

CLASE 3

Objetivos:

- Elaborar algoritmos de cálculo que permitan diseñar o evaluar las transmisiones por correas.
- Diseñar y evaluar transmisiones.

Contenido:

1. Solución de problemas.

Bibliografía.

Elementos de Máquinas. Dobrovolski
 Elementos de Máquinas. Reshetov.
 Atlas de Diseño. Reshetov
 Material Complementario del Tema de Correas. (Mecaweb)

Problema 1.

Diseñar una transmisión por correas entre un motor y un compresor de 4 cilindros para:

- Transmitir una potencia de $N=6\text{Kw}$
- Una frecuencia de rotación en el motor de $n = 1750\text{rpm}$
- Razón de transmisión $u = 2$.

Criterio de la de Capacidad de trabajo

Potencia de diseño

$$N_D = N_E \cdot f_s$$

$f_s = 1 / C_r$ (Coeficiente de régimen de trabajo $C_r = 0,9$, Tabla 14.10 pág. 239, Dobrovolski). Este coeficiente (C_r) se obtiene de la tabla teniendo en cuenta las características de trabajo de las máquinas motriz y movida. También puede obtenerse directamente el factor de servicio (f_s) en la tabla 3 de la clase 2 de transmisiones por correa.

$$N_D = 6 \text{ Kw} \cdot 1 / 0,9 = 6,66 \text{ Kw.}$$

Calcular la potencia de diseño N_D , no es más que estimar para el diseño una potencia **que siempre será superior o al menor igual** que la potencia nominal de la transmisión, teniendo en cuenta los rigores del trabajo del accionamiento.

Selección del perfil

Nomograma ($N_D= 6,66 \text{ Kw}$, $n=1750 \text{ rpm}$) PERFIL SPZ.

Cuando se ubica el punto en el nomograma es importante observar el lugar en que se encuentra dentro de la zona marcada con un perfil. Si se encuentra próxima a la

frontera con la otra zona de perfil mayor, esto indica que podrá emplearse el perfil dado pero de seguro requerirá más de una correa, por lo que podría calcularse la transmisión con el perfil de la zona próxima por exceso. El nomograma es sólo una primera orientación.

Determinar diámetros

$$d_1 > d_{\min}$$

$d_1 = 80 \text{ mm}$. Se adopta un diámetro mayor que el mínimo, aunque esto hace que la transmisión sea algo mayor (menos compacta), para garantizar menores esfuerzos de flexión y una mayor duración de la correa.

$$d_2 = d_1 \cdot u = 80 \cdot 2 = 160 \text{ mm}$$

Cálculo de la razón de diámetros (valor aceptado como razón de transmisión nominal)

$$u_{\text{real}} = 160 / 80 = 2$$

Cuando no se requiere una relación de transmisión exacta y en cambio se necesita trabajar con diámetros de poleas normalizadas, al determinar los diámetros de poleas debe ser recalculada la nueva razón de transmisión que pudiera no ser igual a la inicial (teórica).

$$\left| \frac{u - u_{\text{real}}}{u} \right| \cdot 100\% < 5\%$$

Cuando se requiera precisar la razón de transmisión debemos emplear la relación que involucra el coeficiente de deslizamiento s .

$$u_{\text{real}} = \frac{d_2}{d_1(1-s)}$$

Verificar la velocidad

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{6 \cdot 10^4} = 7,33 \text{ m/s} \leq (35 - 45) \text{ m/s}$$

Si aumenta v también aumenta la frecuencia de flexiones por segundo, se incrementa el esfuerzo por fuerza centrífuga y baja la duración. En caso de no cumplirse la condición deben ser recalculados los diámetros o modificado el accionamiento.

Determinación de la distancia entre centros

Para la determinación de la distancia entre centros, se puede emplear la expresión:

$$a_{rec} = 1,5 \frac{D_2}{\sqrt[3]{u_{real}}} = 1,5 \frac{160}{\sqrt[3]{2}} = 190,49 \text{ mm}$$

Esto es sólo una orientación. Debe garantizarse que las poleas no queden muy próximas por lo que:

$$a_{rec} \geq (0,7 \dots 0,8)(D_1 + D_2) = (168 \dots 192) \text{ mm}$$

$$a_{preliminar} = 190 \text{ mm}$$

Cálculo de longitud de la correa.

