



Tema IV: Conformación por Desprendimiento de Material



Escuela Politécnica Superior: Tecnología
Mecánica

Índice

Tecnología de Mecanizado

Introducción

Fundamentos del Arranque de Viruta

Corte Ortogonal

Magnitudes en el Corte Ortogonal

Rozamiento y Temperatura en el Corte

Temperatura en el Corte

Herramientas para Mecanizado

Materiales para Herramientas

Duración de las Herramientas

Economía del Mecanizado

Tiempos de Mecanizado y Potencia de Corte

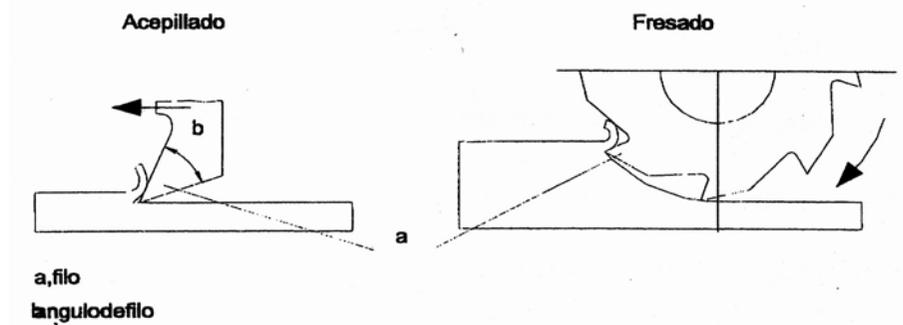
Costes de Mecanizado

Bibliografía: "Fundamentals of Machining and Machine Tools".
Boothroyd & Knight. Marcel Dekker, inc (New York).

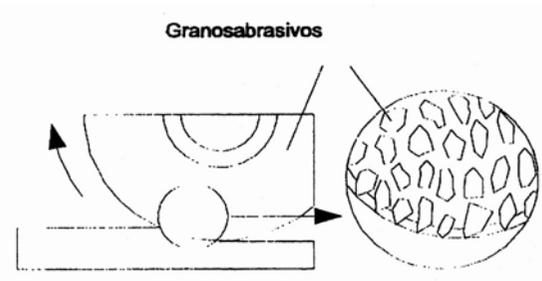
Introducción

En la fabricación por mecanizado o arranque de virutas se obtienen las dimensiones y la naturaleza superficial deseadas en las piezas separando las partes del material por medios mecánicos y con herramientas de filo. Según sea el filo los procesos se clasifican en:

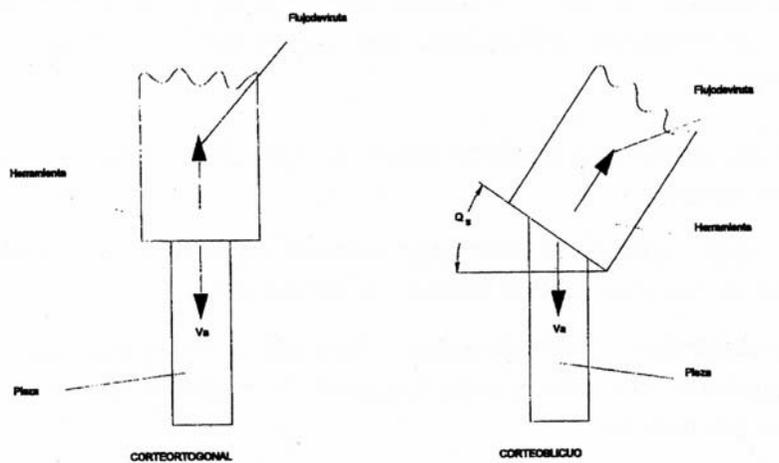
- Procesos de arranque con filos geoméricamente determinados.



- Procesos de arranque con filos no determinados.

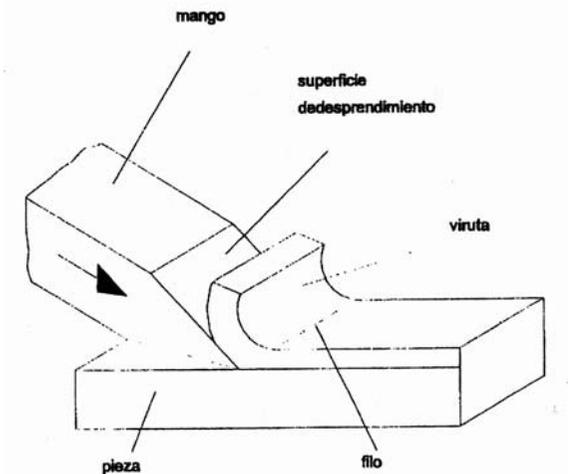


Corte Ortogonal



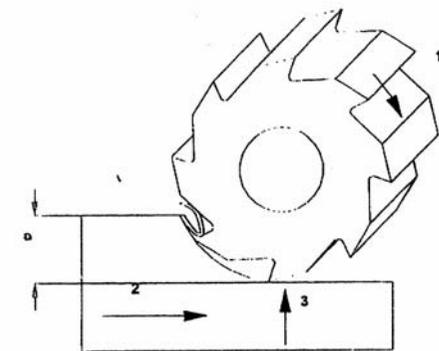
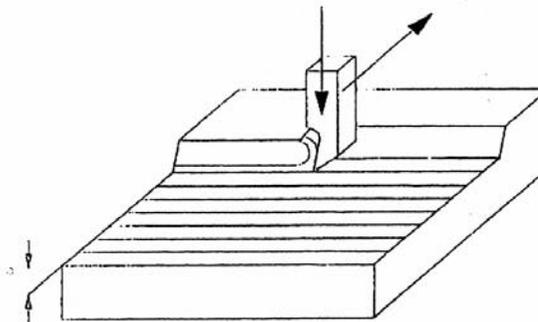
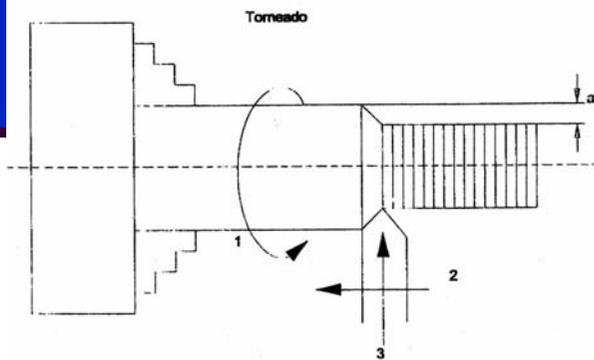
El mecanizado (arranque de viruta) puede realizarse de forma manual o con máquinas. La herramienta elemental para el arranque de viruta es el buril.

El caso más sencillo de corte es el ortogonal. El filo de la herramienta es perpendicular al desplazamiento relativo herramienta-pieza.



Movimientos en el Arranque de Viruta

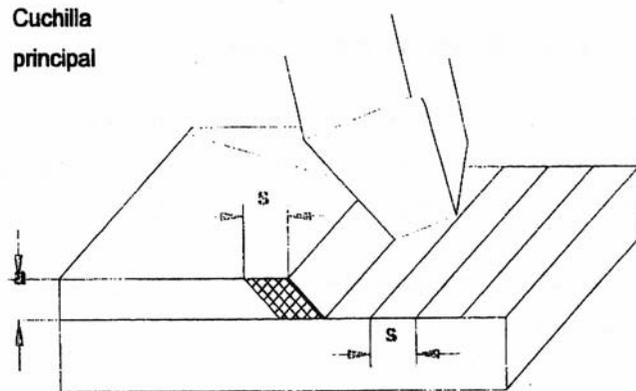
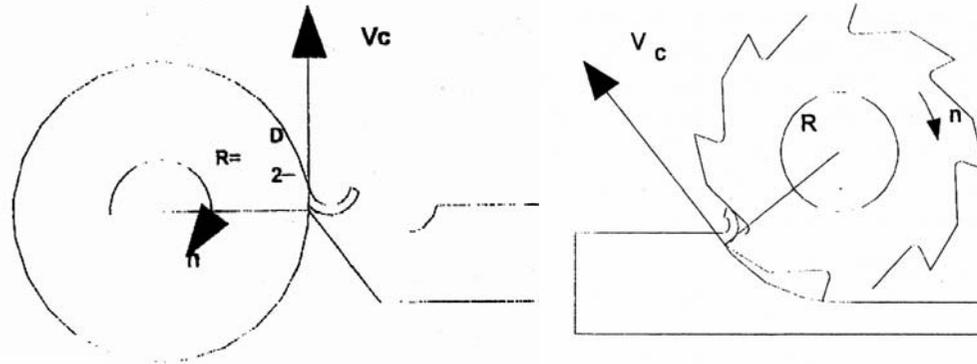
- 1) Movimiento de corte. Movimiento que sólo arranca viruta durante una revolución o carrera.
- 2) Movimiento de avance. Combinado con el de corte posibilita el corte continuo.
- 3) Movimiento de penetración. Determina la profundidad del corte y el espesor de la viruta.
- 4) Movimiento de aproximación. Engloba los movimientos que la herramienta hace antes de entrar en contacto con la pieza y comenzar a mecanizar.



