

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 726 026**

51 Int. Cl.:

F01C 1/18 (2006.01)

F04C 2/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2017** **E 17181600 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019** **EP 3272999**

54 Título: **Rueda dentada bihelicoidal con ángulo de hélice variable y perfil dentado no encapsulado para aparatos de engranaje hidráulico**

30 Prioridad:

20.07.2016 IT 201600076227

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

01.10.2019

73 Titular/es:

**SETTIMA MECCANICA SRL - SOCIETÀ A SOCIO UNICO (100.0%)
Frazione Settima
29020 Gossolengo (Piacenza), IT**

72 Inventor/es:

ROSSI, MANUELE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 726 026 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Rueda dentada bihelicoidal con ángulo de hélice variable y perfil dentado no encapsulado para aparatos de engranaje hidráulico

5

Campo de aplicación

La presente invención se refiere a una rueda dentada bihelicoidal con perfil no encapsulado, adaptada para engranarse en un aparato de engranaje hidráulico.

10

Más particularmente, la invención se refiere a una rueda dentada destinada a engranarse sin encapsulación con una rueda dentada del mismo tipo en un aparato de engranaje hidráulico.

15

Ejemplos habituales de aparatos de engranaje hidráulico, donde las ruedas dentadas de la presente invención se aplican de manera óptima y a los que se hará referencia específica a continuación en la presente descripción, son bombas de engranaje volumétricas rotatorias. Sin embargo, las ruedas dentadas de la presente invención también pueden aplicarse a motores de engranaje hidráulico y/o a todos los aparatos hidráulicos que funcionan a través de un par de engranajes, que, por tanto, están incluidos en el alcance de la presente invención.

20

Técnica anterior

Tal como se conoce bien en este campo técnico, las bombas de engranaje volumétricas rotatorias comprenden, generalmente, dos ruedas dentadas, en la mayoría de los casos del tipo de dientes rectos, conectándose una de las cuales (denominada rueda de accionamiento) a un árbol de control y haciendo funcionar la otra rueda (denominada rueda accionada).

25

En las ruedas dentadas con dientes rectos, cada par de dientes se engrana simultáneamente por toda la anchura axial de la parte dentada y se desengrana de manera similar. Este tipo de acoplamiento provoca mecánicamente vibraciones y ruidos debido a una variación de carga sobre el diente y a choques de acceso y de retorno.

30

Otra desventaja que se percibe particularmente en las bombas de engranaje anteriormente mencionadas de tipo tradicional es que el fluido bombeado se encapsula, es decir, se atrapa y comprime, o en cualquier caso se somete a variaciones de volumen en los espacios encerrados entre los perfiles dentados en la zona de engrane, conllevando, por tanto, picos de tensión locales dañinos e incontrolados que provocan un ruido de funcionamiento hidráulico directo.

35

Una solución técnica conocida para obviar el ruido de funcionamiento hidráulico directo consiste en adoptar ruedas dentadas que tienen dientes helicoidales. Los dientes de estas ruedas dentadas están orientados según hélices cilíndricas, en lugar de ser paralelos al eje de rueda.

40

En las ruedas dentadas con dientes helicoidales, debido a la pendiente, cada par de dientes se engrana y se desengrana gradualmente, conllevando, por tanto, una transmisión con menos ruido y más regular.

45

Aunque estas ruedas dentadas son ventajosas en muchos aspectos y cumplen sustancialmente el fin de reducir el ruido de funcionamiento, introducen otros problemas debido a su estructura particular. De hecho, debido a la pendiente de los dientes, la fuerza transmitida se divide en una componente tangencial, necesaria para transmitir el momento de torsión, y una componente axial, que tiende, en su lugar, a desplazar la rueda.

50

Con el fin de obviar este problema, se usan o bien cojinetes de empuje o bien dos hélices opuestas que tienen ángulos complementarios, suprimiendo, por tanto, el empuje axial generado.

La invención tiene como objeto obviar la utilización de cojinetes de empuje o de cualquier otro tipo de artilugio para compensar las fuerzas axiales generadas de manera interna, y, en su lugar, se centra en hélices opuestas.

55

Adjunto a la figura 1, se muestra un ejemplo conocido de rueda dentada con hélices opuestas, conocida normalmente por tener engranajes de dientes en ángulo.

Los engranajes de dientes en ángulo en la figura 1 se usan como rotores para bombas hidráulicas en aplicaciones de alta potencia y baja velocidad.

60

Aunque este tipo de dentado se ha usado durante muchos años, la precisión de perfil de los dientes y la dureza de los mismos se limitan por las dificultades de construcción debido a la mecanización en la cúspide.

65

De hecho, las máquinas usadas para fabricar este tipo de ruedas dentadas son máquinas de ranurado en las que las dos hélices opuestas se mecanizan simultáneamente con un movimiento alterno de cuchillas que interfieren de manera mutua en la cúspide.

Este procedimiento se ve limitado por la imposibilidad de lograr grandes ruedas con alta dureza, ya que el mecanizado en el punto de cúspide es tan delicado y difícil que no pueden obtenerse engranajes realizados de materiales que tienen una dureza superior a 35 Rockwell C.

5 Estos engranajes pueden tratarse con tratamientos de nitruración térmica tras el mecanizado de los dientes, por ejemplo. Sin embargo, el torsionado del diente tras el tratamiento con calor obliga a que el diseñador use tolerancias más amplias con el fin de evitar daños a la superficie del diente, obteniendo, por tanto, eficacias más bajas.

10 En la figura 2 se muestra una solución alternativa, en donde se proporciona un espaciado entre las dos hélices, que permite usar una variedad de máquinas herramienta para fabricar el engranaje y lograr precisiones óptimas incluso sobre altas durezas, por ejemplo, superiores a 58-60 Rockwell C. Sin embargo, estos engranajes pueden no usarse para aplicaciones de bombeo.

15 Por ejemplo, en la solicitud de patente estadounidense n.º 2004/0031152 A1, que se refiere a un engranaje con perfil evolvente, en particular con dentado en ángulo, y a un procedimiento para fabricar un engranaje de este tipo, estos problemas se resolvieron, es decir, una dureza de diente de aproximadamente 58-60 HRC y mejora de tolerancia dimensional, pero sin resolver los problemas de encapsulación de fluido entre la parte superior y la parte inferior del diente, que es habitual en engranajes evolventes. Además, las salidas en la parte central del rotor crean de manera inevitable una pérdida de eficacia de volumen de la bomba.

Además, la bomba se adapta específicamente para bombear material de plástico fundido.

25 La patente estadounidense 7.040.870 B1 y que corresponde a la publicación patente europea 1 550 542 A1 también se encuentra dentro del campo de bombas de engranaje externas para alimentar material elastomérico. El engranaje tiene un segmento central curvo igual a $p/2$, en donde p corresponde al paso transversal.

El segmento curvo se usa, específicamente, para mejorar algunos problemas relacionados con bombeo del material termoplástico con respecto a un engranaje de dientes en ángulo tradicional.

30 Además, el perfil dentado es del tipo evolvente, el mismo que el de las secciones transversales de engranajes cilíndricos habituales usados para bombas de engranaje, no resolviendo, por tanto, los problemas de encapsulación de fluido entre parte superior y parte inferior del diente.

35 Las ruedas dentadas bihelicoidales según la técnica anterior también se dan a conocer en los documentos DE 20 2014 007647 U1 y DE 101 48 476 A1.

40 El problema técnico subyacente en la presente invención es concebir un nuevo tipo de rueda dentada bihelicoidal para aparatos de engranaje hidráulico, que tenga características estructurales y funcionales tales como para permitir simultáneamente la cancelación del ruido de funcionamiento hidráulico y mecánico y evitar la generación de empujes axiales que requieran una posible compensación de fuerza.

45 Otro objeto de la presente invención es proporcionar una rueda dentada bihelicoidal que sea sencilla y fácil de fabricar por medio de máquinas controladas de manera numérica del tipo sustancialmente convencional.

Un objeto adicional de la presente invención es fabricar un engranaje para bombas volumétricas y otros tipos de aparatos hidráulicos que esté totalmente libre de encapsulación.

Sumario de la invención

50 El problema técnico se resuelve mediante una rueda dentada bihelicoidal para aparatos de engranaje hidráulico según la reivindicación 1.

55 Cada diente de la rueda dentada de la invención se divide ventajosamente en tres zonas: las zonas inicial, central y final, en donde la zona central tiene un ángulo de hélice variable, mientras que las zonas inicial y final tienen un ángulo de hélice constante.

Además, dicha zona central está libre de cúspides.

60 La continuidad de forma de la sección transversal de la misma coincide adicionalmente con el perfil frontal de la rueda dentada.

Alternativamente, el desarrollo helicoidal de la zona central del diente es un arco de círculo.

65 En esencia, el perfil tiene un punto de conexión central con una derivada nula.

Esta zona central del desarrollo de diente helicoidal se obtiene con ángulos de hélice y paso variables.

Por otro lado, las zonas inicial y final tienen ángulos de hélice y paso constantes.

- 5 La invención se aplica a un aparato de engranaje hidráulico que comprende un par de ruedas dentadas de engrane sin encapsulación. Un aparato de este tipo puede ser una bomba volumétrica, por ejemplo.