(Tabla 14,6 pág.236). Depende de la cantidad de poleas y su distribución.

$$L = 2a + \frac{\pi}{2}(D_2 + D_1) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4a} = 773,833 \text{ mm}$$

Normalizando por la serie R40, o por las longitudes que oferte el fabricante en su catálogo. $L_N = 800 \text{ mm}$ (pág. 74 Dobrovolski)

Reajustando la distancia entre centros a

$$a = a_{preliminar} + \frac{L_N - L}{2} = 190 + \frac{800 - 773,833}{2} = 203,08 \text{ mm}$$

Como se puede observar la distancia entre centros de la transmisión es mayor que la preliminar ya que la longitud normalizada de la correa seleccionada es mayor que la calculada. La distancia entre centros de la transmisión será **a = 203,0835mm**, este valor comúnmente no se redondea, esto sólo se hace si el tipo de tensado que se le de a la correa lo permite. Ver epígrafe **Dispositivos tensores**, pág. 231 Dobrovolski.

Determinación del ángulo de contacto.

$$\alpha = 180^\circ - \frac{(D_2 - D_1)}{a} \cdot 60 = 180^\circ - \frac{(160 - 80)}{203,0835} \cdot 60 = 156,3644 > 120^\circ$$

Cálculo de los coeficientes C_L y C_α

$$C_\alpha = 0,55 + 0,0025\alpha = 0,55 + 0,0025(156,364) = 0,94$$

$$C_L = \sqrt[6]{\frac{L_N}{L_o}} = \sqrt[6]{\frac{800}{1600}} = 0,89$$

La longitud de referencia L_o se obtiene de las tablas 4...7, para correas de perfil estrecho y las tablas 12 ...15 para correas de perfil normal, de potencia unitaria de la clase 2. Esta longitud es la tomada por los fabricantes para los ensayos de capacidad de carga y se informan en los catálogos para cada perfil.

Ambos coeficientes son **menores que 1** ya que el ángulo de contacto es menor de **180°** y la longitud de la correa menor que L_o . Esto refleja que por estos dos criterios la capacidad de trabajo sufre afectaciones.

Comprobación de los ciclos de flexión.

$$i_f = 1000 \cdot c \frac{v}{L_n} \quad (s^{-1})$$

v velocidad [m/s]

L_n Longitud de la correa [mm]

$$i_f = 1000 \cdot 2 \frac{7,33}{800} = 18,32 \text{ flexiones / s}$$

$$i_f = 18,32 < 60 \text{ flexiones / s}$$

Determinación del número de correas a emplear.

$$z = \frac{N_E f_s}{(N_c + N_{ad}) c_\alpha c_L}$$

Para determinar el número de correas a emplear es necesario conocer la potencia unitaria y la adicional.

Potencia unitaria:

Se busca en las tablas 4...7, para correas de perfil estrecho y las tablas 12 ...15 para correas de perfil normal, de la clase 2 o en los catálogos con que se trabaje, en función del **diámetro menor** de las ruedas conductoras o conducidas, sin tener en cuenta los tensores, **la frecuencia de rotación** del eje de dicha polea y el **perfil** de la correa.

Perfil: SPZ

Diámetro menor : 80 mm

Frecuencia de rotación: 1800 rpm

$N_c = 1.94 \text{ Kw}$

Frecuencia de rotación: 1400 rpm

$N_c = 1.58 \text{ Kw}$

Como **n = 1750 rpm** entonces interpolando. **$N_c = 1,89 \text{ Kw}$**

Potencia adicional:

Se busca en las tablas 8...11 para correas de perfil estrecho, y las tablas 16...19 para correas de perfil normal, de la clase 2 o en los catálogos con que se trabaje, en función de la **relación de transmisión**, de la **frecuencia de rotación** del eje de la polea menor, y el **perfil** de la correa.

Perfil: SPZ

Relación de transmisión: 2

Frecuencia de rotación: 1800 rpm

$N_{ad} = 0.29 \text{ Kw}$

Relación de transmisión: 2

Frecuencia de rotación: 1400 rpm

$N_{ad} = 0.29 \text{ Kw}$

Interpolando para $n = 1750 \text{ rpm}$, $N_{ad} = 0.282 \text{ Kw}$.

Sustituyendo:

$$z = \frac{6,66}{(1,89 + 0,282) \cdot 0,94 \cdot 0,89} = 3,66$$

Se requieren 4 CORREAS.

Cálculo del tensado inicial.

