

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 450 942**

51 Int. Cl.:

B29C 47/40 (2006.01)

B29C 47/60 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2010 E 10787746 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2014 EP 2509765**

54 Título: **Procedimiento para la construcción de cuerpos rotativos en la misma dirección que se tocan**

30 Prioridad:

08.12.2009 DE 102009057139

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

25.03.2014

73 Titular/es:

**BAYER INTELLECTUAL PROPERTY GMBH
(100.0%)**

**Alfred-Nobel-Str. 10
40789 Monheim, DE**

72 Inventor/es:

**KÖNIG, THOMAS y
BIERDEL, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 450 942 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

Procedimiento para la construcción de cuerpos rotativos en la misma dirección que se tocan

La invención se refiere a un procedimiento para la construcción de cuerpos que siempre se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de ejes dispuestos en paralelo.

- 5 Se consideran dos círculos que están dispuestos uno junto a otro en dos ejes paralelos, representado esquemáticamente como en la figura 1. En general se sabe que los círculos se rozan durante una rotación en la misma dirección, de manera que durante la rotación siempre se tocan en un punto que se encuentra entre los centros de rotación de los círculos.

Además se sabe que además de círculos hay otras figuras geométricas que siempre son tangentes en un punto durante una rotación en la misma dirección. En la figura 2 se muestra un ejemplo. Estas figuras siempre se tocan en un punto durante una rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación.

Las figuras geométricas bidimensionales mostradas en las figuras 1 y 2 se pueden continuar de diferente manera en la tercera dimensión. Una posibilidad sencilla es, por ejemplo, la continuación lineal de las figuras en la dirección de los ejes de rotación, de modo que se originen cuerpos en forma de disco o barra que se rozan durante una rotación en la misma dirección a lo largo de una línea entre los centros de rotación la cual discurre en paralelo a los ejes de rotación.

- 15 Otra posibilidad consiste en, por ejemplo, continuar helicoidalmente las figuras geométricas a lo largo de los ejes de rotación, de modo que se originan cuerpos helicoidales que se tocan durante una rotación en la misma dirección a lo largo de una curva entre los cuerpos.

Cuerpos semejantes, que siempre se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de ejes dispuestos en paralelo, tienen importancia en particular en la técnica de extrusión, donde se utilizan como extrusionadoras de tornillo sin fin rotativas en la misma dirección, por ejemplo, para el tratamiento de masas viscosas o con finalidades de mezclado. Tales extrusionadoras de dos o más husillos en la misma dirección se conocen por el experto de la literatura especializada y de patentes. A modo de ejemplo aquí se mencionan las siguientes publicaciones [1]: K. Kohlgrüber: "*Der gleichläufige Doppelschneckenextruder*", Hanser Verlag, 2007. En el caso de extrusionadoras de tornillo sin fin, la propiedad de que los tornillos sin fin adyacentes se rocen por parejas durante la rotación en la misma dirección tiene la ventaja de que se rascan de forma recíproca y por ello se limpian.

Hay reglamentos para la construcción de cuerpos seleccionados que siempre son tangentes en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de ejes dispuestos en paralelo.

- Así se sabe, por ejemplo, de la literatura para extrusionadoras de tornillo sin fin (véase, por ejemplo, [1] páginas 96 a 98), que un elemento helicoidal del tipo "Erdmenger", con un perfil de sección transversal como en la fig. 2 de la presente solicitud, se puede componer de arcos circulares.

No obstante, se desconoce qué criterios se deben satisfacer en general para que dos cuerpos que rotan en la misma dirección alrededor de dos ejes dispuestos en paralelo siempre sean tangentes en al menos un punto.

Se sabe (véase, por ejemplo, [2]: Booy "*Geometry of fully wiped twin-screw equipment*", Polymer Engineering and Science 18 (1978) 12, páginas 973 – 984) que la rotación en la misma dirección de dos cuerpos tangentes alrededor de sus ejes fijos es cinemáticamente equivalente al "desplazamiento sin rotación" de un cuerpo alrededor del otro cuerpo, entonces fijo. Esta particularidad se puede utilizar para generar figuras geométricas por pasos que siempre son tangentes en un punto durante la rotación en la misma dirección. La primera figura (la "generada") está parada durante la observación y la segunda figura (la "generadora") se desplaza alrededor de la primera de forma translatoria sobre un arco circular. Ahora se puede predeterminar y examinar una parte del perfil de la segunda figura, cuyo perfil se genera de este modo sobre la primera figura. La figura generada se "corta" en cierto modo por la generadora.

Los documentos US3900187 A, WO2004/009326 A1 y EP1093905 A2 divulgan:

- un procedimiento para la generación de dos cuerpos K1 y K2, que siempre se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de dos ejes de rotación A1 y A2, dispuestos en paralelo uno respecto a otro,
- 45 - en el que se forma, en un plano E perpendicular a los ejes de rotación, un perfil de sección transversal del cuerpo K1 mediante una curva pv continua, diferenciada continuamente sección por sección, cerrada, convexa, y se forma el perfil de sección transversal del cuerpo K2 de la curva qv,
- en el que la curva pv presenta en cada punto un radio de curvatura, que es menor o igual que la distancia a,
- en el que en un acodamiento en el perfil de sección transversal del cuerpo K1, el perfil de sección transversal del cuerpo

K2 presenta un arco circular, cuyo radio se corresponde con la distancia entre ejes a y cuyo ángulo se corresponde con aquel ángulo con el que se encuentran las tangentes en los segmentos de curva de la curva.

5 No obstante, no se conoce un procedimiento general de cómo se puede generar por si misma la parte de la segunda figura que se predetermina. En [2] se describe un enfoque posible de cómo se puede generar el segmento de perfil del que se puede partir y del que se genera el resto del perfil. No obstante, este enfoque es matemáticamente muy costoso y ante todo no es válido en general, es decir, sólo se pueden generar aquellos perfiles que se pueden describir por las funciones matemáticas indicadas en [2].

10 Por ello partiendo del estado de la técnica se plantea el objetivo de proporcionar un procedimiento general con el que se puedan construir cuerpos que siempre se toquen en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de dos ejes dispuestos en paralelo.

Sorprendentemente se han encontrado los principios básicos que sirven de base para dos cuerpos que siempre se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección alrededor de dos ejes dispuestos en paralelo uno respecto a otro.

15 Partiendo de estos principios básicos se puede desarrollar un procedimiento general para las construcciones de cuerpos semejantes.

El objeto de la presente invención es por ello un procedimiento según la reivindicación 1 independiente para la construcción de cuerpos que siempre se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección, con la misma velocidad de rotación alrededor de ejes dispuestos en paralelo uno respecto a otro. Formas de realización preferentes se encuentran en las reivindicaciones dependientes.

20 El procedimiento según la invención se puede aplicar en dos o más cuerpos. Los cuerpos están dispuestos unos junto a otros sobre ejes de rotación paralelos que discurren por parejas a una distancia a. Convenientemente se describe el procedimiento para dos cuerpos K1 y K2 que se rotan con la misma velocidad de rotación alrededor de su eje correspondiente. En la disposición de más de dos cuerpos, los cuerpos K1 y K2 se dispondrían siempre alternadamente en ejes de rotación adyacentes.

25 Los cuerpos K1 y K2 se designan aquí por sencillez también como cuerpos correspondientes. La velocidad de rotación es el número de vueltas de un cuerpo alrededor de su eje de rotación por unidad de tiempo (unidad hertzio).

Para la construcción de los cuerpos K1 y K2 correspondientes se generan en primer lugar los perfiles de sección transversal de estos cuerpos. Los perfiles de sección transversal son los perfiles que se producen por una intersección de los cuerpos K1 y K2 en un plano E que discurre perpendicularmente a los ejes A1 y A2.

