

ÍNDICE DE DATOS TÉCNICOS DE LOS ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN

| | |
|--|---|
| 1. INTRODUCCIÓN A LAS TRANSMISIONES | 2 |
| 2. ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN | 2 |
| 2.1 Los dientes | 2 |
| 2.2 Engranajes rectos | 3 |
| 2.3 Cremalleras | 4 |
| 3. NOTAS TÉCNICAS | 4 |
| 3.1 Acoplamiento | 4 |
| 3.2 Distancia de trabajo | 4 |
| 3.3 Lubricación | 5 |
| 3.4 Mecanizado | 5 |
| 3.5 Materiales | 5 |
| 4. APLICACIONES | 5 |
| GLOSARIO | 6 |



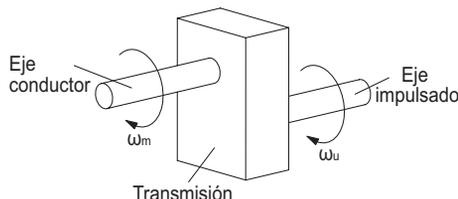
9
Elementos para maquinaria

1. INTRODUCCIÓN A LAS TRANSMISIONES

Una transmisión mecánica está compuesta por el conjunto de los elementos necesarios para transmitir potencia en un sistema mecánico, transfiriendo así energía de un motor a un usuario durante un período determinado de tiempo:



La transferencia de esta potencia del motor a la transmisión suele producirse a través del eje de accionamiento. Por su parte, un eje conducido también llamado eje impulsado) permite transferir esta potencia de la transmisión al usuario.



La potencia que llega al impulsado nunca puede ser igual a la que sale del motor. De hecho, durante la transmisión, parte de esta potencia se disipará debido a la fricción o el calor. Para calcular cuánta potencia se usa realmente en comparación con la generada, se utiliza un valor de eficiencia (η):

$$\eta = \frac{P_u}{P_m} = \frac{M_r \cdot \omega_u}{M_m \cdot \omega_m} < 1$$

donde:

- Potencia motriz (P_m)= potencia útil(P_u) + potencia disipada (P_d).
- M_m y M_r son, respectivamente, el par motor y el par resistente.
- ω_m y ω_u son, respectivamente, la velocidad angular del eje de accionamiento y la del eje de impulsado.

$$P_m [W] = M_m [Nm] \cdot \omega_m \left[\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right] = \frac{M_m [Nm] \cdot n_m [\text{rpm}]}{9,55} \quad \text{donde} \quad \omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$$

Donde n_m es el número de vueltas del eje de accionamiento expresado en revoluciones por minuto (rpm) y 9,55 es el factor de conversión usado para transformar radianes por segundo en rpm.

El parámetro característico de la transmisión es el **coeficiente de transmisión τ** , la relación entre la velocidad angular del eje de accionamiento y la del eje impulsado:

$$\tau = \frac{\omega_m}{\omega_u} = \frac{n_m}{n_u}$$

$\tau > 1$: Transmisión con reducción

$\tau = 1$: Transmisión sin variación

$\tau < 1$: Transmisión con multiplicación

2. ELEMENTOS DE TRANSMISIÓN

Para permitir la transmisión del movimiento tal y como se ha indicado en el apartado anterior, se necesitan piezas mecánicas especiales. Un engranaje es un mecanismo utilizado para transmitir un movimiento y/o un momento mecánico de un objeto a otro. Suele constar de dos o más engranajes dentados, que pueden ser del mismo o diferente tamaño. Uno de los dos engranajes transmite el movimiento (engranaje impulsor) y el otro lo recibe (engranaje impulsado). El engranaje impulsado gira en la dirección opuesta al engranaje impulsor. El engranaje más pequeño suele recibir el nombre de piñón, mientras que el más grande se llama simplemente engranaje.

Existen diferentes tipos de engranajes dentados, los más habituales son: engranajes rectos, engranajes helicoidales, engranajes cónicos, engranajes de cremallera y piñón, y engranajes de tornillo sin fin. Cada tipo de engranaje dentado permite la transmisión de movimiento entre ejes en distinta posición.

2.1 LOS DIENTES

Los engranajes dentados llevan a cabo la transmisión de potencia entre cuerpos rígidos mediante la interacción de los dientes al entrar estos en contacto progresivamente. La circunferencia a lo largo de la cual tiene lugar el contacto entre los dos engranajes dentados recibe el nombre de **diámetro primitivo**. La distancia entre los centros de los diámetros primitivos que forman un par de engranajes se denomina **distancia de trabajo**.

