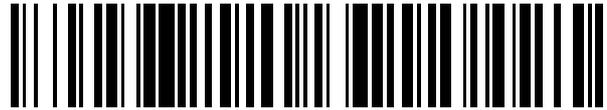


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 459 716**

51 Int. Cl.:

G05B 19/401 (2006.01)

G05B 19/18 (2006.01)

B23F 23/12 (2006.01)

G01M 13/02 (2006.01)

B23F 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.02.2010 E 10153087 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014 EP 2221690**

54 Título: **Máquina herramienta y procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

09.02.2009 DE 102009008120

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

12.05.2014

73 Titular/es:

**DECKEL MAHO PFRONTEN GMBH (100.0%)
Deckel-Maho-Strasse 1
87459 Pfronten, DE**

72 Inventor/es:

**NEUMAIER, JOSEF;
LOCHBIHLER, THOMAS y
HANSEN, UWE-CARSTEN**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 459 716 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

Máquina herramienta y procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo

5 La presente invención se refiere a una máquina herramienta y a un procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo por medio de una o varias herramientas controladas con la ayuda de datos de control a través de mecanización por arranque de virutas.

10 En particular, la presente invención se refiere a una máquina herramienta para la mecanización controlada por programa de una pieza de trabajo por medio de una o varias herramientas controladas con la ayuda de datos de control a través de mecanización por arranque de virutas, en la que la máquina herramienta comprende al menos 5 ejes que pueden ser activados de forma simultánea y, además, un medio de empotramiento para el empotramiento de la pieza de trabajo y un dispositivo de control con una pieza de alojamiento para el alojamiento de una o varias herramientas de la máquina herramienta, en la que especialmente el dispositivo de control de la máquina herramienta es adecuado para controlar la herramienta recibida en el medio de alojamiento con la ayuda de los datos de control a lo largo de una trayectoria de la herramienta para la erosión de material desde la pieza de trabajo empotrada en el medio de empotramiento.

15 En particular, la presente invención se refiere a una máquina herramienta y a un procedimiento para la mecanización controlada por programa de una pieza de trabajo, para fabricar un primer dentado sobre la primera pieza de trabajo, en particular para mecanizar la pieza de trabajo desde una pieza bruta en una pieza acabada que presenta un primer dentado, en la que la primera pieza de trabajo es en particular una contra pieza para una segunda pieza de trabajo que presenta un segundo dentado, de tal manera que el primer flanco del diente del primer dentado forma un contra flanco de un segundo flanco del diente del segundo dentado.

20 En particular, la presente invención se refiere a una máquina herramienta y a un procedimiento para la fabricación de una o varias piezas de trabajo en la máquina herramienta desde una pieza bruta en una pieza acabada que presenta un dentado, en particular ruedas dentadas, como por ejemplo una rueda dentada recta con un dentado interior, una rueda dentada recta con un dentado exterior o una rueda dentada cónica, además también cremalleras, en una máquina herramienta controlada por programa, que comprende al menos 5 ejes, en particular una máquina herramienta-CNC que comprende al menos 5 ejes. En particular, la presente invención se refiere en este caso a una mecanización completa desde una pieza bruta en una pieza acabada que presenta un dentado en una máquina herramienta-CNC.

Antecedentes de la invención

30 Se conocen en el estado de la técnica máquinas herramientas de control numérico CNC, que comprenden al menos 5 ejes, que posibilitan mover una herramienta en 5 grados de libertad libremente a través del espacio para la erosión de material desde la pieza de trabajo. Los 5 grados de libertad comprenden en este caso los al menos tres grados de libertad de la dirección espacial (la mayoría de las veces convencionalmente tres grados de libertad de la dirección espacial controlados ortogonalmente, designados en particular eje-X, eje-Y y eje-Z), que pueden ser activados por medio de al menos tres ejes lineales, y al menos dos grados de libertad angulares o bien de rotación, que posibilitan una orientación discrecional de la herramienta. Los grados de libertad angulares o bien de rotación pueden ser activados en este caso por medio de dos o más ejes redondos de la máquina herramienta.

35 Las máquinas herramientas CNC actuales con al menos 5 ejes posibilitan activar simultáneamente 5 grados de libertad, con lo que se posibilitan recorridos especialmente complejos y eficientes de la herramienta con relación a una pieza de trabajo empotrada. Por lo demás, se conocen en el estado de la técnica máquinas herramientas CNC que presentan 6 ejes, en las que se pueden activar simultáneamente 3 ejes lineales y 3 ejes redondos. También son posibles máquinas herramientas CNC con más de 6 ejes.

40 Las máquinas herramientas CNC descritas anteriormente se emplean universalmente en la fabricación de moldes para fabricar piezas acabadas con geometría compleja de una manera eficiente y precisa a través de mecanización por arranque de virutas. Para la construcción de máquinas, en particular, por ejemplo, en la construcción de barcos, en la técnica del medio ambiente por ejemplo, en centrales eólicas), en la aeronáutica y en la construcción de máquinas herramientas puede ser necesario, además, preparar engranajes de las más diferentes potencias, para los que deben fabricarse ruedas dentadas, en particular ruedas dentadas rectas y ruedas cónicas, de acuerdo con diferentes requerimientos de calidad de la superficie, gráfico de contacto de engrane y comportamiento de marcha o bien de rodadura. En este caso con frecuencia no está forzosamente en primer plano la consecución de un número alto de piezas, sino más bien una alta flexibilidad con respecto a la pluralidad de tipos, en particular con relación a geometrías individuales que comprenden geometrías complicadas de los flancos y geometrías complicadas de los flancos de los dientes.

45 Se conocen en el estado de la técnica máquinas herramientas especiales para la fabricación de piezas acabadas que presentan un dentado, en particular ruedas dentada, como ruedas dentadas rectas o ruedas cónicas, además de cremalleras, que están equipadas con herramientas especiales, para fabricar perfiles dentados de ruedas

dentadas, como ruedas dentadas rectas o ruedas cónicas en diferentes formas de realización. En particular, se conocen en el estado de la técnica máquinas fresadoras en espiral como máquinas especiales para la fabricación de un dentado de ruedas dentadas o cremalleras, que son adecuadas para formar en un proceso de fresado en espiral con herramientas fresadoras en espiral un dentado sobre una pieza de trabajo.

- 5 Tales máquinas especiales, en particular las máquinas fresadoras en espiral descritas anteriormente, son intensivas de costes en la adquisición y en el mantenimiento y la fabricación de perfiles de flancos individuales está limitada por la forma de las herramientas especiales, por ejemplo la forma de corte especial de las herramientas fresadoras en espiral de máquinas fresadoras en espiral, a través de las cuales se predetermina ya una geometría alcanzable o fabricable del diente o bien de los flancos. Además, la fabricación de perfiles de flancos individuales en las máquinas especiales descritas anteriormente está limitada por los grados de libertad limitados en el movimiento relativo posible entre la pieza de trabajo y la herramienta.

Por lo demás, para la consecución de una alta calidad de la superficie son necesarios, dado el caso, repasos de las piezas de trabajo después de la mecanización en las máquinas especiales descritas anteriormente, por ejemplo en máquinas especiales adicionales.

- 15 Para solucionar los problemas de las máquinas especiales mencionadas anteriormente, en particular de las máquinas fresadoras en espiral, para la fabricación de ruedas dentadas, en particular ruedas dentadas rectas o ruedas cónicas, o cremalleras, es ventajoso fabricar tales ruedas dentadas, en particular rueda dentadas rectas o ruedas cónicas en una máquina herramienta de control numérico NCN que comprende al menos 5 ejes.

- 20 Esto posibilita el empleo de herramientas estándar para la fabricación de estas piezas acabadas, de manera que a través de la alta flexibilidad y el campo de aplicación grande de una máquina herramienta que puede ser activada en al menos 5 grados de libertad se posibilitan geometrías más compleja, en particular perfiles de flancos más complejos en ruedas dentadas, como ruedas dentadas rectas o ruedas cónicas, que exceden las posibilidades de las máquinas especiales conocidas hasta ahora.

- 25 Un procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo para la fabricación de una rueda dentada predeterminada a través de mecanización por arranque de virutas en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes se describe en el Artículo "Auf einfachen Weg zu guten Zähnen-Zahnräder mit hoher Qualität auf Standard Maschinen fräsen" de Hans-Peter Schossig (publicado en la revista *Werkstatt und Betrieb* en Carl Hanser Verlag, Munich, edición 2007, N° 4/28, en las páginas 28-32, ISSN 0043-2792).

- 30 Este Artículo mencionado anteriormente describe un procedimiento para la fabricación de ruedas dentadas con una máquina herramienta que comprende 5 ejes, en particular en el modo de ensayo para la fabricación de una pareja de ruedas cónicas con una calidad de la superficie de la calidad de dentado 6 según DIN 3965. En el procedimiento escrito se introducen en primer lugar todos los parámetros necesarios del dentado según la Norma DIN. Esto corresponde a parámetros básicos de la geometría de la pieza acabada. A tal fin se pueden introducir también, por ejemplo, indicaciones cuantitativas sobre un gráfico de contacto de engrane deseado con una forma predeterminada o bien requerida del diente u otras indicaciones con respecto al abombamiento deseado u otras indicaciones referidas a una curvatura en zonas individuales o sobre todo el flanco del diente o todo el perfil de flancos de los diente. Por lo tanto, en este caso antes de la mecanización real se predetermina o bien se determina una geometría teórica del dentado, en particular, por ejemplo, una geometría deseada de los flancos de los dientes y/o una geometría deseada de los huecos de los dientes.

- 40 Estos parámetros básicos de la geometría son introducidos en el Terminal del ordenador y a continuación se genera en el ordenador a través de cálculos matemáticos o bien numéricos una descripción matemática de la geometría deseada del diente. Con la ayuda de un sistema CAD/CAM se genera sobre la base del resultado del cálculo un programa NC, de acuerdo con el cual la máquina herramienta de 5 ejes puede fabricar la pieza acabada deseada con herramientas estándar, en particular, por ejemplo, una fresa de caña conocida. Un procedimiento similar se muestra, por ejemplo, también en el documento WO 2008/133517 A1.

- 45 En el procedimiento de fabricación descrito anteriormente para piezas acabadas que presentan tales dentados en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes, en particular para la fabricación de ruedas dentadas, se plantea en este caso el problema de que después de la mecanización en la máquina herramienta, debe establecerse si se han alcanzado o se han podido mantener la calidad predeterminada del dentado, una calidad deseada de la superficie, una geometría deseada de los flancos de los dientes, una geometría deseada de los huecos de los dientes, en particular el perfil deseado de los flancos de los dientes y/u otros requerimientos de calidad predeterminados durante la mecanización en la máquina herramienta de control numérico CNC.

