

TORNO

Ing. Guillermo Bavaresco

El torno es la máquina Herramienta más común y más antigua, data de 1760, aunque ya Leonardo Da Vinci en la edad media había inventado un torno para hacer roscas.

El Torno es una máquina giratoria en la cual se sujeta una pieza de metal o de madera y la hace girar mientras un útil de corte da forma al objeto. El útil puede moverse paralela o perpendicularmente a la dirección de giro, para obtener piezas con partes cilíndricas o cónicas, o para cortar acanaladuras. Empleando útiles especiales un torno puede utilizarse también para obtener superficies lisas, como las producidas por una fresadora, o para taladrar orificios en la pieza y otras operaciones más, como Moleteado y ranurado.

PARTES DE UN TORNO:

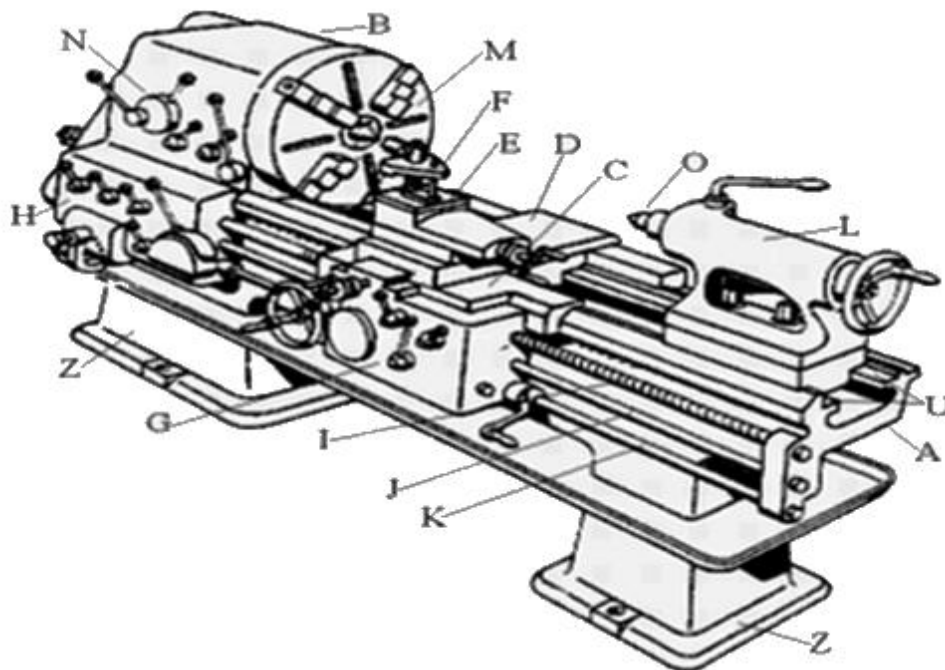


Fig. 1. Partes de un Torno

A= La Bancada.

C= Carro Principal de Bancada.

E= Carro Superior porta Herramienta.

G= Caja de Movimiento Transversal.

I= Tornillo de Roscar o Patrón.

K= Barra de Avance.

M= Plato de Mordaza (Usillo).

O= Contrapunta.

Z= Patas de Apoyo.

B= Cabezal Fijo.

D= Carro de Desplazamiento Transversal.

F= Porta Herramienta

H= Mecanismo de Avance.

J= Barra de Cilindrar.

L= Cabezal Móvil.

N= Palancas de Comando del Mov. de Rotación.

U= Guía.

DESCRIPCIÓN DE LAS PARTES PRINCIPALES DE UN TORNO:

BANCADA: Es un zócalo de fundición soportado por uno o más pies, que sirve de apoyo y guía a las demás partes principales del torno. Las guías han de servir de perfecto asiento y permitir un deslizamiento suave y sin juego al carro y contra cabezal. Deben estar perfectamente rasqueteadas o rectificadas. Es corriente que hayan recibido un tratamiento de temple superficial, para resistir el desgaste. A veces, las guías se hacen postizas, de acero templado y rectificado.

CABEZAL: Es una caja fijada al extremo de la bancada por medio de tornillos o bridas. En ella va alojado el eje principal, que es el que proporciona el movimiento a la pieza. En su interior suele ir alojado el mecanismo (caja de engranajes) para lograr las distintas velocidades, que se seleccionan por medio de mandos adecuados, desde el exterior.

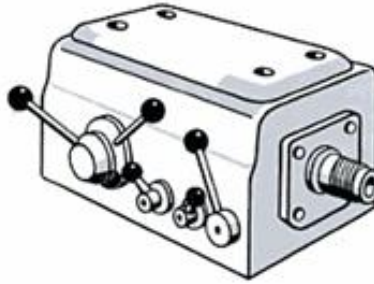


Fig. 2. Cabezal del Torno

El mecanismo que más se emplea para lograr las distintas velocidades es por medio de trenes de engranajes. Los principales sistemas empleados en los cabezales de los tornos son:

- **Cabezal monopolea:** El movimiento proviene de un eje, movido por una polea única. Las distintas velocidades o marchas se obtienen por desplazamiento de engranajes.
- **Transmisión directa por motor:** En lugar de recibir el movimiento a través de una polea, lo pueden recibir directamente desde un motor. En este tipo de montaje es normal colocar un embrague, para evitar el cambio brusco del motor, al parar o invertir el sentido de la marcha. La potencia al transmitir es más directa, pues se evitan pérdidas por deslizamiento de correas.
- **Caja de cambios:** Otra disposición muy frecuente es la colocación de una caja o cambio, situada en la base del torno; desde allí se transmite el movimiento hasta el cabezal por medio de correas. Este sistema se presta muy bien para tornos rápidos y, sobre todo, de precisión. El eje principal queda descargado de tensiones, haciendo que la polea apoye en soportes adecuados.
- **Variador de velocidades:** Para lograr una variación de velocidades, mayor que las limitadas por los mecanismos anteriores, se emplean en algunos tornos variadores de velocidad mecánicos o hidráulicos.

EJE PRINCIPAL: Es el órgano que más esfuerzos realiza durante el trabajo (Ver Figura 2). Por consiguiente, debe ser robusto y estar perfectamente guiado por los rodamientos, para que no haya desviaciones ni vibraciones. Para facilitar el trabajo en barras largas suele ser hueco. En la parte anterior lleva un cono interior, perfectamente rectificado, para poder recibir el punto y servir de apoyo a las piezas que se han de torneear entre puntos. En el mismo extremo, y por su parte exterior, debe llevar un sistema para poder colocar un plato porta piezas.

CONTRA CABEZAL O CABEZAL MÓVIL: El contra cabezal o cabezal móvil, llamado impropriamente contrapunta, consta de dos piezas de fundición, de las cuales una se desliza sobre la bancada y la otra puede moverse

transversalmente sobre la primera, mediante uno o dos tornillos. Ambas pueden fijarse en cualquier punto de la bancada mediante una tuerca y un tornillo de cabeza de grandes dimensiones que se desliza por la parte inferior de la bancada. La superior tiene un agujero cilíndrico perfectamente paralelo a la bancada y a igual altura que el eje del cabezal.

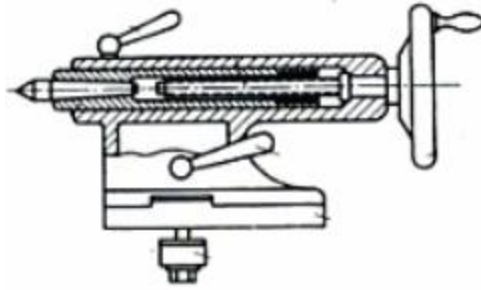


Fig. 3. Cabezal móvil

En dicho agujero entra suavemente un manguito cuyo hueco termina, por un extremo en un cono Morse y, por el otro, en una tuerca. En esta tuerca entra un tornillo que puede girar mediante una manivela; como este tornillo no puede moverse axialmente, al girar el tornillo el manguito tiene que entrar o salir de su alojamiento. Para que este manguito no pueda girar, hay una ranura en toda su longitud en la que ajusta una chaveta. El manguito puede fijarse en cualquier parte de su recorrido mediante otro tornillo.

