

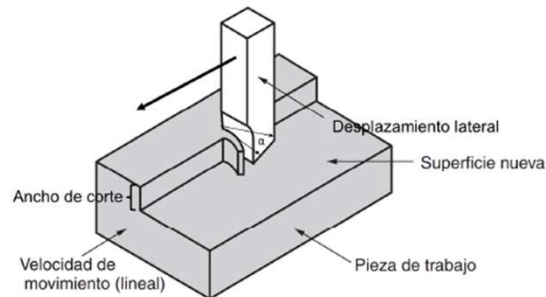
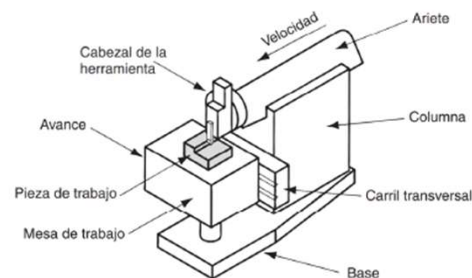
Problema 2

Pregunta 2

Usted tiene un bloque de acero inoxidable ($4.1J/mm^3$ en seco) de $5cm \times 10cm \times 25cm$, y necesita remover un capa de $15mm$ a los $5cm$ del ancho. Para este fin usted cuenta con una cepilladora (Perfiladora) con una potencia de $1hp$ y una eficiencia mecánica de un 90% . El cabezal de la cepilladora tiene una carrera de $40cm$ y se mueve a una velocidad de $20cm/s$ y luego de cada carrera se desplaza lateralmente $0.5mm$. Además la herramienta utilizada tiene un ángulo de ataque de 16° .

- (a) (1.0 Pts.) Calcule el tiempo que tomará finalizar el proceso
- (b) (1.5 Pts.) Si la viruta obtenida tiene un espesor 70% mayor a su profundidad de corte, que fracción de la potencia es consumida por fricción.
- (c) (1.0 Pts.) Si decide lubricar el corte con aceite, lo cual baja el coeficiente de roce a la mitad. Calcule la nueva potencia unitaria, y estime cuanto tiempo puede ahorrar en esta condición.

Hint: Asuma la condición de Merchant, condiciones de corte ortogonal y deprecie las aceleraciones y desaceleraciones al inicio y fin de cada carrera.



Pregunta 2

Usted tiene un bloque de acero inoxidable (4.1 J/mm^3 en seco) de $5 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$, y necesita remover una capa de 15 mm a los 5 cm del ancho. Para este fin usted cuenta con una cepilladora (Perfiladora) con una potencia de 1 hp y una eficiencia mecánica de un 90% . El cabezal de la cepilladora tiene una carrera de 40 cm y se mueve a una velocidad de 20 cm/s y luego de cada carrera se desplaza lateralmente 0.5 mm . Además la herramienta utilizada tiene un ángulo de ataque de 16° .

- (a) (1.0 Pts.) Calcule el tiempo que tomará finalizar el proceso
- (b) (1.5 Pts.) Si la viruta obtenida tiene un espesor 70% mayor a su profundidad de corte, que fracción de la potencia es consumida por fricción.
- (c) (1.0 Pts.) Si decide lubricar el corte con aceite, lo cual baja el coeficiente de roce a la mitad. Calcule la nueva potencia unitaria, y estime cuanto tiempo puede ahorrar en esta condición.

Hint: Asuma la condición de Merchant, condiciones de corte ortogonal y deprecie las aceleraciones y desaceleraciones al inicio y fin de cada carrera.

