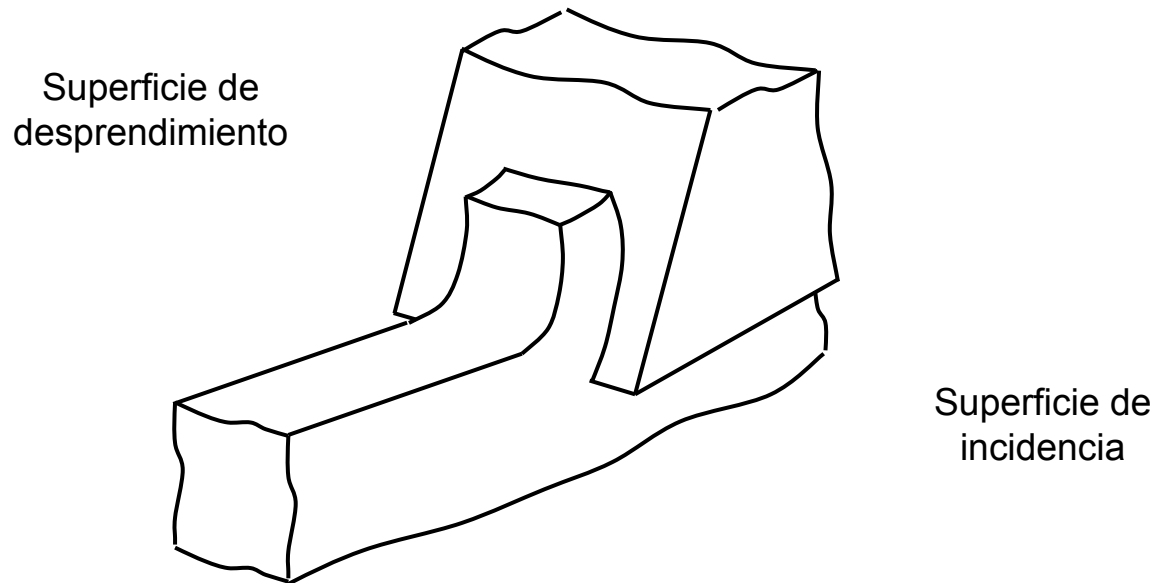

10. Proceso de corte

Contenido:

1. Geometría de corte
2. Rozamiento en el corte
3. Temperatura en el mecanizado

Conformado por arranque de viruta

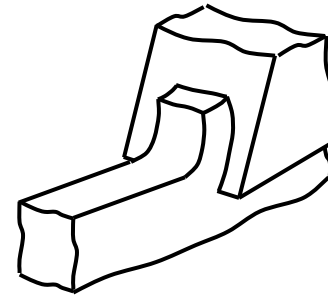
- Conformado por arranque de viruta: la herramienta presiona el material hasta alcanzar la tensión de fluencia.
- Arranque de viruta = procesos de mecanizado
- Se puede considerar una herramienta como una cuña.



Movimientos de la herramienta

- Para la separación de material, se requiere aplicar a la herramienta tres movimientos:

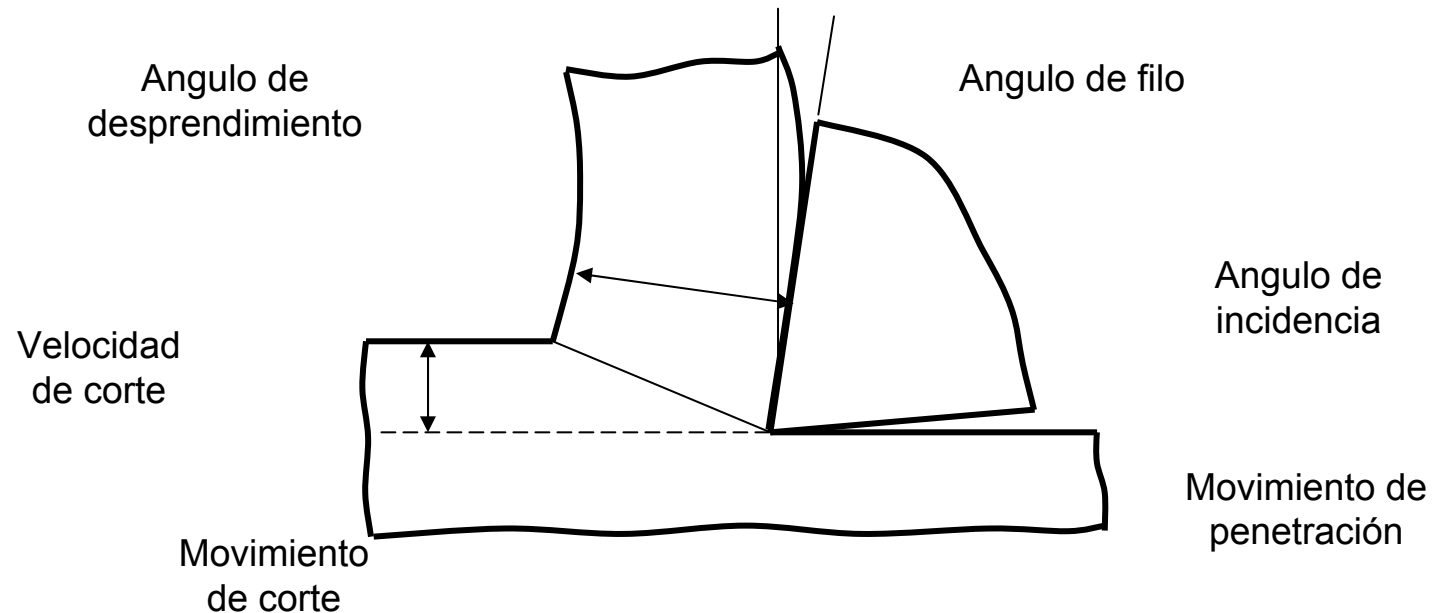
- Movimiento de corte
- Movimiento de avance
- Movimiento de penetración



- El movimiento de corte es el que determina que la herramienta actúe y presione sobre la pieza por su superficie de desprendimiento. Es el que absorbe la mayor potencia en el mecanizado.
- El movimiento de avance es el que permite a la herramienta todas las zonas de la pieza a mecanizar.
- El movimiento de penetración es el que determina la profundización de la herramienta en la pieza.

