

ENGRANAJES

ÍNDICE

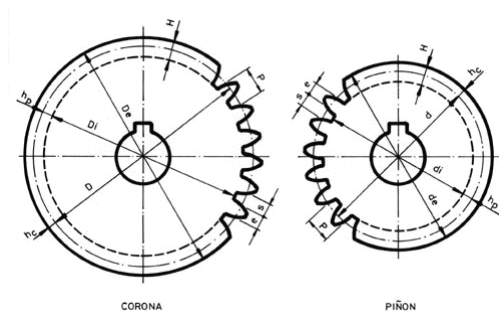
- **Introducción..**
- **Clasificación de los engranajes**
- *Engranajes cilíndricos..*
- *Engranajes cónicos...*
- *Tornillo sin fin...*
- **Máquinas para la fabricación de engranajes...**
- **Cálculo de los dientes de engranajes rectos, cónicos, helicoidales y tornillos sin fin.**
- *Engranaje recto....*
- *Engranaje cónico*
- *Engranaje cónico recto $\delta = 90^\circ$*
- *Engranaje cónico recto con ángulos de ejes $\delta < 90^\circ$*
- *Engranaje cónico recto, con ángulo de ejes $\delta > 90^\circ$*
- *Engranaje helicoidal*
- *Tornillo sin fin*
- *Ejercicios*
- *Ejercicios engranajes rectos.*
- *Ejercicios engranajes helicoidales..*

INTRODUCCIÓN

Las ruedas dentadas, engranando entre sí, sustituyen a las ruedas de fricción, con la ventaja de mantener la relación de transmisión constante para cualquier potencia, siempre que los dientes sean suficientemente resistentes y estén construidas de forma debida (normas UNE).

Un engranaje es un mecanismo formado por dos ruedas dentadas que giran alrededor de unos ejes cuya posición relativa es fija. En todo engranaje son necesarias, al menos, dos ruedas dentadas; por tanto, no es correcto llamar engranaje a una sola rueda dentada. En un engranaje de dos ruedas, se llama rueda a la de mayor número de dientes y piñón a la de menor dientes.

Los engranajes son mecanismos que se utilizan para la transformación de velocidades tanto en magnitud como en dirección.



En el modo de funcionamiento habitual de un engranaje, el piñón es el elemento que transmite el giro, desempeñando la función de rueda conductora mientras que la rueda realiza el movimiento inducida por el piñón haciendo ésta el papel de rueda conducida.

Un parámetro fundamental de diseño de estos mecanismos es el índice de reducción. Se denomina índice de reducción a la relación entre la velocidad de la rueda conductora (n_1) y la velocidad de la rueda conducida (n_2), por lo que:

N_1

$I =$

N_2

CLASIFICACIÓN DE LOS ENGRANAJES

- Ejes paralelos en un mismo plano.
- **Engranajes cónico-rectos, cónico-helicoidales o espirales.**
- Ejes que se cortan en un mismo plano.
- **Engranajes cónico-rectos, y helicoidales y cónico-espirales.**
- Ejes que se cruzan perpendicularmente.
- **Engranajes de tornillo-sin-fin, helicoidales, cónico-hipoides**
- Ejes que se cruzan a cualquier ángulo.
- **Helicoidales.**

Todos los tipos de engranajes citados, se resumen en las tres clases o tipos siguientes:

- **Engranajes cilíndricos**
- **Engranajes cónicos**
- **Tornillo sin fin**

ENGRANAJES CILINDRICOS:

Se fabrican a partir de un disco cilíndrico cortado de una plancha o de un trozo de barra maciza redonda

Este disco se lleva al proceso de fresado, en donde se retira material para formar los dientes. La fabricación de estos engranajes es más simple, por lo tanto reduce sus costos. Los engranajes cilíndricos se aplican en la transmisión entre ejes paralelos y que se cruzan.

Rectos exteriores o rectos. Es el engranaje más sencillo de fabricar y el más antiguo, generalmente, para velocidades medias.

A grandes velocidades si no son rectificadas, producen ruido más o menos importante según la velocidad y la corrección de su tallado. Es el engranaje donde la sección de corte se mantiene constante con respecto al eje axial. En estos tiempos se utilizan poco, ya que generan mucho ruido. Se encuentran en las prensas de caña de azúcar, y prensas mecánicas.

Interiores. Pueden ser con dentado recto, helicoidal o doble–helicoidal. Engranajes de gran aplicación en los llamados trenes epicicloidales o planetarios.

Helicoidales: Más silenciosos que los rectos. Se emplean siempre que se trata de velocidades elevadas. Necesitan cojinetes de empuje para contrarrestar la presión axial que originan. Son aquellos en donde se forma un ángulo entre el recorrido del diente y el eje axial, con el fin de asegurar una entrada progresiva del contacto entre diente y diente. Estos engranajes se utilizan generalmente en las cajas reductoras, caja de velocidades de automóviles.