30 Sorprendentemente se ha encontrado que el perfil de sección transversal de un cuerpo se puede predeterminar y el perfil de sección transversal del otro cuerpo correspondiente se puede desarrollar de este perfil predeterminado. En este caso el perfil a predeterminar sólo debe satisfacer unos pocos criterios que se satisfacen fácilmente. El desarrollo del perfil del cuerpo correspondiente se realiza de manera sencilla gráficamente o por cálculo. Esto permite la construcción de una multiplicidad extraordinaria de cuerpos correspondientes. Además, por primera vez es posible predeterminar de este modo un cuerpo casi a voluntad y desarrollar el cuerpo correspondiente al predeterminado de manera sencilla. El procedimiento según la invención no se limita a los perfiles de sección transversal que se describen por arcos circulares (como en el caso de elementos helicoidales del tipo Erdmenger, véase [1] páginas 96 a 98). El procedimiento según la invención tampoco está limitado a las funciones matemáticas descritas en [2] para la definición de los perfiles de sección transversal.

40 Para designar los criterios que tiene que satisfacer el perfil de sección transversal a predeterminar, dicho perfil de sección transversal a predeterminar se describe convenientemente como una curva matemática.

45 Una curva (matemática) es un objeto unidimensional que posee una curvatura. Unidimensional significa en este caso que en la curva sólo se puede mover en una dirección (o la dirección contraria). En el presente caso la curva se encuentra en un plano E bidimensional que discurre perpendicularmente a los ejes de rotación A1 y A2. Los puntos de intersección S1 y S2 de los ejes de rotación A1 y A2 con el plano E se denominan también como puntos de rotación de los ejes correspondientes. La distancia de los puntos de rotación S1 y S2 entre sí es a.

50 Por curvatura de una curva se entiende el cambio de dirección por unidad de longitud. La curvatura de una recta es en todas las partes igual a cero, ya que su dirección no se modifica. Un círculo con el radio r tiene en todas partes la misma curvatura (así $1/r$), ya que su dirección se modifica en todas partes con la misma intensidad. En todas las otras curvas la curvatura cambia habitualmente de un punto de la curva a otro punto de la curva.

La curvatura de una curva en un punto P indica así con que intensidad se desvía la curva en el entorno inmediato del punto P de una recta.

Al valor recíproco de la curvatura se le denomina radio de curvatura; esto es el radio del círculo (círculo osculador) que representa la mejor aproximación en un entorno del punto de contacto (véanse libros de texto de matemáticas, en particular de geometría).

5 Una curva se puede definir, tal y como sabe el experto, a través de una representación de parámetros en función de un parámetro s .

$$\vec{p}(s) = \begin{pmatrix} x(s) \\ y(s) \end{pmatrix}$$

En este caso $x(s)$ e $y(s)$ son las coordenadas de los puntos de la curva en $\vec{p}(s)$ el plano E bidimensional.

La curva que describe el perfil de sección transversal de un cuerpo K1 debe satisfacer los criterios siguientes para que a partir de la curva se pueda generar un perfil de sección transversal de un cuerpo K2 correspondiente.

- 10
- La curva debe ser cerrada.
 - La curva debe ser continua.
 - La curva debe ser convexa
 - La curva debe ser derivable de forma continua por segmentos.
- La curva \vec{p} debe presentar en cada punto un radio de curvatura ρ que sea menor o igual que la distancia a .
- 15 Una curva convexa cerrada tiene como es sabido la propiedad siguiente: dos puntos P1 y P2 cualesquiera en la curva se observan. Si se conectan estos puntos P1 P2 por una recta entonces esta recta se conduce a través de los puntos P1 P2 de la curva, pero además por ningún otro punto en la curva, independientemente de donde se encuentren los puntos P1 y P2 en la curva.

20 Para una curva convexa es válido igualmente que la curva tiene en cada punto una curvatura positiva. La curva puede presentar uno o varios acodamientos. En el caso de que estén presentes uno o varios acodamientos la curva se puede derivar de forma continua en los segmentos entre los acodamientos (= se puede derivar continuamente por segmentos). En el caso de que no estén presentes acodamientos la curva se puede derivar completamente de forma continua. Una posibilidad de describir matemáticamente los acodamientos está representada posteriormente abajo.

Si se cumplen los pocos criterios mencionados arriba a realizar sencillamente, entonces a partir de la curva se \vec{p}

25 desarrolla una curva \vec{q} que describe el perfil de sección transversal del cuerpo K2 correspondiente.

Para ello todavía se introducen algunos vectores (véase, por ejemplo, "HÜTTE, das Ingenieurwissen", 32ª edición, ISBN 3-540-20325-7, 2004, página A 59 y siguientes [3]). La notación utilizada se corresponde con la notación matemática estándar: un vector se caracteriza con una flecha sobre la letra, el punto sobre una expresión es en este caso cada vez la derivada según el parámetro, valores entre barras muestran el valor de un vector, así la raíz del producto escalar consigo mismo $|\vec{x}| = \sqrt{\vec{x} \cdot \vec{x}}$, y la cruz significa el producto vectorial.

30

Además, por sencillez se adopta en primer lugar que la curva se puede derivar completamente de forma continua, es decir, no presenta acodamientos. En este caso las relaciones expuestas a continuación son válidas de forma ilimitada para todos los puntos del perfil de sección transversal. En el caso de perfiles de sección transversal con uno o varios acodamientos son válidas las siguientes relaciones para los segmentos derivables de forma continua entre los acodamientos.

35

- Sea $\vec{t}(\vec{p}) = \frac{\dot{\vec{p}}}{|\dot{\vec{p}}|}$ una familia de vectores tangentes normalizados de la longitud 1.

40 En cada punto de la curva \vec{p} existe un vector tangente normalizado que discurre tangencialmente a la curva \vec{p} en el punto correspondiente.

Sea $\vec{n}(\vec{p}) = \frac{\dot{\vec{t}}}{|\dot{\vec{t}}|}$ una familia de vectores normales normalizados con la longitud 1, que señalan cada vez en la

dirección del centro del círculo osculador perteneciente al punto correspondiente de la curva \vec{p}

5 En cada punto de la curva \vec{p} existe un vector \vec{n} normal normalizado que está dispuesto perpendicularmente a la \vec{p} tangente a la curva \vec{p} en el punto correspondiente. Este vector normal señala en la dirección del centro de aquel círculo (círculo osculador) que aproxima la curvatura correspondiente para el punto de la curva \vec{p} .

10 El círculo osculador perteneciente a un punto de la curva \vec{p} presenta el mismo radio (la misma curvatura) que la curva en el punto correspondiente.

Entonces $\rho = \frac{\dot{s}^3}{|\dot{\vec{p}} \times \ddot{\vec{p}}|}$ es el radio de curvatura, con $\dot{s} = |\dot{\vec{p}}|$

- Sea \vec{a} un vector con la longitud a, cuya dirección va del punto de intersección S1 al punto de intersección S2.

15 La curva \vec{q} , que describe \vec{q} el perfil de sección transversal del cuerpo K2 correspondiente, se obtiene a partir de la curva \vec{p} que describe \vec{p} el perfil de sección transversal a predeterminedar del cuerpo K1 mediante la relación subsiguiente:

$$\vec{q} = \vec{p} + a \cdot \vec{n}(\vec{p}) + \vec{a} \quad (1)$$

20 La fig. 3 muestra esquemáticamente la realización del procedimiento según la invención mediante un punto en una curva. Los puntos de intersección S1 y S2 de los ejes de rotación están representados como círculos pequeños. Presentan una distancia a entre sí. El vector \vec{a} tiene la longitud a y señala de S1 a S2. Por encima de los puntos de intersección S1 y S2 se muestra el sector de una curva \vec{p} . Se \vec{p} selecciona un punto en la curva y está designado como un círculo pequeño. Desde este punto de \vec{p} la curva \vec{p} se puede generar un punto en la curva \vec{q} , correspondiente. El punto sobre la curva \vec{q} , correspondiente se obtiene, en tanto que en el

25 punto de la curva \vec{p} se dispone una tangente $\vec{t}(\vec{p})$ en la curva, se forma el vector normal $\vec{n}(\vec{p})$ normalizado a esta tangente, se alarga en el factor a y finalmente a este vector $a \cdot \vec{n}(\vec{p})$ se le añade el vector \vec{a} .

