

TEMA 11

ASPECTOS TECNOLÓGICOS EN PROCESOS CON MOVIMIENTO PRINCIPAL RECTILÍNEO

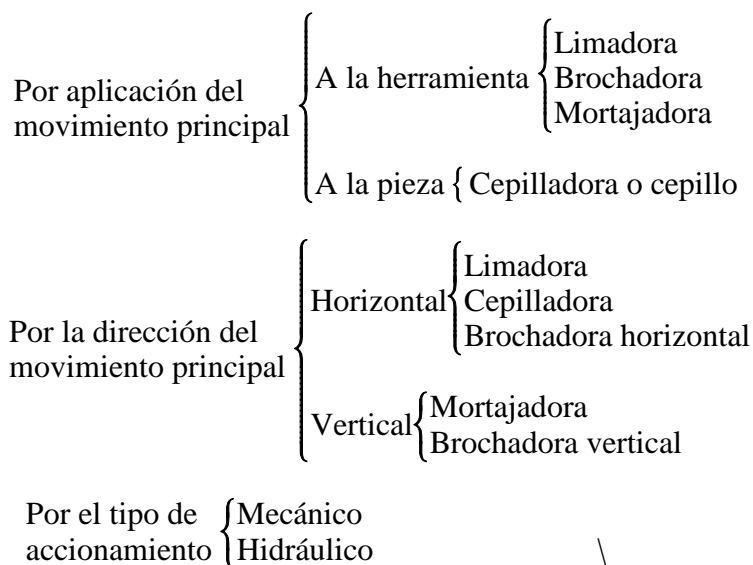
Introducción.

Los procesos de mecanizado caracterizados por un movimiento principal, o de corte, rectilíneo permiten obtener generatrices rectas y paralelas, empleando:

- 1) herramientas de arista de corte único y movimiento de corte rectilíneo, con arranque de viruta discontinuo;
- 2) herramientas de corte múltiple con movimiento de corte rectilíneo o helicoidal y arranque de viruta continuo.

Las primeras se usan fundamentalmente para la obtención de superficies planas y eventualmente superficies cilíndricas, cónicas y perfiles especiales. Con las segundas se pueden hacer estos mismos trabajos y, además, una gran variedad de mecanizados de interiores, para trabajos en grandes series.

Las máquinas-herramienta, para este tipo de procesos, pueden ser clasificadas como sigue:



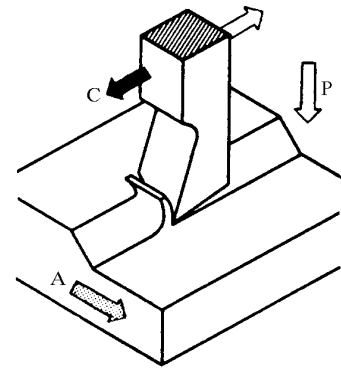
A continuación se procederá a presentar los principales tipos de estas máquinas-herramienta.

Limadora o cepillo corto.

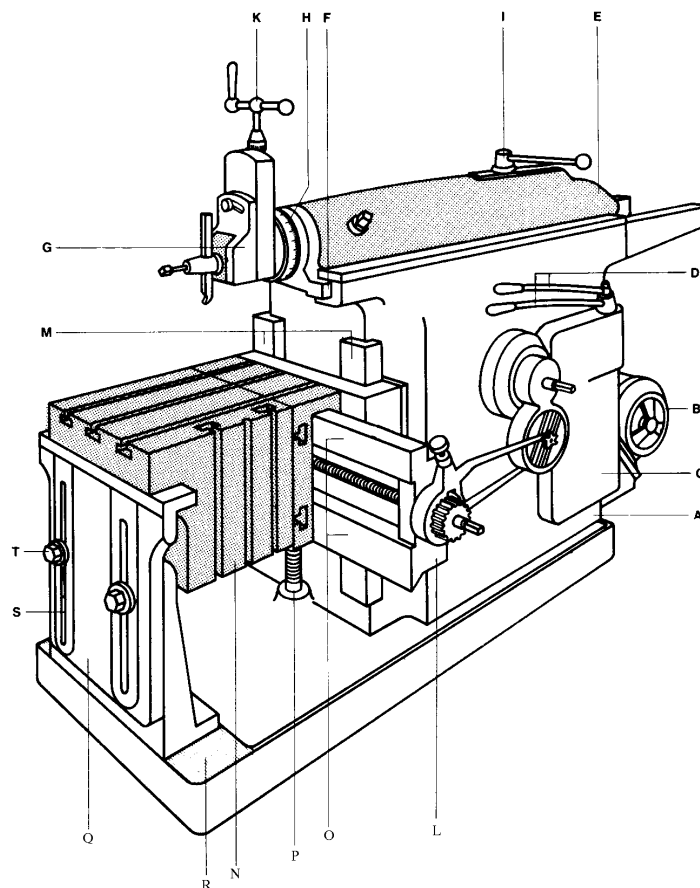
Es, junto a la cepilladora y la mortajadora, la máquina herramienta destinada a *planear* o *cepillar*, es decir, el mecanizado de superficies planas por arranque de viruta, obtenido por un movimiento de corte rectilíneo alternativo, realizado por la pieza o la herramienta. Este movimiento comprende una carrera activa de ida, durante la cual tiene lugar el arranque de viruta, y otra carrera de retorno, pasiva y en vacío. Estas tres máquinas sustituyen los trabajos manuales efectuados con la lima y con el cincel.