Datos

$$\begin{aligned} u &= 4.1 \text{ J/mm}^3 & \text{carrera} &= 40 \text{ cm} \\ P_m &= 1 \text{ hp} = 745 \text{ W} & v &= 20 \text{ cm/s} \\ \eta &= 0.9 & w &= 0.5 \text{ mm} \\ & & \alpha &= 16^\circ \end{aligned}$$

A) Primeramente, se calculará t_o . Se tiene que:

$$\begin{aligned} P &= u \cdot \text{TRM} \quad \text{y} \quad P_{\text{max}} = \eta \cdot P \\ \Rightarrow \text{TRM} &= \frac{\eta P}{u} \quad +0.2 \end{aligned}$$

Reemplazando,

$$\boxed{\text{TRM}_{\text{max}} = 163.536 \text{ mm}^3/\text{s}}$$

Además,

$$\text{TRM}_{\text{max}} = t_o w_{\text{max}} \cdot v \Rightarrow w_{\text{max}} = \frac{\text{TRM}_{\text{max}}}{t_o \cdot v}$$

Así,

$$\boxed{w_{\text{max}} = 1.635 \text{ mm}} \quad +0.3$$

Es decir, se debe bajar 10 veces ^{+0.1} para remover una capa de 15 mm . Ahora, el tiempo de una carrera está dado por:

$$\left. \begin{aligned} d_{\text{carrera}} &= 40 \text{ cm} \cdot 2 \\ &\quad \text{ida y vuelta} \\ v_{\text{carrera}} &= 20 \text{ cm/s} \end{aligned} \right\} \quad \boxed{t_{\text{carrera}} = 4 \text{ seg/carrera}} \quad +0.1$$

Luego, la cantidad de carreras es:

$$n_{\text{carreras}} = \frac{100 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} \Rightarrow \boxed{n_{\text{carreras}} = 200 \text{ carreras}} \quad +0,1 \quad (\text{determinar el largo carrera } 100 \text{ y } 250 \text{ son válidas})$$

Con esto, el tiempo por capa de 1,635 mm es:

$$t_{1,6} = 200 \text{ carreras} \cdot 4 \text{ seg/carrera} \Rightarrow \boxed{t_{1,6} = 800 \text{ seg}} \quad +0,1 \quad \approx 13,5 \text{ min}$$

Así, el tiempo necesario para remover 1 capa de 15 mm es:

$$t_{\text{capa}} = 10 \text{ capas}_{1,6} \cdot 800 \text{ seg/capa}_{1,6} \Rightarrow \boxed{t_{\text{capa}} = 8000 \text{ seg}} \quad +0,1 \quad \approx 134 \text{ min}$$

Si se consideran 5 min por capa para reubicar la pieza,

$$t_{\text{total}} = 8000 \text{ seg} + 300 \text{ seg/capa} \cdot 10 \text{ capas}_{1,6}$$

$$\Rightarrow \boxed{t_{\text{total}} \approx 184 \text{ min}}$$

B) Se tiene que,

$$P_f = F \cdot v_c$$

Para esto, se debe calcular F_c (fuerza de corte) y F_t (fuerza de empuje). Por un lado,

$$P = F_c \cdot v \quad \text{con} \quad P = 670 \text{ W} \quad \text{y} \quad v = 0,2 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow \boxed{F_c = 3350 \text{ N}} \quad +0,2$$

Por otro lado, para obtener F_t , se utiliza lo sgte:

$$\frac{F_t}{F_c} = \tan(\beta - \alpha)$$

Y, para calcular β se usan las expresiones:

$$\phi = 45 + \frac{\alpha}{2} - \frac{\beta}{2} \quad (1) \quad \text{ecuación de Merchant} \quad ; \quad \tan(\phi) = \frac{\pi \cos(\phi)}{1 - \pi \sin(\phi)} \quad (2) \quad ; \quad \pi = \frac{t_o}{t_c} \quad (3)$$

Con (3) y sabiendo que $t_c = 1,7 t_o$, se tiene que:

$$\pi = \frac{t_o}{t_c} = \frac{t_o}{1,7 t_o} \Rightarrow \boxed{\pi = 0,588} \quad +0,3$$

