

XIII. TRANSMISION DE ROTACIONES POR ORGANOS FLEXIBLES.

23. CORREAS Y POLEAS.

1. CORREAS Y POLEAS. ESTUDIO CINEMATICO.

Supongamos una polea o tambor, tal como el de la fig.23.1, sobre el cual, arrollamos un órgano flexible, correa, cinta o cable, de cuyos extremos penden los pesos T_1 y T_2 , fig.23.1.

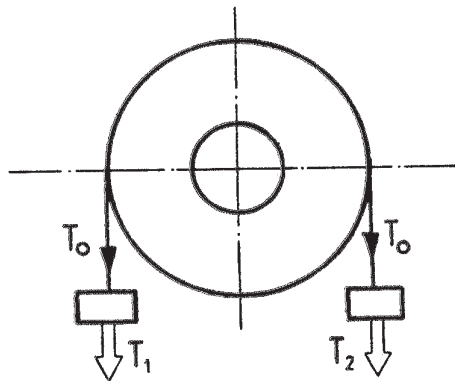


fig.23.1

La correa en virtud de las tensiones en sus ramales se adapta a la polea, provocándole una tensión normal, entre sus superficies de contacto, y en la que se puede observar que:

a) Si $T_1 = T_2$, nos encontramos en equilibrio, y por tanto las superficies en contacto quedan inmóviles.

b) Si $T_1 \neq T_2$, se provoca un movimiento de la correa sobre la polea, en el sentido de la mayor de las tensiones y en virtud de la fuerza de rozamiento que aparece entre las superficies de la correa y la polea, ésta última se pone en movimiento, siempre y cuando la presión normal ejercida, multiplicada por el coeficiente de rozamiento nos dé un momento mayor que

las resistencias que se oponen al movimiento.

Si por ejemplo, $T_2 > T_1$, la polea se impulsará por un esfuerzo tangencial que valdrá

$$P = T_2 - T_1 = F_t \quad (23.1)$$

y este esfuerzo tangencial nos dará un momento torsor

$$M_t = P \cdot R = F_t \cdot R \quad (23.2)$$

Si suponemos ahora que un elemento flexible abraza a dos poleas montadas sobre ejes paralelos, alrededor de los cuales pueden girar, el movimiento podrá transmitirse de un eje a otro, siempre que exista una tensión inicial T_0 y una diferencia de tensión ($T_1 \neq T_2$) entre los dos ramales.

Si la correa abraza a las poleas como en la fig.23.2, se la llama **correa abierta**, y la rotación de las dos poleas se realiza en el mismo sentido, como si se tratara de un engranaje interior.

Si la correa abraza a las poleas como en la fig.23.3, se llama **correa cruzada**, y el sentido de rotación es inverso en ambas poleas, como si se tratara de un engranaje exterior.

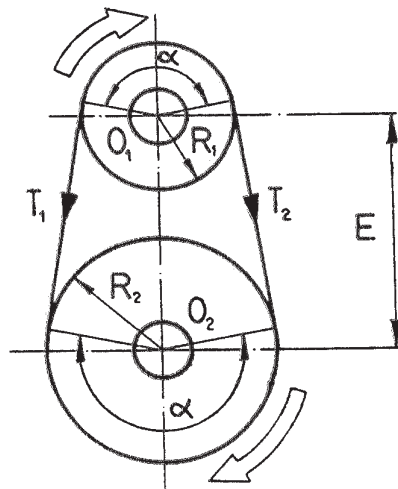


fig.23.2

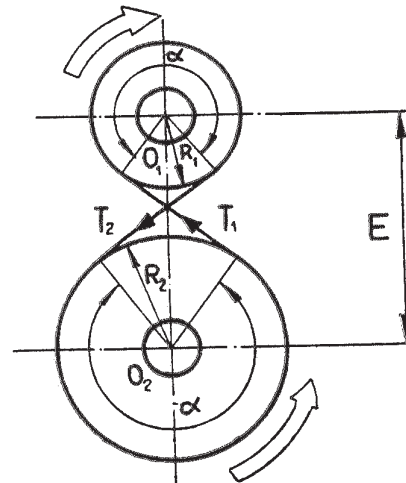


fig.23.3

La disposición a base de correas se usa cuando la distancia entre ejes E es considerable.

Las relaciones cinemáticas que conexionan el movimiento de las poleas, han de ser:

$$\mu = \frac{\omega_1}{\omega_2} \quad \begin{aligned} v_{t1} &= \omega_1 \cdot R_1 \\ v_{t2} &= \omega_2 \cdot R_2 \end{aligned} \quad (23.3)$$

y la velocidad tangencial ha de ser la misma

$$v_{t1} = v_{t2}$$

$$\omega_1 \cdot R_1 = \omega_2 \cdot R_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad \Rightarrow \quad \mu = \frac{D_2}{D_1} \quad (23.4)$$

$$2 \cdot \pi \cdot n_1 \cdot R_1 = 2 \cdot \pi \cdot n_2 \cdot R_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{n_1}{n_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Estas relaciones no son rigurosamente exactas, dado que el diámetro de la polea debe aumentarse en el espesor del elemento flexible, ya que la fibra neutra de estos elementos es lo que lleva la velocidad prevista, por lo que las relaciones cinemáticas serán, llamando "e" al espesor de la correa.

$$\mu = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_1 + e}{d_2 + e} = \frac{r_2 + \frac{e}{2}}{r_1 + \frac{e}{2}} \quad (23.5)$$

Llamaremos α al ángulo que es abrazado por la correa en la polea. Siempre tendremos en cuenta el menor valor de α , que corresponderá a la

polea de menor diámetro.

El deslizamiento que se pueda producir entre la polea y la correa se puede compensar aumentando el radio de la polea conductora entre un 2% y un 5%.

2. TENSIONES EN LOS RAMALES.

Sea T_0 la tensión inicial necesaria para transmitir el movimiento en ese instante, T_1 la tensión en el ramal conducido (es el que permanece destensado), T_2 la tensión en el ramal conductor (es el que permanece tensado), f el valor del coeficiente de rozamiento, α el ángulo abrazado por la polea de menor diámetro, y F_t la fuerza tangencial, fig.23.4.