Los movimientos fundamentales realizados por la limadora son:

- 1) El movimiento de corte M_c se produce por desplazamiento longitudinal de la herramienta.
- 2) El movimiento de avance M_a se realiza por desplazamiento transversal de la pieza.
- 3) El movimiento de profundidad de pasada M_p se ejecuta por desplazamiento vertical de la herramienta.

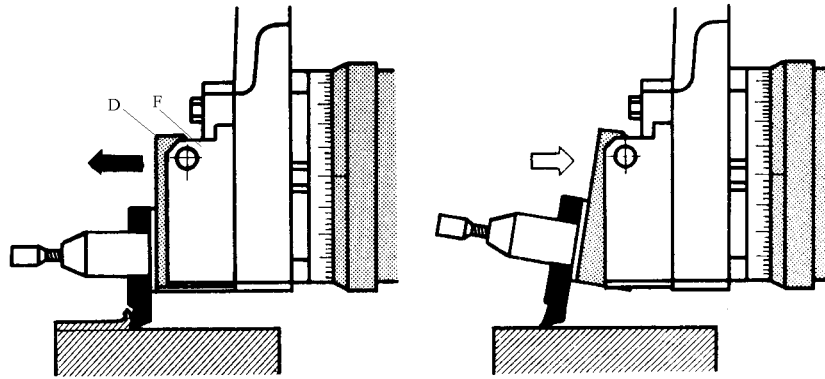


Los elementos fundamentales de una limadora mecánica son:



- A. Bastidor o bancada
- B. Motor
- C. Cambio de velocidades
- D. Palancas de cambio de velocidades
- E. Carnero
- F. Guías de deslizamiento
- G. Portaherramientas
- H. Tambor graduado para la inclinación del portaherramientas
- K. Manivela para regular la altura de la herramienta
- I. Limitador de la carrera de trabajo
- L. Carro vertical
- M. Guías verticales para L
- N. Mesa portapiezas
- O. Guías horizontales para N
- Q. Soporte para N
- S. Guías para regular altura de N

Durante la carrera de trabajo, el esfuerzo que soporta la herramienta al arrancar el material obliga a la placa oscilante D, donde va el perno que aloja a la herramienta, a permanecer apoyada contra la placa F. Durante la carrera de retorno en vacío del carro, la herramienta roza contra la superficie recién mecanizada, de forma que la placa D tiende a girar levantando la herramienta.



Los trabajos más corrientes de limado son los siguientes:

a) **Planeado o aplanado**. Es el más usual y su misión es mecanizar superficies planas. Según la posición que adopte la superficie que se trabaja, con respecto al plano de la mesa, se clasifican en:

- 1) *planeado horizontal*, para lo cual se sujeta la pieza a la mesa y se ajusta el recorrido de la herramienta y la profundidad de corte; el avance que se da por intermedio de la mesa puede ser manual o automático;
- 2) *planeado vertical*, en el que el avance se hace a mano, desplazando verticalmente el carro portaherramientas, que debe colocarse con la inclinación adecuada, para que pueda levantarse la herramienta durante el retroceso y no deteriore la superficie que se está mecanizando;
- 3) *planeado inclinado*, para el que se da al portaherramientas la inclinación adecuada y se comunica el avance a mano.

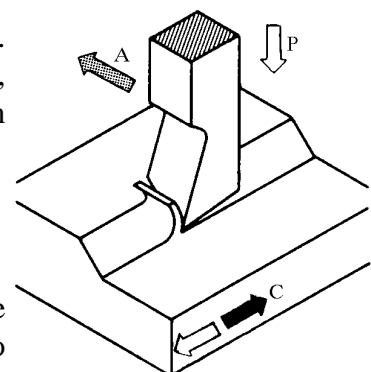
b) **Mecanizado de superficies cilíndricas**, que a su vez pueden ser:

- 1) *convexas*, en cuyo caso se da a la pieza, al final de la carrera de retroceso, un pequeño movimiento de rotación cuyo arco equivale al avance;
- 2) *cóncavas*, que se mecanizan girando el portaherramientas, para conseguir el avance circular.

c) **Mecanizado de superficies cónicas**. Se ejecuta como en el caso anterior, salvo que ahora hay que colocar la pieza de forma que su eje quede inclinado el ángulo correspondiente a la conicidad deseada; de esta forma la trayectoria de corte de la herramienta coincide con la generatriz del cono.

d) **Mecanizado de ranuras**. Se consigue con herramientas de forma adecuada, según el tipo de ranura que se desee obtener.

e) **Mecanizado de superficies con un perfil determinado**. Se consiguen combinando manualmente y de forma adecuada, tanto el avance como el desplazamiento del portaherramientas en sentido vertical o inclinado.



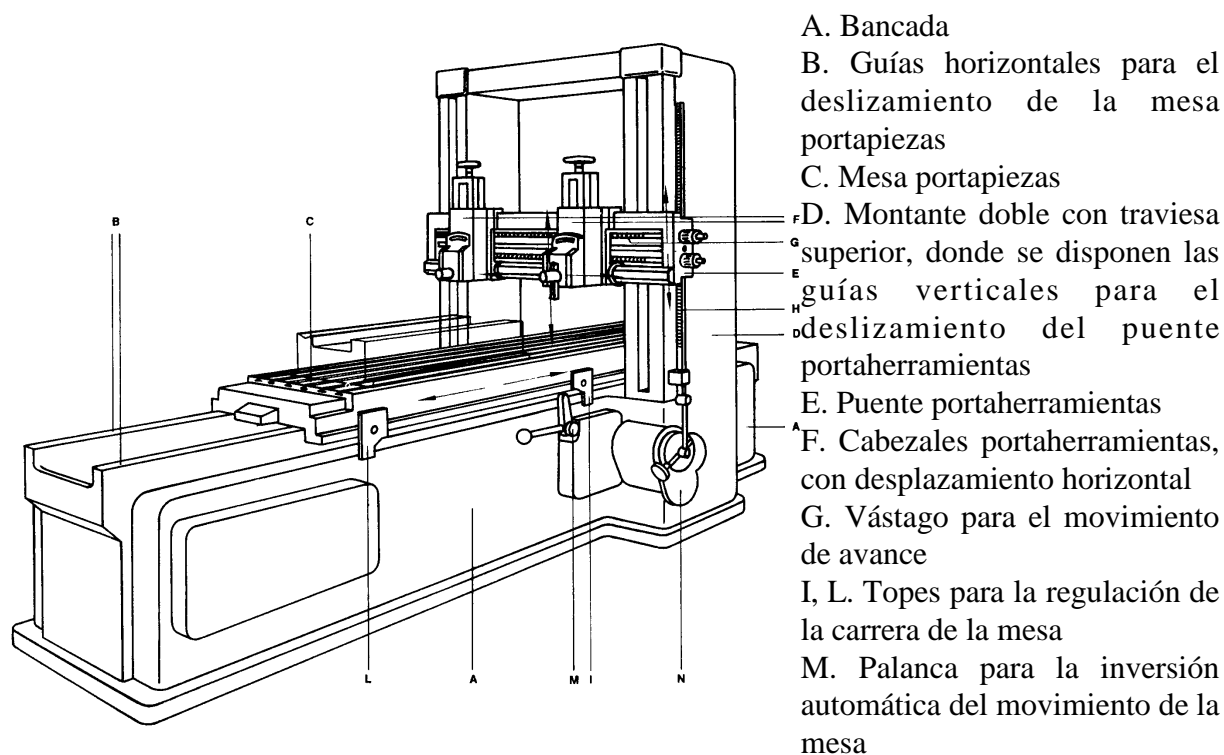
Cepilladora o cepillo.

La obtención de superficies planas en las limadoras viene limitada a las piezas de pequeñas dimensiones (recorrido máximo

de la herramienta 1000 mm.) puesto que, si son elevadas, al final del recorrido del carro o carnero este sobresale mucho de sus guías y trabaja en muy malas condiciones, por la flexión que experimenta. Además la pieza portapiezas no suele tener dimensiones muy grandes. Por estos motivos, para mecanizar superficies planas en piezas de grandes dimensiones (bancadas de máquinas-herramientas, mármoles de trazar, bloques de motores marinos, etc.), se emplean las *cepilladoras*. Su trabajo es muy similar al de las limadoras, de las que se diferencian en la disposición de los movimientos principales en la siguiente forma:

- 1) El movimiento de corte M_c es producido por desplazamiento longitudinal de la pieza.
- 2) El movimiento de avance M_a se realiza por desplazamiento transversal de la herramienta.
- 3) El movimiento de profundidad M_p es ejecutado por desplazamiento vertical de la herramienta.