En el cono Morse puede colocarse una punta semejante a la del cabezal o bien una broca, escariador, etc. Para evitar el roce se emplean mucho los puntos giratorios. Además de la forma común, estos puntos giratorios pueden estar adaptados para recibir diversos accesorios según las piezas que se hayan de tornearse.

CARROS: En el torno la herramienta cortante se fija en el conjunto denominado carro. La herramienta debe poder acercarse a la pieza, para lograr la profundidad de pasada adecuada y, también, poder moverse con el movimiento de avance para lograr la superficie deseada. Las superficies que se pueden obtener son todas las de revolución: cilindros y conos, llegando al límite de superficie plana. Por tanto, la herramienta debe poder seguir las direcciones de la generatriz de estas superficies. Esto se logra por medio del carro principal, del carro transversal y del carro inclinable.

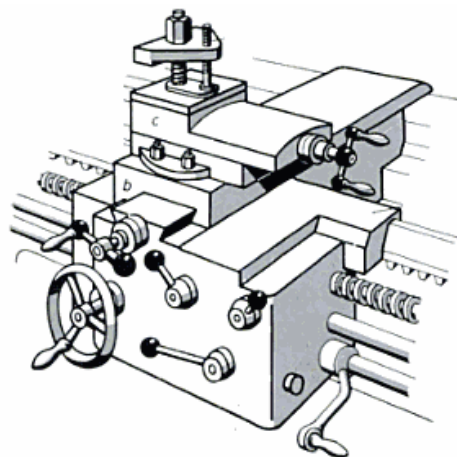


Fig. 4. Carros del Torno

- **Carro principal:** Consta de dos partes, una de las cuales se desliza sobre la bancada y la otra, llamada delantal, está atornillada a la primera y desciende por la parte anterior. El delantal lleva en su parte interna los dispositivos para obtener los movimientos automáticos y manuales de la herramienta, mediante ellos, efectuar las operaciones de roscar, cilindrar y refrentar.

- **Dispositivo para roscar:** El dispositivo para roscar consiste en una tuerca en dos mitades, las cuales por medio de una manivela pueden aproximarse hasta engranar con el tornillo patrón o eje de roscar. El paso que se construye variará según la relación del número de revoluciones de la pieza que se trabaja y del tornillo patrón.
- **Dispositivo para cilindrar y refrentar:** El mismo dispositivo empleado para roscar podría servir para cilindrar, con tal de que el paso sea suficientemente pequeño. Sin embargo, se obtiene siempre con otro mecanismo diferente. Sobre el eje de cilindrar va enchavetado un tornillo sin fin que engrana con una rueda, la cual, mediante un tren basculante, puede transmitir su movimiento a un piñón que engrana en una cremallera fija en la bancada o a otro piñón en el tornillo transversal. El tren basculante puede también dejarse en posición neutra. En el primer caso se mueve todo el carro y, por tanto, el torno cilindrará; en el segundo, se moverá solamente el carro transversal y el torno refrentará; en el tercer caso, el carro no tendrá ningún movimiento automático. Los movimientos del tren basculante se obtienen por medio de una manivela exterior. El carro puede moverse a mano, a lo largo de la bancada, por medio de una manivela o un volante.
- **Carro Transversal:** El carro principal lleva una guía perpendicular a los de la bancada y sobre ella se desliza el carro transversal. Puede moverse a mano, para dar la profundidad de pasada o acercar la herramienta a la pieza, o bien se puede mover automáticamente para refrentar con el mecanismo ya explicado.
Para saber el giro que se da al husillo y, con ello, apreciar el desplazamiento del carro transversal y la profundidad de la pasada, lleva el husillo junto al volante de accionamiento un tambor graduado que puede girar loco o fijarse en una posición determinada. Este tambor es de gran utilidad para las operaciones de cilindrado y roscado, como se verá más adelante.
- **Carro Orientable:** El carro orientable, llamado también carro portaherramientas, está apoyado sobre una pieza llamada plataforma giratoria, que puede girar alrededor de un eje central y fijarse en cualquier posición al carro transversal por medio de cuatro tornillos. Un círculo o limbo graduado indica en cualquier posición el ángulo que el carro portaherramientas forma con la bancada. Esta pieza lleva una guía en forma de cola de milano en la que se desliza el carro orientable. El movimiento no suele ser automático, sino a mano, mediante un husillo que se da vueltas por medio de una manivela o un pequeño volante. Lleva el husillo un tambor similar al del husillo del carro transversal.
Para fijar varias herramientas de trabajo se emplea con frecuencia la torre portaherramientas, la cual puede llevar hasta cuatro herramientas que se colocan en posición de trabajo por un giro de 90°. Tiene el inconveniente de necesitar el uso de suplementos, por lo cual se emplea el sistema americano, o bien se utilizan otras torretas que permiten la graduación de la altura de la herramienta, que además tiene la ventaja de que se puede cambiar todo el soporte con la herramienta y volverla a colocar en pocos segundos; con varios soportes de estos se pueden tener preparadas otras tantas herramientas.

TIPOS DE TORNOS:

Actualmente se utilizan en la industria del mecanizado varios tipos de tornos, cuya aplicación depende de la cantidad de piezas a mecanizar por serie, de la complejidad de las piezas y de la envergadura de las piezas.

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 herramientas 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 calificados, ya que el manejo manual de sus carros puede ocasionar errores a menudo en la geometría de las piezas torneadas



Fig. 5. Torno Paralelo

Torno copiador

Se llama **torno copiador** 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 una replica igual a la guía.

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 copiador 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.

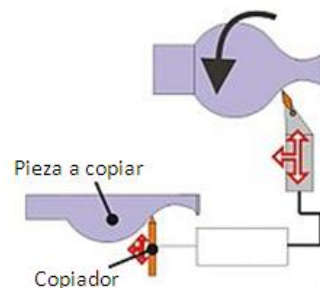


Fig. 6. Esquema funcional de torno copiador.

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.

El torno revólver lleva un carro con una torreta giratoria en la que se insertan las diferentes herramientas que realizan el mecanizado de la pieza. También se pueden mecanizar piezas de forma individual, fijándolas a un plato de garras de accionamiento hidráulico.

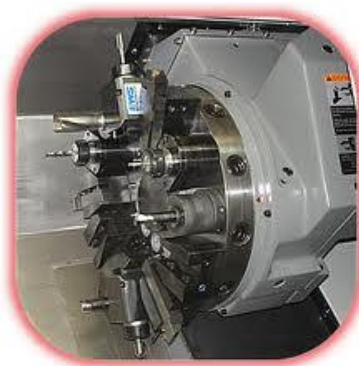


Fig. 7. Porta herramienta de un Torno Revolver

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

El **torno vertical** es una variedad de torno, de eje vertical, 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 no tienen contrapunto sino que el único punto de sujeción de las piezas es el plato horizontal sobre el cual van apoyadas. La manipulación de las piezas para fijarlas en el plato se hace mediante grúas de puente o polipastos.

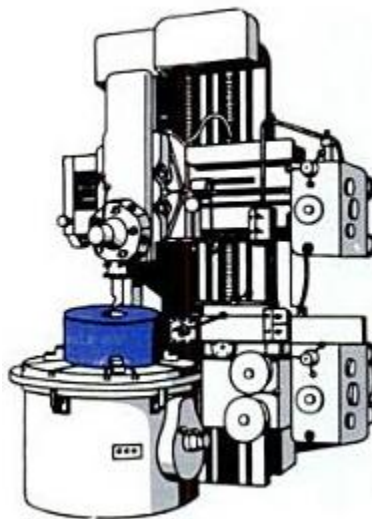


Fig. 8. Torno Vertical

Torno CNC.