10 Las características y ventajas de la rueda dentada bihelicoidal obtenida según la invención para aparatos de engranaje hidráulico se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción de una realización de la misma facilitada a modo de ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

15 - La figura 1 muestra una vista en perspectiva diagramática de una rueda dentada de dientes en ángulo según la técnica anterior;

- la figura 2 muestra una vista en perspectiva diagramática de una rueda dentada bihelicoidal con hélices separadas según la técnica anterior;

20 - la figura 3 muestra una vista en perspectiva diagramática de una rueda dentada bihelicoidal según un ejemplo que no forma parte de la presente invención;

25 - la figura 4 muestra una vista en perspectiva diagramática de una rueda dentada bihelicoidal según la presente invención;

- la figura 5 muestra una vista en perspectiva diagramática de un par de ruedas dentadas helicoidales acopladas entre sí en un aparato de engranaje hidráulico, tales como una bomba volumétrica;

30 - la figura 6 muestra una vista en sección perpendicular a los ejes de rotación de un par de ruedas dentadas helicoidales acopladas entre sí en un aparato de engranaje hidráulico, tales como una bomba volumétrica;

- la figura 7 muestra una vista lateral diagramática de un segmento de una rueda según la invención que muestra una longitud de solape;

35 - la figura 8 muestra un diagrama que representa el desarrollo lineal de un perfil de hélice cilíndrico;

- las figuras de 9 a 13 muestran vistas diagramáticas respectivas de diagramas usados para mostrar el perfil de hélice cilíndrico de la rueda dentada según la invención;

40 - la figura 14 muestra una vista frontal diagramática de un par de ruedas dentadas de engrane sin encapsulación según la invención;

45 - la figura 15 muestra una vista en perspectiva de una etapa de mecanizado de la rueda dentada según la invención obtenida en una máquina herramienta.

Descripción detallada

50 Con referencia a estas figuras, el número 1 indica de manera diagramática una rueda dentada en su totalidad de tipo de perfil bihelicoidal fabricada según la presente invención.

En particular, pero no de manera exclusiva, la rueda dentada se diseña para aparatos de engranaje hidráulico, y la siguiente descripción hará referencia a este campo de aplicación específico con el fin de simplificar la exposición de la misma.

55 Con el fin de comprender mejor todos los aspectos de la presente invención, debe observarse que el término "hélice cilíndrica" se refiere a una curva descrita por un punto animado de movimiento circular continuo, y al mismo tiempo, de movimiento recto uniforme con dirección perpendicular con respecto al plano de rotación.

60 Además, el término "paso de hélice" definirá a continuación la distancia recorrida por el punto generador de hélice a lo largo de una vuelta completa en la dirección axial.

65 La invención tiene el objetivo de proporcionar una rueda dentada bihelicoidal que pueda usarse con una rueda del mismo tipo en un engranaje para una bomba volumétrica que usa rotores de contrarrotación. Según la invención, ventajosamente, la rueda 1 tiene un perfil no encapsulado y una forma de hélice para suprimir el punto angular en la parte central de los engranajes de dientes en ángulo tradicionales fabricados según la técnica anterior.

De este modo, se suprime la causa de esos problemas relacionados con el mecanizado de rotores que tienen un perfil de este tipo.

5 La figura 3 muestra una vista en perspectiva de un ejemplo de rueda dentada 1 que no forma parte de la presente invención, que forma parte de un engranaje 2 del tipo bihelicoidal destinado a acoplarse sin encapsulación a un engranaje similar de un aparato hidráulico, por ejemplo, una bomba volumétrica.

10 La rueda dentada 1, de manera convencional, se une a o se ajusta en un árbol de soporte 5 para formar una rueda accionada o de accionamiento según el papel de la misma dentro del aparato hidráulico.

En la realización descrita en el presente documento a modo de ejemplo no limitativo, la rueda 1 tiene un perfil frontal 4 con siete dientes, pero también pueden usarse pluralidades de dientes diferentes.

15 El desarrollo bihelicoidal 3 de la rueda dentada 1 varía, ventajosamente, con una función continua y un patrón curvo a lo largo de la dirección axial del diente, al tiempo que mantiene la continuidad de forma de la sección transversal de la misma, que coincide con el perfil frontal 4.

20 Dicho de otro modo, el engranaje 2 no tiene ni cúspide, ni ningún ángulo agudo en la zona central del mismo. Cada diente 6 correspondiente es continuo y está libre de cortes sesgados.

Este desarrollo de hélice particular, que se detallará adicionalmente a continuación, permite obtener un par de rotores en los que los ángulos de hélice y paso varían con regularidad matemática, y, especialmente, se garantiza una continuidad de transmisión con una razón de contacto igual a 1.

25 Esto significa básicamente que: antes de abandonar dos dientes 6, dos dientes 6 distintos simultáneamente comienzan a engranarse entre sí. El contacto es continuo y reversible, y se mueve de la parte central del rotor hacia fuera o viceversa, dependiendo de la rotación hacia la izquierda o hacia la derecha y de la disposición de hélice.

30 También debe mencionarse que los perfiles dentados están combinados a lo largo de toda la longitud del rotor, es decir, las tangentes con respecto a los perfiles en el punto de contacto coinciden, y la normal común pasa a través del centro de rotación instantáneo.

35 Haciendo referencia ahora a la figura 4, se muestra un rotor que respeta los principios de la presente invención y presenta una mejora con respecto al ejemplo en la figura 3.

Evaluaciones geométricas sobre el grosor de diente, evaluaciones mecánicas sobre la transmisión de par de fuerzas y sobre la deformación y desgaste de diente, así como pruebas experimentales llevadas a cabo sobre las premisas del solicitante conllevan la obtención de un engranaje que es, conceptualmente, igual que el anterior pero que presenta la siguiente peculiaridad:

- 40
- zona A: ángulo de hélice constante
 - zona B: ángulo de hélice variable
 - 45 - zona C: ángulo de hélice constante.

En esencia, el desarrollo longitudinal del diente puede dividirse en tres zonas: zonas inicial, central y final, en donde las zonas A y C corresponden a las zonas inicial y final, y la zona B corresponde a la zona central.

50 Las longitudes de los diversos segmentos de rotor A, B y C se ajustan según consideraciones mecánicas y varían a medida que la banda de rotor varía según una norma geométrica.

55 Tal como ya se mencionó anteriormente, los dientes 6, 6' en una rueda helicoidal se engranan y desengranan gradualmente. Para hacer lo anterior de manera continua y regular, debería producirse la situación representada en la figura 6, en donde se muestra el desarrollo de los dientes hasta la mitad del rotor.

60 Por ejemplo, si dos dientes 6 adyacentes en sección perpendicular con respecto al eje de rotación de los rotores se indican mediante I y II, y los mismos dientes en sección perpendicular con respecto al eje de rotación en el extremo del rotor se indican mediante I' y II', con el fin de tener un engrane continuo en el diámetro de paso del rotor (φ_p en la figura 6) y un diente siempre engranado, se requiere que I' y II' estén separados una distancia L_f (véase la figura 7) pero rotados $360^\circ/7$, respectivamente (con razón de contacto igual a 1); en donde L_f es igual al paso dividido entre el número de dientes.

65 La elección se adoptó para el desarrollo de geometría que se describirá a continuación en el presente documento. Sin embargo, debe observarse que pueden obtenerse rotores con el mismo principio, pero una razón de contacto inferior o superior a 1.

La condición anteriormente mencionada se cumple de manera exacta cuando, para un rotor con hélice de ángulo constante, L_f es igual al paso dividido entre el número de dientes.

5 Con el fin de lograr el tipo de rotor deseado, los dientes de la rueda helicoidal estarán orientados según hélices cilíndricas para los segmentos A y C (tal como se muestra en la figura 4), es decir, animados y de movimiento circular continuo, y al mismo tiempo de movimiento recto uniforme que tienen una dirección perpendicular con respecto al plano de rotación, mientras que en el segmento B (de nuevo tal como se muestra en la figura 4) la hélice
10 estará formada por un punto animado de movimiento circular continuo y diversos movimientos que presentan una dirección perpendicular con respecto al plano de rotación.

Por tanto, con el fin de obtener las coordenadas del desarrollo de hélice en un espacio tridimensional, se usó una representación bidimensional.

15 De hecho, si desde el punto de vista geométrico, se considera una hélice como una curva en el espacio tridimensional, representada por una línea de ángulo constante bobinada alrededor de un cilindro, esta hélice también podría representarse según un desarrollo recto, tal como se muestra en la figura 8, por ejemplo.

20 El desarrollo de una única vuelta de hélice es un segmento de línea recta correspondiente a la hipotenusa del triángulo rectángulo que tiene los catetos correspondientes al paso y longitud de la circunferencia de hélice. La pendiente se determina, por tanto, a partir de un ángulo entre la hipotenusa de triángulo de desarrollo y el cateto correspondiente a la circunferencia de hélice, obteniendo, por tanto, la siguiente relación:

$$\tan(\alpha) = P/(\pi \cdot d)$$

25 El triángulo rectángulo representado en la figura 8 es el desarrollo de hélice y se usa como base para calcular el nuevo desarrollo bihelicoidal del engranaje según la invención.