- 55 A tal fin es necesario, dado el caso, liberar la pieza de trabajo mecanizada después de la mecanización en la máquina herramienta de control numérico CNC fuera del medio de empotramiento de la máquina herramienta y verificar a continuación en un sistema de ensayo si se han alcanzado o se han mantenido los requerimientos de calidad predeterminados mencionados anteriormente. Si en este caso, se establece que no se ha podido alcanzar una geometría teórica deseada del dentado durante la mecanización en la máquina herramienta de control numérico

CNC, debe repararse la pieza de trabajo, dado en caso, en otra máquina o de nuevo después de otro empotramiento en la máquina herramienta de control numérico CNC.

5 El documento DE 40 16 441 A1 se refiere a una máquina de una finalidad para el fresado en espiral de ruedas dentadas, en la que se prepara un cabezal de medición rotatorio. El documento DE 297 03 157 U1 muestra una disposición para la realización de una verificación de ruedas cónica en una máquina de mecanización.

Sumario de la invención

10 Un cometido de la presente invención es, por lo tanto, preparar una máquina herramienta para la mecanización de una pieza de trabajo por medio de una o varias herramientas controladas con la ayuda de datos de control a través de mecanización por arranque de virutas en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes, en la que se evitan los problemas de los procedimientos descritos anteriormente para la fabricación de piezas acabadas que presentan un dentado.

15 Otro cometido de la presente invención es preparar una máquina herramienta y un procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo que presenta un dentado por medio de una o varias herramientas controladas con la ayuda de datos de control a través de mecanización por arranque de virutas, que optimiza una fabricación de piezas acabadas que presentan un dentado en una máquina herramienta que comprende al menos 5 ejes en oposición a los procedimientos descritos anteriormente de acuerdo con el estado de la técnica, siendo optimizado especialmente el procedimiento de fabricación con respecto a una verificación de la calidad, de manera que se pueden evitar verificaciones de la calidad en máquinas adicionales, en particular para evitar procesos de empotramiento y liberación intensivos de tiempo de la pieza de trabajo a mecanizar, dado el caso para un repaso.

20 Los cometidos descritos anteriormente de la presente invención se solucionan por medio de una máquina herramienta para la mecanización de una pieza de trabajo con al menos 5 ejes que pueden ser accionados de forma simultánea de acuerdo con la reivindicación 1 y un procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo a través de una máquina herramienta a través de mecanización por arranque de virutas de acuerdo con la reivindicación 10. Los ejemplos de realización preferidos se describen en las reivindicaciones dependientes.

25 Una máquina herramienta para la mecanización, en particular para la mecanización controlada por programa, de una herramienta por medio de una o varias herramientas controladas con la ayuda de datos de control a través de mecanización por arranque de virutas de acuerdo con la presente invención comprende al menos 5 ejes que puede ser accionados de forma simultánea y, además, un medio de empotramiento para el empotramiento de la pieza de trabajo y un dispositivo de control con un medio de alojamiento para el alojamiento de una o varias de las
30 herramientas de la máquina herramienta, de manera que el dispositivo de control es adecuado para controlar la herramienta alojada en el medio de alojamiento con la ayuda de los datos de control a lo largo de una trayectoria de la herramienta para la erosión de material desde la pieza de trabajo empotrada en el medio de empotramiento.

35 De acuerdo con la invención, la máquina herramienta es adecuada para mecanizar una primera pieza de trabajo, para fabricar un primer dentado sobre la primera pieza de trabajo, de manera que la primera pieza de trabajo es una contra pieza para una segunda pieza de trabajo que presente un segundo dentado, de tal manera que un primer flanco de diente del primer dentado forma un contra flanco de un segundo flanco de diente del segundo dentado.

40 La máquina herramienta de acuerdo con la presente invención se caracteriza especialmente porque la máquina herramienta comprende un sistema de ensayo, que es adecuado para calcular después y/o durante la mecanización de la primera pieza de trabajo en la máquina herramienta, si una geometría momentánea, en particular una geometría momentánea de los flancos de los dientes y/o una geometría momentánea de los huecos de los dientes, del primer dentado de la primera pieza de trabajo se desvía de una geometría teórica del dentado, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes, del primer dentado de la primera pieza de trabajo.

45 Esto tiene la ventaja de que la máquina herramienta de acuerdo con la presente invención es especialmente adecuada para calcular después y/o durante la mecanización de la primera pieza de trabajo en la máquina herramienta, si una geometría momentánea, es decir, la geometría presente en un estado de mecanización momentáneo órnate el ensato a través del sistema de ensayo, en particular la geometría momentánea de los flancos de los dientes que pertenece a este estado de funcionamiento y/o la geometría momentánea de los huecos de los dientes, al menos de un flanco de diente o al menos entre dos flancos de dientes del primer dentado de la primera
50 pieza de trabajo se desvía de la geometría teórica del dentado predeterminada deseada, especialmente antes de la mecanización, que sirve de base para la mecanización en la máquina herramienta, del primer dentado de la primera pieza de trabajo.

55 En este caso, la geometría teórica predeterminada del dentado indica con preferencia, por ejemplo, qué tipo de dentado está predeterminado, por ejemplo dentado recto, dentado oblicuo, dentado oblicuo doble o bien dentado de flecha, dentado de arco circular, dentad o en espiral, dentado envolvente u otra forma de dentado. Por lo demás, la geometría teórica predeterminada del dentado indica con preferencia, por ejemplo, los valores de los parámetros,

que indican al perfil predeterminado de los flancos de los dientes de la pieza a fabricar acabada, en particular por ejemplo parámetros relacionados con la anchura del diente, la altura del diente, el abombamiento y/o la curvatura predeterminada de los flancos de los dientes, por ejemplo forma de diente envolvente, forma de diente cicloide u otra forma de diente.

5 En una máquina herramienta de control numérico CNC que comprende al menos 5 ejes, en virtud de la flexibilidad acondicionada de manera ventajosa en el control de la herramienta en al menos 5 grados de libertad se pueden fabricar superficies de formas libres casi discretionales. De esta manera es concebible la fabricación de ruedas dentadas con flancos discretionales de los dientes, pudiendo contener la geometría teórica predeterminada del dentado a tal fin, por ejemplo, también una descripción matemática de las superficies de los flancos de los dientes.

10 La presente invención acondiciona una máquina herramienta, que comprende, además, un sistema de ensayo, en el que se puede controlar la pieza de trabajo o bien la geometría momentánea el dentado de la pieza de trabajo después y/o durante la mecanización en la máquina herramienta, con preferencia sin desempotrar la pieza de trabajo fuera de la situación de empotramiento en el medio de empotramiento de la máquina herramienta. De esta manera, la presente invención puede acondicionar una máquina herramienta que, además de la mecanización de la
15 pieza de trabajo, posibilita adicionalmente un control de calidad o bien una verificación de una desviación de una geometría teórica predeterminada el dentado, de manera que se puede prescindir del empleo de otras máquinas, para verificar la calidad de la forma alcanzada el dentado.

Con preferencia, la geometría teórica predeterminada del dentado descrita anteriormente, en particular la geometría teórica de los flancos de los dientes y/o la geometría teórica de los huecos de los dientes, el primer dentado de la
20 primera pieza de trabajo y, dado el caso, también una geometría teórica correspondiente del dentado del segundo dentado de la segunda pieza de trabajo, se determina a través de una calidad del dentado predeterminada para la primera y/o la segunda pieza de trabajo mecanizadas acabadas, en particular una calidad superficial predeterminada.

Esto tiene la ventaja de que la geometría teórica predeterminada del dentado, que debe conseguirse durante la
25 mecanización de la pieza de trabajo, en particular de una rueda dentada, en la máquina herramienta está orientada a una calidad predeterminada del dentado, en particular a una calidad superficial predeterminada de los flancos del diente, de manera que con la ayuda de una desviación calculada de la geometría momentánea calculada del dentado del primer dentado respecto de la geometría teórica predeterminada del dentado se puede calcular si la
30 primera pieza de trabajo empotrada en el medio de empotramiento de la máquina herramienta o bien el primer dentado de la primera pieza de trabajo ha alcanzado en el estado de mecanización momentáneo los requerimientos planteados a una geometría del dentado a conseguir, en particular una calidad del dentado o calidad superficial a conseguir o si con preferencia es necesario repasar la pieza de trabajo para la consecución de la calidad deseada del dentado o bien de la calidad superficial el dentado en la máquina herramienta, dado el caso controlada por programa.

35 Con preferencia, la primera pieza de trabajo, en particular en el estado acabado después de la mecanización en la máquina herramienta, es una rueda dentada recta con un dentado interior, una rueda dentada recta con un dentado exterior, una cremallera, o una rueda dentada cónica y con preferencia la segunda pieza de trabajo, en particular en el estado acabado después de la mecanización en la máquina herramienta, es una rueda dentada recta con un
40 dentado interior, una rueda dentada recta con un dentado exterior, una cremallera, o una rueda dentada cónica, con preferencia de tal forma que la segunda pieza de trabajo es una contra pieza para la primera pieza de trabajo.

Esto tiene la ventaja de que en la máquina herramienta se pueden fabricar especialmente rueda entadas rectas con un dentado interior, ruedas entadas rectas con un dentado exterior, cremalleras o ruedas dentadas cónicas, que forman con una segunda pieza de trabajo una pareja de dentados, por ejemplo una pareja de ruedas dentadas rectas, siendo la segunda pieza de trabajo una rueda dentada recta con un dentado interior, una rueda dentada recta
45 con un dentado exterior, una cremallera o una rueda dentada cónica, que se puede fabricar, dado el caso, también en la máquina herramienta, dado el caso, antes, durante o después de una mecanización de la primera pieza de trabajo.

Con preferencia, el sistema de ensayo descrito anteriormente de la máquina herramienta comprende un medio de exploración de medición, que es adecuado para establecer o bien calcular a través de exploración de un lado de los
50 flancos de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo por medio de un explorador de medición, si la geometría momentánea del diente del primer dentado de la primera pieza de trabajo se desvía de la geometría teórica del diente del primer dentado de la primera pieza de trabajo.