El **torno CNC** es un torno dirigido por control numérico por computadora.

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 por un 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 que resulta rentable para el mecanizado de grandes series de piezas sencillas, sobre todo piezas de revolución, y permite mecanizar con precisión superficies curvas coordinando los movimientos axial y radial para el avance de la herramienta.



Fig. 9. Torno CNC



Fig. 10 Piezas de ajedrez mecanizadas en un torno CNC.

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.

Operaciones de trabajo en un torno

Refrentado: Se llama así a la realización de superficies planas en el torno. El refrentado puede ser completo, en toda la superficie libre, o parcial, en superficies limitadas. También existe el refrentado interior.



Fig. 11. Esquema funcional de refrentado

La operación de refrentado consiste en un mecanizado frontal y perpendicular al eje de las piezas que se realiza para producir un buen acoplamiento en el montaje posterior de las piezas torneadas. Durante el refrentado la profundidad de corte es igual a la dimensión de la capa que se corta, medida en la dirección perpendicular a la cara.

Cilindrado: es una operación realizada en el torno mediante la cual se reduce el diámetro de la barra de material que se está trabajando, el cilindrado también puede ser interno, para aumentar el diámetro de una barra hueca.

Para poder efectuar esta operación de cilindrado, la herramienta y el carro transversal se han de situar de forma que ambos formen un ángulo de 90° (perpendicular) (ver figura 12), y éste último se desplaza en paralelo a la pieza en su movimiento de avance. Esto es así por el hecho de que por el ángulo que suele tener la herramienta de corte, uno diferente a 90° provocará una mayor superficie de contacto entre ésta y la pieza, provocando un mayor calentamiento y desgaste

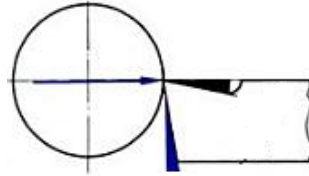


Fig. 12. Ángulo de posicionamiento de la herramienta

En este procedimiento, el acabado que se obtenga puede ser un factor de gran relevancia; variables como la velocidad y la cantidad de material que se corte en un "pase", así como también el tipo y condición de la herramienta de corte que se esté empleando, deben ser observados.

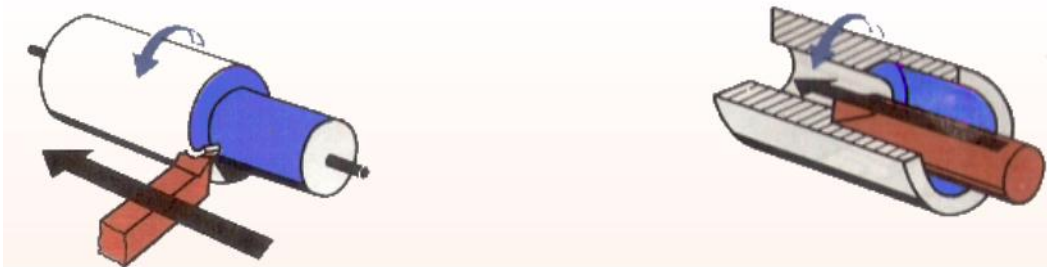


Fig. 13. Cilindrado externo e interno

Ranurado: consiste en mecanizar unas ranuras cilíndricas de anchura y profundidad variable en las piezas que se tornean, las cuales tienen muchas utilidades diferentes. Por ejemplo, para alojar una junta tórica, para salida de rosca, para arandelas de presión, etc. En este caso la herramienta tiene ya conformado el ancho de la ranura y actuando con el carro transversal se le da la profundidad deseada. Los canales de las poleas son un ejemplo claro de ranuras torneadas.

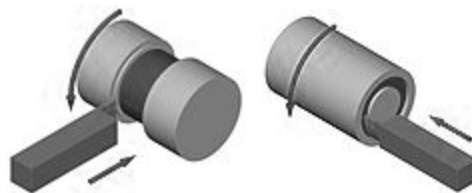


Fig. 14. Ranurado

Torneado de conos

Un cono o un tronco de cono de un cuerpo de generación viene definido por los siguientes conceptos:

- Diámetro mayor
- Diámetro menor
- Longitud
- Ángulo de inclinación
- Conicidad



Fig 15. Torneado cónico

Los diferentes tornos mecanizan los conos de formas diferentes.

- En los tornos CNC no hay ningún problema porque, programando adecuadamente sus dimensiones, los carros transversales y longitudinales se desplazan de forma coordinada dando lugar al cono deseado.
- En los tornos copiadores tampoco hay problema porque la plantilla de copiado permite que el palpador se desplace por la misma y los carros actúen de forma coordinada.
- Para mecanizar conos en los tornos paralelos convencionales se puede hacer de dos formas diferentes. Si la longitud del cono es pequeña, se mecaniza el cono con el charriot inclinado según el ángulo del cono. Si la longitud del cono es muy grande y el eje se mecaniza entre puntos, entonces se desplaza la distancia adecuada el contrapunto según las dimensiones del cono.

Torneado de piezas con forma: Es una operación que se realiza para darle una forma peculiar a una barra y se realiza con herramientas que tienen la forma deseada.



Fig. 16. Torneado de piezas con forma

Segado o tronzado: Se llama segado a la operación de torneado que se realiza cuando se trabaja con barra y al finalizar el mecanizado de la pieza correspondiente es necesario cortar la barra para separar la pieza de la misma. Para esta operación se utilizan herramientas muy estrechas con un saliente de acuerdo al diámetro que tenga la barra y permita con el carro transversal llegar al centro de la barra. Es una operación muy común en tornos revólver y automáticos alimentados con barra y fabricaciones en serie

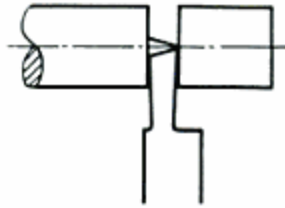


Fig. 17. Tronzado

Chaflanado: es una operación de torneado muy común que consiste en matar los cantos tanto exteriores como interiores para evitar cortes con los mismos y a su vez facilitar el trabajo y montaje posterior de las piezas. El chaflanado más común suele ser el de 1 mm por 45°. Este chaflán se hace atacando directamente los cantos con una herramienta adecuada.



Fig. 18. Chaflanado

Taladrado: Muchas piezas que son torneadas requieren ser taladradas con brocas en el centro de sus ejes de rotación. Para esta tarea se utilizan brocas normales, que se sujetan en el contrapunto en un portabrocas o directamente en el alojamiento del contrapunto si el diámetro es grande. Las condiciones tecnológicas del taladrado son las normales de acuerdo a las características del material y tipo de broca que se utilice. Mención aparte merecen los procesos de taladrado profundo donde el proceso ya es muy diferente sobre todo la constitución de la broca que se utiliza.



Fig. 19. Contrapunto para taladrados.

Moleteado: es un proceso de conformado en frío del material mediante unas moletas que presionan la pieza mientras da vueltas. Dicha deformación produce un incremento del diámetro de partida de la pieza. El moleteado se realiza en piezas que se tengan que manipular a mano, que generalmente vayan roscadas para evitar su resbalamiento que tendrían en caso de que tuviesen la superficie lisa.



Fig. 20 Tipos de Moleteados (Paralelo, en cruz y en X)

El moleteado se realiza en los tornos con unas herramientas que se llaman moletas, de diferente paso y dibujo.