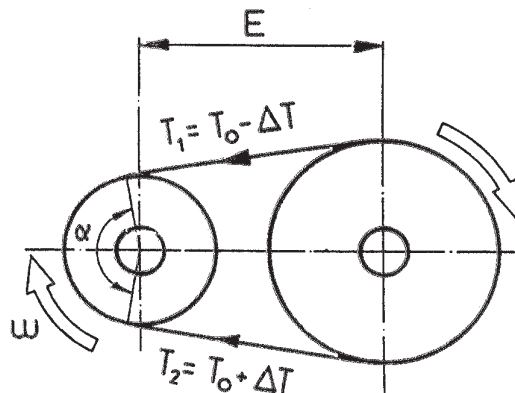


fig.23.4

Tenemos que al ponerse en marcha, el valor de T_0 pasa a ser de $T_0 + \Delta T$ y en el otro ramal $T_0 - \Delta T$, es decir que:

$$T_0 + \Delta T = T_2$$

$$T_0 - \Delta T = T_1$$

sumando ambas expresiones tenemos que

$$2 \cdot T_o = T_2 + T_1$$

y despejando T_o

$$T_o = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (23.6)$$

Sabemos de los frenos de cinta que la tensión en el ramal conductor nos viene dada por la expresión:

$$T_2 = T_1 \cdot e^{\alpha \cdot f}$$

si este valor lo sustituimos en la expresión T_o , queda:

$$T_o = \frac{T_1 + T_1 \cdot e^{\alpha \cdot f}}{2} = \frac{T_1}{2} (1 + e^{\alpha \cdot f}) \quad (23.7)$$

También podríamos haber llegado a la misma expresión de T_o , utilizando la deformación de la correa, por la ley de Hooke sabemos que la deformación nos viene dada por la expresión

$$\delta = \frac{P \cdot l}{A \cdot E}$$

luego sustituyendo en ambos ramales:

$$\delta_2 = \frac{(T_2 - T_o) \cdot l}{A \cdot E}$$

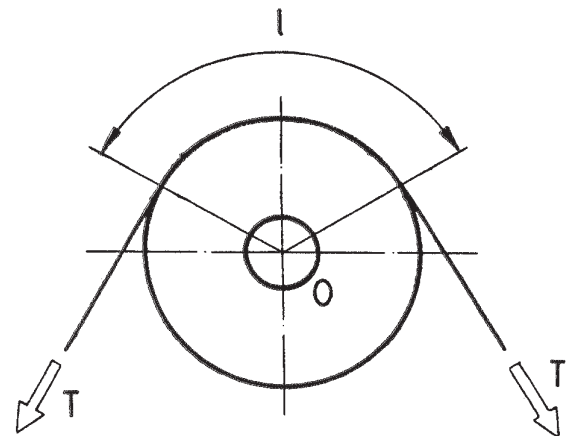


fig.23.5

$$\delta_1 = \frac{(T_o - T_1) \cdot l}{A \cdot E}$$

igualando las dos expresiones obtenemos:

$$\frac{(T_2 - T_o) \cdot l}{A \cdot E} = \frac{(T_o - T_1) \cdot l}{A \cdot E}$$

y despejando

$$T_2 - T_o = T_o - T_1 \Rightarrow 2 \cdot T_o = T_1 + T_2 \Rightarrow T_o = \frac{T_1 + T_2}{2} \quad (23.8)$$

La potencia máxima que podemos transmitir nos vendrá dada por:

$$\begin{aligned} N_c &= M_t \cdot \omega \\ M_t &= F_t \cdot R \\ N_c &= F_t \cdot R \cdot \omega \\ F_t &= T_2 - T_1 \Rightarrow N_c = (T_2 - T_1) \cdot R \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \\ \omega &= \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot e^{a \cdot l} \end{aligned}$$

$$N_c = (T_1 \cdot e^{a \cdot l} - T_1) \cdot R \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = T_1 \cdot (e^{a \cdot l} - 1) \cdot R \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \quad (23.9)$$

El valor de a lo podemos obtener con las siguientes expresiones:

✓ a) Correas abiertas: $\alpha = \pi - 2 \arctan \left(\frac{R - r}{E} \right)$

$$\checkmark \text{ b) Correas cruzadas: } \alpha = \pi + 2 \arctan \left(\frac{R - r}{E} \right) \quad (23.10)$$

3. CALCULO DE LAS CORREAS.

Para el cálculo de la correa vamos a utilizar tres tensiones, σ_I , σ_{II} , σ_{III} , debidas a diferentes efectos pero primero debemos calcular la tensión máxima T_2 , que ha de aguantar la correa.

El valor de T_2 lo obtenemos en función de la fuerza tangencial, el ángulo abrazado α y el coeficiente de rozamiento:

$$T_2 - T_1 = F_t$$

$$\Rightarrow T_2 - \frac{T_2}{e^{\alpha \cdot f}} = F_t \Rightarrow T_2 = \frac{F_t}{1 - 1/e^{\alpha \cdot f}} \Rightarrow$$

$$\frac{T_2}{T_1} = e^{\alpha \cdot f}$$

$$T_2 = F_t \frac{e^{\alpha \cdot f}}{e^{\alpha \cdot f} - 1} \quad (23.11)$$

3.1. Efecto debido a la máxima tensión.

Siendo σ_1 la máxima tensión, llamamos S a la sección transversal de la correa, e al espesor y b a la anchura, tenemos que:

$$\sigma_1 = \frac{T_2}{e \cdot b} \quad (23.12)$$

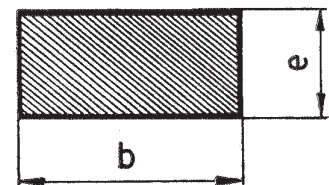


fig.23.6

3.2. Efecto debido a la fuerza centrífuga.

La correa debido a la fuerza centrífuga, tiende a despegarse del tambor sobre el que gira. Para este estudio, consideramos la polea de menor diámetro, puesto que será la que mayor número de vueltas dé, es decir, la que mayor fuerza centrífuga tiene.