Geometría del corte

- Plano según la dirección de la velocidad de corte = Plano normal

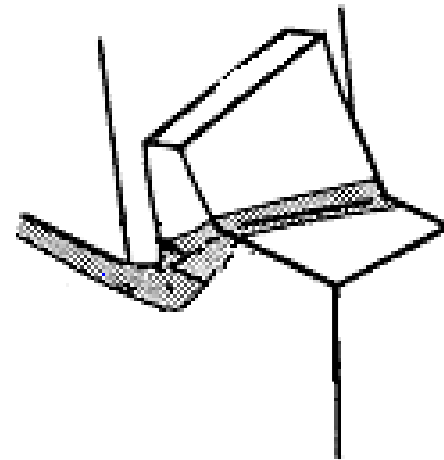
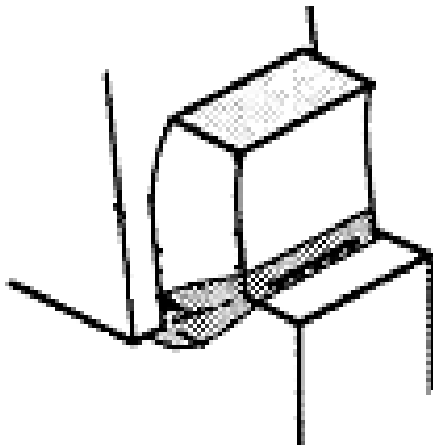


- El movimiento de corte puede ser lineal o de rotación
- Unidades empleadas:
 - Movimiento de corte → Velocidad de corte (V) m/min
 - Movimiento de avance → Velocidad de avance mm/min (mm/rev o mm/ filo)
 - Movimiento de penetración → mm

Corte ortogonal

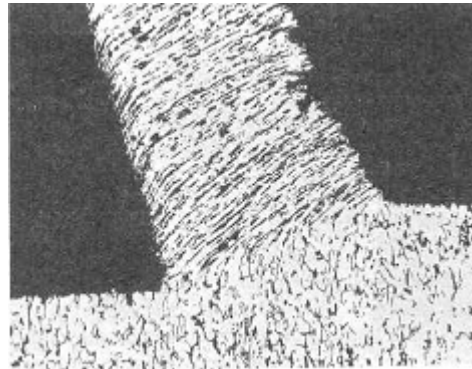
- El filo se sitúa perpendicularmente a la velocidad de corte
- Corte ortogonal = Angulo de inclinación nulo

$$\lambda_s = 0$$

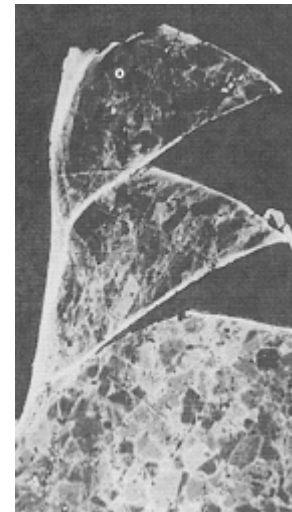


Plastificación del material

- La plastificación se realiza en la zona situada enfrente del filo.
- Se consideran dos tipos de modelos de análisis:
 - La formación de la viruta se origina en un plano (plano de deslizamiento)

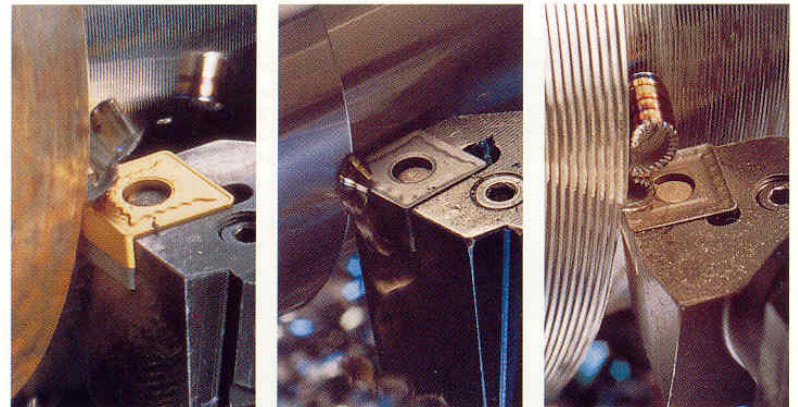
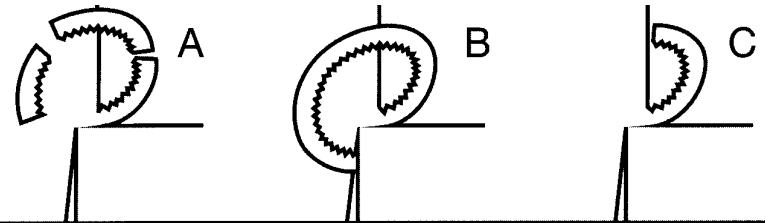


- La formación de la viruta se origina en una zona.



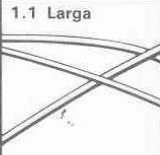
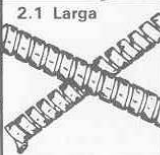
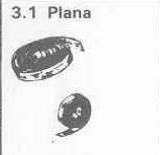
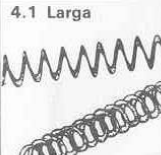
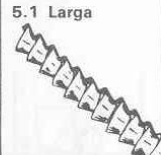

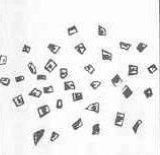
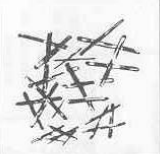

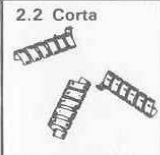

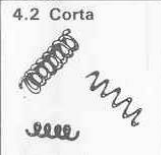
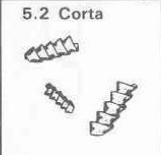





Formación de la viruta

- La formación de la viruta y su evacuación son aspectos muy importantes en los procesos de mecanizado.
- Objetivos en la formación de la viruta:
 - Forma geométrica: forma y longitud
 - Flujo uniforme (dinámica del corte)
- Evacuación de la viruta:
 - Segmentación adecuada
 - Diseño de soportes de herramienta
 - Influencia en el diseño de las máquinas



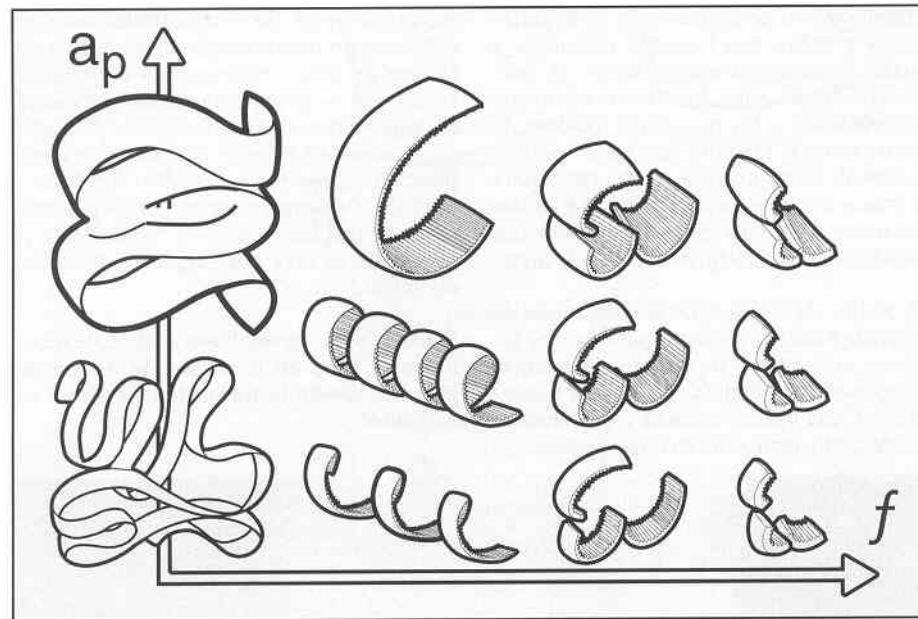
Tipos de viruta

- Las condiciones óptimas de mecanizado no siempre coincide con una buena formación de la viruta.
- La norma ISO define los tipos de viruta.