Velocidades de Corte y Avance

Es la velocidad lineal relativa de la herramienta respecto de la pieza en el sentido de corte. Se mide normalmente en m/min.

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$



El avance es el camino recorrido por la herramienta en cada revolución.

$$v_a = a \cdot n$$

Magnitudes de Viruta

En el corte de metales tienen importancia la relación entre el espesor de viruta sin deformar, t_c , y el espesor de viruta deformada, t_o .

β es el ángulo medio de fricción entre la viruta y la herramienta.

$$\beta = \arctan \frac{F_f}{F_n}$$

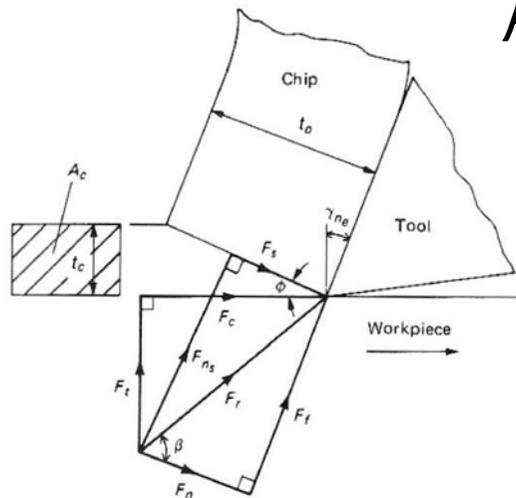
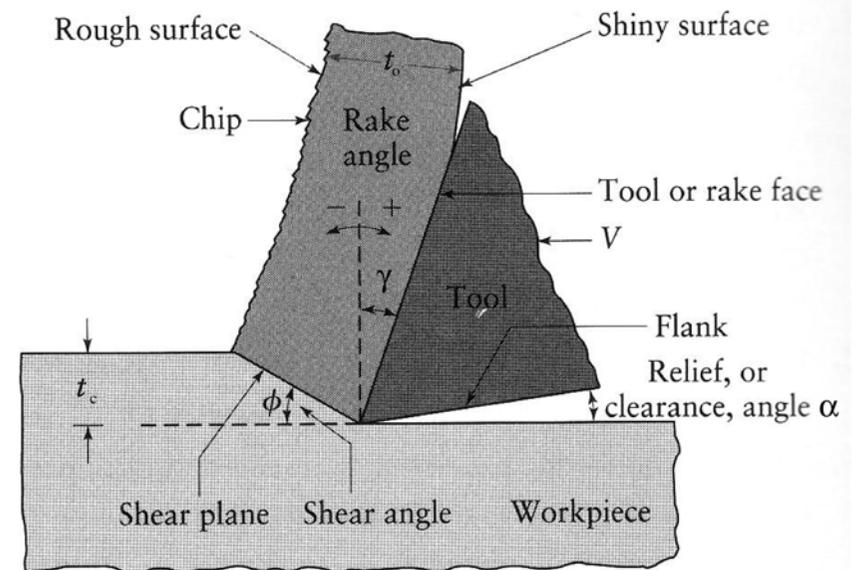
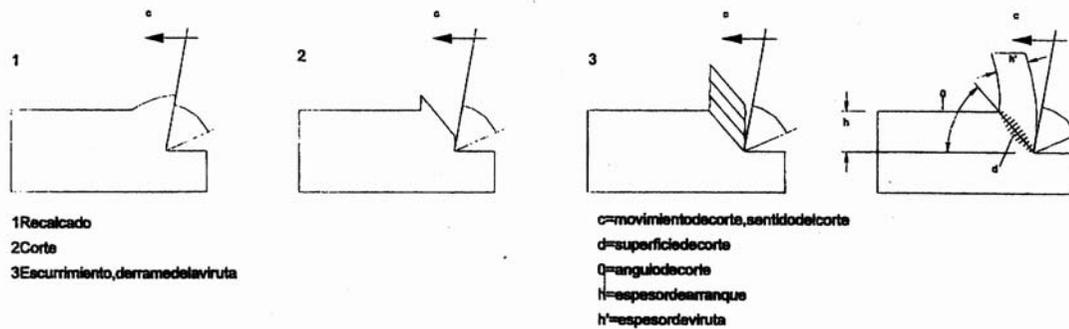


Figure 2.14 Force diagram for orthogonal cutting, where F_r = resultant tool force, F_c = cutting force, F_t = thrust force, F_s = shear force on shear plane, F_{ns} = normal force on shear plane, F_f = frictional force on tool face, F_n = normal force on tool face, ϕ = shear angle, γ_{ns} = working normal rake, β = mean friction angle on tool face, A_c = cross-sectional area of uncut chip, a_0 = undeformed chip thickness, and a_0 = chip thickness.



Proceso de Formación de la Viruta

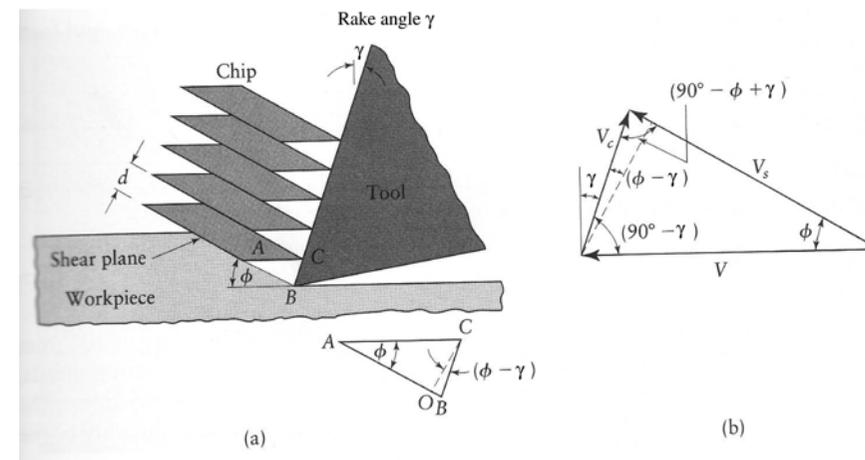


La viruta se forma como combinación de los siguientes procesos:

- Recalcado.
- Corte.
- Salida de la viruta.

La tensión se produce en el plano de cortadura. La viruta se desplaza como un mazo de cartas. La relación de corte se puede escribir como:

$$r = \frac{t_c}{t_o} = \frac{\sin \phi}{\cos(\phi - \gamma)}$$



Espesor de la Viruta

- Para poder determinar las fuerzas en el corte, es preciso conocer la geometría del mismo y, por tanto, el espesor de la viruta.
- El espesor de la viruta depende del valor del ángulo de cizalladura, ϕ . Existen distintas teorías para determinar el valor de este ángulo.

Espesor de la Viruta

- Teoría de Ernst y Merchant: Supone que el ángulo del plano de cizalladura es tal que hace mínima la fuerza de corte. Su valor sería tal que:

$$2\phi + \beta - \gamma = \frac{\pi}{2}$$

- Teoría de Lee y Shaffer: Supone que el material se comporta como rígido plástico

