deformación plástica y cambiarse de forma son trabajos en caliente y trabajos en frío

Como muchos conceptos metalúrgicos, la diferencia entre trabajo en caliente y en frío no es fácil de definir. Cuando al metal se le trabaja en caliente, las fuerzas requeridas para deformarlo son menores y las propiedades mecánicas se cambian moderadamente. Cuando a un metal se le trabaja en frío, se requieren grandes fuerzas, pero el esfuerzo propio del metal se incrementa permanentemente.

La temperatura de recristalización de un metal determina si el trabajo en caliente o en frío está siendo cumplido o no. El trabajo en caliente de los metales toma lugar por encima de la recristalización o rango de endurecimiento por trabajo. El trabajo en frío debe hacerse a temperaturas abajo del rango de recristalización y frecuentemente es realizado a temperatura ambiente. Para el acero, la recristalización permanece alrededor de 500°C a 700°C, aunque la mayoría de los trabajos en caliente del acero se

hacen a temperaturas considerablemente arriba de este rango. No existe tendencia al endurecimiento por trabajo mecánico hasta que el límite inferior del rango recristalino se alcanza. Algunos metales, tales como el plomo y el estaño, tienen un bajo rango recristalino y pueden trabajarse en caliente a temperatura ambiente, pero la mayoría de los metales comerciales requieren de algún calentamiento. Las composiciones aleadas tienen una gran influencia sobre todo en el rango de trabajo conveniente, siendo el resultado acostumbrado aumentar la temperatura del rango recristalino. Este rango también puede incrementarse por un trabajo anterior en frío.

Durante todas las operaciones de trabajo en caliente, el metal está en estado plástico y es formado rápidamente por presión. Adicionalmente, el trabajo en caliente tiene las ventajas siguientes:

1. La porosidad en el metal es considerablemente eliminada. La mayoría de los lingotes fundidos contienen muchas pequeñas sopladuras. Estas son prensadas y a la vez eliminadas por la alta presión de trabajo.
2. Las impurezas en forma de inclusiones son destrozadas y distribuidas a través del metal.
3. Los granos gruesos o prismáticos son refinados. Dado que este trabajo está en el rango recristalino, sería mantenido hasta que el límite inferior es alcanzado para que proporcione una estructura de grano fino.
4. Las propiedades físicas generalmente se mejoran, principalmente debido al refinamiento del grano. La ductilidad y la resistencia al impacto se perfeccionan, su resistencia se incrementa y se desarrolla una gran homogeneidad en el metal. La mayor resistencia del acero laminado existe en la dirección del flujo del metal.
5. La cantidad de energía necesaria para cambiar la forma del acero en estado plástico es mucho menor que la requerida cuando el acero está frío. Todos los procesos de trabajo en caliente presentan unas cuantas desventajas que no pueden ignorarse. Debido a la alta temperatura del metal existe una rápida oxidación o escamado de la superficie con acompañamiento de un pobre acabado superficial. Como resultado del escamado no pueden mantenerse tolerancias cerradas. El equipo para trabajo en caliente y los costos de mantenimiento son altos, pero el proceso es económico comparado con el trabajo de metales a bajas temperaturas.

El término acabado en caliente, se refiere a barras de acero, placas o formas estructurales que se usan en estado "laminado" en el que se obtienen de las operaciones de trabajo en caliente. Se hacen algunos desescamados pero por lo demás el acero está listo para usarse en puentes, barcos, carros de ferrocarril, y otras aplicaciones en donde no se requieren tolerancias cerradas. El material tiene buena soldabilidad y maquinabilidad, dado que el contenido de carbono es menor del 0.25%. Los principales métodos de trabajo en caliente de los metales son:

A. Laminado B. Forjado 1. Forja de herrero o con martillo 2. Forja con martinete 3. Forja horizontal 4. Forja con prensa 5. Forja de laminado 6. Estampado C. Extrusión D. Manufactura de tubos E. Embutido F. Rechazado en caliente G. Métodos especiales

Laminado Los lingotes de acero que no son refusionados y fundidos en moldes se convierten en productos utilizables en dos pasos:

1. Laminando el acero en formas intermedias-lupias, tochos y planchas.
2. Procesando lupias, tochos y planchas en placas, láminas, barras, formas estructurales u hojalata. El acero permanece en las

lingoteras hasta que su solidificación es casi completa, que es cuando los moldes son removidos. Mientras permanece caliente, los lingotes se colocan en hornos de gas llamados fosos de recalentamiento, en donde permanecen hasta alcanzar una temperatura de trabajo uniforme de alrededor de 1200 °C en todos ellos. Los lingotes entonces se llevan al tren de laminación en donde debido a la gran variedad de formas terminadas por hacer, son primero laminadas en formas intermedias como lupias, tochos o planchas. Una lupia tiene una sección transversal con un tamaño mínimo de 150 x 150mm. Un tocho es más pequeño que una lupia y puede tener cualquier sección desde 40mm hasta el tamaño de una lupia. Las planchas pueden laminarse ya sea de un lingote o de una lupia. Tienen un área de sección transversal rectangular con un ancho mínimo de 250mm y un espesor mínimo de 40mm. El ancho siempre es 3 o más veces el espesor y puede ser cuando mucho de 1500mm. Placas, plancha para tubos y fleje se laminan a partir de planchas.

Un efecto del trabajo en caliente con la operación de laminado, es el refinamiento del grano causado por recristalización. Esto se muestra gráficamente en la Fig.2. La estructura gruesa es definitivamente despedazada y alargada por la acción de laminado. Debido a la alta temperatura, la recristalización aparece inmediatamente y comienzan a formarse pequeños granos. Estos granos crecen rápidamente hasta que la recristalización es completa. El crecimiento continúa a altas temperaturas, si además la elaboración no es mantenida, hasta que la temperatura baja del rango recristalino es alcanzada.

Los arcos AB y A'B' son arcos constantes sobre los rodillos. La acción de acuñadura en la elaboración es superada por las fuerzas de rozamiento que actúan en estos arcos y arrastran al metal a través de los rodillos. El metal emerge de los rodillos viajando a mayor velocidad de la que entra. En un punto medio entre A y B la velocidad del metal es la misma que la velocidad periférica del rodillo. La mayoría de la deformación toma lugar en el espesor aunque hay algún incremento en el ancho. La uniformidad de la temperatura es importante en todas las operaciones de laminado, puesto que controla el flujo del metal y la plasticidad.

5.2 Procesos de reducción de masa

Los procesos básicos del tipo de reducción de masa son mecánicos (fractura dúctil o frágil), químicos (disolución y combustión) o térmicos (fusión).