La curva \vec{p} se puede describir de forma continua por una función matemática única. Incluso la curva \vec{p} se puede describir por segmentos por diferentes funciones matemáticas. La curva \vec{p} debe ser derivable por segmentos de forma continua.

30 En los límites de los segmentos de una curva \vec{p} definida por segmentos, los segmentos individuales no se deben convertir uno en otro por consiguiente de forma derivable continuamente.

Si dos segmentos de curva se encuentran en un punto de acodamiento, entonces no se define un vector tangente y un vector normal para el punto de acodamiento. Por consiguiente para el punto de acodamiento del perfil del cuerpo K1 no se produce el segmento correspondiente de la curva \vec{q} del cuerpo K2 correspondiente directamente de la relación (1).

35 No obstante, se ha encontrado sorprendentemente que a cada acodamiento en el perfil de sección transversal del cuerpo K1 le corresponde un arco circular en el perfil de sección transversal del cuerpo K2. La magnitud de un arco circular se produce por la indicación de su ángulo central y su radio. A continuación se designa el ángulo central de un arco circular brevemente como el ángulo de un arco circular. La posición de un arco circular se da por la posición de su centro y por la posición de sus dos extremos.

40 Un arco circular correspondiente a un acodamiento en el perfil de sección transversal del cuerpo K1 en el perfil de sección transversal del cuerpo K2 siempre tiene un radio cuya magnitud se corresponde con la distancia entre ejes a. Además, un arco circular correspondiente a un acodamiento siempre tiene un ángulo que se corresponde con aquel ángulo con el que se encuentran las tangentes en los segmentos de curva en el punto de acodamiento. A la inversa es válido

correspondientemente que un segmento de perfil correspondiente de la curva \vec{q} sea un "acodamiento" cuando un segmento de perfil de la curva \vec{p} sea un arco circular con el radio a. Siempre y cuando sea ventajoso describir un acodamiento por un arco circular cuyo radio sea igual a 0. En un acodamiento se realiza una transición de un primer segmento de la curva por rotación en el ángulo del arco circular con radio cero a un segundo segmento de la curva. Una tangente en el primer segmento de la curva en el centro del arco circular con el radio cero corta una tangente en el segundo segmento de la curva igualmente en el centro del arco circular con un ángulo que se corresponde con el ángulo del arco circular. Teniendo en cuenta el arco circular todos los segmentos de curva adyacentes se convierten tangencialmente unos en otros (primer segmento de la curva \rightarrow arco circular con radio cero \rightarrow segundo segmento de la curva). Un arco circular con un radio cero se trata convenientemente como un arco circular cuyo radio es igual a eps, siendo eps un número real positivo muy pequeño que se aproxima a 0 ($\text{eps} \ll 1$, $\text{eps} \rightarrow 0$). Sobre el perfil de sección transversal correspondiente se origina un arco circular con el mismo ángulo y un radio = distancia entre ejes. La figura 7 clarifica las circunstancias descritas. En la figura 7 se muestran una parte de un perfil de sección transversal del cuerpo K1 y una parte del perfil de sección transversal del cuerpo K2 resultante. La parte mostrada del perfil de sección transversal del cuerpo K1 está hecha de los segmentos de la curva KA1 y KA2. Estos segmentos de la curva se encuentran en un punto de acodamiento KP (representado por un pequeño círculo), es decir, el perfil de sección transversal del cuerpo K1 presenta un acodamiento. Según se explica arriba, el acodamiento se describe preferentemente por un arco circular cuyo radio tiene el valor cero. El ángulo del arco circular es igual al ángulo W con el que se encuentran la tangente TA1 en el segmento de la curva KA1 y la tangente TA2 en el segmento de la curva KA2 en el punto de acodamiento KP. En el perfil de sección transversal del cuerpo K2 correspondiente al cuerpo K1 se producen los segmentos KA1' y KA2' pertenecientes a los segmentos de la curva KA1 y KA2 a partir de la relación (1): $\vec{q} = \vec{p} + a \cdot \vec{n}(\vec{p}) + \vec{a}$. En este caso para la curva \vec{p} en la ecuación (1) se pueden insertar respectivamente los segmentos de la curva KA1 y KA2, de modo que como curva \vec{q} se obtienen los segmentos de la curva KA1' y KA2'. Entre los segmentos de la curva KA1' y KA2' resultantes que están indicados como líneas a trazos se origina un hueco. En el perfil de sección transversal del cuerpo K2 correspondiente, a partir del acodamiento en el perfil de sección transversal del cuerpo K1 resulta un arco circular con el radio $r = a$ ($a =$ distancia entre ejes entre los puntos de rotación S1 y S2) y el ángulo W. Este arco circular cierra el hueco entre los segmentos de la curva KA1' y KA2'. El punto central del arco circular se produce por desplazamiento del punto de acodamiento en la distancia a en paralelo a la línea de conexión entre los puntos S1 y S2 en la dirección del cuerpo K2. Esto se corresponde con un desplazamiento del punto de acodamiento en el vector \vec{a} . Los puntos finales del arco circular resultante son adyacentes a los límites de segmento de los segmentos de la curva KA1' y KA2'. Por consiguientes tanto el valor como también la posición del arco circular resultante se deduce de forma unívoca de los parámetros que describen el punto de acodamiento como arco circular con radio cero.

El procedimiento según la invención se puede formular por consiguiente como sigue:

El objeto de la presente invención es un procedimiento para la generación de dos cuerpos K1 y K2 que siempre se tocan en un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de dos ejes de rotación A1 y A2 dispuestos en paralelo uno respecto a otro a una distancia a, caracterizado porque en un plano E perpendicular a los ejes de rotación se forma un perfil de sección transversal del cuerpo K1 mediante una curva \vec{p} continua, convexa, cerrada y derivable de forma continua por segmentos, y el perfil de sección transversal del cuerpo K2 se forma a partir de la curva \vec{p} según la relación

$$\vec{q} = \vec{p} + a \cdot \vec{n}(\vec{p}) + \vec{a} \quad (1)$$

en el que

- la curva \vec{p} presenta en cada punto un radio de curvatura p que es menor o igual a la distancia a,
- para cada punto de la curva \vec{p} dentro de un segmento derivable de forma continua existe un vector normal $\vec{n}(\vec{p})$ normalizado con la longitud 1, que en el punto correspondiente está dispuesto perpendicularmente a la tangente a la curva \vec{p} y señala en la dirección del centro del círculo osculador perteneciente al punto correspondiente de la curva \vec{p} ,
- \vec{a} es un vector que va en la dirección del punto de intersección S1 del eje de rotación A1 con el plano E hacia el punto de intersección S2 del eje de rotación A2 con el plano E y posee la longitud a, y
- en un acodamiento en el perfil de sección transversal del cuerpo K1, el perfil de sección transversal del cuerpo K2 presenta un arco circular cuyo radio se corresponde con la distancia entre ejes a y cuyo ángulo se corresponde con aquel

ángulo con el que se encuentran las tangentes en los segmentos de curva de la curva \vec{p} en el punto de acodamiento.

El punto de intersección S1 se puede encontrar dentro de la curva \vec{p} cerrada o fuera. El punto de intersección S1 se encuentra preferentemente dentro de la curva \vec{p} cerrada.

5 La curva \vec{p} cerrada puede presentar una simetría especular, una simetría puntual o una simetría de rotación. Siempre y cuando la curva \vec{p} cerrada presente una simetría especular, el punto de intersección S1 se encuentra preferentemente sobre el eje de simetría. Siempre y cuando la curva \vec{p} cerrada presente más de una simetría especular, el punto de intersección S1 se encuentra preferentemente sobre el punto de intersección de al menos dos ejes de simetría de la curva \vec{p} . Siempre y cuando la curva \vec{p} cerrada presente una simetría puntual, el punto de intersección S1 se encuentra preferentemente sobre el punto de simetría. Siempre y cuando la curva \vec{p} cerrada presente una simetría de rotación, el punto de intersección S1 se encuentra preferentemente sobre el punto de rotación del perfil.