Sea la correa semicircular de la fig.23.7, "G" el centro de gravedad de la misma, suponemos que toda la masa de dicha correa está concentrada en el punto G.

$$F_c = m \cdot j_c = m \cdot \omega^2 \cdot r_G$$

m = masa

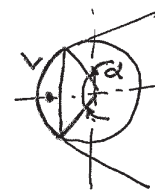
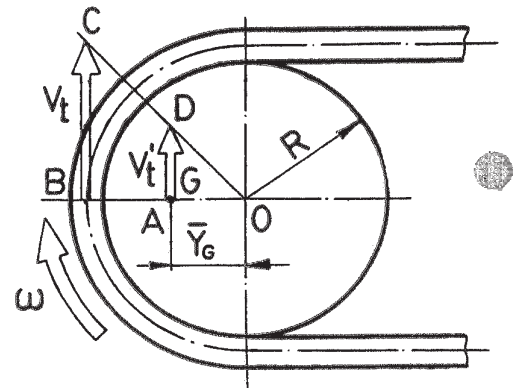
j_c = aceleración centrífuga

ω = velocidad angular

$$\omega = \frac{v'_t}{r_G}$$

$$Y_G = \frac{\text{Apotema} \times \text{Cuerda}}{\text{Longitud}} = \frac{R \cdot 2 \cdot R}{\pi \cdot R} = \frac{2 \cdot R}{\pi} = r_G \quad \text{fig.23.7}$$

por lo tanto tenemos:
$$F_c = m \frac{v_t'^2}{r_G}$$



$$r_G = \frac{\text{Cuerda}}{\alpha} = \frac{R \cdot \text{Cuerda}}{L} \quad (23.13)$$

De los triángulos OAD y OBC tenemos que:

$$\frac{v_t}{R} = \frac{v'_t}{r_G} \Rightarrow \frac{v_t}{R} = \frac{v'_t}{2 \cdot R / \pi} \Rightarrow v'_t = \frac{2 \cdot v_t}{\pi}$$

$$Y_g = r = \frac{2 \cdot R}{\pi}$$

sustituyendo en la ecuación v'_t y r , nos queda:

$$F_c = m \frac{\frac{2^2 \cdot v_t^2}{\pi^2}}{\frac{2 \cdot R}{\pi}} = m \frac{2 \cdot v_t^2}{\pi \cdot R} \quad (23.14)$$

y como $m = P/g$, siendo P el peso de la zona de la polea sometida a fuerza centrífuga

$$F_c = \frac{2 \cdot P \cdot v_t^2}{g \cdot \pi \cdot R} \quad (23.15)$$

la tensión resultante $\sigma_{||}$ será:

$$\sigma_{||} = \frac{F_c}{2 \cdot e \cdot b} = \frac{P \cdot v_t^2}{e \cdot b \cdot g \cdot \pi \cdot R} = \frac{S \cdot v_t^2}{g} \quad (23.16)$$

3.3. Efecto debido a la flexibilidad.

Sea la correa semicircular de la fig.23.8, sobre la polea menor, en la cual tomamos los siguientes puntos:

AO' - longitud medida sobre la línea neutra

A'B'- deformación originada

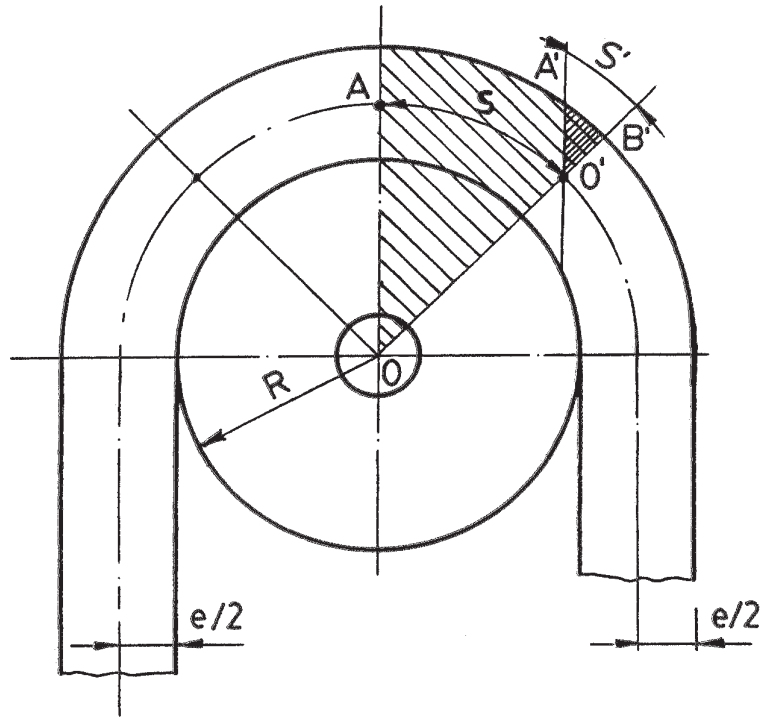


fig.23.8

Del triángulo $\triangle AO'B$ y del $\triangle A'B'O'$ por ser semejantes tenemos:

$$\frac{s}{AO} = \frac{s'}{A'O'}$$

$$AO = R + e/2 \quad ; \quad A'O' \approx e/2$$

$$\epsilon = \frac{s'}{s} = \frac{e/2}{R + e/2} = \frac{e}{2R + e}$$

(23.17)

Por la ley de Hooke:

$$\epsilon = \frac{\sigma_{III}}{E}$$

(23.18)

$$M_f = E I_f \frac{1}{\rho} =$$

$$\sigma_{II} = \frac{M_f \cdot y_{max}}{I_f} = \frac{E \cdot y_{max}}{\rho} = \frac{E \cdot e/2}{R + e/2}$$

$$\sigma_{III} = \frac{E \cdot e}{2R + e}$$

por lo que igualando (23.17) y (23.18):

$$\epsilon = \frac{e}{2 \cdot R + e} = \frac{\sigma_{III}}{E} \Rightarrow \sigma_{III} = E \frac{e}{2 \cdot R + e} \quad (23.19)$$

Por tanto, la tensión total es:

$$\sigma_{tc} = \sigma_I + \sigma_{II} + \sigma_{III} \leq \sigma_{adm}$$

$$\sigma_{tc} = \frac{T_2}{e \cdot b} + \frac{P \cdot v_t^2}{e \cdot b \cdot g \cdot \pi \cdot R} + \frac{E \cdot e}{2 \cdot R + e} \leq \sigma_{adm} \quad (23.20)$$

El espesor de la correa puede variar de 4 ÷ 6 mm (el promedio es 5 mm).