Los procesos de reducción de masa basados en la fractura son los más importantes industrialmente, ya que incluyen todos los procesos de corte. La adaptabilidad de un material a los procesos de corte se conoce frecuentemente como maquinabilidad. La maquinabilidad, la cual depende de muchas propiedades diferentes del material, es una medida de qué tan buena es la interacción entre la herramienta de corte y el material. Los parámetros que cubre un índice de maquinabilidad puede ser desgaste de la herramienta, calidad de la superficie, fuerzas de corte o forma de la viruta. Se suele

considerar que el desgaste de la herramienta es el criterio principal y se han desarrollado procedimientos estandarizados de prueba.

La maquinabilidad depende primordialmente de:

1. Las propiedades mecánicas de un material (ductilidad y dureza)
- 2 Su composición química
3. Su tratamiento térmico (estructura)

En cuanto a las propiedades mecánicas se puede afirmar que una baja ductilidad, un bajo endurecimiento por deformación y una baja dureza equivalen a una buena maquinabilidad.

Análogamente, esto significa que los materiales de alta ductilidad y alto endurecimiento por deformación son difíciles de maquinar. En muchos materiales (p.e., el hierro gris) la dureza es una indicación razonablemente buena de la facilidad con que se pueden maquinar.

La composición de un material tiene una gran influencia en su maquinabilidad.

Añadiendo pequeñas cantidades de plomo, manganeso, azufre, selenio o telurio, se puede incrementar considerablemente la maquinabilidad sin alterar las propiedades mecánicas.

Respecto a la estructura de un material debe ser lo más homogénea posible sin partículas abrasivas ni inclusiones duras, ya que éstas aumentan el desgaste de las herramientas y dan por resultado superficies defectuosas.

En aquellos procesos de conservación de masa que son básicos y de tipo químico, las propiedades mecánicas desempeñan un papel mínimo o nulo, siendo las propiedades químicas y electroquímicas las que tienen una función primordial. Esto significa que un material templado es tan fácil de procesar como otro sin temple. Por ejemplo en el proceso de maquinado electroquímico la tasa de remoción de material únicamente está determinada por las leyes de Faraday.

La combustión, que se utiliza en el corte con soplete, por ejemplo, requiere que se use un suministro de oxígeno para que sea posible quemar el material. Es posible cortar acero y hierro gris (< 2.5% C); sin embargo, el acero inoxidable no se puede cortar con este proceso.

Los procesos básicos térmicos de fusión (corte y maquinado por electroerosión, por ejemplo) requieren que el material pueda fundirse usando una fuente de energía apropiada.

Después de la fusión, el material debe ser retirado de la zona de maquinado. Estos procesos están muy influidos por las propiedades térmicas del material (p.e.: conductividad térmica, capacidad calorífica y calor específico). La baja conductividad térmica, así como la baja capacidad calorífica, disminuye los requerimientos de energía y minimiza la zona afectada por el calor.

Procesos de unión

Sólo se considera aquí el tipo principal de proceso de unión, que es la soldadura por fusión. La soldabilidad de un material es difícil de definir, al igual que las otras propiedades tecnológicas. Muchos factores como los mencionados bajo conformación de materiales en estado líquido, influyen en las propiedades de soldadura de un material. La composición química y la afinidad de los constituyentes

por su entorno tienen una gran influencia, ya que las contaminaciones, absorciones de gas, estructura y otros aspectos dependen de estos factores.

Además, las condiciones de enfriamiento influyen en los esfuerzos internos resultantes y en la dureza final del material.

5.2.1 Equipo para la formación de líneas de producción

5.2.1.1 Tornería

Se denomina **torno** (del latín *tomus*, y este del griego τόπος, giro, vuelta) a un conjunto de máquinas herramienta que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Estas máquinas-herramienta operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de chales que quede fuera del centro) mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas. Desde el inicio de la Revolución industrial, el torno se ha convertido en una máquina básica en el proceso industrial de mecanizado.

El torno es una máquina que trabaja en el plano porque solo tiene dos ejes de trabajo, normalmente denominados Z y X. La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se tornea, llamado eje Z; sobre este carro hay otro que se mueve según el eje X, en dirección radial a la pieza que se tornea, y puede haber un tercer carro llamado *charriot* que se puede inclinar, para hacer conos, y donde se apoya la torreta portaherramientas. Cuando el carro principal desplaza la herramienta a lo largo del eje de rotación, produce el cilindrado de la pieza, y cuando el carro transversal se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza se realiza la operación denominada refrentado.

Los tornos copiadores, automáticos y de Control Numérico llevan sistemas que permiten trabajar a los dos carros de forma simultánea, consiguiendo cilindrados cónicos y esféricos. Los tornos paralelos llevan montado un tercer carro, de accionamiento manual y giratorio, llamado *charriot*, montado sobre el carro transversal. Con el *charriot* inclinado a los grados necesarios es posible mecanizar conos. Encima del *charriot* va fijada la torreta portaherramientas.

Tipos de tornos

Actualmente se utilizan en las industrias de mecanizados los siguientes tipos de tornos que dependen de la cantidad de piezas a mecanizar por serie, de la complejidad de las piezas y de la envergadura de las piezas

Torno paralelo

Artículo principal: Torno paralelo



Caja de velocidades y avances de un torno paralelo.

El **torno paralelo** o **mecánico** es el tipo de torno que evolucionó partiendo de los tornos antiguos cuando se le fueron incorporando nuevos equipamientos que lograron convertirlo en una de las máquinas herramienta más importante que han existido. Sin embargo, en la actualidad este tipo de torno está quedando relegado a realizar tareas poco importantes, a utilizarse en los talleres de aprendices y en los talleres de mantenimiento para realizar trabajos puntuales o especiales.

Para la fabricación en serie y de precisión han sido sustituidos por tornos copiadores, revólver, automáticos y de CNC. Para manejar bien estos tornos se requiere la pericia de profesionales muy bien cualificados, ya que el manejo manual de sus carros puede ocasionar errores a menudo en la geometría de las piezas torneadas

Torno copiator

Esquema funcional de torno copiator.

Se llama **torno copiator** a un tipo de torno que operando con un dispositivo hidráulico y electrónico permite el torneado de piezas de acuerdo a las características de la misma siguiendo el perfil de una plantilla que reproduce el perfil de la pieza.

Este tipo de tornos se utiliza para el torneado de aquellas piezas que tienen diferentes escalones de diámetros, que han sido previamente forjadas o fundidas y que tienen poco material excedente. También son muy utilizados estos tornos en el trabajo de la madera y del mármol artístico para dar forma a las columnas embellecedoras. La preparación para el mecanizado en un torno copiator es muy sencilla y rápida y por eso estas máquinas son muy útiles para mecanizar lotes o series de piezas que no sean muy grandes.

Las condiciones tecnológicas del mecanizado son comunes a las de los demás tornos, solamente hay que prever una herramienta que permita bien la evacuación de la viruta y un sistema de lubricación y refrigeración eficaz del filo de corte de las herramientas mediante abundante aceite de corte o taladrina.

