

Fabricación del dentado de engranajes cónicos helicoidales en fresadoras universales.

R. Hernández Riverón, E. García Nieto.

Departamento de Mecánica. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca" [UPR].

(Publicado por primera vez en Ingeniería Mecánica Vol. 7, No. 1)

Resumen.

Este trabajo desarrolla el procedimiento para el cálculo de fabricación (fresado) de engranajes cónicos helicoidales con tecnología universal, obteniéndose de forma muy económica, significativamente rápida y con calidad satisfactoria, que les permite operar por años en equipos que trabajan en régimen de explotación bastante intenso, como cabezales de fresadoras, cabezales de engrane para bombas de pozo profundo, etc.

Palabras claves: Engranajes cónicos helicoidales, fresadoras helicoidales, tecnología universal.

1. Introducción.

Son innumerables las máquinas y equipos que poseen pares de engranajes cónicos helicoidales entre sus principales mecanismos de accionamiento.

La fabricación de los engranajes cónicos helicoidales es una actividad de alto grado de especialización, que requiere de la utilización de equipos muy específicos para esta operación y que solo se justifica para producciones muy masivas, lo que los hace factibles en las grandes industrias de construcción de maquinarias, pero no en mantenimiento industrial, donde generalmente se requieren producciones individuales o en pequeñas series.

Se vincula este trabajo a la actividad de mantenimiento industrial por apoyarse totalmente en el uso de equipos universales, al alcance de los talleres del país como una salida a la falta de tecnología altamente especializada, aunque esta, desde el punto de vista económico y en las condiciones, no se presta para dar respuesta a los procesos operativos de los programas de mantenimiento y reparación.

2. Generalidades.

Este método se desarrolla para realizar el fresado de los dientes mediante una fresa modular de espigas, que puede ser adquirida de algún fabricante o construida en un taller con las condiciones mínimas necesarias.

El principio sobre el que se basa este trabajo es que *entre el piñón cónico helicoidal y el cilíndrico helicoidal equivalente existen las mismas relaciones que entre el piñón cónico recto y el cilíndrico recto*

equivalente, aunque hay alguna diferencia en el primer caso.

3. Determinación de los elementos tecnológicos.

Estos elementos constituyen los parámetros y elementos a fijar en la fresadora universal para realizar el maquinado de los dientes del piñón cónico helicoidal.

a-) Selección del tren de engranajes

El tren de engranajes será aquel necesario para fresar la hélice del piñón cónico helicoidal con diámetro evaluado según la siguiente fórmula:

$$dp = \frac{m \cdot Z}{\cos \beta}$$

Donde:

dp: diámetro primitivo del piñón cónico helicoidal.

m: módulo normal del piñón.

Z: número de dientes.

β : ángulo de la hélice.

El paso de la hélice Ph puede ser calculado como:

$$Ph = \pi \cdot dp \cdot \operatorname{ctg} \beta$$

Mediante el paso de la hélice, se determina el tren de engranajes a utilizar, o se calcula por el método clásico.

b-) Determinación del módulo y número de la fresa

La fresa a utilizar debe tener una sección longitudinal en su parte cortante igual al hueco entre dientes en el extremo menor en su sección normal.

$$m_f = \chi \cdot m$$

Donde:

m_f : módulo de la fresa a utilizar.

χ : coeficiente de variación del espesor del diente.

Se tiene que:

$$\chi = \frac{C - F}{C}$$

Donde:

C: longitud de la generatriz del cono primitivo.

F: longitud del diente.

El número de la fresa a utilizar se determina a partir del cálculo del número de dientes equivalentes del piñón cilíndrico helicoidal equivalente.

$$Z_f = \frac{D_p}{m \cdot \cos^2 \beta}$$

Donde:

Z_f : número de dientes equivalentes del piñón cilíndrico helicoidal equivalente.

D_p : diámetro primitivo de la rueda cilíndrica helicoidal equivalente.

$$D_p = \frac{d_p}{\cos \gamma}$$

Donde:

γ : semi - ángulo del cono primitivo del piñón cónico helicoidal.

c-) Determinación de la división

$$D = \frac{R}{Z}$$

Donde:

D: división.

R: relación del cabezal.

d-) Cálculo del ángulo de giro del piñón

Utilizando una fórmula que fue desarrollada para la fabricación de piñones cónicos rectos, y generalizándola para que abarque también a los cónicos helicoidales, se tiene como resultado lo siguiente:

$$A_g = \frac{57,3}{d_p} \left[\frac{P_a}{2} - \frac{R_c}{F \cdot \cos \beta} (E_m - E_n) \right]$$

Donde:

A_g : ángulo de giro (grados).

P_a : paso circular aparente en el extremo mayor del piñón.

R_c : radio del cono primitivo en el extremo mayor del piñón.

E_m : espesor cordal del diente de la fresa en la circunferencia primitiva en el extremo mayor del piñón.

