

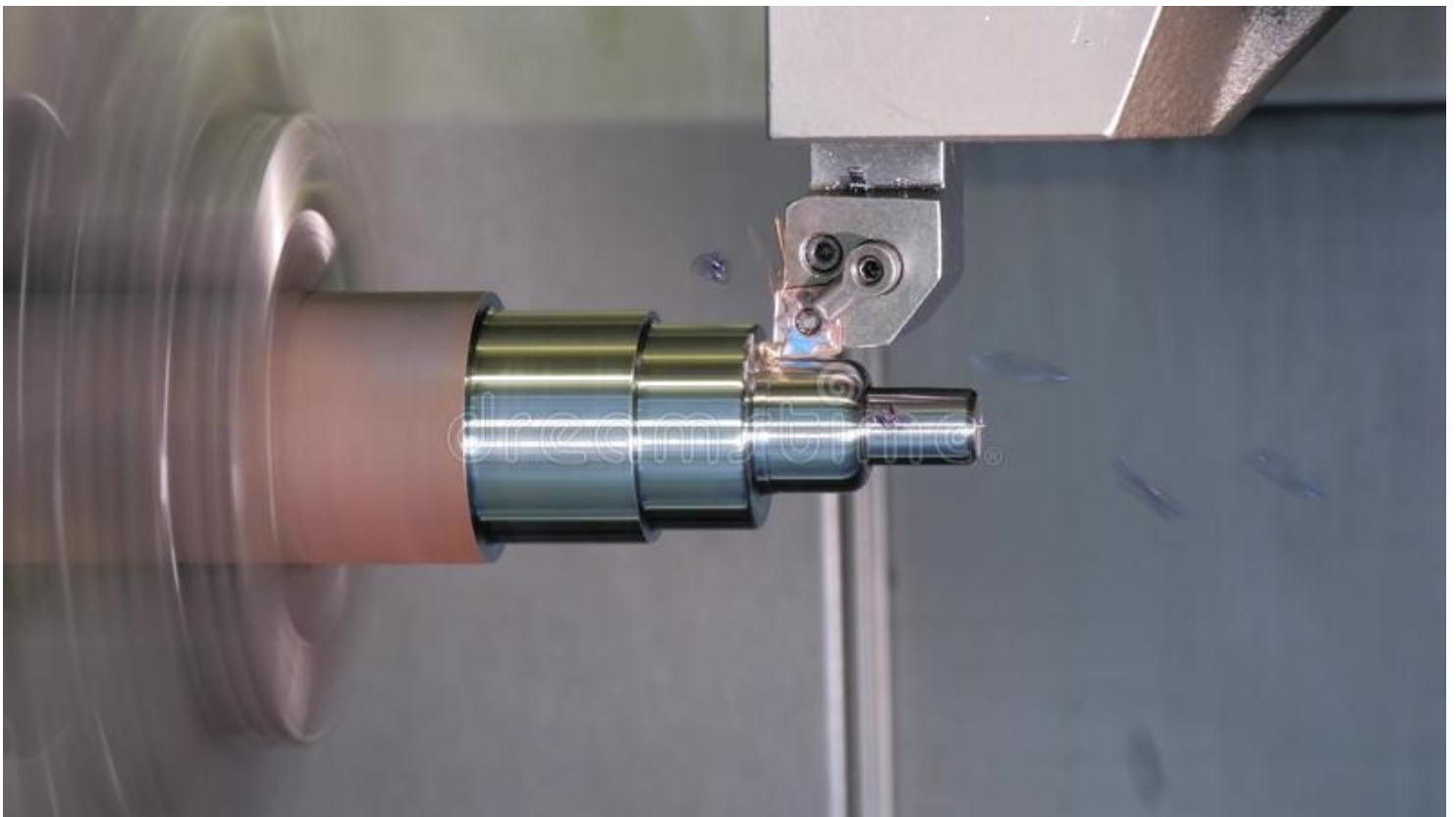
Herramientas de corte para Torno

(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 cinces de tornear. 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.