Por (2) y reemplazando α y α :

$$\boxed{\phi = 34^\circ}$$

Por último, utilizando (1):

+0,2

$$\beta = 90 + \alpha - 2\phi \Rightarrow \boxed{\beta = 38^\circ}$$

Así,

$$F_t = F_c \cdot \tan(\beta - \alpha) \Rightarrow \boxed{F_t = 1353,48 \text{ N}}$$

+0,2

Con F_t y F_c , se encuentra F :

$$F = F_c \cdot \sin(\alpha) + F_t \cdot \cos(\alpha) \Rightarrow \boxed{F = 2224,43 \text{ N}}$$

+0,1

y,

$$v_c = \alpha \cdot r = 0,588 \cdot 0,2 \Rightarrow \boxed{v_c = 0,1176 \text{ m/s}}$$

Así,

$$P_f = F \cdot v_c \Rightarrow \boxed{P_f = 261,59 \text{ W}}$$

+0,3

Finalmente,

$$\% = \frac{P_f}{\eta \cdot P} = \frac{261,59 \text{ W}}{670,5 \text{ W}} \Rightarrow \boxed{\% \text{ de potencia} \approx 39\%}$$

+0,2

c) Primeramente, se tiene que:

$$\mu_2 = \frac{\mu_1}{2}$$

Donde,

$$\mu_1 = \tan(\beta) \Rightarrow \boxed{\mu_1 = 0,781}$$

Así,

$$\boxed{\mu_2 = 0,39} \quad \text{y} \quad \boxed{\beta_2 = 21,3^\circ}$$

Dado que μ cambia, ϕ , η , F_c cambian. Sin embargo, τ se mantiene
↳ esfuerzo de flexión al corte

Entonces,

$$\tau = \frac{F_{s1}}{A_{s1}} \quad (1) \quad A_{s1} = \frac{t_0 \cdot w}{\sin(\phi_1)} \quad (2)$$

Además,

$$F_{s1} = F_{c1} \cdot \cos(\phi_1) - F_{t1} \cdot \sin(\phi_1) \quad ; \quad F_{c1} = 3350 \text{ N}, \quad F_{t1} = 1353,48 \text{ N}, \quad \phi = 34$$

$$\Rightarrow [F_{s1} = 2020,42 \text{ N}]$$

Luego, reemplazando (2) en (1):

$$\tau = \frac{F_{s1} \cdot \sin(\phi_1)}{t_0 \cdot w} \Rightarrow [\tau = 1412,25 \text{ MPa}] \quad +0,4$$

$\hookrightarrow \sim 1,6 \text{ mm}$

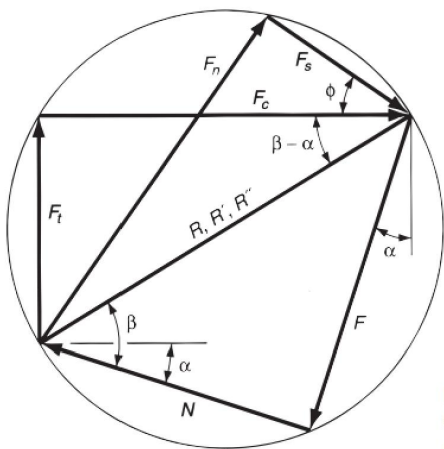
Por otro lado,

$$\phi_2 = 45 + \frac{\alpha}{2} - \frac{\beta_2}{2} \Rightarrow [\phi_2 = 42,35^\circ]$$

Así,

$$\tau = \frac{F_{s2}}{A_{s2}} \Rightarrow F_{s2} = \frac{\tau t_0 \cdot w}{\sin(\phi_2)} \Rightarrow [F_{s2} = 1677,11 \text{ N}]$$