Cuando se obtiene la representación deseada:

30 - para el cateto horizontal (para lograr una razón de contacto igual a 1), la variable P se sustituye por P/número de dientes

35 - para el cateto vertical (para lograr una razón de contacto igual a 1), la variable $\pi \cdot d_p$ se sustituye por $\pi \cdot d_p$ /número de dientes

en donde:

40 P: es el paso de hélice, y

d_p : es el diámetro de paso usado para el cálculo del ángulo de hélice promedio.

45 El ángulo de hélice se define en la figura 12 como el ángulo β entre la hipotenusa del triángulo rectángulo que representa el desarrollo de hélice y el paso de cateto/número de dientes, en paralelo al eje de rueda.

50 Si la gráfica en la figura 8 se reconstruye con estas nuevas variables, se obtiene la situación mostrada en la figura 9, es decir: un triángulo isósceles construido inclinando el triángulo rectángulo en la figura 8 con respecto al eje Y2 y en donde el punto angular de un engranaje de dientes en ángulo tradicional se indica mediante su vértice, ya que correspondía al punto central del rotor.

Si se tiene en consideración un perfil A que se mueve en perpendicular a lo largo de un eje Z, que coincide con el eje de rotación del rotor, al rotar alrededor de un eje Z de este tipo y al trasladarse con movimiento recto uniforme a lo largo de Z, y se usan las siguientes referencias A y A' para indicar:

55 A, la sección en la posición inicial A

A', la sección en la posición final Z,

60 entonces las secciones infinitas entre A y A' tienen el mismo perfil. Dicho de otro modo, cuando se secciona el rotor en perpendicular al eje de rotación (o eje Z) en cualquier posición espacial, el perfil no cambia, tal como se dio a conocer anteriormente con referencia a la conservación de la continuidad de forma de la sección transversal del perfil.

65 Con el fin de simplificar el método de cálculo, debe concentrarse la atención solo en una mitad del rotor y puede disponerse un sistema de referencia cartesiano X1-Y1, por ejemplo, para desarrollar una vuelta que corresponderá a

un segmento de línea recta correspondiente a la hipotenusa del triángulo rectángulo que tiene el paso/número de dientes y la longitud de circunferencia de hélice/número de dientes como los catetos.

5 Mediante lo cual, se obtiene una ecuación cartesiana de manera explícita de la línea recta para describir el desarrollo de la vuelta de hélice.

Si la abscisa (F) y la ordenada (A) de un triángulo rectángulo que representa la mitad del desarrollo helicoidal del diente de rotor se definen como dos variables dependientes:

10 (F) la variable que indica la posición axial de la vuelta de hélice,

(A) la variable que indica la posición de la vuelta de hélice en el diámetro de paso

$$y = mx + q$$

15 siendo $q=0$ y $A = \tan\beta * F$,

entonces pueden obtenerse una serie de puntos F_i y A_i a lo largo de todo el desarrollo de hélice en la dirección de eje Z.

20 Con el fin de obtener las dos coordenadas X_i y Y_i que faltan, puede hacerse lo siguiente. Haciendo referencia a la figura 10, la longitud del arco de círculo a una altura axial F_i facilitada obtenida según la relación anterior $A = \tan\beta * F$ puede considerarse tal como se conoce.

25 Sabiendo que $A = \gamma * r_p$, es posible obtener $\gamma = A / r_p$ y por tanto

$$X_i = r_p * \text{sen}(\gamma)$$

$$Y_i = r_p * \text{cos}(\gamma)$$

30 Una vez que la serie de coordenadas (X_i ; Y_i ; Z_i) requeridas para describir por completo el desarrollo de hélice en el espacio tridimensional se ha completado, la geometría del rotor puede dibujarse por medio de un software 3D adecuado.

35 Es suficiente proporcionar un ordenador que tenga un software de procesamiento 3D con las coordenadas de perfil (X ; Y) y con las de dos vueltas de hélice (X_i , Y_i , Z_i) unidas en los extremos del perfil.

40 De este modo, el espacio entre dientes también puede dibujarse. Sin embargo, pueden usarse diferentes métodos para construir la geometría usando un software 3D, siendo el ejemplo anterior solamente una de varias posibilidades.

45 Sin embargo, volviendo al ejemplo en la figura 9, debe comprenderse el procedimiento usado para suprimir los ángulos agudos del punto central angular ubicado en la zona B del rotor, es decir, en el punto en donde se cambia la orientación del perfil de hélice cilíndrico.

El punto angular en el centro de la figura 9 tiene, matemáticamente, dos derivadas, una derivada a mano derecha y una derivada a mano izquierda dependiendo de qué parte inclinada se tenga en cuenta.

50 Al imponer una única derivada "0" en ese punto, se obtiene, por tanto, una función, que describirá el desarrollo de hélice en ese punto. Esto significa que en ese punto existirá una tangente a la gráfica horizontal con una segunda derivada negativa, por tanto, la función de inicio tiene un máximo relativo en ese punto.

55 Por ejemplo, al aplicar la ecuación de una circunferencia como una función, puede obtenerse un punto de conexión que tiene una derivada nula.

Dicho de otro modo, al derivar la función que describe el desarrollo de hélice, puede obtenerse el ángulo complementario del ángulo de hélice (α), que es una variable punto por punto a lo largo del eje de rotor en un punto determinado en el diámetro de paso.

60 A partir del análisis matemático, de hecho, se conoce que la derivada de una función f en un punto X_0 es el valor del coeficiente angular de la línea recta tangente a la curva en ese punto, es decir, la tangente trigonométrica del ángulo formado por la tangente en un punto de la curva de ecuación $y=f(x)$ y el eje de abscisas.

Debe observarse que, si el desarrollo de hélice se tiene en consideración a lo largo de una vuelta completa a lo largo de la dirección axial (que corresponde al paso de hélice), la función que describe el comportamiento de la misma es la misma en el caso con ángulo de hélice constante.

5 Por otro lado, en el caso de ángulo de hélice variable con el fin de obtener una razón de contacto igual a 1 y suprimir el punto angular en la parte central del rotor, la construcción geométrica resultante conlleva la formulación de una única función que depende de la longitud de la banda de rotor obtenida a partir del paso/número de dientes y a partir de la razón $(d_p \cdot \pi) / \text{número de dientes}$.

10 Con el fin de definir una función geométrica de este tipo, se requieren tres etapas, comenzando, por ejemplo, por el establecimiento de algunos parámetros de diseño, tales como:

1)

- 15 • Capacidad de bomba
- Diámetros de rotor
- Ángulo de hélice mínimo
- 20 • Grosor de diente mínimo

Se obtiene entonces una construcción geométrica, que representa la forma deseada del desarrollo de hélice próximo al cambio de orientación de hélice cilíndrica.

25

2)

La representación del triángulo rectángulo de referencia se lleva a cabo en primer lugar, tal como se muestra en la figura 11, por ejemplo, entonces se construye el desarrollo de hélice de ángulo constante, permitiendo esto la obtención de dos catetos que representan la base para la construcción del nuevo desarrollo de hélice y será, respectivamente:

30

$$F = \text{paso} / \text{número de dientes}$$

35

$$A = \pi * d_{\text{paso}} / \text{número de dientes}$$

Tal como se muestra en la figura 12, el punto central angular se suprime por completo al dibujar un círculo de diámetro $2r$ centrado con respecto al cateto A.

40 Comenzando desde G, se dibuja un segmento que tiene una longitud F tangente al círculo Ω (perpendicular al radio de círculo r). Se identifica un punto H, que representa el extremo del primer segmento de rotor con ángulo de hélice constante.

45 El arco de círculo que pasa a través de H-I-L identifica la zona central del rotor con ángulo de hélice variable, zona B.

De manera simétrica, el segmento de longitud L-N completa el segmento final del rotor con ángulo de hélice constante.

50 3)

En este punto, necesitan determinarse las ecuaciones que describen el desarrollo de hélice. Las variables representadas en la figura 11 se usarán para escribir las formulas requeridas para obtener las coordenadas $(X_i; Y_i; Z_i)$ de los vueltas en los que se moverá el perfil de sección frontal describiendo la geometría del espacio entre dientes.

55

Con referencia a la figura 13, los engranajes usados presentan de manera evidente un perfil logrado por medio de arcos de círculo obtenidos a partir de perfiles cicloidales en las zonas inferiores de diente (segmento C) y en la parte superior (segmento A), mientras que, con el fin de generar la zona próxima al diámetro de paso, se usó una ecuación polar de la evolvente de círculo (segmento B).

60

La figura 14 muestra de manera diagramática el dibujo de los perfiles combinados en el plano, lo que puede producirse de diversas maneras diferentes, pero en este ejemplo por medio del método de envolvente.

65 El contacto es constante por todo el desarrollo del diente con el fin de evitar que el fluido se encapsule entre la parte superior y la parte inferior de los engranajes durante el movimiento relativo de los mismos.

A partir de la descripción anterior, es evidente que el perfil de la rueda dentada según la invención también permite resolver por completo los problemas relacionados con el mecanizado de la misma por medio de máquinas herramienta.

5 De hecho, la rueda dentada de la presente invención puede lograrse por medio de máquinas controladas de manera numérica alimentadas por un software específico derivado de la construcción en 3D del modelo de desarrollo bihelicoidal anteriormente descrito del engranaje.