Los dientes pueden tener diferentes tipos de perfil. Los perfiles más habituales tienen forma de **involuta**, una curva obtenida como la trayectoria de un punto perteneciente a una línea que rueda sin deslizarse por una circunferencia.

Normalmente, los dientes se desarrollan en dirección radial abarcando la superficie de paso. La superficie superior se define como la parte que sobresale de la superficie de paso e incluida entre el diámetro primitivo y el diámetro exterior. La parte entre el diámetro primitivo y el diámetro interior se llama superficie inferior. Cada una de las superficies laterales del diente se denomina perfil. Se divide en dos secciones desde el diámetro primitivo: la sección externa es la **cara del diente** y la sección interna, el **flanco del diente**.

El perfil de un diente (figura 1) puede dividirse en dos partes: el **Altura del pie del diente (h_a)** se define como la distancia en dirección radial entre el **diámetro primitivo (d)** y el **diámetro exterior (d_a)**; la **Altura del pie del diente (h_f)** se define como la distancia, también radial, entre el diámetro primitivo y el **diámetro interior (d_f)**, que delimita la parte inferior del diente. La suma de estos dos tamaños constituye la **altura del diente (h)**.

El **paso circular (p)** se define como la distancia entre dos puntos homólogos de dos dientes consecutivos, medida a lo largo del diámetro primitivo. El **ancho del espacio (e)** es la longitud del arco del diámetro primitivo entre dos dientes consecutivos. El **espesor del diente (s)** es la longitud del arco del diámetro primitivo limitada por un diente. Por último, el **ancho de la cara (b)** se define como el tamaño axial del diente.

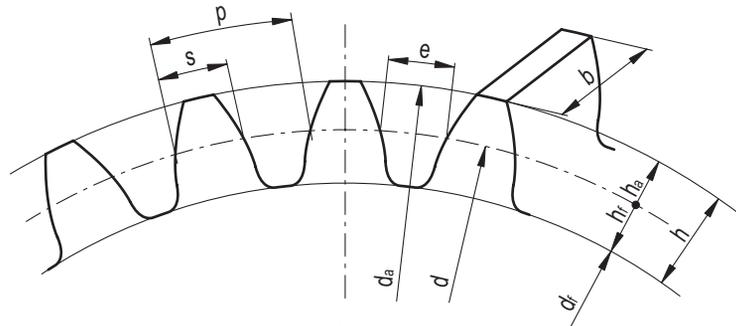


Fig. 1: perfil del diente

A fin de engranar correctamente, los dos engranajes dentados, con un radio del diámetro primitivo igual a r_1 y r_2 , tienen el mismo paso p . Por lo tanto, el paso circular está vinculado al diámetro primitivo mediante la siguiente relación:

$$2\pi \cdot r_1 = p \cdot z_1 \quad \vee \quad 2\pi \cdot r_2 = p \cdot z_2$$

donde z es el número de dientes presentes en el engranaje. A partir de ahí, se puede obtener una medida fundamental para el uso de engranajes dentados, es decir, el **módulo m** :

$$m = \frac{p}{\pi} = \frac{d_1}{z_1} = \frac{d_2}{z_2}$$

Para que engranen correctamente entre sí, dos engranajes deben tener el mismo paso p , por lo tanto, también deben tener el mismo módulo m .

El número de dientes también puede relacionarse con el coeficiente de transmisión (τ) mediante la siguiente fórmula:

$$\tau = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{r_2}{r_1}$$

Otra condición necesaria para que dos engranajes engranen es que deben tener el mismo ángulo de inclinación de la hélice. Los dientes del engranaje impulsor transmiten a los dientes de la rueda impulsada una fuerza F que tiene una dirección tal que forma un ángulo de presión α con la tangente común a los dos diámetros primitivos. El valor del ángulo de presión α influye en el número mínimo de dientes que puede tener un engranaje, de modo que todo el perfil del diente tiene forma de involuta. Los elementos de transmisión de ELESA tienen ángulo de presión de 20° .

Los engranajes dentados más comunes son los denominados engranajes rectos, que tienen los dientes en la superficie externa (o interna) del engranaje. En concreto, los engranajes rectos se utilizan para transmitir el movimiento de rotación entre dos ejes paralelos.