1 CINTA*	2 TUBULAR*	3 EN ESPIRAL	4 HELICOIDAL PLANA*	5 HELICOIDAL CONICA*	6 EN ARCO**	7 ELEMENTAL	8 AGUJA
1.1 Larga 	2.1 Larga 	3.1 Plana 	4.1 Larga 	5.1 Larga 	6.1 Unida 		
1.2 Corta 	2.2 Corta 	3.2 Cónica 	4.2 Corta 	5.2 Corta 	6.2 Desmenuzada 		
1.3 Enredada 	2.3 Enredada 		4.3 Enredada 	5.3 Enredada 			

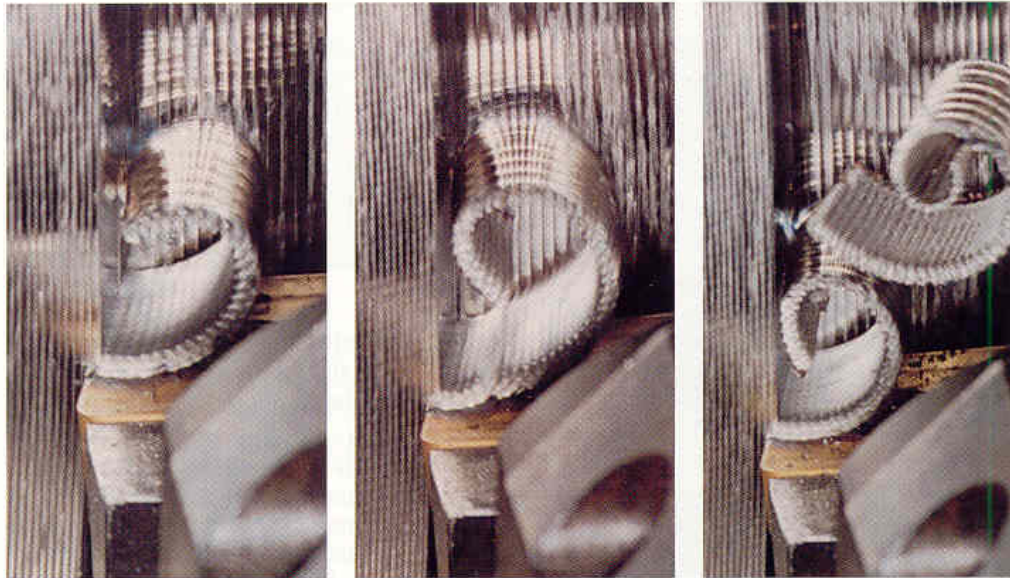
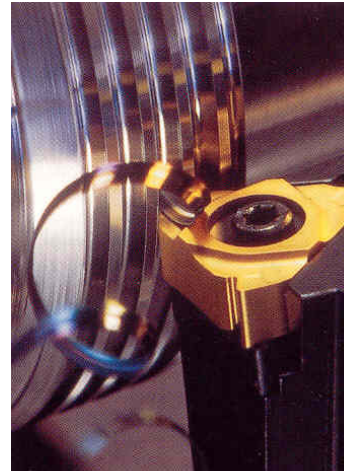
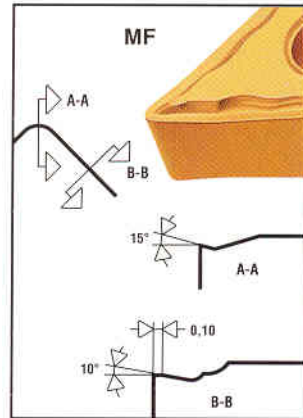
Control de la viruta

- Por las condiciones de corte.



Rompevirutas

- Rompevirutas

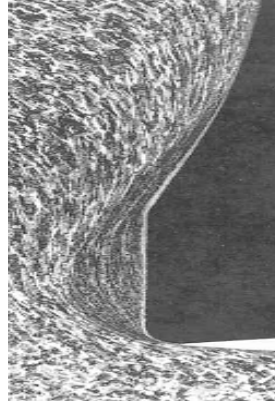


Formación de la viruta

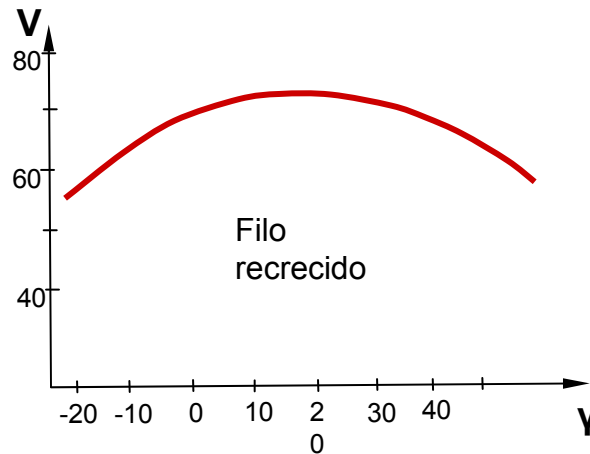


Filo recrecido

- Material de la pieza que se adhiere al filo de la herramienta cambiando su geometría.

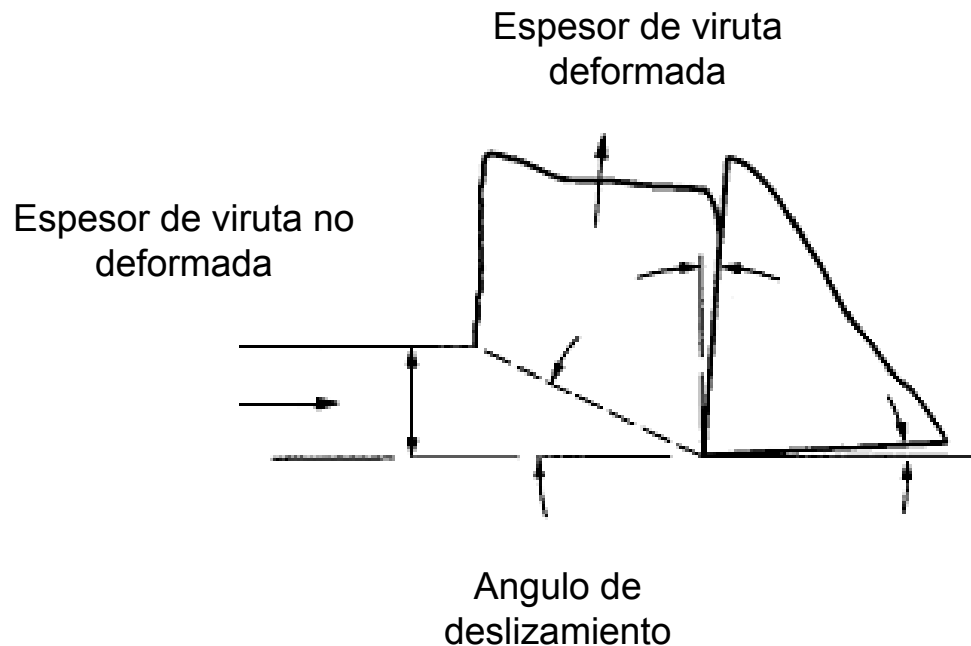


- El filo recrecido aparece con materiales dúctiles y a bajas velocidades.