10 Más particularmente, la rueda dentada según la invención puede obtenerse por medio de una máquina controlada de manera numérica automática alimentada por un software específico derivado de una construcción en 3D del modelo de desarrollo bihelicoidal del diente de rueda, tal como se describe con referencia a las formulas anteriores, obteniendo, por tanto, un desarrollo de hélice que se curva de manera continua a lo largo de la dirección longitudinal del diente, al tiempo que también mantiene la continuidad de forma de la sección transversal de la misma.

15 Ventajosamente, la máquina anteriormente mencionada es una estación de trabajo controlada de manera numérica con al menos cuatro ejes.

20 La figura 15 es una representación diagramática a modo de ejemplo de la rueda dentada según la invención.

Las etapas de funcionamiento detalladas pueden ser las siguientes:

Etapa 1: escribir las ecuaciones de perfil no encapsulado y las ecuaciones de ángulo de hélice y paso.

25 Etapa 2: crear el modelo definitivo usando un software 3D.

Etapa 3: transferir el modelo definitivo a un CAD-CAM.

30 Etapa 4: crear el espacio entre dientes usando la estación de trabajo controlada de manera numérica, tal como una máquina de cinco ejes, por ejemplo.

Etapa 5: tratar térmicamente por medio de endurecimiento de superficie a 58-60 HRC. Esta etapa puede ser opcional.

35 Etapa 6: pulir vástagos y cuñas.

Etapa 7: terminar el espacio entre dientes en la estación de trabajo

40 La invención resuelve el problema técnico y logra diversas ventajas, en primer lugar, la posibilidad de fabricar engranajes de contrarrotación con ángulos de hélice total o parcialmente variables, con perfil no encapsulado y una forma para suprimir la parte superior en la parte central de los rotores.

45 Además, la pendiente opuesta continua y precisa de los dientes no genera ninguna fuerza axial que pueda provocar el desplazamiento de la rueda, pudiendo esta última incorporarse en engranajes que están desprovistos de compensación axial.

50 En pocas palabras, la invención permite fabricar rotores de contrarrotación, con perfil no encapsulado y con una forma de hélice que puede suprimir el punto angular en la parte central de los propios rotores, y, por tanto, suprimir todos los problemas relacionados con su mecanizado por medio de máquinas herramienta.

La invención permite además fabricar engranajes para aparatos hidráulicos de contrarrotación con ángulos de hélice parcial o totalmente variables.

REIVINDICACIONES

1. Rueda dentada bihelicoidal (1) para aparatos de engranaje hidráulico (2), del tipo unido a un árbol de soporte (5) para formar una rueda accionada o de accionamiento de dicho aparato hidráulico y que comprende una pluralidad de dientes (6) que se extienden con ángulo de hélice variable con función continua en la dirección de diente longitudinal o axial, en la que el perfil de dientes (4) mantiene un mismo perfil en sección transversal a lo largo de su longitud; en la que cada diente se divide longitudinalmente en tres zonas: zonas inicial (A), central (B) y final (C), en donde las zonas inicial (A) y final (c) tienen un ángulo de hélice simétrico; en la que dicha zona central (B) tiene un ángulo de hélice variable; en la que dichas zonas inicial (A) y final (C) tienen un ángulo de hélice constante; caracterizada porque dicha rueda dentada bihelicoidal (1) tiene un perfil no encapsulado.
2. Rueda dentada bihelicoidal según la reivindicación 1, caracterizada porque cada sección transversal coincide con el perfil frontal (4) de la rueda dentada (1).
3. Rueda dentada bihelicoidal según la reivindicación 1, caracterizada porque el desarrollo de hélice tiene un punto de transición entre una parte a mano derecha y una parte a mano izquierda en el que el ángulo de hélice es 0° y las derivadas derecha e izquierda de la función de ángulo de hélice son finitas e iguales en ese punto.
4. Rueda dentada bihelicoidal según la reivindicación 1, caracterizada porque dichas zonas (A), (B), (C) se obtienen a partir del desarrollo bidimensional de una única vuelta de la hélice en un segmento de línea recta correspondiente a la hipotenusa de un triángulo rectángulo que tiene los catetos correspondientes al paso (P) y longitud de la circunferencia de hélice ($\pi*d$); determinándose la pendiente de dicho segmento de línea recta a partir de un ángulo (α) entre la hipotenusa de triángulo en desarrollo y el cateto correspondiente a la circunferencia de hélice según la siguiente relación:
- $$\tan(\alpha) = P/(\pi*d)$$
5. Rueda dentada bihelicoidal según la reivindicación 4, caracterizada porque dicho triángulo rectángulo, que representa el desarrollo de hélice y se usa como base para calcular el desarrollo bihelicoidal del engranaje según dicha relación, se usa con las siguientes correlaciones de sustitución:
- para el cateto horizontal, con una razón de contacto deseada igual a 1, la variable P se sustituye por (P/número de dientes)
 - para el cateto vertical, de nuevo con una razón de contacto igual a 1, la variable ($\pi*dp$) se sustituye por ($\pi*dp$ /número de dientes)
- en donde:
- P: es el paso de hélice, y
- dp: es el diámetro de paso usado para el cálculo del ángulo de hélice promedio.
6. Rueda dentada bihelicoidal según la reivindicación 1, con razón de contacto entre 0,6 y 1,4.
7. Aparato de engranaje hidráulico caracterizado porque comprende un par de ruedas bihelicoidales dentadas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
8. Aparato según la reivindicación 7, caracterizado porque es una bomba volumétrica.
9. Aparato según la reivindicación 7, caracterizado porque es un motor de engranaje hidráulico.
10. Método para fabricar una rueda dentada bihelicoidal (1) con perfil no encapsulado (4), para aparatos de engranaje hidráulico (2) según una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, por medio de una máquina controlada de manera numérica automática alimentada por un software específico derivado de una construcción 3D del modelo de desarrollo bihelicoidal del diente de rueda, caracterizado porque el desarrollo de hélice es curvo en un único segmento central a lo largo de la dirección longitudinal del diente al tiempo que mantiene el mismo perfil en sección transversal a lo largo de su longitud.
11. Método según la reivindicación 10, caracterizado porque dicha máquina es una estación de trabajo controlada de manera numérica con al menos cuatro ejes.