Esto tiene la ventaja de que el sistema de ensayo de la máquina herramienta posibilita explorar un lado de los
55 flancos el diente del primer dentado de la primera pieza de trabajo mecánicamente por medio de un explorador de medición, para calcular a través de la exploración mecánica por medio del explorador de medición la geometría presente en ese momento del dentado del primer dentado y compararla con la geometría teórica predeterminada del dentado del primer dentado. De esta manera se puede establecer o bien calcular una desviación posible. A tal fin, el

- 5 explorador de medición es adecuado con preferencia para explorar la pieza de trabajo en diferentes posiciones angulares con relación a la pieza de trabajo, de manera que se puede calcular la geometría momentánea de uno o varios lados de los flancos del diente del primer dentado mediante exploración mecánica. Con preferencia, el explorador de medición es adecuado en este caso para ser recibido, de una manera similar a una herramienta de la máquina herramienta, en un medio de alojamiento del dispositivo de control de la máquina herramienta, de manera que el explorador de medición para la exploración mecánica de un lado de los flancos del diente del primer dentado se puede controlar a través del dispositivo de control. De esta manera, es posible controlar igualmente el explorador de medición de una manera similar a una herramienta de la máquina herramienta en 5 grados de libertad con relación a la pieza de trabajo empotrada por medio de los al menos 5 ejes de la máquina herramienta.
- 10 Con preferencia, el sistema de ensayo escrito anteriormente de la máquina herramienta comprende un segundo medio de exploración de medición, que es adecuado para establecer a través de exploración óptica y/o inductiva de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo, si la geometría momentánea del primer dentado de la primera pieza de trabajo se desvía de la geometría teórica del dentado, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes, del primer dentado de la primera pieza de trabajo.
- 15 Esto tiene la ventaja de que además o en lugar de la exploración mecánica descrita anteriormente de un lado de los flancos del diente a través de desplazamiento alterno se puede establecer una geometría momentánea del primer dentado de la primera pieza de trabajo, siendo acondicionado un segundo medio de exploración de medición que es adecuado para calcular a través de la exploración óptica y/o inductiva de un lado de los flancos del diente del primer dentado una geometría momentánea del primer dentado de la primera pieza de trabajo. La exploración óptica de un lado de los flancos del diente se puede realizar a este respecto, dado el caso, a través de uno o varios rayos láser con preferencia en varias posiciones angulares con respecto a la pieza de trabajo a través de un medio de exploración óptica de la máquina herramienta, no debiendo entenderse aquí el concepto de la exploración óptica con sentido restringido a un campo visible de longitudes de ondas.
- 20 Con preferencia, el medio de alojamiento de la máquina herramienta es adecuado para alojar la segunda pieza de trabajo.
- 25 Esto tiene la ventaja de que se puede acondicionar una máquina herramienta, que comprende un medio de alojamiento en el dispositivo de control de la máquina herramienta, que además del alojamiento de una o más herramientas de la máquina herramienta o el explorador de medición descrito anteriormente o de otras herramientas, puede alojar la segunda pieza de trabajo, de manera que la segunda pieza de trabajo es, como se ha descrito anteriormente, con preferencia una rueda dentada recta con dentado exterior, una rueda dentada recta con un dentado interior, una cremallera o una rueda dentada cónica. De esta manera, en la máquina herramienta es posible alojar piezas de trabajo no sólo en el medio de empotramiento de la máquina herramienta, sino también en el medio de alojamiento del dispositivo de control y, dado el caso, controlarlas con el dispositivo de control de la máquina herramienta a través de uno o varios de los al menos 5 ejes de la máquina herramienta.
- 30 Con preferencia, la máquina herramienta es adecuada para controlar la segunda pieza de trabajo alojada en el medio de alojamiento y la primera pieza de trabajo empotrada en el medio de empotramiento relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado de la primera pieza de trabajo y el segundo dentado de la segunda pieza de trabajo se encuentran engranados y al menos un primer flanco del primer dentado colabora con al menos un primer contra flanco del segundo dentado.
- 35 Esto tiene la ventaja de que la máquina herramienta es especialmente adecuada para activar una primera y una segunda pieza de trabajo, que representan una pareja de dentado, relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado de la primera pieza de trabajo y el segundo dentado de la segunda pieza de trabajo se pueden llevar a engrane de los dentados de acuerdo con la forma del dentado seleccionado en cada caso, de manera que un primer flanco del primer dentado colabora con al menos un primer contra flanco del segundo dentado. De esta manera, se puede establecer un engrane de la primera y de la segunda pieza de trabajo, como debe(n) aparecer en un funcionamiento dado el caso posterior de la primera y de la segunda pieza de trabajo como pareja de dentados.
- 40 Con preferencia, el sistema de ensayo de la máquina herramienta comprende una instalación de cálculo del gráfico de contacto de engrane, que es adecuada para calcular un gráfico de contacto de engrane entre el primer flanco del primer dentado y el primer contra flanco del segundo dentado por medio de contacto.
- 45 Esto tiene la ventaja de que una primera y una segunda pieza de trabajo se pueden llevar a engrane entre sí empotradas, respectivamente, en el medio de empotramiento de la máquina herramienta y en medio de alojamiento del dispositivo de control de la máquina herramienta, de tal forma que se puede calcular un gráfico de contacto de engrane entre el primer flanco de l primer dentado y el primer contra flanco del segundo dentado por medio de contacto. En este caos, la instalación de cálculo el gráfico de contacto de engrane comprende con preferencia medios, que posibilitan aplicar un color al menos sobre un dentado del primer dentado o del segundo dentado, para que durante la colaboración del primer flanco del primer dentado y del primer contra flanco del segundo dentado se
- 50
- 55

transmita color desde el primer flanco sobre el primer contra flanco o desde el primer contra flanco sobre el primer flanco, de manera que la instalación de cálculo del gráfico de contacto de engrane comprende con preferencia, además, medios, que son adecuados para calcular a través de reconocimiento óptico un gráfico de contacto de engrane, en particular a través de reconocimiento óptico de la superficie del primer flanco o del primer contra flanco, sobre el que se ha transmitido color en el caso de colaboración el primer contra flanco o del primer flanco.

Esto tiene la ventaja de que la máquina herramienta acondiciona especialmente una instalación de cálculo del gráfico de contacto de engrane, que puede calcular, dado el caso, de forma automática un gráfico de contacto de engrane en la máquina herramienta, en particular un gráfico de contacto de engrane de acuerdo con una geometría momentánea del dentado de la primera pieza de trabajo después y/o durante la mecanización en la máquina herramienta. De esta manera, no es necesario desempotrar, para el cálculo del gráfico de contacto de engrane del dentado momentáneo, una primera pieza de trabajo fuera del medio de empotramiento de la máquina herramienta, para calcular un gráfico de contacto de engrane, dado el caso, manualmente o en una máquina externa.

Para el caso de que la primera o segunda pieza de trabajo sea una cremallera, la máquina herramienta es adecuada con preferencia para activar uno o varios ejes lineales de la máquina herramienta para el control de la segunda pieza de trabajo recibida en el medio de alojamiento y de la primera pieza de trabajo empotrada en el medio de empotramiento relativamente entre sí.

Esto tiene la ventaja de que la primera pieza de trabajo y la segunda pieza de trabajo pueden ser controladas relativamente entre sí especialmente en el caso de un dentado que se encuentra engranado, de manera que el movimiento real de la primera o de la segunda pieza de trabajo se realiza al menos a través de no o varios ejes lineales de la máquina herramienta y, dado el caso, a través de uno o varios ejes redondos de la máquina herramienta. Si la primera o segunda pieza de trabajo es en este caso una cremallera, entonces la contra pieza es una rueda dentada recta con dentado exterior, rueda dentada cónica, en particular, dado el caso, un piñón, que se puede accionar de forma rotatoria con preferencia a través de un eje redondo de la máquina herramienta alrededor de un eje medio.

Para el caso de que la primera pieza de trabajo y/o la segunda pieza de trabajo sea una rueda dentada, en particular una rueda dentada cónica o rueda dentada recta, la máquina herramienta es adecuada con preferencia para accionar uno o varios ejes redondos de la máquina herramienta para el control de la segunda pieza de trabajo recibida en el medio de alojamiento y de la primera pieza de trabajo empotrada en el medio de empotramiento relativamente entre sí.

Esto tiene la ventaja de que la primera pieza de trabajo y la segunda pieza de trabajo en la máquina herramienta pueden ser controladas relativamente entre sí cuando el dentado se encuentra engranado, de manera que para el caso de que la primera pieza de trabajo y/o la segunda pieza de trabajo sea una rueda dentada, la máquina herramienta es adecuada para accionar la rueda dentada a través de al menos uno de los ejes redondos de la máquina herramienta alrededor de un eje medio de la rueda dentada. Si tanto en la primera pieza de trabajo como también en la segunda pieza de trabajo se trata, respectivamente, de una rueda dentada, de manera que la primera pieza de trabajo y la segunda pieza de trabajo forman una pareja de ruedas dentadas, entonces la máquina herramienta es adecuada de esta forma con ventaja para accionar la primera pieza de trabajo y la segunda pieza de trabajo como pareja de ruedas entadas que se encuentran engranadas, de manera que con preferencia, respectivamente, la primera y la segunda pieza de trabajo son accionadas, respectivamente, a través de un eje redondo alrededor del eje medio respectivo de las ruedas dentadas.

Para el caso de que la primera pieza de trabajo sea una rueda entada, en particular una rueda dentada cónica o una rueda dentada recta, y la segunda pieza de trabajo sea una rueda dentada, en particular una rueda dentada cónica o rueda dentada recta, la máquina herramienta es con preferencia adecuada para accionar la primera pieza de trabajo de forma rotatoria con preferencia alrededor de un eje medio de la primera pieza de trabajo por medio de un primer eje redondo, que es adecuado para accionar de forma rotatoria el medio de empotramiento de la máquina herramienta, en la que la máquina herramienta es adecuada, además, para accionar la segunda pieza de trabajo con preferencia de forma rotatoria alrededor de un eje medio de la segunda pieza de trabajo por medio de un segundo eje redondo, que es adecuado con preferencia para accionar de forma rotatoria el medio de alojamiento de la máquina herramienta.

Esto tiene la ventaja de que la máquina herramienta es adecuada para accionar una pareja de ruedas dentadas cuando el dentado de la pareja de ruedas dentadas se encuentra engranado, de la manera que está predeterminado o bien es deseable para el funcionamiento posterior de la pareja de ruedas dentadas. Cada una de las ruedas dentadas puede ser accionada, por lo tanto, respectivamente, con un eje redondo de la máquina herramienta de forma rotatoria alrededor de un eje medio de la rueda dentada, de manera que los al menos 5 ejes de la máquina herramienta posibilitan activar un ajuste exacto de la pareja de ruedas dentadas relativamente entre sí, de modo que, dado el caso, por medio de la funcionalidad de control numérico NC de la máquina herramienta se puede ajustar también una tensión rotatoria entre las ruedas dentadas, en particular entre una rueda dentada y el piñón correspondiente. De esta manera es posible ajustar la posición de las ruedas dentadas de la pareja de ruedas

5 dentadas, en particular de la rueda dentada con un piñón correspondiente entre sí, a través de los 5 ejes-NC de la máquina herramienta, de manera que una rueda entada puede ser accionada, dado el caso, a través de una mesa redonda de control numérico NC, un aparato parcial de control numérico NC o un dispositivo de empotramiento de control numérico NC totalmente integrado, pudiendo accionarse, además, la otra rueda dentada, en particular un piñón, a través de un husillo de trabajo de la máquina herramienta, en particular un husillo de trabajo en el dispositivo de control de la máquina herramienta.

