

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 601**

51 Int. Cl.:

**B23F 9/12**

(2006.01)

**B23F 9/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04019896 .2**

96 Fecha de presentación: **23.08.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1518630**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.03.2005**

54

Título: **PROCEDIMIENTO Y MÁQUINA DE LAMINACIÓN PARA GENERAR ENGRANAJES CÓNICOS EN ESPIRAL.**

30

Prioridad:  
**23.09.2003 DE 10343854**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**24.01.2012**

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**24.01.2012**

73

Titular/es:  
**KLINGELNBERG GMBH  
PETERSTRASSE 45  
42499 HÜCKESWAGEN, DE**

72

Inventor/es:  
**Blasberg, Herbert;  
König, Torsten;  
Ribbeck, Karl-Martin y  
Radermacher, Matthias**

74

Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

**ES 2 372 601 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 y máquina de laminación para generar engranajes cónicos en espiral

La invención se refiere a un procedimiento y a una máquina para la mecanización por arranque de virutas de engranajes cónicos en espiral. La presente solicitud de patente reivindica la prioridad de la solicitud de patente alemana DE 103 43 854.8 que fue presentada el 23 de Septiembre de 2003.

En este procedimiento se trata, en general, del llamado procedimiento de pieza individual, como se describe, por ejemplo, en el libro publicado en 1962 en los USA por Darle W. Dudley "Gear Handbook" en el Capítulo 20-2. En oposición al procedimiento parcial continuo, aquí se fabrica con una herramienta completamente siempre en primer lugar un hueco entre dientes, luego se divide la pieza de trabajo en una división de dientes, a continuación de la misma manera se mecaniza el siguiente hueco entre dientes hasta que se ha obtenido a partir de la pieza de trabajo una rueda cónica completa. Como herramienta se puede emplear, por ejemplo, un cabezal porta-cuchillas o una muela abrasiva en forma de cazoleta. En los engranajes cónicos en espiral, que se fabrican de acuerdo con este procedimiento, los flancos de los dientes tienen una curvatura longitudinal en forma de arco circular.

En este caso, la designación "engranajes cónicos en espiral" debe comprender tanto engranajes cónicos no desplazados axialmente como también engranajes cónicos desplazados axialmente, Si se quiere diferenciar ambos tipos, los engranajes cónicos desplazados axialmente se designan de forma abreviada como engranajes hipoides.

A partir de la publicación Gear Handbook se deduce, además, que existen dos procesos de generación para engranajes cónicos en espiral. En un caso, los huecos entre dientes del piñón y la corona diferencial de una pareja de ruedas cónicas se generan, respectivamente, en procesos de laminación, en el otro caso los huecos entre dientes de la corona diferencial se fabrican solamente a través de inmersión del cabezal porta-cuchillas giratorio en la pieza de trabajo estacionaria, en cambio los huecos del piñón son generados en un proceso de laminación especial con un cabezal porta-cuchillas inclinado. En ambos casos, el proceso de laminación se basa en una rueda generatriz imaginaria, que lleva a cabo un movimiento de laminación durante la elaboración en la máquina talladora de engranajes con la pieza de trabajo. En el primer caso, la rueda generatriz es un disco dentado plano, en el segundo caso corresponde a la rueda opuesta, la corona diferencial fabricada en el proceso de inmersión.

Este segundo proceso de generación ha sido desarrollado principalmente para la industria del automóvil, para ahorrar tiempo de mecanización. En comparación con un proceso de inmersión, un proceso de laminación dura un tiempo esencialmente más prolongado, lo que se suma sobre la pluralidad de dientes de una corona diferencial. Un motivo para el tiempo de laminación más prolongado es el volumen más reducido de arranque de virutas por revolución de la máquina, otro motivo reside en el tiempo adicional más largo que la herramienta necesita, a pesar del avance rápido para retornar desde una posición final de laminación de nuevo a la posición inicial de laminación para el siguiente hueco entre los dientes. Puesto que de acuerdo con el estado de la técnica, en todos los engranajes cónicos en espiral fabricados a través de eliminación, el proceso de laminación para cada hueco entre los dientes de una rueda se realiza siempre en la misma dirección. La razón de ello es la influencia de los diferentes desplazamientos a los que estaría sometida la máquina talladora de engranajes en función del proceso de mecanización y, por lo tanto, en el caso de cambio de dirección de laminación. En la pieza de trabajo, los desplazamientos variables en función de la dirección de laminación conducirían a errores de división y a diferentes desviaciones de la forma de la topografía de los flancos.

Se conocen a partir del documento DE 195 17 360 C1 y a partir del documento US 5.310.295, en concreto, dos procedimientos de laminación continua similares para la rectificación de engranajes cónicos dentados en arco en el procedimiento de laminación de piezas individuales, en los que en la laminación descendente se mecaniza un flanco hasta un primer punto de inversión y en la laminación ascendente se mecaniza otro flanco del mismo hueco entre los dientes hasta un segundo punto de inversión. En este caso, la laminación descendente significa la dirección de la laminación, en la que la herramienta se mueve durante el proceso de laminación sobre una trayectoria en forma de arco circular desde arriba hacia abajo, y la laminación ascendente significa la dirección de laminación inversa correspondiente. No obstante, con este procedimiento de laminación no se acortan los tiempos adicionales, en este caso interesa más bien que durante el proceso de laminación, a pesar de los ángulos cónicos diferentes en la muela abrasiva, se obtengan un ángulo de ataque correcto y una topología correcta en los dos flancos de los dientes.

Además, se conoce aplicar en fresas de laminación de engranajes cónicos en espiral el llamado procedimiento de doble rodillo. En este caso, el cabezal porta-cuchillas se inserta en una posición media de laminación en la pieza de trabajo y en poco tiempo se elimina mucho material desde el hueco de los dientes, pero sin conseguir la profundidad de laminación definitiva, Entonces sigue una laminación ascendente con erosión por arranque de virutas en uno de los flancos de los dientes y luego sigue otra aproximación de ajuste, para conseguir la profundidad de laminación definitiva y alcanzar la posición inicial de laminación. A partir de aquí se fabrican ahora ambos flancos de los dientes a través de laminación descendente. Este proceso se repite en cada hueco entre los dientes, de manera que en último término se terminan a pesar de todo todos los huecos en la misma dirección de laminación.

Para el proceso de laminación en engranajes cónicos en espiral se explican en la publicación Gear Handbook, figura

20-2 y figura 20-3, máquinas que trabajan de manera puramente mecánica, donde una máquina fresadora de laminación (generador) posee, entre otras cosas, un tambor o cuna (cradle) de laminación y un mecanismo especial para la inclinación (tilt) del cabezal porta-cuchillas. En cambio, las máquinas modernas de control numérico CNC para el fresado o rectificación de engranajes cónicos en espiral, como se describen, por ejemplo, en la publicación DE 196 46 189 C2 o en la publicación DE 37 52 009 T2, pueden conseguir esto por medio de movimientos espaciales del porta-herramientas y del soporte de la pieza de trabajo. En el procedimiento de piezas individuales solamente se necesitan a tal fin cinco ejes controlados, tres ejes de traslación y dos ejes de rotación. El sexto grado de libertad ausente para la posición común de un cuerpo rígido en el espacio, aquí de la herramienta con respecto a la pieza de trabajo, es la rotación de la herramienta alrededor de su eje de rotación. Si en el procedimiento de piezas individuales no se necesita como eje controlado, porque la herramienta es simétrica rotatoria y su accionamiento –de manera independiente de sus otros cinco ejes- solamente es necesario para la consecución de una velocidad de corte necesaria.

Tales máquinas de control numérico CNC alcanzan, frente a las máquinas talladoras de engranajes cónicos que trabajan de forma puramente mecánica, velocidades de trabajo esencialmente mayores con movimientos de ajuste y de marcha al mismo tiempo más exactos y, por lo tanto, una rentabilidad más elevada. A pesar de todo, la industria el automóvil necesita acortar todavía más los tiempos de mecanización por cada pieza de trabajo, para poder reducir costes.

Por lo tanto, el cometido de la invención es configurar un procedimiento y una máquina del tipo mencionado al principio de tal manera que se puedan mecanizar engranajes cónicos en espiral, que se fabrican en el procedimiento de piezas individuales, en un tiempo más corto que hasta ahora a través de un proceso de laminación, sin tener que tolerar en este caso mermas considerables en la exactitud de los flancos de los dientes.

Este cometido se soluciona de acuerdo con la invención por medio de un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 de la patente y por medio de una máquina de acuerdo con la reivindicación 7 de la patente, respectivamente.

La ventaja de la invención que se basa en estas dos modificaciones consiste en una mecanización más eficiente de engranajes cónicos en espiral laminados. Hasta ahora cada hueco entre los dientes de una pieza de trabajo se fabrica acabado en una sola dirección de laminación y para el siguiente hueco entre los dientes debería retornarse la pieza de trabajo sin erosión por arranque de virutas, es decir, en la marcha en vacío, de retorno a la posición de partida. De acuerdo con la invención, ahora se mecaniza ya sobre el recorrido de retorno el segundo hueco entre los dientes en dirección de laminación inversa y de esta manera se alcanza de nuevo la posición de partida y se mecaniza ya el tercer hueco entre los dientes en la dirección de laminación original.

Esta ventaja es independiente del tipo de laminación, ya se trate en este caso el fresado de laminación con un cabezal porta-cuchillas o del rectificado de laminación con una muela abrasiva en forma de cazoleta o todavía de otro procedimiento de laminación. No obstante, en el fresado de laminación se muestra todavía una ventaja adicional de la invención en que, en efecto, los cortes de las cuchillas son solicitados de manera más uniforme debido a la dirección de laminación alterna y se desgastan de manera correspondientemente más uniforme.

Los procesos de laminación se pueden distinguir también en función de cómo llega la herramienta desde la posición de arranque respectiva hasta la posición de inicio de la laminación. Por posición de arranque debe entenderse aquí la posición, en la que se realiza también el proceso parcial, sin que la herramienta colisione con la pieza de trabajo.

En una forma de realización de la invención, la posición de arranque inicial es al mismo tiempo una posición de inicio de la laminación, en la que la herramienta ha alcanzado la profundidad de laminación prevista con respecto a la pieza de trabajo y se puede iniciar un proceso de laminación. En este caso, por ejemplo, durante el fresado por laminación, el cabezal porta-cuchillas se encuentra apenas junto a la pieza de trabajo y fresa desde allí en un proceso de laminación único un hueco completo entre los dientes de la pieza de trabajo. En la posición final de laminación alcanzada en este caso, es decir, allí donde se extrae la última viruta en un proceso de laminación, la herramienta se encuentra todavía en el hueco generado entre los dientes y la pieza de trabajo no se puede girar ahora en la medida de una división de los dientes. Para alcanzar la siguiente posición de arranque, debe proseguirse el movimiento de laminación hasta que la herramienta ya ha abandonado totalmente el hueco entre los dientes. No obstante, esto se puede realizar en avance rápido, de manera que esta forma de realización tiene, además del ahorro de tiempo, todavía la ventaja de que, además de la laminación y la división, no necesarios otros movimientos de la máquina y tampoco se modifica la profundidad de laminación para toda la pieza de trabajo.

En otra forma de realización, a partir de la posición de arranque respectiva solamente se realiza un proceso de inmersión o un proceso combinado de inmersión y laminación en el hueco entre los dientes a generar o (por ejemplo, en el caso de la rectificación) en un hueco entre los dientes ya prefabricado, con lo que la herramienta y la pieza de trabajo alcanzan en cada caso una posición de inicio de la laminación en la profundidad de laminación prevista. Esta forma de realización de la invención se emplea de manera ventajosa en piezas de trabajo con un número mayor de dientes, en las que los recorridos de entrada de laminación y de salida de laminación son mayores

que en el caso de piñones con un número pequeño de dientes, lo que se describe en detalle todavía más adelante.

En otra configuración del procedimiento de acuerdo con la invención está previsto que antes y/o durante cada proceso de laminación se compense una influencia dado el caso diferente de la dirección de laminación correspondiente sobre la exactitud de la pieza de trabajo a través de parámetros corregidos de la máquina. Por ejemplo, cuando se aplica el procedimiento de acuerdo con la invención solamente para la mecanización previa de los huecos de los dientes, para endurecer o rectificar a continuación la rueda cónica, no será suficiente, en general, la exactitud de división sin corrección. Entonces dos ángulos de giro diferentes en el proceso de división para una y otra dirección de laminación, respectivamente, pueden compensar las desviaciones regulares durante la división de los dientes. Condición previa para ello es solamente una medición de la división en una rueda de muestra, a partir de la cual se pueden calcular diferentes ángulos de giro. En este caso, solamente hay que procurar que en los engranajes cónicos con número impar de dientes, el primer hueco mecanizado entre los dientes y el último hueco tengan la misma dirección de laminación, por lo que debe marcarse esta posición al mismo tiempo en la rueda de muestra, para que no se produzca ningún error durante la evaluación.

En otra configuración del procedimiento de acuerdo con la invención se detecta en particular la influencia de la dirección de laminación sobre la forma de los flancos de la rueda cónica a través de mediciones de la topografía en huecos representativos entre los dientes en una y otra dirección de laminación, respectivamente. Es decir, que en tres o cuatro huecos entre los dientes distribuidos aproximadamente de forma uniforme en la periferia de la rueda cónica, que hay sido mecanizados en una de las direcciones de laminación, y en huecos distribuidos de manera uniforme de la dirección de laminación inversa se realizan mediciones de la forma de los flancos. A tal fin se lleva a cabo una medición con preferencia en puntos reticulares, que son iguales para todos los flancos. En estos supuestos se pueden promediar los datos de medición de los tres o cuatro huecos representativos entre los dientes de una dirección de laminación y, además, entonces se pueden determinar también las desviaciones de la división a partir de la medición de la topografía.

Es especialmente ventajoso realizar de forma automática la evaluación de las mediciones con un programa de cálculo y hacer calcular con un software adicional a partir de los datos medios los parámetros corregidos de la máquina para ambas direcciones de laminación, que se pueden transferir entonces directamente a la máquina talladora.

La máquina de acuerdo con la reivindicación 7 para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención puede ser tanto una máquina de control numérico CNC con tambor de laminación y con mecanismo de inclinación para la herramienta como también una máquina moderna de 5 ejes, como se ha descrito ya más arriba. En el primer caso, las tres instalaciones a partir del concepto general, con las que se realizan las etapas convencionales del procedimiento, se diferencian todavía con la ayuda de los ejes en movimiento. En el segundo caso, en una máquina de 5 ejes, esto no es posible sin más. Aquí en las tres etapas del procedimiento de un ciclo de mecanización todos los cinco ejes de mueven al mismo tiempo, pero de acuerdo con programas de control diferentes, que se pueden asociar todavía a las tres direcciones. En ambos casos, la máquina de acuerdo con la invención se caracteriza por el medio de control modificado de la tercera instalación.

La ventaja decisiva de esta máquina para el procedimiento de piezas individuales consiste en que se puede mecanizar alternando un hueco entre los dientes en una de las direcciones de laminación y el hueco siguiente en la dirección de laminación inversa. De esta manera, no existe un simple retorno de la herramienta y de la pieza de trabajo a sus posiciones de arranque sin erosión de arranque de virutas. En su lugar, se acortan los tiempos secundarios y se reduce claramente el tiempo total para la mecanización de una rueda cónica. Otra ventaja digna de consideración reside en la utilización mejorada de la herramienta, puesto que a través de las direcciones alternas de laminación se obtiene una compensación de la carga de las zonas de corte interior y exterior de la herramienta. Esto provoca un desgaste esencialmente más uniforme de la herramienta, que puede permanecer en uso en adelante durante más tiempo.

Otra configuración de la máquina de acuerdo con la invención consta de un medio de control adicional, con el que se puede compensar antes y/o durante cada proceso de laminación una influencia diferente de la dirección de laminación respectiva sobre la exactitud de la pieza de trabajo a través de parámetros corregidos de la máquina. De esta manera se elimina el motivo principal que ha impedido hasta ahora direcciones de laminación alternas en una pieza de trabajo. En las máquinas talladoras puramente mecánicas, tales correcciones de los parámetros de ajuste no se podían realizar en la práctica en función de la dirección de laminación alterna, esto solamente es posible en máquinas de control numérico CNC con un control programado de acuerdo con la invención y de esta manera conduce a las ventajas mencionadas anteriormente de la invención. Otro aspecto es que las repercusiones de las direcciones de laminación alternas sobre una rueda cónica requieren correcciones lineales sobre todo el proceso de laminación, lo que es posible de la misma manera con la máquina de acuerdo con la invención.

En otra configuración de la máquina, se pueden transmitir parámetros corregidos de la máquina al medio de control adicional de forma separada para ambas direcciones de laminación, de acuerdo con los cuales se pueden mecanizar los huecos entre los dientes en función de la dirección de laminación. Esta configuración de la máquina

aporta la ventaja muy importante de que el procedimiento de acuerdo con la invención se puede emplear también de forma económica. Puesto que las correcciones, que son necesarias para la exactitud uniforme de los engranajes cónicos fabricados de esta manera, se modifican al menos de una serie a otra, a veces ya de un afilado a otro de la herramienta y, por lo tanto, deben calcularse con el menos gasto posible y deben tenerse en cuenta en la máquina. Además, existen ya programas de cálculo, que calculan de forma automática los parámetros de ajuste corregidos. Pero la máquina debe estar también en condiciones de tener en cuenta de manera correcta los datos transmitidos en función de la dirección de laminación de los huecos entre los dientes que deben mecanizarse precisamente.

Otros detalles de la invención se describen en particular a continuación con referencia a los dibujos. En este caso:

La figura 1 muestra un diagrama de flujo para el procedimiento de laminación convencional siempre con la misma dirección de laminación.

La figura 2 muestra un diagrama de flujo para el procedimiento de laminación de acuerdo con la invención con direcciones de afinación alternas.

La figura 3 muestra de forma esquemática el proceso de laminación hasta ahora de engranajes cónicos en espiral.

La figura 4 muestra de forma esquemática el proceso de laminación por inmersión hasta ahora para la fabricación de engranajes cónicos en espira.

La figura 5 muestra de forma esquemática el proceso de laminación modificado de acuerdo con la invención para la fabricación de engranajes cónicos en espiral.

La figura 6 muestra de forma esquemática el proceso de laminación por inmersión modificado de acuerdo con la invención para la fabricación de engranajes cónicos en espiral.

La figura 7 muestra una representación esquemática de una máquina de acuerdo con la invención.

En la figura 1 se reproducen las etapas más importantes del procedimiento para la laminación de acuerdo con el estado de la técnica en un diagrama de flujo. Estas etapas son en el campo a) el accionamiento de la herramienta alrededor de su eje de rotación, en el campo b) la conducción de la herramienta y de la pieza de trabajo, respectivamente, a una posición de arranque, en el campo c) la rotación de la pieza de trabajo en la medida de una división de dientes, en el campo d) la mecanización de un hueco completo entre los dientes por medio de un proceso de laminación en una profundidad de laminación prevista, de manera que la herramienta y la pieza de trabajo alcanzan en cada caso una posición final de laminación, y en el campo e) el retorno de la herramienta y de la pieza de trabajo a sus posiciones de arranque. El rombo f simboliza una derivación, desde la que se salta hacia atrás al comienzo del campo b) hasta que se han terminado todos los huecos entre los dientes de la pieza de trabajo. Las letras utilizadas para las etapas individuales coinciden, debido a la asociación más sencilla, con las de la reivindicación principal.

En comparación con ello, la figura 2 muestra que en el diagrama de flujo para el procedimiento de laminación de acuerdo con la invención, el campo e) de la figura 1 está sustituido por los campos b', c' y d'. En este caso, se trata de las tres etapas del procedimiento; b' – conducción de la herramienta y de la pieza de trabajo, respectivamente, a una segunda posición de arranque en la proximidad de la posición final de laminación previamente alcanzada, c'- rotación de la pieza de trabajo alrededor de una división de los dientes, d'- mecanización de un hueco completo entre los dientes a través de un proceso de laminación con dirección inversa de la laminación con respecto a la de la etapa d) del procedimiento, en la que la herramienta y la pieza de trabajo alcanzan, respectivamente, una segunda posición de laminación en la proximidad de la primera posición de arranque. Solamente a través de la disposición de los campos en el dos diagramas de flujo se expresa ya la ventaja, que tiene en esta lugar el proceso de laminación en dirección inversa con respecto al retorno convencional de la herramienta y de la pieza de trabajo a la posición de arranque, en el sentido de que, en efecto, se mecaniza un hueco completo entre los dientes en lugar de un retorno sin arranque de virutas. Por medio de los rombos f y f' se simboliza en cada caso una derivación, desde las que se salta hacia atrás al comienzo del campo b' y b, respectivamente, hasta que todos los huecos entre los dientes de la pieza de trabajo están terminados. Además, en la figura 2 se representa de forma esquemática cómo se pueden preparar adicionalmente en una etapa h del procedimiento, que se desarrolla en paralelo, con preferencia parámetros corregidos de la máquina en función de la dirección de laminación y se pueden alimentar a las etapas del procedimiento d y d' correspondientes.

En las figuras 3 a 6 siguientes se representan de forma esquemática los movimientos del cabezal porta-cuchillas 7. Las flechas representan movimientos relativos del cabezal porta-cuchillas con respecto a la pieza de trabajo. Las flechas horizontales identifican movimientos de inmersión y movimientos en la dirección de este eje, respectivamente, mientras que las flechas verticales representan movimientos de laminación. El blanco representa a este respecto movimientos en avance rápido sin arranque de virutas y el negro representa movimientos de avance con arranque de virutas.

En la figura 3, de acuerdo con el estado de la técnica, el cabezal porta-cuchillas 7 se lleva desde una posición de reposo al comienzo de la fabricación hasta una posición de arranque 1, en la que es posible también un proceso de división (una rotación de la pieza de trabajo alrededor de la división de los dientes). A continuación se realiza un movimiento a la posición de inicio de laminación 2, desde donde se realiza la laminación 5, en este caso la laminación descendente, para la generación de un hueco entre los dientes. Con la consecución de la posición final 3 termina el proceso de laminación, y el cabezal porta-cuchillas 7 es retornado a la posición 4. A continuación se lleva a cabo un movimiento de laminación hacia atrás 6 hasta la posición de arranque 1, la rotación de la pieza de trabajo alrededor de una división de los dientes y el ciclo de nuevo de la generación descrita de un hueco entre los dientes. Después de la fabricación de todos los huecos entre los dientes de la pieza de trabajo reconduce el cabezal porta-cuchillas 7 de nuevo a la posición de reposo.

Durante el proceso de laminación por inmersión representado en la figura 4 de acuerdo con el estado de la técnica, el recorrido necesario para la laminación 5 es más corto, lo que se ilustra por medio de la longitud más reducida de las flechas. En este proceso, se realiza de nuevo un movimiento del cabezal porta-cuchillas 7 desde la posición de reposo hacia la posición de arranque 1, a continuación se conecta el proceso de inmersión 8 en la pieza de trabajo. Después de alcanzar la profundidad total de inmersión y, por lo tanto, la posición de inicio de la laminación 2, se termina la inmersión, y se inicia la laminación 5. Con la consecución de la posición final 3 se termina de nuevo el proceso de laminación y se retorna el cabezal porta-cuchillas a la posición de arranque 4. A continuación se realiza el movimiento de laminación de retorno 6 hasta la posición de arranque 1, la rotación de la pieza de trabajo alrededor de una división de los dientes y la generación de huecos siguientes entre los dientes de acuerdo con el desarrollo descrito. Después de la fabricación de todos los huecos entre los dientes de la pieza de trabajo se desplaza el cabezal porta-cuchillas 7 de nuevo a la posición de reposo.

La figura 5 muestra un proceso de laminación de acuerdo con la invención, mejorado con respecto a la figura 3. Partiendo de la posición de reposo, se conduce el cabezal porta-cuchillas 7 inmediatamente a la posición de arranque 2, desde donde comienza la laminación 5. Después de alcanzar la posición final de laminación 3, en la que se extrae la última viruta, sigue un primer movimiento de laminación rápida para abandonar completamente el hueco entre los dientes, con lo que se alcanza la segunda posición de arranque 10. La pieza de trabajo es girada ahora alrededor de una división de los dientes y luego, a través de laminación en dirección inversa 11 hasta la segunda posición final de laminación 12, se genera otro hueco entre los dientes. En este lugar se conecta un segundo movimiento de laminación rápida 13, para conducir la herramienta de nuevo totalmente fuera del hueco entre los dientes. Con este segundo movimiento de laminación rápida 13 se alcanza de nuevo la posición de inicio de laminación 2, en la que se realiza la segunda rotación de la pieza de trabajo alrededor de una división de los dientes y la otra generación de los huecos entre los dientes de acuerdo con el ciclo descrito. Después de la fabricación de todos los huecos entre los dientes de la pieza de trabajo se desplaza el cabezal porta-cuchillas 7 de nuevo a la posición de reposo.

En el proceso de laminación por inmersión de acuerdo con la invención representado en la figura 6, el recorrido necesario para la laminación 5 y la laminación 11 en dirección inversa es de nuevo más corto que en el proceso descrito en la figura 5. Partiendo de la posición de reposo se conduce el cabezal porta-cuchillas 7 a la posición de arranque 1, desde donde se realiza la inmersión 8 a la velocidad de avance en la pieza de trabajo. Después de alcanzar la posición de inicio de la laminación 2, se inicia la laminación 5 para la generación del hueco entre los dientes. Con la consecución de la posición final de laminación 3, que corresponde al mismo tiempo a la segunda posición inicial de laminación 10, se termina el proceso de laminación y el cabezal porta-cuchillas 7 es conducido hasta la posición 4. Ya aquí se conecta la rotación de la pieza de trabajo alrededor de una división de los dientes. A continuación se realiza el movimiento de inmersión 8 en la pieza de trabajo hasta que se alcanza de nuevo la segunda posición de inicio de la laminación 10, desde la que se genera a través de laminación en dirección inversa 11 el siguiente hueco entre los dientes. Con la consecución de la segunda posición final de laminación 12, que coincide en este caso con la posición de inicio de la laminación 2, se conduce el cabezal porta-cuchillas 7 desde el hueco entre los dientes hasta la posición de arranque 1. Entonces se realiza de nuevo la rotación de la pieza de trabajo alrededor de la división entre los dientes y la fabricación de los huecos siguientes entre los dientes en el proceso descrito. Después de la fabricación de todos los huecos entre los dientes de la pieza de trabajo se conduce el cabezal porta-cuchillas 7 de nuevo a la posición de reposo.

Los procesos representados en las figuras 3 a 6 se pueden realizar también con direcciones de laminación inversas, es decir, que la laminación 5 no es una laminación descendente, sino una laminación ascendente y el movimiento de retorno de la laminación 6 o bien la laminación en dirección inversa 11 es entonces una laminación descendente. En este caso, se modificarían de la misma manera la posición de arranque, la posición de inicio de la laminación y la posición final de laminación.

La máquina de acuerdo con la invención se representa a modo de ejemplo en la figura 7. Como es evidente, corresponde a la máquina de control numérico CNC descrita en el documento DE 196 46 189 C2 ya descrito para la fabricación de engranajes cónicos dentados en arco. Posee un motor de accionamiento 16 para la rotación del cabezal porta-cuchillas 7 alrededor de su eje de rotación 17. El motor 16 y el cabezal porta-cuchillas 7 se encuentran sobre el primer carro 18, que es guiado lateralmente en una carcasa de la máquina 20 y que es desplazable en la

altura (paralelamente al eje-Z). La carcasa de la máquina 20 es desplazable, por su parte, horizontalmente sobre una bancada de la máquina 21 (paralelamente al eje-X), sobre la que se encuentra, además, un segundo carro 25. Este segundo carro 25 lleva un soporte de piezas de trabajo 28, giratorio alrededor de un eje vertical C, con un husillo de piezas de trabajo 30 y una pieza de trabajo 31, que están alojados de forma giratoria alrededor de un eje horizontal 32. El segundo carro 25 es desplazable de la misma manera horizontalmente (paralelo al eje-Y), pero en ángulo recto con respecto al eje-X de la carcasa de la máquina 20 y al eje-Z del primer carro 18. De esta manera, estos componentes de la máquina forman las condiciones previas mecánicas para fabricar engranajes cónicos en espiral a través de un proceso de laminación en el procedimiento de piezas individuales. La diferencia decisiva de esta máquina de acuerdo con la invención con respecto a una máquina convencional consiste en un medio de control 29 modificado del control numérico CNC, que está alojado en el armario de distribución 33.

De acuerdo con el estado de la técnica, un medio de control convencional se ocupa de que, por ejemplo, después de un proceso de laminación, en el que los cinco ejes X, Y, Z, C, y el eje de la pieza de trabajo 32 deben realizar un movimiento acoplado previamente calculado, el cabezal porta-cuchillas 7 y la pieza de trabajo 31 son retornados desde sus posiciones finales de laminación de nuevo a su posición de arranque respectiva. Para no perder el acoplamiento de los cinco ejes implicados, este retorno se realiza normalmente en el movimiento de laminación de retorno 6 ya descrito con relación a la figura 3 y, en concreto, después de la retracción del cabezal porta-cuchillas 7 desde un hueco entre los dientes precisamente generado.

Con el medio de control 29 modificado de acuerdo con la invención del control numérico CNC, se pueden conducir el cabezal porta-cuchillas 7 y la pieza de trabajo 31, en lugar del movimiento de laminación de retorno, respectivamente, a una segunda posición de arranque en la proximidad de las posiciones finales de laminación precisamente alcanzadas, desde donde mecanizan después de un proceso de división un hueco completo entre los dientes 34 en un proceso de laminación con dirección de laminación inversa. De esta manera, alcanzan también de nuevo sus posiciones de arranque originales, pero no en la marcha en vacío, sino a través de una etapa de trabajo completa. Para poder alcanzar en este caso la misma exactitud en las piezas de trabajo 31 que con la máquina de control numérico CNC convencional, se prevé con preferencia un medio de control adicional en el control numérico CNC convencional, con el que antes y/o durante cada proceso de laminación se puede compensar una influencia diferente de la dirección de afinación respectiva sobre la exactitud de la rueda cónica (pieza de trabajo). Este medio de control adicional puede formar junto con el control numérico CNC convencional un medio de control 29 modificado. En la máquina según la figura 7 está prevista una línea de datos 27, sobre la que se pueden transmitir parámetros corregidos de la máquina de manera separada para ambas direcciones de laminación a los medios de control 29 modificados. Los parámetros corregidos de la máquina se pueden suministrar, por ejemplo desde un ordenador externo. Los medios de control 29 modificados se diferencian de los medios de control convencionales, entre otras cosas, porque están en condiciones de ejecutar el procedimiento de acuerdo con la invención, de tal manera que se realiza el proceso de laminación en una primera dirección y luego se ejecuta un proceso de laminación en dirección inversa. Durante el proceso de laminación en una de las direcciones y durante el proceso de laminación en la dirección inversa se emplean en este caso correcciones diferentes de los parámetros de ajuste.

**REIVINDICACIONES**

1.- Procedimiento para la mecanización por arranque de virutas, en particular fresado de laminación o rectificado de laminación, de engranajes cónicos en espiral con una herramienta simétrica rotatoria, que comprende esencialmente las siguientes etapas:

- 5 a) accionamiento de la herramienta alrededor de su eje de rotación,
- b) conducción de la herramienta y de la pieza de trabajo, respectivamente, a una primera posición de arranque,
- 10 c) rotación de la pieza de trabajo en la medida de una división de los dientes, excepto antes de la mecanización del primer hueco entre los dientes de la pieza de trabajo,
- d) mecanización de un hueco completo entre los dientes a través de un proceso de laminación en una profundidad de laminación predeterminada, en la que la herramienta y la pieza de trabajo alcanzan, respectivamente, una primera posición final de laminación,
- 15 e) conducción de la herramienta y de la pieza de trabajo, respectivamente a una segunda posición de arranque en la proximidad de las primeras posiciones finales de laminación alcanzadas anteriormente,
- c') rotación de la pieza de trabajo en la medida de una división de los dientes,
- d') mecanización de un hueco completo entre los dientes a través de un proceso de laminación con dirección de laminación inversa con respecto a la dirección de la etapa d) del procedimiento, de manera que la herramienta y la pieza de trabajo alcanzan, respectivamente, una segunda posición final de laminación en la proximidad de las primeras posiciones de arranque,
- 20 e') repetición de las etapas b), c) y d) alternando con las etapas b'), c') y d') hasta que están procesados todos los huecos entre los dientes de la pieza de trabajo.

25 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las posiciones de arranque respectivas son al mismo tiempo las posiciones de inicio de laminación, en las que la herramienta ha alcanzado, con relación a la pieza de trabajo, la profundidad de laminación prevista.

30 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que partiendo desde las posiciones de arranque respectivas, se realiza en primer lugar un proceso de inmersión o un proceso combinado de inmersión / laminación en un hueco entre los dientes que debe generarse y en un hueco entre los dientes ya pre-mecanizado y en el que de esta manera la herramienta y la pieza de trabajo pasan, respectivamente, a una posición de inicio de la laminación.

35 4.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que antes y/o durante cada proceso de laminación se compensa una influencia, dado el caso, diferente de la dirección de laminación correspondiente sobre la exactitud de la pieza de trabajo a través de parámetros corregidos de la máquina.

40 5.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que se detecta una influencia diferente de la dirección de laminación sobre la pieza de trabajo a través de mediciones de la topografía de huecos representativos entre los dientes de una u otra dirección de laminación.

6.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que se calculan parámetros corregidos de la máquina para ambas direcciones de laminación a partir de datos medios de las mediciones de la topografía.

45 7.- Máquina para la mecanización por arranque de virutas de engranajes cónicos en espiral (31) en un procedimiento de piezas individuales, que comprende:

- a) un motor de accionamiento para la rotación de una herramienta (7) alrededor de su eje de rotación (17),
- b) una primera instalación para la conducción de la herramienta (7) y de una pieza de trabajo (31), respectivamente, a una primera posición de arranque,
- 50 c) una segunda instalación para la rotación de la pieza de trabajo (31) en la medida de una división de los dientes,
- d) una tercera instalación para la mecanización de un hueco completo entre los dientes a través de un proceso de laminación, en el que la herramienta giratoria (7) y la pieza de trabajo (31) alcanzan, respectivamente, una primera posición final de laminación, así como para el retorno de la herramienta (7) y de la pieza de trabajo (31) a sus posiciones de arranque,
- 55 e) un control numérico CNC (29), en el que un medio de control para la tercera instalación está realizado de tal forma que la herramienta (7) y la pieza de trabajo (31) se pueden conducir, respectivamente, a una segunda posición de arranque en la proximidad de las posiciones finales de laminación previamente alcanzadas, y después de un proceso de división se puede mecanizar un hueco completo de los dientes en un proceso de laminación con dirección de laminación inversa, de manera que la herramienta (7) y la pieza de trabajo (31) alcanzan, respectivamente, una segunda posición final de laminación en la proximidad de las primeras posiciones de arranque.
- 60



8.- Máquina de acuerdo con la reivindicación 7 con otro medio de control, con el que antes y/o durante el proceso de laminación se puede compensar una influencia, dado el caso, diferente de la dirección de laminación respectiva sobre la exactitud de la pieza de trabajo (31) a través de parámetros corregidos de la máquina.

- 5 9.- Máquina de acuerdo con la reivindicación 8, en la que se pueden transmitir al otro medio de control parámetros corregidos de la máquina por separado para ambas direcciones de laminación, de acuerdo con los cuales se pueden mecanizar los huecos entre los dientes en función de la dirección de laminación.

10

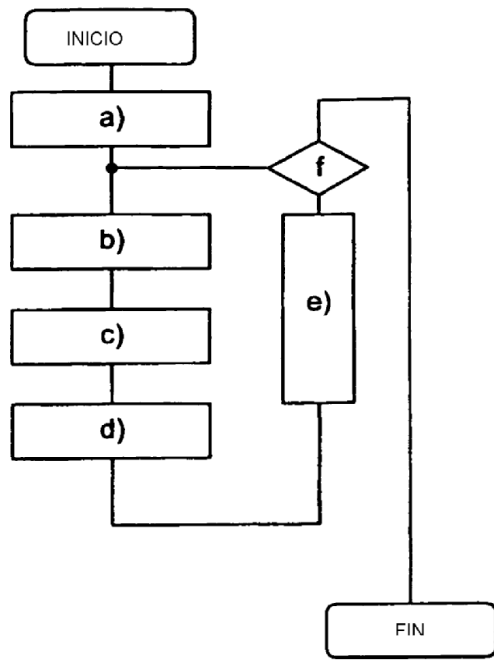


FIGURA 1

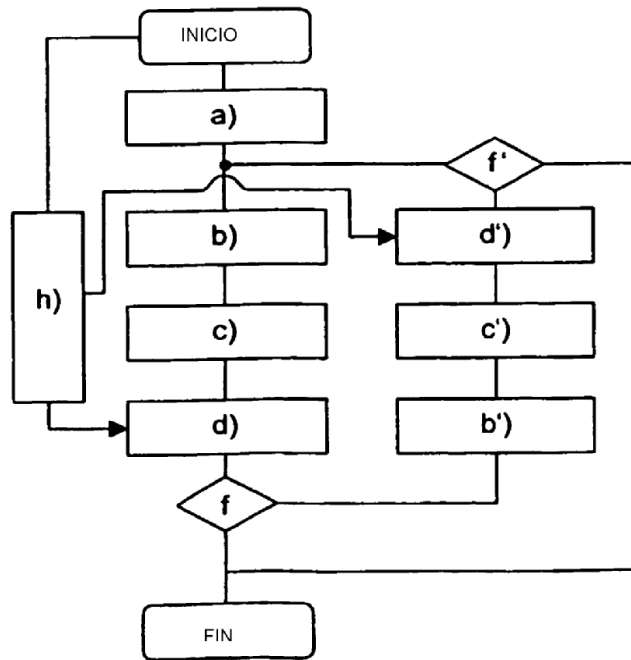


FIGURA 2

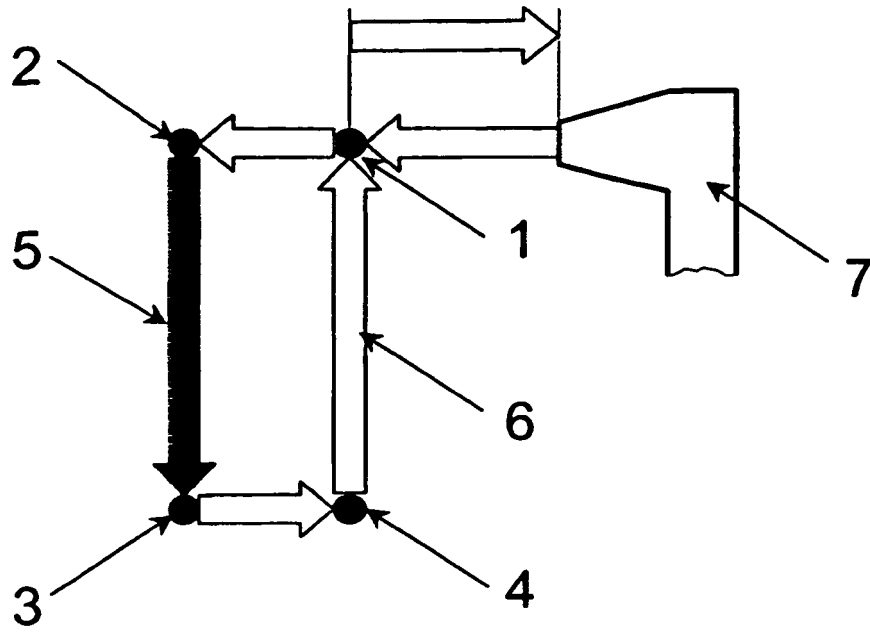


FIGURA 3

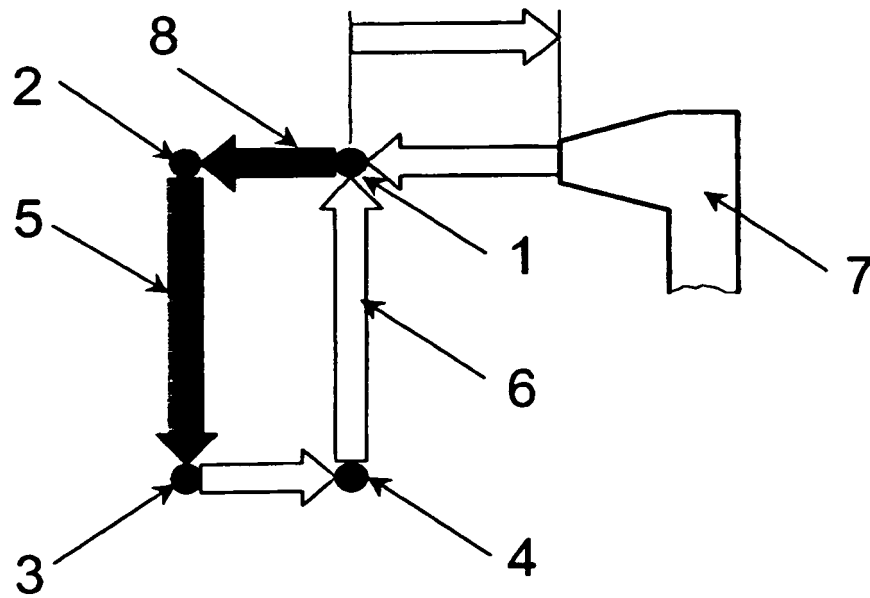


FIGURA 4

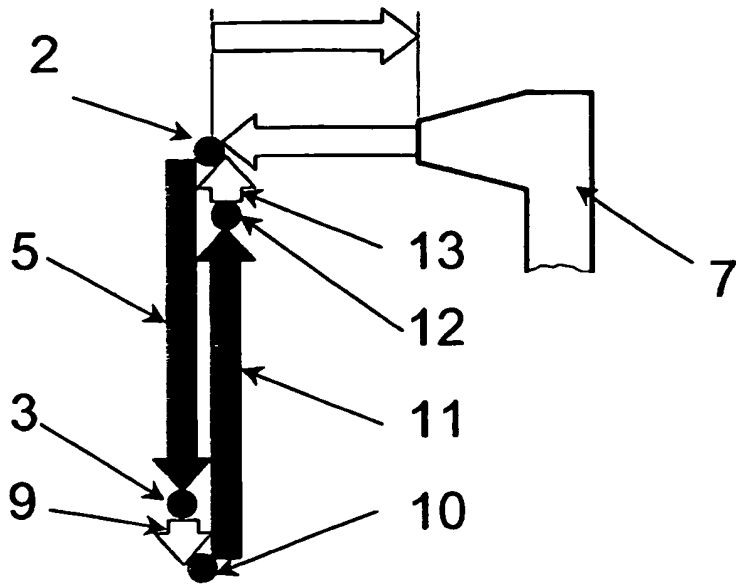


FIGURA 5

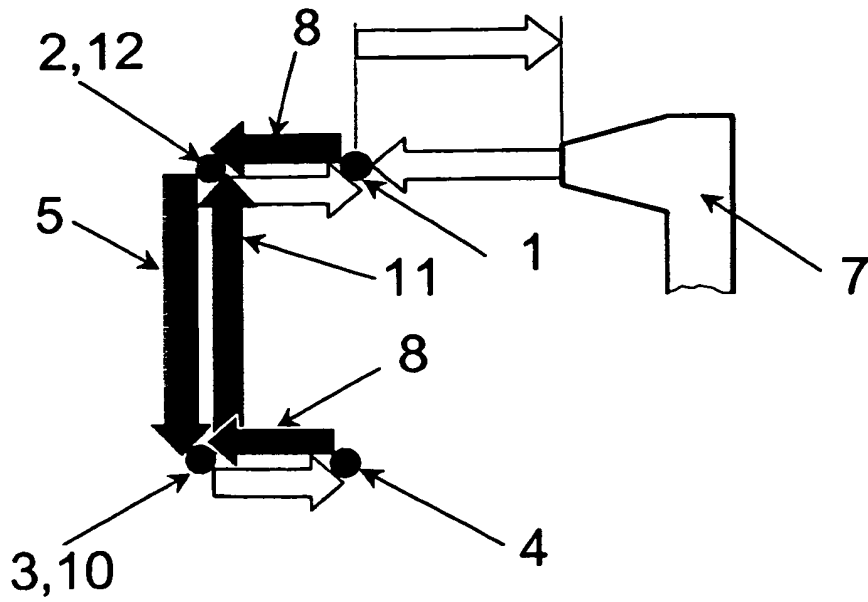


FIGURA 6

