

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 106**

51 Int. Cl.:

**G05B 19/4097** (2006.01)

**G05B 19/4093** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.04.2010** **E 10158911 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2013** **EP 2237122**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la generación de datos de control para controlar una herramienta en una máquina herramienta**

30 Prioridad:

**06.04.2009 DE 102009016338**

**02.04.2009 DE 102009015934**

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

**28.08.2013**

73 Titular/es:

**DMG ELECTRONICS GMBH (100.0%)**

**DECKEL-MAHO-STRASSE 1**

**87459 PFRONTEN, DE**

72 Inventor/es:

**HAHN, RUDOLF**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 421 106 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento y dispositivo para la generación de datos de control para controlar una herramienta en una máquina herramienta

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la generación de datos de control para controlar una herramienta predeterminada en una máquina herramienta para mecanizar una pieza de trabajo sujeta desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada mediante mecanizado con arranque de virutas.

10 En particular la invención se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la generación de datos de control para controlar una herramienta de fresar predeterminada en una máquina herramienta de control CNC o un centro de mecanizado de control CNC para mecanizar una pieza de trabajo sujeta en la máquina herramienta desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada con una geometría de pieza acabada predeterminada pretendida.

15 **Antecedentes de la invención**

Las máquinas herramienta de control CNC se conocen bien en las más diversas realizaciones a partir del estado de la técnica. En este sentido, CNC ("*Computerized Numerical Control*" (control numérico computarizado)) significa que la máquina herramienta se controla por control numérico, es decir, por medio de un programa de CNC que comprende los datos de control de CNC. La máquina herramienta está equipada con una herramienta que desgasta material de la pieza de trabajo mediante mecanizado con arranque de virutas. El control de la herramienta tiene lugar por medio de un dispositivo de control por medio de los datos de control de CNC del programa de CNC. De este modo se hace posible un procesamiento a máquina preciso de una pieza de trabajo sujeta en la máquina herramienta por medio de los datos de control CNC establecidos.

25 Hoy en día se crean programas de CNC por medio de sistemas de CAM (CAM de "*Computer Aided Manufacturing*" (fabricación asistida por ordenador)) con soporte de software. Un programa de CNC creado comprende datos de control que controlan una herramienta utilizada con respecto a una pieza de trabajo sujeta en la máquina herramienta a lo largo de una trayectoria generada, para desgastar material de la pieza de trabajo al recorrerse la trayectoria.

30 A partir del estado de la técnica se conocen dispositivos y procedimientos para la simulación de un mecanizado de una pieza de trabajo virtual en una máquina herramienta virtual, donde el mecanizado de la pieza de trabajo se visualiza en una unidad de representación, y un usuario puede evaluar la simulación para crear o modificar opcionalmente variaciones de los datos de control para controlar la herramienta.

35 A partir del documento DE 10 2006 043390 A1 del solicitante, se conoce un dispositivo y un procedimiento para la simulación del desarrollo para el mecanizado de una pieza de trabajo en una máquina herramienta para la simulación de desarrollos en máquinas de CNC. El dispositivo comprende unidades de memoria para almacenar datos de máquina herramienta para generar una imagen virtual de una máquina herramienta, para almacenar datos de pieza de trabajo para generar una imagen virtual de una pieza de trabajo y para almacenar datos de material de producción para generar una imagen virtual de un material de producción. Mediante estas unidades se proporcionan los datos necesarios para generar una imagen realista de la máquina herramienta. Esto no sólo incluye una representación de la mesa de herramientas y de la pieza de trabajo, sino también la posibilidad de representar en detalle la situación de sujeción durante la simulación. Así mismo es posible representar la máquina herramienta en distintas configuraciones junto con pieza de trabajo y herramienta. Los datos correspondientes se suministran por las unidades correspondientes a la unidad de simulación global. Por lo tanto existe virtualmente una máquina herramienta equipada con pieza de trabajo y herramienta.

40 A partir del documento EP 0 524 344 A1 se conoce un sistema de programación conversacional interactivo de forma gráfica para generar programas para el control del proceso de mecanizado para una máquina herramienta de CNC. El programa conversacional facilita al usuario u operador, de la manera más sencilla posible, modificar, completar o crear de nuevo, programas de control para una máquina herramienta mediante programación gráfica en forma de diálogo.

55 A partir del documento JP 2001 282331 A se conoce una unidad de simulación de herramienta que es adecuada para simular una herramienta real de una máquina herramienta, donde puede modificarse un control para un mecanizado mediante la herramienta. La simulación del mecanizado mediante la pieza de trabajo se visualiza en una pantalla.