10 Con preferencia, el sistema de ensayo de la máquina herramienta comprende, además, un medio de ensayo del comportamiento de rodadura, que es adecuado para calcular si un comportamiento de rodadura común de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo se desvía de un comportamiento teórico de rodadura de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo, mientras que la primera pieza de trabajo y la segunda pieza de trabajo son controladas relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado de la primera pieza de trabajo y el segundo dentado de la segunda pieza de trabajo se encuentran engranados y al menos el primer flanco del primer dentado colabora rodando con el primer contra flanco del segundo dentado.

15 Esto tiene la ventaja de que en el caso de un accionamiento de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo en un dentado que se encuentra engranado de la primera pareja de dentados se puede verificar o bien calcular un comportamiento de rodadura de la pareja de dentados. De esta manera se puede verificar o bien controlaren la máquina herramienta durante el empotramiento de la primera pieza de trabajo en el medio de empotramiento de la máquina herramienta o de la segunda pieza de trabajo en el medio de alojamiento del dispositivo de control de la máquina herramienta un comportamiento de rodadura de la pareja de dentados, sin que la primera pieza de trabajo a mecanizar debe ser desempotrada fuera del medio de empotramiento de la máquina herramienta.

20 Con preferencia, el medio de ensayo del comportamiento de rodadura comprende uno o varios registradores acústicos y es adecuado con preferencia para calcular a través del cálculo de un ruido de rodadura, que aparece a través del accionamiento de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo, con preferencia a través de uno o varios registradores acústicos, si un comportamiento de rodadura común de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo se desvía de un comportamiento de rodadura teórico de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo, mientras que la primera pieza de trabajo y la segunda pieza de trabajo son controladas con preferencia relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado de la primera pieza de trabajo y el segundo dentado de la segunda pieza de trabajo se encuentran engranados y con preferencia al menos el primer flanco del primer dentado colabora rodando con el primer contra flanco del segundo dentado.

25 Esto tiene la ventaja de que la máquina herramienta comprende un medio de verificación del comportamiento de rodadura, que presenta en particular uno o varios registradores acústicos, dado el caso con preferencia al menos un registrador acústico en el husillo de trabajo o bien en un medio de alojamiento el dispositivo de control de la máquina herramienta, de manera que en el caso del empotramiento de la primera pieza de trabajo en la máquina herramienta se puede calcular un comportamiento de rodadura de una pareja de dentado, en particular a través de la
 30 determinación o bien el registro de ruidos de rodadura, que aparecen cuando la primera y la segunda pieza de trabajo pueden ser controladas como pareja de dentaos cuando el dentado se encuentra engranado, de manera que un primer flanco del primer dentado de la primera pieza de trabajo colabora rodando, respectivamente, con un primer contra flanco del segundo dentado de la segunda pieza de trabajo, como está previsto en un funcionamiento posterior de la pareja de dentados. Esto tiene la ventaja de que el ensayo del comportamiento de rodadura o bien el ensayo de los ruidos de rodadura de la pareja de dentados se pueden calcular en la máquina herramienta.

35 Con preferencia, el medio de ensayo del comportamiento de rodadura comprende uno o varios sensores de vibración y que es adecuado para calcular a través del cálculo de vibraciones, que aparecen durante el accionamiento de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo, con preferencia a través de uno o varios sensores de vibración si un comportamiento de rodadura común de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo se desvía de un comportamiento teórico de rodadura de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo, mientras que la primera pieza de trabajo y la segunda pieza de trabajo son controladas relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado de la primera pieza de trabajo y el segundo dentado de la segunda pieza de trabajo se encuentran engranados y al menos el primer flanco del primer dentado colabora rodando con el primer contra flanco del segundo dentado.

40 Esto tiene la ventaja de que en lugar o adicionalmente a la determinación del comportamiento de rodadura a través de registradores acústicos se puede determinar, además, un comportamiento de rodadura de la pareja de dentados, pudiendo determinarse a través de un o varios sensores de vibración las vibraciones, en particular las vibraciones
 45 que se producen en un comportamiento de rodadura o comportamiento de rotación de los flancos sobre los contra flancos, mientras que la primera y la segunda pieza de trabajo son controlada sí cuando los dentados se encuentran engranados relativamente entre sí.

Los ensayos descritos anteriormente del comportamiento de rodadura de la primera pieza de trabajo y de la segunda

pieza de trabajo relativamente entre sí posibilitan, en general, establecer una desviación de la geometría teórica del dentado, cuando el nivel de ruido del comportamiento de rodadura o bien de los ruidos de rodadura, dado el caso está temporalmente por encima de un nivel de ruido correspondiente a la geometría teórica del dentado, o cuando se establecen vibraciones, que indican que no se ha alcanzado o bien no se ha alcanzado todavía una forma de los flancos de acuerdo con la geometría teórica del dentado.

Con preferencia, la máquina herramienta es adecuada para repasar la primera pieza de trabajo empotrada en el primer medio de empotramiento en la máquina herramienta a través de una herramienta recibida en el dispositivo de control con un medio de alojamiento, con preferencia cuando el sistema de ensayo determina después y/o durante la mecanización de la primera pieza de trabajo en la máquina herramienta que una geometría momentánea, en particular una geometría momentánea de los flancos de los dientes y/o una geometría momentánea de los huecos de los dientes, del primer dentado de la primera pieza de trabajo se desvía de una geometría teórica del dentado, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes, del primer dentado de la primera pieza de trabajo.

Esto tiene la ventaja de que la máquina herramienta es adecuada para repasar la primera pieza de trabajo empotrada en el medio de empotramiento, cuando se determina una desviación de la geometría momentánea del dentado de la geometría teórica predeterminada del dentado, sin que debe empotrarse y desempotrarse, respectivamente, la primera pieza de trabajo.

De esta manera, la máquina herramienta es especialmente adecuada para posibilitar una mecanización completa de una pieza de trabajo que presenta un dentado, pudiendo mecanizarse la pieza de trabajo en la máquina herramienta desde una pieza bruta en una pieza acabada, de manera que la mecanización completa comprende, dado el caso, trabajos previos y, por lo demás, comprende la fabricación de la forma del dentado sobre la primera pieza de trabajo, siendo adecuada la máquina herramienta para realizar después y/o durante la mecanización de la primera pieza de trabajo en la máquina herramienta sin un empotramiento o desempotramiento necesario de la pieza de trabajo una verificación de la forma del dentado con la ayuda de una geometría teórica del dentado y realizar, dado el caso, trabajos de repaso para conseguir una calidad superficial pretendida, la calidad del dentado pretendida, en particular una geometría teórica pretendida del dentado. Si se establece en este caso que la geometría momentánea del dentado del primer dentado de la primera pieza de trabajo corresponde a la geometría teórica pretendida del dentado, o si se determina que la desviación entre la geometría momentánea del dentado y la geometría teórica del dentado no alcanza una desviación máxima predeterminada, esto indica que la primera pieza de trabajo o bien el primer dentado sobre la primera pieza de trabajo corresponden a la previsión a través de la geometría teórica del dentado.

El procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo por medio de una o varias herramientas controladas con la ayuda de datos de control a través de mecanización por arranque de virutas en una máquina herramienta descrita anteriormente de acuerdo con la presente invención comprende las etapas del procedimiento:

- determinación de una geometría teórica del dentado, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes, del primer dentado de la primera pieza de trabajo, y

- mecanización de una primera pieza de trabajo empotrada en el medio de empotramiento de la máquina herramienta, para fabricar un primer dentado sobre la primera pieza de trabajo con la ayuda de la geometría teórica determinada del dentado, en el que la primera pieza de trabajo es una contra pieza para una segunda pieza de trabajo que presenta un segundo dentado, de tal manera que un primer flanco de diente de primer dentado forma un contra flanco de un segundo flanco de diente del segundo dentado,

El procedimiento de acuerdo con la invención se caracteriza por la etapa el procedimiento del cálculo después y/o durante la mecanización de la primera pieza de trabajo en una máquina herramienta de si una geometría momentánea, en particular una geometría momentánea de los flancos de los dientes y/o una geometría momentánea de los huecos de los dientes, del primer dentado de la primera pieza de trabajo se desvía de una geometría teórica determinada del dentado, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes, del primer dentado de la primera pieza de trabajo.

Con preferencia, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende, además, una o varias de las etapas del procedimiento:

- exploración mecánica de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo por medio de un explorador de medición, para establecer si la geometría momentánea de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo se desvía de la geometría teórica de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo,

- exploración óptica de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo, para establecer si la geometría momentánea de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo se desvía de la geometría teórica de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo,

- exploración inductiva de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado de la primera pieza de

trabajo, para establecer si la geometría momentánea de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo se desvía de la geometría teórica de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo.

Con preferencia, el procedimiento comprende, además, las etapas del procedimiento:

- 5 - la recepción de la segunda pieza de trabajo con preferencia en el medio de alojamiento de la máquina herramienta,
 - el control de la segunda pieza de trabajo recibida en el medio de alojamiento y de la primera pieza de trabajo empotrada en el medio de empotramiento relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado de la primera pieza de trabajo y el segundo dentado de la segunda pieza de trabajo se encuentran engranados y con preferencia al menos un primer flanco del primer dentado colabora con al menos un primer contra flanco del segundo dentado y/o
10 - cálculo del gráfico de contacto de engrane del primer flanco del primer dentado y del primer contra flanco del segundo dentado con preferencia por medio de contacto.

Con preferencia, el procedimiento comprende, además, las etapas del procedimiento:

- 15 - a recepción de la segunda pieza de trabajo en el medio de alojamiento de la máquina herramienta,
 - el control de la segunda pieza de trabajo recibida en el medio de alojamiento y de la primera pieza de trabajo empotrada en el medio de empotramiento relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado de la primera pieza de trabajo y el segundo dentado de la segunda pieza de trabajo se encuentran engranados y con preferencia al menos un primer flanco del primer dentado colabora con preferencia rodando con al menos un primer contra flanco del segundo dentado,
20 - cálculo de si un comportamiento de rodadura común de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo se desvía de un comportamiento teórico de rodadura de la primera pieza de trabajo y de la segunda pieza de trabajo, con preferencia mientras que la primera pieza de trabajo y la segunda pieza de trabajo son controladas relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado de la primera pieza de trabajo y el segundo dentado de la segunda pieza de trabajo se encuentran con preferencia engranados y al menos el primer flanco del primer dentado colabora con preferencia rodando con el primer contra flanco del segundo dentado.