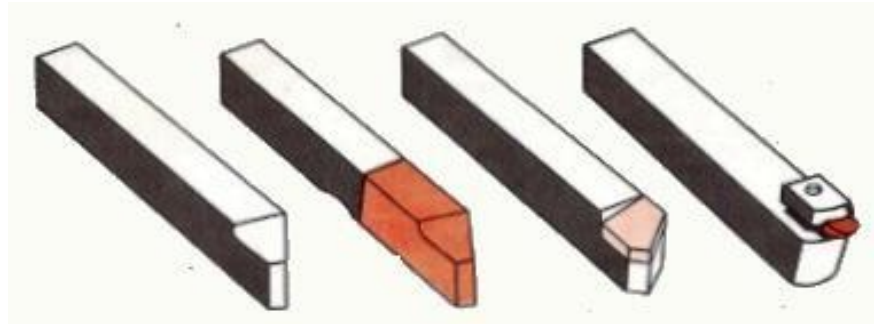


Fig. 25. Herramientas para torneear

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)

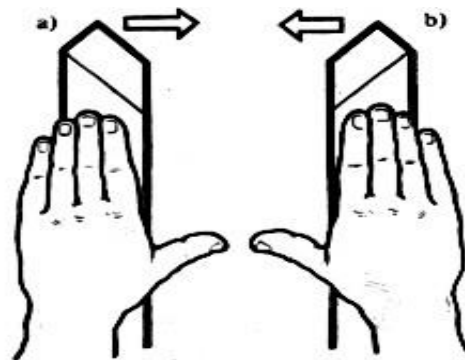
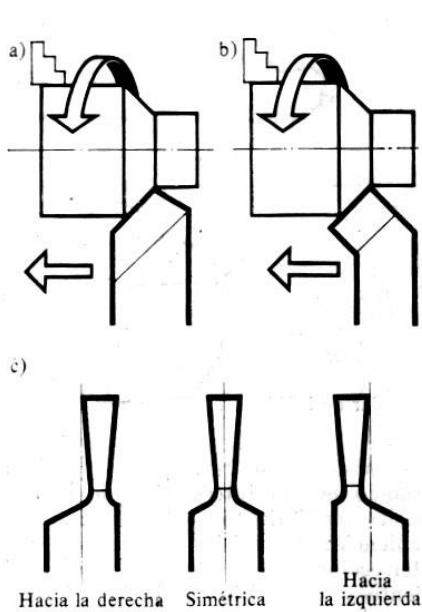


Fig. 26. tipos de cuchillas según la dirección del movimiento de avance: a- De mano izquierda; b- de mano derecha