Parámetros y variables del corte

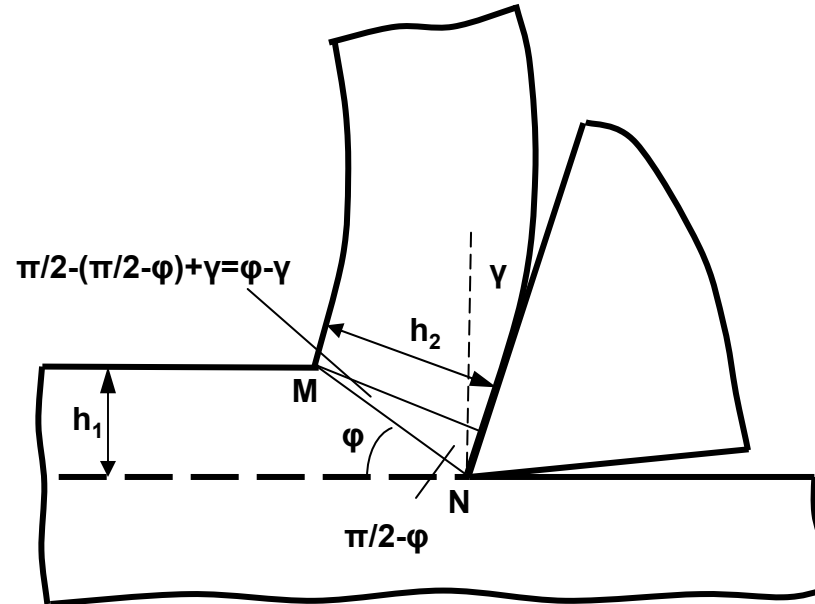
- El modelo más sencillo de formación es que supone que la formación de la viruta se realiza por cizallamiento sucesivo de capas de material según el plano de cizallamiento (Piispanen 1937).



- El plano de cizallamiento se denomina plano de deslizamiento

Factor de recalcado

- Relación entre espesores de viruta deformada e indeformada.

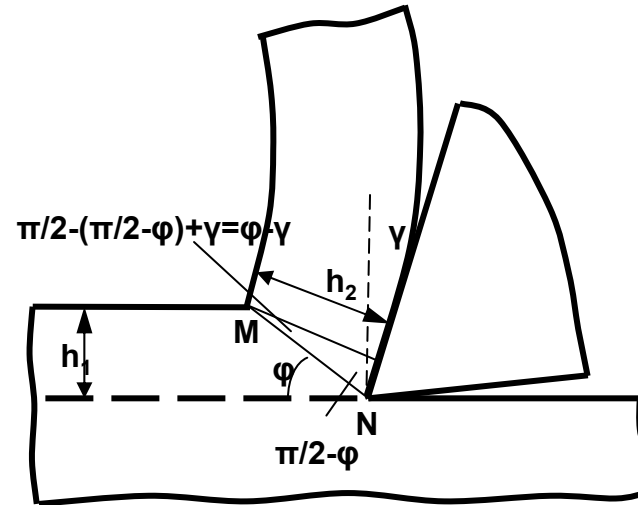


$$\zeta = \frac{h_2}{h_1}$$

$$\Delta V = 0 \Rightarrow b_1 h_1 l_1 = b_2 h_2 l_2$$

Factor de recalcado

$$\zeta = \frac{h_2}{h_1} = \frac{\overline{MN} \cos(\varphi - \gamma)}{\overline{MN} \operatorname{sen} \varphi}$$

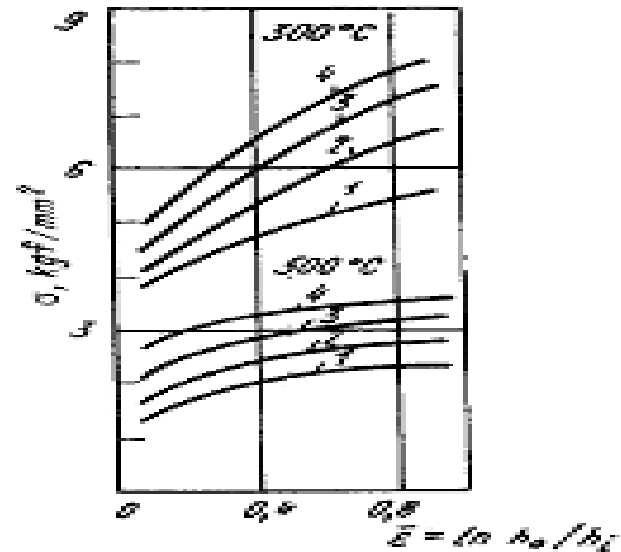
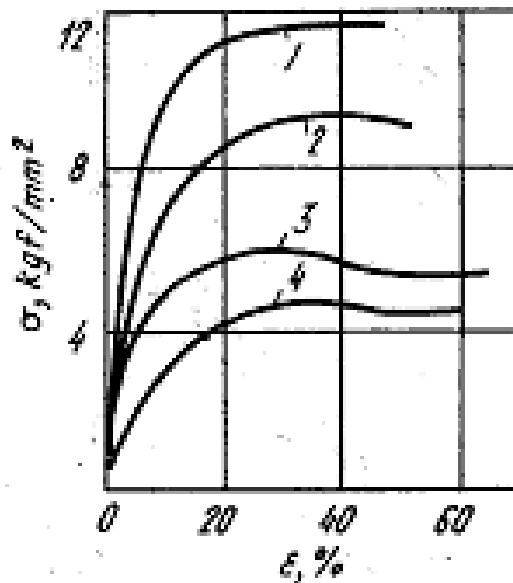


$$\zeta = \frac{\cos \varphi \cos \gamma + \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \gamma}{\operatorname{sen} \varphi} = \frac{\cos \gamma + \operatorname{sen} \gamma \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi} = \operatorname{ctg} \varphi \cos \gamma + \operatorname{sen} \gamma$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\cos \gamma}{\zeta - \operatorname{sen} \gamma}$$