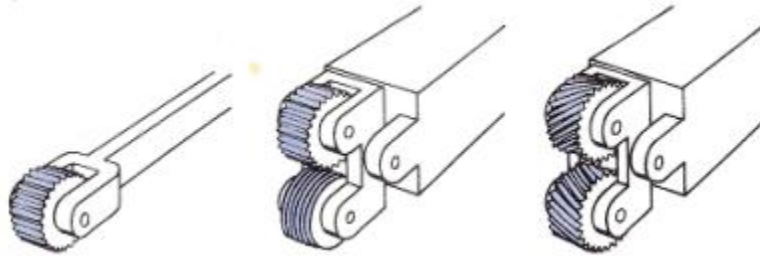


Fig. 21. Tipos de moletas

El moleteado por deformación se puede ejecutar de dos maneras:

- Radialmente, cuando la longitud moleteada en la pieza coincide con el espesor de la moleta a utilizar.
- Longitudinalmente, cuando la longitud excede al espesor de la moleta. Para este segundo caso la moleta siempre ha de estar biselada en sus extremos.

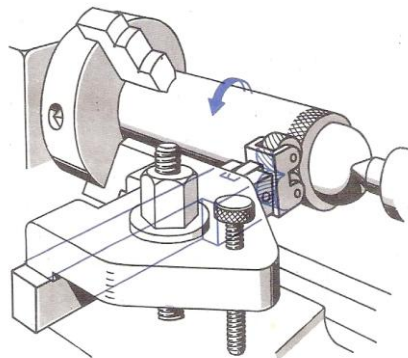


Fig. 22. Trabajo de Moleteado

Roscado en el torno: Hay dos sistemas de realizar roscados en los tornos, de un lado la tradicional que utilizan los tornos paralelos, mediante la Caja Norton, y de otra la que se realiza con los [tornos CNC](#), donde los datos de la roscas van totalmente programados y ya no hace falta la caja Norton para realizarlo.



Fig.23. Roscado en el Torno

Para efectuar un roscado con herramienta hay que tener en cuenta lo siguiente:

- Las roscas pueden ser exteriores (tornillos) o bien interiores (tuercas), debiendo ser sus magnitudes coherentes para que ambos elementos puedan enroscarse.
- Los elementos que figuran en la tabla son los que hay que tener en cuenta a la hora de realizar una rosca en un torno:

Para efectuar el roscado hay que realizar previamente las siguientes tareas:

- Torneear previamente al diámetro que tenga la rosca
- Preparar la herramienta de acuerdo con los ángulos del filete de la rosca.
- Establecer la profundidad de pasada que tenga que tener la rosca hasta conseguir el perfil adecuado.

Movimientos en el Torneado

- El movimiento de Avance combinado con el de corte, hace posible el desprendimiento de viruta continua. Generalmente es la herramienta la que ejecuta el movimiento de avance
- El movimiento de corte es circular, lo realiza la pieza alrededor de su propio eje moviéndose contra el filo de la herramienta. La velocidad a la que gira la pieza se conoce como velocidad de corte.
- Mediante el movimiento de penetración se sitúa la cuchilla del torno a la profundidad de corte necesaria

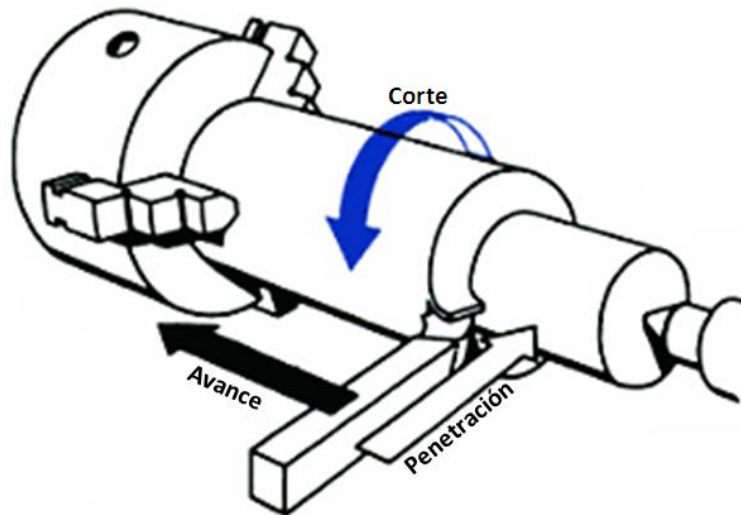


Fig. 24. Movimientos den el torneado

Herramientas de corte para Torno (Cuchillas)

Herramientas de corte: Por herramientas se entiende a aquel instrumento que por su forma especial y por su modo de empleo, modifica paulatinamente el aspecto de un cuerpo hasta conseguir el objeto deseado, empleando el mínimo de tiempo y gastando la mínima energía.

Cabe destacar que, Las herramientas monofilos son herramientas de corte que poseen una parte cortante (o elemento productor de viruta) y un cuerpo. Son usadas comúnmente en los tornos, tornos revólver, cepillos, limadoras, mandriladoras y máquinas semejantes.

Para el arranque de viruta se utilizan herramientas de corte, cuchillas y cinceles de torneear. La eficiencia de la herramienta depende del material de que están hechas y de la forma del filo. El material tiene que reunir las siguientes propiedades: dureza, tenacidad, dureza en caliente y resistencia al desgaste. En la figura 25 se aprecian varias

herramientas de corte, de izquierda a derecha están: herramienta de acero rápido, herramienta de acero rápido soldada a tope, plaquita de acero rápido superpuesta por soldadura y cuchilla de diamante con su porta herramienta.

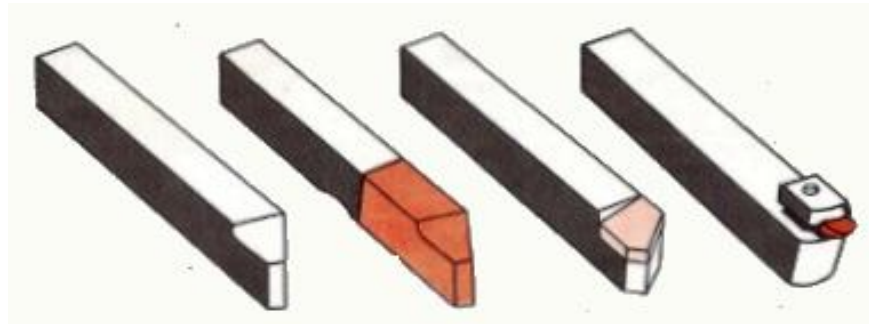


Fig. 25. Herramientas para tornear

Clasificación de las herramientas de corte

- Las herramientas de corte, según la dirección de los movimientos de avance se clasifican en cuchillas de mano izquierda y cuchillas de mano derecha. Ver figura 26
- Según la forma y situación de la cabeza respecto al cuerpo, las cuchillas se dividen en rectas, acodadas y alargadas.
- Por la clase de trabajo a ejecutar se distinguen las cuchillas para cilindrar, de tope, para refrentar, tronzar, acanalar, perfilar, roscar y mandrilar.
- Existen las cuchillas para desbastar (para el mecanizado previo) y las cuchillas para acabar (mecanizado definitivo)