La tensión de trabajo para una correa de cuero oscila de 0.015 N/mm² a 0.03 N/mm².

El coeficiente de rozamiento f varía entre 0.22 y 0.28.

4. METODOS PARA AUMENTAR EL ANGULO ABRAZADO POR LA CORREA.

En la expresión

$$T_2 = T_1 \cdot e^{\alpha \cdot f} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = e^{\alpha \cdot f} \quad (23.21)$$

vemos que T_2 depende del ángulo abrazado. Cuanto mayor sea éste, mayor será el cociente y mejor se realizará la transmisión.

Para aumentar el ángulo abrazado se utilizan diversos métodos:

7. MATERIALES PARA CORREAS.

Las correas de transmisión pueden ser de cuero curtido, caucho, algodón con goma elástica o con balata, y para mecanismos pequeños de ciertos plásticos.

Las características de las de cuero y caucho son las siguientes:

Cuero.

Se construye de dos a tres capas.

Módulo de elasticidad: $E = 0.3 \div 0.7 \text{ N/mm}^2$

Espesor: $e = 4 \div 6 \text{ mm}$

Fatiga admisible: $\sigma = 0.04 \div 0.044 \text{ N/mm}^2$ dependiendo del cuero

Peso específico: $\gamma = 1 \text{ kg/dm}^3$

Coef. de rozamiento: $f = 0.22 \div 0.28$ (cuero-madera, cuero-fundición)

Se ha demostrado que el coeficiente de rozamiento de las correas de cuero y de las que tienen capas de cuero varía en función de la velocidad. Esto se debe a la dificultad que tiene el cuero para recuperarse de la deformación sufrida por la flexión a que se le somete. La expresión para el coeficiente de rozamiento es:

$$f = 0.22 + f_A \cdot v_t$$

siendo f_A el factor de adherencia que vale 0.012 por la cara suave y 0.02 por la cara rugosa y v_t la velocidad tangencial en m/s.

Caucho.

Espesor: $e = 12 \div 20 \text{ mm}$

Peso específico: $\gamma = 1.23 \text{ kg/dm}^3$

8. MONTAJE.

Las correas deben ser estiradas antes de su uso, para que adquieran elasticidad, y se las dará una tensión inicial que suele ser de 1.8 N/mm^2 a 2 N/mm^2 , para conseguir el movimiento sin deslizarse.

La posición de la correa debe ser horizontal, y tanto si está así como inclinado, el ramal conductor debe ser el inferior para aumentar el ángulo abrazado α , al quedar flojo el ramal superior o conducido.

El diámetro de la polea debe ser mayor que 50 veces el espesor de la correa, y la distancia entre ejes igual o mayor que cuatro veces el diámetro de la polea mayor, tanto mayor sea la relación de transmisión. Estas dos reglas no se suelen cumplir en el caso de transmisiones por motores eléctricos, y en el caso de correas trapeciales.

El ángulo abrazado de la polea menor ha de ser mayor de 160° , recurriendo en caso necesario al empleo de rodillos tensores, que se colocarán junto a la polea menor.

En correas trapeciales se abraza siempre un ángulo mayor de 120° y no precisan rodillo.

La relación de transmisión ideal está comprendida entre $1/3$ y $1/5$, aunque en el caso de transmisiones con motores eléctricos, con correas horizontales se llega de 1 a 8, y con correa trapezoidal de 1 a 12.

9. LONGITUD DE LA CORREA.

Su determinación se reduce en todos los casos a la resolución de un sencillo problema de geometría.

Sea E la distancia entre ejes, L la longitud de la correa. Los casos que se presentan son:

a) Correa abierta.

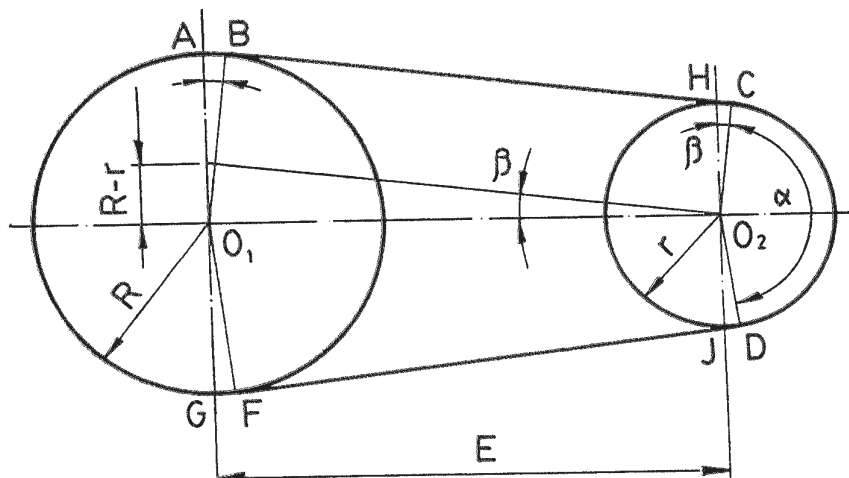


fig.23.14

$$L \approx \overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD} + \overline{DF} + \overline{FG} + \overline{GA} = \overline{GA} + 2 \cdot \overline{AH} + 2 \cdot \overline{HC} + \overline{CD}$$

$$\overline{GA} + 2 \cdot \overline{HC} + \overline{CD} = \pi \cdot R + \pi \cdot r = (R + r) \cdot \pi$$

$$\overline{AB} + \overline{BH} = \sqrt{(R - r)^2 + E^2}$$

$$\alpha = \pi - 2 \cdot \beta \Rightarrow \beta = \arctan \frac{R - r}{E}$$

$$L \approx \pi (R + r) + 2 \sqrt{(R - r)^2 + E^2} \quad (23.26)$$

b) Correa cruzada.