$$\phi + \beta - \gamma = \frac{\pi}{4}$$

- Evidencia experimental

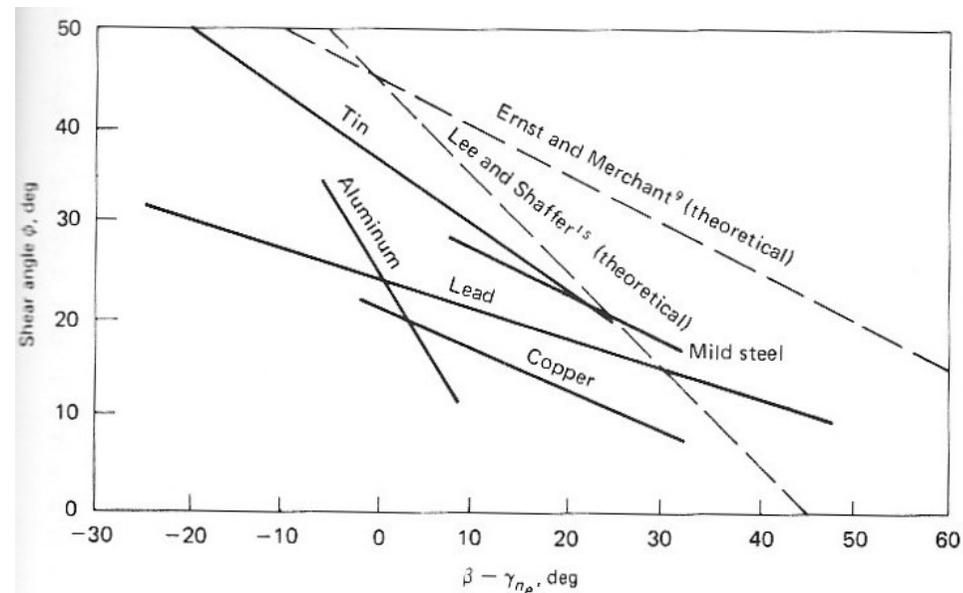
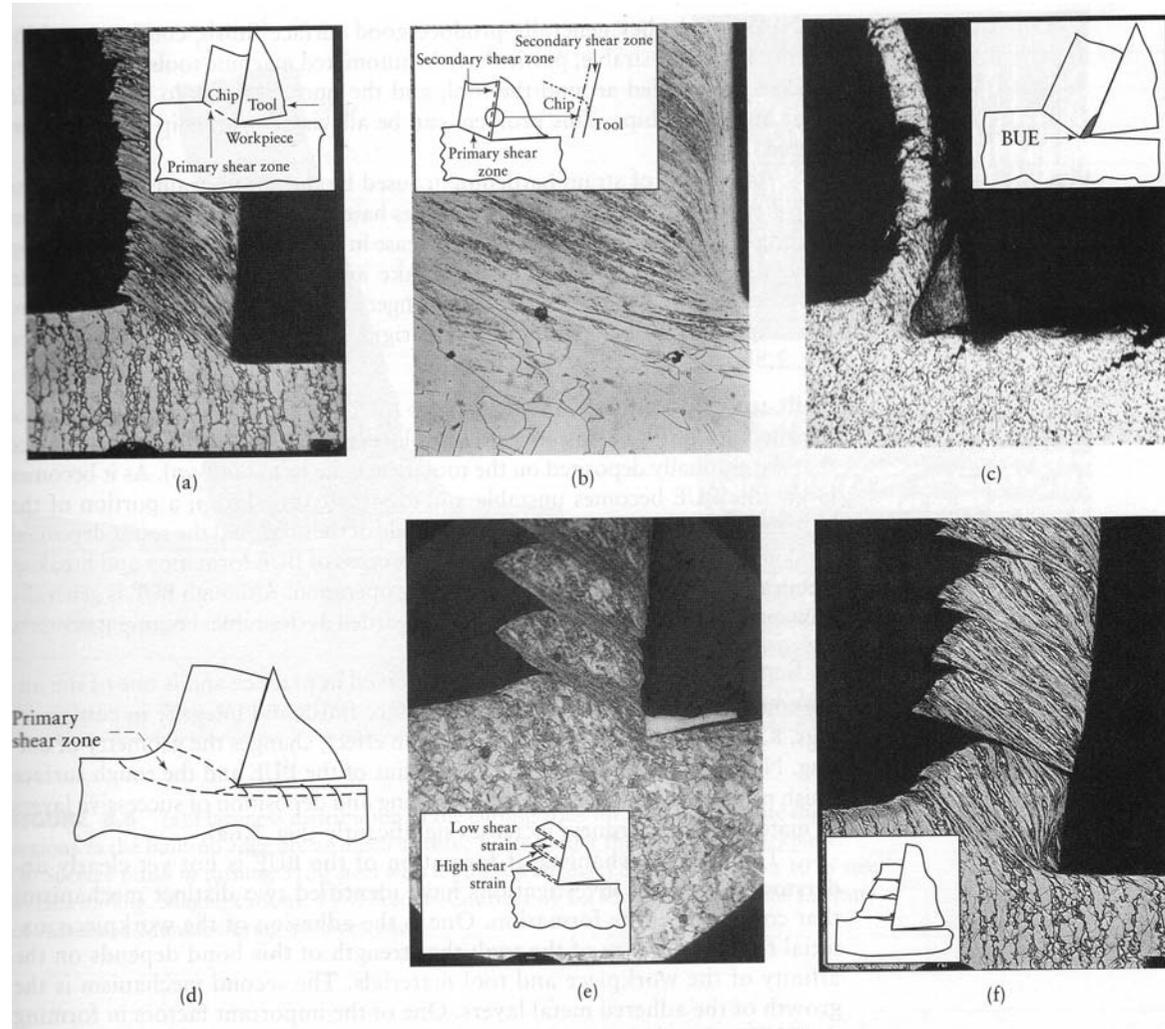


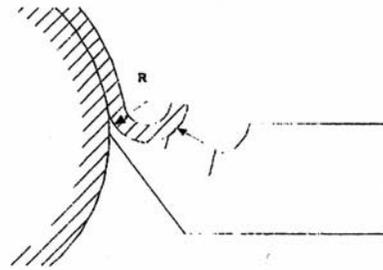
Figure 2.18 Comparison of theoretical and experimental shear-angle relationships for orthogonal metal cutting, where ϕ = shear angle, β = mean friction angle on tool face, and γ_{n_e} = working normal rake. [After Pugh [19].]

Tipos de Viruta

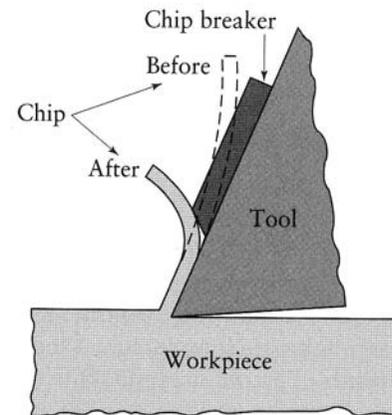
- a) Viruta continua con una zona primaria de cortadura estrecha.
- b) Zona secundaria de cortadura en el contacto con la herramienta.
- c) Viruta continua con filo recrecido.
- d) Viruta continua con gran zona primaria de cortadura.
- e) Viruta segmentada o no homogénea.
- f) Viruta discontinua.



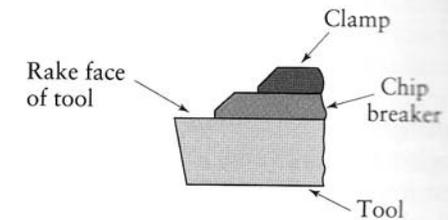
Rompevirutas



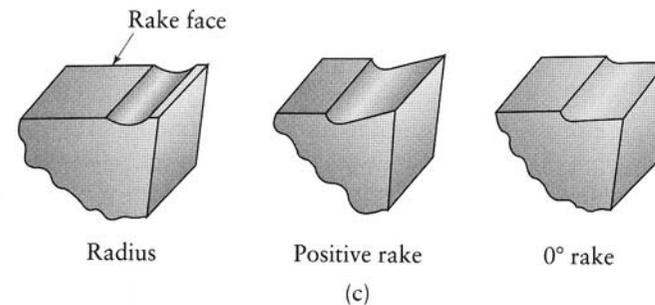
La viruta continua tiene el inconveniente de que se puede enredar con la herramienta. Por esto, es conveniente romperla. Esa es la misión del rompevirutas. Pueden ser postizos o ir incorporados en la geometría del filo.



(a)

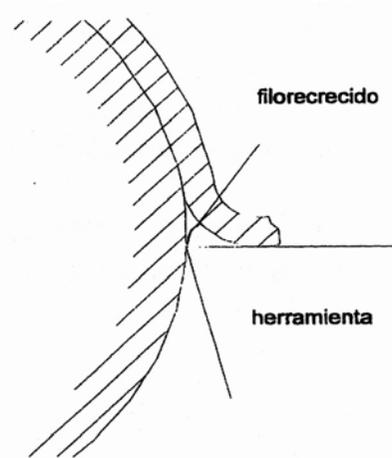


(b)



Filo Recrecido (BUE)

Es la deposición de capas de material sobre el filo de la herramienta.
Aparece con materiales dúctiles y bajas velocidades.
Una vez formado, suele desprenderse y se adhiere a la pieza o provoca la rotura de la herramienta.