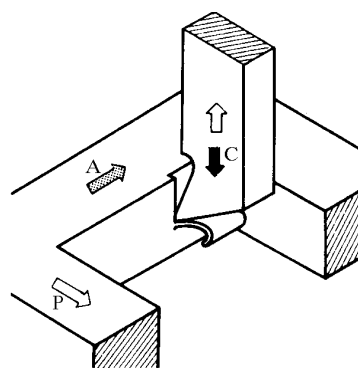
La siguiente figura muestra un tipo normal de cepilladora, de tamaño medio (longitud de la mesa 3 metros). En ella podemos distinguir los siguientes elementos



Mortajadora o limadora vertical.

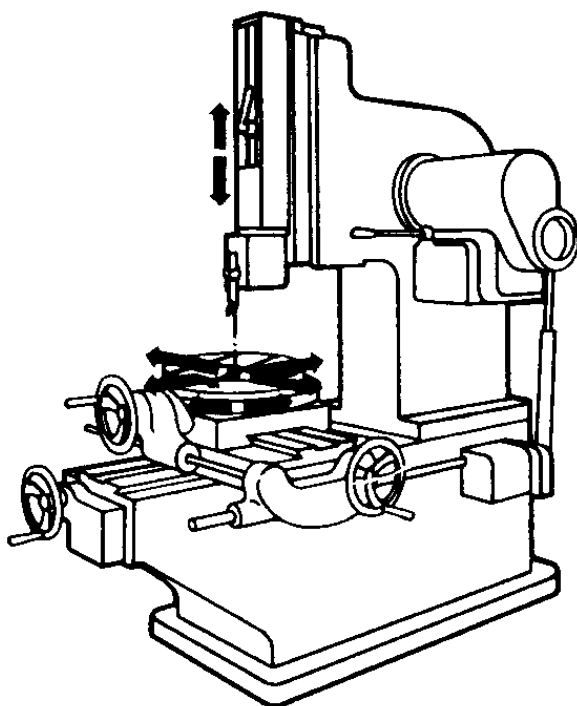
Su trabajo es similar al de las limadoras, de las que se diferencia en que el movimiento de la herramienta de corte es vertical. Por lo general se destinan al mecanizado lineal en el interior de agujeros (ranurados para chavetas, dentados interiores, aberturas de forma poligonal, etc.). Su aplicación es para trabajos en series reducidas, pues para grandes series resultan mucho más económicas las brochadoras.

Los movimientos de trabajo son los siguientes:



- 1) El movimiento de corte M_c se produce por desplazamiento longitudinal y vertical de la herramienta.
- 2) El movimiento de avance M_a se efectúa por desplazamiento transversal o circular de la pieza.
- 3) El movimiento de profundidad será realizado por desplazamiento longitudinal o axial de la pieza.

Los elementos fundamentales de una mortajadora son:



Bastidor de fundición, con dos guías en la parte superior, para facilitar el deslizamiento del cabezal, y otras en la parte inferior, para el movimiento de la mesa.

Cabezal portaherramientas, que puede inclinarse mediante giro en un plano vertical y al que se le imprime un movimiento rectilíneo alternativo mediante un mecanismo de biela-manivela o de brazo oscilante, como en las limadoras. Este último permite la regulación de la posición inicial y final de la herramienta y de la carrera de trabajo, así como la obtención de una velocidad de retroceso más rápida que la de trabajo.

Mesa portapiezas, capaz de deslizarse longitudinal y transversalmente sobre un carro el cual, a su vez, puede desplazarse verticalmente y regular la altura. En la mayoría

de las mortajadoras la mesa portaherramientas es giratoria y puede accionarse mediante un aparato divisor, con lo que se obtienen giros precisos.

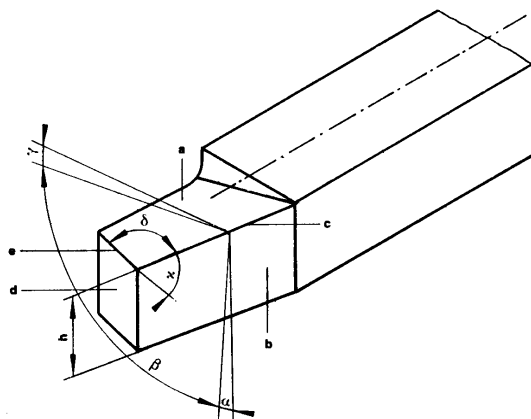
Herramientas utilizadas para cepillar.