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

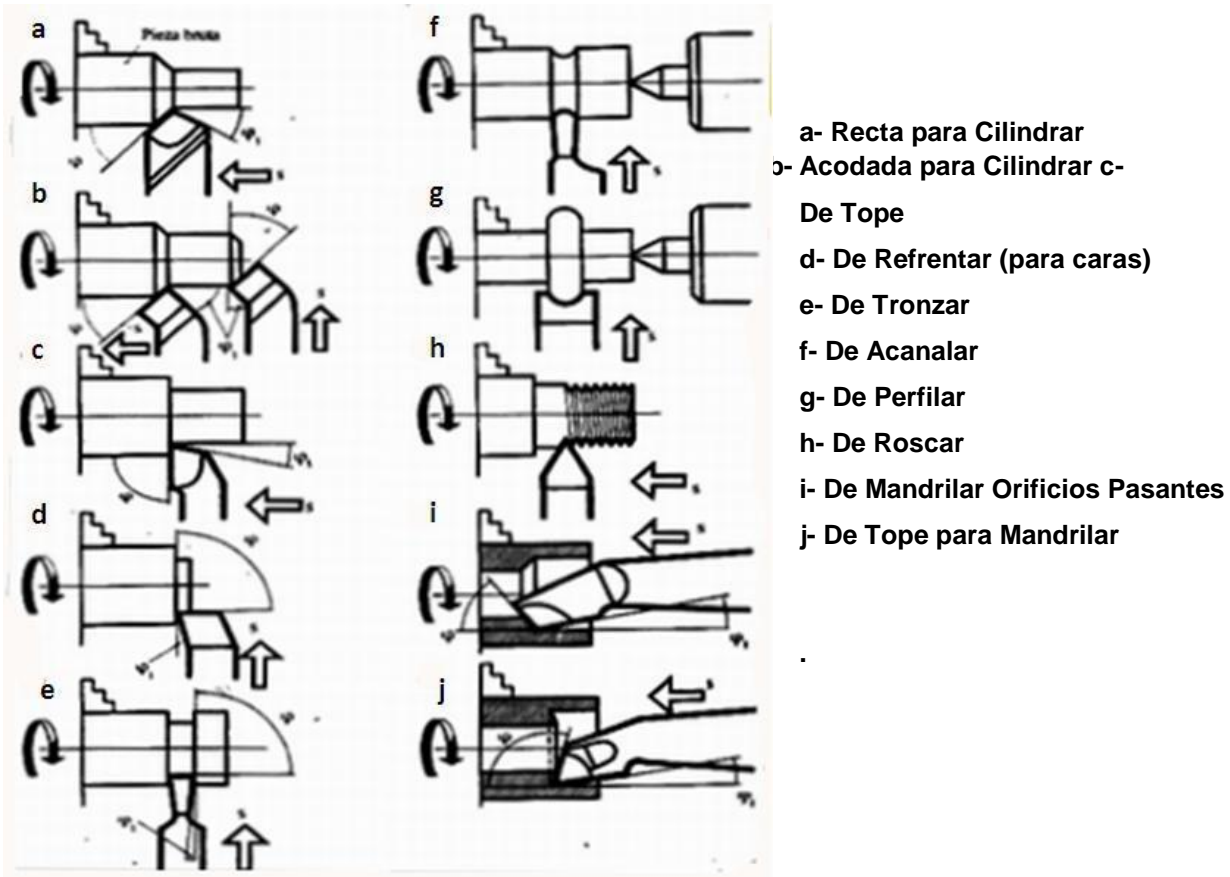


Fig. 27. Tipos de Cuchillas según el trabajo que realizan

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.

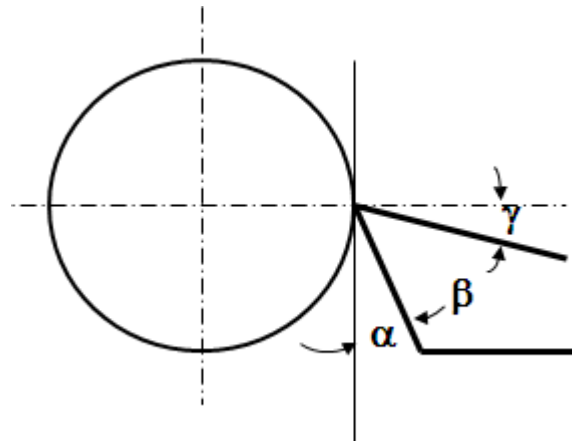


Fig. 29. Ángulos de una chuchilla

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.

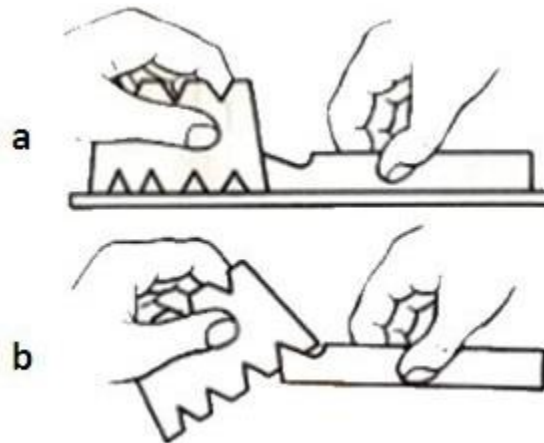


Fig. 30. Comprobación de los ángulos de una cuchilla por medio de una galga.
a) Comprobación del ángulo de incidencia; b) Comprobación del ángulo de filo

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.

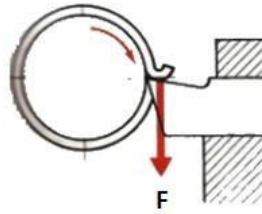


Fig. 32. Fuerza generada por el esfuerzo de Corte

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 se 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.