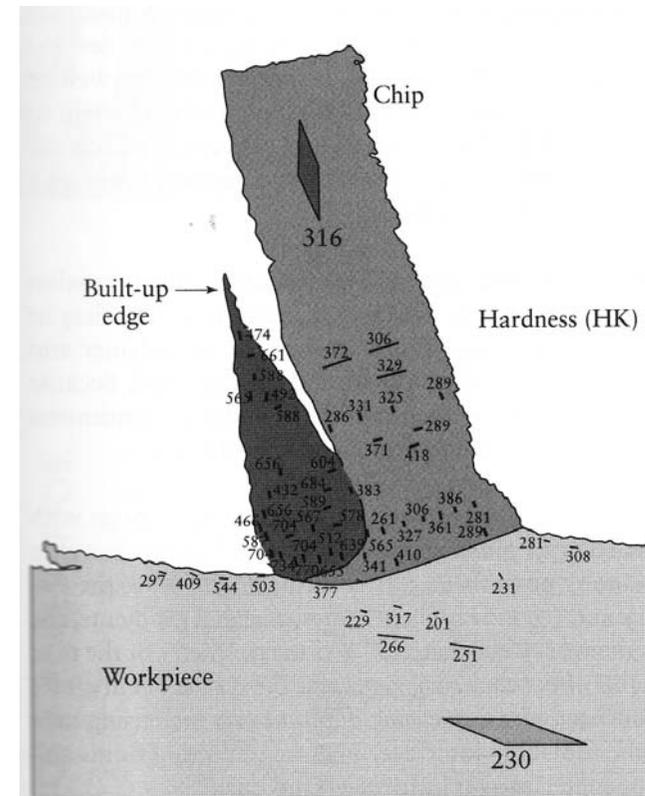
Soluciones:

Aumentar la velocidad de corte.

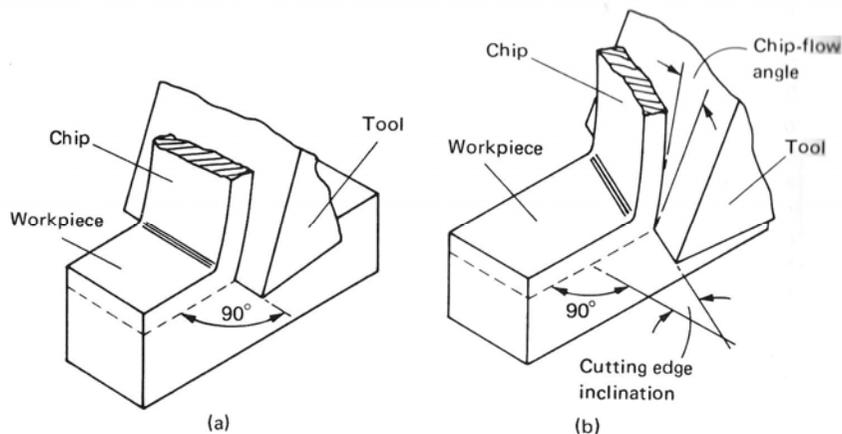
Lubricar adecuadamente.

Utilizar materiales adecuados.

Modificar la geometría de la herramienta, aumentando el ángulo de desprendimiento.

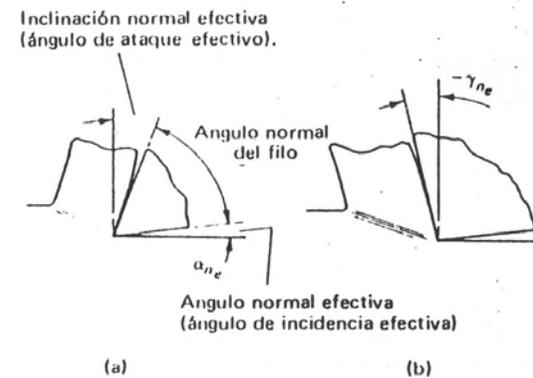
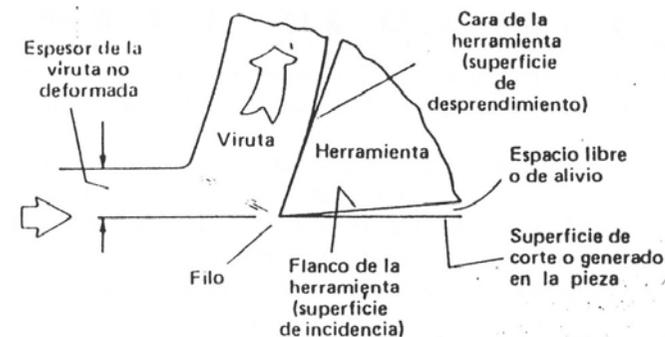


Magnitudes en el Corte Ortogonal



- Ángulo de incidencia, α_n .
- Ángulo de filo o de herramienta, β_n .
- Ángulo de desprendimiento, γ_n .

- Filo o arista cortante.
- Superficie de ataque o desprendimiento.
- Superficie de incidencia.



Fuerzas en el Corte

- Fuerza de corte, F_c .
- Fuerza de empuje, F_t .

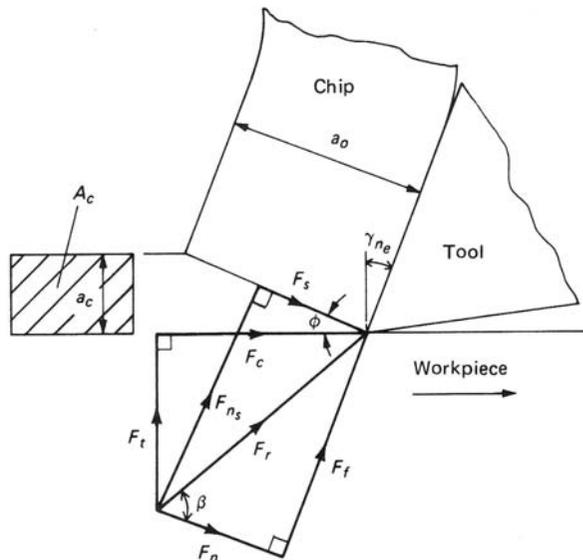
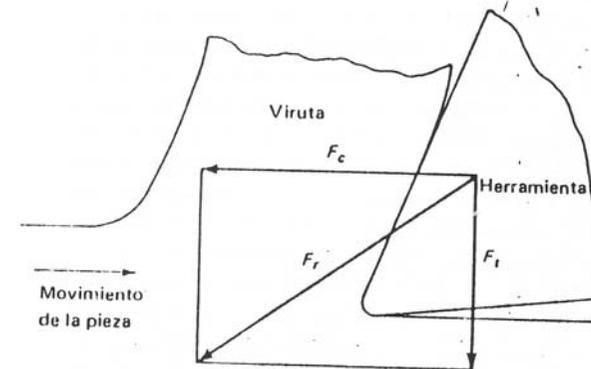


Figure 2.14 Force diagram for orthogonal cutting, where F_r = resultant tool force, F_c = cutting force, F_t = thrust force, F_s = shear force on shear plane, F_{ns} = normal force on shear plane, F_f = frictional force on tool face, F_n = normal force on tool face, ϕ = shear angle, γ_{ne} = working normal rake, β = mean friction angle on tool face, A_c = cross-sectional area of uncut chip, a_c = undeformed chip thickness, and a_0 = chip thickness.



Energía consumida en el mecanizado

$$P_m = F_c \cdot v$$

Energía específica de corte (energía consumida por unidad de volumen removido)

$$P_s = P_m / Z_w = F_c / A_c$$

Sistema de referencia de la Herramienta

⇒ Plano de referencia:

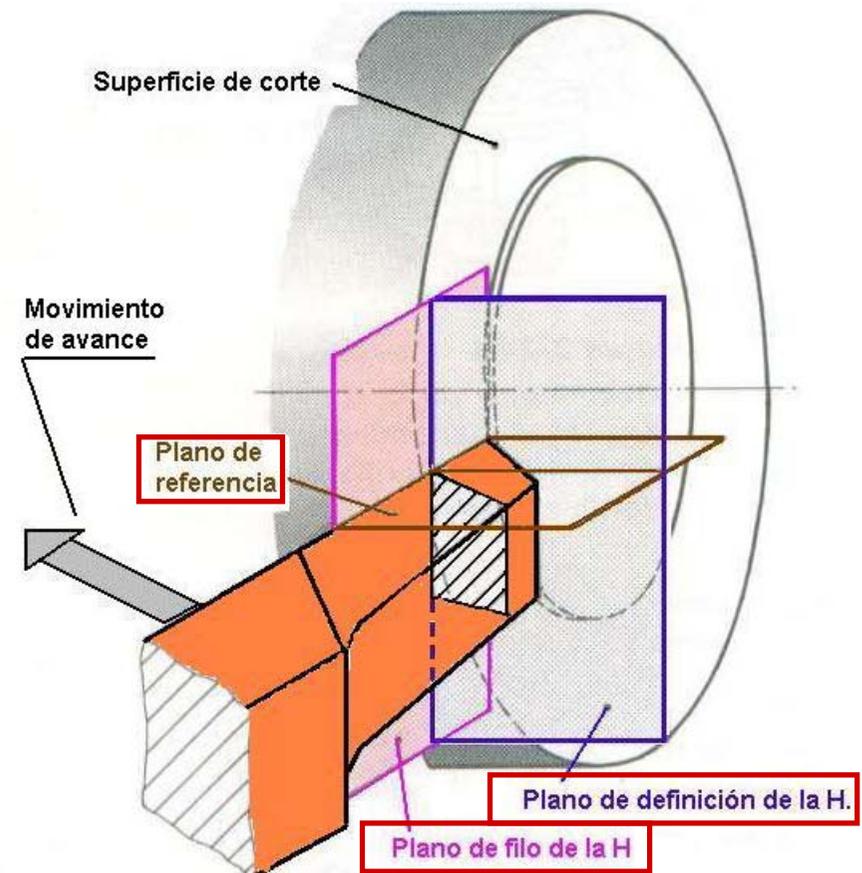
Paralelo a la base de la H (al suelo) y que pasa por la punta de la H.