Las herramientas utilizadas para el cepillado son similares a las utilizadas en los tornos, si bien en algunos casos se precisa que tengan bastante longitud, lo que origina un momento flector elevado, que puede provocar la rotura de la herramienta. Para que el cuerpo de la herramienta pueda resistir el momento flector máximo que se desarrolla en el corte, se adopta la sección rectangular, con su máxima dimensión en la dirección del corte. Las herramientas utilizadas para las limadoras y cepilladoras son iguales (aunque estas últimas suelen ser más robustas), en tanto que las empleadas en las mortajadoras tienen los ángulos de incidencia y desprendimiento invertidos.

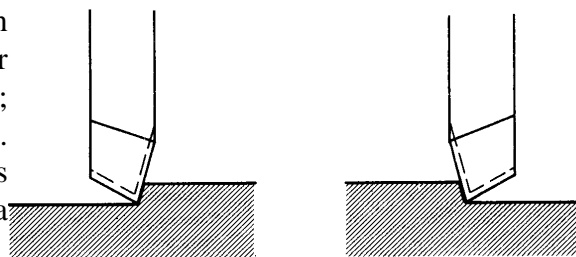
Las herramientas de limar y cepillar suelen ser de acero rápido debido a las bajas velocidades de corte empleadas en estos procesos (del orden de 20 m/min. para el acero y de 25 m/min. para la fundición) y a la tenacidad que se precisa por el impacto de entrada un trabajo motivado por la intermitencia inherente a estos procesos de mecanizado. también son de empleo

herramientas con plaquita soldada tales como las formas para exteriores de las herramientas de torno de este tipo. Las calidades de metal duro empleadas son: P40 y P50 para aceros; K10 y K20 para fundiciones grises y K30 y K40 para aleaciones no férricas y materiales sintéticos.

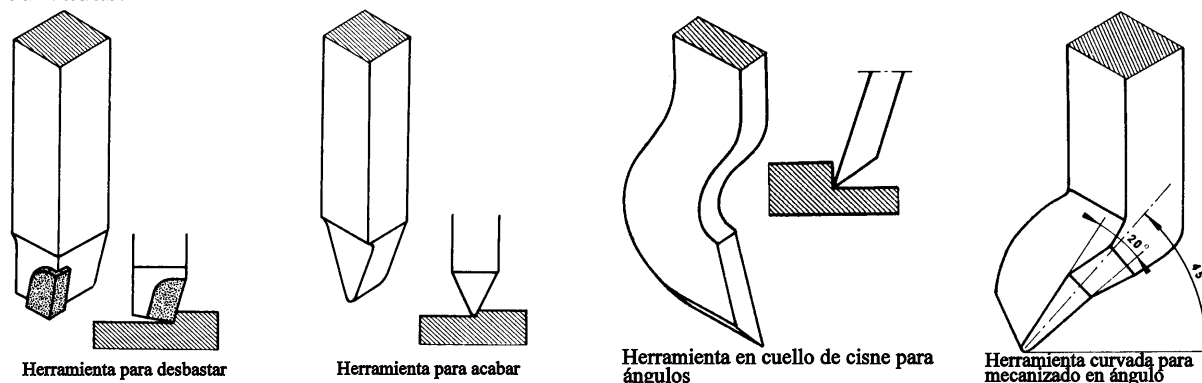
Las características geométricas de una herramienta usual, de un sólo filo, son:



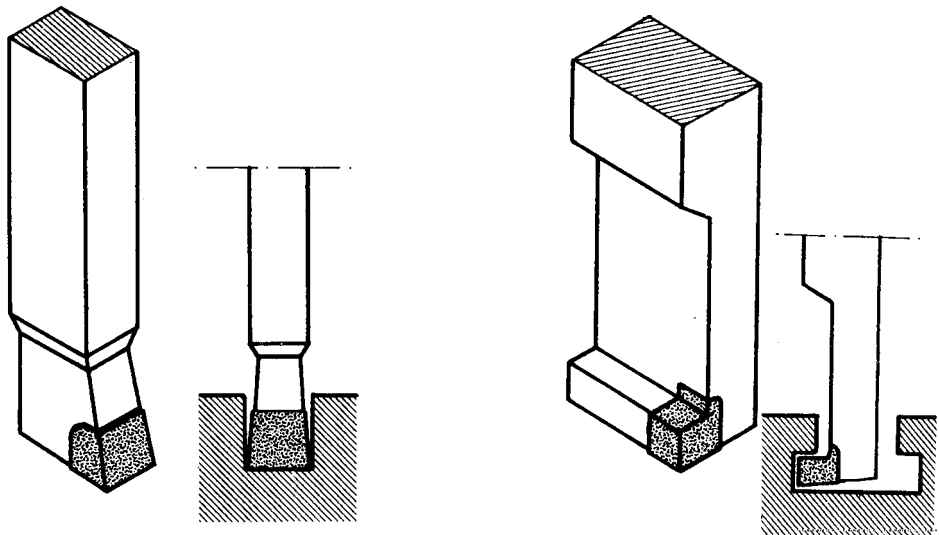
La pieza puede cepillarse tanto con avance a derecha o a izquierda. En el primer caso la herramienta presenta el filo a la derecha; en el segundo caso, lo presenta a la izquierda. Algunas herramientas tienen los filos simétricos y, por tanto, pueden trabajar a derecha y a izquierda:



Las formas que pueden tener las herramientas pueden ser rectas, de cuello de cisne y curvadas.