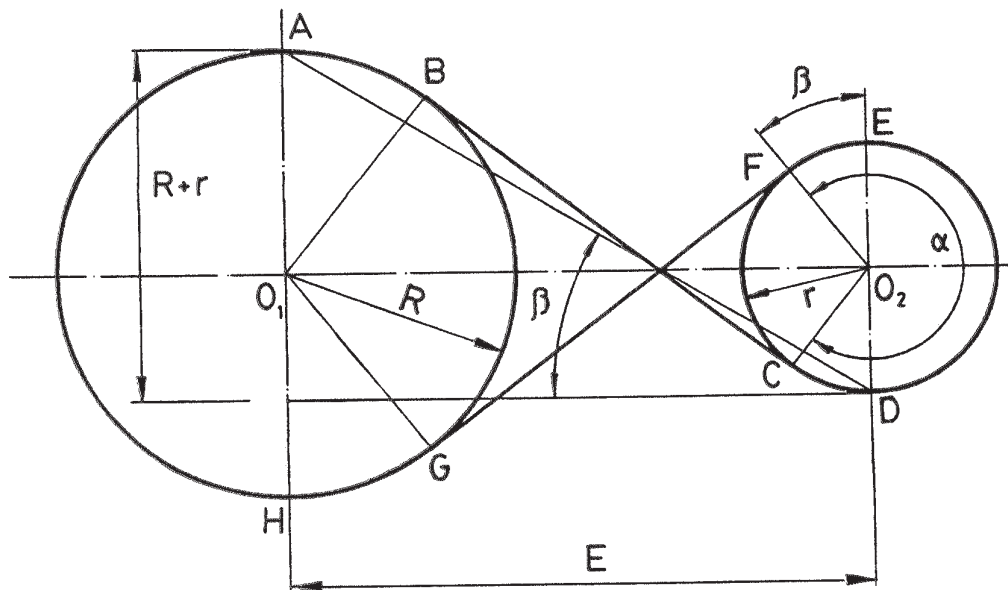


fig.23.15

$$L = \overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD} + \overline{DE} + \overline{EF} + \overline{FG} + \overline{GH} + \overline{HA}$$

$$L \approx \overline{HA} + 2 \cdot \overline{AD} + \overline{DE}$$

$$\overline{HA} + \overline{DE} = \pi \cdot R + \pi \cdot r = \pi \cdot (R + r)$$

$$2 \cdot \overline{AD} = 2 \cdot (\overline{AB} + \overline{BC} + \overline{CD}) \simeq 2 \sqrt{(R + r)^2 + E^2}$$

$$\alpha = \pi + 2 \cdot \beta \Rightarrow \beta = \arctan \frac{R + r}{E}$$

$$L \simeq \pi (R + r) + 2 \sqrt{(R + r)^2 + E^2} \quad (23.27)$$

10. CINTAS METÁLICAS.

Se utilizan para transmitir potencias superiores a 50 C.V. Están construidas con acero al carbono templado, cuya tensión de rotura puede ser mayor de 1300 N/mm².

El espesor varía entre 0.3 mm y 1.1 mm, y el ancho de 80 mm a 250 mm.

El deslizamiento está entre un 0.1% y un 0.5% de pérdidas.

El rozamiento se puede aumentar revistiendo la cara en contacto con la polea, con láminas de corcho o recubrimientos plásticos.

No se aplican para diámetros inferiores a 50 mm.

11. MONTAJE.

El montaje de las cintas metálicas debe hacerse con ejes paralelos, y nunca con poleas locas y correas cruzadas o semicruzadas, ya que rompería por fatiga rápidamente; ni en conos de poleas, ya que obligaríamos a la cinta a tener forma espiral.

En posición cruzada pueden emplear, si el punto de cruce está a una distancia de la polea menor, mayor que cuatro veces el diámetro de la mayor, medida desde el eje de la polea menor al punto de cruce.

El montaje ha de ser rigurosamente verificado y la longitud total de la cinta será:

$$L = \geq 0.75 \cdot v \quad (23.28)$$

Para grandes potencias pueden montarse dos cintas en paralelo, de longitudes rigurosamente iguales.

12. PERDIDAS DE TRABAJO EN LOS COJINETES.

Si los dos ramales son paralelos, la carga sobre cada eje es:

$$C_o = T_2 + T_1 = 2 \cdot T_o$$

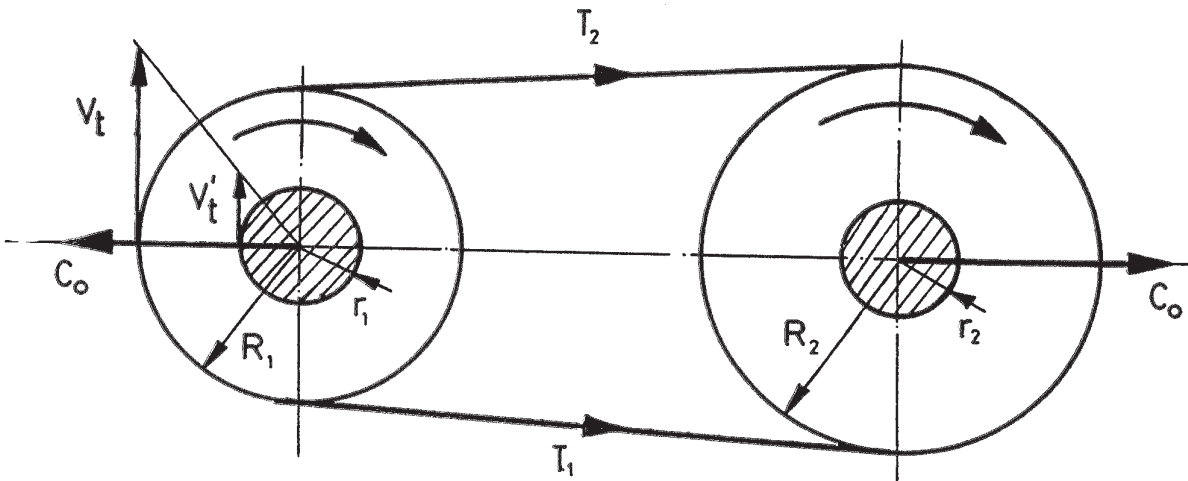


fig.23.16

El trabajo perdido o la potencia perdida en cada polea, prescindiendo del deslizamiento será:

- En el apoyo 1:

$$N_{C1} = F_{r1} \cdot v'_t$$

$$F_{r1} = C_o \cdot f_1 = 2 \cdot T_o \cdot f_1$$

$$\Rightarrow N_{C1} = 2 \cdot T_o \cdot f_1 \frac{r_1}{R_1} v_t \quad (23.29)$$

$$\frac{v_t}{R_1} = \frac{v'_t}{r_1} \Rightarrow v'_t = \frac{r_1}{R_1} v_t$$

- En el apoyo 2:

$$N_{c2} = 2 \cdot T_o \cdot f_2 \frac{r_2}{R_2} v_t \quad (23.30)$$

La potencia perdida total será:

$$N_t = 2 \cdot T_o \cdot v_t \left(\frac{f_1 \cdot r_1}{R_1} + \frac{f_2 \cdot r_2}{R_2} \right) \quad (23.31)$$

Por lo tanto, el rendimiento será:

$$\eta = \frac{\tau_u}{\tau_m} = \frac{\tau_m - \tau_p}{\tau_m} = 1 - \frac{\tau_p}{\tau_m} \quad (23.32)$$

$$\tau_m = F_t \cdot v_t$$

$$\tau_p = N_t \cdot v_t$$

$$\eta = 1 - \frac{2 \cdot T_o \left(\frac{f_1 \cdot r_1}{R_1} + \frac{f_2 \cdot r_2}{R_2} \right)}{F_t} \quad (23.33)$$

13. POLEAS PARA CORREAS.

Para el cálculo de la polea se puede seguir el mismo método que

hemos seguido en el cálculo de la rueda de engranajes.

Se construyen de fundición y acero forjado, con llanta nervada o sin nervar, el número de brazos puede oscilar de 4 a 8. También se construyen de acero forjado.

La forma de la polea es la de la fig.23.17, y sus dimensiones más comunes, son:

$$\begin{aligned} \text{Si } \frac{N \text{ (vatios)}}{n \text{ (r/min)}} > 1 &\Rightarrow d = 13.5 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \\ \text{Si } \frac{N \text{ (vatios)}}{n \text{ (r/min)}} < 1 &\Rightarrow d = 13.5 \sqrt[3]{\frac{N}{n}} \end{aligned} \quad (23.34)$$

N_c = potencia a transmitir en vatios

n = r/min del eje que se calcula

$C = 0.02 \cdot d + 4$ (mm)

$\delta = 0.4 \cdot d + (10 \div 15)$ (mm)

$R = d \cdot (8 + \mu)$ (mm)

$B = 1.1 \cdot b + 10$ (mm)

$\sigma \geq 2 + 0.005 \cdot B$ (mm)

Para correas cruzadas: $B = 1.1 \cdot b + 40$ (mm)

- si se hacen fundidas: $C = 0.7 \cdot e + 0.01 \cdot R$ (mm) ó

$$C = 4 + 0.01 \left(b + \frac{R}{4} \right)$$

- si se hacen forjadas: $C = 0.5 \cdot e + 0.007 \cdot R$ (mm) ó

$$C = 0.02 \cdot b + 4 \text{ (mm)}$$

siendo e el espesor de la correa.

Lo mas sencillo es tomar la flecha del bombeo f según las normas DIN, en función del ancho de la polea:

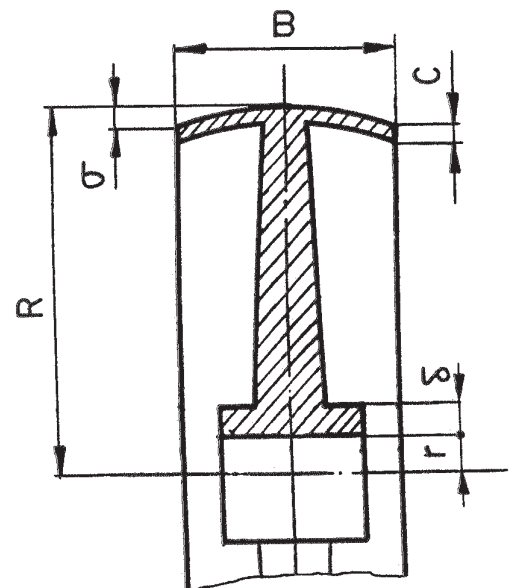


fig.23.17

para $f = 1 \text{ mm}$ $B = 40 \div 100 \text{ mm}$.
 para $f = 1.5 \text{ mm}$ $B = 120 \div 170 \text{ mm}$.
 para $f = 2 \text{ mm}$ $B = 200 \div 230 \text{ mm}$.

Para calcular el número de brazos i , se toma el número más aproximado a:

$$i = 0.6 \frac{R}{d} \quad \text{ó} \quad i = \frac{\sqrt{D}}{7}$$

Si el número de brazos resulta mayor que 6, se hace siempre con un número par de brazos.

14. POLEAS CONICAS Y ESCALONADAS.

Cuando se quiere obtener entre dos ejes una relación de transmisión variable, se montan en las mismas poleas de forma cónica, con pendiente menor o igual al 10%. Al deslizarse la correa paralelamente a los ejes de las poleas, pueden dar relaciones de transmisión variables de R_1/r_1 a R_2/r_2 . Conservando constante la velocidad del motor, pueden obtenerse velocidades distintas en el conducido, según la posición que ocupe la correa. El montaje se puede realizar tanto con correa abierta como con correa cerrada.

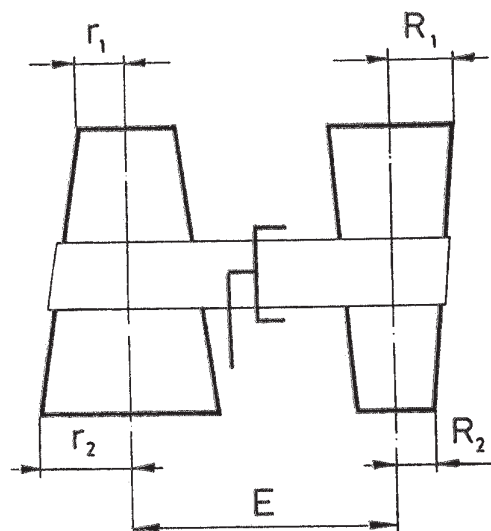


fig.23.18

Es frecuente sustituir los conos por juegos de poleas escalonadas, montadas en el mismo eje, que cumplen igual fin y a las que también se llama cono de poleas. Con las poleas escalonadas, obtenemos una gama de velocidades de forma escalonada, mientras que en la cónica se realiza de una forma progresiva constante, los escalonamientos y la conicidad se hacen inversos, de forma que la longitud de la correa sea única.