⇒ Plano de filo:

Tangente al filo de la H y perpendicular al plano de referencia.

⇒ Plano de definición:

Perpendicular al plano de filo. En él se definen los ángulos principales.



Ángulos principales de la Herramienta

Ángulos α , β y γ , ya vistos

Ángulo de inclinación del filo

➤ Formado por:

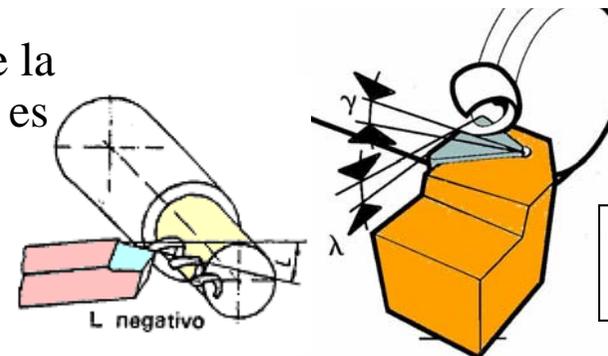
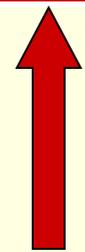
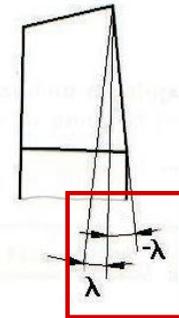
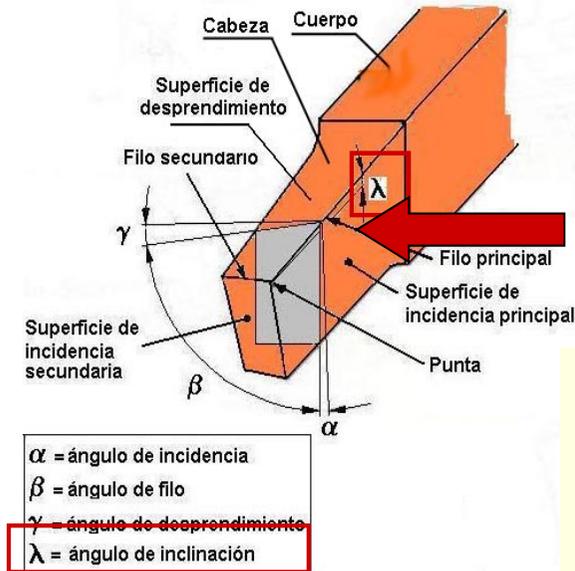
- Está contenido en el **plano del filo** y está formado por el filo principal de la H y la recta intersección de este plano y el plano de referencia.

➤ Influye en:

- Orienta la salida de la viruta. Se minimiza su efecto con rompevirutas.

➤ Valores:

- Es positivo cuando es descendente desde la punta hacia el mango y negativo cuando es ascendente.
- En desbaste un ángulo negativo permite mayor ángulo β sin disminuir α ni γ . (viruta hacia la pieza)
- En acabado $\lambda = 0$.



No confundir
 λ con γ

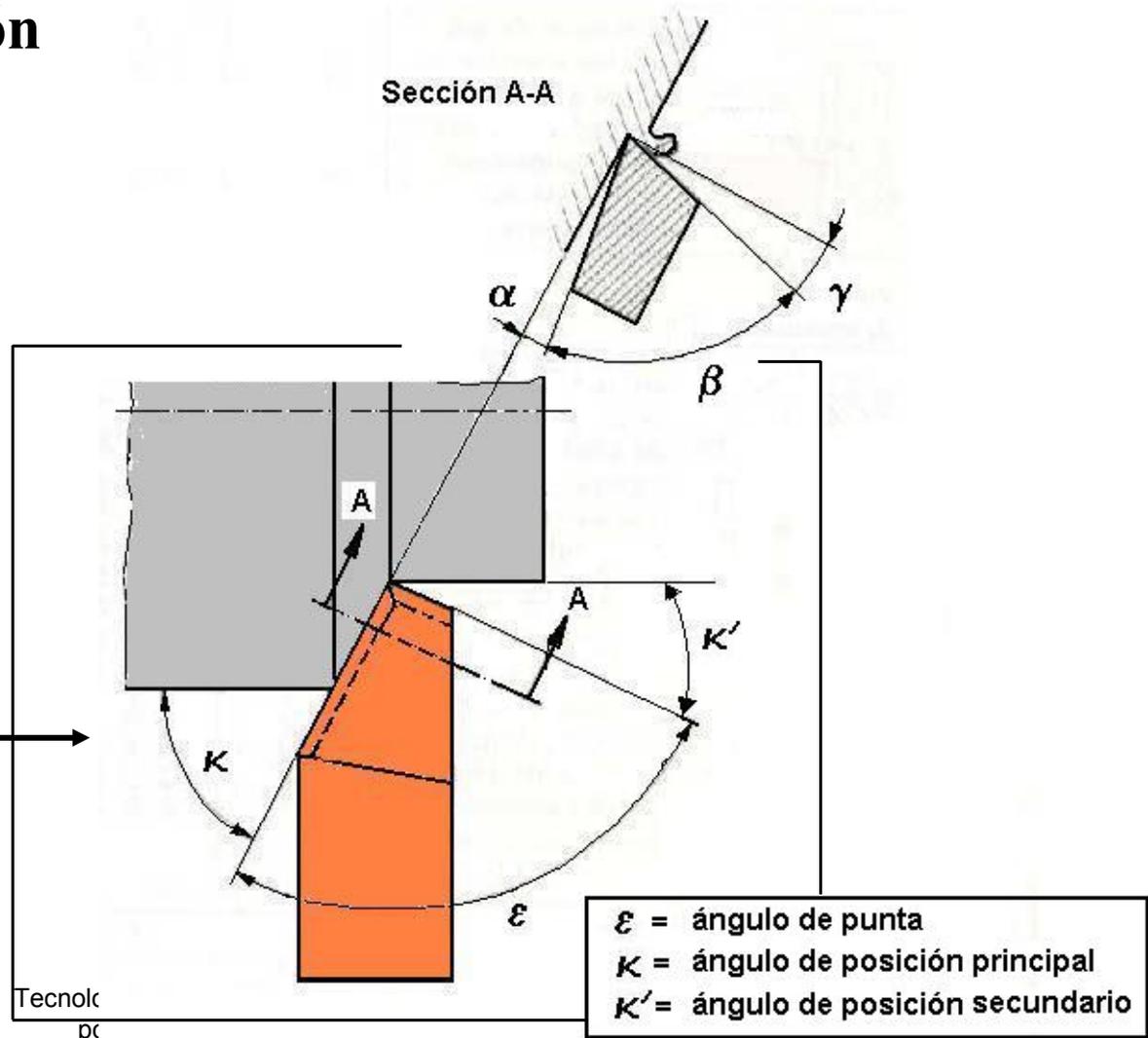
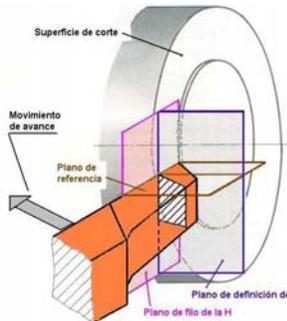
Ángulos secundarios de la Herramienta

→ Ángulo de posición principal

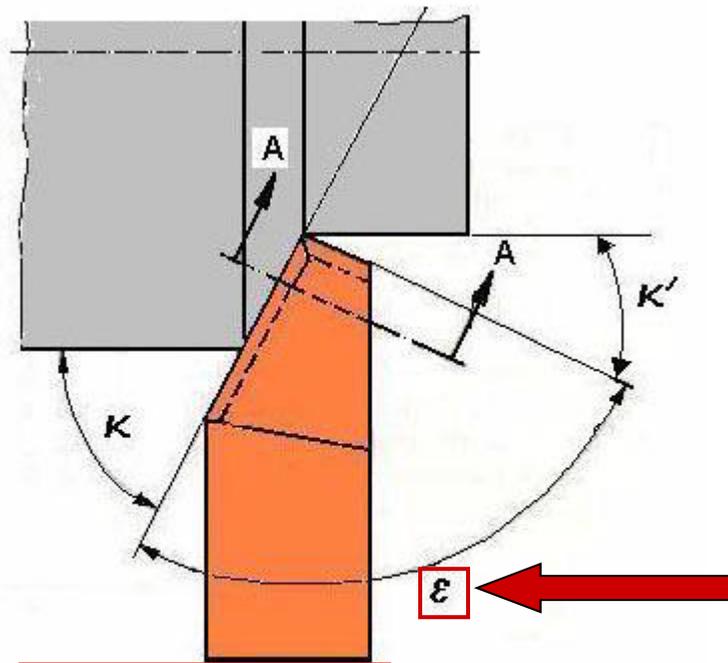
→ Ángulo posición secundario

→ Ángulo de punta

Plano de referencia



Ángulos secundarios de la Herramienta



ε = ángulo de punta

κ = ángulo de posición principal

κ' = ángulo de posición secundario

Ángulo de punta

➤ Formado por:

- El filo principal y el filo secundario.