Con preferencia, el procedimiento comprende, además, la etapa del procedimiento de repasar la primera pieza de trabajo empotrada con preferencia en el medio de empotramiento de la máquina herramientas, con preferencia si después y/o durante la mecanización de la primera pieza de trabajo en la máquina herramienta se determina que una geometría momentánea, en particular una geometría momentánea de los flancos de los dientes y/o una geometría momentánea de los huecos de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo se desvía de la geometría teórica determinada, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes del primer dentado de la primera pieza de trabajo.

De esta manera, se acondiciona un procedimiento para la mecanización completa de una primera pieza de trabajo en una máquina herramienta de acuerdo con la invención, en el que en particular la mecanización en la máquina herramienta posibilita una mecanización acabada de un primer dentado sobre la primera pieza de trabajo, incluyendo un control de calidad de la geometría momentánea del dentado en la máquina herramienta, sin que sea necesario un empotramiento y un desempotramiento de la primera pieza de trabajo, y incluyendo un repaso posible cuando se determina que la geometría momentánea del dentado se desvía de una geometría teórica predeterminada del dentado.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 muestra una máquina herramienta para la mecanización de una primera pieza de trabajo de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

La figura 2 muestra una máquina herramienta para la mecanización de una primera pieza de trabajo de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

La figura 3 muestra una máquina herramienta para la mecanización de una primera pieza de trabajo de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención.

Descripción detallada de las figuras y de ejemplos de realización preferidos de la presente invención

A continuación se describe y se explica la presente invención de forma detallada con la ayuda de ejemplos de realización de una máquina herramienta para la mecanización de una pieza de trabajo por medio de una o varias herramientas controladas con la ayuda de datos de control a través de mecanización por arranque de virutas con al menos 5 ejes con la ayuda de figuras ejemplares, de manera que adicionalmente se describen ejemplos de realización correspondientes del procedimiento de acuerdo con la invención para la mecanización de una pieza de trabajo en una máquina herramienta de este tipo.

Un primer ejemplo de realización de una máquina herramienta 100 que comprende al menos 5 ejes se representa de

forma esquemática en la figura 1. La máquina herramienta 100 comprende un dispositivo de control 110 con un medio de alojamiento 111. El medio de alojamiento 111 del dispositivo de control 110 es adecuado para alojar una herramienta 130 de la máquina herramienta 100. En este caso, el dispositivo de control 110 con el medio de alojamiento 111 es especialmente adecuado para accionar una herramienta 130 de la máquina herramienta 100, de tal manera que la herramienta 130 gira alrededor de un eje de rotación de la herramienta 130, para que sea adecuada para erosionar, a través de mecanización por arranque de virutas, material desde una pieza de trabajo 200 que debe mecanizarse en la máquina herramienta 100. A tal fin, la máquina herramienta 100 es especialmente adecuada para erosionar material desde la pieza de trabajo 200 por medio del dispositivo de control 110 a lo largo de trayectorias de las herramientas predeterminadas por medio de datos de control.

Por lo demás, la máquina herramienta 100 comprende un medio de empotramiento 120, que es adecuado para empotrar la pieza de trabajo 200 a mecanizar sobre la máquina herramienta 100, de manera que ésta puede ser mecanizada por el dispositivo de control 110 a través del control de la herramienta 130. A tal fin, el medio de empotramiento 120 de acuerdo con este ejemplo de realización de la presente invención es al menos adecuado para accionar a través de un eje redondo de la máquina herramienta 100 la pieza de trabajo 200 empotrada en el medio de empotramiento 120 de forma rotatoria alrededor de un eje medio M_1 de la pieza de trabajo 200.

En general, de acuerdo con este ejemplo de realización de la presente invención, se trata de una máquina herramienta 100 que comprende al menos 5 ejes, de manera que la máquina herramienta 100 es, en general, adecuada para accionar de forma simultánea la herramienta 130 con relación a la pieza de trabajo 20 en al menos 5 grados de libertad de movimiento a través de los al menos 5 ejes de la máquina herramienta 100. El accionamiento se realiza en este caso al menos a través de los 5 ejes de la máquina herramienta 100, en particular al menos 3 ejes lineales y al menos 2 ejes redondos.

En la pieza de trabajo 200 representada en la figura 1 se trata de la primera pieza de trabajo 200, que está empotrada en el medio de empotramiento 120, de manera que la primera pieza de trabajo de acuerdo con este ejemplo de realización de la presente invención es especialmente una pieza de trabajo, que debe mecanizarse en la máquina herramienta 100 desde una pieza bruta en una pieza acabada, de manera que como pieza acabada de acuerdo con este ejemplo de realización de la máquina herramienta 100 (y del procedimiento descrito de forma correspondiente), la pieza acabada pretendida después de la mecanización acabada en la máquina herramienta 100 es una rueda dentada esférica, de manera que la primera pieza de trabajo 200 representada en la figura 1 muestra la pieza de trabajo en un estado momentáneo de fabricación o bien estado de mecanización, en el que solamente un cuerpo de base, que corresponde a un cuerpo de cabeza de la rueda dentada cónica posterior, está empotrada en el medio de empotramiento 120. Dado el caso, la primera pieza de trabajo 200 en la figura 1 ya está acabada o bien mecanizada a partir de una pieza bruta a través de mecanización por arranque de virutas en la máquina herramienta 100.

Después de un cambio de herramienta, dado el caso automático, o bien controlado por programa en la máquina herramienta 100 se mecaniza la primera pieza de trabajo 200 a continuación en la máquina herramienta 100, de tal manera que a través de la herramienta 130 controlada por el dispositivo de control 110 y, dado el caso, a través de otras herramientas se fabrica un dentado, en particular un primer dentado, sobre la primera pieza de trabajo 200, de acuerdo con una geometría teórica previamente predeterminada del dentado.

En este caso, es posible especialmente en virtud de los 5 grados de libertad del movimiento relativo controlable entre la herramienta 130 y la primera pieza de trabajo 200, fabricar a través de mecanización por arranque de virutas en la máquina herramienta 100 formas de dentado discrecionalmente complejas, en particular geometrías discrecionalmente complejas de los flancos de los dientes y geometrías discrecionalmente complejas de los huecos de los dientes sobre la primera pieza de trabajo 200.

En particular, la alta flexibilidad del control de la herramienta con relación a la pieza de trabajo 200 en la máquina herramienta de control numérico CNC 100 controlada por programa posibilita una fabricación automatizada y controlada por programa de piezas de trabajo que presentan un dentado, en particular ruedas dentadas rectas con dentado interior y/o dentado exterior, cremalleras o ruedas dentadas cónicas, dado el caso con cambios automáticos de herramientas controlados por programa y/o cambios de piezas de trabajo automatizados, controlados por programa.

Un ejemplo de realización de la presente invención se representa de forma esquemática en la figura 2, de manera que la figura 2 muestra una máquina herramienta 100, que muestra un dispositivo de control 110 con un medio de empotramiento 111, de manera que la máquina herramienta 100 comprende, además, de manera similar a la máquina herramienta 100 de la figura 1 un medio de empotramiento 120, en el que está empotrada una primera pieza de trabajo 200, que presenta un primer dentado 210. Por ejemplo, en la primera pieza de trabajo 200 en la figura 2 se trata de la pieza de trabajo 200 de la figura 1, después de que la pieza de trabajo 200 ha sido mecanizada en la figura 1 con la herramienta 130. El medio de empotramiento 120 es adecuado para accionar de forma rotatoria la primera pieza de trabajo 200 con el primer dentado 210 alrededor de un eje medio de la primera

pieza de trabajo 200, representada a través del eje M_1 , de manera que el eje medio M_1 de la primera pieza de trabajo 200 corresponde a un eje de rotación, en el que la primera pieza de trabajo 200, que es en la figura 2 a modo de ejemplo una rueda dentada cónica, gira durante el funcionamiento posterior en colaboración con una pieza acabada, que presenta un contra dentado al primer dentado 210, por ejemplo un contra dentado a la rueda dentada cónica, engranando el dentado de la rueda dentada cónica con el dentado de la contra rueda dentada correspondiente.

En la figura 2, en el medio de alojamiento 111 de la máquina herramienta 100 está alojado un explorador de medición 140, que es adecuado para medir una superficie de la primera pieza de trabajo 200 a través de exploración mecánica, dado el caso en varios puntos de la superficie en diferentes posiciones angulares con relación a la primera pieza de trabajo 200. En particular, el explorador de medición 140 es adecuado para explorar mecánicamente una superficie de la primera pieza de trabajo 200 a través de exploración mecánica, a través de activación adecuada por medio del dispositivo de control 110 en diferentes posiciones angulares uno o varios flancos o bien lados de flancos del primer dentado 210 de la primera pieza de trabajo 200 en el estado momentáneo de mecanización representado en la figura 2, para calcular si la geometría momentánea del dentado del primer dentado 210, en particular la geometría de los flancos de los dientes o bien de los huecos de los dientes, corresponde a la geometría teórica predeterminada del dentado con el abombamiento requerido o bien la curvatura requerida de los flancos de los dientes con el desarrollo deseado de los flancos de los dientes en dirección radial, o si la geometría momentánea del dentado se desvía de la geometría teórica predeterminada del dentado. A tal fin, el explorador de medición 140 puede desplazarse en diferentes posiciones angulares sobre la superficie de la primera pieza de trabajo 200, controlando la primera pieza de trabajo 200 con relación al explorador de medición 140 con respecto a la máquina herramienta 100 a través del accionamiento del dispositivo de control 110 y/o del medio de empotramiento 120 a través de uno o varios de los al menos 5 ejes de la máquina herramienta 100, en particular de los al menos 3 ejes lineales y al menos 2 ejes redondos.

La máquina herramienta 100 comprende, por lo tanto, un sistema de ensayo, que es adecuado para calcular si la geometría momentánea del primer dentado 210 de la primera pieza de trabajo 200 se desvía de la geometría teórica predeterminada del dentado, de manera que en este ejemplo de realización después y/o durante la mecanización de la primera pieza de trabajo 200 en la máquina herramienta 100 se puede verificar o bien determinar a través de exploración mecánica por medio del explorador de medición 140, si la geometría momentánea del dentado en el estado momentáneo de la mecanización de la primera pieza de trabajo 200 corresponde a la geometría teórica predeterminada del dentado, o se desvía de ella.