Los datos del par máximo que aparecen en las tablas de la ficha técnica son el resultado de una combinación entre los cálculos teóricos y los datos experimentales obtenidos en laboratorio.

Los cálculos teóricos se basan en la fórmula de Lewis. Según esta fórmula, el diente, considerado como una viga empotrada en el engranaje, no cede bajo la acción de la fuerza F (considerada una fuerza estática) transmitida por los engranajes. Esta teoría se basa en las siguiente hipótesis:

- la tensión de la fuerza total F ejercida sobre el diente se considera aplicada en la punta de este
- el componente radial de la fuerza (F_r) que determina una tensión de compresión en el diente se considera insignificante; por lo tanto, el componente de la fuerza F que determina la flexión del diente es el único que se tiene en cuenta y, por motivos de simplicidad, tendrá el mismo valor que la fuerza tangencial (F_t) en el diámetro primitivo
- para la realización del cálculo, se asume la situación más desfavorable, con solo un par de dientes engranados

2.2 Engranajes rectos



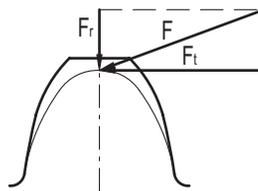


Fig. 2: Aplicación de fuerzas en el diente según la fórmula de Lewisi

La fuerza (F_t) se correlaciona entonces con el par M por medio del diámetro de paso:

$$M = F_t \cdot \frac{d}{2}$$

Los datos experimentales se han obtenido mediante pruebas en laboratorio y han sido verificados con software teniendo en cuenta la norma VDI 2736 para el diseño de engranajes dentados en tecnopolímero. Las pruebas se han realizado en funcionamiento continuo y a una velocidad de 100-150 rpm sin ninguna lubricación, a fin de simular las condiciones más adversas.

Los pares que se muestran en las tablas de las fichas de datos técnicos ofrecen únicamente información aproximada y no pueden considerarse válidos para todas las aplicaciones posibles. Las condiciones operativas (rpm, temperaturas de trabajo, acoplamiento con elementos de transmisión realizados en diferentes materiales, presencia/ausencia de lubricación, factor de servicio, etc.) influyen de manera considerable sobre el rendimiento.

El diseñador debe tener en cuenta las condiciones reales de uso, las cuales pueden diferir de las del laboratorio.

Una cremallera puede considerarse como un engranaje con un radio infinito. Se usa para transformar el movimiento rotacional en movimiento traslacional y viceversa. El engranaje dentado que se acopla con la cremallera se llama piñón.

A diferencia de los engranajes rectos, el valor mecánico más importante de las cremalleras es la tensión máxima que puede aplicarse en un solo diente. Esto se debe al hecho de que, en este elemento de transmisión en concreto, no se aplica ningún par.

Los valores de tensión máxima indicados en las tablas de la ficha de datos son el resultado de pruebas de laboratorio donde la fuerza aplicada en el diente de la cremallera aumenta hasta que el diente se rompe. Los valores de tensión máxima indicados en la ficha de datos muestran la tensión máxima que puede aplicarse cuando solo hay un diente engranado.

Un aumento del número de dientes engranados no hará que se incremente linealmente la tensión máxima aplicable, ya que en todo momento solo habrá un diente funcionando en condiciones óptimas.

2.3 Cremalleras

3. NOTAS TÉCNICAS

3.1 Acoplamiento

Los elementos de transmisión en tecnopolímero pueden combinarse con engranajes tanto de tecnopolímero como metálicos. En el caso de acoplamiento con engranajes metálicos, dado que el metal presenta una mayor conductividad térmica, se produce una disipación más rápida del calor acumulado durante el funcionamiento. En el caso de acoplamiento entre metal y tecnopolímero, la mejor opción consiste en piñón de metal y engranaje de tecnopolímero, ya que el desgaste del engranaje dentado en tecnopolímero es menor.

3.2 Distancia de trabajo

La distancia de trabajo l es la distancia entre los centros de los ejes en los que están montados los engranajes dentados, y se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$l = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

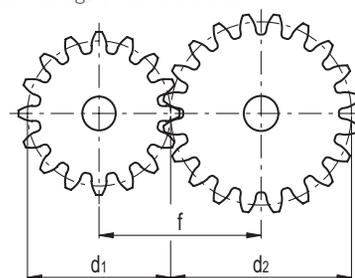
donde d_1 y d_2 son los diámetros de paso de los engranajes.