➤ Influye en:

- La tenacidad y la accesibilidad de hta.

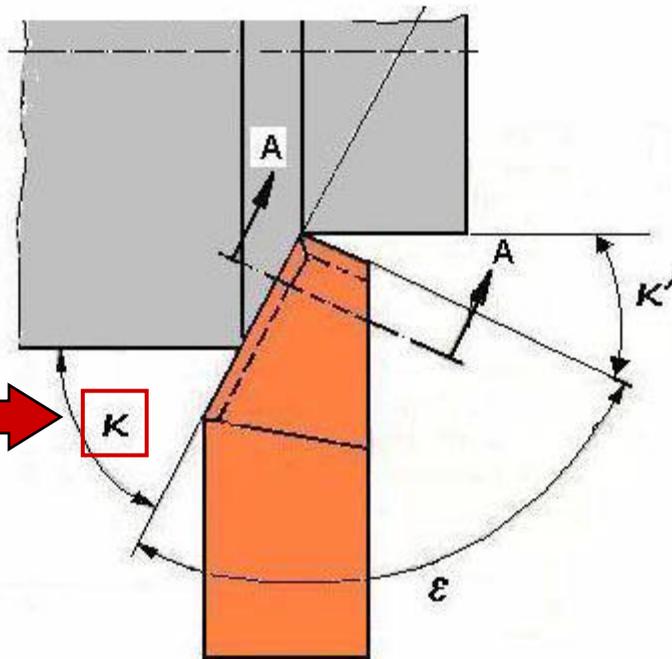
➤ Valores:

- Grandes (80° a 90°) en desbaste.
- Medianos (55° a 60°) en desbaste ligero o semiacabados.
- Pequeños (35°) en acabado.
- Ángulos mayores menor accesibilidad.

➤ Radio de punta:

- El mayor posible \rightarrow filo resistente y $\uparrow a$ ($r \approx 4a$; $r \approx p/4$).
- Si muy alto, mayor rozamiento ($\uparrow F_c$) y vibraciones.
- Selección en función de: Tipo de operación; Calidad hta. (mayor calidad, menor radio); $Ra = a^2/32r$

Ángulos secundarios de la Herramienta



ϵ = ángulo de punta
 κ = ángulo de posición principal
 κ' = ángulo de posición secundario

Ángulo de posición principal

➤ Formado por:

- El plano tangente a la superficie trabajada y el filo principal de corte.

➤ Influye en:

- Hace que la entrada y salida de la H se realice de forma gradual.
- Modifica las dimensiones de la viruta.
- Modifica la F_c ($\downarrow \kappa \rightarrow \downarrow h \rightarrow \uparrow F_c$)

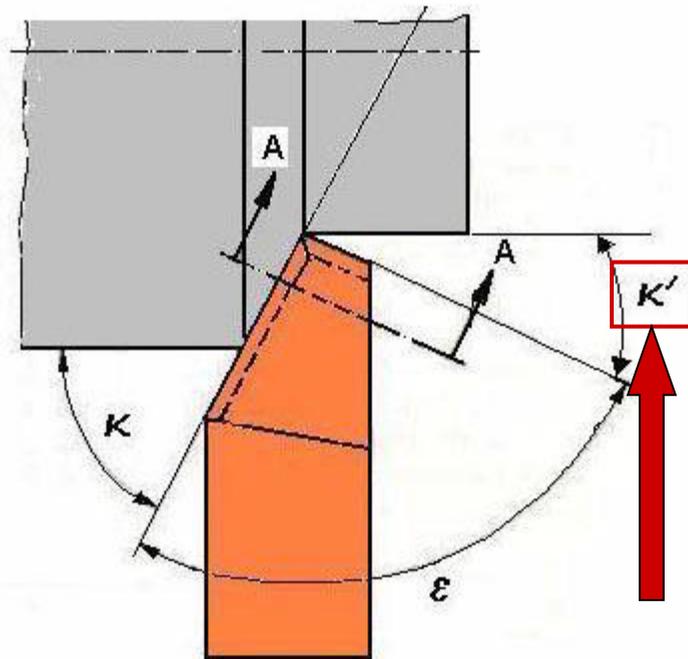
➤ Valores:

- Si es posible debe ser inferior a 90° para reducir el impacto y las fuerzas sobre el filo de corte.

Espesor de viruta: $h = a \sin \kappa$

Anchura de viruta: $b = p / \sin \kappa$

Ángulos secundarios de la Herramienta



ε = ángulo de punta
 κ = ángulo de posición principal
 κ' = ángulo de posición secundario

$$\kappa + \varepsilon + \kappa' = 180^\circ$$

Ángulo de posición secundario

➤ Formado por:

- El plano tangente a la superficie trabajada y el filo secundario de corte.

➤ Influye en:

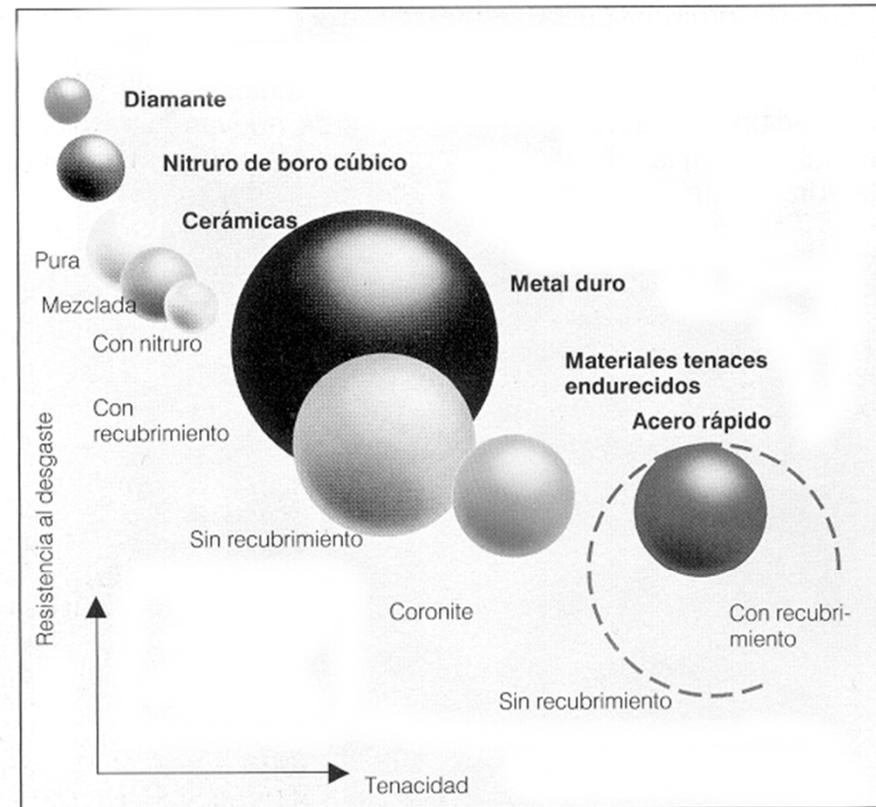
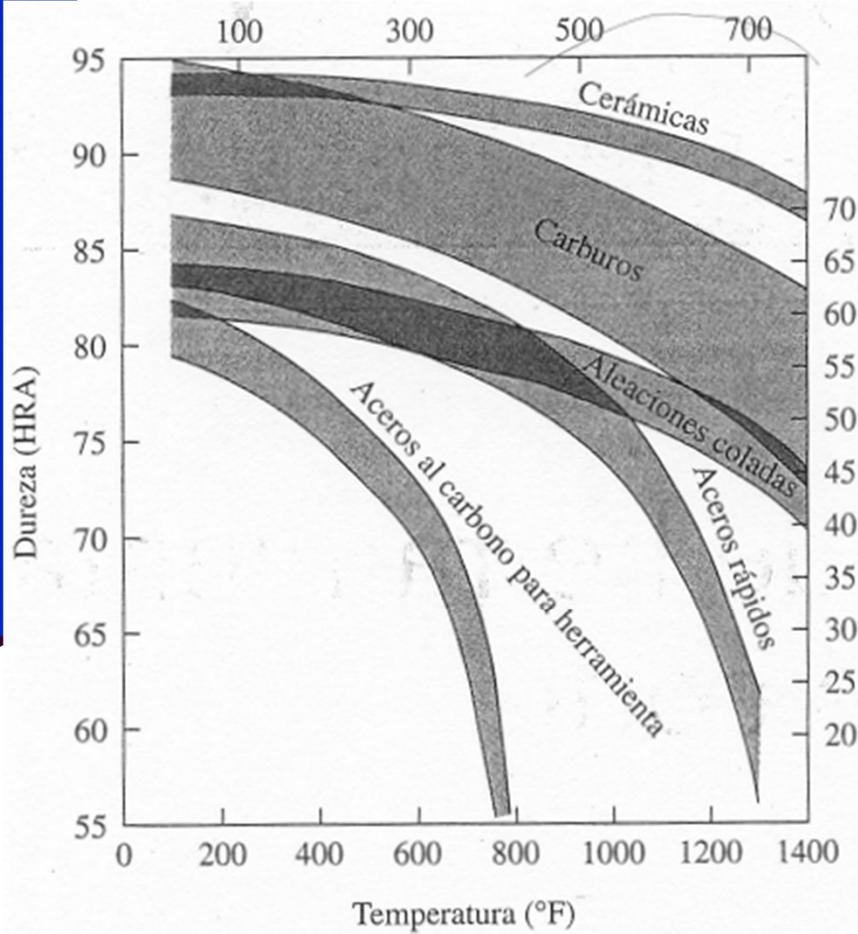
- Evitar el rozamiento entre la cara de incidencia secundaria con la superficie de la pieza trabajada.
- Controlar el acabado superficial