10 Si el punto de intersección S1 se encuentra dentro o sobre la curva \vec{p} así tienen todos los puntos en la curva \vec{p} del punto de intersección S1 una distancia máxima de a y una distancia mínima de 0.

15 La curva \vec{p} se puede describir, por ejemplo, de forma continua por una función matemática única. Como ejemplos se le mencionan al experto funciones conocidas como funciones trigonométricas o funciones elípticas, funciones parabólicas o funciones hiperbólicas. También es posible, por ejemplo, representar funciones en la forma

$$\vec{p} = (r_0 - f(s)) \cdot \begin{pmatrix} \cos(s) \\ \sin(s) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y \end{pmatrix}$$

por lo que en función de la forma de la función $f(s)$ en la realización de los elementos helicoidales entre una carcasa con radio r_0 y el elemento helicoidal rotativo se produce una hendidura de forma seleccionable libremente. $f(s)$ puede ser, por ejemplo, una función lineal o función cuadrática de s , una función hiperbólica o una función exponencial.

20 Además se mencionan funciones cuyos valores se determinan mediante puntos de control, como por ejemplo, funciones B-spline, funciones de Bézier, funciones de Bézier racionales, así como B-splines racionales no uniformes (NURBS). Se prefieren las funciones de Bézier, funciones de Bézier racionales NURBS, ya que se utilizan con frecuencia en la construcción con sistemas de CAD (CAD = Computer Aided Design) y allí sirven ante todo para definir formas cualesquiera de forma gráfica geoméricamente por desplazamiento de los puntos de control.

25 Como ejemplo se deben citar aquí las funciones de Bézier. Las funciones de Bézier tienen, como es sabido, la forma

$$\vec{C}(t) = \sum_{i=0}^n B_{i,n}(t) \vec{P}_i$$

siendo \vec{P}_i las coordenadas de los puntos de control y

$$B_{i,n}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}$$

un polinomio de Bernstein.

30 Las funciones de Bézier racionales de grado n , que se describen por ejemplo en M. S. Floater "Derivatives of rational Bézier curves", Comp. Aid. Geom. Design 9, 1992, 161-174 [4] tienen como es sabido la forma

$$\bar{P}(t) = \frac{\sum_{i=0}^n B_{i,n}(t) w_i \bar{P}_i}{\sum_{i=0}^n B_{i,n}(t) \bar{P}_i}$$

en la que \bar{P}_i representa las coordenadas de los puntos de control de la función y w_i su ponderación.

De forma especialmente preferente son funciones de Bézier cuadráticas y cúbicas (es decir, con $n = 2$ y $n = 3$) y funciones de Bézier racionales cúbicas.

- 5 El experto puede conseguir las derivadas necesarias para la realización del procedimiento por aplicación de las reglas conocidas en general de las matemáticas. Para funciones de Bézier racionales están indicados diferentes procedimientos, por ejemplo, en [4]. También es ventajoso el uso de un sistema algebraico computacional para el cálculo de las derivadas. Otra posibilidad consiste en aproximar las derivadas de datos numéricos presentes, por ejemplo, por formación de diferencias. El experto conoce procedimientos semejantes y están representados, por ejemplo, en prensa, Teukolsky, Vetterling, Flannery: "Numerical Recipes in FORTRAN", 2ª edición, ISBN 0 521 43064 X, página 180 y siguientes [5].

Asimismo la curva \vec{p} se puede describir por segmentos mediante diferentes funciones matemáticas, correspondiéndose las funciones por segmentos preferentemente a las funciones mencionadas en el párrafo precedente.

- 15 Un caso especial de la descripción por segmentos mediante las funciones matemáticas representa la descripción por arcos circulares. Es posible describir una parte o toda la curva \vec{p} y por consiguiente una parte o todo el perfil de sección transversal del cuerpo K1 por arcos circulares. De la relación $\vec{q} = \vec{p} + a \cdot \vec{n}(\vec{p}) + \vec{a}$ se deduce que en este caso también la curva \vec{q} y por consiguiente el perfil de sección transversal del cuerpo K2 correspondiente al cuerpo K1 se compone de arcos circulares.

- Si se generan perfiles por segmentos conforme al procedimiento según la invención, así los segmentos de perfil correspondientes de los cuerpos K1 y K2 también se pueden cambiar de segmento a segmento. En este caso después de la predeterminación de un segmento de \vec{p}_n y determinación del segmento correspondiente de \vec{q}_n se predetermina un segmento de la curva \vec{p}_{n+1} que se convierte tangencialmente en \vec{q}_n y según la relación (1) con S1 y S2 sustituidos (es decir, sustitución de \vec{a} por $-\vec{a}$) se produce un segmento de la curva \vec{q}_{n+1} que se convierte tangencialmente en el segmento de la curva \vec{p}_n precedente.

- 25 El procedimiento según la invención se puede realizar sorprendentemente sobre el papel sólo con una regla de escuadra y un compás. Por consiguiente es incluso posible en principio generar el perfil de sección transversal de un cuerpo exclusivamente con la mano y desarrollar gráficamente el perfil de sección transversal del cuerpo correspondiente a partir del perfil predeterminado gráficamente. Para ello en primer lugar se disponen los puntos de rotación S1 y S2 en un plano. La distancia entre los puntos de rotación es a . El perfil de sección transversal del cuerpo K1 se dibuja total o completamente en el plano de los puntos S1 y S2. En este caso son válidos los criterios expuestos arriba para la generación del perfil del cuerpo K1.

- 30 Cada punto individual del perfil de sección transversal de un cuerpo K2 correspondientes se puede desarrollar a partir de los puntos individuales del perfil de sección transversal predeterminado de un cuerpo K1.

- Los perfiles de sección transversal de los cuerpos correspondientes se pueden continuar de diferentes maneras en la tercera dimensión a fin de generar los cuerpos que siempre se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de ejes dispuestos en paralelo uno respecto a otro. Esto se explica a modo de ejemplo mediante elementos helicoidales para extrusionadoras de tornillo sin fin, ya que el procedimiento según la invención se utiliza preferentemente para la generación de elementos helicoidales.

- 40 No obstante, el procedimiento según la invención no está limitado a los elementos helicoidales del modo de construcción habitual actual de un tornillo sin fin a partir de elementos helicoidales y un árbol central, sino que también se puede aplicar en tornillos sin fin en el modo de construcción macizo. Por ello bajo el concepto de elementos helicoidales también se deben entender los tornillos sin fin en el modo de construcción macizo.

Los elementos helicoidales pueden estar realizados, por ejemplo, como elementos de transporte, amasado o mezcla.

Un elemento de transporte se caracteriza porque (véase por ejemplo [1], páginas 227 – 248) el perfil del tornillo sin fin se continua girando helicoidalmente continuamente en la dirección del eje. En este caso el elemento de transporte puede ser

de paso a la izquierda o a la derecha. La altura de paso del elemento de transporte se encuentra preferentemente en el intervalo de 0,1 veces a 10 veces la distancia entre ejes, entendiéndose por la altura de paso la longitud axial que es necesaria para una rotación completa del perfil helicoidal, y la longitud axial de un elemento de transporte se encuentra preferentemente en el intervalo de 0,1 veces a 10 veces la distancia entre ejes. La marcha suave, la altura de paso y la longitud axial son iguales en el caso de elementos helicoidales adyacentes (de cuerpos correspondientes).

Un elemento de amasado se destaca porque (véase por ejemplo [1], páginas 227 – 248) el perfil helicoidal se continua en la dirección del eje por intervalos en forma de discos de amasado. La disposición de los discos de amasado se puede realizar de paso a la derecha, a la izquierda o de forma neutra. La longitud axial de los discos de amasado se encuentra preferentemente en el intervalo de 0,05 veces a 10 veces la distancia entre ejes. La distancia axial entre dos discos de amasado adyacentes se encuentra preferentemente en el intervalo de 0,002 veces a 0,1 veces la distancia entre ejes. La marcha suave y la longitud axial de los discos de amasado son iguales en el caso de elementos helicoidales adyacentes (de cuerpos correspondientes).