Para que se produzca un acoplamiento óptimo entre dos engranajes, es necesario que haya un juego positivo entre los centros de los dos ejes: la distancia efectiva (f) entre los dos centros de los ejes en los que están montados los engranajes es ligeramente mayor que la distancia de trabajo (l).

$$f = \frac{d_1 + d_2}{2} + t$$

Para que se produzca un acoplamiento óptimo entre dos engranajes, es necesario que haya un juego positivo entre los centros de los dos ejes: la distancia efectiva entre los dos centros de los ejes en los que están montados los engranajes es ligeramente mayor que la distancia de trabajo l . Un engrane sin juego o con juego negativo haría aumentar la fricción entre los dientes, con lo que se incrementaría la temperatura de funcionamiento y disminuiría la resistencia al desgaste y el esfuerzo. Para evitar estos problemas al usar engranajes de ELESA, se recomiendan las siguientes tolerancias:

- (+0.03 +0.1) para módulo 0.5 – 1.0 – 1.5
- (+0.08 +0.3) para módulos mayores



3.3 Lubricación

Una de las principales ventajas de los engranajes en tecnopolímero reforzado es la posibilidad de utilizarlos sin aceite lubricante, gracias a la naturaleza intrínseca de los polímeros. Siempre que sea posible, se recomienda utilizar lubricación para reducir la fricción y el desgaste, y así prolongar la vida útil del producto. Con los engranajes de Elesa, se recomienda usar grasa lubricante a base de jabón de litio y aceite sintético.

3.4 Mecanizado

Para un funcionamiento correcto de los engranajes rectos en tecnopolímero, el mecanizado debe realizarse colocando las mordazas en los dientes, tal y como se muestra en la figura 3. El diámetro de las mordazas debe hacerse girar tomando como referencia la punta del engranaje.



Fig. 3: Mecanizado de engranajes

3.5 Materiales

Los engranajes rectos y cremalleras de ELESa están hechos en tecnopolímero de base poliamídica reforzado con fibra de vidrio. Las principales características mecánicas de este tipo de material son:

- alta resistencia a la torsión y resistencia a la tracción (aproximadamente tres veces más que la resina acetálica);
- buena resistencia a altas temperaturas;
- bajo coeficiente de fricción, especialmente comparado con el acero. Por consiguiente, los engranajes en tecnopolímero pueden usarse incluso en aquellos casos en que no esté permitido el uso de lubricantes;
- bajo peso específico, mayor ligereza de los engranajes de tecnopolímero en comparación con los metálicos;
- alta estabilidad dimensional, alta resistencia al desgaste, agentes químicos y torsión.

4. APLICACIONES

Los elementos de transmisión en tecnopolímero de base poliamídica reforzado son una alternativa eficiente a los elementos de transmisión de metal y pueden utilizarse en todas las aplicaciones para las que se desee reducir el ruido o evitar el uso de lubricantes. La ligereza de los elementos de transmisión en tecnopolímero permite su uso en campos en los que también existe una necesidad de reducción general del peso. Además, la alta resistencia del tecnopolímero a los agentes químicos limita la corrosión en entornos agresivos.

Los engranajes de acero suelen presentar unas dimensiones demasiado grandes para la aplicación para la que están destinados; en cuyo caso, los engranajes en tecnopolímero constituyen una solución excelente y garantizan una buena resistencia mecánica, al tiempo que permiten ahorrar dinero.

Los campos de aplicación de los engranajes de tecnopolímero son varios:

- Envasado y máquinas transportadoras
- Máquinas de limpieza industrial
- Máquinas de trabajo de vidrio y cerámica
- Equipos de catering
- Industria tipográfica
- Máquinas agrícolas
- Industria química y farmacéutica
- Electrodomésticos



GLOSARIO

1 Altura de la cabeza del diente: altura de la superficie superior, es decir, la parte del diente entre el diámetro primitivo y el diámetro exterior.

2 Altura del pie del diente: altura de la base del diente, es decir, la parte del diente entre el diámetro interior y el diámetro primitivo.

3 Ancho de la cara: longitud del arco del diámetro primitivo delimitada por un diente.

4 Ancho del espacio: longitud del arco de un diámetro primitivo entre dos dientes consecutivos. Representa el espacio vacío entre dos dientes.