➤ Valores:

- Mejor acabado superficial cuanto menor es el ángulo.

Materiales para herramientas

□ Características generales



Metal Duro

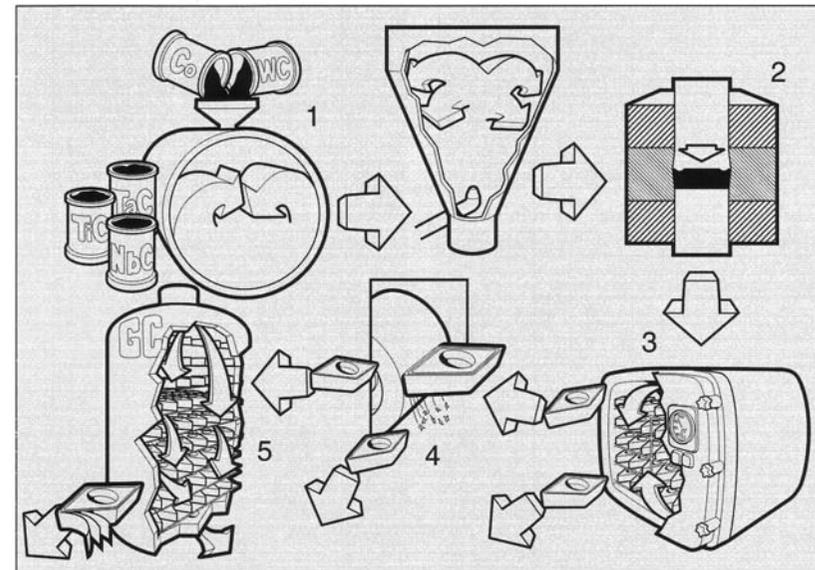


El metal duro es un producto pulvimetalúrgico

Pasos de la fabricación de metal duro:

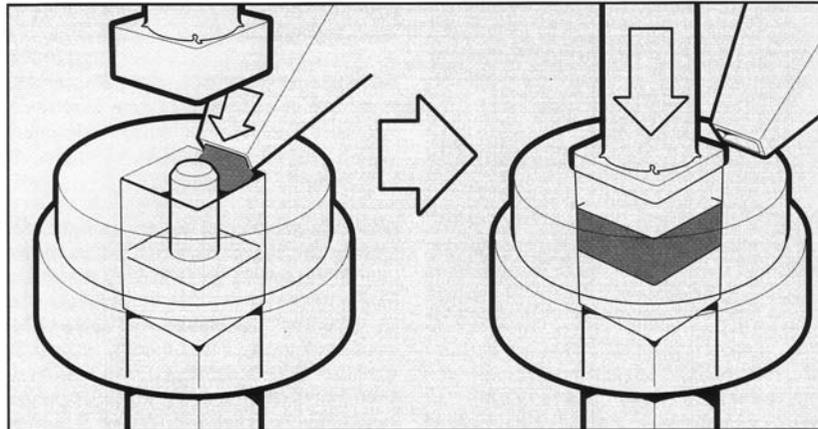
- 1 Producción de polvo.
- 2 Prensado.
- 3 Sinterizado.
- 4 Tratamiento de la plaquita.
- 5 Recubrimiento de la plaquita.

El metal duro es un producto pulvimetalúrgico, fabricado principalmente con varios carburos diferentes mezclados.



Etapas principales en la fabricación del metal

Sinterizado

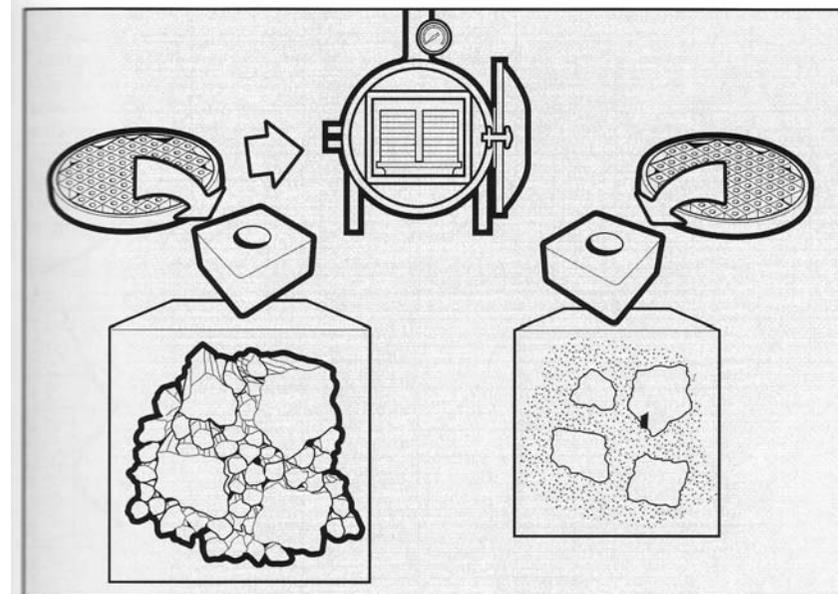


Prensado del polvo

El sinterizado es un tratamiento en caliente que cierra los poros y crea la fijación de las partículas duras incrementando su resistencia.

Necesita temperatura (sobre 1.500 °C) para fundir el aglomerante y tiempo de proceso.

En el prensado, el compacto asume la forma pero no las dimensiones. Los poros representan el 50% de la masa compacta.



Sinterizado del metal duro

Vida de las herramientas: desgaste y falla

- Dos tipos básicos de desgaste:
 - Desgaste de flanco y desgaste de cráter.

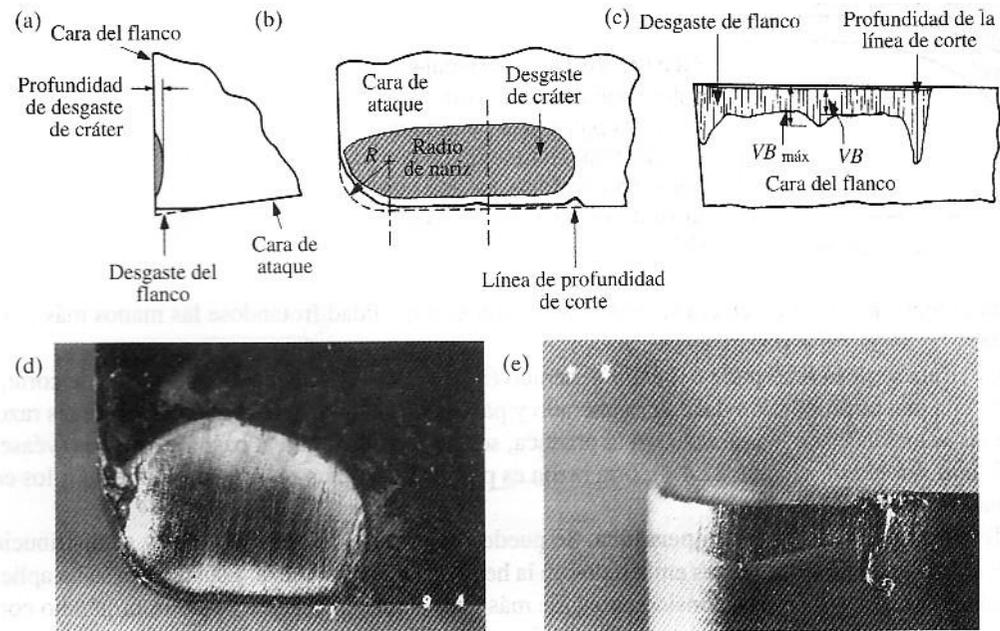


FIGURA 20.15 (a) Desgaste de flanco y de cráter, en una herramienta de corte. Esta herramienta se mueve hacia la izquierda. (b) Vista de la cara de ataque de un buril de torneado, mostrando el radio de nariz R y la figura de desgaste de cráter en esa cara de ataque. (c) Vista de la cara de flanco de un buril de torneado, mostrando la pista de desgaste promedio del flanco (VB) y la línea de profundidad de corte (muesca de desgaste). Fuente: J. C. Keefe, Lehigh University.