Torno revólver



Operaria manejando un torno revólver.

Artículo principal: Torno revólver

El **torno revólver** es una variedad de torno diseñado para mecanizar piezas sobre las que sea posible el trabajo simultáneo de varias herramientas con el fin de disminuir el tiempo total de mecanizado. Las piezas que presentan esa condición son aquellas que, partiendo de barras, tienen una forma final de casquillo o similar. Una vez que la barra queda bien sujeta mediante pinzas o con un plato de garras, se va taladrando, mandrinando, roscando o escariando la parte interior mecanizada y a la vez se puede ir cilindrando, refrentando, ranurando, roscando y cortando con herramientas de torneado exterior.

La característica principal del torno revólver es que lleva un carro con una torreta giratoria de forma hexagonal que ataca frontalmente a la pieza que se quiere mecanizar. En la torreta se insertan las diferentes herramientas que realizan el mecanizado de la pieza. Cada una de estas herramientas está controlada con un tope de final de carrera. También dispone de un carro transversal, donde se colocan las herramientas de segar, perfilar, ranurar, etc.

También se pueden mecanizar piezas de forma individual, fijándolas a un plato de garras de accionamiento hidráulico.

Torno automático

Artículo principal: Torno automático

Se llama **torno automático** a un tipo de torno cuyo proceso de trabajo está enteramente automatizado.

La alimentación de la barra necesaria para cada pieza se hace también de forma automática, a partir de una barra larga que se inserta por un tubo que tiene el cabezal y se sujeta mediante pinzas de apriete hidráulico.

Estos tornos pueden ser de un solo husillo o de varios husillos:

- Los de un solo husillo se emplean básicamente para el mecanizado de piezas pequeñas que requieran grandes series de producción.
- Cuando se trata de mecanizar piezas de dimensiones mayores se utilizan los tornos automáticos multihusillos donde de forma programada en cada husillo se va realizando una parte del mecanizado de la pieza. Como los husillos van cambiando de posición, el mecanizado final de la

pieza resulta muy rápido porque todos los husillos mecanizan la misma pieza de forma simultánea.

La puesta a punto de estos tornos es muy laboriosa y por eso se utilizan principalmente para grandes series de producción. El movimiento de todas las herramientas está automatizado por un sistema de excéntricas y reguladores electrónicos que regulan el ciclo y los topes de final de carrera.

Un tipo de torno automático es el conocido como "tipo suizo", capaz de mecanizar piezas muy pequeñas con tolerancias muy estrechas.

Torno vertical]

Artículo principal: Torno vertical



Torno vertical.

El **torno vertical** es una variedad de torno diseñado para mecanizar piezas de gran tamaño, que van sujetas al plato de garras u otros operadores y que por sus dimensiones o peso harían difícil su fijación en un torno horizontal.

Los tornos verticales tienen el eje dispuesto verticalmente y el plato giratorio sobre un plano horizontal, lo que facilita el montaje de las piezas voluminosas y pesadas. Es pues el tamaño lo que identifica a estas máquinas, permitiendo el mecanizado integral de piezas de gran tamaño.

En los tornos verticales no se pueden mecanizar piezas que vayan fijadas entre puntos porque carecen de *contrapunta*. Debemos tener en cuenta que la contrapunta se utiliza cuando la pieza es alargada, ya que cuando la herramienta está arrancado la viruta ejerce una fuerza que puede hacer que flexione el material en esa zona y quede inutilizado. Dado que en esta máquina se mecanizan piezas de gran tamaño su único punto de sujeción es el plato sobre el cual va apoyado. La manipulación de las piezas para fijarlas en el plato se hace mediante grúas de puente o polipastos.

Torno CNC



Torno CNC.

Artículo principal: Torno CNC

El **torno CNC** es un tipo de torno operado mediante control numérico por computadora. Se caracteriza por ser una máquina herramienta muy eficaz para mecanizar piezas de revolución. Ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y porque la trayectoria de la herramienta de torneado es controlada a través del ordenador que lleva incorporado, el cual procesa las órdenes de ejecución contenidas en un software que previamente ha confeccionado un programador conocedor de la tecnología de mecanizado en torno. Es una máquina ideal para el trabajo en serie y mecanizado de piezas complejas.



Piezas de ajedrez mecanizadas en un torno CNC.

Las herramientas van sujetas en un cabezal en número de seis u ocho mediante unos portaherramientas especialmente diseñados para cada máquina. Las herramientas entran en funcionamiento de forma programada, permitiendo a los carros horizontal y transversal trabajar de forma independiente y coordinada, con lo que es fácil mecanizar ejes cónicos o esféricos así como el mecanizado integral de piezas complejas.

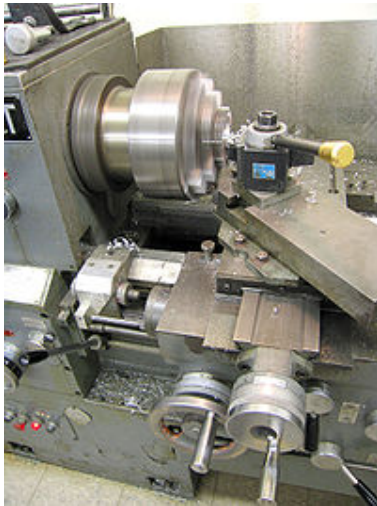
La velocidad de giro de cabezal portapiezas, el avance de los carros longitudinal y transversal y las cotas de ejecución de la pieza están programadas y, por tanto, exentas de fallos imputables al operario de la máquina.⁴

Otros tipos de tornos [editar]

Además de los tornos empleados en la industria mecánica, también se utilizan tornos para trabajar la madera, la ornamentación con mármol o granito.

El nombre de "torno" se aplica también a otras máquinas rotatorias como por ejemplo el torno de alfarero o el torno dental. Estas máquinas tienen una aplicación y un principio de funcionamiento totalmente diferentes de las de los tornos descritos en este artículo.

Estructura del torno]

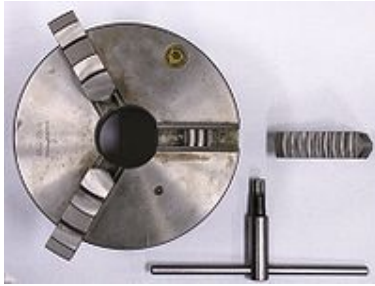


Torno paralelo en funcionamiento.

