

Diseño y construcción de herramental para maquinar engranes cilíndricos de dientes rectos

Francisco Martínez, Rodolfo Martínez, Esmeralda Arellano y Juan Hernández

F. Martínez, R. Martínez, E. Arellano y J. Hernández.
Universidad Tecnológica de León ,Principal, Fracciones de Los Aguirre, León de Los Aldama, Guanajuato .
jserrano@utleon.edu.mx

M. Ramos.,V.Aguilera.,(eds.). Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook -©ECORFAN- Valle de Santiago, Guanajuato, 2013.

Abstract

In this paper is presented an alternative to manufacturing process of cutting tools for non-standard spur gear teeth, in this sense, is a possible solution to the lack of such cutting tools in market.

20 Introducción

Es común que en una planta industrial se requiera reconstruir o reparar algún sistema de transmisión de potencia mecánica, probablemente el caso más complejo es el que implica la fabricación de engranes, y por lo regular el tiempo de respuesta debe ser corto.

Una de las herramientas básicas en el proceso de fabricación es el “cortador de engranes”, y la disponibilidad de esta herramienta es muy escasa por varias razones, por ejemplo:

- Los cortadores se venden por juegos de siete piezas, y resultan caros
- No se fabrican en el país
- Se consiguen bajo pedido
- Los de calidad aceptable normalmente vienen de los EEUU y el tiempo de entrega es muy largo
- Los cortadores de engranes no estandarizados no son comerciales

Nos encontramos ante un problema: responder oportunamente a la necesidad de producir engranajes con un tiempo de respuesta aceptable para las empresas, disponer del herramental necesario. Esto sucede frecuentemente.

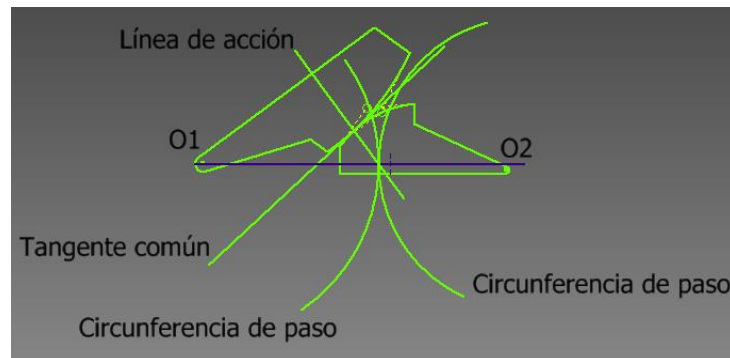
El diseño de herramientas es un área de la ingeniería de manufactura, muy especializada que incluye análisis, selección de materiales, herramientas, procesos, y otros factores.

Vale la pena mencionar, que el desarrollo de procesos de fabricación de herramientas será una aportación importante para disminuir la dependencia tecnológica de nuestro país, crearía fuentes de empleo, y la adquisición de ellas sería más accesible para los usuarios. Por lo arriba mencionado, es interesante considerar la posibilidad de fabricar dichas herramientas, inclusive, sugerir un proceso de fabricación experimental.

20.1 Método

En cuanto al diseño, el principio de funcionamiento de los engranes exige una forma en el perfil del diente que debe cumplir con la “Ley Fundamental del Engranaje” que establece lo siguiente: “*el punto de paso se debe mantener fijo sobre la línea de centros*”⁴.

Figura 20 Se muestra la intersección de la línea de acción sobre el punto de paso



En la figura 20 se muestra la línea de centros O_1O_2 intersectada por la línea de acción en el punto de paso, que corresponde al punto de contacto de las circunferencias de paso.

Lo anterior asegura que la transmisión de movimiento tenga razón de velocidades constante. Sólo algunas curvas se pueden utilizar en la fabricación de los dientes de los engranes, de manera que se cumpla la condición establecida, una de ellas es la involuta.

Se sabe que de las formas posibles para el perfil del diente, ésta es conveniente por su relativa facilidad y bajo costo de fabricación.⁶

Así pues, el primer paso en este proceso de diseño, consiste en el análisis de la función involuta, que describa el perfil de los dientes del engrane en cuestión, y la definición de la forma más adecuada de esa función, que permita su manipulación para los fines necesarios.

Aunque el proceso de diseño de engranes abarca mucho más, en esta etapa del proyecto se considerará solamente el análisis cinemático, lo que incluye el análisis de interferencia, y el cálculo de la razón de contacto.

La herramienta de corte será maquinada en equipo de control numérico, para obtener la mayor precisión posible, se analizarán las alternativas posibles para su fabricación, y el medio de transmisión de datos al equipo de control numérico, así como la forma como se generarán éstos; se consideran varias opciones.

Primera opción. La generación de los datos puede ser mediante un software de manufactura asistida por computadora (MASTERCAM), este es el método más sencillo, ya que el software mencionado posee utilerías de aplicaciones especializadas, llamadas C-Hooks⁸, una de ellas (Gear.dll), genera el perfil de uno o todos los dientes del engrane, una vez que se introducen los datos del mismo. En este caso, la transferencia de la información es simplemente a través de un dispositivo de almacenamiento extraíble.

Segunda opción. Otra forma de generación de los datos, es evaluando la forma paramétrica de la ecuación de la INVOLUTA, para lo cual se crea una interface de comunicación con la máquina de control numérico mediante el programa Labview^R. Este constituye un sistema de programación gráfica para aplicaciones de adquisición, control, análisis y presentación de datos, y emplea la programación gráfica para crear programas basados en diagramas a bloques. Estos programas se denominan instrumentos virtuales (VI's) porque su apariencia y funcionamiento imitan los del instrumento real. Tienen una parte interactiva con el usuario y otra parte de código fuente y aceptan parámetros procedentes de otros VI's, todos tienen un panel frontal y un diagrama a bloques. Las paletas contienen las opciones que se emplean para crear y modificar los VI's.

Tercera opción. Existe un método avanzado de programación de máquinas de control numérico, la programación paramétrica. “La programación paramétrica es programación en códigos G/M en la cual la posición de los ejes (x, y, z, a, etc.), las funciones avance y velocidad, pueden ser especificadas por una expresión paramétrica... funciones relacionadas con la informática como variables, relaciones lógicas y aritméticas, y ciclos, están disponibles en programación paramétrica (Linch 1995).” La función involuta en forma paramétrica se expresa de la siguiente manera:¹

$$x = R\cos\theta + R\theta\sin\theta \quad (20)$$

$$y = R\sin\theta - R\theta\cos\theta \quad (20.1)$$

Donde:

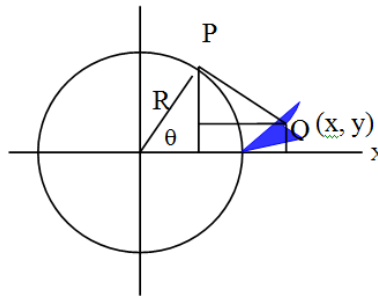
x, y : Coordenadas del lugar geométrico de la curva involuta,

R : Radio de la circunferencia base a partir de la cual se genera la involuta,

θ : Ángulo entre el radio vector R , y la tangente a la circunferencia base.

Esta forma de la ecuación es adecuada para obtener las coordenadas de la trayectoria de corte.

Figura 20.1 Representación gráfica de la involuta



Se entiende por involuta, la trayectoria que describe un punto trazador en el extremo de una cuerda que se desenrolla de un círculo base, a quien se mantiene tangente como se muestra en la figura 20.1.

El proceso de manufactura de herramientas de corte puede ser tan complejo que incluya la fundición del acero aleado, vaciado, troquelado, maquinado, tratamiento térmico, y rectificado de la herramienta terminada^{2,7}. En nuestro caso, nos limitaremos a seleccionar el acero comercial más adecuado para la aplicación, y al maquinado de dicho material. Entre los aspectos básicos pero importantes, está la selección del material para la fabricación tanto de las herramientas como de los engranes, y en consecuencia, el tratamiento térmico posterior que requieran esas piezas. La siguiente etapa incluye el maquinado de los engranes propiamente, se realizará en una fresadora y accesorios convencionales, principalmente por ser el equipo disponible, y utilizando las herramientas elaboradas en la primera etapa del proceso, después de esto, se realizará un tratamiento térmico para mejorar las propiedades de la herramienta cortante así como de los engranes. Por último, es conveniente realizar pruebas de funcionamiento de una transmisión donde se coloquen los engranes fabricados. Las pruebas pueden ser varias, sin embargo, por ahora se limitarán a los aspectos cinemáticos de las mismas, como se mencionó antes. Se pretende ensamblar una transmisión experimental, con instrumentación para monitorear principalmente la temperatura del lubricante, ruido, y vibraciones en los dientes.

20.2 Resultados

Se mencionó que la forma del perfil de los dientes es crítica, ya que en la transmisión de movimiento, el punto de contacto entre los dientes cambia.

Los perfiles más usados en la producción de engranes son la involuta, y la cicloidal, la primera es más viable por razones antes expuestas. De las opciones planteadas, la disponible hasta el momento es la primera, o sea, generar los códigos de programación para la máquina de control numérico mediante software de manufactura. Para la elaboración este cortador para engranes se seleccionó como material un acero grado herramienta comercialmente denominado D2 (referencia de NOM ASTM A36), por la sencillez en el proceso de temple y el alto grado de dureza que puede adquirir para cortar a otros materiales. Enseguida se muestran las pantallas tomadas del software MASTERCAM, en la primera de las cuales se muestra el contorno del engrane que se desea maquinar figura 20.2, y en la siguiente, figura 20.3, la geometría al final del maquinado, simulado en el mismo software.

Figura 20.2 Interface del programa (MASTERCAM), mostrando el perfil completo del engrane generado con la aplicación *Gear.dll*

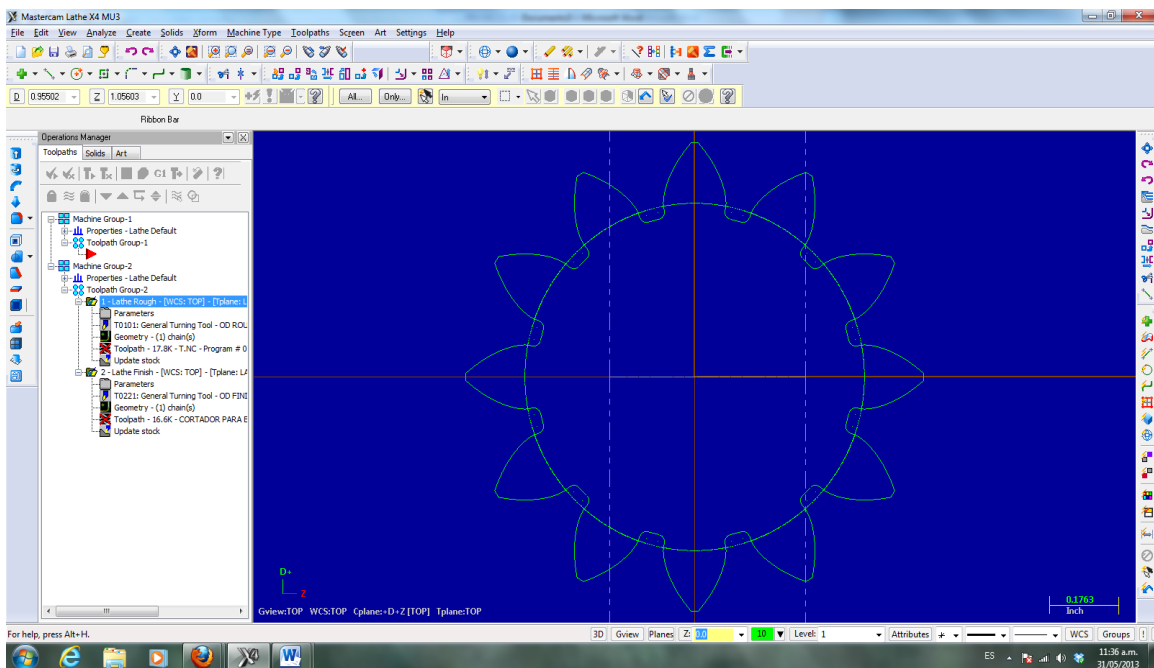
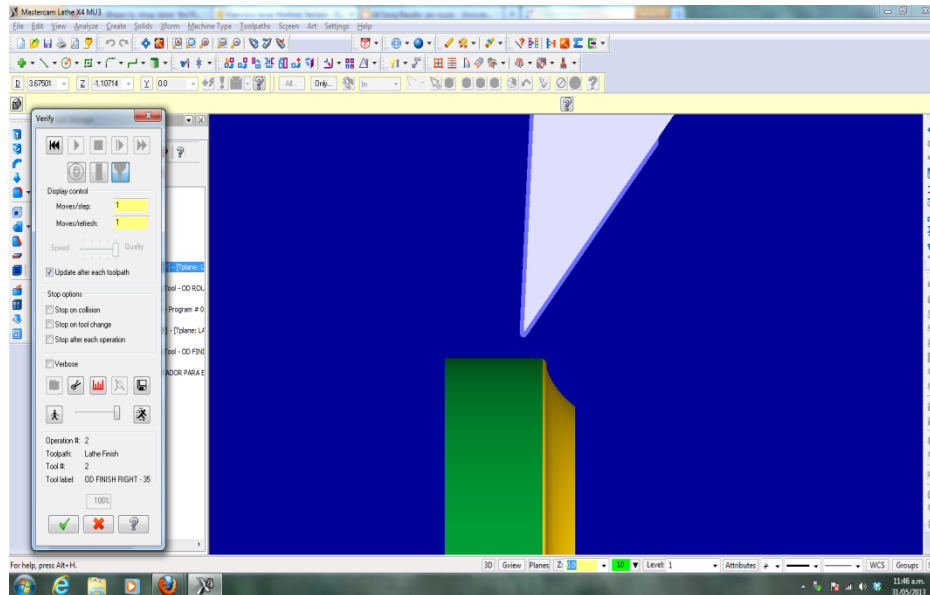
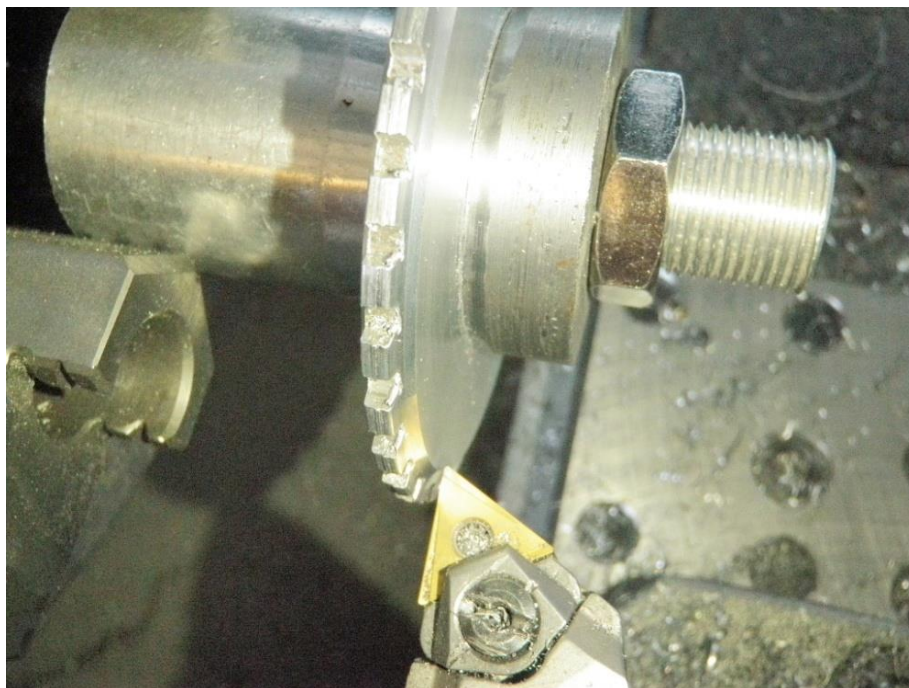