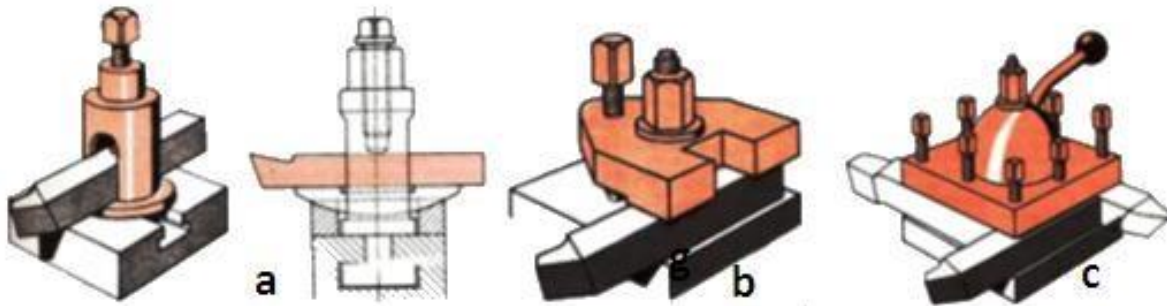


Fig. 33. Porta Herramientas

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).

$$(A) = S(mm) \cdot a(mm)$$

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

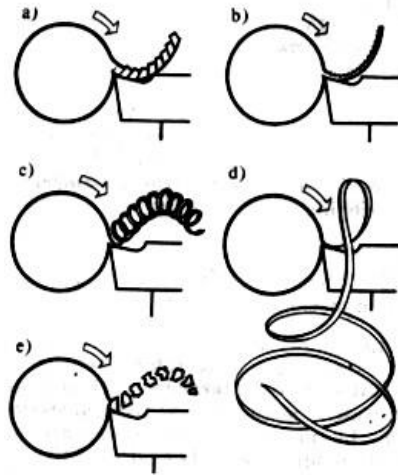


Fig. 34. Formas de virutas: a- De Elementos; b- Escalonada; c- Fluida Continua de Espiral; d- Fluida Continua de Cinta; e- Fraccionada

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,

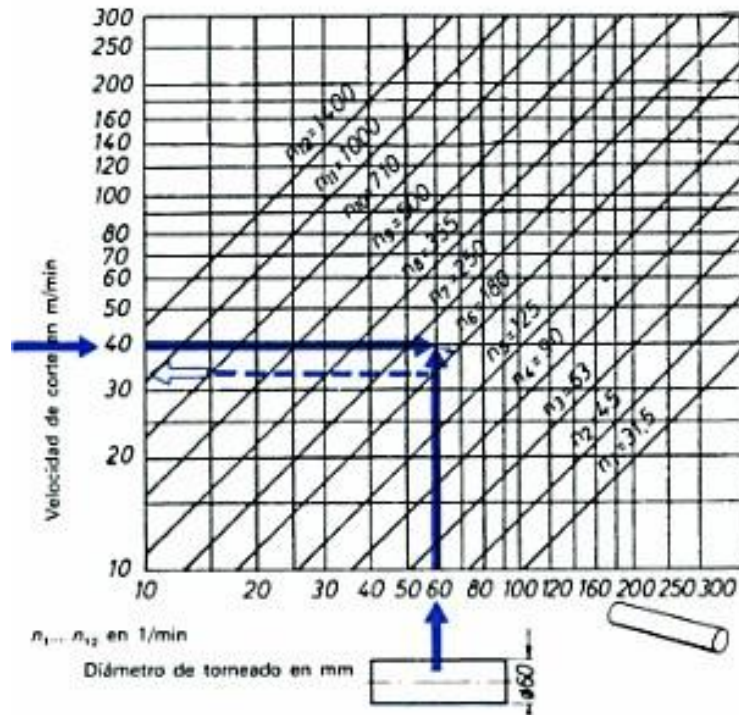


Fig.. 35. Gráfico para el cálculo de N° de revoluciones

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
- 5) Ing. Guillermo Bavaresco