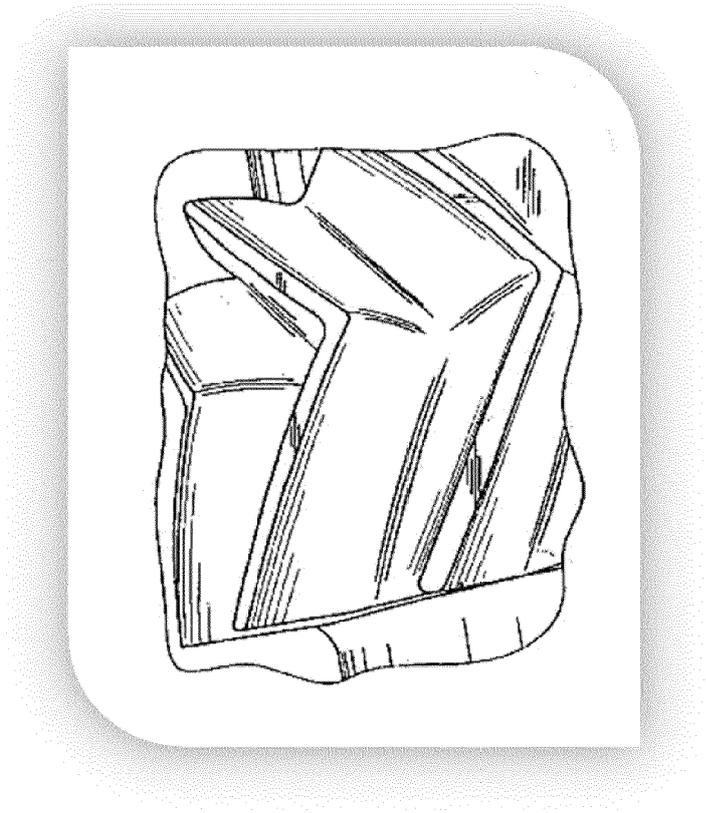


FIG. 1 – TÉCNICA ANTERIOR

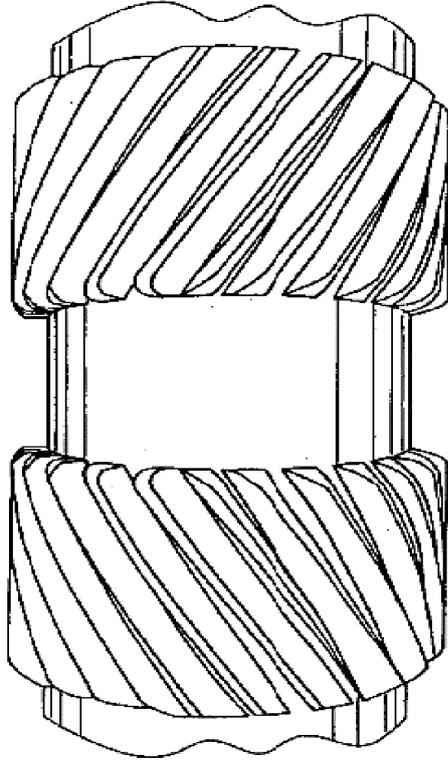


FIG. 2 - TÉCNICA ANTERIOR

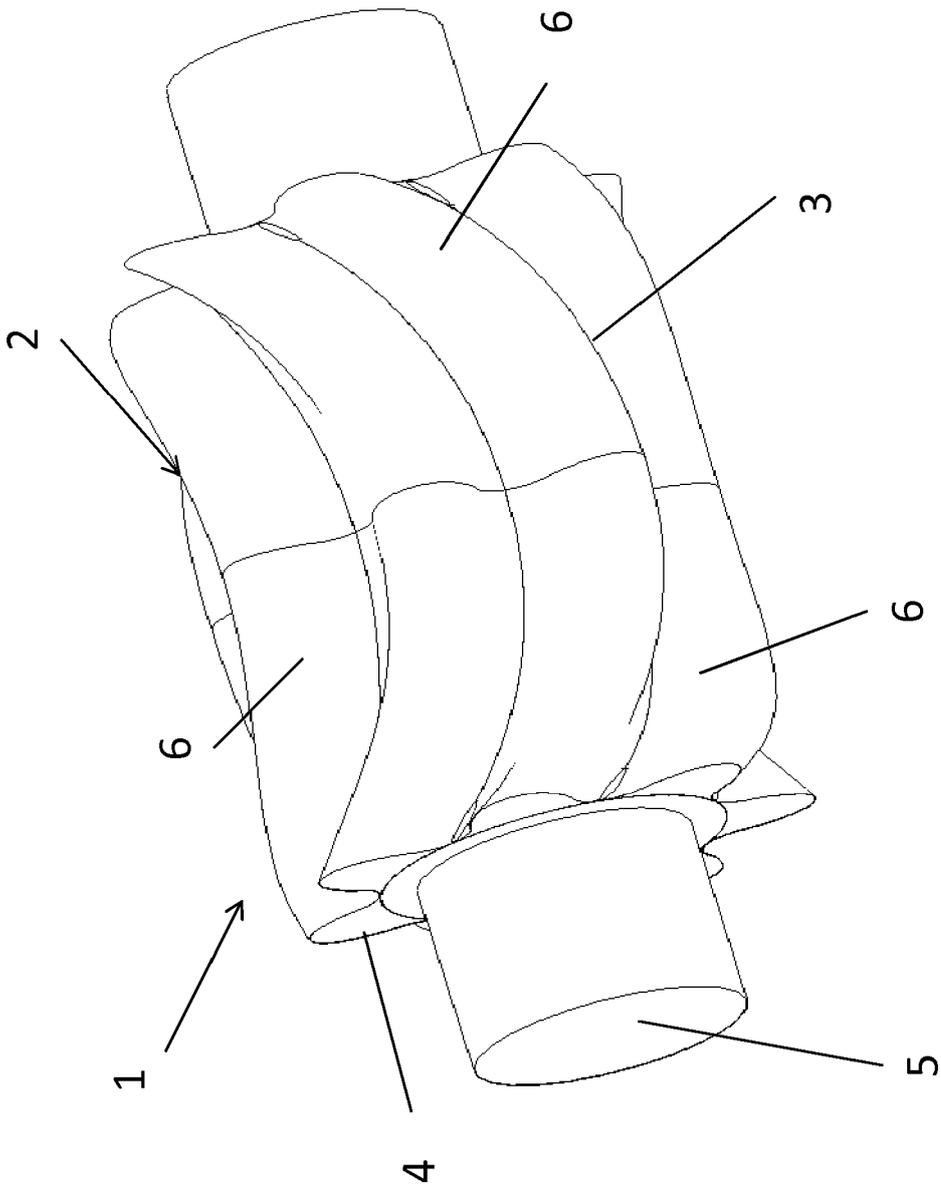