El torno tiene cuatro componentes principales:

- **Bancada:** sirve de soporte para las otras unidades del torno. En su parte superior lleva unas guías por las que se desplaza el cabezal móvil o contrapunto y el carro principal.
- **Cabezal fijo:** contiene los engranajes o poleas que impulsan la pieza de trabajo y las unidades de avance. Incluye el motor, el husillo, el selector de velocidad, el selector de unidad de avance y el selector de sentido de avance. Además sirve para soporte y rotación de la pieza de trabajo que se apoya en el husillo.
- **Contrapunto:** el contrapunto es el elemento que se utiliza para servir de apoyo y poder colocar las piezas que son torneadas entre puntos, así como otros elementos tales como portabrocas o brocas para hacer taladros en el centro de los ejes. Este contrapunto puede moverse y fijarse en diversas posiciones a lo largo de la bancada.
- **Carros portaherramientas:** Consta del carro principal, que produce los movimientos de avance y profundidad de pasada y del carro transversal, que se desliza transversalmente sobre el carro principal. En los tornos paralelos hay además un carro superior orientable, formado a su vez por tres piezas: la base, el charriot y el porta herramientas. Su base está apoyada sobre una plataforma giratoria para orientarlo en cualquier dirección.
- **Cabezal giratorio o chuck:** Su función consiste en sujetar la pieza a maquinar, hay varios tipos como el chuck independiente de 4 mordazas o el universal mayormente empleado en el taller mecánico al igual hay chuck magneticos y de seis mordazas,

Equipo auxiliar



Plato de garras.

Se requieren ciertos accesorios, como sujetadores para la pieza de trabajo, soportes y portaherramientas.

Algunos accesorios comunes incluyen:

- **Plato de sujeción de garras:** sujeta la pieza de trabajo en el cabezal y transmite el movimiento.



Plato y perno de arrastre.

- **Centros:** soportan la pieza de trabajo en el cabezal y en la contrapunta.
- **Perno de arrastre:** Se fija en el plato de torno y en la pieza de trabajo y le transmite el movimiento a la pieza cuando está montada entre centros.
- **Soporte fijo o luneta fija:** soporta el extremo extendido de la pieza de trabajo cuando no puede usarse la contrapunta.
- **Soporte móvil o luneta móvil:** se monta en el carro y permite soportar piezas de trabajo largas cerca del punto de corte.
- **Torreta portaherramientas** con alineación múltiple.
- **Plato de arrastre** :para amarrar piezas de difícil sujeción.
- **Plato de garras independientes** : tiene 4 garras que actúan de forma independiente unas de otras.

Torno paralelo moderno



5.2.1.2 Taladro

La **taladradora** es la máquina herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos: El de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes, y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo.

Se llama **taladrar** a la operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca. La operación de taladrar se puede hacer con un taladro portátil, con una máquina taladradora, en un torno, en una fresadora, en un centro de mecanizado CNC o en una mandrinadora.

De todos los procesos de mecanizado, el taladrado es considerado como uno de los procesos más importantes debido a su amplio uso y facilidad de realización, puesto que es una de las operaciones de mecanizado más sencillas de realizar y que se hace necesario en la mayoría de componentes que se fabrican.

Las taladradoras descritas en este artículo, se refieren básicamente a las utilizadas en las industrias metalúrgicas para el mecanizado de metales, otros tipos de taladradoras empleadas en la cimentaciones de edificios y obras públicas así como en sondeos mineros tienen otras características muy diferentes y serán objeto de otros artículos específicos.

Tipos de máquinas taladradoras

Las máquinas taladradoras se pueden reunir en seis grupos separados:

- Taladradoras sensitivas
- Taladradoras de columnas
- Taladradoras radiales
- Taladradoras de torreta
- Taladradora de husillos múltiples

- Centros de mecanizado CNC

Taladradoras sensitivas

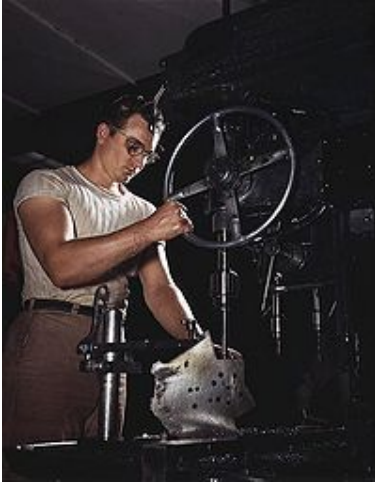


taladro portátil sensitivo.

Corresponden a este grupo las taladradoras de accionamiento eléctrico o neumático más pequeñas. La mayoría de ellas son portátiles y permiten realizar agujeros de pequeño diámetro y sobre materiales blandos. Básicamente tienen un motor en cuyo eje se acopla el portabrocas y son presionadas en su fase trabajo con la fuerza del operario que las maneja. Pueden tener una sola o varias velocidades de giro. Hay pequeñas taladradoras sensitivas que van fijadas en un soporte de columna con una bancada para fijar las piezas a taladrar. Las taladradoras sensitivas portátiles son muy usadas en tareas domésticas y de bricolaje.

Taladradoras de columna

Estas máquinas se caracterizan por la rotación de un husillo vertical en una posición fija y soportado por un bastidor de construcción, tipo C modificado. La familia de las máquinas taladradoras de columna se componen de las taladradora de columna con avance regulado por engranajes, la taladradora de producción de trabajo pesado, la taladradora de precisión, y la taladradora para agujeros profundos. Los taladros de columna de avance por engranaje son característicos de esta familia de máquinas y se adaptan mejor para ilustrar la nomenclatura. Los componentes principales de la máquina son los siguientes



Taladro de columna.

- **Bancada:** es el armazón que soporta la máquina, consta de una base o pie en la cual va fijada la columna sobre la cual va fijado el cabezal y la mesa de la máquina que es giratoria en torno a la columna.
- **Motor:** estas máquinas llevan incorporado un motor eléctrico de potencia variable según las capacidades de la máquina.
- **Cabezal:** es la parte de la máquina que aloja la caja de velocidades y el mecanismo de avance del husillo. El cabezal portabrocas se desliza hacia abajo actuando con unas palancas que activan un mecanismo de piñón cremallera desplazando toda la carrera que tenga la taladradora, el retroceso del cabezal es automático cuando cede la presión sobre el mismo.

El avance de taladrado automático de trabajo está regulado en mm/revolución del eje.

- **Poleas de transmisión:** el movimiento del motor al husillo, se realiza mediante correas que enlazan dos poleas escalonadas con las que es posible variar el número de revoluciones de acuerdo a las condiciones de corte del taladrado y el husillo portabrocas. Hay taladradoras que además de las poleas escalonadas incorporan una caja de engranajes para regular las velocidades del husillo y del avance de penetración.
- **Nonio:** las taladradoras disponen de un nonio con el fin de controlar la profundidad del taladrado. Este nonio tiene un tope que se regula cuando se consigue la profundidad deseada.
- **Husillo:** está equipado con un agujero cónico para recibir el extremo cónico de las brocas, o del portabrocas que permite el montaje de brocas delgadas, o de otras herramientas de corte que se utilicen en la máquina, tales como machos o escariadores.
- **Mesa:** está montada en la columna y se la puede levantar o bajar y sujetar en posición para soportar la pieza a la altura apropiada para permitir taladrar en la forma deseada.