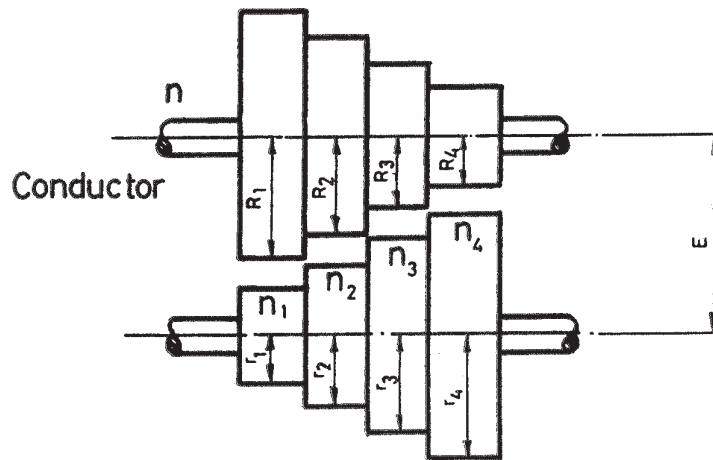


fig.23.19

$$n \cdot R_1 = m_1 \cdot r_1 \Rightarrow \frac{n}{n_1} = \frac{r_1}{R_1} \Rightarrow \frac{n + n_1}{n_1} = \frac{r_1 + R_1}{R_1} = \frac{E}{R_1}$$

$$n \cdot R_2 = m_2 \cdot r_2 \Rightarrow \frac{n}{n_2} = \frac{r_2}{R_2} \Rightarrow \frac{n + n_2}{n_2} = \frac{r_2 + R_2}{R_2} = \frac{E}{R_2}$$

$$n \cdot R_3 = m_3 \cdot r_3 \Rightarrow \frac{n}{n_3} = \frac{r_3}{R_3} \Rightarrow \frac{n + n_3}{n_3} = \frac{r_3 + R_3}{R_3} = \frac{E}{R_3}$$

$$n \cdot R_4 = m_4 \cdot r_4 \Rightarrow \frac{n}{n_4} = \frac{r_4}{R_4} \Rightarrow \frac{n + n_4}{n_4} = \frac{r_4 + R_4}{R_4} = \frac{E}{R_4}$$

Se ha de cumplir que:

$$E = C + R_1 + r_1 = C + R_2 + r_2 = C + R_3 + r_3 = C + R_4 + r_4 \quad (23.35)$$

OBSERVACIONES:

- Las correas escalonadas o cónicas se colocarán siempre en ejes paralelos, con la conicidad invertida; en el centro se cumplirá que $\mu = 1$, aumentando o disminuyendo según se desplace la correa.
- La generatriz de los conos en recta para las correas cruzadas, y ligeramente bombeada para las abiertas.
- Las correas para las disposiciones cónicas deberá ser estrecha, puesto que solo en el centro de la correa es redondeada y existe velocidad exacta.

15. POLEA FIJA Y POLEA LOCA.

Cuando el árbol motor está en movimiento y quiere pararse el conducido, se recurre a montar junto a la polea fija en éste, otra de igual diámetro o ligeramente menor, que no lleva chaveta de fijación, pudiendo así girar loca, o sea, sin arrastrar el eje.

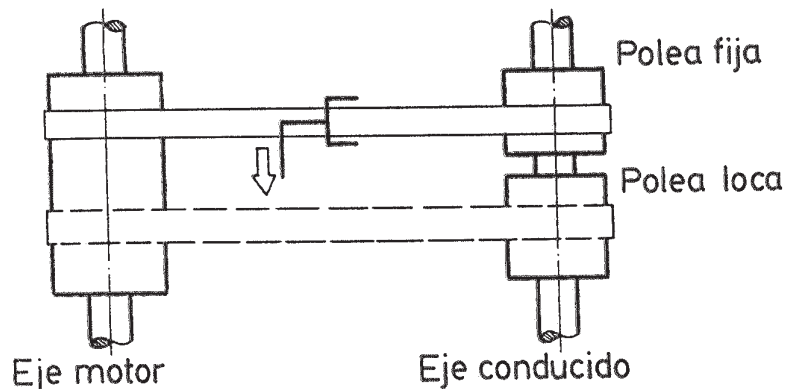


fig.23.20

Al desplazar la correa de la polea fija a la polea loca (moviendo el ramal conducido), dejamos parado el eje conducido sin detener el eje motor.

16. OBSERVACIONES SOBRE EL FUNCIONAMIENTO.

a) El fenómeno de la transmisión por órganos flexibles no es del todo conocido en la actualidad, por intervenir en él un buen número de variables:

- Rozamiento.
- Resistencia específica.
- Deslizamiento.
- Aumento de tensión por flexión en las fibras exteriores.
- Tensión en reposo.
- Valores constantes de cada material que intervienen en forma de coeficientes prácticos.

de

que influyen de diversas formas en los resultados.

b) Si $T_2/T_1 > e^{a \cdot f}$, la correa resbala.

c) La tensión de un ramal en reposo es:

$$T = \frac{\text{Peso} \cdot \text{Longitud (l)}}{8 \cdot \text{Flecha (f)}} \quad (23.36)$$

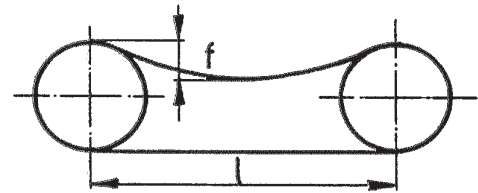


fig.23.21

d) El alargamiento inicial en función de la tensión es:

$$\lambda = l \frac{T_o}{A \cdot E} = 13\% \quad T_o \approx 1.8 \text{ N/mm}^2 \quad (23.37)$$

$E = 1.2 \text{ N/mm}^2$ (módulo de elasticidad en las nuevas)

$E = 2.2 \text{ N/mm}^2$ (módulo de elasticidad en las usadas)

e) El alargamiento de los ramales durante la marcha es distinta, por serlo las tensiones, y ello hace que la velocidad de un punto de cada ramal

sea distinta ($V_2 = V_1$), provocándose un deslizamiento elástico.

$$\frac{V_2 - V_1}{V_2} = \frac{V}{V_2} \approx 2\% \quad \Rightarrow \quad V_1 \approx V_2$$

Este deslizamiento es despreciable en cables y cintas de acero

f) Ha de procurarse un equilibrio perfecto de la polea y un buen asiento de la correa sobre ella.

g) Uno de los ejes debe ser desplazable para poder variar la tensión de la correa. Esta tensión debe ser en reposo de 1.6 a 1.7 N/mm².