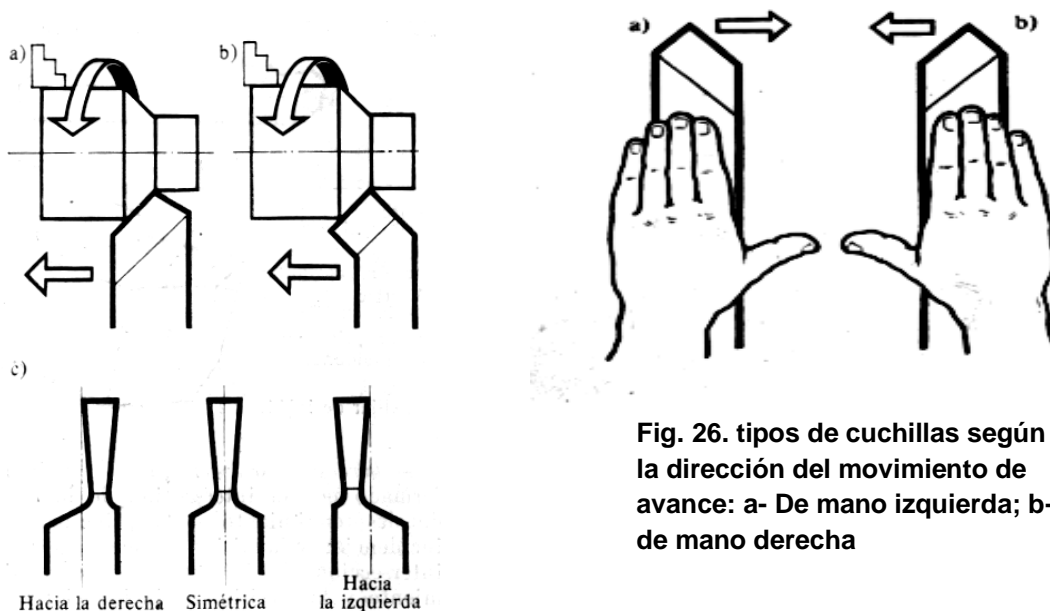


Fig. 26. tipos de cuchillas según la dirección del movimiento de avance: a- De mano izquierda; b- de mano derecha

Clasificación de las cuchillas según la clase de trabajo a ejecutar:

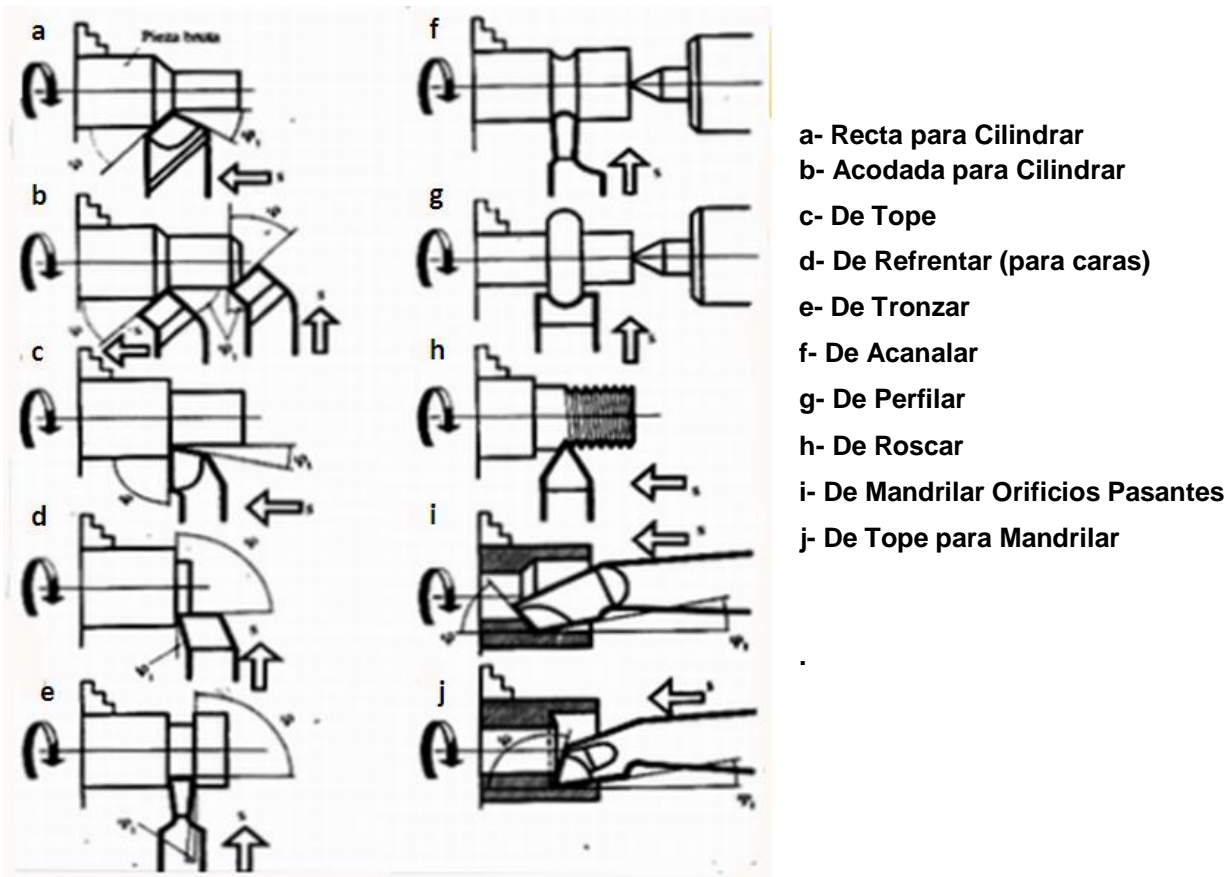


Fig. 27. Tipos de Cuchillas según el trabajo que realizan

Partes de las herramientas de corte

En las herramientas de corte se distinguen varias superficies y ángulos, que permiten y facilitan el corte. En la figura siguiente podemos observar las diferentes superficies de una herramienta:



Fig. 28. Superficies de una cuchilla

- a) Mango, b) Cabeza Cortante, c) Superficie de corte en la pieza, d) Superficie exterior de la pieza, e) Superficie de incidencia del corte principal, e') Superficie de incidencia del corte secundario, f) Superficie de ataque, g) Cuña del filo, h) filo principal, i) filo o corte secundario y k) Punta

Los ángulos de la herramienta existen en todas las cuchillas de torno, su magnitud correcta se rige sobretodo por el material que se va a trabajar. Ver figura 29

Angulo de filo o de cuña β : Un Angulo de filo, penetra más fácilmente el material, pero es más propenso a romperse rápidamente que un ángulo no tan filoso. Un material duro exige un angulo de filo mas obtuso que un material blando.

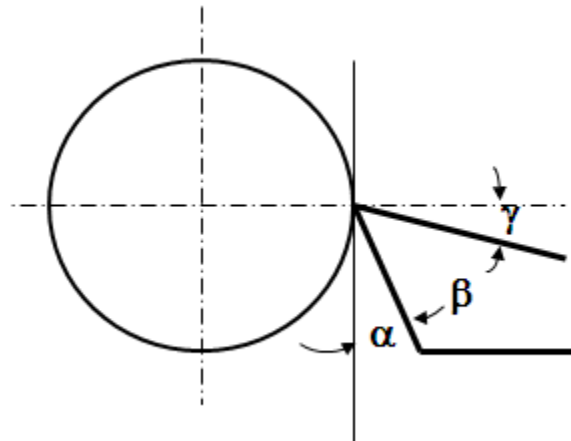


Fig. 29. Ángulos de una chuchilla

Angulo de Incidencia α : debe disminuir la fricción entre la superficies de incidencia y de corte

Angulo de ataque γ : este angulo cuando es grande facilita el arranque de viruta y la eliminación de la misma.

Los ángulos de incidencia, filo y de ataque sumados deben dar 90° , al afilar las cuchillas se debe comprobar estos angulos con una herramienta especial que permita la medida de los mismos. Ver figura 30.