FIG. 3

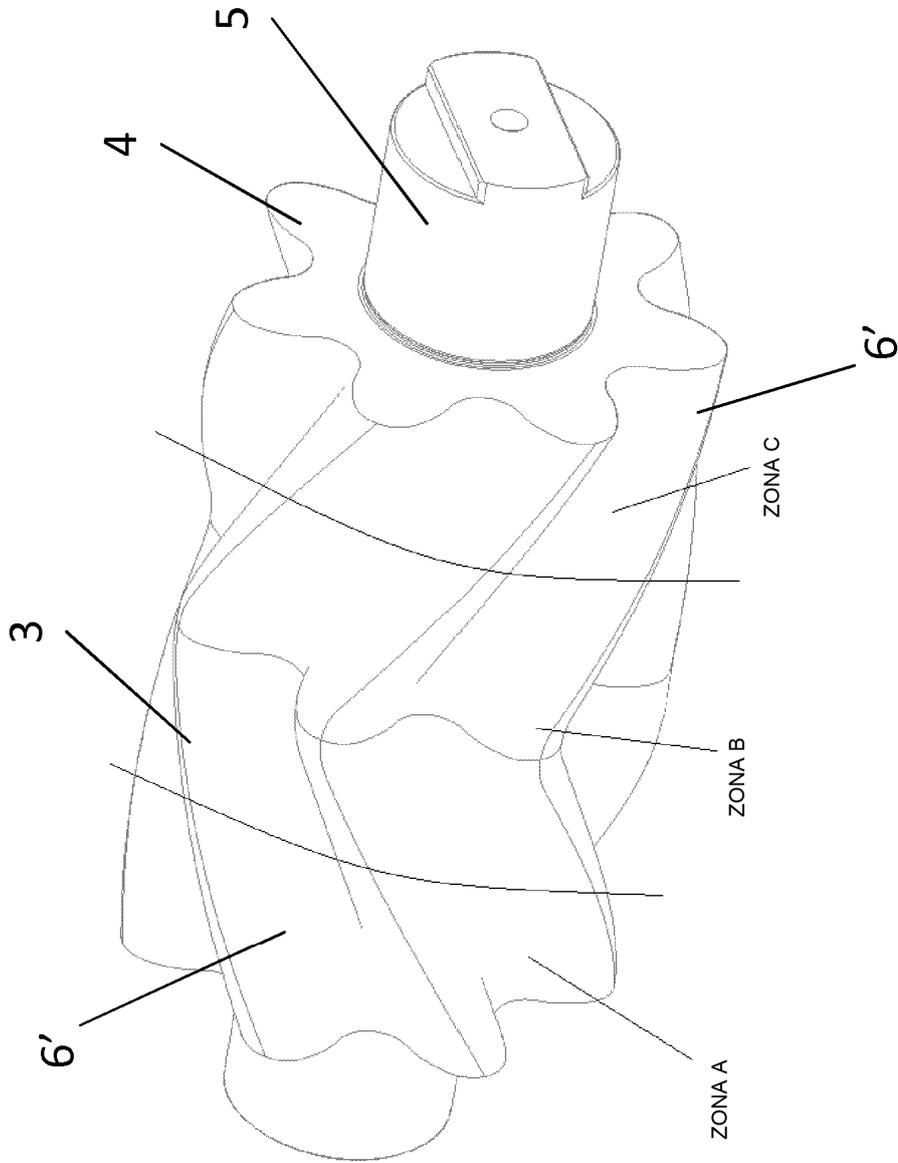


FIG. 4

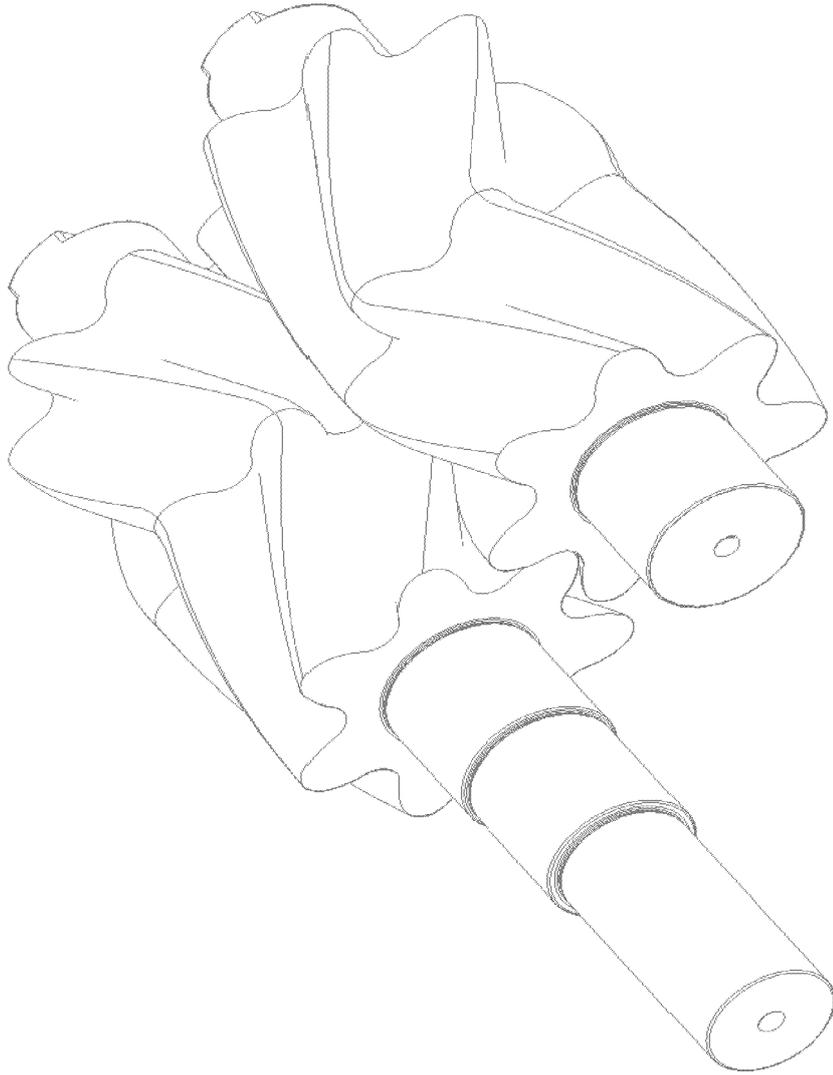


FIG. 5

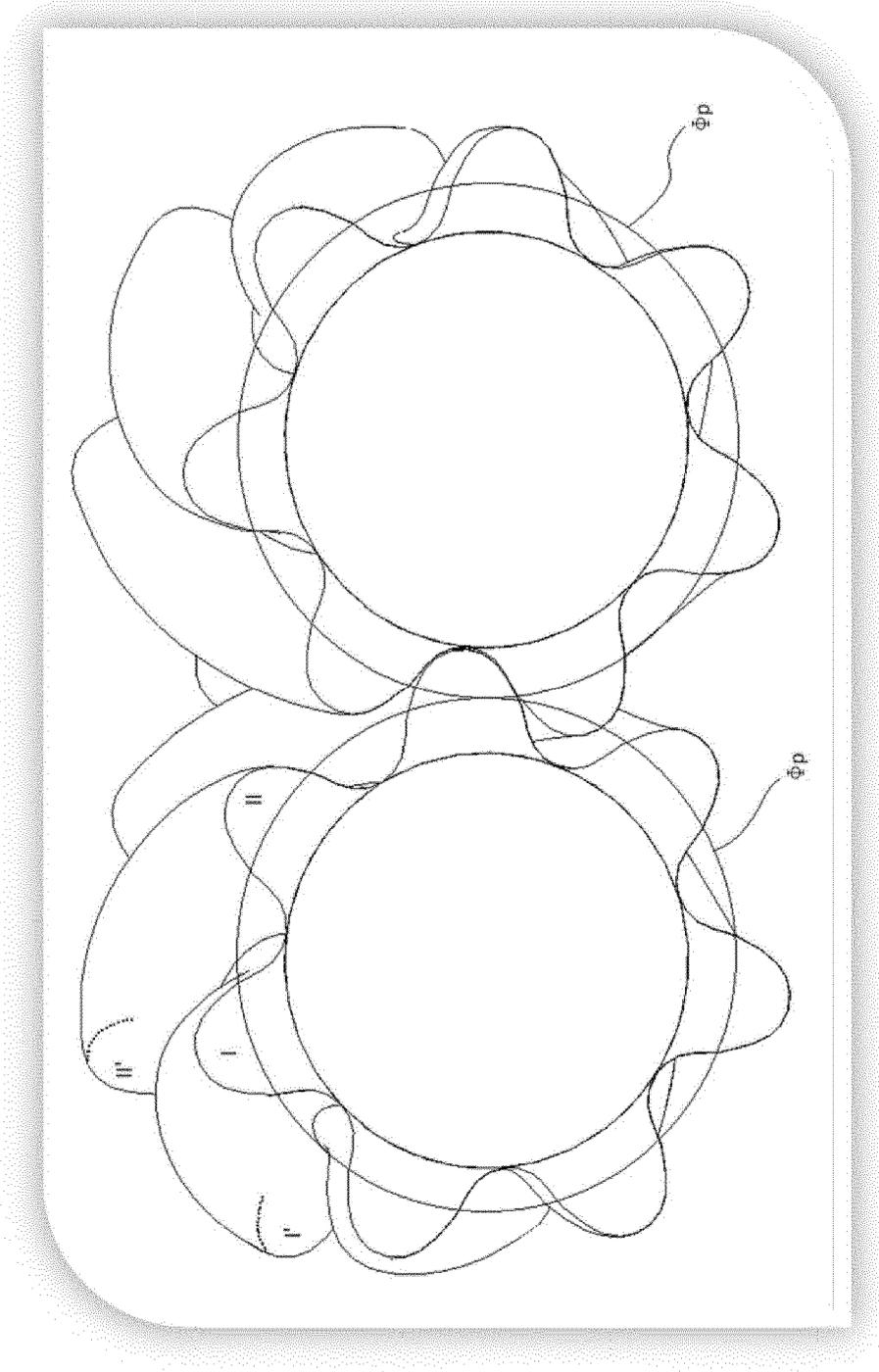


FIG. 6