Propuesto por *Good Year*.

$$S_0 = 500 \left(\frac{f_t - c_\alpha}{c_\alpha} \right) \frac{N_E f_s}{z v} + \rho v^2$$

$f_t \rightarrow$ Factor de tensado. Este factor de tensado toma valores desde 2.02 hasta 2.5. Se toma **2,02**

$C_\alpha = 0,94$

$N_E f_s = 6,66 \text{ Kw}$

$Z = 4$

$v = 7,33 \text{ m/s}$

$\rho = 0,07 \text{ kg/m}$, tabla 20 clase 2, con el perfil de la correa (SPZ)

$$S_0 = 500 \left(\frac{2,02 - 0,94}{0,94} \right) \frac{6,66}{4 \cdot 7,33} + 0,07(7,33)^2 = 134,16 \text{ N}$$

La fuerza de tensado inicial recomendada para una correa es de **134,16 N**, para tensar la transmisión debe aplicarse al árbol de la polea una fuerza de **$F_t = 1073,32 \text{ N}$** , porque para obtener en cada ramal de la correa en reposo una tensión S_0 el árbol debe tirarse con una fuerza **$F_T = 2 \cdot Z \cdot S_0$**

Cálculo de Durabilidad:

Cálculo de durabilidad propuesto por *Good Year* en sus catálogos:

$$H = 1477 \frac{L^{1,25}}{v} \left(\frac{T_F^m}{T_1^m + T_2^m} \right) \text{ (horas)}$$

donde:

$T_F = 474 \text{ N}$ Fuerza límite por fatiga. Tabla 20 clase 2, con el perfil de la correa (SPZ)

$T_1, T_2 \rightarrow$ Fuerzas en la correa.

$$T_i = S_0 + 500 \frac{N_D}{v z} + T_{FC} + T_{Flex_i} \text{ (N)}$$

T_{FC} tensión por fuerza centrífuga.

$$T_{FC} = \rho v^2 = 3,76 \text{ N}$$

$T_{Flex_i} \rightarrow$ Fuerza por flexión en la correa.

$$T_{Flex_i} = 588,85 \frac{C_b}{d_i^{1,5}}$$

$C_b = 563$ Coeficiente de flexión. Tabla 20 clase 2, con el perfil de la correa (SPZ). En este caso la flexión es normal.

$$T_{Flex1} = 588,85 \frac{563}{(80)^{1,5}} = 463,32 \text{ N}$$

$$T_{Flex2_i} = 588,85 \frac{563}{(160)^{1,5}} = 163,81 \text{ N}$$

$$T_1 = 130,84 + 500 \frac{6,66}{(4) \cdot 7,33} + 3,76 + 463,32 = 711,49 \text{ N}$$

$$T_2 = 130,84 + 500 \frac{6,66}{(4) \cdot 7,33} + 3,76 + 163,81 = 411,98 \text{ N}$$

$$H = 1477 \frac{(800)^{1,25}}{7,33} \left(\frac{(474)^{11}}{(711,49)^{11} + (411,98)^{11}} \right) = 9812,5 \text{ horas}$$

Que el cálculo de duración de cómo resultado 9812,5 horas no significa que esa sea la duración real o aproximada de la transmisión. Como se explicó en la clase 2, la vida útil de una correa depende de muchos factores de trabajo y ambientales incluso de las condiciones de almacenamiento por lo que ese valor puede ser tomado como referencia para compararlo con los límites recomendados. La duración de la transmisión se considera aceptable ya que supera la duración mínima recomendada. ($H_{min} = 400 - 1500$ horas)

Para transmitir la potencia deseada se requiere de una transmisión con las siguientes características generales:

Diámetro primitivo de la polea conductora: **$d_1 = 80 \text{ mm}$**

Diámetro primitivo de la polea conducida: **$d_2 = 160 \text{ mm}$**

Distancia entre centros: **$a = 203,083 \text{ mm}$**

Longitud de la correa: **$L = 800 \text{ mm}$**

Perfil: **SPZ**

Cantidad de correas: **4**

Tensado inicial en cada correa: **$S_0 = 134,16 \text{ N}$**

Conclusiones.

En la actividad realizó el diseño de una transmisión por correas, empleando los dos criterios fundamentales de cálculo, el de capacidad tractiva y el de duración. Es importante el trabajo en equipos desarrollado por los estudiantes, lo que garantiza el cálculo de diferentes transmisiones con el empleo de varios perfiles, diversos diámetros, distancias entre centros de poleas etc. El trabajo en equipos permite la participación activa en

colectivo de los estudiantes y enriquece la discusión de los resultados finales. Por lo que se puede arribar a las siguientes conclusiones:

- Para mejorar la capacidad de trabajo de las transmisiones por correas se debe ubicar un perfil adecuado a la aplicación como debe ser el trapecial estrecho.
- También se garantiza un aumento de la capacidad de carga con el aumento del perfil por ejemplo: SPB en vez de SPA o SPZ. Y con el aumento de los diámetros de las poleas. Otras formas son el aumento de la longitud y de los ángulos de contacto, aunque esto último disminuye la duración de la transmisión.