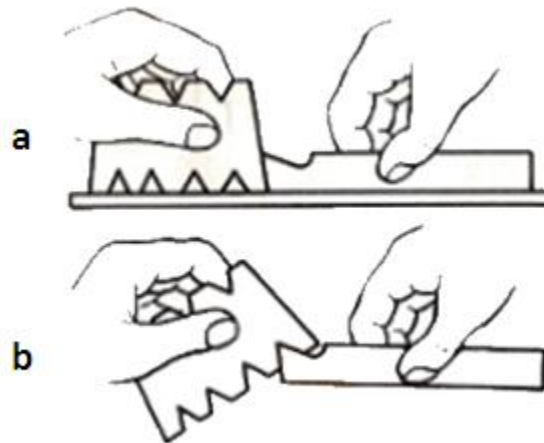


Fig. 30. Comprobación de los ángulos de una cuchilla por medio de una galga.
a) Comprobación del ángulo de incidencia; b) Comprobación del ángulo de filo

Tipos de materiales para herramientas de corte.

- **Aceros Rápidos (HS').** Se denomina acero rápido a la aleación hierro-carbono con un contenido de carbono de entre 0.7 y 0.9 % a la cual se le agrega un elevado porcentaje de tungsteno (13 a 19%), cromo (3.5 a 4.5 %), y de vanadio (0.8 a 3.2 %). Las herramientas construidas con estos aceros pueden trabajar con velocidades de

corte de 60 m/min. A 100 m/min. (Variando esto con respecto a la velocidad de avance y la profundidad de corte), sin perder el filo de corte hasta, la temperatura de 600° C y conservando una dureza Rockwell de 62 a 64.

- **Aceros Extra-Rápidos (HSS).** Estos aceros están caracterizados por una notable resistencia al desgaste" del filo de corte aún a temperaturas superiores a los 600° C por lo que las herramientas fabricadas con este material pueden emplearse cuando las velocidades de corte requeridas son mayores a las empleadas para trabajar con herramientas de acero rápido.
- **Carburos Metálicos o Metales Duros (HM).** También conocidos como METAL DURO (Hard Metal - HM), se desarrolló hacia 1920, con base en los carburos de tántalo (TaC), carburo de titanio (TiC) y carburo de wolframio (WC), los cuales eran unidos por medio del Co y el Ni, previamente molidos (polvos metalúrgicos), la cohesión se obtiene por el proceso de sinterizado o fritado (proceso de calentar y aplicar grandes presiones hasta el punto de fusión de los componentes, en hornos eléctricos).

Los metales duros, se pueden clasificar desde su composición química así:

- **Mono carburos:** Su composición es uno de los carburos descritos anteriormente, y su aglutinante es el Co. Ejemplo: WC, es carburo de wolframio (carburo de tungsteno, comercialmente).
- **Bicarburos:** En su composición entran sólo dos clases de granos de carburos diferentes, el Co es el aglomerante básico. Ejemplo: WC +TiC con liga de Co.
- **Tricarburos:** En su composición entran las tres clases de granos de carburos: W, Ti, y Ta. El Co, o el Ni son los aglomerantes. Ejemplo: WC +TiC + TaC; con liga de Co.
- **Stelitas.** Con base en el acero rápido, se experimento con mayores contenidos de Co y Cr, y pasando el Fe a ser impureza propia del proceso de producción y no admitir tratamiento térmico. Alcanza temperaturas límites de 800° C. y posee una dureza de 65-70 HRC.
- **Nitruro cúbico de boro (cbn).** También conocido como CBN, es después del diamante el más duro, posee además una elevada dureza en caliente hasta 2000° C, tiene también una excelente estabilidad química durante el mecanizado, es un material de corte relativamente frágil, pero es más tenaz que las cerámicas.
- **Cermet:** Cerámica y metal (partículas de cerámica en un aglomerante metálico).Se denominan así las herramientas de metal duro en las cuales las partículas duras son carburo de titanio (TiC) o carburo de nitruro de titanio (TiCN) o bien nitruro de titanio (TiN), en lugar del carburo de tungsteno (WC). En otras palabras los cermets son metales duros de origen en el titanio, en vez de carburo de tungsteno.
- **Cerámicas.** Las herramientas cerámicas fueron desarrolladas inicialmente con el óxido de aluminio (Al₂O₃), pero eran muy frágiles, hoy en día con el desarrollo de nuevos materiales industriales y los nuevos procedimientos de fabricación con máquinas automáticas, han ampliado su campo de acción en el mecanizado de fundición, aceros duros y aleaciones termo-resistentes, ya que las herramientas de cerámica son duras, con elevada dureza en caliente, no reaccionan con los materiales de las piezas de trabajo y pueden mecanizar a elevadas velocidades de corte.

Existen dos tipos básicos de herramientas de cerámica:

1. Basadas en el óxido de aluminio (Al₂O₃) y
2. Basadas en el nitruro de silicio (Si₃N₄).

- **Diamante Poli cristalino (PCD).** La tabla de durezas de Friedrich Mohs determina como el material más duro al diamante mono cristalino, a continuación se puede considerar al diamante poli cristalino sintético (PCD), su gran dureza se manifiesta en su elevada resistencia al desgaste por abrasión por lo que se le utiliza en la fabricación de muelas abrasivas.

Las pequeñas plaquitas de PCD, son soldadas a placas de metal duro con el fin de obtener fuerza y resistencia a los choques (ver figura 30) ,la vida útil del PCD puede llegar a ser 100 veces mayor que la del metal duro



Fig. 31. Plaquita de Diamante

Según las Normas ISO los aceros rápidos clasifican de la siguiente manera:

Norma. ISO	Descripción
401	Hta de cilindrar recta.
402	Hta de cilindrar acodada.
403	Hta de refrentar en ángulo.
404	Hta de ranurar.
406	Hta de refrentar de costado.
407	Hta de tronzar.
408	Hta de cilindrar interiormente.
409	Hta de refrentar en ángulo interior.
451	Hta de corte en punta.
452	Hta de filetear.
453	Hta de filetear interiormente.
454	Hta de cajear interiormente.

MATERIAL DE FABRICACIÓN

NOMBRE	TEMP	OBSERVACIONES
Acero al carbono	300° C	Prácticamente ya no se usa.
Acero alta velocidad	700° C	HSS-Acero rápido.
Stelita	900° C	Aleación. Prácticamente ya no se usa
Carburos Metálicos	1000° C	HM-Aglomerados y no aglomerados
Cermet	1300° C	Base de TiC, TiCN, TiN
Cerámicas	1500° C	Al ₂ O ₃ o Si ₃ N ₄
Cerámicas mezcladas	1500° C	Al ₂ O ₃ +ZrO ₃
CBN	2000° C	TiN/TaN/CBN(Nitruro cúbico de boro)
Diamante	800° C PCD	Polycrystalline Diamond

Sujeción de la herramienta de corte o cuchilla

En el arranque de viruta, la herramienta está sometida al esfuerzo de corte, la magnitud de este esfuerzo depende de la resistencia del material que se trabaje y de la sección de la viruta (Ver figura 32). Por ejemplo en el arranque de viruta de 1 mm de sección de un acero normal 1010, da lugar a una fuerza de corte de 160 Kgf. Con el objeto de que la herramienta no ceda, no se flexione bajo la acción del esfuerzo de corte, deberá estar sujeta de modo firme y seguro.

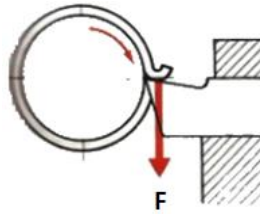


Fig. 32. Fuerza generada por el esfuerzo de Corte

Para sujetar las cuchillas se usan diferentes porta herramientas (ver figura 33). a) Porta herramienta para fuerzas de corte pequeñas, b) Porta herramienta con puente de sujeción, puede usarse en casos de cortes fuertes y c) porta herramienta cuádruple, facilita la sujeción de varias cuchillas y el funcionamiento del proceso de torneado.