60 A partir del documento US 6 584 373 B1 se conoce un procedimiento para controlar una herramienta de CNC y un sistema de control para controlar una herramienta de CNC para un control en secuencias recurrentes de forma cíclica. El sistema de control comprende una unidad de suministro de datos, una unidad de visualización, una unidad de comprobación de máquina herramienta y una unidad de control NC. A este respecto, la unidad de control NC contiene al menos un programa de NC almacenado para generar una secuencia de movimiento para la herramienta de CNC.

5 El cálculo de la trayectoria del estado de la técnica para una herramienta de control CNC de basa en magnitudes geométricas y se orienta a la geometría de pieza acabada pretendida de la pieza de trabajo. Se generan datos de control de tal manera que el material de la pieza de trabajo se desgasta capa por capa mediante el movimiento adelante y atrás de una herramienta utilizada a lo largo de una trayectoria sencilla, hasta que se consigue el contorno de pieza acabada. Esto se denomina también contorneado línea por línea.

10 El volumen de arranque de virutas a lo largo de una trayectoria de mecanizado (volumen de material desgastado por unidad de tiempo), es decir, la capacidad de arranque de virutas de la herramienta en el material, se determina mediante magnitudes geométricas. Partiendo de la geometría de pieza en bruto se genera en un sistema de CAM una trayectoria de mecanizado que, en el caso de evoluciones del contorno acrílicas de la geometría de pieza de trabajo, es decir evoluciones del contorno que no pongan en peligro la geometría de pieza acabada, se orientan a volúmenes de arranque de virutas estáticos, establecidos en tablas de corte.

15 Con la aproximación al contorno de pieza acabada se generan sólo trayectorias de fresado que con avance constante desgastan el material restante con diferentes herramientas utilizadas siguiendo el contorno de la pieza acabada. El tiempo de mecanizado, es decir, el periodo de tiempo que es necesario para conseguir el contorno de pieza acabada partiendo de la pieza en bruto mediante desgaste de material, se establece por las velocidades de desgaste programadas y la(s) trayectoria(s) de mecanizado establecida(s).

20 Para reducir el tiempo de mecanizado de una pieza de trabajo desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada, los sistemas de CAM, que se conocen del estado de la técnica, generan una o varias trayectorias para una herramienta, que reducen un tiempo de corte en el aire. El tiempo de corte en el aire es el tiempo que se controla una herramienta controlada en la máquina herramienta, sin desgastar material de una pieza de trabajo sujeta.

25 El tiempo de corte en el aire se produce por ejemplo, cuando la herramienta se conduce desde un punto de la pieza de trabajo hasta otro punto de la pieza de trabajo para empezar a desgastar una nueva trayectoria de mecanizado del material, donde durante el tiempo de corte en el aire no se desgasta nada de material de la pieza de trabajo. En contraposición a esto, una trayectoria de mecanizado es una trayectoria a lo largo de cual la herramienta se controla para desgastar material de la pieza de trabajo, es decir una herramienta desgasta material de la pieza de trabajo a lo largo de una trayectoria de mecanizado.

30 El documento EP 0 503 642 A2 describe un procedimiento para generar datos de trayectoria para una herramienta de fresar según el preámbulo de la reivindicación 1. El documento US 2005/126352 A1 muestra un procedimiento para generar datos de trayectoria de manera similar al procedimiento del documento EP 0 503 642 A2. El documento US 2004/128019 A1 muestra un sistema de CAD/CAM para generar datos de control tales como por ejemplo un programa de CNC. El documento EP 0 798 616 A1 muestra un procedimiento para generar datos de trayectoria para una herramienta de fresar, en el que los datos de trayectoria se generan a partir de puntos discretos.

### 40 **Sumario de la invención**

Partiendo del estado de la técnica resulta el objetivo de la presente invención, proporcionar un procedimiento y un dispositivo para la generación de datos de control para controlar una herramienta en una máquina herramienta, que permiten un tiempo de mecanizado reducido en comparación con el estado de la técnica.

45 De acuerdo con la invención este objetivo se resuelve mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 y un dispositivo con las características de la reivindicación 10.

Configuraciones ventajosas y ejemplos de realización preferidos de la invención se describen mediante las reivindicaciones dependientes.