Taladradoras radiales

Estas máquinas se identifican por el brazo radial que permite la colocación de la cabeza a distintas distancias de la columna y además la rotación de la cabeza alrededor de la columna. Con esta combinación de movimiento de la cabeza, se puede colocar y sujetar el husillo para taladrar en cualquier lugar dentro del alcance de la máquina, al contrario de la operación de las máquinas taladradoras de columna, las cuales tienen una posición fija del husillo. Esta flexibilidad de colocación del husillo hace a los taladros radiales especialmente apropiados para piezas grandes, y, por lo tanto, la capacidad de los taladros radiales como clase es mayor que la de los taladros de columna. El peso de la cabeza es un factor importante para conseguir una precisión de alimentación eficiente sin una tensión indebida del brazo. Los principales componentes del taladro radial son:

- **Base:** es la parte básica de apoyo para la máquina y que también soporta a la pieza durante las operaciones de taladro. Los taladros radiales están diseñados principalmente para piezas pesadas que se montan mejor directamente sobre la base de la máquina. Algunas máquinas incluso tienen bases agrandadas para permitir el montaje de dos o más piezas al mismo tiempo para que no se tenga que interrumpir la producción en tanto se retira una pieza y se coloca otra en su lugar.
- **Columna:** es una pieza de forma tubular, y que gira alrededor de una columna rígida (tapada) montada sobre la base.
- **Brazo:** soporta al motor y el cabezal, corresponde a la caja de engranajes de la máquina de columna. Se puede mover hacia arriba y hacia abajo sobre la columna y sujetarse a cualquier altura deseada.
- **Cabezal:** contiene todos los engranajes para las velocidades y para los avances y así como los controles necesarios para los diferentes movimientos de la máquina. Se puede mover hacia adentro o hacia fuera del brazo y sujetar en posición el husillo de taladrar a cualquier distancia de la columna. Este movimiento, combinado con la elevación, descenso y rotación del brazo, permite taladrar a cualquier punto dentro de la capacidad dimensional de la máquina.

Los taladros radiales son considerados como las taladradoras más eficientes y versátiles. Estas máquinas proporcionan una gran capacidad y flexibilidad de aplicaciones a un costo relativamente bajo. Además, la preparación es rápida y económica debido a que, pudiéndose retirar hacia los lados tanto el brazo como la cabeza, por medio de una grúa, se pueden bajar directamente las piezas pesadas sobre la base de la máquina. En algunos casos, cuando se trata usualmente de piezas grandes, los taladros radiales van montados realmente sobre rieles y se desplazan al lado de las piezas para eliminar la necesidad de un manejo y colocación repetidos. Los taladros radiales montados en esta forma son llamados máquinas del tipo sobre rieles.

Taladradoras de torreta

Con la introducción del Control Numérico en todas las máquinas –herramientas, las taladradoras de torreta han aumentado su popularidad tanto para series pequeñas como para series de gran producción porque hoy día la mayoría de estas máquinas están reguladas por una unidad CNC. Estas máquinas se

caracterizan por una torreta de husillos múltiples. La taladradora de torreta permite poder realizar varias operaciones de taladrado en determinada secuencia sin cambiar herramientas o desmontar la pieza. Los componentes básicos de la máquina, excepto la torreta, son parecidos a los de las máquinas taladradoras de columna. Se dispone de taladros de torreta de una serie de tamaños desde la pequeña máquina de tres husillos montada sobre banco o mesa hasta la máquina de trabajo pesado con torreta de ocho lados. Para operaciones relativamente sencillas, la pieza se puede colocar a mano y la torreta se puede hacer avanzar a mano o mecánicamente, para ejecutar un cierto número de operaciones tales como las que se hacen en una máquina taladradora del tipo de husillos múltiples. Según se añaden a la operación controles más complicados, el taladro de torreta se vuelve más y más un dispositivo ahorrador de tiempo.

Lo habitual de las taladradoras de torreta actuales es que tienen una mesa posicionadora para una colocación precisa de la pieza. Esta mesa puede tomar la forma de una mesa localizadora accionada a mano, una mesa posicionadora accionada separadamente y controlada por medio de cinta, o con topes precolocados; o puede tomar la forma de una unidad completamente controlada por Control Numérico donde también se programa y ejecuta el proceso de trabajo.

Taladradoras de husillos múltiples



Culata de motor mecanizada en máquina transfer.

Esta familia de taladradoras cubre todo el campo desde el grupo sencillo de las máquinas de columna hasta las diseñadas especialmente para propósitos específicos de gran producción.

Las máquinas estándar de husillos múltiples: se componen de dos o más columnas, cabezas y husillos estándar, montados sobre una base común. Los taladros de husillos múltiples facilitan la ejecución de una secuencia fija de las operaciones de taladrado por medio del desplazamiento de la pieza de estación en estación a lo largo de la mesa.

Las aplicaciones más comunes de este tipo de máquinas es para eliminar el cambio de herramientas para una secuencia de operaciones. Aunque las máquinas taladradoras de husillos múltiples todavía se fabrican, están cediendo rápidamente su popularidad a las máquinas taladradoras de torreta accionadas por control numérico que pueden llevar un almacén de herramientas bastante grande.

Hay dos tipos básicos de taladradoras de husillos múltiples:

- **Taladradoras de unión universal:** son extremadamente versátiles y han alcanzado una posición muy importante en la manufactura de producción de tipo bajo a medio. Las máquinas taladradoras de unión universal se fabrican en una serie completa de tipos estándar con cierto número de husillos que se pueden ajustar dentro de un área determinada. Las máquinas taladradoras de unión universal se caracterizan por su gran número de husillos que se pueden colocar en cualquier posición dentro del área de la mesa para taladrar cualquier plantilla de agujeros preseleccionada.

Además de los catálogos de tamaños estándar, las máquinas de unión universal se construyen en muchos otros tamaños con plantillas para el taladrado y el número de husillos para trabajos específicos. Estas máquinas también son muy flexibles pero requieren de todos los agujeros sean taladrados simultáneamente en una línea recta. Obviamente, se puede taladrar cualquier disposición de agujeros colocados en una serie de líneas rectas simplemente desplazando la pieza. En las máquinas de husillos en línea el avance se proporciona sencillamente haciendo descender el puente de los husillos o elevando la mesa. La selección del avance, tanto por medio del puente como de la mesa se basa en el tipo de trabajo y las operaciones implicadas. Las máquinas de unión universal y gran área se proporcionan también con avances tanto por medio del puente como por la elevación de la mesa.