Los elementos de mezcla se forman porque (véase por ejemplo [1], páginas 227 – 248) los elementos de transporte se realizan con perforaciones en las cámaras helicoidales. Los elementos de mezcla pueden ser de paso a la derecha o a la izquierda. Su altura de paso se encuentra preferentemente en el intervalo de 0,1 veces a 10 veces la distancia entre ejes y la longitud axial de los elementos se encuentra preferentemente en el intervalo de 0,1 veces a 10 veces de distancia entre ejes. Las perforaciones tiene preferentemente la forma de una ranura en forma de u o de v que están dispuestas preferentemente en la dirección contraria al transporte o paralelamente al eje. La marcha suave, la altura de paso y la longitud axial son iguales en el caso de elementos helicoidales adyacentes (de cuerpos correspondientes).

Para permitir la transición entre diferentes elementos helicoidales se utilizan con frecuencia arandelas como casquillo distanciador. En casos especiales se utilizan así denominados elementos de transición que permiten una transición continua entre dos perfiles helicoidales de diferente número de filete, existiendo en cada punto de la transición un par autolimpiante de perfiles helicoidales. Los elementos de transición pueden ser de paso a la izquierda o a la derecha. Su altura de paso se encuentra preferentemente en el intervalo de 0,1 veces a 10 veces la distancia entre ejes y su longitud axial se encuentra preferentemente en el intervalo de 0,1 veces a 10 veces la distancia entre ejes. La marcha suave, la altura de paso y la longitud axial son iguales en el caso de elementos helicoidales adyacentes (de dos cuerpos correspondientes).

La presente invención permite la generación de perfiles de cuerpos correspondientes *ab initio*. Al contrario que en el estado de la técnica, el procedimiento según la invención no parte de perfiles existentes, sino que permite la generación de perfiles cualesquiera, paso a paso, observando reglas sencillas. El procedimiento según la invención es válido en general, es decir, no está limitado a tipos determinados de cuerpos (por ejemplo, elementos helicoidales del tipo Erdmenger).

El procedimiento según la invención se puede realizar, según se ha explicado ya, sólo con una regla de escuadra y un compás sobre el papel. La realización del procedimiento según la invención en un sistema informático es ventajosa ya que las coordenadas y dimensiones de los perfiles están presentes en una forma que se puede procesar posteriormente por un ordenador.

El sistema informático presenta una interfaz gráfica de usuario (GUI) que de manera sencilla le permite utilizar a un usuario los valores seleccionables libremente para la generación de perfiles a través de dispositivos de entrada, como por ejemplo ratón y/o teclado. El sistema informático presenta de forma especialmente preferente una posibilidad de especificar contornos de perfiles con la ayuda de los puntos de control y eventualmente ponderaciones en funciones cuyos valores se definen por puntos de control, funciones cuyos valores se determinan por puntos de control, como por ejemplo funciones B-spline, funciones de Bézier, funciones de Bézier racionales así como B-splines racionales no uniformes (NURBS), pudiéndose realizar esto en forma de números (coordenadas), de forma gráfica o con una combinación de entrada gráfica y numérica. Además, el sistema informático presenta preferentemente una salida gráfica mediante la que se pueden visualizar los perfiles calculados en un aparato de salida gráfica, como por ejemplo, pantalla y/o impresora. El sistema informático presenta preferentemente la posibilidad de exportar perfiles calculados, es decir, en forma de juegos de datos memorizables que comprenden las medidas geométricas de los cuerpos calculados, memorizarlos para otras finalidades de uso sobre un soporte de datos o transmitirlos a un aparato conectado. El sistema informático está configurado preferentemente de modo que se calculan tanto los perfiles de sección transversal, como también los cuerpos generados de los perfiles de sección transversal y se pueden emitir las geometrías calculadas en un formato que se puede utilizar por una máquina para la fabricación de cuerpos semejantes, por ejemplo, de una máquina-herramienta, por ejemplo, de una fresadora para fabricar los cuerpos reales. El experto conoce tales formatos.

Después de que se han generado los perfiles tridimensionales de la manera descrita, se pueden generar los cuerpos, por ejemplo, con una fresadora, un torno o una laminadora de roscas. Los materiales preferentes para la generación de tales cuerpos son aceros, en particular aceros para nitrurar, aceros de cromo, inoxidable y para herramientas, materiales compuestos metálicos fabricados metalúrgicamente de polvo a base de hierro, níquel o cobalto, materiales cerámicos de ingeniería, como por ejemplo, óxido de circonio o carburo de silicio si los cuerpos son tornillos sin fin de extrusión.

Los elementos helicoidales para extrusionadoras de doble husillo o multihusillo están introducidos habitualmente en una carcasa. En este caso los elementos helicoidales y la carcasa están realizados de modo que mediante la rotación de los elementos helicoidales no sólo se realiza un rascado por parejas de los elementos helicoidales adyacentes, sino que también se produce una limpieza de las paredes interiores de la carcasa por la rotación de los elementos helicoidales.

5 Según se explica por ejemplo en la publicación [1] en las páginas 27 a 30, las disposiciones de elementos helicoidales y carcasa siempre presentan en la práctica los juegos mencionados. Los juegos pueden ser iguales o de diferente tamaño, según lo conoce el experto, entre el tornillo sin fin y la carcasa y entre tornillos sin fin. El juego entre el tornillo sin fin y la carcasa se designa como δ , el juego entre tornillos sin fin como s . Los juegos pueden ser también constantes o variables en límites indicados. También es posible desplazar un perfil helicoidal dentro de los juegos.

10 Por consiguiente los elementos helicoidales utilizados en la práctica, debido a los juegos presentes, no presentan en rigor la propiedad de que se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de ejes dispuestos en paralelo.

Con todo para la generación de elementos helicoidales se parte en la práctica habitualmente de los contornos (perfiles) que se rascan exactamente y luego se introducen juegos. Según la invención así se generan en primer lugar cuerpos (elementos helicoidales) preferentemente virtualmente, que se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de ejes dispuestos en paralelo. Partiendo de estas geometrías preferentemente virtuales se prevén juegos que impiden que “se coman” los elementos helicoidales utilizados en la práctica. El experto conoce procedimientos para desarrollar un perfil helicoidal con juegos partiendo de un perfil helicoidal predeterminado, que rasca exactamente. Procedimientos conocidos para ello son, por ejemplo, la posibilidad descrita en [1] en las páginas 28 y siguientes para el aumento de la distancia entre ejes, la equidistancia en sección longitudinal y la equidistancia espacial. En el aumento de la distancia entre ejes se construye un perfil helicoidal de diámetro menor y se separa en el valor del juego entre los tornillos sin fin. En el procedimiento de las equidistancias en sección longitudinal se desplaza la curva de perfil de sección transversal (en paralelo al eje de rotación del elemento correspondiente) en la mitad del juego de tornillo sin fin – tornillo sin fin perpendicularmente a la curva del perfil hacia el interior, en la dirección al eje de rotación. En el procedimiento de la equidistancia espacial, partiendo de la curva espacial sobre la que se limpian los elementos helicoidales, se reduce el elemento helicoidal en la dirección perpendicularmente a las superficies del perfil que rasca exactamente en la mitad del juego entre tornillo sin fin y tornillo sin fin.

El experto en la técnica de extrusión también conoce un posicionamiento excéntrico de los elementos helicoidales en una carcasa manteniendo el rascado de la carcasa y por parejas (véase por ejemplo [1] páginas 108, 246 y 249).

30 El uso de carcasas, juegos y/o posicionamiento excéntrico se puede aplicar adecuadamente a cuerpos correspondiente que se rozan durante la rotación en la misma dirección alrededor de dos ejes dispuestos en paralelo, de manera que siempre se tocan en al menos un punto.