50 La invención se refiere a un procedimiento para la generación de datos de control para controlar una herramienta predeterminada en una máquina herramienta para mecanizar una pieza de trabajo sujeta desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada mediante mecanizado con arranque de virutas, que comprende la etapa de generar datos de trayectoria, que indican qué trayectoria de mecanizado o trayectorias de mecanizado debe recorrer mediante avance al menos una herramienta predeterminada con qué velocidad de avance y con qué orientación de herramienta con respecto a la pieza de trabajo para desgastar material de la pieza de trabajo.

60 De acuerdo con la invención, el procedimiento comprende las etapas de procedimiento de generar datos de modelo de geometría de mecanizado de una geometría de mecanizado de la pieza de trabajo, que describen el estado de desgaste momentáneo de la pieza de trabajo en un instante de mecanizado determinado, proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada, que describen una geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo, generar datos de modelo de geometría de diferencia por medio de una comparación de los datos de modelo de geometría de mecanizado con los datos de modelo de geometría de pieza acabada para determinar una geometría de diferencia entre la geometría de mecanizado y la geometría de pieza acabada, generar datos de trayectoria incluyendo establecer una trayectoria de mecanizado, que debe recorrer una herramienta predeterminada para desgastar material de la geometría de diferencia determinada de la pieza de trabajo mediante avance, por medio de

los datos de modelo de geometría de diferencia generados.

5 De acuerdo con la invención, los datos de trayectoria se generan por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia, donde los datos de trayectoria, adicionalmente a la trayectoria de mecanizado establecida, indican además con qué velocidad de avance y con qué orientación de herramienta de la herramienta predeterminada con respecto a la pieza de trabajo la herramienta predeterminada debe recorrer la trayectoria de mecanizado establecida por medio de la geometría de diferencia.

10 A este respecto, los datos de trayectoria se generan de acuerdo con la invención con la condición de que la herramienta predeterminada, durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado en función de un volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada, desgaste de acuerdo con la invención una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia determinada de la pieza de trabajo por unidad de tiempo.

15 Generar datos de control con el cálculo de trayectoria de mecanizado correspondiente no sólo tiene lugar por lo tanto, tal como en el estado de la técnica, por medio de la geometría de pieza acabada, sino que está orientado adicionalmente al volumen de arranque de virutas (volumen de material desgastado por unidad de tiempo) alcanzado o que puede alcanzarse con una herramienta predeterminada en función de la geometría de diferencia para maximizar el volumen de arranque de virutas en función de la geometría de diferencia.

20 Mediante la etapa de generar datos de modelo de geometría de mecanizado de una geometría de mecanizado de la pieza de trabajo puede determinarse, en cualquier instante del mecanizado de la pieza de trabajo, la geometría momentánea de la pieza de trabajo en este instante, de modo que se conoce el estado de desgaste momentáneo en este instante de mecanizado.

25 La geometría de mecanizado es una geometría de la pieza de trabajo en un instante de mecanizado cualquiera durante el mecanizado de la pieza de trabajo, es decir un estado intermedio entre geometría de pieza en bruto y geometría de pieza acabada. Antes de desgastar material de la pieza de trabajo, antes de que una primera herramienta predeterminada desgaste material de la pieza de trabajo mediante avance, la geometría de mecanizado de la pieza de trabajo es idéntica a la geometría de pieza en bruto y después de que la pieza de trabajo se haya acabado, la geometría de mecanizado es idéntica a la geometría de pieza acabada.

30 Proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada, que describen la geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo, permite una comparación de la geometría de pieza acabada y de la geometría de mecanizado de la pieza de trabajo determinada en la última etapa de procedimiento de acuerdo con la invención. Mediante la comparación pueden determinarse posición, ubicación y geometría del material que aún sobresale de la pieza de trabajo, es decir del material aún a desgastar hasta el acabado de la pieza de trabajo, en un instante de mecanizado determinado, en el que se generan los primeros datos de modelo de geometría de mecanizado. Por lo tanto, los datos de modelo de geometría de diferencia pueden generarse por medio de la comparación de los datos de modelo de geometría de mecanizado con los datos de modelo de geometría de pieza acabada.

35 Esto tiene la ventaja de que en cualquier instante del mecanizado de la pieza de trabajo es posible determinar una geometría de diferencia momentánea de la pieza de trabajo en este instante, que corresponde exactamente al material de la pieza de trabajo aún por desgastar en este instante de mecanizado. Por lo tanto es posible determinar en cada instante del mecanizado qué material debe desgastarse aún de la pieza de trabajo, incluyendo la geometría y la forma del material aún a desgastar.