No obstante, la presente invención no está limitada a realizar una geometría momentánea del dentado a través de exploración mecánica por medio de un explorador de medición 140, sino que es posible más bien, además, acondicionar máquinas herramientas 100, que comprenden un sistema de ensayo de acuerdo con la invención, que comprende medios de exploración de medición, que son adecuados para calcular a través de exploración óptica o inductiva de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado de la pieza de trabajo si la geometría momentánea del primer dentado de la primera pieza de trabajo se desvía de la geometría teórica del dentado del primer dentado 210 de la primera pieza de trabajo 200. Por lo demás, es posible acondicionar máquinas herramientas 100, que comprenden medios de exploración de medición, que posibilitan a través de una combinación de exploración mecánica, óptica y/o inductiva de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado 210 poder calcular desviaciones con respecto a la geometría teórica predeterminada del dentado. La exploración óptica se puede realizar, por ejemplo, por medio de un rayo láser en diferentes ajustes angulares con relación a la pieza de trabajo.

En particular, si se establece o se determina que la geometría momentánea del dentado del primer dentado 210 se desvía de la geometría teórica del dentado, es posible realizar de manera automática un cambio de herramienta, siendo sustituido, por ejemplo, el explorador de medición 140, alojado en el medio de alojamiento 111, en la figura 2 por la herramienta 130 representada en la figura 1 o por otra herramienta de un almacén de herramientas de la máquina herramienta 100, para continuar mecanizado o bien para repasar la primera pieza de trabajo 200 empotrada en el medio de empotramiento 120, dado el caso, para aproximar la geometría momentánea del dentado de la primera pieza de trabajo 200 a la geometría teórica del dentado, hasta que ésta corresponda a la geometría teórica del dentado o al menos se desvíe de ésta menos que una desviación de una desviación máxima de ella, En particular, esto se refiere a una desviación de una calidad momentánea de la superficie de los flancos de los dientes de una calidad teórica de la superficie y/o de una calidad momentánea o bien calculada en ese momento del dentado respecto de una calidad teórica del dentado.

Por lo demás, en otro ejemplo de realización de la presente invención, se puede acondicionar una máquina herramienta 100, en la que, sin desempotrar la primera pieza de trabajo 200 fuera del medio de empotramiento 120, se puede verificar o bien calcular ya un comportamiento de rodadura de la primera pieza de trabajo 200. La figura 3 muestra en este caso a modo de ejemplo una rueda dentada cónica, que está empotrada como primera pieza de trabajo 200 con el primer dentado 210 en el medio de empotramiento 120, de manera que el medio de empotramiento 120 es adecuado para accionar de forma rotatoria la rueda dentada cónica 200 alrededor del eje

medio M_1 , de manera que el eje medio M_1 corresponde al eje de rotación de la rueda dentada cónica 200.

La máquina herramienta 100 representada en la figura 3 de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención es adecuado para alojar con un medio de alojamiento 111 de un dispositivo de control 110 una segunda pieza de trabajo 300 con un dentado 310, y esto para accionar de forma rotatoria un eje medio M_2 de la segunda pieza de trabajo 300. Por ejemplo, en la segunda pieza de trabajo 300 en la figura 3 se trata de una rueda dentada cónica o bien un piñón, que forma con la rueda dentada cónica 200 una pareja de ruedas dentadas, o debe formar al menos una pared de ruedas dentadas, en el supuesto aceptado a modo de ejemplo para este ejemplo de realización de que el primer dentado 210 de la rueda dentada cónica 200 corresponda esencialmente a la geometría teórica predeterminada del dentado. En la rueda dentada cónica 300, designada a continuación como piñón 300, se trata de este caso, por lo tanto, a modo de ejemplo de un piñón de ensayo o de una pieza de trabajo, que ha sido fabricada o bien mecanizada, dado el caso, previamente controlada por programa en la máquina herramienta 100.

El dispositivo de control 110 y el medio de empotramiento 120 de la máquina herramienta 100 posibilitan a través de la movilidad libre o bien la capacidad de control en 5 grados de libertad de movimiento a través de la activación simultánea de los al menos 5 ejes de la máquina herramienta 100, llevar el piñón 300 y la rueda dentada cónica 200 a engrane relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado 210 de la rueda dentada cónica 200 y el segundo dentado 310 del piñón 300 engranan entre sí o bien se encuentran engranados, de tal manera que el primer flanco del primer dentado 210 colabora con un primer contra flanco correspondiente del segundo dentado 310.

La máquina herramienta 100 de acuerdo con un ejemplo de realización de la presente invención comprende, además, medios, que posibilitan aplicar color al menos sobre un primer contra flanco de segundo dentado 310 o sobre al menos un primer flanco del primer dentado 210, de tal manera que a través de contacto se puede calcular un gráfico de contacto de engrane, en el que el dispositivo de control 110 lleva el piñón 300 a engrane con la rueda dentada cónica 200, de tal manera que el primer contra flanco del segundo dentado 310 colabora con el primer flanco del primer dentado 210 de tal manera que se transmite color desde el primer contra flanco sobre el primer flanco o desde el primer flanco sobre el primer contra flanco, de modo que a través de un medio de reconocimiento óptico de la máquina herramienta 100 con la ayuda de una forma del color transmitido sobre el primer flanco o el primer contra flanco es adecuado para calcular un gráfico de contacto de engrane a través de reconocimiento óptico.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención, la máquina herramienta 100 en la figura 3 es adecuada adicionalmente para activar el piñón 300 y la rueda dentada cónica 200 a través de los al menos 5 ejes de la máquina herramienta 100 de manera simultánea, de tal forma que el piñón 300 se lleva a engrane con la rueda dentada cónica 200 con dentados de colaboración, de manera que el piñón 300 es accionado de forma rotatoria a través de un eje redondo el dispositivo de control 110 alrededor del eje medio M_2 del piñón 300, y la rueda dentada cónica 200 es accionada a través de un eje redondo del medio de embotamiento 120 de forma rotatoria alrededor del eje medio M_1 de la rueda dentada cónica 200, de tal manera que el piñón 300 y la rueda dentada cónica 200 son controlados de acuerdo con un funcionamiento posterior como pareja de ruedas dentadas, de manera que, respectivamente, al menos un primer flanco del primer dentado 210 de la rueda dentada cónica 200 colabora de forma rotatoria con un primer contra flanco del segundo dentado 310 del piñón 300 o bien colabora esencialmente de forma rotatoria, cuando la rodadura real solamente se puede alcanzar cuando se consigue la geometría teórica alcanzada del dentado (por ejemplo, a través de un desarrollo óptimo de la curvatura del perfil de flancos de dientes).

De acuerdo con este ejemplo de realización de la presente invención, la máquina herramienta 100 o bien el sistema de ensayo de la máquina herramienta 100 comprende, por lo demás, unos registradores acústicos y sensores de vibración, en particular al menos un registrador acústico y un sensor de vibración en el dispositivo de control 110, de manera que se puede verificar o bien calcular un comportamiento de rodadura de la pareja de ruedas dentadas formadas a partir de la rueda dentada cónica 200 y el piñón 300, de manera que a través de los registradores acústicos del sistema de ensayo se puede determinar un ruido de rodadura o bien ruidos de rodadura durante el accionamiento del piñón 300 y de la rueda dentada cónica relativamente entre sí y se pueden comparar con un ruido teórico dado el caso predeterminado de rodadura, dado el caso con la ayuda de un nivel teórico de ruido. Por lo demás, los sensores de vibración son adecuados para medir durante la rodadura del primer contra flanco sobre el primer flanco durante el accionamiento de la pareja de ruedas dentadas, formada por la rueda dentada cónica 200 y el piñón 300, vibraciones con cuya ayuda se puede calcular una calidad de la superficie o bien calidad del dentado presentes en ese momento o una desviación entre la geometría momentánea del dentado y la geometría teórica del dentado.

También en este ejemplo de realización de la presente invención, es posible sustituir en la máquina herramienta 100 el piñón 300 con una herramienta 130, en particular, por ejemplo, con la herramienta 130, para repasar de forma automática la rueda dentada cónica 200 o bien el primer dentado 210 de la rueda dentada cónica 200, cuando durante la verificación del comportamiento de rodadura o durante la determinación del gráfico de contacto de engrane se determina, como se ha explicado anteriormente, que la geometría momentánea del dentado del primer

dentado 210 se desvía de la geometría teórica del dentado.

5 Sin embargo, la presente invención no está limitada a los ejemplos de realización descritos anteriormente, sino que más bien se pueden combinar los aspectos individuales o bien características individuales de los ejemplos de realización descritos anteriormente, para preparar otros ejemplos de realización de la máquina herramienta 100 de acuerdo con la presente invención o bien del procedimiento de acuerdo con la presente invención.

10 Como se ha descrito anteriormente, la presente invención acondiciona en particular una máquina herramienta 100 y un procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo 200 en una máquina herramienta 100, que posibilita una mecanización completa de una pieza de trabajo desde un pieza bruta a una pieza acabada con un dentado, de manera que la máquina herramienta posibilita adicionalmente que una geometría momentánea del dentado de la pieza de trabajo pueda ser verificada después y/o durante la mecanización de la pieza de trabajo en la máquina herramienta, para determinar si la geometría momentánea del dentado se desvía de una geometría teórica predeterminada del dentado siendo posible, dado el caso, en el caso de que se determine que existe una desviación, realizar repasos, dado el caso de forma automatizada o bien controlada por programa. En este caso, en particular de manera especialmente ventajosa no es necesario que la pieza de trabajo sea desempotrada fuera del medio de empotramiento 120 de la máquina herramienta 100 para la verificación de la calidad del dentado o bien de la calidad de la su0perficie o bien de la geometría momentánea del dentado, para poder verificarla en un sistema de ensayo externo.