Figura 20.3 Interface del programa (MASTERCAM), mostrando la mitad del cortador, maquinado



En el proceso de maquinado del perfil involuta el primer paso fue realizar un mandril capaz de sujetar al material y del cual se obtendría una rodaja de dimensiones establecidas.

Figura 20.4 Maquinado del perfil involuta en aluminio



Se realizó una prueba en un material suave, obteniendo el resultado que se muestra en la figura 20.4.

20.3 Discusión

Los resultados obtenidos con el método aplicado son alentadores, aunque es necesario principalmente medir la precisión del perfil obtenido en la pieza maquinada, y también trabajar en acero grado herramienta, para lo cual seguramente se requerirán herramientas de corte más finas, por la dureza de dicho acero.

Las dos alternativas adicionales mencionadas tienen aspectos interesantes, ya que en el caso del desarrollo de la interface para comunicar una computadora con la máquina de control numérico, permitiría trabajar con funciones complejas, y aplicarlas a la generación de superficies interesantes, como las esféricas para producir componentes ópticas; la programación paramétrica es al mismo tiempo otra alternativa que se ha explotado poco a nivel mundial, y se considera una alternativa interesante para generar en el mismo control numérico un número muy grande de pares ordenados (coordenadas) o sea la trayectoria de corte de la herramienta.

Cabe mencionar que por la etapa en la que se encuentra el desarrollo de este trabajo, no se mencionan con la extensión que se merecen problemas como el tratamiento térmico de las herramientas de corte, y de los engranes, así como el rectificado de ambos.

20.4 Conclusiones

Se considera que los resultados obtenidos hasta el momento son positivos, aunque no satisfactorios, ya que se ha conseguido maquinar el perfil de involuta con proporciones no estandarizadas; lo interesante será llevar a cabo la prueba en la transmisión de potencia con instrumentación.

20.5 Reconocimientos

Agradecemos la colaboración de Córdova García M. C., Camacho Pérez A., A., Melchor García A., por su valiosa colaboración.

20.6 Referencias

Análisis Diferencial de la Curva Involuta de un Círculo. José María Rico Martínez. <http://www.fimee.ugto.mx/profesores/chema/documentos/An%C3%A1lisis%20y%20S%C3%ADntesis%20de%20Mecanismos/Involutometria.pdf>

ASTME. Principios fundamentales para el diseño de herramientas. CECSA 1981. <https://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r64575.PPT>

Paul B., Kinematics and dynamics of planar machinery. Prentice Hall 1979.

Pollack H. W., Tool design, Prentice Hall 1988.

Shigley J. E., Theory of machines and mechanisms. Mc Graw-Hill 1995.

SME. Tools and manufacturing engineers handbook SME 1983.

http://www.mastercam.com/Blog/CHooks_Supplied_with_Mastercam.pdf