Teniendo F_{s2} , ϕ , α , β , se encuentra F_{c2}



$$\cos(\phi_2 + \beta_2 - \alpha) = \frac{F_{s2}}{R}$$

$$\cos(\beta_2 - \alpha) = \frac{F_{c2}}{R}$$

$$\Rightarrow F_{c2} = \frac{F_{s2} \cos(\beta_2 - \alpha)}{\cos(\phi_2 + \beta_2 - \alpha)}$$

Así,

$$[F_{c2} = 2478,914 \text{ N}] \quad +0,3$$

Con esto,

$$P_2 = F_{c2} \cdot v \Rightarrow [P_2 = 495,78 \text{ N}]$$

Por otro lado,

$$TRM = t_0 \cdot W \cdot v \Rightarrow [TRM = 160 \text{ mm}^3/\text{s}]$$

Así,

$$u_2 = \frac{P_2}{TRM} \Rightarrow [u_2 = 3,1 \text{ J/mm}^3]$$

Por último,

$$TRM_{max} = \frac{P_m \cdot \eta}{u_2} = t_{0 \max} \cdot W \cdot v \Rightarrow [t_{0 \max} = 2,163 \text{ mm}] \quad +0,2$$

Con esto, se necesitan $15 \text{ mm} / 2,163 \text{ mm} \approx \underline{7 \text{ capas}}$

Finalmente,

$$t_{2 \text{ capa}} = 7 \text{ capas} \cdot 800 \text{ seg/capa} \Rightarrow [t_{2 \text{ capa}} = 5600 \text{ seg}] \approx 93 \text{ min} \\ \Rightarrow [\text{ahorro del 30\% del tiempo}] \quad +0,1$$

Propuesto 2 – Sierra de banda

Considere que esta usando una sierra de banda horizontal para cortar una barra de sección rectangular de acero ($60\text{ mm} \times 12\text{ mm}$, $u = 6\text{ J/mm}^3$). Si la potencia de la sierra es de 1 HP (745 W) con una eficiencia mecánica $\eta = 0.85$, un contrapeso de 5 kg y además, la sierra utilizada tiene 6 dientes por centímetro, un ángulo de ataque $\alpha = 15^\circ$ y un espesor de $w = 1.5\text{ mm}$. Asumiendo que el roce entre el acero y el acero de la sierra es $\mu = 0.6$.

HINT: Asuma la condición de Merchant, que el corte ortogonal ocurre perfectamente horizontal y que la fuerza del contrapeso actúa directamente sobre el material mecanizado.

Calcule:

1. El tiempo necesario para cortar la pieza, si la sierra tiene una velocidad de 1.1 m/s . Para esto primero calcule:
 - a) La fuerza de corte F_c .
 - b) El espesor de corte t_0 por diente.
 - c) La velocidad máxima de corte.
 - d) La velocidad de avance vertical de la sierra.
 - e) El tiempo necesario para cortar la pieza.
2. La deformación cortante γ y el largo teórico de la viruta.
3. La potencia consumida por fricción.
4. El esfuerzo de deformación cortante τ en material y el esfuerzo cortante en la base de cada diente de la sierra.



Propuesta 2

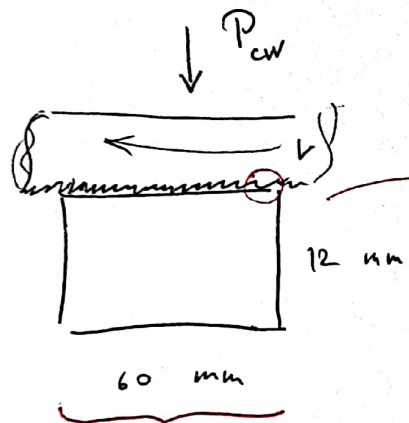
1

(1) Tiempo para cortar la pieza ($v = 1.1 \text{ m/s}$)

(a) Fuerza de Corte F_c

Cortapesa de 5 kg $\rightarrow \vec{P}_{cw} = \vec{g} \cdot m$
 $= 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ kg}$