5 Ángulo de presión: ángulo entre la recta tangente al diámetro primitivo y la recta normal a la superficie del diente, ambas tomadas en el punto donde el diámetro primitivo entra en contacto con la superficie del diente. Es una característica fundamental del dentado: solo engranajes con el mismo ángulo de presión pueden acoplarse entre sí.

6 Cara de un diente: superficie lateral del diente situada por encima del diámetro primitivo.

7 Cremallera: una cremallera es un engranaje lineal (un engranaje con radio infinito) que, junto con un engranaje dentado, llamado piñón, se usa para convertir el movimiento giratorio en un movimiento lineal continuo o viceversa.

8 Desgaste: consumo de un material debido a la fricción con otro.

9 Diámetro exterior: círculo que delimita la parte superior del diente.

10 Diámetro interior: círculo que delimita la base del diente.

11 Diámetro primitivo: círculo a lo largo del cual se produce el contacto del par de engranajes dentados.

12 Diente: elemento saliente externa o internamente desde el diámetro interior y que permite, al hacer contacto con otro diente de un segundo elemento de transmisión, la transmisión del par o fuerza entre dos unidades de transmisión diferentes.

13 Distancia de trabajo: distancia teórica entre los centros de los ejes en los que están montados los engranajes. Viene determinada por la suma de las semirrectas de paso de los dos engranajes dentados.

14 Eje de accionamiento: elemento de transmisión cilíndrico de diferentes longitudes y espesores, al cual se aplica la fuerza impulsora generada por una máquina y que transmite movimiento y potencia.

15 Eje impulsado: un elemento de transmisión cilíndrico de diferentes longitudes y espesores, que recibe el movimiento de un eje de accionamiento o engranaje impulsor.

16 Engranaje: mecanismo utilizado para transmitir movimientos de un eje a otro, por medio de un par de piezas dentadas, principalmente engranajes. Suele constar de dos o más engranajes dentados, que pueden ser del mismo o diferente tamaño.

17 Engranaje recto: engranajes con dientes paralelos al eje del cilindro que permiten la transmisión de movimiento entre dos ejes paralelos.

18 Espesor del diente: tamaño axial del diente.

9 Flanco de un diente: superficie lateral del diente situada por debajo del diámetro primitivo.

Fricción: fuerza de fricción que se produce como resultado del contacto entre dos cuerpos presionados el uno contra el otro, lo que dificulta su movimiento relativo. La presencia de fricción implica una pérdida de energía mecánica, disipada en calor.

Juego: distancia entre los dientes de dos engranajes acoplados entre sí. El juego también puede entenderse como la diferencia entre la distancia real entre los centros de los ejes en los que están montados los engranajes y la distancia de trabajo expresada como la suma de las semirrectas de paso de los dos engranajes dentados. Un juego negativo (con una distancia real inferior a la distancia de trabajo) hace que los dientes de los engranajes estén más juntos entre sí, lo que provoca más contacto entre estos y,

por lo tanto, más dificultad a la hora de engranar, existiendo riesgo de agarrotamiento. Un juego positivo permite reducir el riesgo de agarrotamiento pero, si es excesivo, el contacto entre los dientes disminuye, con lo que se limita el par transmitido y se reduce la eficiencia de transmisión.

Lubricante: sustancia, generalmente líquida, utilizada para minimizar la fricción entre dos superficies que se deslizan la una sobre la otra y utilizada para proteger las piezas mecánicas sometidas a desgaste. Con los engranajes de Elesa, se recomienda usar grasa lubricante a base de jabón de litio y aceite sintético.

Módulo: relación entre el diámetro de paso del engranaje y el número de dientes del engranaje. Es uno de los parámetros que caracterizan los dientes de un engranaje: para que dos engranajes dentados puedan engranar, deben tener el mismo módulo.

Paso circular: distancia entre dos puntos homólogos de dos dientes consecutivos, medida a lo largo del diámetro primitivo. El paso circular permite calcular el módulo del engranaje y es una medida fundamental para evaluar si dos engranajes dentados pueden acoplarse: no es posible engranar entre sí engranajes dentados con pasos diferentes.

Piñón: en un sistema compuesto por dos engranajes dentados, el piñón representa la rueda de menor diámetro. También es el engranaje dentado que se combina con una cremallera (entendida como un engranaje de radio infinito) para transformar el movimiento traslacional en lineal o viceversa.

Superficie inferior: parte del diente situada debajo del diámetro primitivo.

Superficie superior: parte del diente que sobresale del diámetro primitivo.