- **Taladradoras de producción de husillo fijo:** consiste en cierto número de husillos en una posición fija, recibiendo su fuerza motriz a través de una serie de engranajes accionados por un solo motor del tamaño apropiado. Toman la forma de una sencilla máquina individual, tanto vertical como horizontal, o accionada en ángulo, o bien pueden tomar la forma de cierto número de tales unidades colocadas juntas para hacer una máquina especial.

Las culatas de motor y los bloques de cilindros de motor son piezas clásicas que se mecanizan en este tipo de taladradoras que se conocen con el nombre de **transfer**.

Centros de mecanizado CNC



Centro de mecanizado con almacén de herramientas.

La instalación masiva de centros de mecanizado CNC en las industrias metalúrgicas ha supuesto un gran revulsivo en todos los aspectos del mecanizado tradicional.

Un centro de mecanizado ha unido en una sola máquina y en un solo proceso tareas que antes se hacían en varias máquinas, taladradoras, fresadoras, mandrinadoras, etc, y además efectúa los diferentes mecanizados en unos tiempos mínimos antes impensables debido principalmente a la robustez de estas máquinas a la velocidad de giro tan elevada que funciona el husillo y a la calidad extraordinaria de las diferentes herramientas que se utilizan.

Así que un centro de mecanizado incorpora un almacén de herramientas de diferentes operaciones que se pueden efectuar en las diferentes caras de las piezas cúbicas, con lo que con una sola fijación y manipulación de la pieza se consigue el mecanizado integral de las caras de las piezas, con lo que el



tiempo total de mecanizado y precisión que se consigue resulta muy valioso desde el punto de vista de los costes de mecanizado, al conseguir más rapidez y menos piezas defectuosas.

Taladradora sensitiva de columna

5.2.1.3. Fresado

Una **fresadora** es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas.

Inventadas a principios del siglo XIX, las fresadoras se han convertido en máquinas básicas en el sector del mecanizado. Gracias a la incorporación del control numérico, son las máquinas herramientas más polivalentes por la variedad de mecanizados que pueden realizar y la flexibilidad que permiten en el proceso de fabricación. La diversidad de procesos mecánicos y el aumento de la competitividad global han dado lugar a una amplia variedad de fresadoras que, aunque tienen una base común, se diferencian notablemente según el sector industrial en el que se utilicen.² Asimismo, los progresos técnicos de diseño y calidad que se han realizado en las herramientas de fresar, han hecho posible el empleo de parámetros de corte muy altos, lo que conlleva una reducción drástica de los tiempos de mecanizado.

Debido a la variedad de mecanizados que se pueden realizar en las fresadoras actuales, al amplio número de máquinas diferentes entre sí, tanto en su potencia como en sus características técnicas, a la diversidad de accesorios utilizados y a la necesidad de cumplir especificaciones de calidad rigurosas, la utilización de fresadoras requiere de personal cualificado profesionalmente, ya sea programador, preparador o fresador.

El empleo de estas máquinas, con elementos móviles y cortantes, así como líquidos tóxicos para la refrigeración y lubricación del corte, requiere unas condiciones de trabajo que preserven la seguridad y salud de los trabajadores y eviten daños a las máquinas, a las instalaciones y a los productos finales o semielaborados.

Tipos de fresadoras



Tren de fresado.

Las fresadoras pueden clasificarse según varios aspectos, como la orientación del eje de giro o el número de ejes de operación. A continuación se indican las clasificaciones más usuales.

Fresadoras según la orientación de la herramienta

Dependiendo de la orientación del eje de giro de la herramienta de corte, se distinguen tres tipos de fresadoras: horizontales, verticales y universales.

Una fresadora horizontal utiliza fresas cilíndricas que se montan sobre un eje horizontal accionado por el cabezal de la máquina y apoyado por un extremo sobre dicho cabezal y por el otro sobre un rodamiento situado en el puente deslizante llamado *carnero*. Esta máquina permite realizar principalmente trabajos de ranurado, con diferentes perfiles o formas de las ranuras. Cuando las operaciones a realizar lo permiten, principalmente al realizar varias ranuras paralelas, puede aumentarse la productividad montando en el eje

portaherramientas varias fresas conjuntamente formando un *tren de fresado*. La profundidad máxima de una ranura está limitada por la diferencia entre el radio exterior de la fresa y el radio exterior de los casquillos de separación que la sujetan al eje portafresas.



Fresadora vertical.

En una fresadora vertical, el eje del husillo está orientado verticalmente, perpendicular a la mesa de trabajo. Las fresas de corte se montan en el husillo y giran sobre su eje. En general, puede desplazarse verticalmente, bien el husillo, o bien la mesa, lo que permite profundizar el corte. Hay dos tipos de fresadoras verticales: las fresadoras de banco fijo o de bancada y las fresadoras de torreta o de consola. En una fresadora de torreta, el husillo permanece estacionario durante las operaciones de corte y la mesa se mueve tanto horizontalmente como verticalmente. En las fresadoras de banco fijo, sin embargo, la mesa se mueve sólo perpendicularmente al husillo, mientras que el husillo en sí se mueve paralelamente a su propio eje.¹

Una fresadora universal tiene un husillo principal para el acoplamiento de ejes portaherramientas horizontales y un cabezal que se acopla a dicho husillo y que convierte la máquina en una fresadora vertical. Su ámbito de aplicación está limitado principalmente por el costo y por el tamaño de las piezas que se pueden trabajar. En las fresadoras universales, al igual que en las horizontales, el puente es deslizante, conocido en el argot como *camero*, puede desplazarse de delante a detrás y viceversa sobre unas guías.

Fresadoras especiales

Además de las fresadoras tradicionales, existen otras fresadoras con características especiales que pueden clasificarse en determinados grupos. Sin embargo, las formas constructivas de estas máquinas varían sustancialmente de unas a otras dentro de cada grupo, debido a las necesidades de cada proceso de fabricación.

Las fresadoras circulares tienen una amplia mesa circular giratoria, por encima de la cual se desplaza el carro portaherramientas, que puede tener uno o varios cabezales verticales, por ejemplo, uno para

operaciones de desbaste y otro para operaciones de acabado. Además pueden montarse y desmontarse piezas en una parte de la mesa mientras se mecanizan piezas en el otro lado.⁸

Las fresadoras copadoras disponen de dos mesas: una de trabajo sobre la que se sujeta la pieza a mecanizar y otra auxiliar sobre la que se coloca un modelo. El eje vertical de la herramienta está suspendido de un mecanismo con forma de pantógrafo que está conectado también a un palpador sobre la mesa auxiliar. Al seguir con el palpador el contorno del modelo, se define el movimiento de la herramienta que mecaniza la pieza. Otras fresadoras copadoras utilizan, en lugar de un sistema mecánico de seguimiento, sistemas hidráulicos, electro-hidráulicos o electrónicos.²

En las fresadoras de pórtico, también conocidas como fresadoras de puente, el cabezal portaherramientas vertical se halla sobre una estructura con dos columnas situadas en lados opuestos de la mesa. La herramienta puede moverse verticalmente y transversalmente y la pieza puede moverse longitudinalmente. Algunas de estas fresadoras disponen también a cada lado de la mesa sendos cabezales horizontales que pueden desplazarse verticalmente en sus respectivas columnas, además de poder prolongar sus ejes de trabajo horizontalmente. Se utilizan para mecanizar piezas de grandes dimensiones.