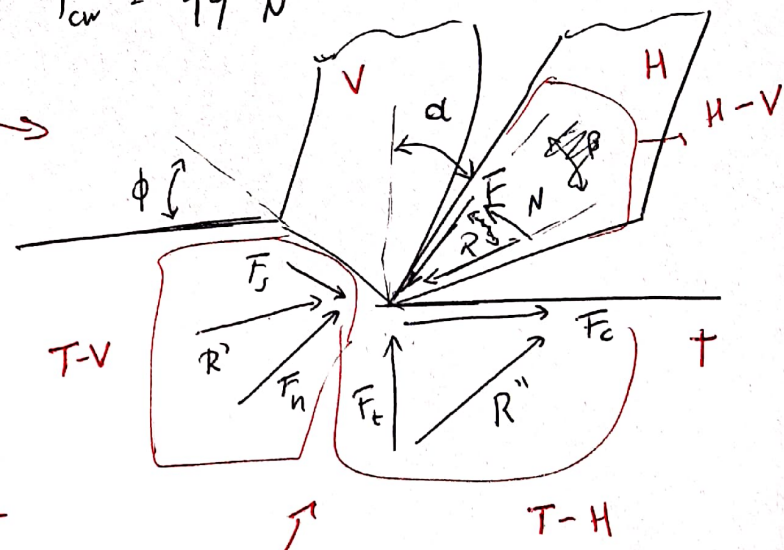
$P_{cw} = 49 \text{ N}$



Dientes $\rightarrow$ Puntos de contacto.

$\rightarrow$ 36 dientes en total simultaneamente
 $\Rightarrow$ Carga vertical/diente = 1.36 N

$\Rightarrow P_{cwb} = 1.36 \text{ N} = F_t$



además, tenemos que
 $\beta \rightarrow$ ángulo de roce

$\Rightarrow \tan(\beta) = \mu$

$\Rightarrow \arctan(\mu) = \beta$

$\hookrightarrow \beta = 31^\circ$

Usando:

$\tan(\beta - \alpha) = \frac{F_t}{F_c}$

$\Rightarrow F_c = \frac{F_t}{\tan(\beta - \alpha)} = 4.74 \text{ N}$

F_c por diente

(b) Espección de corte por diente t_0

(2)

• $P = u \cdot TRM \rightarrow F_c \cdot V = u \cdot TRM$

• $P = F_c \cdot V$

$\Rightarrow u \cdot V \cdot w \cdot t_0 = F_c \cdot V \rightarrow$ independiente de la velocidad !!

$\Rightarrow t_0 = \frac{F_c}{u \cdot w}$

$t_0 = \frac{4.74 \text{ (N)}}{6 \left(\frac{\text{J}}{\text{mm}^2} \right) \cdot 1.5 \text{ (mm)}}$

$\left(\frac{\frac{\text{J}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\text{mm}}{1000 \text{ mm}}}{\frac{\text{J}}{\text{mm}^2} \cdot \text{mm}} \right) \rightarrow \left(\frac{\frac{1}{1000} \frac{1}{\text{mm}}}{\frac{1}{\text{mm}^2}} \right)$
 $\downarrow$
 $\frac{\text{mm}^2}{\text{mm} \cdot 1000}$

$t_0 = 0.00053 \text{ mm}$

espección de corte por diente

(c) Velocidad máxima de corte

• $P_{\text{real}} = P_n \cdot \eta$

$P_r = 745 \cdot 0.85$

$P_r = 633.25 \text{ W}$

$\rightarrow P = F_c \cdot V$

$\rightarrow P = u \cdot TRM$

① $P_r = F_c \cdot V \cdot \frac{n}{\text{dientes}}$

F_c es de 1 solo diente, por 6 del principio.