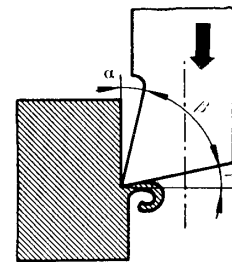


Además pueden tener formas especiales, como es el caso de las utilizadas para ranurar.

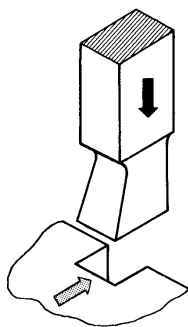


Las herramientas utilizadas en las mortajadoras difieren de las empleadas en las limadoras y cepilladoras; por lo general son bastante más largas, para que puedan trabajar con facilidad la superficie interior de los agujeros de las piezas (ranurado, acanalado, dentado interior, etc.). Además, como ya se ha dicho, presentan los ángulos de incidencia y de desprendimiento invertidos.

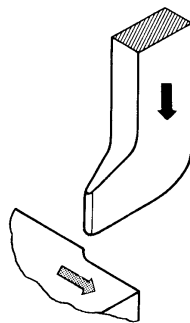
Las herramientas de mortajar suelen ser monofilo de acero rápido, a excepción de los mortajados de tallado de engranajes (procedimientos Magg y Fellow) que son multifilo. Las formas usuales de montar las herramientas monofilo en el cabezal de la mortajadora son los dos siguientes:



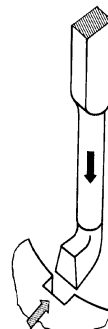
Debido a que gran parte de las operaciones de mortajado son de tipo ranurado con secciones de formas específicas, (chaveteros, ejes acanalados, agujeros acanalados, etc.), las herramientas de mortajar suelen ser *herramientas de formar*. Las herramientas pueden ser rígidas, que se utilizan en cabezales portaherramientas oscilantes, por lo que pueden ser más robustas, y oscilantes, que se utilizan en máquinas de cabezal portaherramientas fijo.



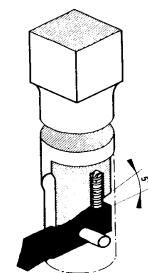
Herramienta de desbaste



Herramienta para perfilar



Herramienta para chavetero



Herramienta oscilante

Brochadora.

Aun cuando el trabajo de brochado lo empleó ya Leonardo da Vinci (1452-1519) y posteriormente, en 1898, el canadiense L.N. Lapointe construyó la primera máquina brochadora

por tracción accionada por tornillo sin fin, puede considerarse como una operación moderna de mecanizado, que debe su elevado desarrollo a la industria automovilística.

El brochado es un procedimiento que consiste en el arranque lineal y progresivo de viruta de una superficie exterior o interior, mediante una herramienta especial, de muchos dientes, llamada *brocha*. En el brochado solamente se tiene el movimiento rectilíneo de corte, ya sea por empuje o por tracción. El movimiento de corte puede ser horizontal o vertical, según la máquina empleada.

Entre las principales ventajas del brochado cabe destacar:

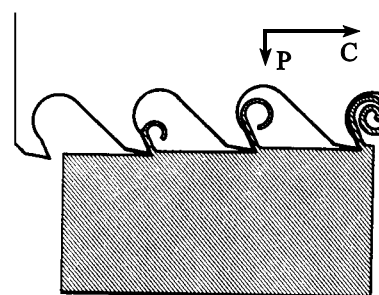
- 1) permite obtener las calidades ISO de mecanizado 6 ó 7.
- 2) pueden obtenerse superficies con un perfil muy complejo.
- 3) el tiempo de mecanizado es muy inferior al que se invertiría para obtener el mismo mecanizado por otros procedimientos (torneado, taladrado, fresado, mortajado, etc.).

Sin embargo tiene en su contra, el que sólo resulta económico su empleo cuando se precisan mecanizar grandes series de piezas iguales.