17. CORREAS TRAPECIALES.

Su sección es trapezoidal, hechas de caucho y lona y son correas cerradas. Sus dimensiones están estandarizadas por cada casa según catálogos.

Para su colocación sobre las poleas, es necesario que el eje de las poleas permita un pequeño deslizamiento, a fin de que la correa de dimensiones fijas, pueda siempre quedar tensa.

Se construyen con un ancho comprendido entre 10 ÷ 32 mm y espesores de 6 ÷ 19 mm, y otros especiales cuya anchura puede llegar a 51 mm y su espesor a 30 mm.

La correa trapezoidal normal, se aloja en la garganta de la polea, y esta disposición hace que aumente el rozamiento tres veces más que en el caso de las correas planas, permitiendo relaciones de transmisión de 1 a 12, con tal que el ángulo abrazado α , en la polea menor sea mayor que 120°.

Se emplea siempre para transmitir rotaciones en igual sentido (correa abierta). Requieren poca T_2 por ser el valor de f elevado, y dan poca presión en los cojinetes.

La distancia entre ejes E no suele exceder del diámetro de la polea mayor, como distancia mínima entre ejes se puede utilizar la expresión

$$E \geq (\mu - 1) \cdot d \quad \text{siendo} \quad \mu = \frac{D}{d} \quad (23.38)$$

siendo D y d los diámetros de cada polea.

Se pueden utilizar poleas de 3 a 15 gargantas, adecuadas al tipo de correas, y la elección de ésta se hace en función de su desarrollo, diámetro de la polea menor y de la potencia a transmitir, mediante tablas de la casa suministradora.

El desarrollo de la correa, se mide siempre en la fibra neutra, por ser la única que lleva la velocidad teórica, habiendo forzosamente deslizamiento en las demás, y por ello el espesor debe ser siempre pequeño.

El desarrollo se calculará por la expresión:

$$L = \pi (R + r) + 2 \sqrt{E^2 + (R - r)^2} \quad (23.39)$$

Son de marcha silenciosa y la transmisión ocupa un espacio reducido.

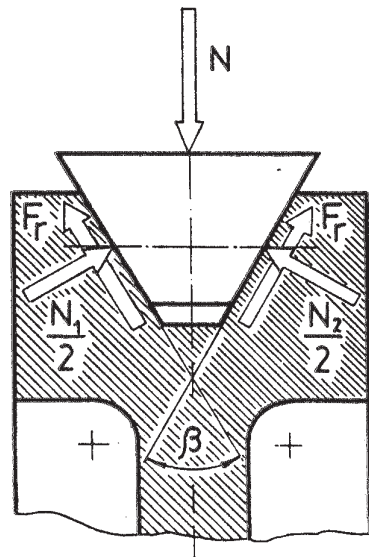
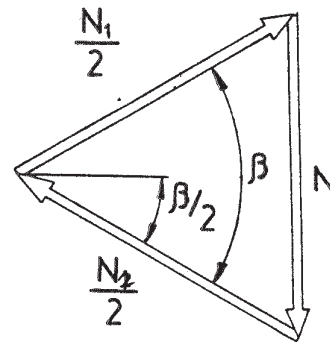


fig.23.22



$$F_R = 2 \int \frac{N_1}{2} = \int N_1$$

Las tensiones en los ramales serán:

$$\left(\frac{N_1}{2} \cos \frac{\beta}{2} \right) 2 = N$$

- 505 -

$$N = N_1 \cos \frac{\beta}{2}$$

$$E = 2 \rho \sin \frac{\beta}{2}$$

$$F_R = f \frac{N}{\sin \frac{\beta}{2}} = \frac{f}{\sin \frac{\beta}{2}} N = f' N \quad f' = \frac{f}{\sin \frac{\beta}{2}}$$

$$N \frac{2 \cdot N_1}{2} \sin \frac{\beta}{2} = N_1 \cdot \sin \frac{\beta}{2} \Rightarrow \frac{N_1}{2} = \frac{N}{2 \sin \beta/2}$$

$$F_r = f \frac{N_1}{2} = f \frac{N}{2 \sin \beta/2} = \frac{N}{2} \frac{f}{\sin \beta/2} = f' \frac{N}{2} \quad (23.40)$$

$f' = f/\sin \beta/2$, será el coeficiente de rozamiento equivalente al de las planas, por lo que T_2 será:

$$T_2 = T_1 \cdot e^{\alpha \cdot f' / \sin(\beta/2)}$$

$$T_2 = T_1 e^{\alpha f'} = T_1 e^{\alpha \frac{f}{\sin \frac{\beta}{2}}}$$

$$M = R \cdot F_t = R(T_2 - T_1) = R \Delta T; T_2 = T_0 + \Delta T; T_1 = T_0 - \Delta T$$

Para comprobarlo, hacemos que la correa trapecial se transforme en una correa plana, con lo que:

$$\beta = 180^\circ$$

$$\frac{\beta}{2} = 90^\circ$$

$$\sin \frac{\beta}{2} = 1$$

$$T_2 = T_1 \cdot e^{\alpha \cdot f/1} = T_1 \cdot e^{\alpha \cdot f}$$

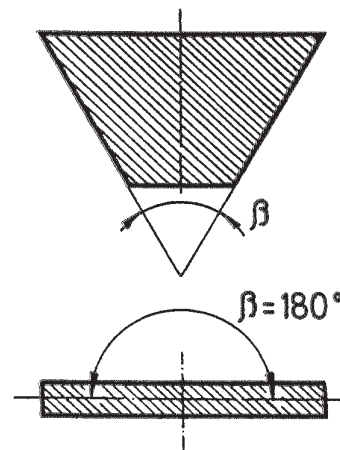


fig.23.23

lo que nos da la misma tensión.