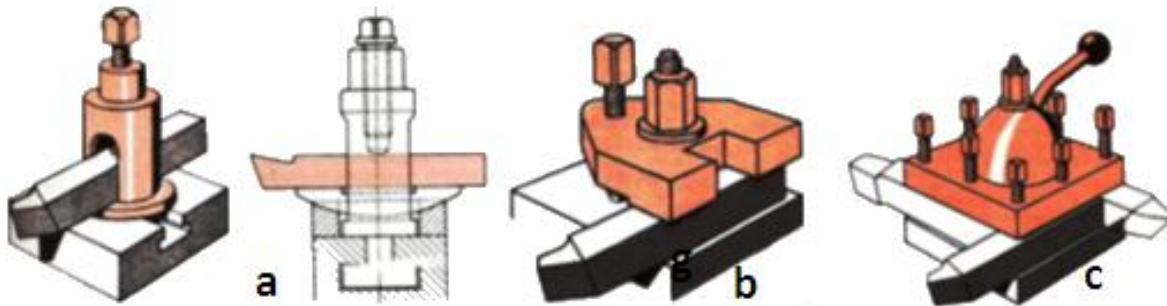


Fig. 33. Porta Herramientas

Avance, profundidad, clases y formas de viruta

Se entiende por Avance el recorrido en mm que realiza el útil en cada revolución de la pieza trabajada, la sección de viruta (A) se obtiene al multiplicar el Avance (S) por la profundidad de corte (a).

$$(A) = S(\text{mm}) \cdot a(\text{mm})$$

El torneado ha evolucionado tanto que ya no se trata tan solo de arrancar material a gran velocidad, sino que los parámetros que componen el proceso tienen que estar estrechamente controlados para asegurar los resultados finales de economía, calidad y precisión. En particular, la forma de tratar la viruta se ha convertido en un proceso complejo, donde intervienen todos los componentes tecnológicos del mecanizado, para que pueda tener el tamaño y la forma que no perturbe el proceso de trabajo. Si no fuera así se acumularían rápidamente masas de virutas largas y fibrosas en el área de mecanizado que formarían madejas enmarañadas e incontrolables.

La forma que toma la viruta se debe principalmente al material que se está cortando y puede ser tanto dúctil como quebradiza y frágil.

El avance con el que se trabaje y la profundidad de pasada suelen determinar en gran medida la forma de viruta. Cuando no bastan estas variables para controlar la forma de la viruta hay que recurrir a elegir una herramienta que lleve incorporado un rompe virutas eficaz.

Según las condiciones del maquinado y del material a trabajar resulta la viruta de varias formas.

La viruta de elementos (viruta de cortadura) se obtiene al trabajar metales duros y poco dúctiles (por ejemplo, acero duro) con bajas velocidades de corte.

La viruta escalonada se forma al trabajar aceros de la dureza media, aluminio y sus aleaciones con una velocidad media de corte: Esta representa una cinta con la superficie lisa por el lado de la cuchilla y dentada por la parte exterior.

La viruta fluida continua se obtiene al trabajar aceros blandos, cobre, plomo, estaño y algunos materiales plásticos con altas velocidades de corte.

La viruta fraccionada se forma al cortar materiales poco plásticos (hierro colado, bronce) y consta de trocitos separados

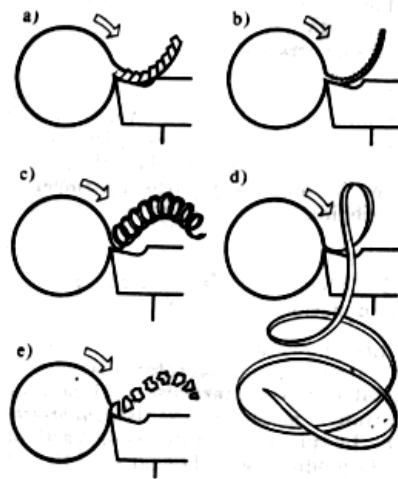


Fig. 34. Formas de virutas: a- De Elementos; b- Escalonada; c- Fluida Continua de Espiral; d- Fluida Continua de Cinta; e- Fraccionada

Parámetros de corte del torneado

Los parámetros de corte fundamentales que hay que considerar en el proceso de torneado son los siguientes:

- Elección del tipo de herramienta más adecuado
- Sistema de fijación de la pieza
- Velocidad de corte (V_c) expresada en metros/minuto
- Diámetro exterior del torneado
- Revoluciones por minuto (rpm) del cabezal del torno
- Avance en mm/rev, de la herramienta
- Avance en mm/mi de la herramienta
- Profundidad de pasada
- Esfuerzos de corte
- Tipo de torno y accesorios adecuados

VELOCIDAD DE CORTE: es la velocidad lineal de la periferia de la pieza que está en contacto con la herramienta. La velocidad de corte, que se expresa en metros por minuto (m/min), tiene que ser elegida antes de iniciar el mecanizado y su valor adecuado depende de muchos factores, especialmente de la calidad y tipo de herramienta que se utilice, de la profundidad de pasada, de la dureza y la maquinabilidad que tenga el material que se mecanice y de la velocidad de

avance empleada. Las limitaciones principales de la máquina son su gama de velocidades, la potencia de los motores y de la rigidez de la fijación de la pieza y de la herramienta.

A partir de la determinación de la velocidad de corte se puede determinar las revoluciones por minuto que tendrá el cabezal del torno, según la siguiente fórmula:

$$V_c \left(\frac{m}{min} \right) = \frac{n \text{ (min}^{-1}\text{)} \times \pi \times D_c \text{ (mm)}}{1000 \left(\frac{mm}{m} \right)}$$

Donde

- V_c es la velocidad de corte,
- n es la velocidad de rotación de la herramienta
- D_c es el diámetro de la pieza.

La velocidad de corte es el factor principal que determina la duración de la herramienta. Una alta velocidad de corte permite realizar el mecanizado en menos tiempo pero acelera el desgaste de la herramienta. Los fabricantes de herramientas y proutarios de mecanizado, ofrecen datos orientativos sobre la velocidad de corte adecuada de las herramientas para una duración determinada de la herramienta, por ejemplo, 15 minutos. En ocasiones, es deseable ajustar la velocidad de corte para una duración diferente de la herramienta, para lo cual, los valores de la velocidad de corte se multiplican por un factor de corrección. La relación entre este factor de corrección y la duración de la herramienta en operación de corte no es lineal

LA VELOCIDAD DE CORTE EXCESIVA PUEDE DAR LUGAR A:

- Desgaste muy rápido del filo de corte de la herramienta.
- Deformación plástica del filo de corte con pérdida de tolerancia del mecanizado.
- Calidad del mecanizado deficiente.

LA VELOCIDAD DE CORTE DEMASIADO BAJA PUEDE DAR LUGAR A:

- Formación de filo de aportación en la herramienta.
- Efecto negativo sobre la evacuación de viruta.
- Baja productividad.
- Coste elevado del mecanizado.

VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA PIEZA: La velocidad de rotación del cabezal del torno se expresa habitualmente en revoluciones por minuto (rpm). En los tornos convencionales hay una gama limitada de velocidades, que dependen de la velocidad de giro del motor principal y del número de velocidades de la caja de cambios de la máquina. En los tornos de control numérico, esta velocidad es controlada con un sistema de realimentación que habitualmente utiliza un variador de frecuencia y puede seleccionarse una velocidad cualquiera dentro de un rango de velocidades, hasta una velocidad máxima.