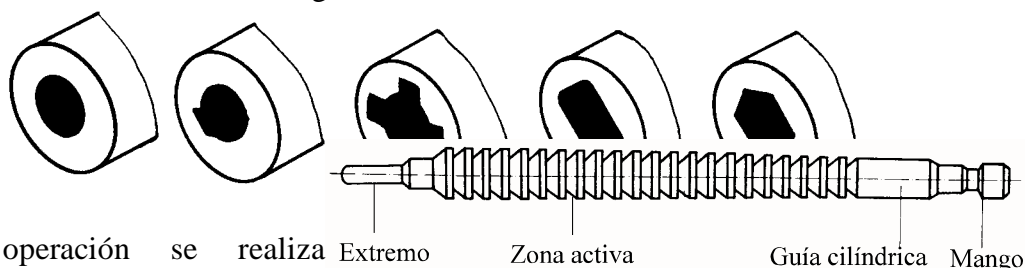
1) El movimiento de corte M_c se realiza por desplazamiento rectilíneo de la herramienta.

2) El movimiento de profundidad de pasada M_p se produce automática y progresivamente a medida que avanza la herramienta y es constante para cada herramienta.

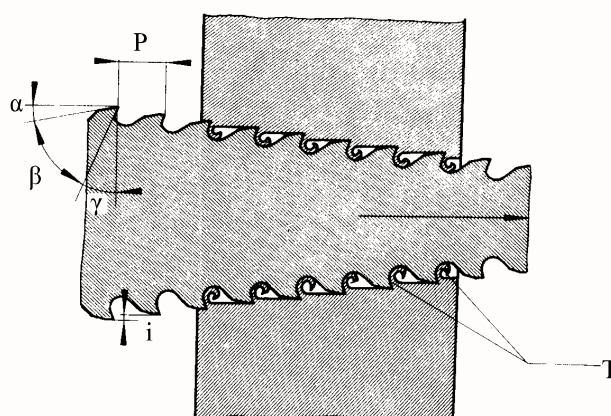
3) El movimiento de avance M_a no existe.



El brochado puede realizarse tanto en superficies interiores como exteriores; el brochado interior fue el primero que se empleó y el más usual. Se utiliza en las fabricaciones en serie de piezas que precisan orificios con una gran variedad de formas.



La operación se realiza comunicando a la brocha en movimiento de corte, para lo cual se le hace pasar a través de un orificio previamente practicado en la pieza. A su paso los dientes van atacando progresivamente a todo, o parte, del perímetro del orificio de partida. Las brochas para interiores están formadas por una barra de acero rápido, con un cuerpo provisto de numerosos dientes cortantes en su periferia, convenientemente distanciados y



capaces de reproducir el perfil que se desea obtener. Entre cada dos dientes consecutivos existe un hueco o vano donde se va acumulando la viruta arrancada por cada uno de ellos.

Las brochas para interiores pueden ser de tracción o de compresión; las primeras son bastante largas y constan de un dispositivo de arrastre o *caña*; las segundas son mucho más cortas que las de tracción para evitar el pandeo.

Las herramientas para brochar o *brochas* (del inglés "broach") son herramientas multifilo de accionamiento y desplazamiento en dirección axial y cuyos dientes resaltan de una manera progresiva del cuerpo de la fresa. Una brocha efectúa la totalidad del mecanizado a ella encomendada en una única carrera de trabajo, dejando la superficie mecanizada con una calidad dimensional y de acabado, en ocasiones, excelente:

La longitud P o *paso* es la dimensión que controla el tamaño del hueco entre los dientes. Como la misión fundamental de dicha cavidad es la de servir de alojamiento a la totalidad de la viruta generada en la carrera de trabajo, deberá ser calculada partir de la longitud a mecanizar L .

$$P = \sqrt{3L} \quad \text{en dientes de desbaste}$$

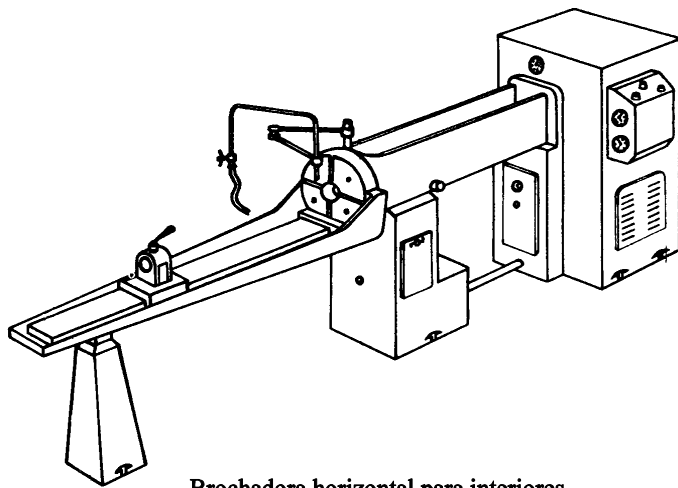
$$P = 0,6 \sqrt{3L} \quad \text{en dientes de acabado}$$