En las fresadoras de puente móvil, en lugar de moverse la mesa, se mueve la herramienta en una estructura similar a un puente grúa. Se utilizan principalmente para mecanizar piezas de grandes dimensiones.

Una fresadora para madera es una máquina portátil que utiliza una herramienta rotativa para realizar fresados en superficies planas de madera. Son empleadas en bricolaje y ebanistería para realizar ranurados, como juntas de cola de milano o machihembrados; cajeados, como los necesarios para alojar cerraduras o bisagras en las puertas; y perfiles, como molduras. Las herramientas de corte que utilizan son fresas para madera, con dientes mayores y más espaciados que los que tienen las fresas para metal.

Fresadoras según el número de ejes



Fresadora CNC de cinco ejes con cabezal y mesa giratoria.

Las fresadoras pueden clasificarse en función del número de grados de libertad que pueden variarse durante la operación de arranque de viruta.

- Fresadora de tres ejes. Puede controlarse el movimiento relativo entre pieza y herramienta en los tres ejes de un sistema cartesiano.
- Fresadora de cuatro ejes. Además del movimiento relativo entre pieza y herramienta en tres ejes, se puede controlar el giro de la pieza sobre un eje, como con un mecanismo divisor o un plato giratorio. Se utilizan para generar superficies con un patrón cilíndrico, como engranajes o ejes estriados.
- Fresadora de cinco ejes. Además del movimiento relativo entre pieza y herramienta en tres ejes, se puede controlar o bien el giro de la pieza sobre dos ejes, uno perpendicular al eje de la herramienta y otro paralelo a ella (como con un mecanismo divisor y un plato giratorio en una fresadora vertical); o bien el giro de la pieza sobre un eje horizontal y la inclinación de la herramienta alrededor de un eje perpendicular al anterior. Se utilizan para generar formas complejas, como el rodete de una turbina Francis.



5.21.4 Limado

Es la operación que tiene por fin rebajar, pulir o retocar piezas metálicas y arrancar, así, pequeñas porciones de material, en forma de virutas o limaduras.

Consiste en trabajar caras planas o curvas, interiores o exteriores, por medio de las limas, para obtener: la planitud, las medidas fijadas, la calidad superficial.

Para realizar esta operación nos servimos de una lima. Ésta es una herramienta manual, de acero templado; sus caras van provistas de dientes, que al penetrar en la superficie metálica de la pieza, arrancan limaduras.

Las partes de una lima son:

- _ PUNTA o extremo.
- _ CUERPO, que es la parte central o zona estriada.
- _ ESPIGA, que es de sección poligonal y sirve para fijar el mango.

Las características de una lima están determinadas por su:

- _ FORMA: Figura geométrica de la sección transversal. En la tabla siguiente pueden verse las propiedades y empleo de las limas.
- _ TAMAÑO: El tamaño de una lima lo da su longitud comercial, es decir, la distancia entre el extremo y el talón.
- _ PICADO: Así se llama a la rugosidad que presentan las limas en sus caras talladas. El picado puede ser:

- _ SENCILLO: Producido por una serie de entallas o ranuras paralelas. Se emplea para trabajar metales blandos como plomo, cobre, aluminio, etc.

- _ SENCILLO RECTO: la lima está embotada y la viruta no cae. Se emplea para el limado de materiales blandos.

- _ SENCILLO INCLINADO: expulsa la viruta por el costado. También se emplea para el limado de materiales blandos (estaño, plomo, zinc, aluminio).

- _ SENCILLO CURVO: la expulsión de la viruta se produce a ambos lados. Se debe hacer gran esfuerzo sobre la lima. También, como en los anteriores, se utiliza en el limado de materiales blandos (estaño, plomo, zinc, aluminio).

- _ SENCILLO CURVO CON ENTELLAS: la expulsión de la viruta se hace por ambos lados. No se necesita tanto esfuerzo como en el caso anterior. Y el empleo más usual es en el limado de madera, cuero, plástico.

- _ DOBLE O CRUZADO: Aquél, en el cual, encima de un picado sencillo, se hace otro de menor profundidad y transversal al primero. Las limas con picado doble son las más adecuadas para el trabajo de ajuste.

- _ GRADO DE CORTE: es la separación de las entallas en el picado, es decir, el número de dientes que entran en un centímetro de superficie picada. Según el grado de corte se clasifican en:

- _ Basta: cuando tiene de 8 a 10 dientes/cm²

- _ Semifina o entrefina: de 12 a 18 dientes/cm²

- _ Fina: si tiene de 20 a 30 dientes/cm²

- _ Extrafina: cuando tiene más de 30 dientes/cm²

Por otro lado, la espiga de la lima lleva un mango, generalmente de madera dura o de plástico, que evita accidentes.

Operación del limado

Es una operación de acabado, aunque cada día es menos empleada, gracias a la precisión con que trabajan las máquinas. El limado es una operación que sólo se llega a dominar mediante la práctica de un ejercicio continuado.

El tronco puede moverse ligeramente, al movimiento de vaivén de la lima, en los trabajos de desbaste; más, por el contrario, en los trabajos de afinado o en los que se realizan con limas pequeñas, el tronco debe permanecer inmóvil. La lima se agarra con la mano derecha, haciendo que el mango se apoye en el cetro de la mano; el dedo pulgar se sitúa por encima y los otros dedos rodean al mango por debajo. La mano izquierda se apoya en el extremo de la lima. Pero hay que tener en cuenta que la presión ejercida por los brazos será menor al aumenta el brazo de palanca, para evitar el balanceo y que la superficie de la pieza quede convexa.

Limado de superficies

_ SUPERFICIES PLANAS

En este caso es preciso trabajar cruzando los trazos o ralladuras, impresas por los dientes de la lima. Así se consigue: observar en todo momento la zona limada; y limar dos veces por la parte central de la superficie y una sola vez por las esquinas. Además, para la planitud de una superficie se recomienda utilizar la cara convexa o abombada de la lima.

_ SUPERFICIES CÓNCAVAS

Para limar superficies cóncavas, es necesario elegir la lima de mediacaña, logrando que su cara redondeada se adapte, lo más posible, a la superficie interior a limar.