La velocidad de rotación de la herramienta es directamente proporcional a la velocidad de corte e inversamente proporcional al diámetro de la pieza.

$$n \text{ (min}^{-1}\text{)} = \frac{V_c \left(\frac{m}{min} \right) * 1000 \left(\frac{mm}{m} \right)}{\pi * D_c \text{ (mm)}}$$

Calculo de la velocidad de rotación por gráficos

El cálculo de la velocidad de rotación en el taller exige mucho tiempo, lo más corriente es leer el número de revoluciones en gráficos o diagramas, que están disponibles en los mismos tornos. Un ejemplo de ello lo vemos en la figura 35,

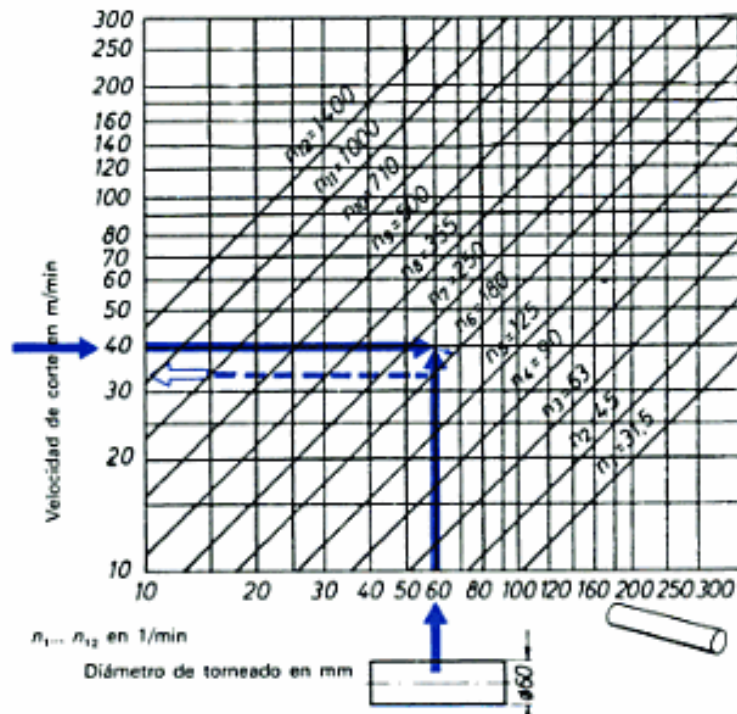


Fig.. 35. Gráfico para el cálculo de N° de revoluciones

VELOCIDAD DE AVANCE: El avance o velocidad de avance en el torneado es la velocidad relativa entre la pieza y la herramienta, es decir, la velocidad con la que progresa el corte. El avance de la herramienta de corte es un factor muy importante en el proceso de torneado.

Cada herramienta puede cortar adecuadamente en un rango de velocidades de avance por cada revolución de la pieza, denominado avance por revolución (f_z). Este rango depende fundamentalmente del diámetro de la pieza, de la profundidad de pasada, y de la calidad de la herramienta. Este rango de velocidades se determina experimentalmente y se encuentra en los catálogos de los fabricantes de herramientas. Además esta velocidad está limitada por las rigideces de las sujeciones de la pieza y de la herramienta y por la potencia del motor de avance de la máquina. El grosor máximo de viruta en mm es el indicador de limitación más importante para una herramienta.

La velocidad de avance es el producto del avance por revolución por la velocidad de rotación de la pieza.

$$F \text{ (mm/minuto)} = N \text{ (rpm)} \times F \text{ (mm/revolución)}$$

Al igual que con la velocidad de rotación de la herramienta, en los tornos convencionales la velocidad de avance se selecciona de una gama de velocidades disponibles, mientras que los tornos de control numérico pueden trabajar con cualquier velocidad de avance hasta la máxima velocidad de avance de la máquina.

EFFECTOS DE LA VELOCIDAD DE AVANCE

- Decisiva para la formación de viruta
- Afecta al consumo de potencia
- Contribuye a la tensión mecánica y térmica

LA ELEVADA VELOCIDAD DE AVANCE DA LUGAR A:

- Buen control de viruta
- Menor tiempo de corte
- Menor desgaste de la herramienta
- Riesgo más alto de rotura de la herramienta
- Elevada rugosidad superficial del mecanizado.

LA VELOCIDAD DE AVANCE BAJA DA LUGAR A:

- Viruta más larga
- Mejora de la calidad del mecanizado
- Desgaste acelerado de la herramienta
- Mayor duración del tiempo de mecanizado
- Mayor coste del mecanizado

TIEMPO DE TORNEADO: Es el tiempo que tarda la herramienta en efectuar una pasada.

$$T \text{ (minutos)} = \frac{\text{Longitud de pasada (mm)}}{F \text{ (mm/minuto)}}$$

FUERZA ESPECÍFICA DE CORTE: La fuerza de corte es un parámetro necesario para poder calcular la potencia necesaria para efectuar un determinado mecanizado. Este parámetro está en función del avance de la herramienta, de la profundidad de pasada, de la velocidad de corte, de la maquinabilidad del material, de la dureza del material, de las características de la herramienta y del espesor medio de la viruta. Todos estos factores se engloban en un coeficiente denominado K_x . La fuerza específica de corte se expresa en N/mm^2 .

POTENCIA DE CORTE: La potencia de corte P_c necesaria para efectuar un determinado mecanizado se calcula a partir del valor del volumen de arranque de viruta, la fuerza específica de corte y del rendimiento que tenga la máquina. Se expresa en kilovatios (kW).

Esta fuerza específica de corte F_c , es una constante que se determina por el tipo de material que se está mecanizando, geometría de la herramienta, espesor de viruta, etc.

Para poder obtener el valor de potencia correcto, el valor obtenido tiene que dividirse por un determinado valor (ρ) que tiene en cuenta la eficiencia de la máquina. Este valor es el porcentaje de la potencia del motor que está disponible en la herramienta puesta en el husillo.

$$P_c = \frac{A_c * p * f * F_c}{60 * 10^6 * \rho}$$

Dónde:

- P_c es la potencia de corte (kW)
- A_c es el diámetro de la pieza (mm)

- f es la velocidad de avance (mm/min)
- F_c es la fuerza específica de corte (N/mm^2)
- ρ es el rendimiento o la eficiencia de la máquina

FACTORES QUE INFLUYEN EN LAS CONDICIONES DEL TORNEADO

- **Diseño y limitaciones de la pieza:** tamaño, tolerancias del torneado, tendencia a vibraciones, sistemas de sujeción, acabado superficial, etc.
- **Operaciones de torneado a realizar:** cilindrados exteriores o interiores, refrentados, ranurados, desbaste, acabados, optimización para realizar varias operaciones de forma simultánea, etc.
- **Estabilidad y condiciones de mecanizado:** cortes intermitentes, voladizo de la pieza, forma y estado de la pieza, estado, potencia y accionamiento de la máquina, etc.
- **Disponibilidad y selección del tipo de torno:** posibilidad de automatizar el mecanizado, poder realizar varias operaciones de forma simultánea, serie de piezas a mecanizar, calidad y cantidad del refrigerante, etc.
- **Material de la pieza:** dureza, estado, resistencia, maquinabilidad, barra, fundición, forja, mecanizado en seco o con refrigerante, etc.
- **Disponibilidad de herramientas:** calidad de las herramientas, sistema de sujeción de la herramienta, acceso al distribuidor de herramientas, servicio técnico de herramientas, asesoramiento técnico.
- **Aspectos económicos del mecanizado:** optimización del mecanizado, duración de la herramienta, precio de la herramienta, precio del tiempo de mecanizado.

Bibliografía:

- 1) Wikipedia. Torno: <http://es.wikipedia.org/wiki/Torno>
- 2) **Alrededor de las Maquinas Herramientas.** Gerling. Editorial Reverté, S.A .1975
- 3) **Modern Machine Tools, D. van nostrand company, inc,** primera edición en ingles 1963, compañía continental, S.A
- 4) www.monografias.com. **Tornos a partir de 1950.** Walter Limón Gonzalez