Vida de las herramientas: desgaste y falla

En 1907, F.W. Taylor publicó un estudio que se ha convertido en un clásico sobre aceros para mecanizado. En él establecía una relación aproximada para la vida de la herramienta:



Frederick W. Taylor
1856-1915

$$VT^n = C$$

V : velocidad de corte.

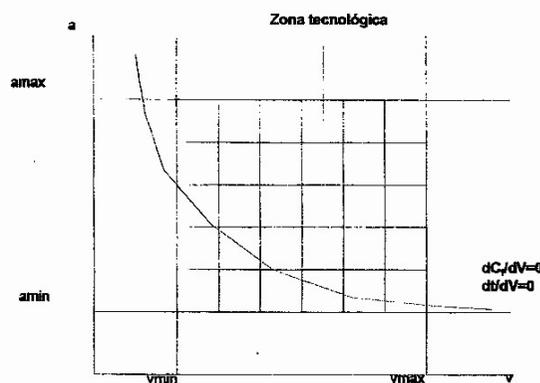
T : Tiempo, en minutos, que tarda en desarrollarse cierta cara de desgaste en el flanco.

n : depende del material de la herramienta y de la pieza.

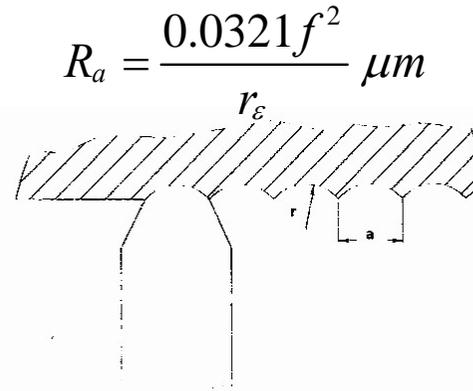
C : constante.

Restricciones sobre los parámetros de mecanizado

- Restricciones impuestas por la gama de avances de velocidades y avances de la máquina.
- Restricciones impuestas por la herramienta.
- Restricciones por potencia.
- Restricción de acabado superficial.

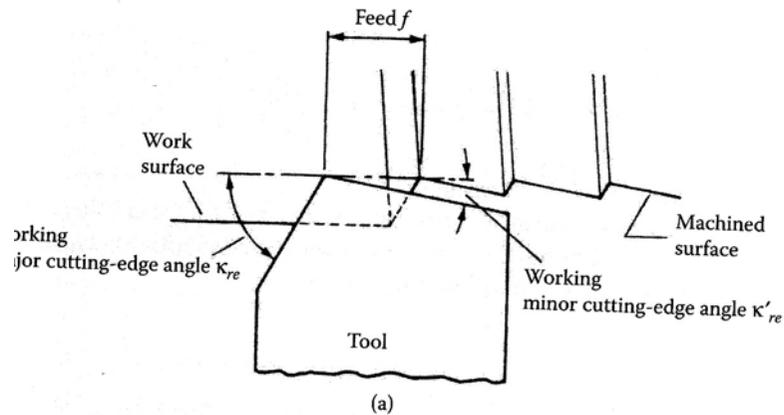


Restricciones debidas a la gama de avances y velocidades

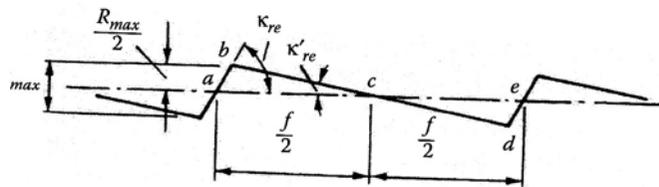


Relación entre acabado superficial y avance

Cálculo de la Rugosidad Media



$$R_a = \frac{|area - abc| + |area - cde|}{f} = \frac{2}{f}(area - abc) = \frac{R_{max}}{4}$$



$$R_{max} = \frac{f}{\cot \kappa_{re} + \cot \kappa'_{re}} \rightarrow R_a = \frac{f}{4(\cot \kappa_{re} + \cot \kappa'_{re})}$$

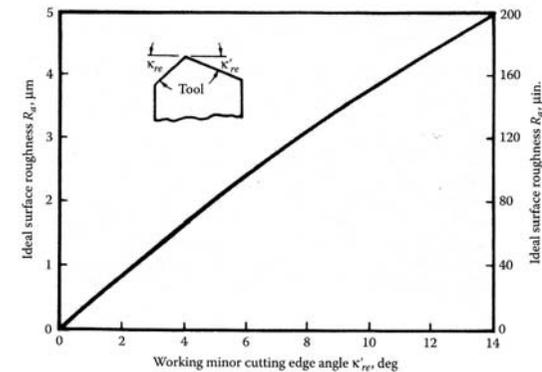


FIGURE 5.8 Effect of the minor-cutting-edge angle on an idealized model of surface roughness, where $\kappa_{re} = 45$ degrees, and $f = 0.1$ mm (0.004 in.).

Cálculo de la Rugosidad Media

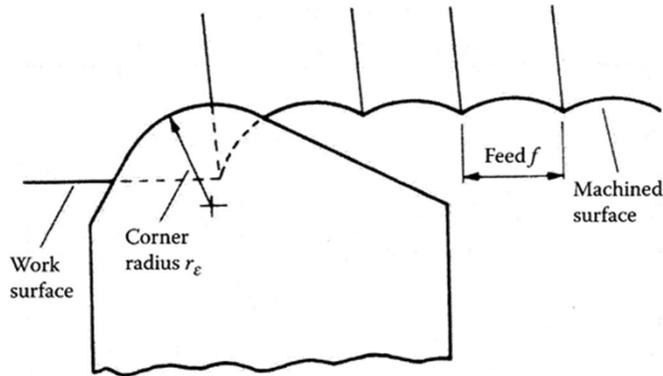


FIGURE 5.9 Idealized model of surface roughness for a tool with a rounded corner, where r_ϵ is the corner radius.

$$R_a = \frac{0.0321 f^2}{r_\epsilon} \mu m$$

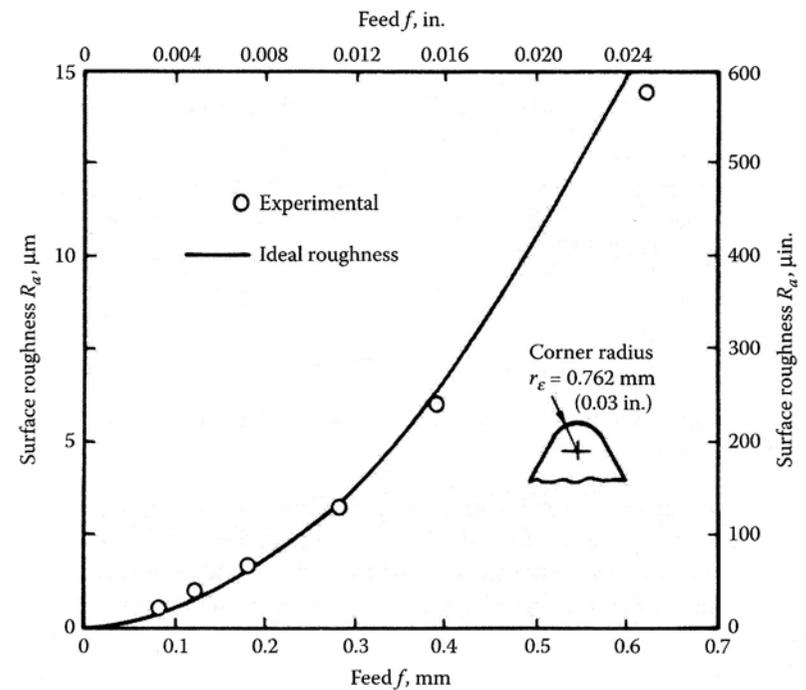


FIGURE 5.10 Comparison of experimental results with an idealized model of surface roughness.