15

20

REIVINDICACIONES

- 1.- Máquina herramienta para la mecanización de una pieza de trabajo (200; 300) por medio de una o varias herramientas (130) controladas con la ayuda de datos de control a través de mecanización por arranque de virutas, en la que la máquina herramienta (100) comprende al menos 5 ejes que pueden ser activados de forma simultánea, con un medio de empotramiento (120) para el empotramiento de la pieza de trabajo (200; 300) y con un dispositivo de control (110) con una pieza de alojamiento (111) para el alojamiento de una o varias herramientas (130), en la que el dispositivo de control (110) es adecuado para controlar la herramienta (130) recibida en el medio de alojamiento (111) con la ayuda de los datos de control a lo largo de una trayectoria de la herramienta para la erosión de material desde la pieza de trabajo (200; 300) empotrada en el medio de empotramiento (120), en la que la máquina herramienta (100) es adecuada para mecanizar una primera pieza de trabajo (200), para fabricar un primer dentado (210) sobre la primera pieza de trabajo (200), en la que la primera pieza de trabajo (200) es una contra pieza a una segunda pieza de trabajo (300) que presenta un segundo dentado (310), de tal manera que un primer flanco de diente del primer dentado (200) forma un contra flanco de un segundo flanco de diente del segundo dentado (310), y en la que la máquina herramienta (100) comprende, además, un sistema de ensayo, que es adecuado para calcular después y/o durante la mecanización de la primera pieza de trabajo (200) en la máquina herramienta (100), si una geometría momentánea, en particular una geometría momentánea de los flancos de los dientes y/o una geometría momentánea de los huecos de los dientes, del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) se desvía de una geometría teórica del dentado, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes, del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200), **caracterizada** porque la pieza de alojamiento (111) de la máquina herramienta (100) es adecuada para recibir la segunda pieza de trabajo (300), y la máquina herramienta (100) es adecuada para controlar la segunda pieza de trabajo (300) recibida en el medio de alojamiento (111) y la primera pieza de trabajo (200) empotrada en el medio de empotramiento (120) relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) y el segundo dentado (310) de la segunda pieza de trabajo (300) se encuentran engranados y al menos un primer flanco del primer dentado (210) colabora con al menos un primer contra flanco del segundo dentado (310).
- 2.- Máquina herramienta de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque la primera pieza de trabajo (200), en particular en el estado acabado después de la mecanización en la máquina herramienta (100), es una rueda dentada recta con un dentado interior, una rueda dentada recta con un dentado exterior, una cremallera, o una rueda dentada cónica, y la segunda pieza de trabajo (300), en particular en el estado acabado después de la mecanización en la máquina herramienta (100), es una rueda dentada recta con un dentado interior, una rueda dentada recta con un dentado exterior, una cremallera, o una rueda dentada cónica, de tal manera que la segunda pieza de trabajo (300) es una contra pieza para la primera pieza de trabajo (200).
- 3.- Máquina herramienta de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque la pieza de ensayo de la máquina herramienta (100) comprende un primer medio de exploración de medición, que es adecuado para establecer a través de exploración mecánica de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) por medio de un explorador de medición (140), si la geometría momentánea del diente del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) se desvía de la geometría teórica del diente del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) y/o porque el sistema de ensayo de la máquina herramienta (100) comprende un segundo medio de exploración de medición, que es adecuado para establecer a través de exploración óptica y/o inductiva de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200), si la geometría momentánea del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) se desvía de la geometría teórica del dentado, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes, del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200).
- 4.- Máquina herramienta de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque el sistema de ensayo de la máquina herramienta (100) comprende una instalación de cálculo del gráfico de contacto de engrane, que es adecuada para calcular un gráfico de contacto de engrane entre el primer flanco del primer dentado (210) y el primer contra flanco del segundo dentado (310) por medio de contacto.
- 5.- Máquina herramienta de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** porque la primera pieza de trabajo (200) y/o la segunda pieza de trabajo (300) son una rueda dentada, en particular una rueda cónica o rueda dentada recta, y la máquina herramienta (100) es adecuada para activar uno o varios ejes redondos de la máquina herramienta (100) para el control de la segunda pieza de trabajo (300) recibida en el medio de alojamiento (111) y de la primera pieza de trabajo (200) empotrada en el medio de empotramiento (120) relativamente entre sí.
- 6.- Máquina herramienta de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque la

primera pieza de trabajo (200) es una rueda dentada, en particular una rueda cónica o rueda dentada recta, y la segunda pieza de trabajo (300) es una rueda dentada, en particular una rueda cónica o rueda dentada recta.

en la que la máquina herramienta (100) es adecuada para accionar la primera pieza de trabajo (200) de forma rotatoria alrededor de un eje medio (M1) de la primera pieza de trabajo (209) por medio de un primer eje redondo, que es adecuado para accionar de forma rotatoria el medio de empotramiento (120) de la máquina herramienta (100), y/o

en la que la máquina herramienta (100) es adecuada, además, para accionar la segunda pieza de trabajo (300) de forma rotatoria alrededor de un eje medio (M2) de la segunda pieza de trabajo (300) por medio de un segundo eje redondo, que es adecuado para accionar de forma rotatoria el medio de alojamiento (111) de la máquina herramienta.

7.- Máquina herramienta de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque el sistema de ensayo de la máquina herramienta (100) comprende, además, un medio de ensayo del comportamiento de rodadura, que es adecuado para calcular si un comportamiento de rodadura común de la primera pieza de trabajo (200) y de la segunda pieza de trabajo (300) se desvía de un comportamiento teórico de rodadura de la primera pieza de trabajo (200) y de la segunda pieza de trabajo (300), mientras que la primera pieza de trabajo (200) y la segunda pieza de trabajo (300) son controladas relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) y el segundo dentado (310) de la segunda pieza de trabajo (300) se encuentran engranados y al menos el primer flanco del primer dentado (210) colabora rodando con el primer contra flanco del segundo dentado (310).

8.- Máquina herramienta de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizada** porque el medio de ensayo del comportamiento de rodadura comprende uno o varios registradores acústicos y es adecuado para calcular a través del cálculo de un ruido de rodadura, que aparece a través del accionamiento de la primera pieza de trabajo (200) y de la segunda pieza de trabajo (300), a través de uno o varios registradores acústicos, si un comportamiento de rodadura común de la primera pieza de trabajo (200) y de la segunda pieza de trabajo (300) se desvía de un comportamiento de rodadura teórico de la primera pieza de trabajo (200) y de la segunda pieza de trabajo (300), mientras que la primera pieza de trabajo (200) y la segunda pieza de trabajo (300) son controladas relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) y el segundo dentado (310) de la segunda pieza de trabajo (300) se encuentran engranados y al menos el primer flanco del primer dentado (210) colabora rodando con el primer contra flanco del segundo dentado (310) y/o porque el medio de ensayo del comportamiento de rodadura comprende uno o varios sensores de vibración y que es adecuado para calcular a través del cálculo de vibraciones, que aparecen durante el accionamiento de la primera pieza de trabajo (200) y de la segunda pieza de trabajo (300), a través de uno o varios sensores de vibración si un comportamiento de rodadura común de la primera pieza de trabajo (200) y de la segunda pieza de trabajo (300) se desvía de un comportamiento teórico de rodadura de la primera pieza de trabajo (200) y de la segunda pieza de trabajo (300), mientras que la primera pieza de trabajo (200) y la segunda pieza de trabajo (300) son controladas relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) y el segundo dentado (310) de la segunda pieza de trabajo (300) se encuentran engranados y al menos el primer flanco del primer dentado (210) colabora rodando con el primer contra flanco del segundo dentado (310).

9.- Máquina herramienta de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada** porque la máquina herramienta es adecuada para repasar la primera pieza de trabajo (200) empotrada en el primer medio de empotramiento en la máquina herramienta a través de una herramienta (130) recibida en el dispositivo de control (110) con un medio de alojamiento (111), cuando el sistema de ensayo determina después y/o durante la mecanización de la primera pieza de trabajo (200) en la máquina herramienta (100) que una geometría momentánea, en particular una geometría momentánea de los flancos de los dientes y/o una geometría momentánea de los huecos de los dientes, del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) se desvía de una geometría teórica del dentado, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes, del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200),

10.- Procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo por medio de una o varias herramientas controladas con la ayuda de datos de control a través de mecanización por arranque de virutas en una máquina herramienta (100) de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 1 a 9, con las etapas del procedimiento:

- determinación de una geometría teórica del dentado, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes, del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200), y

- mecanización de una primera pieza de trabajo (200) empotrada en el medio de empotramiento (120) de la máquina herramienta (100), para fabricar un primer dentado (210) sobre la primera pieza de trabajo (200) con la ayuda de la geometría teórica determinada del dentado, en el que la primera pieza de trabajo (200) es una contra pieza para una segunda pieza de trabajo (300) que presenta un segundo dentado (310), de tal manera que un primer flanco de diente de primer dentado (210) forma un contra flanco de un segundo flanco de diente del segundo dentado,

- cálculo después y/o durante la mecanización de la primera pieza de trabajo (200) en una máquina

- herramienta (100) de si una geometría momentánea, en particular una geometría momentánea de los flancos de los dientes y/o una geometría momentánea de los huecos de los dientes, del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) se desvía de una geometría teórica del dentado determinada, en particular de una geometría teórica de los flancos de los dientes y/o de una geometría teórica de los huecos de los dientes, del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200).
- 5 **caracterizado por**
- la recepción de la segunda pieza de trabajo en el medio de alojamiento (111) de la máquina herramienta (100), y
 - el control de la segunda pieza de trabajo (300) recibida en el medio de alojamiento (111) y de la primera
- 10 pieza de trabajo (200) empotrada en el medio de empotramiento (120) relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) y el segundo dentado (310) de la segunda pieza de trabajo (300) se encuentran engranados y al menos un primer flanco del primer dentado (210) colabora con al menos un primer contra flanco del segundo dentado (310).
- 15 11.- Procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado** por una o varias de las etapas del procedimiento:
- exploración mecánica de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) por medio de un explorador de medición (140), para establecer si la geometría momentánea de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) se desvía de la geometría teórica de los
- 20 dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200),
- exploración óptica de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200), para establecer si la geometría momentánea de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) se desvía de la geometría teórica de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200),
 - exploración inductiva de un lado de los flancos de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200), para establecer si la geometría momentánea de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) se desvía de la geometría teórica de los dientes del primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200).
- 25
- 30 12.- Procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, **caracterizado** por ka etapa del procedimiento:
- cálculo del gráfico de contacto de engrane entre el primer flanco del primer dentado (210) y el primer contra flanco del segundo dentado (310) por medio de contacto.
- 35
- 40 13.- Procedimiento para la mecanización de una pieza de trabajo de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por la etapa del procedimiento:
- calculo de si un comportamiento de rodadura común de la primera pieza de trabajo (200) y de la segunda pieza de trabajo (300) se desvía de un comportamiento teórico de rodadura de la primera pieza de trabajo (200) y de la segunda pieza de trabajo (300), mientras que la primera pieza de trabajo (200) y la segunda pieza de trabajo (300) son controladas relativamente entre sí, de tal manera que el primer dentado (210) de la primera pieza de trabajo (200) y el segundo dentado (310) de la segunda pieza de trabajo (300) se encuentran engranados y al menos el primer flanco del primer dentado (210) colabora rodando con el primer contra flanco del segundo dentado (310).
- 45
- 50