Doble–helicoidales: Para las mismas aplicaciones que los helicoidales, con la ventaja sobre éstos de no producir empuje axial, debido a la inclinación doble en sentido contrario de sus dientes. Se les denomina también por el galicismo á chevron, que debe evitarse. Cumplen la función de dos engranajes helicoidales. Poseen las ventajas de los cilíndricos helicoidales, o sea bajo ruido y alta resistencia. Al igual que los engranajes helicoidales se utilizan en las cajas de reducción donde se requiere bajo ruido. Ejemplo: reductores de plantas de procesamiento de cemento.

Helicoidales para ejes cruzados: Pueden transmitir rotaciones de ejes a cualquier ángulo, generalmente a 90°, para los cuales se emplean con ventaja los de tornillo–sin–fin, ya que los helicoidales tienen una capacidad de resistencia muy limitada y su aplicación se ciñe casi exclusivamente a transmisiones muy ligeras (reguladores, etc.).

Cremallera: Rueda cilíndrica de diámetro infinito con dentado recto o helicoidal. Generalmente de sección rectangular.

ENGRANAJES CONICOS:

Se fabrican a partir de un trozo de cono, formando los dientes por fresado de su superficie exterior. Los dientes pueden ser rectos, helicoidales o curvos. Esta familia de engranajes soluciona la transmisión entre ejes que se cortan y que se cruzan. Los engranajes cónicos tienen sus dientes cortados sobre la superficie de un tronco de cono

Cónico–rectos: Efectúan la transmisión de movimiento de ejes que se cortan en un mismo plano, generalmente en ángulo recto, por medio de superficies cónicas dentadas. Los dientes convergen en el punto de intersección de los ejes. Son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en 90°. Estos engranajes generan más ruido que los engranajes cónicos helicoidales. Se utilizan en transmisiones antiguas en forma de reparación. En la actualidad se usan escasamente.

Cónico–helicoidales: Engranajes cónicos con dientes no rectos. Al igual que el anterior se utilizan para reducir la velocidad en un eje de 90°. La diferencia con el cónico recto es que posee una mayor superficie de contacto. Es de un funcionamiento relativamente silencioso. Se utilizan en las transmisiones posteriores de

camiones y automóviles de la actualidad.

Cónico-espirales: En los cónico-espirales, la curva del diente en la rueda-plana, depende del procedimiento o máquina de dentar, apli-cándose en los casos de velocidades elevadas para evitar el ruido que pro-ducirían los cónico-rectos.

Cónico-hipoides: Para ejes que se cruzan, generalmente en ángulo recto, empleados principalmente en el puente trasero del auto-móvil y cuya situación de ejes permite la colocación de cojinetes en ambos lados del piñón. Parecidos a los cónicos helicoidales, se diferencian en que el piñón de ataque esta descentrado con respecto al eje de la corona. Esto permite que los engranajes sean más resistentes. Este efecto ayuda a reducir el ruido del funcionamiento. Se utilizan en máquinas industriales y embarcaciones, donde es necesario que los ejes no estén al mismo nivel por cuestiones de espacio.

TORNILLO SIN FIN

Tornillo sin fin: Generalmente cilíndricos. Pueden considerarse derivados de los helicoidales para ejes cruzados, siendo el tornillo una rueda helicoidal de un solo diente (tornillo de un filete) o de varios (dos o más). La rueda puede ser helicoidal simple o especial para tornillo sin fin, en la que la superficie exterior y la de fondo del diente son concéntricas con las cilíndricas del tornillo. Generalmente, el ángulo de ejes es de 90°. Permiten la transmisión de potencia sobre ejes perpendiculares. Es un caso extremo de engranajes hipoidales, ya que esta descentrado al máximo. Se aplica para abrir puertas automáticas de casas y edificios Poseen además un bajo costo y son autobloqueantes. Es decir que es imposible mover el eje de entrada a través del eje de salida

El piñón se convierte en tornillo sin fin y la rueda se denominca corona. El número de dientes del piñón es igual al número de dientes de entradas o hilos del tornillo.

El tornillo sin fin generalmente desempeña el papel de la rueda conducida.Se distinguen tres tipos:

Tornillo sin fin y corona cilíndricos: la rueda conducida es igual a la de los engranajes cilíndricos usuales, el contacto es puntual y por lo tanto el desgaste de ambos es rápido. Se utiliza en la transmisión de pequeños esfuerzos y a velocidades reducidas.

Tornillo sin fin y corona de dientes cóncavos: El tornillo mantiene su forma cilíndrica, con sus filetes helicoidales. La rueda está tallada de forma que sus dientes están curvados, con el centro de curvatura situado sobre el eje del tornillo sin fin. El contacto entre lso dientes es lineal, lo que hace que se transmita mejor el esfuerzo y por tanto se produce menos desgaste. Se utiliza en mecanismos de reducción.

Tornillo sin fin y corona globoidal: El tornillos se adapta a la forma de la rueda, es poco frecuente, debido a su alto coste de fabricación. Se utiliza en las cajas de dirección de los automóviles.