_ SUPERFICIES CONVEXAS

Las caras redondeadas se liman siguiendo el trazado, perpendicularmente a la pieza. Para obtener la cara alisada y su forma, se describen movimientos circulares con la lima plana fina.

1.4. Reglas para un buen limado

- _ Elegir el tamaño de la lima adecuada para la superficie a limar.
- _ Observar el plano, viendo si es posible simplificar el trabajo de limado.
- _ Utilizar limas bastas para rebajes de material superiores a los 0,2 mm.
- _ Utilizar las limas en toda su longitud.
- _ No tocar, con la mano, la superficie limada ni la lima, para evitar que se resbale.
- _ Antes de limar, hay que observar si el mango de la lima tiene su anillo y si la espiga está bien sujeta al mango, para evitar accidentes.
- _ El limado en una sola dirección no da un control visual claro del resultado ya que los dientes pasan siempre por las mismas señales. Por tanto, lo más conveniente es realizar un limado en cruz a las señales de la primera dirección y así se eliminan las ondulaciones producidas.
- _ La dureza de la lima debe ser superior a la del material en cuestión.



La **rectificadora** es una máquina herramienta, utilizada para conseguir mecanizados de precisión tanto en dimensiones como en acabado superficial, a veces a una operación de rectificado le siguen otras de *pulido* y *lapeado*. Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido mediante tratamiento térmico, utilizando para ello discos abrasivos robustos, llamados muelas. Las partes de las piezas que se someten a rectificado han sido mecanizadas previamente en otras máquinas herramientas antes de ser endurecidas por tratamiento térmico y se ha dejado solamente un pequeño excedente de

material para que la rectificadora lo pueda eliminar con facilidad y precisión. La rectificación, pulido y lapeado también se aplica en la fabricación de cristales para lentes.

Tipos de rectificadora



Muela de rectificadora universal.

Según sean las características de las piezas a rectificar se utilizan diversos tipos de rectificadoras, siendo las más destacadas las siguientes:

- Rectificadoras planeadoras
- Rectificadoras sin centros (centerless)
- Rectificadoras especiales
- Rectificadoras universales

Las máquinas rectificadoras para piezas metálicas consisten básicamente en un bastidor que contiene una muela giratoria compuesta de granos abrasivos muy duros y resistentes al desgaste y a la rotura. La velocidad de giro de las muelas es muy elevada, pudiendo llegar a girar a 30.000 rpm, dependiendo del diámetro de la muela.

Las **rectificadoras para superficies planas**, conocidas como planeadoras y tangenciales son muy sencillas de manejar, porque consisten en una cabezal provisto de la muela y un carro longitudinal que se mueve en forma de vaivén, donde va sujeta la pieza que se rectifica. La pieza muchas veces se sujeta en una plataforma magnética. Las piezas más comunes que se rectifican en estas máquinas son matrices, calzos y ajustes con superficies planas.¹

La **rectificadora sin centros (centerless)**, consta de dos muelas y se utilizan para el rectificado de pequeñas piezas cilíndricas, como bulones, casquillos, pasadores, etc. Son máquinas que permite automatizar la alimentación de las piezas y por tanto tener un funcionamiento continuo y por tanto la producción de grandes series de la misma pieza. La rectificación sin centros pertenece a los procesos de rectificadora cilíndrica de exteriores. Al contrario de la rectificación entre centros, la pieza no se sujeta durante la rectificación y por lo tanto no se necesita un contrataladro o un mecanismo de fijación en los extremos. En lugar de eso se apoya la pieza con su superficie sobre la platina de soporte y se coloca entre el disco rectificador que gira rápidamente y la platina regulable pequeña que se mueve lentamente. La platina de soporte de la rectificadora (también llamada regla de soporte o regla de dirección) está generalmente posicionada así que el centro del eje de la pieza se encuentra sobre la línea

de unión entre los puntos medios del disco regulable y del disco rectificador. Más, la platina de soporte está biselada para sostener la pieza en el disco regulable y el disco rectificador. El disco regulable está hecho de un material blando, por ejemplo una mezcla de caucho que puede tener granos duros para garantizar la fuerza de acople entre la pieza y el disco regulable.²

Las **rectificadoras universales** son las rectificadoras más versátiles que existen porque pueden rectificar todo tipo de rectificadas en diámetros exteriores de ejes, como en agujeros si se utiliza el cabezal adecuado. Son máquinas de gran envergadura cuyo cabezal portamuelas tiene un variador de velocidad para adecuarlo a las características de la muela que lleva incorporado y al tipo de pieza que rectifica.³

Características constructivas de las rectificadoras cilíndricas de última generación [editar]

A las modernas rectificadoras cilíndricas se les exige ser de ultra precisión, de concepción flexible para aplicaciones de rectificado de exteriores y piezas excéntricas. Las máquinas pueden realizar procesos de rectificado convencional o de alta velocidad, incorporando los últimos adelantos mecánicos, eléctricos y de software. (CNC)

Se establecen nuevos estándares de precisión, velocidad y flexibilidad garantizando una producción de alta fiabilidad y competitividad. Estas máquinas incluyen bancada de granito natural, motores integrados en ejes porta-piezas y husillos porta-muelas, motores de gran par y motores lineales.

El diseño incluye puertas de gran accesibilidad para trabajos de preparación de máquina y de mantenimiento. El concepto modular de la máquina permite la incorporación de sistemas de carga automatizados y la concatenación de varias unidades en una célula.

Las modernas rectificadoras responden óptimamente a la más amplia variedad de aplicaciones como herramientas de corte, hidráulica de alta precisión, árboles de levas, pequeños cigüeñales, ejes de cajas de cambios y ejes de transmisión, entre otros. La máquinas son diseñadas para utilizar distintos tipos de abrasivos, diamante, CBN, ... para aplicaciones de alta velocidad.⁴

Rectificación de lentes]



Lente.

En la fabricación de lentes el abrasivo está compuesto por corindón (cristalizado) de óxido de aluminio de origen natural o por polvos de esmeril humedecidos (Óxido de aluminio con impurezas de hierro). Pueden ser necesarias dos o tres operaciones de rectificación sucesivas para la terminación de la lente. El pulido y el lapeado completan el acabado superficial.

Pulido

Para obtener un óptimo acabado de las piezas procedentes de las operaciones de rectificado se emplean máquinas pulidoras que trabajan por aplicación de la pieza a una superficie abrasiva móvil, normalmente giratoria. El material arrancado en el pulido es prácticamente nulo y apenas modifica la dimensiones del rectificado.

Lapeado

Es el proceso de acabado de una superficie por abrasión muy fina, con objeto de conseguir mucha precisión en el acabado superficial, conocida como rugosidad.