Otro objeto de la presente invención es por consiguiente un procedimiento para la generación de elementos helicoidales. El procedimiento según la invención para la generación de elementos helicoidales se caracteriza porque en una primera etapa los perfiles de sección transversal de cuerpos, que siempre se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de ejes de rotación dispuestos en paralelo uno respecto a otro a una distancia a , se generan según el procedimiento descrito arriba. En una segunda etapa se introducen juegos, por ejemplo, según el procedimiento del aumento de la distancia entre ejes, las equidistancias en sección longitudinal y/o las equidistancias espaciales. El juego entre los elementos helicoidales se encuentra preferentemente en el intervalo de 0,002 veces a 0,1 veces de la distancia entre ejes y el juego entre tornillo sin fin y carcasa se encuentra preferentemente en el intervalo de 0,002 veces a 0,1 veces la distancia entre ejes.

La invención se explica más en detalle a continuación mediante ejemplos, sin que no obstante se limite a ellos. En los ejemplos siguientes no se utilizan unidades, sino para longitudes exclusivamente valores (números) dimensionales. En la realización técnica estos números se pueden transmitir a una realización técnica en una escala cualesquiera.

45 **Ejemplo 1:**

Se da un perfil elíptico con la representación de parámetros

$$\vec{p}(s) = \begin{pmatrix} 29 \cos(s) \\ 19 \sin(s) \end{pmatrix}, \quad s \in [0..2\pi[$$

La distancia entre ejes es 48, el punto de rotación del perfil elíptico se sitúa en el origen de coordenadas y el punto de rotación del segundo perfil en $\begin{pmatrix} 48 \\ 0 \end{pmatrix}$.

El radio de la curva es

$$\rho = \frac{1}{551}(-480 \cos^2 s + 841)^{\frac{3}{2}}$$

- 5 El valor máximo del radio de la curva es aproximadamente 44,26, así es menor que la distancia entre ejes. Por consiguiente el perfil es permisible.

El vector normal es entonces

$$\vec{n}(s) = \begin{pmatrix} -\frac{19 \cos s}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} \\ \frac{29 \sin s}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} \end{pmatrix}$$

El contorno del perfil helicoidal generado es entonces

$$\vec{q}(s) = \begin{pmatrix} \frac{\cos s (-912 + 29\sqrt{841 - 480 \cos^2 s})}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} + 48 \\ -\frac{\sin s (-1392 + 19\sqrt{841 - 480 \cos^2 s})}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} \end{pmatrix}$$

10

La figura 4 muestra los dos contornos, la elipse generada a la izquierda y el contorno generado a la derecha.

Ejemplo 2:

Un segmento de un contorno helicoidal \vec{p} generador está representado por una curva de Bézier cúbica con los puntos de control

$$P_0 = \begin{pmatrix} 1 \\ 3.6 \end{pmatrix}, P_1 = \begin{pmatrix} 2.8 \\ 3 \end{pmatrix}, P_2 = \begin{pmatrix} 3.8 \\ 0.6 \end{pmatrix}, P_3 = \begin{pmatrix} 3.6 \\ -0.8 \end{pmatrix}$$

15

La distancia entre ejes es 10, el punto de rotación del perfil generador está en el origen de coordenadas y el punto de rotación del perfil generado está en $\begin{pmatrix} 10 \\ 0 \end{pmatrix}$. La curva tiene la representación de parámetros

$$\vec{p}(s) = \begin{pmatrix} 1 + 5.4s - 2.4s^2 - s^3 \\ 3.6 - 1.8s - 5.4s^2 + 2.8s^3 \end{pmatrix} \quad s \in [0..1]$$

El radio de curvatura tiene un máximo de aproximadamente 3,87 para $t = 0,445$, que es menor que la distancia entre ejes de 10, por ello esta curva es permisible.

- 5 La fig. 5 muestra la curva según la invención. Los puntos S_1 y S_2 , indicados por círculos, son los puntos de rotación de los perfiles de sección transversal de los cuerpos correspondientes. Los puntos de control P0 a P4 están dibujados igualmente mediante círculos. Además, la figura muestra el contorno \vec{p} y el contorno \vec{q} correspondiente a él.

Ejemplo 3:

Se da una parte de un perfil elíptico como perfil generador con la representación de parámetros.

$$\vec{p}_1(s) = \begin{pmatrix} 29 \cos(s) \\ 19 \sin(s) \end{pmatrix}, \quad s \in \left[0.. \frac{\pi}{2}\right]$$

- 10 Este perfil se corresponde con una parte del perfil del ejemplo 1. La distancia entre ejes es igualmente como en el ejemplo 1. Correspondientemente es entonces

$$\vec{q}_1(s) = \begin{pmatrix} \frac{\cos s (-912 + 29\sqrt{841 - 480 \cos^2 s})}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} + 48 \\ -\frac{\sin s (-1392 + 19\sqrt{841 - 480 \cos^2 s})}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} \end{pmatrix}, \quad s \in \left[0.. \frac{\pi}{2}\right]$$

A continuación de \vec{q}_1 se define \vec{p}_1 como parte de una elipse en

$$\vec{p}_2(s) = \begin{pmatrix} 19 \sin(s) + 48 \\ 29 \cos(s) \end{pmatrix}, \quad s \in \left[\frac{\pi}{2}.. \pi\right],$$

- 15 disponiéndose el punto de rotación del perfil generador $\begin{pmatrix} 48 \\ 0 \end{pmatrix}$ y el perfil generado sobre el origen de coordenadas.

Entonces se produce

$$\bar{q}_2(s) = \begin{pmatrix} \frac{\sin s \left(-1392 + 19\sqrt{841 - 480 \cos^2 s} \right)}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} \\ \frac{\cos s \left(-912 + 29\sqrt{841 - 480 \cos^2 s} \right)}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} \end{pmatrix}, \quad s \in \left[\frac{\pi}{2}, \pi \right[$$

Correspondientemente durante el cambio reiterado de perfil generador y generado

$$\bar{p}_3(s) = \begin{pmatrix} 29 \cos(s) \\ 19 \sin(s) \end{pmatrix}, \quad s \in \left[\pi, \frac{3}{2}\pi \right[$$

$$\bar{q}_3(s) = \begin{pmatrix} \frac{\cos s \left(-912 + 29\sqrt{841 - 480 \cos^2 s} \right) + 48}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} \\ - \frac{\sin s \left(-1392 + 19\sqrt{841 - 480 \cos^2 s} \right)}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} \end{pmatrix}, \quad s \in \left[\pi, \frac{3}{2}\pi \right[$$

y por cambio reiterado del perfil generador y generado

$$\bar{p}_4(s) = \begin{pmatrix} 19 \sin(s) + 48 \\ 29 \cos(s) \end{pmatrix}, \quad s \in \left[\frac{3}{2}\pi, 2\pi \right[$$

$$\bar{q}_4(s) = \begin{pmatrix} \frac{\sin s \left(-1392 + 19\sqrt{841 - 480 \cos^2 s} \right)}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} \\ \frac{\cos s \left(-912 + 29\sqrt{841 - 480 \cos^2 s} \right)}{\sqrt{841 - 480 \cos^2 s}} \end{pmatrix}, \quad s \in \left[\frac{3}{2}\pi, 2\pi \right[$$

5

El contorno helicoidal global originado de este modo está representado en la figura 6.

REIVINDICACIONES

1.- Procedimiento para la generación de dos cuerpos K1 y K2 que siempre se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de dos ejes de rotación A1 y A2 dispuestos en paralelo uno respecto a otro a una distancia a, y en un plano E perpendicular a los ejes de rotación se forma un perfil de sección transversal del cuerpo K1 mediante una \vec{p} curva continua, convexa, cerrada y derivable por segmentos de forma continua, en el que el perfil de sección transversal del cuerpo K2 se forma a \vec{p} partir de la curva según la relación

$$\vec{q} = \vec{p} + a \cdot \vec{n}(\vec{p}) + \vec{a} \tag{1}$$

en el que

- 10 - la curva \vec{p} presenta en cada punto un radio de curvatura ρ que es menor o igual a la distancia a,
- para cada punto de la curva \vec{p} dentro de un segmento derivable de forma continua existe un vector normal $\vec{n}(\vec{p})$ normalizado con la longitud 1, que en el punto correspondiente está dispuesto perpendicularmente a la tangente a la curva \vec{p} y señala en la dirección del centro del círculo osculador perteneciente al punto correspondiente de la curva \vec{p} ,
- 15 - \vec{p} es un vector que va en la dirección del punto de intersección S1 del eje de rotación A1 con el plano E hacia el punto de intersección S2 del eje de rotación A2 con el plano E y posee la longitud a, y
- en un acodamiento en el perfil de sección transversal del cuerpo K1, el perfil de sección transversal del cuerpo K2 presenta un arco circular cuyo radio se corresponde con la distancia entre ejes a y cuyo ángulo se corresponde con aquel ángulo con el que se encuentran las tangentes en los segmentos de curva de la curva \vec{p} en el punto de acodamiento.

- 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el punto S1 se encuentra fuera de la curva \vec{p} .
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el punto S1 se encuentra sobre o dentro de la curva \vec{p} .
- 4.- Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el punto de intersección S1 se encuentra sobre el punto de intersección de al menos dos ejes de simetría de la curva \vec{p} o el punto de intersección S1 se encuentra en el centro de simetría de la curva \vec{p} o el punto de intersección S1 se encuentra sobre el punto de rotación de la curva \vec{p} .
- 25 5.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la curva \vec{p} se describe mediante una función matemática única.
- 6.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la curva \vec{p} se describe por segmentos mediante diferentes funciones matemáticas.
- 30 7.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizado porque** como función matemática se selecciona al menos una de la serie: función B-spline, función de Bézier, función de Bézier racional, función B-spline racional no uniforme.
- 8.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la curva \vec{p} presenta uno o varios acodamientos.
- 35 9.- Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado porque** la curva \vec{p} se describe en los puntos de acodamiento mediante un arco circular con radio eps, que se convierte tangencialmente en las dos curvas adyacentes, siendo eps un número real positivo muy pequeño que tiende a cero (eps \ll 1, eps \rightarrow 0).
- 40 10.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** los cuerpos K1 y K2 son elementos helicoidales.

- 11.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado porque** los perfiles de sección transversal se continúan helicoidalmente en la dirección del eje, siendo los cuerpos así generados de paso a la derecha o a la izquierda y la altura de paso normalizada a la distancia entre ejes se encuentra en el intervalo 0,1 a 10 y la longitud de los elementos normalizada a la distancia entre ejes se encuentra en el intervalo de 0,1 a 10.
- 5 12.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** los perfiles de sección transversal se continúan linealmente por segmentos en la dirección del eje y la longitud de los elementos normalizada a la distancia entre ejes se encuentra en el intervalo de 0,05 a 10.
- 10 13.- Procedimiento para la generación de elementos helicoidales, **caracterizado porque** en una primera etapa se generan los perfiles de sección transversal de cuerpos que siempre se tocan en al menos un punto durante la rotación en la misma dirección con la misma velocidad de rotación alrededor de ejes de rotación dispuestos en paralelo uno respecto a otro a una distancia a , conforme a un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 12 y se introducen juegos en una segunda etapa.

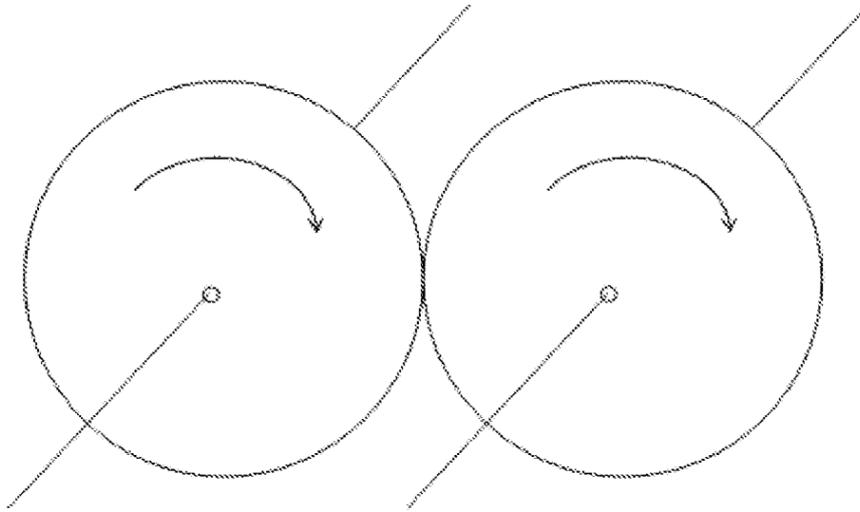


Fig. 1

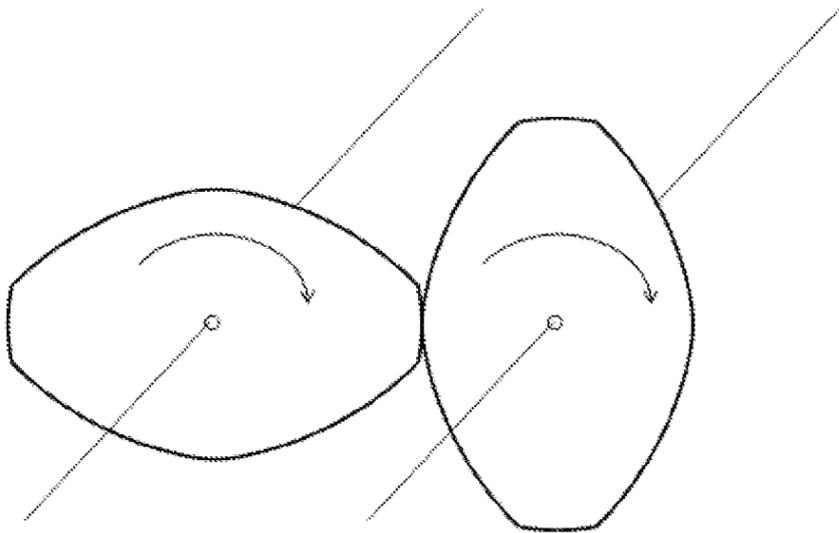


Fig. 2

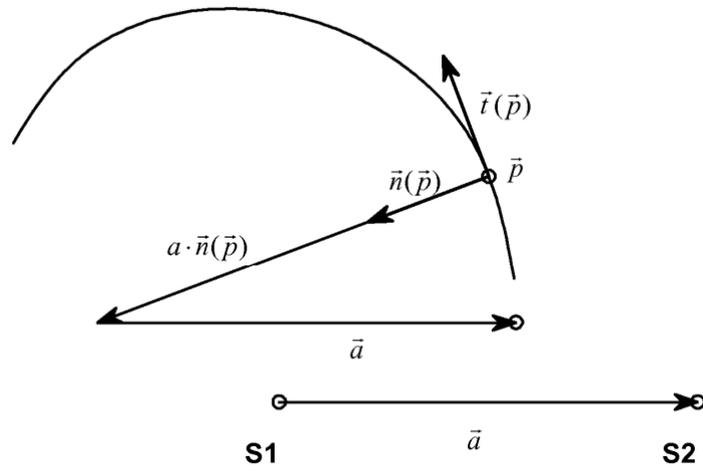


Fig. 3

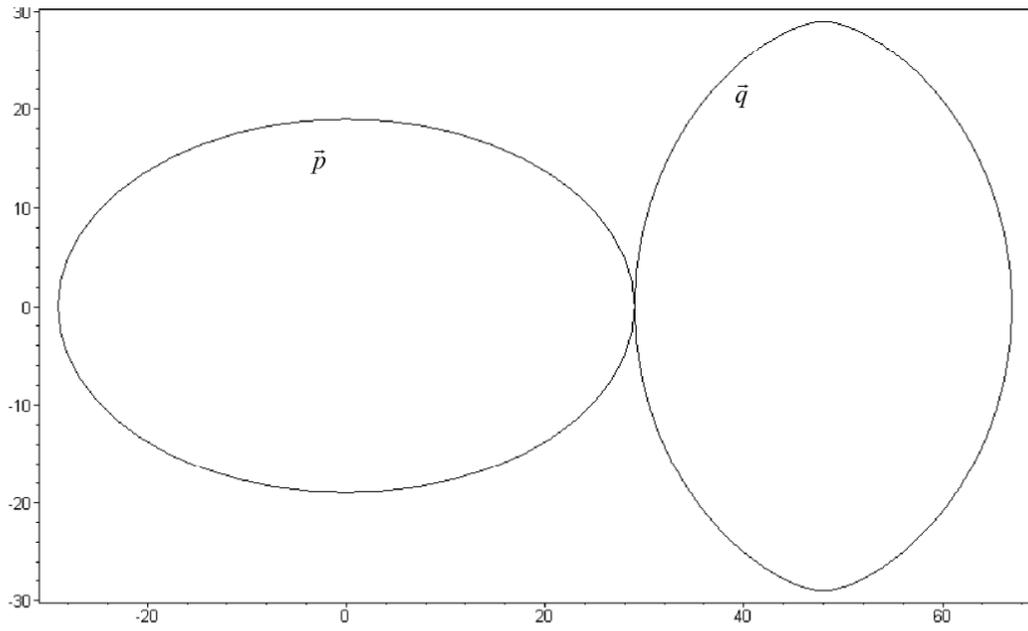


Fig. 4

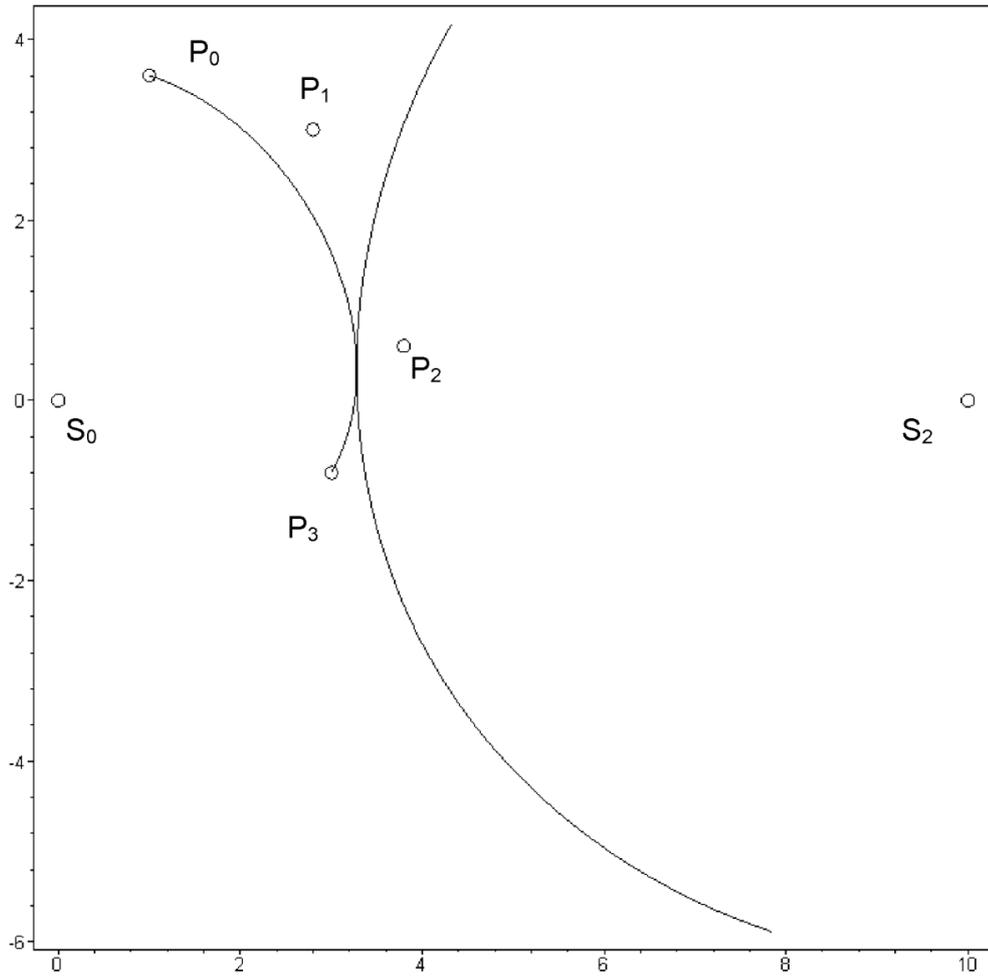


Fig. 5

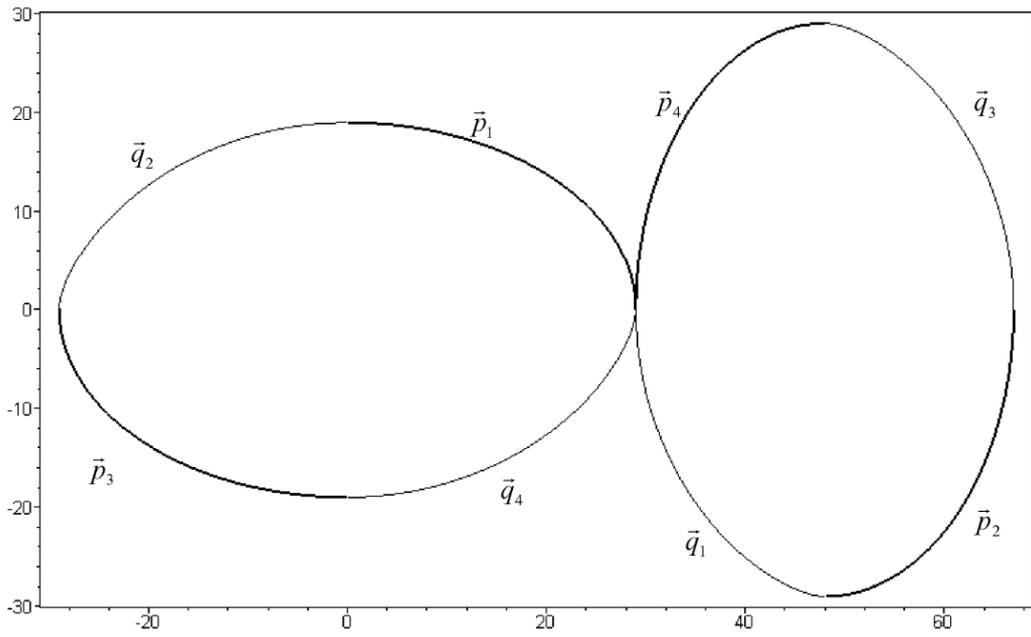


Fig. 6

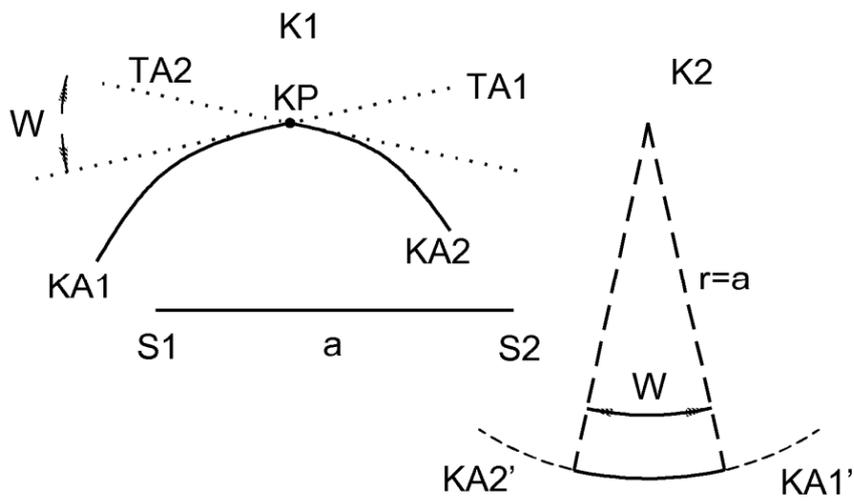


Fig. 7