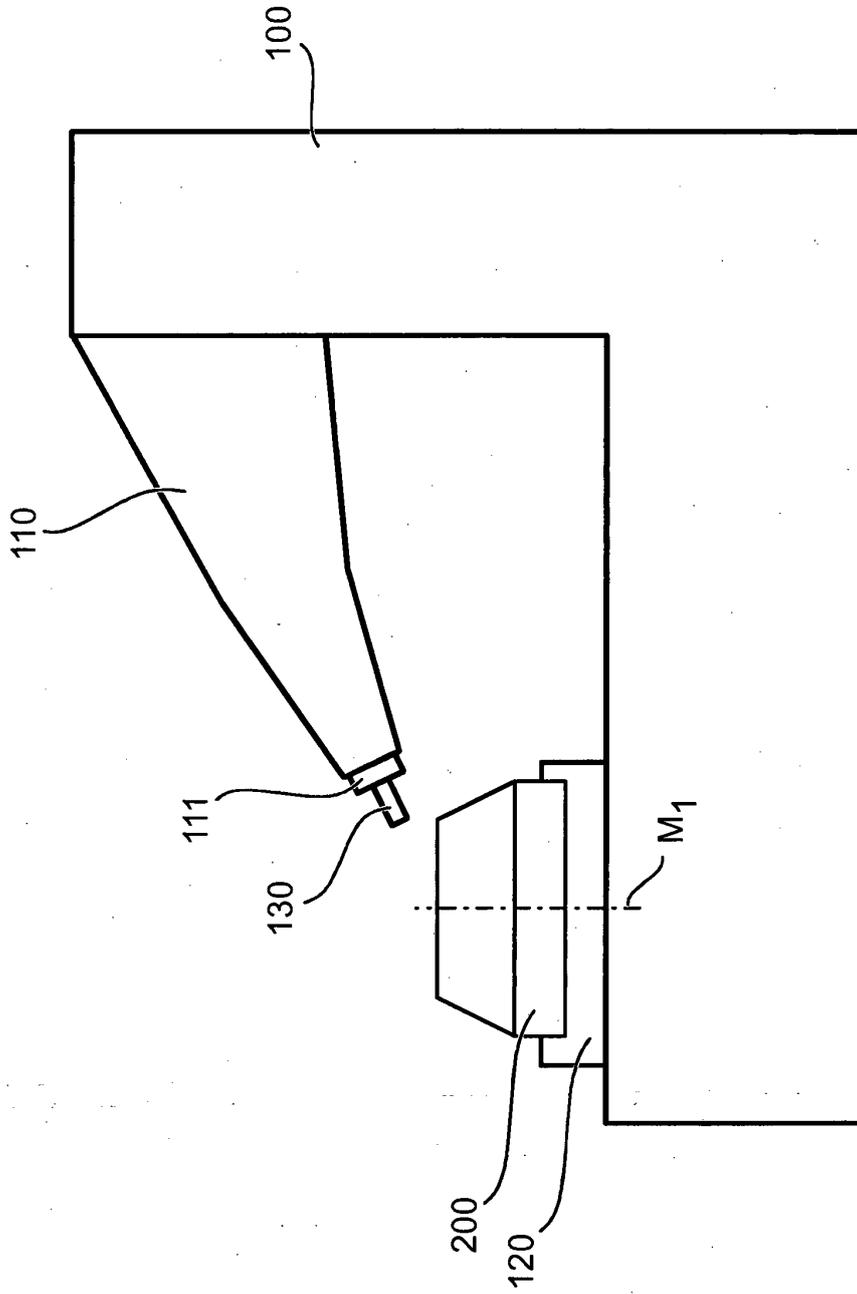


FIG. 1

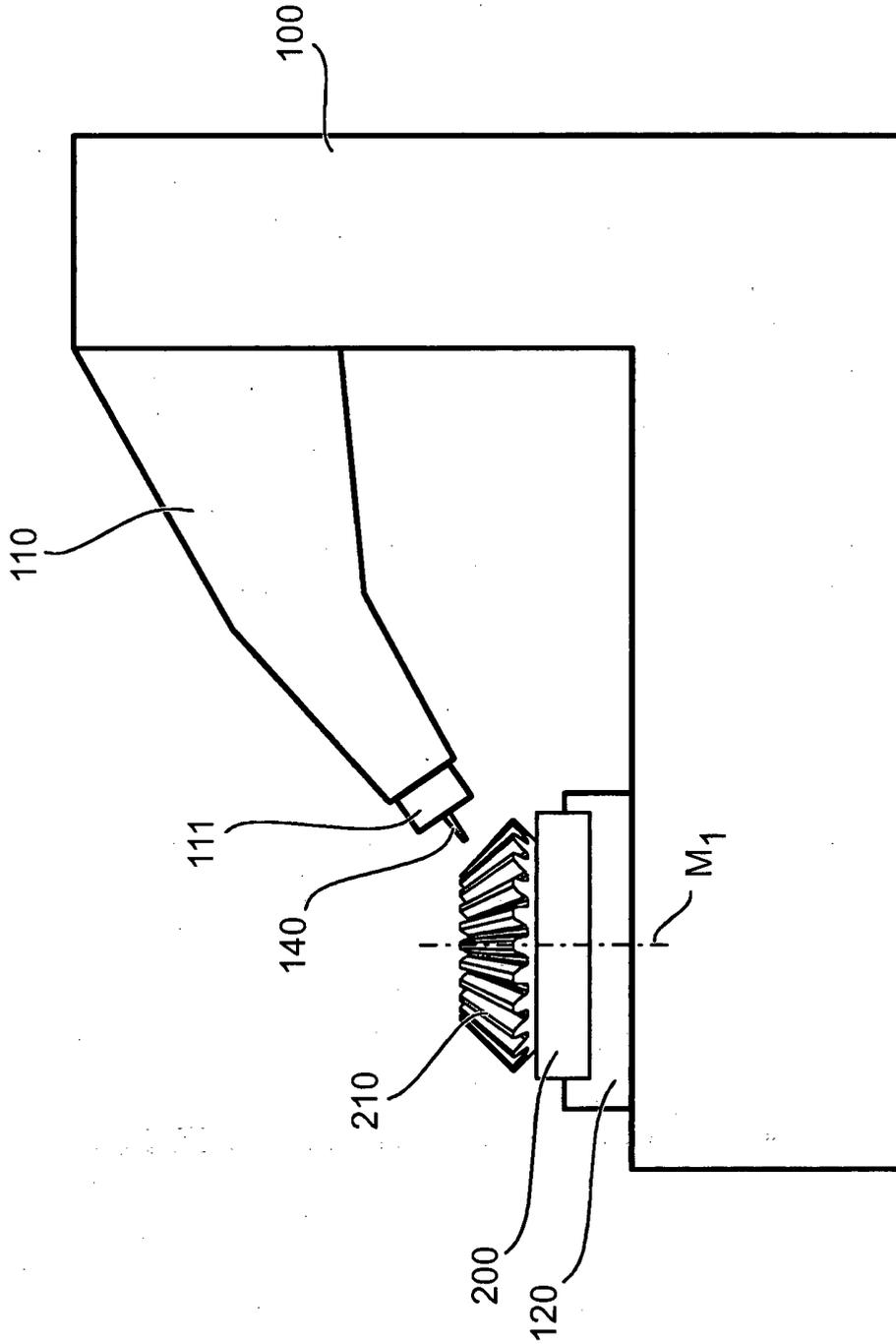


FIG. 2

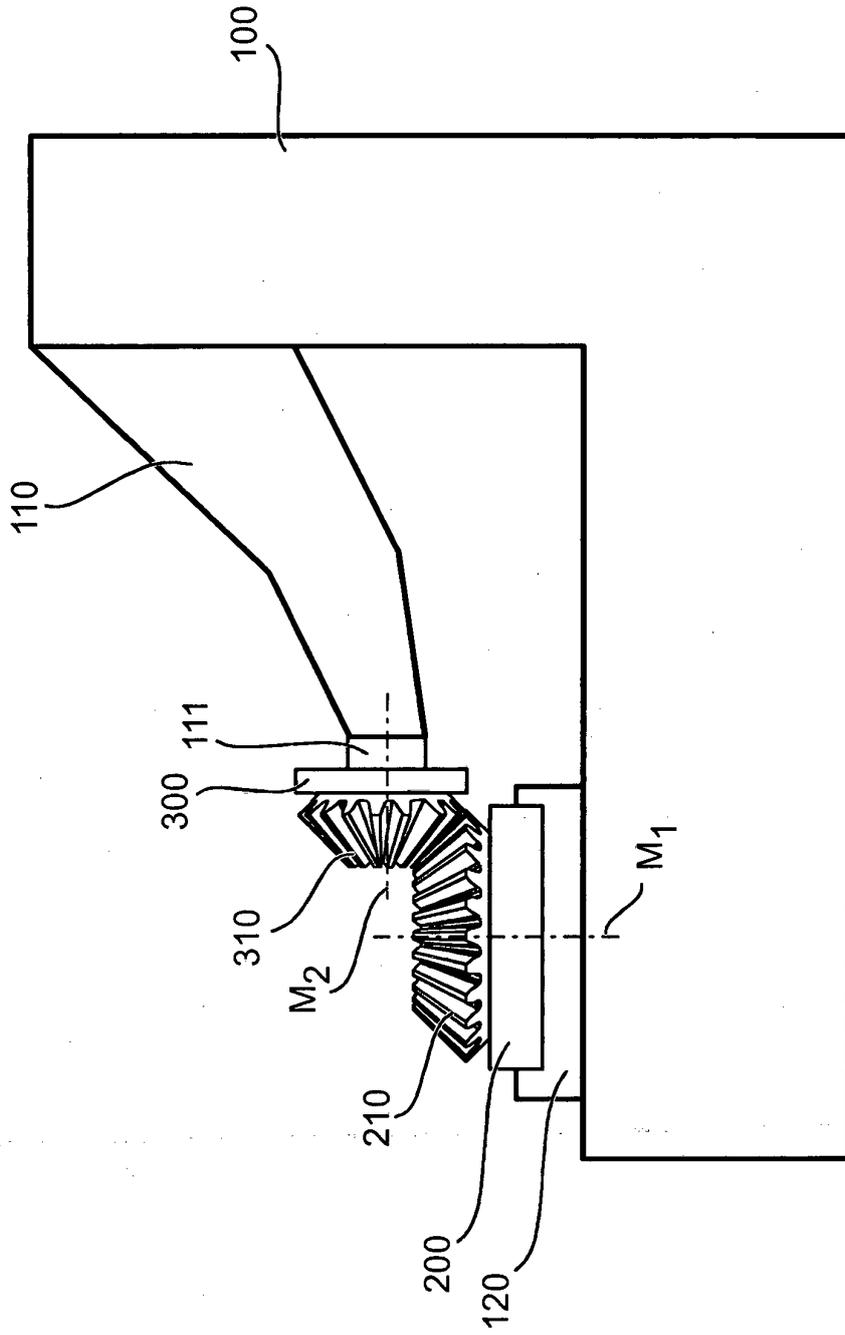


FIG. 3