$\Rightarrow P_r = 4.74 \cdot 36 \cdot \underline{V_{\text{max}}} \Rightarrow V_{\text{max}} = \frac{P_r}{F_c \cdot 36} = 3.71 \text{ m/s}$

② $P_r = u \cdot TRM \cdot \frac{n}{\text{dientes}}$

$\Rightarrow TRM = \underline{V \cdot w \cdot t_0}$

$\downarrow$
max

$\Rightarrow P_r = u \cdot w \cdot t_0 \cdot V \cdot \frac{n}{\text{dientes}}$

$\Rightarrow V_{\text{max}} = \frac{P_r}{u \cdot w \cdot t_0 \cdot 36} \left(\frac{\text{mm}}{\text{s}} \right)$

$\Rightarrow V_{\text{max}} = 3687 \frac{\text{mm}}{\text{s}} = 3.69 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

(ERR $\approx 1.9\%$)

(d) Velocidad de Avance Vertical

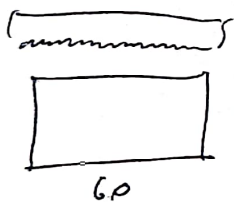
3

$$f_v = V_c \cdot t_o \cdot \frac{\# \text{ dents}}{\text{mm}} \rightarrow 0.00053 \text{ mm/dente} \cdot \frac{16}{10} \frac{\text{dents}}{\text{mm}} \rightarrow 1.1 \text{ mm/s}$$

$$f_v = 0.35 \left[\frac{\text{mm}}{\text{s}} \right]$$

(e) Tiempo para cortar la pieza

→ Tenemos un largo de trabajo de ~~12~~ 12 mm.



$$t_{\text{cort}} = \frac{L}{f_v} = \frac{12}{0.35} = 34.3 \text{ s}$$

(2) Deformación cortante γ y largo teórico de viruta L_c

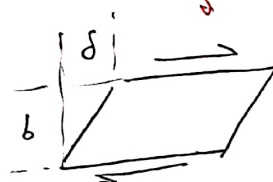
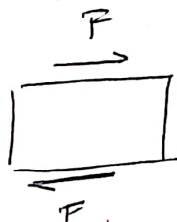
$$\gamma = \cot(\phi) - \tan(\phi - \alpha) \quad \bullet \quad \beta = \tan^{-1}(\mu)$$

$$\bullet \quad \phi = 45 + \frac{\alpha}{2} - \frac{\beta}{2}$$

$$\rightarrow \beta = 31^\circ$$

$$\rightarrow \phi = 35.5^\circ$$

$$\gamma = 1.023$$



$$\gamma = \frac{\delta}{b}$$

Para el largo teórico de viruta
debemos obtener r_z

r potes obtenidos de

$\tan(\phi) = \frac{r \cos(\alpha)}{1 - r \sin(\alpha)}$, con lo que podemos calcular

$r = \frac{t_o}{t_c} = \frac{L_c}{L_o}$

$\rightarrow \tan(35.5^\circ) = \frac{r \cos(15^\circ)}{1 - r \sin(15^\circ)} \rightarrow r = 0.62$

$\Rightarrow 0.62 = \frac{t_o}{t_c} \rightarrow t_c = 0.00085 \text{ mm}$

$\hookrightarrow r = \frac{L_c}{L_o} \rightarrow \boxed{L_c = 60 \cdot 0.62 = 37.2}$
 $\rightarrow$ largo de la pieza en el estado de corte

(3) Potencia consumida por fricción

$\hookrightarrow$ Podemos estimar directamente la fricción de Energía que se disipa en la fricción.