E_n : espesor cordal del diente de la fresa en la circunferencia primitiva en el extremo menor del piñón.

$$P_a = \frac{\pi \cdot m}{\cos \beta}$$

$$R_c = \frac{d_p}{2 \cdot \sin \gamma}$$

Este giro en grados se expresa en agujeros en el cabezal divisor como sigue:

$$A_d = q \cdot \left(\frac{A_g}{G} \right)$$

Donde:

A_d : cantidad de agujeros que hay que girar la pieza para desbastar las caras de los dientes.

q : cantidad de agujeros que tiene el círculo elegido para la división.

G : cantidad de grados por un giro completo del disco del cabezal divisor visualmente es 9° .

e-) Cálculo del reajuste.

Esta fórmula también fue desarrollada para la fabricación de piñones cónicos rectos, y mediante una generalización se utiliza para engranajes cónicos helicoidales.

$$N = \frac{E_m}{2 \cdot \cos \beta} - \frac{(E_m - E_n) \cdot R_c}{2 \cdot F \cdot \cos \beta}$$

Donde:

N: reajuste.

4. Ejemplo de tecnología para la fabricación de un piñón helicoidal.

Con los parámetros calculados según el anterior procedimiento declarado, puede ejecutarse completamente la tecnología de fabricación por tallado de los piñones cónicos helicoidales.

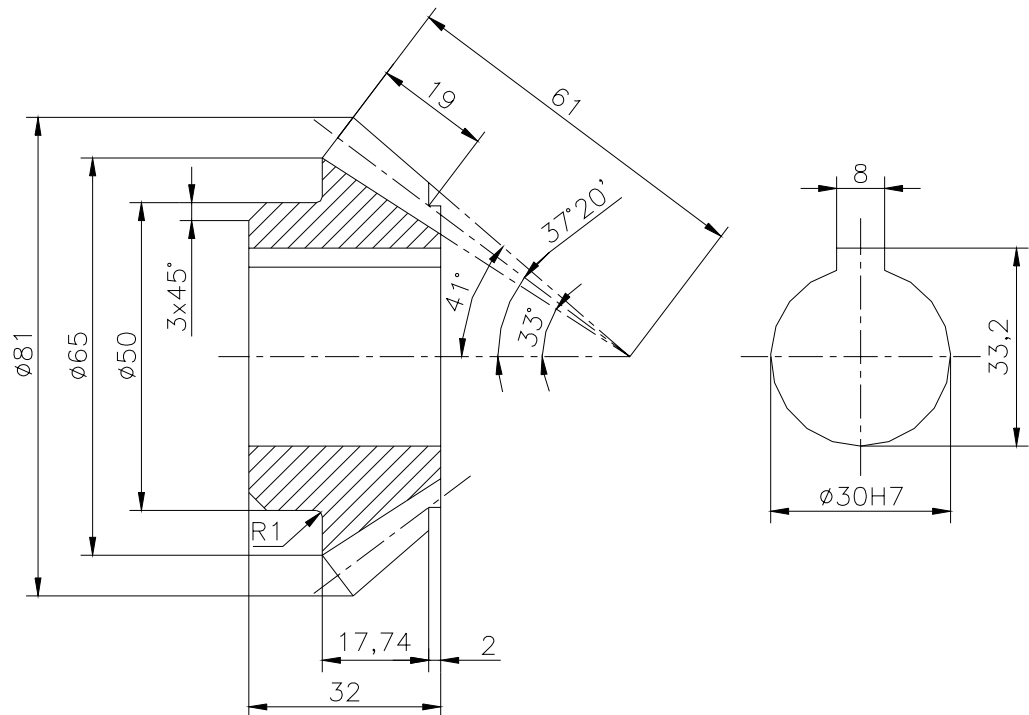


Figura 1 Plano de pieza de un piñón cónico helicoidal.

Tabla 1 Datos técnicos de la pieza.

Módulo normal exterior		m	4
Número de dientes		Z1	16
Tipo de dientes		-	Helicoidal
Ángulo de inclinación normal exterior		β	30°
Dirección de la línea del diente		-	Derecha
Coeficiente de variación del grueso del diente		χ	0,69
Ángulo interaxial		Σ	90°
Altura exterior del diente		he	8,7
Rueda conjugada	No. De dientes	Z2	21
	Código del plano	-	RH-1

A continuación se muestra con un ejemplo (ver figura 1 y tabla 1) los cálculos del procedimiento antes declarado para lograr el tallado del dentado de engranajes cónicos helicoidales en fresadoras universales.

a-) Selección del tren de engranajes.

$$dp = \frac{m \cdot Z}{\cos \beta} = \frac{4 \cdot 16}{0,86603} = 73,9\text{mm}$$

$$Ph = \pi \cdot dp \cdot \text{ctg} \beta =$$

$$Ph = 3,14 \cdot 73,9 \cdot 1,73205 = 402\text{mm}$$

En una fresadora universal con husillo de 6 mm de paso y un cabezal divisor con relación 40:1 la hélice se talla con el siguiente tren de engranajes:

$$A = 32; B = 48; C = 86; D = 96$$

b-) Determinación del módulo y número de la fresa.