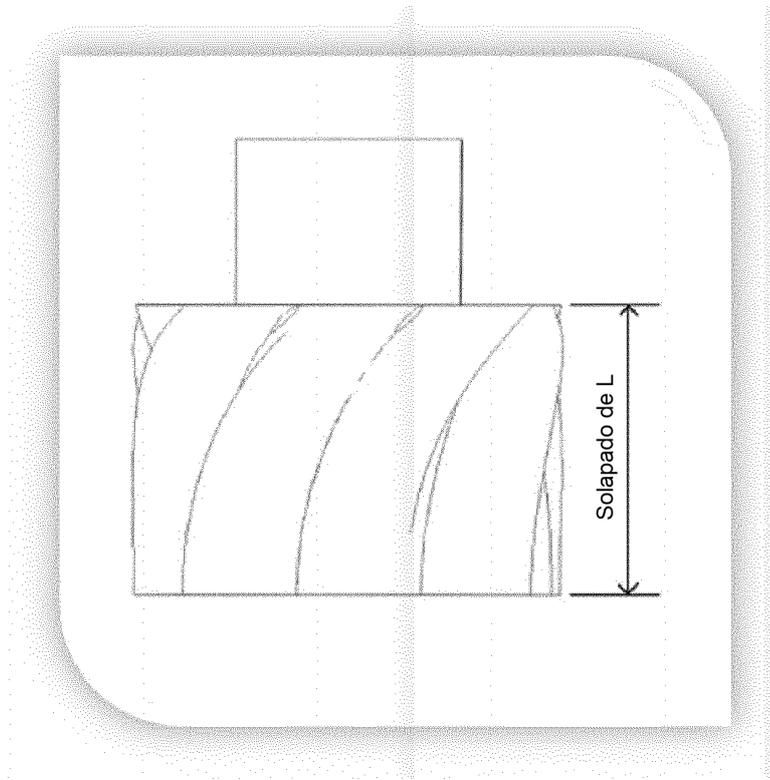


FIG. 7

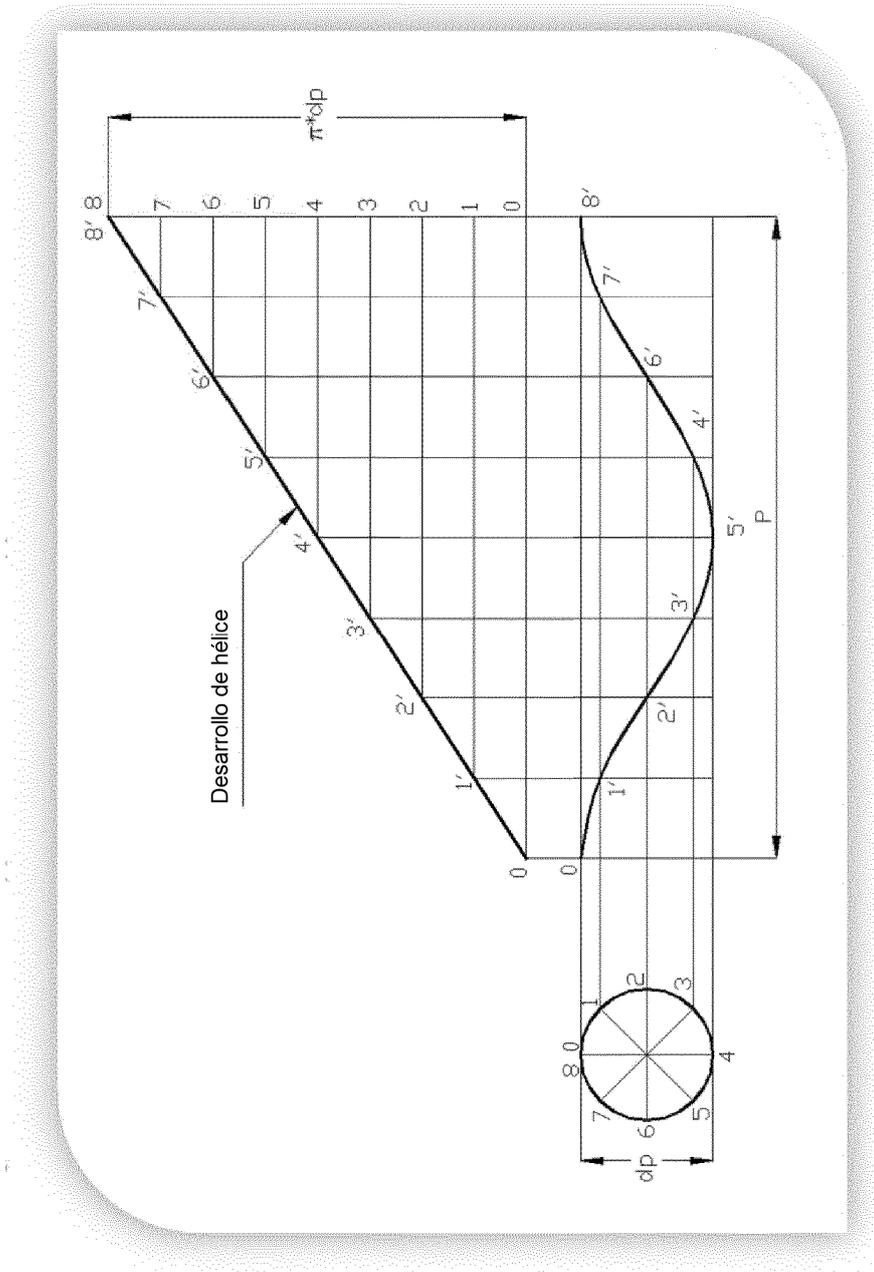


FIG. 8

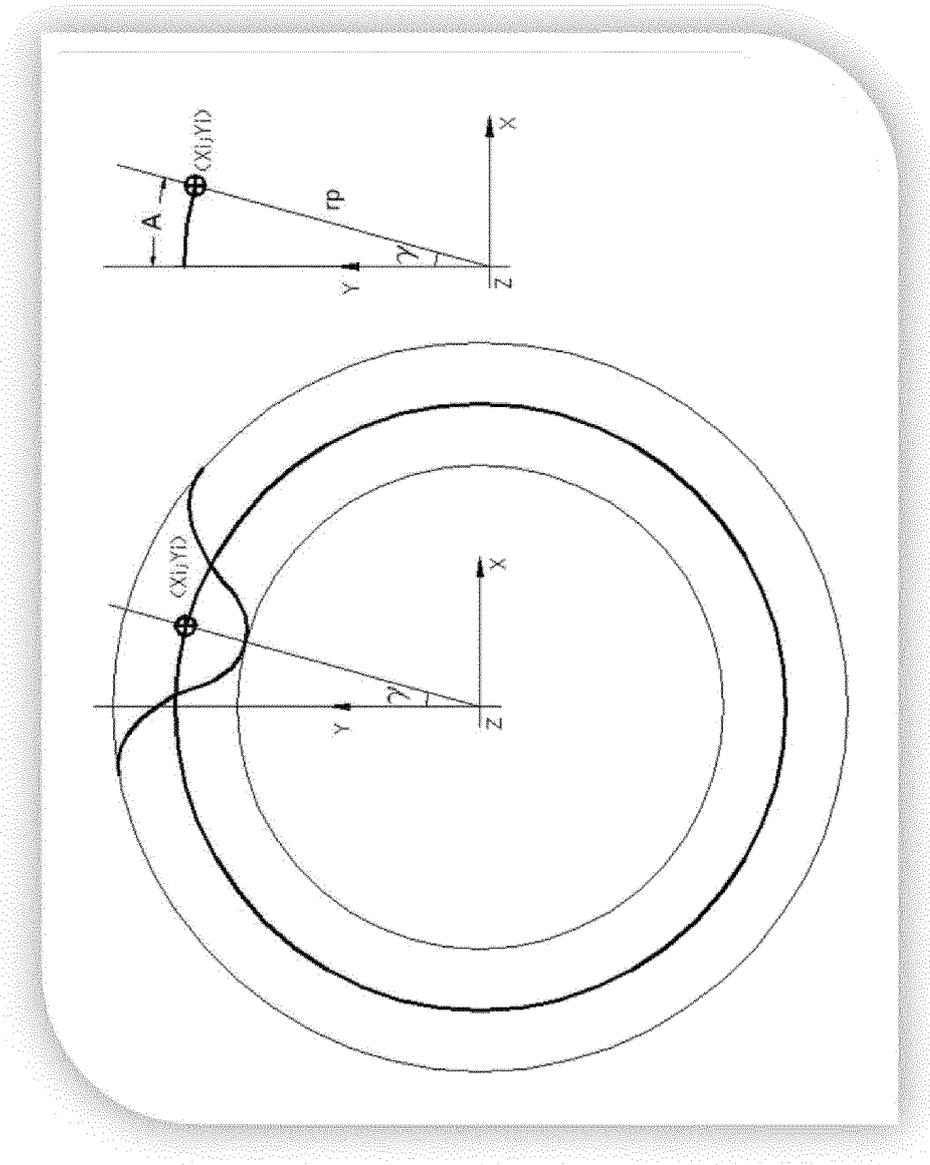


FIG. 10

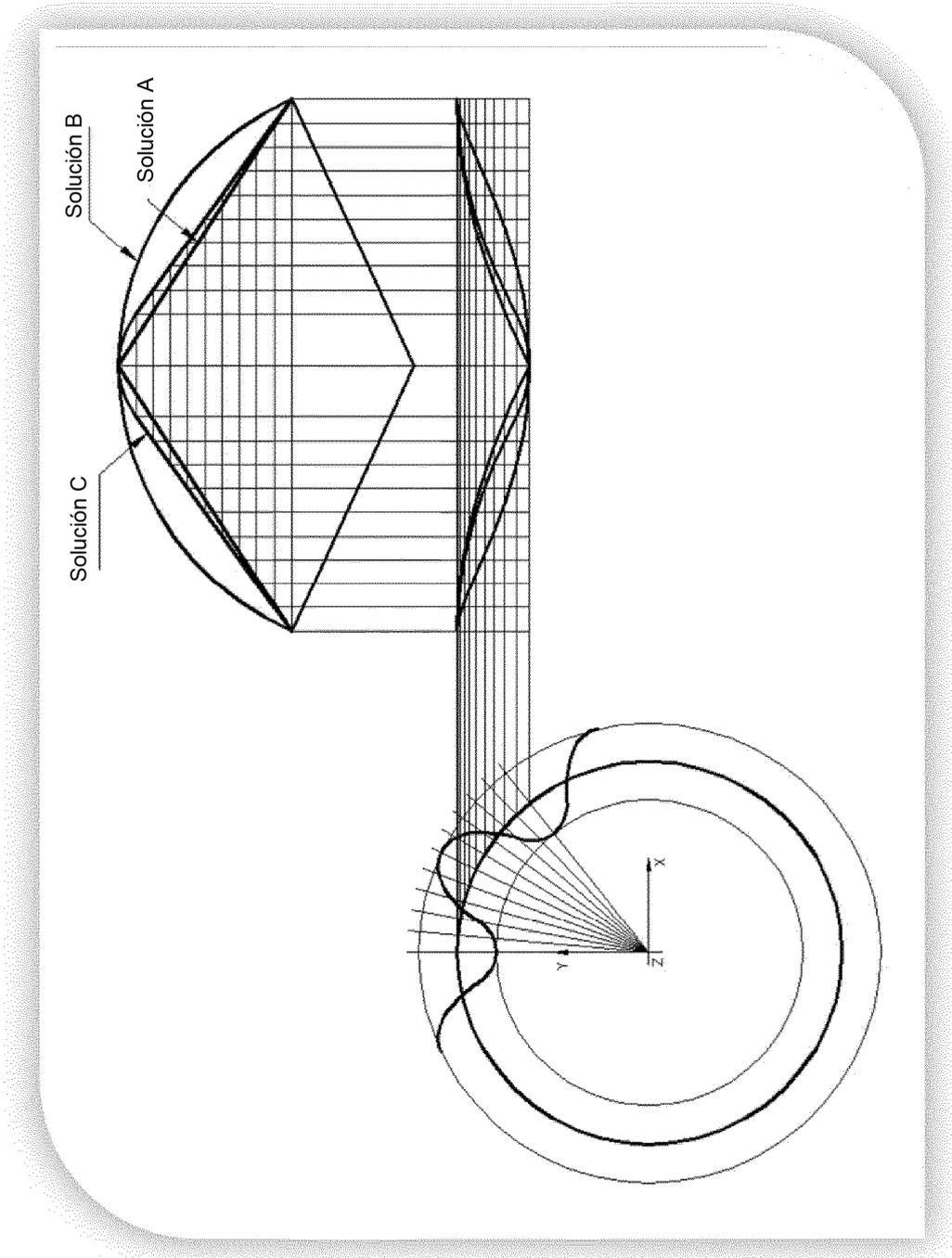