Las brochas se diseñan para que trabajen simultáneamente un mínimo de tres filos. El parámetro i o *incremento por diente* (radial o transversal) toma distintos valores a lo largo de la brocha:

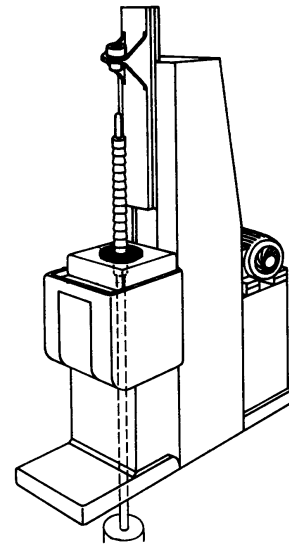
- i . 0,25 mm en la zona de desbaste
- i . 0,05 mm en la zona de acabado y rascado (escariado rectilíneo)
- i . 0,01 ÷ 0 mm en la zona de calibrado (bruñido rectilíneo)

Tradicionalmente las brochas eran enterizas de acero rápido, pero dado el coste elevado de las de gran tamaño se está evolucionando hacia diseños de brochas provistas de cuchillas o lamas postizas con plaquitas de metal duro. Últimamente se están desarrollando diseños basados en un cuerpo sobre el que se montan plaquitas de fijación mecánica (principalmente redondas con agujero). Generalmente las brochas son herramientas especiales y requieren diseños específicos para cada utilización.

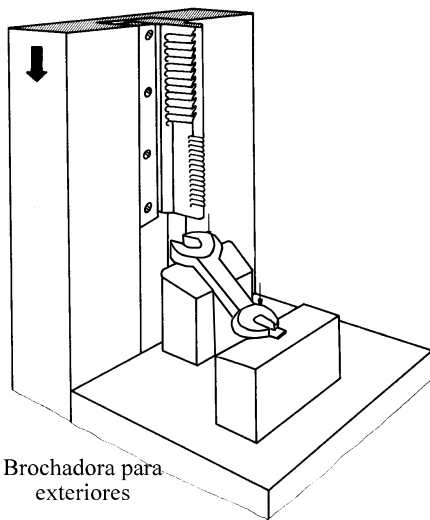
Las máquinas destinadas a realizar las operaciones de brochado se denominan *brochadoras*, y solo disponen del movimiento de corte rectilíneo, por lo que son de construcción muy simple. Pueden ser verticales y horizontales. Las segundas se emplean con mayor frecuencia para los brochados interiores; las verticales para el perfilado tanto de superficies interiores como exteriores. El movimiento de trabajo se obtiene por medio de un mecanismo de vástago dentado, o más frecuente, por accionamiento oleodinámico.



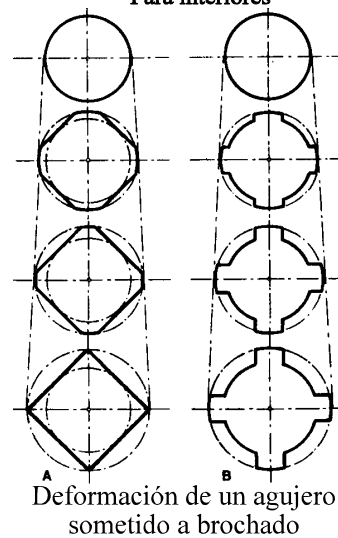
Brochadora horizontal para interiores



Brochadora vertical
Para interiores



Brochadora para
exteriores



Verificación de las máquinas herramientas de corte rectilíneo.

Como las máquinas se desgastan por el uso, periódicamente deben someterse a una comprobación o verificación de sus características fundamentales, con vistas a conocer si el desgaste ha afectado de manera desfavorable la precisión inicial de sus desplazamientos. Existen normas, DIN, entre otras, en las que se especifican detalladamente las comprobaciones que hay que efectuar y la forma de realizarlas. Entre las más importantes citaremos:

- 1) *nivelación*, pues es imprescindible que la máquina esté bien nivelada, ya que de lo contrario, pueden producirse deformaciones que afectan a la precisión
- 2) *planitud* de la cara superior de la mesa
- 3) *perpendicularidad* de las caras de la mesa
- 4) *paralelismo* del desplazamiento del cabezal con respecto a las ranuras de la cara superior y lateral
- 5) *rectitud* del desplazamiento transversal de la mesa y del desplazamiento del carro portaherramientas.

Todas estas verificaciones se llevan a cabo por los procedimientos que se han estudiado

en Metrotecnica, mediante el uso de niveles, reglas, escuadras, comparadores, calas, etc.