$$mf = \chi \cdot m = 0,69 \cdot 4 = 2,76$$

$$\text{Se acepta tomamos: } mf = 2,75$$

Para el número de la fresa:

$$D_p = \frac{dp}{\cos \gamma} = \frac{73,9}{0,7916} = 93,4 \text{ mm}$$

$$Z_f = \frac{D_p}{m \cdot \cos^2 \beta} = \frac{93,4}{4 \cdot (0,86603)^2} = 31,1$$

Para el número de dientes, corresponde una fresa N:5.

c-) Determinación de la división.

$$D = \frac{R}{Z} = \frac{40}{16} = 2 \frac{1}{2}$$

$$D = 2 \frac{14}{28}$$

La división será dos vueltas y catorce agujeros en el círculo de veintiocho.

d-) Cálculo del ángulo de giro del piñón.

$$Ag = \frac{57,3}{dp} \left[\frac{Pa}{2} - \frac{Rc}{F \cdot \cos \beta} (Em - En) \right]$$

$$Pa = \frac{\pi \cdot m}{\cos \beta} = \frac{3,14 \cdot 4}{0,86603} = 14,5 \text{ mm}$$

$$Rc = \frac{dp}{2 \cdot \sin \gamma} = \frac{73,9}{2 \cdot 0,6065} = 61 \text{ mm}$$

$En = 4,3 \text{ mm}$ (medición)

$Em = 5,8 \text{ mm}$ (medición)

$$Ag = \frac{57,3}{73,9} \left[\frac{14,4}{2} - \frac{61}{19 \cdot 0,86603} (5,8 - 4,3) \right]$$

$$Ag = 13^\circ$$

Expresando este giro en agujeros en el cabezal divisor:

$$Ad = q \cdot \left(\frac{Ag}{G} \right) = 28 \cdot \left(\frac{13^\circ}{9^\circ} \right) = 4 \text{ agujeros}$$

e-) Cálculo del reajuste.

$$N = \frac{Em}{2 \cdot \cos \beta} - \frac{(Em - En) \cdot Rc}{2 \cdot F \cdot \cos \beta}$$

$$N = \frac{5,8}{2 \cdot 0,86603} - \frac{(5,8 - 4,3) \cdot 61}{2 \cdot 19 \cdot 0,86603}$$

$$N = 0,6 \text{ mm}$$

Tecnología del fresado.

- Montar en cabezal divisor sujetando en mandril.
- Inclinar cabezal divisor 33° y establecer división para $2 \frac{14}{28}$.
- Montar tren de engranajes: A=32; B=48; C=86; D=96.
- Colocar cabezal de fresar vertical y montar fresa modular de espiga.
- Fresado de los dientes hasta profundidad en el diámetro mayor de 8,7 mm.
- Girar pieza en el sentido de las manecillas del reloj (con el cabezal a la izquierda) 4 agujeros.
- Desplazar mesa hacia fuera 0,6 mm. Fresar caras de los dientes.
- Girar pieza en sentido contrario a las manecillas del reloj 8 agujeros.
 - Desplazar mesa hacia adentro 1,2 mm. Fresar caras de los dientes.

5. Conclusiones.

La fabricación de los engranajes cónicos helicoidales, cuando no se cuenta con repuestos, puede ser una solución a considerar dentro de la actividad de mantenimiento, con sentido verdaderamente económico.

La fabricación de piezas mediante equipamiento tecnológico altamente especializado, no tiene sentido económico ni es factible para la actividad de mantenimiento industrial.

Los engranajes cónicos helicoidales pueden ser fabricados de forma relativamente sencilla mediante tecnología universal, disponible en cualquier taller, y por tanto, útil para la actividad de mantenimiento industrial.

La tecnología de fabricación de engranajes cónicos helicoidales pueden ser, además una herramienta útil también para el proyectista que diseña nuevos equipos, ya que puede hacer uso de estos mecanismos y obtener resultados de funcionamiento mucho más eficientes que los que lograría con los engranajes cónicos rectos.

6. Bibliografía.

1. Casillas, A. L.; Máquinas: Cálculos de Taller. Editorial Científico – Técnica, Instituto Cubano del Libro, La Habana, 1975.
2. Kent, W.; Kent's Mechanical Engineers' Handbook (Production and Design Volume). Editora Revolucionaria. 1964.
3. Shigley, J. E.; El Proyecto en Ingeniería Mecánica. Editora Revolucionaria, La Habana. 1969.
4. Legrand, R; Nuevo Manual del Taller Mecánico. Editora Revolucionaria, Primera Edición, 1966. Tomo I.

Helical bevel gears manufacturing in universal milling machines.

Abstract

This paper develops the method for manufacturing calculations (milling) of helical bevel gears by means of universal technology, getting this in an economical way, fast and with satisfactory quality, which ensures to operate for years in hard working conditions, such as milling machine heads, deep well pump heads etc.

Key words: Helical bevel gears, universal milling machines, universal technology.