Velocidades de deformación en el corte

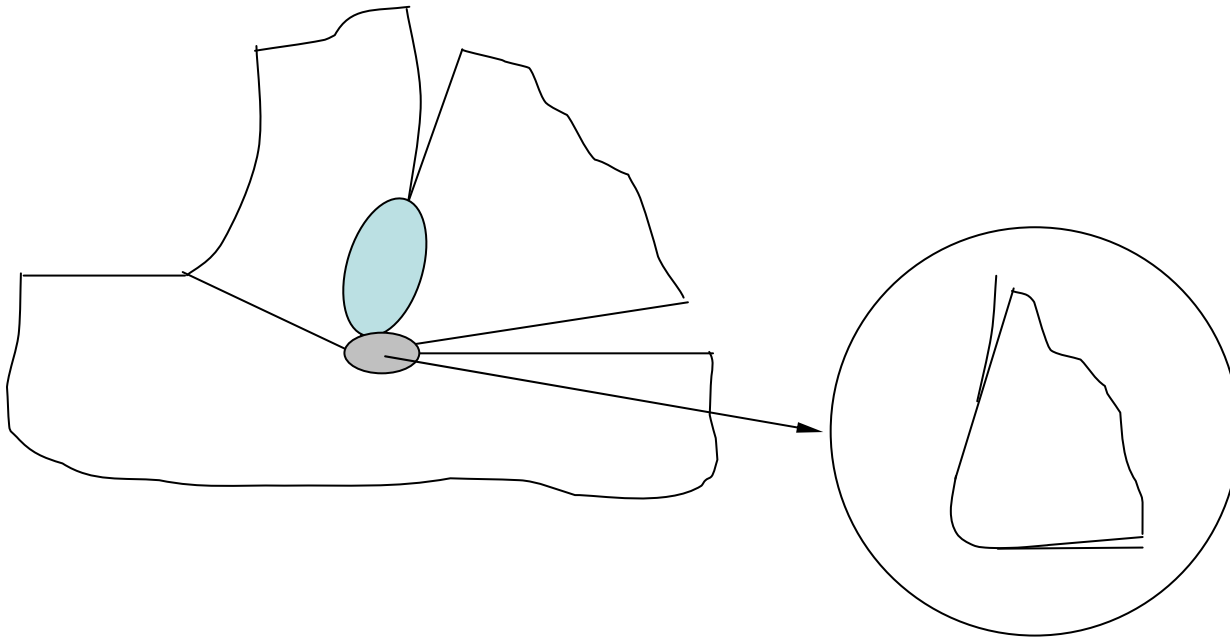
- La velocidad de deformación: $\gamma_s = \frac{d\gamma_s}{dt}$
- Velocidad de deformación en el mecanizado es muy elevada:
 - En mecanizado: $\gamma_s = 10^2 \div 10^6 \text{ s}^{-1}$
 - Ensayos de choque : $\gamma_s = 10^2 \div 10^3 \text{ s}^{-1}$
 - Ensayos de tracción: $\gamma_s = 0,01 \text{ s}^{-1}$



Rozamiento en el mecanizado

Rozamiento en el mecanizado

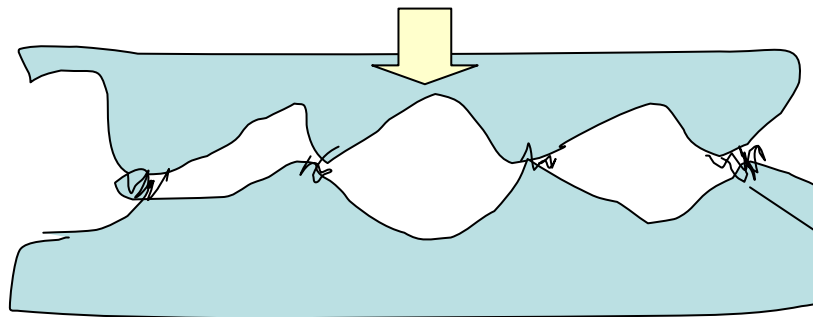
- Normalmente se considera el coeficiente de rozamiento uniforme.
- En los procesos de corte es muy elevado.
- El rozamiento en el corte se produce principalmente en la superficie de desprendimiento.



- El desgaste de la herramienta aumenta el rozamiento en la superficie de incidencia.

Teorías del rozamiento

- Para cargas bajas o cuando no se dan fenómenos de deformación plástica, se considera (rozamiento de Coulomb):
 - El coeficiente de rozamiento es independiente de la carga aplicada.
 - El coeficiente de rozamiento es independiente del área de contacto.
 - El coeficiente de rozamiento es independiente de la velocidad.
- La fuerza de rozamiento está relacionada con el área de contacto real y no con la aparente y con la tensión de cizallamiento (Amonton) .



A_{ri} = Área real de contacto en un punto

$A_r = \sum A_{ri}$

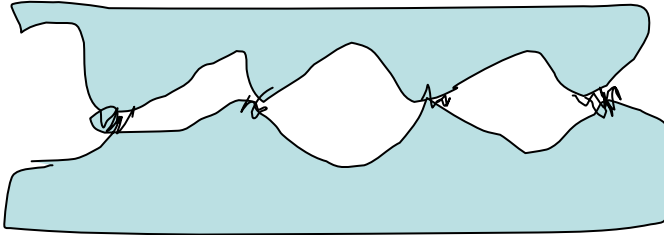
A_a = Área aparente

Microsoldadura

Microsoldadura

Coefficiente de rozamiento

- En el mecanizado $A_r / A_a = 0,1 \div 0,5$
- La presión en los puntos de contacto alcanzan valores muy elevados.



$$A_r = \frac{N}{\sigma}$$

- En los puntos de contacto se produce una deformación plástica que origina una microsoldadura.
- Para realizar el deslizamiento se necesita una fuerza:

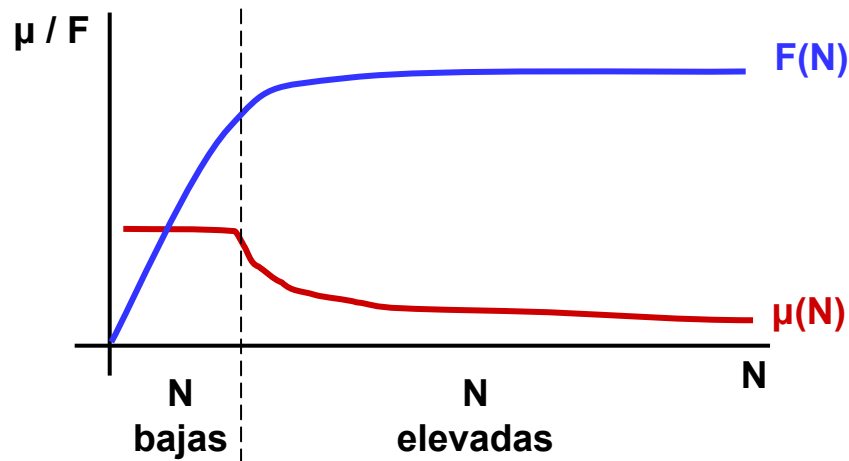
$$F = A_r \tau$$

$$\frac{F}{N} = \frac{\tau}{\sigma} = \mu$$

- Por lo tanto μ es independiente del área de contacto y de la fuerza aplicada

Coeficiente de rozamiento 2

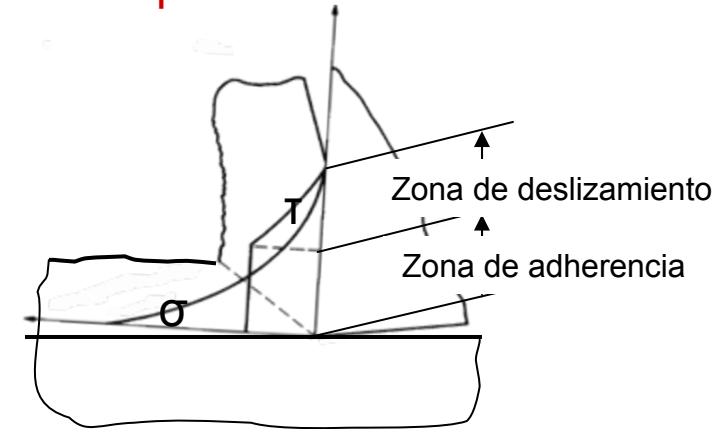
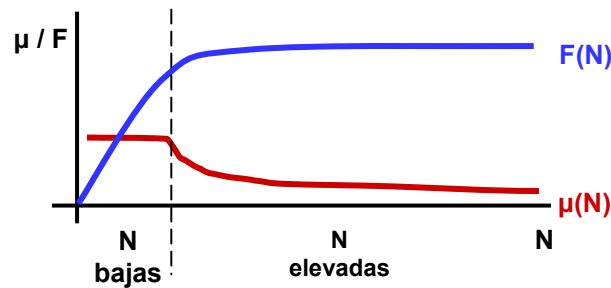
- Si suponemos que $\frac{\tau}{\sigma} = cte \rightarrow \mu = cte$
- En los puntos de contacto se ha producido un gran endurecimiento por deformación, por lo que la tensión cortante puede considerarse constante e independiente de la carga



- Para N elevados: $A_r \rightarrow A \rightarrow F \approx cte$ y μ decrece

Rozamiento en el corte

- Durante el corte se producen presiones muy elevadas.
- Una distribución de tensiones en la superficie de desprendimiento no es uniforme



- En la zona de adherencia (elevadas presiones):

$$N \neq cte \quad y \quad F = cte \quad \Rightarrow \quad \mu \neq cte$$

$$\sigma = \frac{N}{A} \neq cte$$

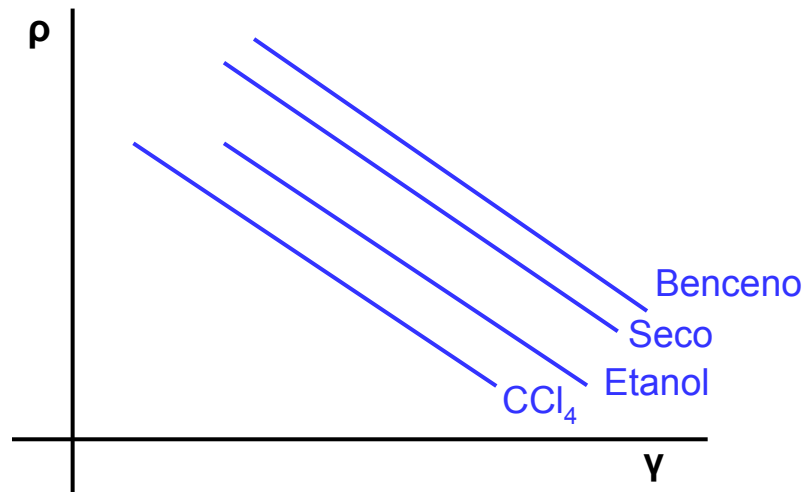
$$\tau = \frac{F}{A_r} = \frac{F}{A} = cte$$

- En la zona de deslizamiento: $N \neq cte \quad y \quad F \neq cte \quad \Rightarrow \quad \mu = cte$

$$\tau = \frac{N}{A} \neq cte \quad y \quad \tau = \frac{F}{A} \neq cte \quad y \quad A_r \ll A$$

Influencia de los fluidos de corte en el rozamiento

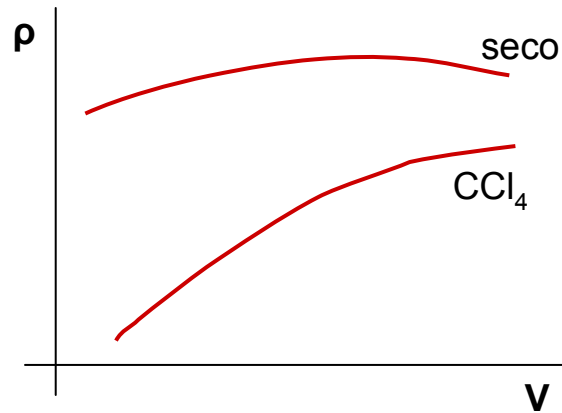
- La influencia en el rozamiento no es bien conocida, aunque se han comprobado sus efectos.



- Existen dos explicaciones:
 - Lubricación por película.
 - Modificación de las características de la interfase.
 - Impidiendo el contacto entre superficies.
 - Haciendo que las soldaduras sean débiles.

Influencia de los fluidos de corte en el rozamiento

- El efecto de los fluidos de corte es mayor a bajas velocidades.

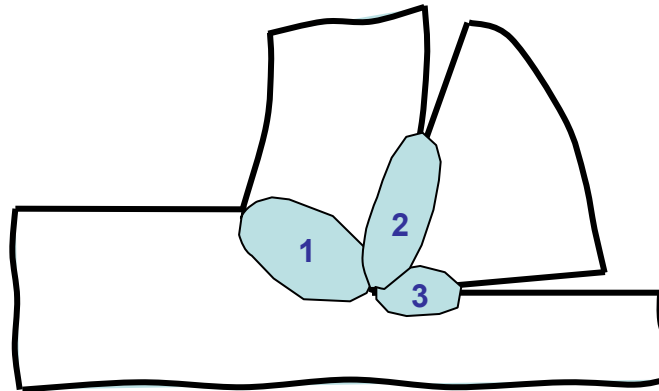


- La menor eficacia de los fluidos a alta velocidad se debe:
 - Insuficiente tiempo de reacción química.
 - Dificultad en alcanzar la superficie de desprendimiento.
 - A la temperatura

Temperatura en el mecanizado

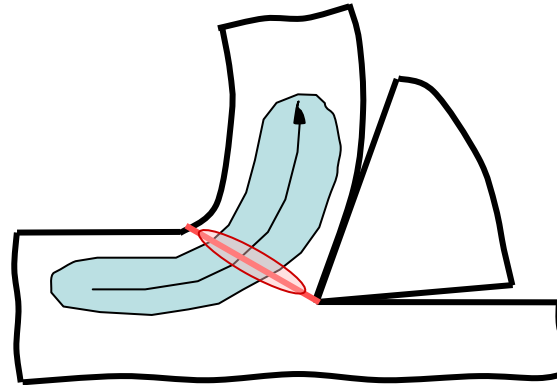
Temperatura en el corte

- Durante el corte se producen elevadas temperaturas en la región del filo.
- La temperatura influye en:
 - El desgaste de la herramienta.
 - En la capacidad de trabajo de la herramienta.
 - En el rozamiento.
- Las zonas de generación de calor son:
 1. Zona de deslizamiento
 2. Zona de desprendimiento
 3. Zona de incidencia



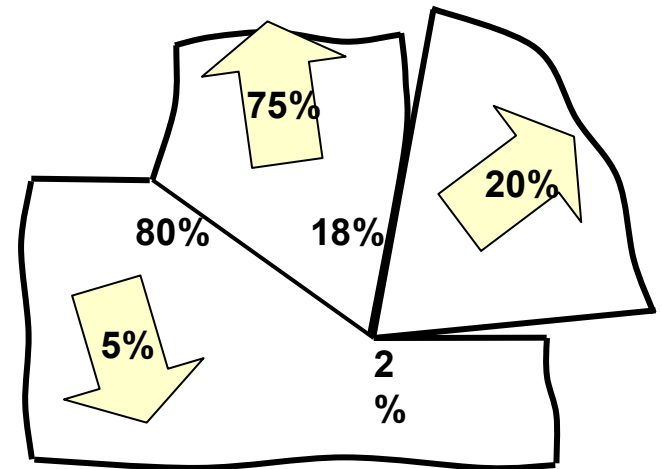
Transferencia de calor

- En el mecanizado se tiene dos formas de transmisión del calor:
 - Por conducción
 - Por convección



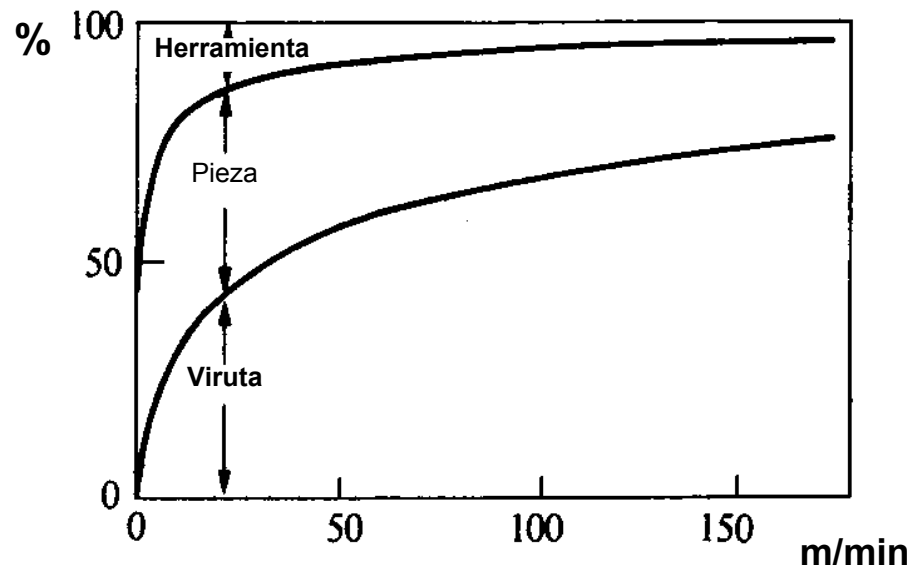
- La mayor generación de calor se produce en la superficie de deslizamiento

- La evacuación de la energía disipada se realiza por:
 - La pieza
 - La herramienta
 - La viruta

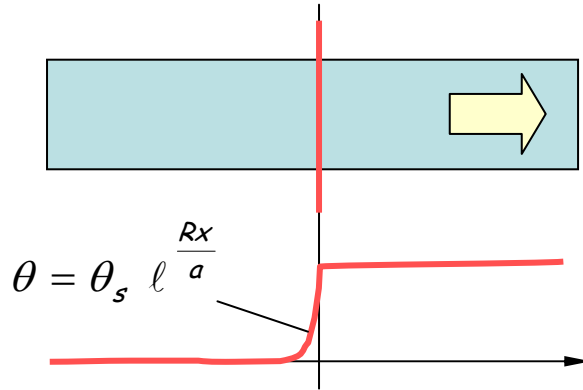


Evacuación del calor

- La evacuación del calor depende de la velocidad.
- La mayor evacuación de calor por la viruta tiene como consecuencia que las temperatura en la herramienta no se incrementa en la medida que cabría esperar.



Transferencia de calor



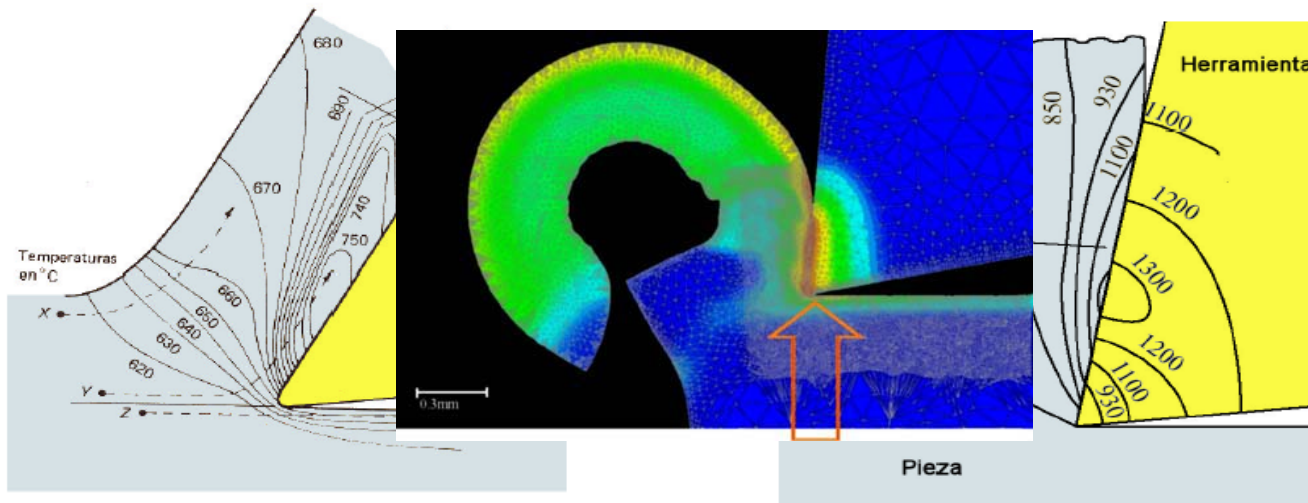
$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} - \frac{\rho c V}{k h_1} \frac{\partial \theta}{\partial x} = 0$$

$$R = \frac{\rho c V h_1}{k}$$

- Un punto que se aproxima a la fuente de calor se calienta muy rápidamente, alcanza un valor máximo y permanece constante.
- Condiciones de contorno más complejas es difícil de obtener la distribución de temperaturas, por lo que se acude a la experimentación.