FIG. 11

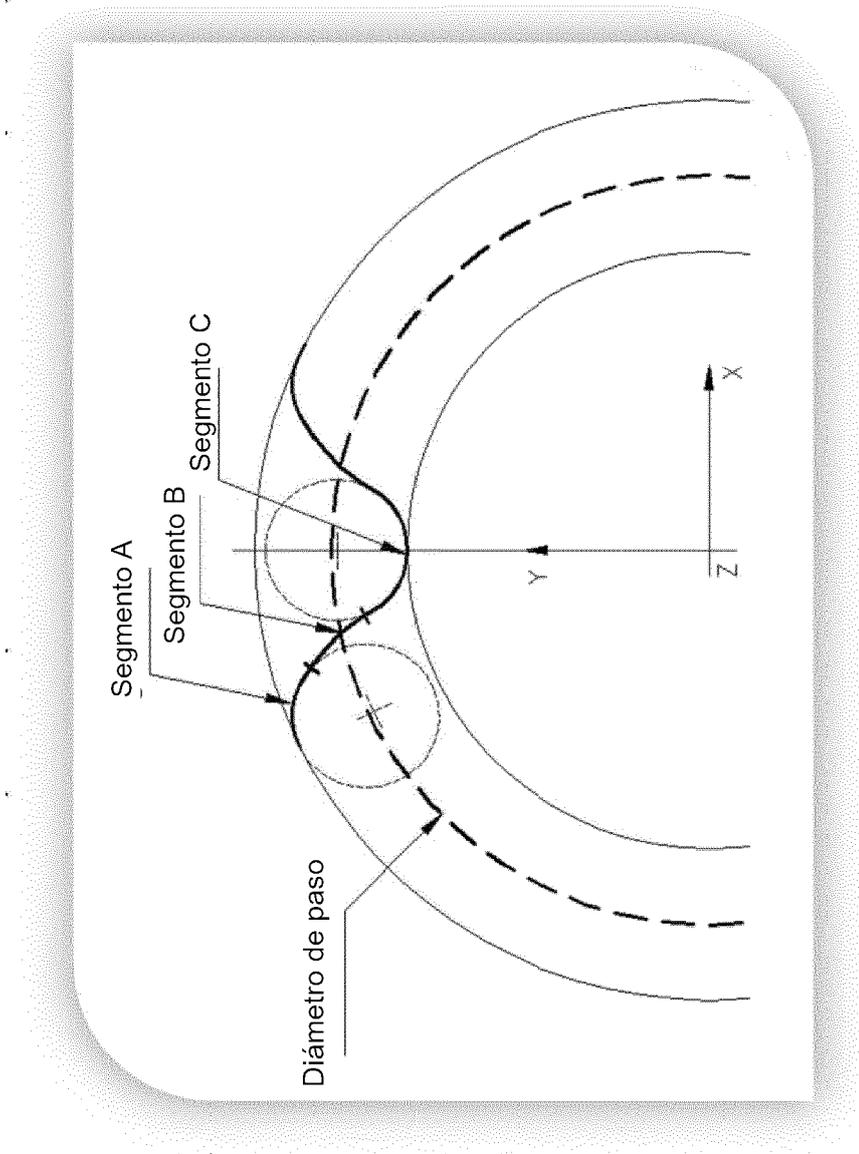


FIG. 13

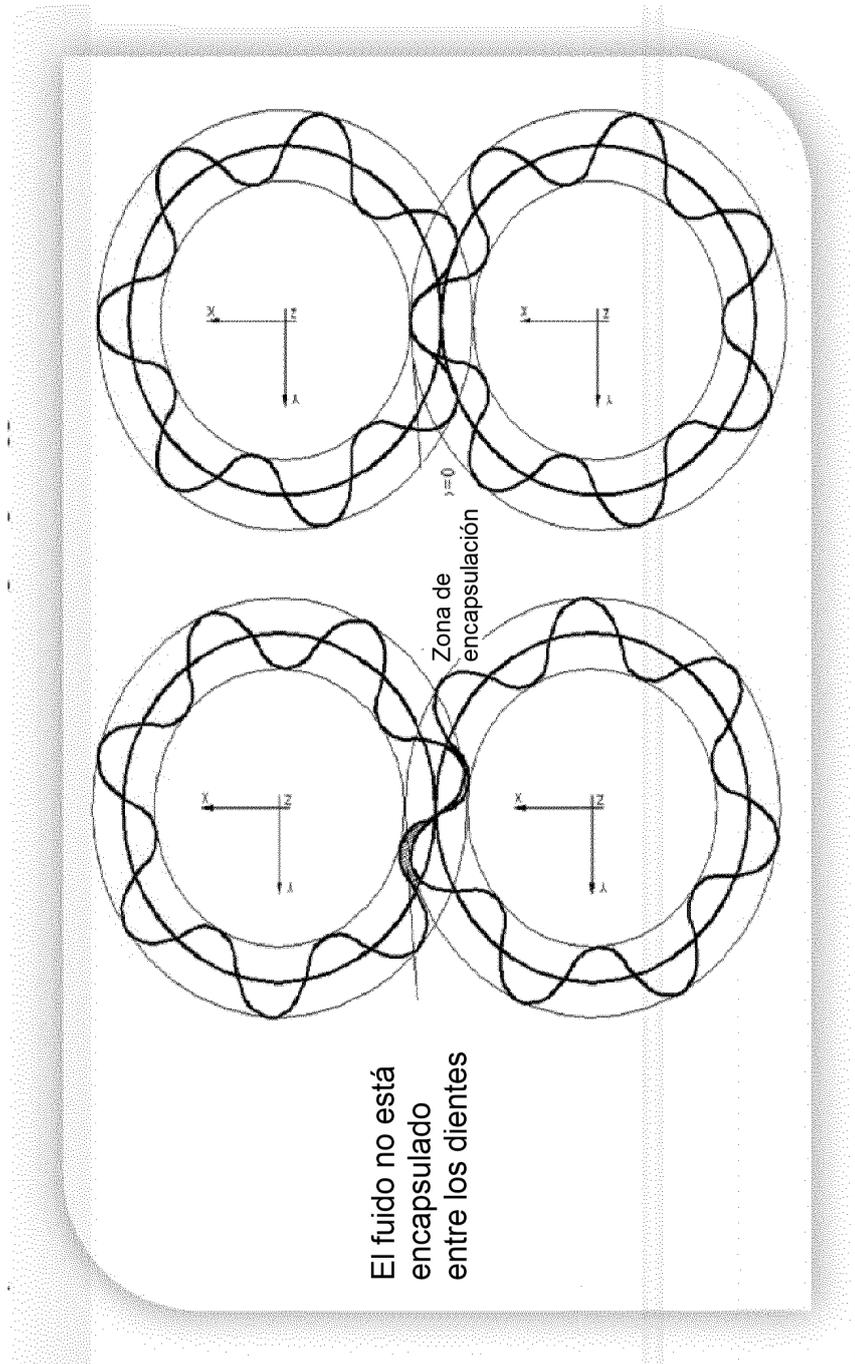


FIG. 14

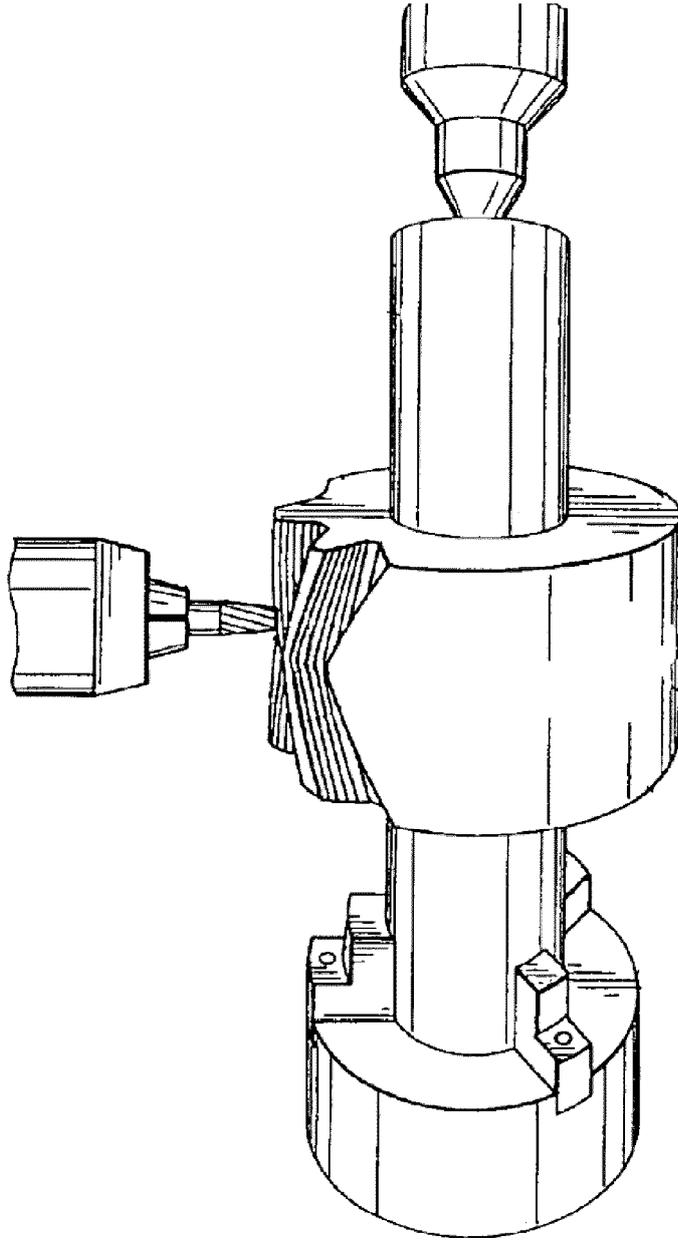


FIG. 15