Como $F = F_c \sin \alpha + F_t \cos \alpha = 91.49 \text{ N}$
 $\xrightarrow{\text{roca V-H}}$ $\xrightarrow{\text{corte}}$ $\xrightarrow{\text{Empuje.}}$

$\rightarrow$ Trabajo en el corte $\rightarrow F_c \cdot L_o \rightarrow$ largo de la operación de corte

$\rightarrow$ Trabajo perdido a roca $\rightarrow F \cdot L_c \rightarrow$ largo de la viruta

De igual forma, la potencia directamente se puede seguir la
como

→ Potencia a corte

$$P_c = F_c \cdot V$$

→ Potencia en roce

$$P_{roce} = F \cdot V_c$$

Notar
que estamos
trabajando
en el caso

Dado $V_c = V \cdot r = 0.682$

de acuerdo de
todos los datos
en el material

⇒ Por el lado de las energías, tenemos que

$$\rightarrow E_c = 170.64 \text{ N} \cdot 60 \text{ mm} = 10.24 \text{ J}$$

$$\rightarrow E_{roce} = 91.49 \text{ N} \cdot 37.2 \text{ mm} = 3.4 \text{ J}$$

$$\% \text{ Potencia en roce} = 1 - \frac{E_{roce}}{E_c}$$

$$= 1 - \frac{3.4}{10.24}$$

$$\% \text{ potencia} = \frac{6.84}{10.24} = 33.2 \%$$

⇒ Por el lado de la potencias

$$\rightarrow P = F_c \cdot V = 170.64 \text{ N} \cdot 1.1 \text{ m/s} = 187.704 \text{ W}$$

$$\rightarrow P_{roce} = F \cdot V_c = 91.49 \text{ N} \cdot 0.682 \text{ m/s} = 62.396 \text{ W}$$

$$\% \text{ potencia} = 33.2 \%$$

(4) Esfuerzo por deformación constante τ y el esfuerzo por deformación en la base de cada diente.

6

• τ es el esfuerzo que ocurre en el plano de deformación definido por ϕ

$$\tau = \frac{F_s}{A_s} \quad \text{donde}$$

$$F_s = F_c \cos \phi - F_t \sin \phi$$

$$A_s = \frac{t_o \cdot w}{\sin \phi}$$

$$\rightarrow F_s = 110.46 \text{ N}$$

$$\rightarrow A_s = 0.049 \text{ mm}^2$$

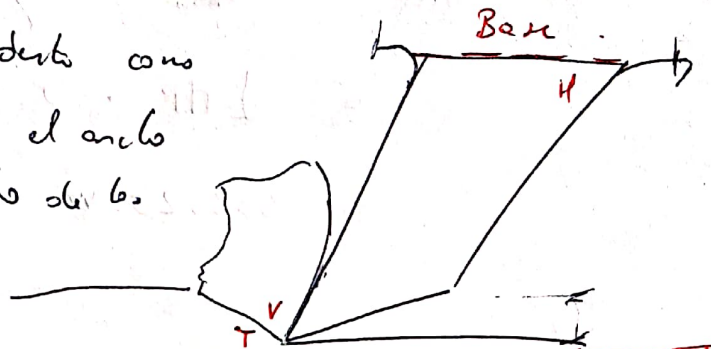
$$\rightarrow \tau = \frac{F_s}{A_s} = 2241.25 \text{ MPa}$$

• Para la deformación constante en la base del diente tenemos en consideración lo siguiente.

$\rightarrow$ el corte ocurre paralelo a la superficie de trabajo, i.e., la fuerza de corte es completamente horizontal.

$\rightarrow$ Consideramos la base del diente como la superficie que comprende el arco de la suma o el espejado de los dientes.

Entonces.



$$A_{\text{diente}} = 1.5 \text{ mm} \cdot 1.6 \frac{\text{mm}}{\text{diente}}$$

$$A_{\text{ab.}} = 2.5 \text{ mm}^2 \cdot 36 = 90$$

Importante nota
se puede trabajar con Dientes individuales o todos los activos pero consistentemente !!

$$\Rightarrow \tau_{\text{corte/diente}} = \frac{F_c}{A_{\text{ab.}}} = \frac{170.64 \text{ N}}{90 \text{ mm}^2} = 1.896 \text{ MPa}$$