Distribución de temperaturas

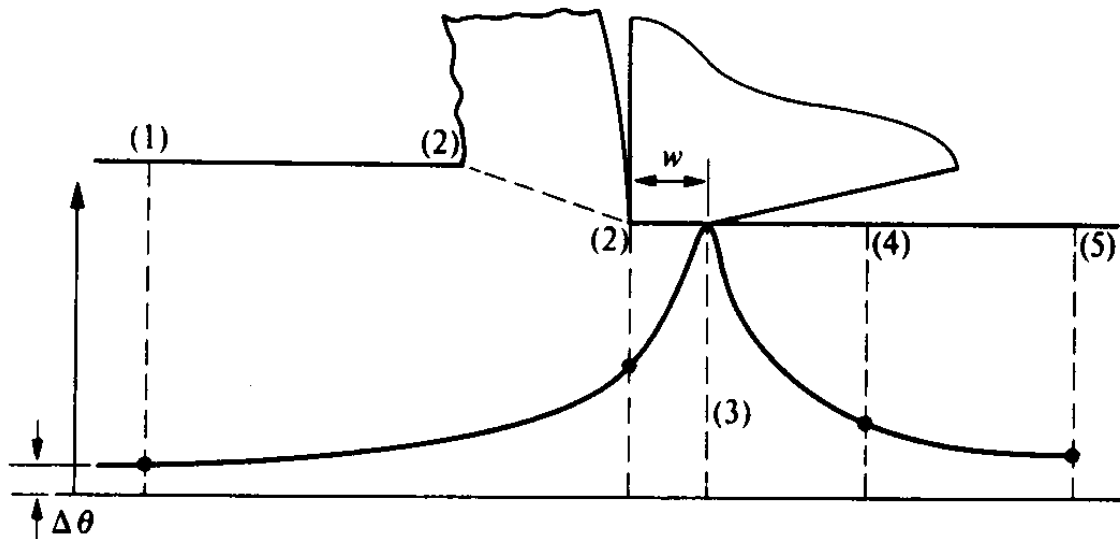
- Las máximas temperaturas en el corte se obtienen sobre la superficie de desprendimiento de la herramienta.
- La distribución de temperaturas obtenida numéricamente se representa en las figuras



- La temperatura de la viruta cuando sale de la herramienta es elevada
- La elevada temperatura de la herramienta reduce sus propiedades mecánicas

Temperatura de la pieza

- A pesar de la alta temperatura de la herramienta se produce un incremento reducido de la temperatura en la pieza.
- La alta velocidad relativa entre la herramienta y la pieza da lugar a que no se caliente en exceso la pieza.



- Con velocidades bajas de la velocidad de corte, la temperatura de la pieza se incrementa.

Temperatura de la herramienta 1

- Mediante un análisis dimensional se obtiene la relación:

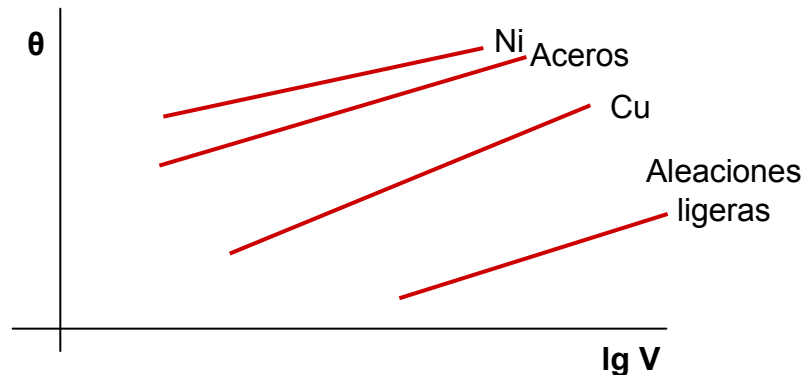
$$\theta = \frac{C_0 p_s V^{2n} A_0^n}{k^{2n} \rho^{1-2n} c^{1-2n}}$$

- Caso particular:

$$\theta = \frac{C_0 p_s V^{0,44} A_0^{0,22}}{k^{0,44} \rho^{0,56} c^{0,56}}$$

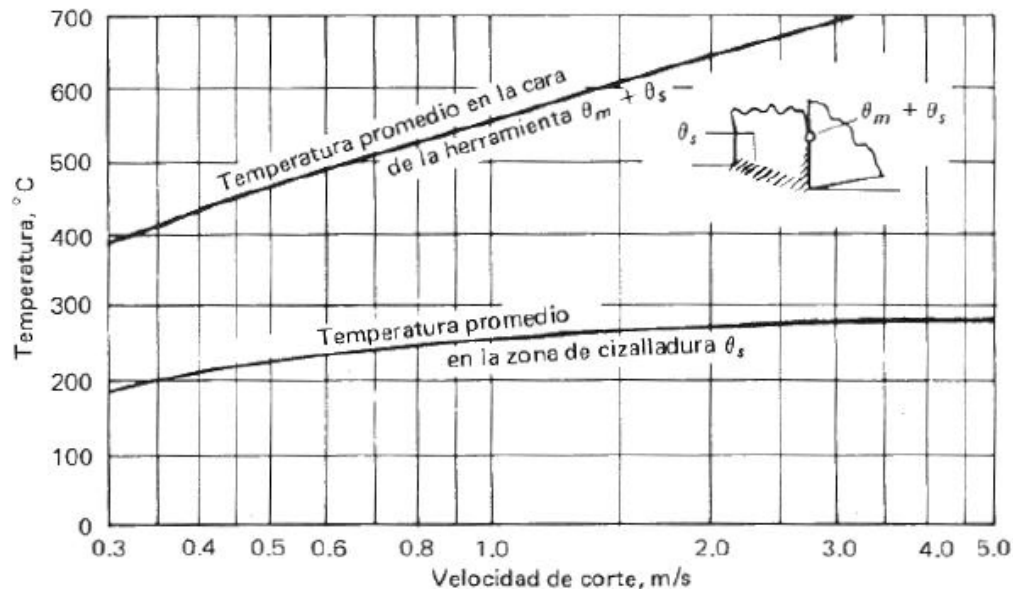
- Conclusiones:

- La presión específica p_s es la variable que más influye en la temperatura
- Posteriormente, la densidad ρ , el calor específico c .
- Finalmente, la velocidad de corte V y la conductividad térmica k



Temperatura de la herramienta 2

- La evolución de la temperatura con la velocidad en la superficie de desprendimiento y en la superficie de deslizamiento, es creciente con la velocidad de corte.
- La figura representa esta evolución obtenida experimentalmente.



- El aumento de la temperatura es mayor en la superficie de desprendimiento.