MÁQUINAS PARA LA FABRICACIÓN DE ENGRANAJES

Se distinguen los siguientes tipos básicos:

- **Dentadoras Pfauter:**
Para tallar engranajes cilíndricos, rectos o helicoidales y coronas.
- **Dentadoras – Mortajadoras Fellows:**
Para tallar engranajes cilíndricos, rectos o helicoidales, con dentado exterior o interior.
- **Dentadoras – Mortajadoras Maag:**
Para tallar engranajes cilíndricos, rectos o helicoidales, con dentado exterior.
- **Dentadoras Bilgram:**

Para tallar engranajes cónicos rectos.

- **Dentadoras Gleason:**

Para tallar engranajes cónicos helicoidales o espiroidales.

- **Afeitadoras Fellows y rectificadoras Maag:**

Para el acabado de los flancos de los dientes o helicoidales de engranajes exteriores.

A continuación se puede observar las diferentes fresas que existen para fabricar engranajes según la forma del diente

CALCULO DE LOS DIENTES DE ENGRANAJES RECTOS, CÓNICOS, HELICOIDALES Y TORNILLOS SIN FIN.

ENGRANAJE RECTO:

1. Módulo $m = \frac{p}{\pi}$

2. Paso circular $p = m\pi$

3. Diámetro primitivo $d = m.z$

4. Distancia entre centros $a = \frac{d_1 + d_2}{2}$

5. Addendum $h_a = m$

6. Dedendum $h_f = m .1,25$

7. Espacio libre de fondo $c = m .0,25$

8. Profundidad de diente $h = m . 2,25$

9. Profundidad de trabajo $h' = m . 2$

10. Espesor circular del diente $s = \frac{p}{2}$

11. Diámetro exterior $d_a = m(z + 2)$

12. Diámetro base $d_b = d . \cos x$

13. Longitud del diente $b = 3 . p$

ENGRANAJE CÓNICOS:

Engranaje cónico recto $\delta = 90^\circ$:

Z = número de dientes

m = módulo (se entiende siempre que es el correspondiente a la cabeza mayor del diente)

d = diámetro primitivo

da = diámetro exterior

dm = diámetro medio (en el centro de la longitud del diente)

ha = addendum = m

hf = dedendum = 1,25 · m

h = profundidad del diente = 2,25 · m

$$s = \text{espesor del diente} = \frac{p}{2} = \frac{\pi \cdot m}{2}$$

δ = ángulo de presión

b = longitud del diente. No será nunca superior a 1/3 de la generatriz

$$R = \text{generatriz} = \frac{d}{2 \sin \delta}$$

δ = ángulo primitivo

$$\delta_f = \text{ángulo de dedendum} \quad \tan \theta_f = \frac{h_f}{R} = \frac{2,1,25 \sin \delta}{z}$$

δa = ángulo de addendum

- con espacio libre de fondo convergente: $\tan \theta_a = \frac{h_a}{R}$
- para dentado normal: $\tan \theta_a = \frac{2 \sin \delta}{z}$
- con espacio libre de fondo constante: $\theta_{a,1} = \theta_{f,2}, \theta_{a,2} = \theta_{f,1}$

a = ángulo de cara: a = δ + δa

da = diámetro exterior: $da = d + 2 \cdot ha \cos \delta_v = \text{numero de dientes virtual} \frac{z}{\cos \delta}$

Engranaje cónico recto con ángulos de ejes δ < 90°:

Todas las dimensiones como para los de δ = 90° menos:

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{\operatorname{sen} E}{\frac{z_2}{z_1} + \cos E}$$

$$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{\operatorname{sen} E}{\frac{z_1}{z_2} + \cos E}$$

$$\varphi_1 + \varphi_2 = E$$

Engranaje cónico recto, con ángulo de ejes $\delta > 90^\circ$:

Todas las dimensiones como para los de $\delta = 90^\circ$ menos:

ENGRANAJE HELICOIDAL:

$$\text{Módulo normal} = m_n = \frac{p_n}{\pi} = m_t \cos \beta$$

$$\text{Módulo circunferencial} = m_t = \frac{p_t}{\pi} = \frac{m_n}{\cos \beta} = m_n \sec \beta$$

Número de dientes = z

Addendum = ha = mn

Dedendum = hf = mn . 1,25.

Diámetro primitivo = d = mz . z

Diámetro exterior = da = d + 2 . ha

$$\text{Distancia entre centros} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$\text{Paso normal} = p_n = p_t \cdot \cos \beta = \pi \cdot m_t$$

$$\text{Paso circunferencial} = p_t = \frac{p_n}{\cos \beta} = p_n \cdot \sec \beta = \pi \cdot m_t$$

$$\text{Paso de hélice} = p_n \cdot \sec \beta = \pi \cdot m_t$$

$$p_n = \frac{d \cdot \pi}{\operatorname{tg} \beta}$$

Ángulo de hélice = δ

$$\cos \beta = \frac{m_n}{m_c} \qquad \operatorname{tg} \beta = \frac{d \cdot \pi}{p_n}$$

TORNILLO SIN FIN:

Corona:

Tornillo sin fin: