

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 448 596**

51 Int. Cl.:

**B24B 53/085** (2006.01)

**B23F 23/12** (2006.01)

**B23F 19/05** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.09.2008 E 08105334 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2013 EP 2036674**

54 Título: **Procedimiento para rectificar una herramienta destinada a mecanizar con precisión los dientes de una rueda dentada**

30 Prioridad:

**12.09.2007 DE 102007043404**

**12.09.2007 DE 102007043384**

**12.09.2007 DE 102007043402**

**12.09.2007 DE 102007043405**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**14.03.2014**

73 Titular/es:

**PRAWEMA ANTRIEBSTECHNIK GMBH (100.0%)  
HESSENRING 4  
37269 ESCHWEGE/WERRA, DE**

72 Inventor/es:

**PREIS, JOSEF y  
SCHIEKE, JÖRG**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

**ES 2 448 596 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 rectificar una herramienta destinada a mecanizar con precisión los dientes de una rueda dentada

5 La invención se refiere a un procedimiento para rectificar una herramienta destinada a mecanizar con precisión los dientes de una rueda dentada, que presenta un dentado que se engrana con la rueda dentada a mecanizar, mediante una rueda rectificadora.

10 Para mecanizar con precisión ruedas dentadas se utilizan habitualmente herramientas de composición cerámica o de resina con un dentado, cuyo aspecto corresponde a la forma de la rueda dentada a mecanizar. Para la rectificación de las herramientas, que es necesaria tras una cierta duración de uso, se emplean habitualmente herramientas de rectificación en las que están introducidos el perfil de la herramienta a rectificar así como los elementos de conformación para generar las variaciones de geometría, dado el caso necesarias, en la herramienta a rectificar. Durante la operación de rectificación se transmite entonces el perfil o la geometría de la herramienta rectificadora a la herramienta a rectificar.

15 Un ejemplo de este modo de proceder se conoce por el documento JP 09-057624 A. Para asegurar una eliminación óptima de material durante la operación de rectificación con al mismo tiempo una transmisión óptima de la forma de los dientes de la rueda rectificadora a la herramienta de bruñido a rectificar, que tiene un dentado interior y está configurada de manera anular, se colocan en este estado de la técnica la rueda rectificadora y la herramienta antes del inicio del proceso de rectificación de una manera determinada, y a continuación se accionan a través de accionamientos separados en cada caso, pero que funcionan de manera sincrónica, hasta que se consiga el resultado de rectificación deseado. La rueda rectificadora empleada para este fin según el estado de la técnica descrito en el documento JP 09-057624 A es más estrecha que la herramienta de bruñido a rectificar. Sin embargo, 20 su ancho, teniendo en cuenta el ángulo de cruce de ejes con el que el eje de giro de la herramienta a rectificar y de la rueda rectificadora están orientados entre sí, está concebido de modo que en una vuelta los dientes de la rueda rectificadora pasan por todo el ancho de los flancos de diente de los dientes de la herramienta a rectificar.

25 Para que se amplifique el efecto cortante de la herramienta rectificadora, la herramienta rectificadora se mueve en dispositivos del tipo anteriormente explicado, además del movimiento de aproximación (dirección X) necesario para conseguir la conformación de la forma de diente deseada en cada caso, habitualmente también de manera oscilatoria en la dirección de su eje de giro (dirección Z). Sin embargo, dado que el ancho de la rueda rectificadora corresponde a este respecto aproximadamente al ancho de la herramienta de bruñido, y la rueda rectificadora utilizada en cada caso corresponde a la rueda dentada a mecanizar con precisión mediante la herramienta a 30 rectificar, se pueden realizar dado el caso pequeñas correcciones de la línea de flanco mediante una modificación de los valores de ajuste de eje. Así, sólo se pueden compensar desviaciones de perfil y desviaciones de las líneas de flanco en las máquinas convencionales mediante el uso de una rueda rectificadora diseñada especialmente para compensar estos errores.

35 Para aumentar los grados de libertad en el control del movimiento relativo de la herramienta a rectificar y la rueda rectificadora, y por consiguiente asegurar la mayor libertad posible a la hora de compensar o corregir errores de geometría de la herramienta a rectificar, se conoce por ejemplo por el documento EP 0 665 076 B1 solapar el movimiento relativo en las direcciones X y Z adicionalmente con un movimiento orientado de manera perpendicular con respecto a estos movimientos (movimiento en la dirección Y).

40 El desplazamiento relativo simultáneo previsto en las máquinas del tipo descrito en el documento EP 0 665 076 B1, que se realiza en las tres direcciones de eje ortogonales X, Y y Z, de la rueda de trabajo con respecto a la herramienta, debe posibilitar un diseño en gran parte libre de la forma de los cuerpos parciales de rueda rectificadora y de herramienta y por tanto de las correcciones de ancho de flanco (abombada, cónica, hueca, abombada-cónica, 45 abombada-hueca) y de la posición relativa momentánea de las zonas de mecanizado tanto sobre los flancos de la rueda rectificadora como sobre los flancos de la herramienta a rectificar. Sin embargo, para ello se tiene que asumir un trabajo considerablemente elevado con respecto a los aparatos y el control, en comparación con dispositivos convencionales, equipados sólo con una movilidad relativa de la rueda rectificadora y la herramienta a rectificar en las direcciones X y Z.

50 También debe existir para cada forma de diente una rueda rectificadora independiente, a pesar de la introducción de un eje Y adicional. Así, con una rueda rectificadora, cuyos cuerpos parciales que entran en contacto con la herramienta a rectificar son cilíndricos, sólo se pueden fabricar flancos de rueda de trabajo abombados, cuyo cuerpo parcial que actúa de manera cinemática tiene un abombamiento cinemático igual o mayor que el cuerpo parcial cilíndrico de la herramienta. En cambio, para poder generar abombamientos mayores se debe utilizar una rueda rectificadora cuyo propio cuerpo parcial está configurado de manera abombada.

55 Teniendo esto en cuenta la invención se basó en el objetivo de crear un procedimiento con el que sea posible realizar correcciones en el perfil de la rueda dentada a mecanizar con precisión con un despliegue reducido de 60 aparatos en cada caso.

Este objetivo se ha alcanzado según la invención mediante el procedimiento indicado en la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas de este procedimiento se indican en las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1.

5 La invención se basa en la idea de utilizar una rueda rectificadora muy estrecha con respecto al ancho de la herramienta a rectificar, para rectificar una herramienta para el mecanizado de precisión de ruedas dentadas con un filo no determinado.

10 Mediante el uso según la invención de una rueda rectificadora estrecha según la invención con un ancho en gran parte reducido, se pueden conformar de manera sencilla durante una operación de rectificación los dientes de la herramienta a rectificar, de modo que en el siguiente mecanizado de precisión de una rueda dentada con la herramienta rectificadora de este modo se generan correcciones de perfil en la rueda dentada mecanizada. Para ello ni tiene que estar adaptada la forma de la rueda rectificadora estrecha según la invención de una manera especial al perfil a generar, ni tienen que existir posibilidades de control adicionales complicadas en el respectivo dispositivo de rectificación.

15 En su lugar, al utilizar una rueda rectificadora estrecha según la invención se puede introducir un ángulo de chaflán diferente en la herramienta a rectificar moviendo la rueda rectificadora estrecha durante la operación de rectificación con una inclinación modificada con respecto a la herramienta a rectificar. De este modo se puede modificar el módulo de la herramienta a rectificar.

20 Si ahora en el mecanizado de precisión de la pieza de trabajo con la herramienta rectificadora de este modo se compensa el ángulo de chaflán modificado de la herramienta mediante una corrección del ángulo de cruce de ejes, entonces se reproduce de forma real un módulo de paso real modificado en la pieza de trabajo. Si la pieza de trabajo así mecanizada se mide ahora con el módulo de paso real requerido inicialmente, entonces se produce un ángulo de perfil diferente.

25 Las ventajas del uso de una herramienta rectificadora estrecha según la invención consisten también en que mediante el ancho reducido de la herramienta rectificadora se producen menores costes de fabricación. Esto reduce los costes de producción. Además se consiguen tiempos de parada mejorados del elemento rectificador mediante un mejor aprovechamiento de las superficies cortantes equipadas con diamantes de la herramienta rectificadora. Mediante el contacto intenso, conseguido en una herramienta rectificadora estrecha según la invención, entre la rueda rectificadora y la herramienta a rectificar, se consigue una evacuación eficaz de virutas y por consiguiente una superficie especialmente limpia en las ruedas dentadas mecanizadas en cada caso. A este respecto los cantos de corte frontales de la rueda rectificadora pueden estar perfilados para poder realizar de manera sencilla correcciones de la forma de la herramienta a rectificar a través de los ejes de movimiento controlados por banda de la respectiva máquina rectificadora.

30 Por consiguiente se emplea según la invención en la rectificación de una herramienta, destinada al mecanizado de precisión de los dientes de una rueda dentada, que presenta un dentado que se engrana con la rueda dentada a mecanizar, una rueda rectificadora, cuyo ancho, medido en la dirección de su eje de giro, de sus dientes que se engranan con la herramienta a rectificar, es según la invención menor que el ancho de la herramienta a rectificar, en tal medida que la rueda rectificadora se debe mover, para pasar por el ancho de la herramienta a rectificar, por una longitud en la dirección Z que corresponde a un múltiplo del ancho de los dientes de la rueda rectificadora. La rueda rectificadora tan estrecha se engrana con los dentados de la herramienta a rectificar y de la rueda rectificadora. La rueda rectificadora y la herramienta a rectificar se accionan entonces en la operación de rectificación en cada caso a través de un accionamiento propio de manera que giran en cada caso alrededor de un eje de giro.

35 Al mismo tiempo se ajusta su posición relativa mediante accionamientos de ajuste adecuados en la dirección (dirección Z) del eje de giro de la rueda rectificadora y/o en una dirección orientada de manera transversal a la misma (dirección X) así como, si es necesario, mediante un giro adicional alrededor del eje de giro (eje B) de la herramienta a mecanizar y/o alrededor del eje de giro (eje C) de la rueda rectificadora, para generar la forma de flanco deseada (abombamiento, conicidad) de los dientes de la herramienta a rectificar. El ancho pequeño de la rueda rectificadora según la invención permite a este respecto diseñar los lados estrechos de los dientes de la rueda rectificadora independientemente del aspecto y de la orientación de los flancos de diente de la herramienta a mecanizar, de modo que la respectiva superficie de contacto entre la herramienta a rectificar y la rueda rectificadora está reducida a un mínimo.

40 En particular, en caso de que se mecanice una herramienta con un dentado helicoidal con una rueda rectificadora estrecha según la invención, en la rueda rectificadora no se reproduce, sino en cualquier caso sólo se aproxima, el ángulo de chaflán de la pieza de trabajo a mecanizar por la herramienta a rectificar. El ancho pequeño de la rueda rectificadora permite por tanto reducir a un mínimo el tamaño de sus superficies que entran en contacto con la herramienta a rectificar también en la rectificación de herramientas con dentados helicoidales o dentados conformados de otro modo de cualquier manera compleja. Lo mismo se aplica cuando mediante una rueda rectificadora estrecha según la invención se rectifica una herramienta que está destinada al mecanizado de una pieza de trabajo con un dentado recto.

De este modo se puede mover la rueda rectificadora según la invención durante la operación de rectificación, independientemente de la forma de los dientes a mecanizar en cada caso, estando la rueda rectificadora y la herramienta a rectificar engranadas, en un movimiento que se puede controlar en gran parte libremente, a lo largo de los flancos de diente de la herramienta a rectificar.

5 En la rectificación que se realiza según la invención de herramientas con un dentado helicoidal o con un dentado conformado de otro modo de manera compleja se determina por consiguiente el respectivo ángulo de chaflán o la forma de diente a reproducir en cada caso sólo mediante el movimiento de la rueda rectificadora, que realiza la rueda rectificadora en su trayecto a lo largo del flanco de diente del diente, con el que está engranada en cada caso.  
10 El modo de proceder según la invención permite de este modo establecer sólo mediante un control de máquina la forma a generar en el diente mecanizado en cada caso, mediante las posibilidades de desplazamiento, que existen por defecto en máquinas convencionales de mecanizado de precisión, en las direcciones X y Z así como alrededor de los ejes B y C. Las limitaciones que surgen en el estado de la técnica al a hora de conformar la herramienta a rectificar debido a la forma necesariamente correspondiente de la rueda rectificadora y la herramienta a rectificar por tanto ya no existen en el modo de proceder según la invención.

15 En su lugar es posible en el modo de proceder según la invención rectificar con una rueda rectificadora herramientas conformadas de diferente manera. En particular se pueden rectificar con una única rueda rectificadora estrecha según la invención herramientas que se diferencian en cuanto a su conformación, en particular en cuanto a su módulo de paso real y su forma de perfil normal. Por tanto se elimina mediante la invención la necesidad, que aún existe en el estado de la técnica, de emplear para cada herramienta a rectificar una rueda rectificadora adaptada especialmente a la respectiva herramienta.

20 También los respectivos flancos de los dientes de la herramienta a rectificar se pueden mecanizar con especificaciones diferentes entre sí. Así es por ejemplo posible realizar sucesivamente de diferente manera los flancos situados de manera enfrentada entre sí de dos dientes de la herramienta a rectificar. La ventaja especial consiste a este respecto en que el grosor pequeño de la rueda rectificadora empleada según la invención permite mecanizar los flancos individuales de los dientes de la herramienta a rectificar independientemente entre sí.

25 Una ventaja especial del modo de proceder según la invención consiste en que mediante la mayor libertad posible de mover esta rueda rectificadora entre los dientes de la herramienta a rectificar, conseguida al utilizar según la invención una rueda rectificadora muy estrecha con respecto a la herramienta a rectificar, es posible realizar correcciones de las líneas de flanco de la herramienta a rectificar independientemente de una conformación determinada de la rueda rectificadora, sólo con respecto a la herramienta a mecanizar en cada caso.

30 Una posibilidad de desplazamiento en el segundo plano con respecto al ángulo de cruce de ejes no es necesaria en cada caso para ello. Más bien, si es necesario, también se pueden corregir en el modo de proceder según la invención mediante

- 35 - un movimiento en particular oscilatorio de la rueda rectificadora estrecha según la invención en la dirección del eje de pieza de trabajo (dirección Z),
- una variación de la distancia entre ejes de la herramienta a rectificar y la rueda rectificadora (dirección X) y/o
- 45 - un desplazamiento a lo largo de o con respecto a los ejes de giro (eje B o C) de la herramienta a rectificar y/o la rueda rectificadora, y por consiguiente la variación de la inclinación teórica o del ángulo de chaflán o los movimientos helicoidales conseguidos con ello,

50 desviaciones de forma que se manifiestan de manera espacialmente compleja, tales como errores del abombamiento, de la conicidad y/o de los entrelazados del dentado de la herramienta a rectificar en cada caso, sólo mediante un desplazamiento de la rueda rectificadora estrecha según la invención, almacenado en el respectivo control de motor.

55 La rueda rectificadora empleada según la invención está configurada de la manera lo más estrecha posible. De manera óptima su ancho está tan reducido que sus lados estrechos asignados a los flancos de diente de la herramienta a rectificar están configurados a modo de un filo de cuchilla o, siempre que no sea posible por motivos de material, al menos son tan estrechos que en cada caso sólo existe una superficie mínima de solapamiento entre los lados estrechos de la rueda rectificadora y las superficies de flanco de la herramienta a mecanizar. Por consiguiente la invención prevé que el ancho de los dientes de la rueda rectificadora, que se engranan con la  
60 herramienta a rectificar, corresponde como máximo a una quinta parte, preferiblemente como máximo a una octava parte, del ancho de la herramienta a rectificar.

65 Para posibilitar por un lado la introducción en la dirección Z de la rueda rectificadora estrecha según la invención en la herramienta a rectificar, y por otro lado la mayor libertad de diseño posible a la hora de mecanizar con rectificación los dientes de la herramienta, en una configuración adecuada para el uso práctico de la invención el módulo de la rueda rectificadora es idéntico al módulo frontal de la rueda dentada a mecanizar con precisión por la herramienta a

rectificar.

Las posibilidades que se dan mediante el procedimiento según la invención de influir en las formas de los dientes de la herramienta a rectificar se pueden usar de manera eficaz, en particular cuando la herramienta a rectificar está configurada de manera anular y con un dentado interior está destinada al mecanizado de precisión de ruedas dentadas con un dentado exterior, empleándose para la rectificación de una herramienta de este tipo una rueda rectificadora con un dentado exterior correspondiente. Las posibilidades que se dan mediante el uso de una rueda rectificadora estrecha según la invención permiten en particular, a la hora de mecanizar herramientas para el mecanizado de precisión de ruedas dentadas con un dentado exterior, la mayor diversidad posible a la hora de influir en la forma de diente a generar en cada caso.

En la práctica las ruedas rectificadoras estrechas del tipo utilizado según la invención pueden estar compuestas de una manera conocida en sí por un soporte en forma de rueda dentada, cuyas superficies que entran en contacto con la herramienta a rectificar están equipadas con granos o fragmentos de diamante. De forma ideal, el ancho de la rueda rectificadora según la invención, medido en la dirección Z, es a este respecto tan pequeño que la rueda rectificadora con sus lados estrechos se puede mover a modo de un filo de cuchilla a lo largo de los flancos de diente de la herramienta a rectificar. Por consiguiente la rueda rectificadora estrecha según la invención por ejemplo puede tener una sección transversal en forma de lente que corresponde a la sección transversal de una lente.

Sin embargo, para asegurar, si es necesario, una sujeción lo suficientemente firme de las partículas de diamante, a pesar del ancho limitado en una rueda rectificadora estrecha según la invención con una calidad de este tipo, la forma base de la sección transversal de la rueda rectificadora estrecha según la invención puede estar configurada fundamentalmente de manera cuadrangular, en particular de manera rectangular. De este modo se crea también en la zona de los lados estrechos de la rueda rectificadora según la invención una superficie de apoyo suficiente para el equipamiento de diamantes.

Para garantizar, a pesar de la configuración cuadrangular, en particular rectangular, de la sección transversal de una rueda rectificadora estrecha según la invención, necesaria dado el caso con respecto a una sujeción firme del equipamiento de diamantes, un uso óptimo de las posibilidades dadas según la invención de la conformación de los flancos de diente de la herramienta a rectificar, la diagonal más grande a través de la sección transversal de la rueda rectificadora debería corresponder como máximo al respectivo número normal de los flancos de diente asignados entre sí de dos dientes dispuestos de manera adyacente de la herramienta a rectificar. De este modo se produce un contacto entre la rueda rectificadora y el flanco a mecanizar en cada caso de la herramienta a rectificar en cada caso sólo en una zona de esquina de la rueda rectificadora, y la forma de la rueda rectificadora estrecha según la invención se puede diseñar independientemente de la orientación y de la forma de los flancos de diente a mecanizar con el objetivo de conseguir la mayor movilidad posible con respecto a los flancos de diente a mecanizar.

Para reducir las cargas de la rueda rectificadora que se producen en la zona del contacto, al menos el canto de los dientes de la herramienta rectificadora, que durante la rectificación entra en contacto con el respectivo flanco de diente de la herramienta a rectificar, puede estar biselado o redondeado. También es posible conformar en la respectiva zona de canto un tramo realizado de manera curvada de modo que va más allá de un simple redondeado para ampliar, si es necesario, la superficie de contacto en una medida determinada.

De manera alternativa a una forma base angular se pueden emplear también ruedas rectificadoras estrechas según la invención en las que en cada caso el al menos un lado estrecho de los dientes de la rueda rectificadora, que entra en contacto con los flancos de la herramienta a rectificar, está configurado de manera arqueada con respecto a su sección transversal. En una forma abombada de manera arqueada de este tipo del lado estrecho se asegura de manera especialmente sencilla que en cada caso sólo se produce un contacto limitado estrechamente, fundamentalmente reducido a una superficie puntual, entre la herramienta a rectificar y la rueda rectificadora.

Con la invención está disponible por tanto un procedimiento que permite de manera sencilla no sólo corregir las líneas de flanco de la herramienta a rectificar, sino también conformar la herramienta a rectificar de modo que se pueden conseguir correcciones de perfil en la rueda dentada a mecanizar con precisión con la herramienta. Así, la herramienta rectificadora según la invención puede variar el ángulo de ataque en la rueda dentada con el mismo módulo de la herramienta y la rueda dentada a mecanizar con precisión, en particular a bruñir por la misma. A la inversa es también posible conformar la herramienta con ayuda de una rueda rectificadora estrecha según la invención con las posibilidades de ajuste existentes en una máquina convencional, de modo que en la rueda dentada a mecanizar con precisión por la misma provoca una variación de su módulo sin variar el ángulo de ataque.

Las ventajas del modo de proceder según la invención consisten por consiguiente en que con una herramienta rectificadora configurada de manera estrecha según la invención se pueden generar diferentes módulos o diferentes ángulos de ataque / correcciones de ángulo de perfil. Además también se pueden corregir desviaciones de ángulo de perfil en la rueda dentada a mecanizar a través de una rectificación correspondiente de la herramienta destinada al mecanizado de precisión de esta rueda dentada. Finalmente se puede influir, en particular en el funcionamiento de prueba realizado para probar nuevas geometrías de diente, mediante un ajuste sencillo del control de motor durante la rectificación de la herramienta, en el módulo de la rueda dentada mecanizada con precisión a continuación por

esta herramienta, sin que para ello se requiera en cada caso una nueva rueda rectificadora o herramienta.

Con la invención por tanto está disponible un procedimiento que permite utilizar una herramienta rectificadora con la que se pueden incorporar las variaciones de perfil, necesarias para los cambios del perfil de diente, que se deben generar en la herramienta de mecanizado de precisión a rectificar en cada caso, directamente en la respectiva herramienta de mecanizado de precisión (por ejemplo en un anillo de bruñido), sin que para ello la rueda rectificadora se deba preparar especialmente a priori. Más bien el grosor reducido de la rueda rectificadora según la invención posibilita en cada nueva operación de rectificación reproducir siempre con la misma herramienta rectificadora el perfil necesario en la herramienta a rectificar, mediante un desplazamiento a lo largo de los ejes de máquina existentes en cada caso en la máquina rectificadora. Para ello ni se tiene que extraer la herramienta rectificadora de la máquina, ni se tiene que utilizar una herramienta rectificadora especialmente conformada.

La base del modo de proceder según la invención es una rueda rectificadora muy estrecha, cuyo ancho es al menos menor que la mitad del ancho de la herramienta de mecanizado de precisión a rectificar en cada caso. Sólo mediante el uso de una rueda rectificadora tan estrecha en forma de disco se pueden realizar de manera sencilla las correcciones de perfil exigidas, sin que sea necesaria para ello una conformación especial o una máquina especialmente configurada, complementada por determinados ejes de movimiento. Las correcciones de perfil se realizan en la operación de rectificación sólo mediante el desplazamiento de los ejes de máquina. Con excepción de la profundidad de penetración de la pieza de trabajo en la herramienta a rectificar en cada caso, los ajustes de los ejes de mecanizado por máquina no varían durante el mecanizado.

A continuación la invención se explica en más detalle mediante ejemplos de realización. Muestran en cada caso de manera esquemática:

- 25 La figura 1, un dispositivo para rectificar una herramienta para el mecanizado con bruñido de una rueda dentada con un dentado exterior en un corte longitudinal;
- La figura 2, una rueda rectificadora utilizada en el dispositivo según la figura 1 en una representación en perspectiva;
- 30 Las figuras 3a-3e, en cada caso una representación ampliada y muy simplificada de diferentes configuraciones de los dientes de la rueda rectificadora representada en la figura 2;
- La figura 4, un fragmento de la rueda rectificadora engranada con la herramienta en una vista parcialmente cortada desde arriba;
- 35 La figura 5, el dispositivo según la figura 1 en el mecanizado de precisión de la rueda dentada con un dentado exterior en un corte longitudinal.

40 La herramienta 1 mostrada en la figura 1 está destinada a bruñir el dentado de una rueda dentada Z con un dentado exterior helicoidal. Para este fin está configurada de manera anular y presenta un dentado interior helicoidal 2.

Para rectificar la herramienta 1 está prevista una rueda rectificadora 3 que de manera conocida en sí está compuesta por un soporte 4 fabricado a partir de metal, cuyos lados estrechos 7 asignados a los flancos de diente 5 de los dientes 6 de la herramienta 1 a rectificar están equipados con diamantes. La herramienta rectificadora 3 tiene de este modo cantos de corte frontales así como cantos de corte en la cabeza de diente y en el pie de diente.

El ancho  $B_A$  de la rueda rectificadora 3 asciende a menos que una octava parte del ancho  $B_W$  de la herramienta 1 a rectificar. Por consiguiente la longitud L, por la que se tiene que mover la rueda rectificadora 3 en la dirección de su eje de giro C (dirección Z) para pasar por el ancho  $B_W$  de la herramienta 1, es mayor que ocho veces el ancho  $B_A$  de la rueda rectificadora 3.

55 Durante la operación de rectificación el eje de giro C de la rueda rectificadora 3 se encuentra con un ángulo de cruce de ejes  $\Sigma$  con respecto al eje de giro B de la herramienta 1 a rectificar. Ni la asignación espacial ni las relaciones de ancho se representan correctamente a escala en las figuras.

Para desplazar la rueda rectificadora en la dirección Z y la dirección X, orientada de manera transversal a la misma, con respecto a la herramienta 1 a rectificar están previstos dispositivos de desplazamiento, que se pueden controlar de manera individual, no mostrados en este caso, como existen regularmente en máquinas convencionales de este tipo. Adicionalmente se puede modificar la inclinación de los giros realizados alrededor del eje B y/o alrededor del eje C por la herramienta 1 a rectificar o por la rueda rectificadora 3. Esto se puede realizar mediante los accionamientos independientes entre sí que están previstos para girar la rueda rectificadora 3 y la herramienta 1 a rectificar alrededor de los ejes de giro C o B asignados en cada caso a las mismas.

65

Los dispositivos de desplazamiento que se encargan del movimiento en las direcciones X y Z así como los accionamientos para los giros alrededor de los ejes B y C se controlan a través de un control de máquina libremente programable, tampoco mostrado en este caso.

- 5 Los flancos 5 de los dientes 6 de la herramienta 1 a rectificar están orientados con un ángulo de chaflán  $\beta$  de manera oblicua con respecto al eje de giro B de la herramienta 1.

10 El módulo del dentado de la rueda rectificadora 3 corresponde de manera ideal al módulo frontal  $m_t$  de la herramienta 1 a rectificar. En la práctica el módulo de la rueda rectificadora 3 se aproxima, en el marco de las posibilidades de fabricación, a este módulo ideal.

15 Los cantos 8, 9 en la zona de la transición entre los lados estrechos 7 y los lados frontales 11, 12 de la rueda rectificadora 3 pueden estar configurados con aristas vivas, tal como se muestra en la figura 2. Sin embargo, de manera alternativa también pueden estar configurados de manera biselada (figura 3a) o redondeada (figura 3b) para disminuir las cargas que se producen allí en la operación de rectificación. También es posible realizar los lados estrechos 7, tal como se muestra en la figura 3c, con un abombamiento uniforme hacia fuera o, tal como se representa en la figura 3d, configurar en la zona de los cantos 8, 9 en cada caso un tramo 13, 14 con un abombamiento uniforme que pasa con una transición definida a un tramo de superficie 15 plano de los lados estrechos, dispuesto de manera central.

20 La diagonal D más grande en cada caso de los dientes 16 estrechos de la rueda rectificadora 3, configurados de manera rectangular con respecto a su sección transversal, corresponde fundamentalmente a la respectiva distancia normal  $A_n$  de los flancos 5 de los dientes 6 de la herramienta 1 a rectificar. De este modo el diente 16 de la rueda rectificadora 3, que en cada caso está engranado, está en contacto, en cada caso sólo de manera puntual con sus cantos 8, 9 diagonalmente opuestos, con los flancos 5 asignados unos a otros de los dientes 6 dispuestos de manera adyacente de la herramienta 1 a rectificar.

25 Para configurar un módulo de paso real  $m_n$  diferente en la herramienta 1, se guía la rueda rectificadora 3, mediante un desplazamiento correspondiente en las direcciones Z y X así como mediante una variación de la inclinación del giro adicional realizado alrededor de los ejes B o C con un ángulo  $\beta^*$  diferente a un ángulo de chaflán  $\beta$ , de manera oscilatoria a lo largo de los flancos de diente 5 de los dientes 6 de la herramienta 1. En la herramienta 1 se produce de este modo el módulo de paso real  $m_n = m_t \times \cos(\beta^*)$ . De este modo se puede generar de manera controlada un ángulo de perfil  $\alpha$  diferente en la rueda dentada Z a mecanizar por la herramienta 1.

35 Se aplica:

$$\tan(\alpha) = \tan(\alpha_t) * \cos(\beta)$$

40 designándose con  $\alpha_t$  el ángulo de perfil del elemento rectificador 3.

Mediante una variación del ángulo de chaflán  $\beta$ , con el que se rectifica la herramienta 1, se puede conseguir por consiguiente una corrección del ángulo de perfil  $\alpha$  de la rueda dentada Z mecanizada con la herramienta rectificadora de manera correspondiente:

45 Rueda dentada a mecanizar:

$$\begin{aligned} m_n &= 2 \\ \beta &= 30^\circ \\ \alpha &= 20^\circ \end{aligned}$$

50 Elemento rectificador estrecho 3:  $m_t = m_n / \cos(\beta) = 2,399$

55 Para realizar este mecanizado con los ajustes mencionados la rueda dentada Z a mecanizar en cada caso se coloca en lugar de la rueda rectificadora 3 en el respectivo dispositivo y se realiza un mecanizado con bruñido en la rueda dentada Z mediante la herramienta 1 rectificadora de la manera anteriormente descrita con los ajustes y condiciones de mecanizado también explicados anteriormente.

60 Si la herramienta 1 se ha rectificado anteriormente con  $\beta = 30^\circ$  (menos o más el ángulo de cruce de ejes  $\Sigma$ ), se produce en el mecanizado con bruñido una rueda dentada Z mecanizada por la herramienta 1 con  $m_n = 2$ ,  $\beta = 30^\circ$  y  $\alpha = 20^\circ$ . En cambio, si la herramienta 1 se ha rectificado con  $\beta = 30,2^\circ$  (menos o más el ángulo de cruce de ejes  $\Sigma$ ), se produce en el mecanizado con bruñido una rueda dentada Z mecanizada por la herramienta 1 con un ángulo de perfil  $\alpha$  de  $20,0367^\circ$ , mientras que entonces se conforma en el mecanizado con bruñido una rueda dentada Z, mecanizada por la herramienta 1, con  $\alpha = 19,9625^\circ$ , cuando se ha realizado una rectificación con  $\beta = 29,8^\circ$  (menos o más el ángulo de eje de cruces  $\Sigma$ ). El ángulo de chaflán  $\beta$  diferente en cada caso de la herramienta 1 se puede

compensar a través de una corrección del ángulo de cruce de ejes  $\Sigma$  en el mecanizado de la rueda dentada Z para obtener el ángulo de chaflán deseado en la rueda dentada Z.

**NÚMEROS DE REFERENCIA**

5	1	Herramienta anular para bruñir el dentado de una rueda dentada con un dentado exterior helicoidal
	2	Dentado interior helicoidal de la herramienta 1
	3	Rueda rectificadora
	4	Soporte de la rueda rectificadora 3
10	5	Flancos de diente de los dientes 6
	6	Dientes de la herramienta 1 a rectificar
	7	Lados estrechos de la rueda rectificadora 3
	8, 9	Cantos en la zona de la transición entre los lados estrechos 7 y los lados frontales 11, 12 de la rueda rectificadora 3
15	11, 12	Lados frontales de la rueda rectificadora 3
	13, 14	Tramo abombado
	15	Tramo de superficie
	16	Dientes
20	An	Distancia normal de los flancos 5
	$\beta$	Ángulo de chaflán
	B	Eje de giro de la herramienta 1
	$\beta^*$	Ángulo
	$B_A$	Ancho de la rueda rectificadora 3
25	$B_W$	Ancho de la herramienta 1 a rectificar
	C	Eje de giro de la rueda rectificadora 3
	D	Plano diagonal
	L	Longitud por la que se tiene que mover la rueda rectificadora 3 en la dirección de su eje de giro C (dirección Z) para pasar por el ancho $B_W$ de la herramienta 1
30	$m_n$	Módulo de paso real
	$m_t$	Módulo frontal de la herramienta 1 a rectificar
	$\Sigma$	Ángulo de cruce de ejes

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para corregir el ángulo de perfil de una rueda dentada con ayuda de una herramienta (1) que presenta un dentado que se engrana con los dientes de la rueda dentada durante un mecanizado de precisión, que comprende las siguientes etapas de trabajo:
- 10 - Conformar un ángulo de chaflán en la herramienta, que se diferencia del ángulo de chaflán de los dientes de la rueda dentada a mecanizar, en donde una rueda rectificadora, en la que el ancho ( $B_A$ ) de los dientes (16) que se engranan con la herramienta (1) a rectificar, corresponde como máximo a una quinta parte del ancho ( $B_W$ ) de la herramienta (1) a rectificar, de modo que la rueda rectificadora (3), para pasar por el ancho ( $B_W$ ) de la herramienta (1) a rectificar, se tiene que mover una longitud (L) en la dirección Z, que corresponde a un múltiplo del ancho ( $B_A$ ) de los dientes (16) de la rueda rectificadora (3), durante una operación de rectificación con una inclinación modificada con respecto a la herramienta a rectificar, y
- 15 - Mecanizar con precisión la rueda dentada con la herramienta rectificadora de este modo compensando el ángulo de chaflán modificado de la herramienta mediante una corrección del ángulo de cruce de ejes.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** durante la rectificación la rueda rectificadora (3) estrecha y la herramienta (1) a rectificar se accionan en cada caso a través de un accionamiento propio que se puede controlar de manera individual de manera que giran en cada caso alrededor de un eje de giro (B, C), y en el que en cada caso también están previstos accionamientos de ajuste que se pueden controlar de manera individual para ajustar la posición relativa de la herramienta (1) a rectificar y la rueda rectificadora (3) en la dirección (dirección Z) del eje de giro (C) de la rueda rectificadora (3) y en una dirección (dirección X) orientada de manera transversal a la misma.
- 25 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el ancho ( $B_A$ ) de los dientes (16) de la rueda rectificadora (3) que se engranan con la herramienta (1) a rectificar corresponde como máximo a una octava parte del ancho de la herramienta a rectificar.
- 30 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el módulo de la rueda rectificadora (3) corresponde al módulo frontal de la rueda dentada a mecanizar con precisión por la herramienta (1) a rectificar.
- 35 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la herramienta (1) a rectificar presenta un dentado helicoidal.
- 40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la herramienta (1) a rectificar está configurada de manera anular y presenta un dentado interior, mientras que la rueda rectificadora (3) tiene un dentado exterior.
- 45 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la forma base de la sección transversal de los dientes (16) de la rueda rectificadora es fundamentalmente cuadrangular.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** la sección transversal de los dientes (16) de la rueda rectificadora (3) presenta una forma base fundamentalmente rectangular.
- 50 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** al menos el canto (8, 9) de los dientes de la rueda rectificadora (3), que durante la rectificación entra en contacto con el respectivo flanco de diente (5) de la herramienta (1) a rectificar, está biselado.
- 55 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** al menos el canto (8, 9) de los dientes (16) de la rueda rectificadora (3), que durante la rectificación entra en contacto con el respectivo flanco de diente (5) de la herramienta (1) a rectificar, está redondeado.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** en cada caso al menos uno de los lados estrechos de los dientes (16) de la rueda rectificadora (3) está configurado con una sección transversal en forma de arco.
- 60 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los flancos situados de manera enfrentada entre sí de dos dientes de la herramienta (1) a rectificar se realizan sucesivamente de diferente manera.

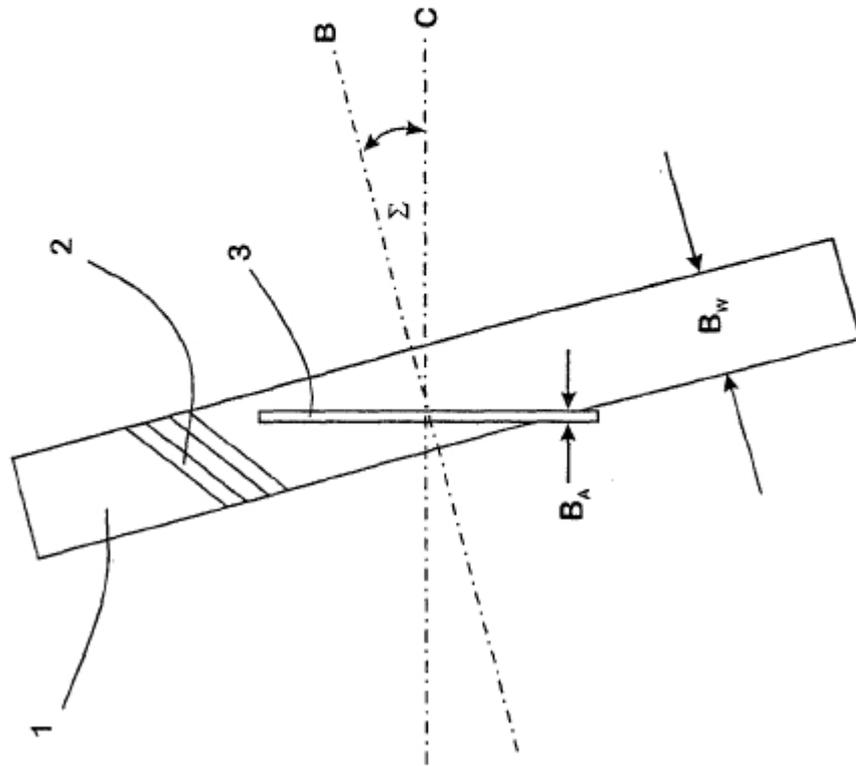
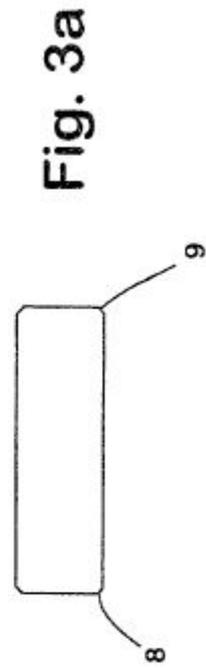
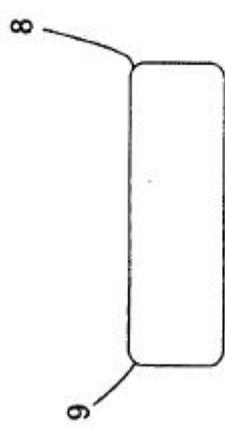
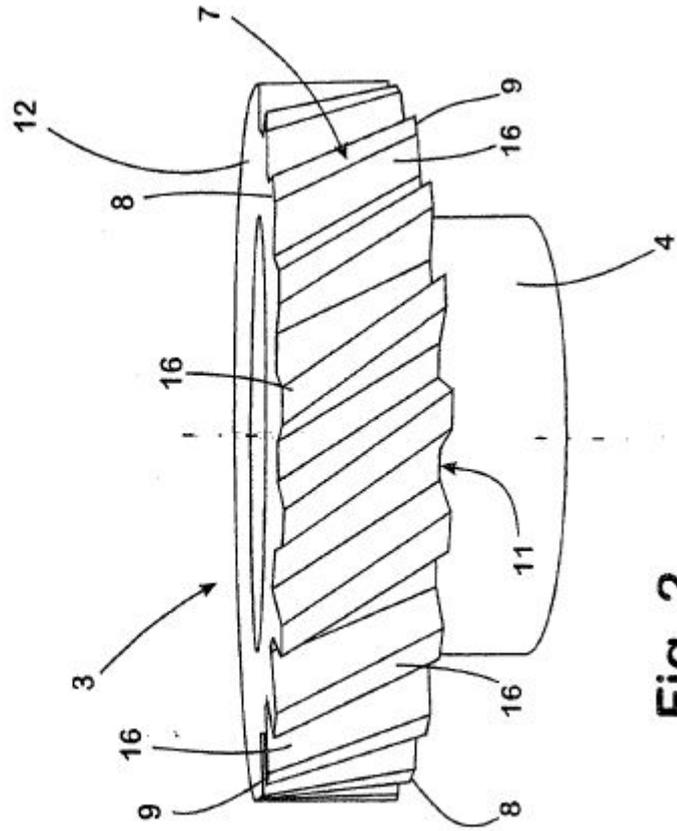
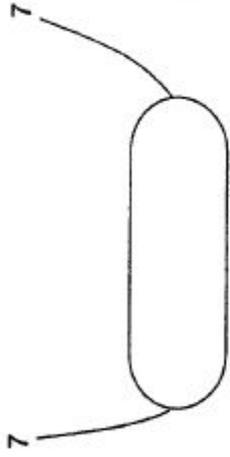
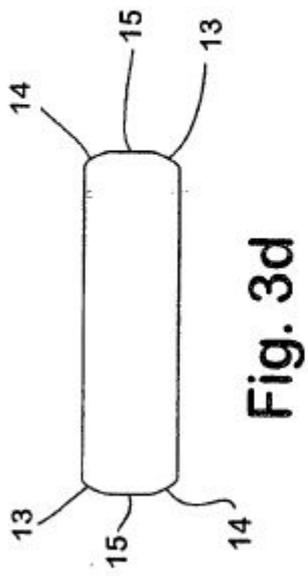


Fig. 1



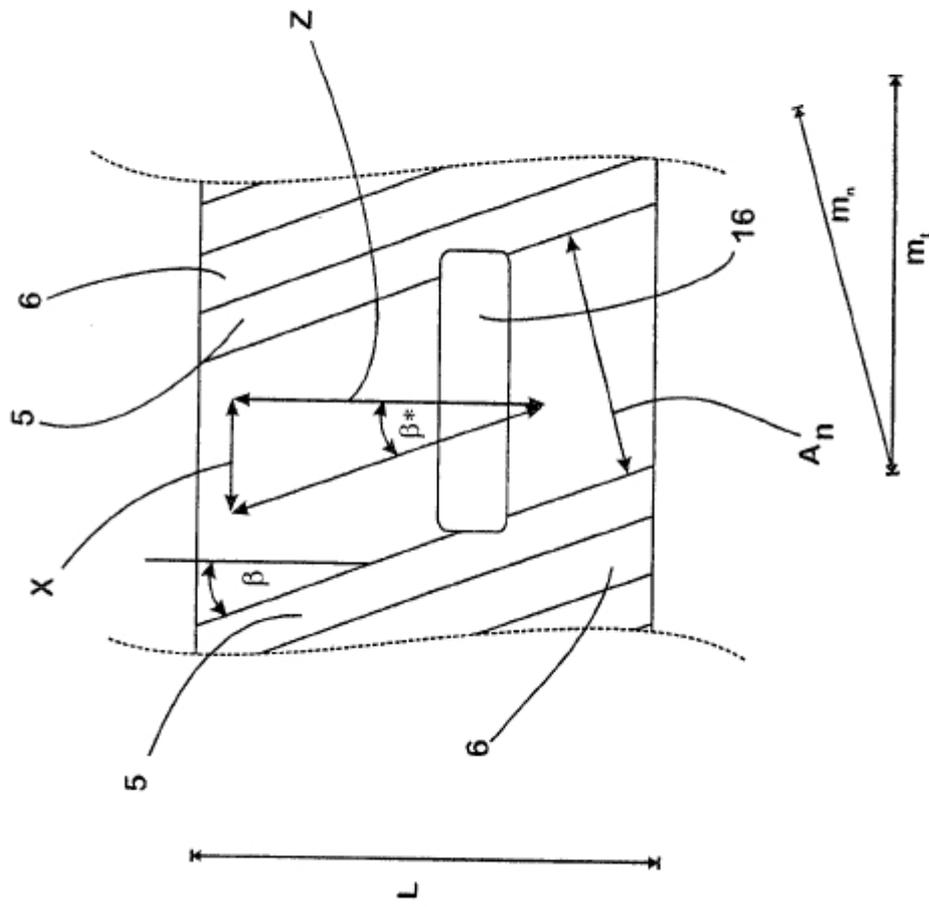


Fig. 4

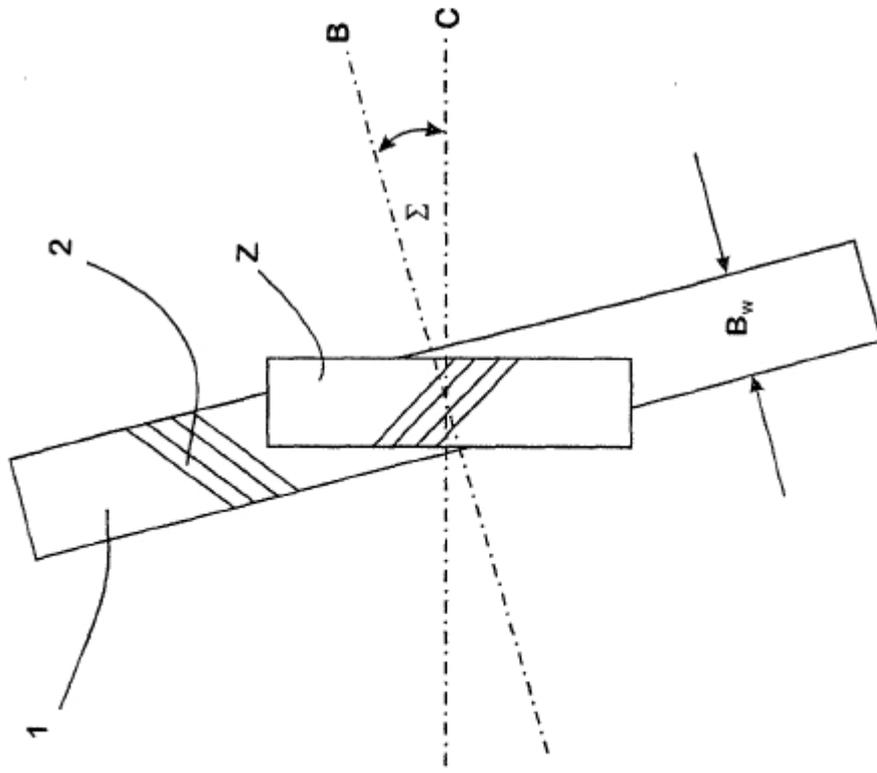


Fig. 5