40 Por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia momentáneos determinados es posible calcular una trayectoria de mecanizado mediante la geometría de diferencia de la pieza de trabajo para el recorrido de la herramienta predeterminada con la condición de que la herramienta predeterminada durante el recorrido de la trayectoria en función de un volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada desgaste una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia determinada de la pieza de trabajo por unidad de tiempo.

45 Junto al cálculo de trayectoria geométrico puro, se generan de acuerdo con la invención los datos de trayectoria de tal manera que establece, adicionalmente a la trayectoria de mecanizado establecida, la velocidad de avance y orientación de herramienta a lo largo de la trayectoria. La velocidad de avance es a este respecto un parámetro importante del que depende el volumen de arranque de virutas real conseguido durante el recorrido de la trayectoria por la herramienta predeterminada, dado que una mayor velocidad de avance lleva directamente a un mayor volumen de arranque de virutas.

50 El volumen de arranque de virutas que puede conseguirse al recorrerse la trayectoria depende además de la orientación de la herramienta con respecto a la dirección de avance. Otros parámetros que determinan el volumen de arranque de virutas que puede conseguirse y pueden tenerse en cuenta en el establecimiento de la trayectoria de mecanizado, son además de parámetros de máquina herramienta tales como potencia de husillo o valor de avance de los ejes, por ejemplo también el material de la pieza de trabajo, el diámetro y la altura de la herramienta y/o el

número de filos cortantes de la herramienta.

5 El volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada representa de acuerdo con la invención la condición en el cálculo de trayectoria. Es el volumen de material admisible como máximo, que puede desgastarse por unidad de tiempo por la herramienta predeterminada y por lo tanto indica un límite superior para el volumen de arranque de virutas real que puede conseguirse al desgastarse material de la pieza de trabajo.

10 El volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada es una propiedad específica de herramienta que depende de las propiedades geométricas y del material de la herramienta y que puede depender adicionalmente del material de la pieza de trabajo sujeta.

15 Con ello resulta una reducción óptima del tiempo de mecanizado, cuando al desgastarse material mediante avance de la herramienta predeterminada a lo largo de la trayectoria de mecanizado calculada, en la medida de lo posible, en cualquier punto de la trayectoria de mecanizado se consigue el volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada.

20 Mediante el procedimiento de la presente invención se consigue una reducción considerable del tiempo de mecanizado total en comparación con procedimientos convencionales, en los que las trayectorias se generan sólo por medio de la geometría de pieza acabada, dado que con el procedimiento de acuerdo con la invención, el cálculo de trayectoria tiene lugar adicionalmente a la consideración de la geometría de pieza acabada orientado al volumen de arranque de virutas y por medio de una geometría de diferencia momentánea.

25 Preferiblemente el procedimiento comprende además la etapa de seleccionar una herramienta de la máquina herramienta con un volumen de arranque de virutas máximo comparativamente alto en función de los datos de modelo de geometría de diferencia como herramienta predeterminada.

30 Esto tiene la ventaja de que durante un mecanizado de la pieza de trabajo en una máquina herramienta, que comprende varias herramientas con diferentes volúmenes de arranque de virutas máximos y diferentes propiedades de herramienta, puede seleccionarse una herramienta como herramienta predeterminada para recorrer la trayectoria calculada en función de las circunstancias de la geometría de diferencia momentánea determinada, de modo que pueda conseguirse un volumen de arranque de virutas lo más alto posible al recorrerse una trayectoria establecida. Como herramienta predeterminada no se determina en este caso necesariamente la herramienta con el mayor volumen de arranque de virutas máximo, sino que se determina una herramienta que, dependiendo de la geometría de diferencia momentánea determinada, puede conseguir un volumen de arranque de virutas lo más grande posible óptimo.

40 Preferiblemente las etapas de generar datos de modelo de geometría de mecanizado de la pieza de trabajo en un instante de mecanizado determinado, generar datos de modelo de geometría de diferencia por medio de una comparación de los datos de modelo de geometría de mecanizado con los datos de modelo de geometría de pieza acabada y generar datos de trayectoria se repiten continuamente en este orden, generándose con una primera repetición de las etapas al menos segundos datos de modelo de geometría de mecanizado de una segunda geometría de mecanizado de la pieza de trabajo y segundos datos de modelo de geometría de diferencia en un segundo instante de mecanizado determinado, después de que la al menos una herramienta predeterminada haya recorrido una primera trayectoria de mecanizado establecida por medio de los primeros datos de trayectoria, estableciéndose por medio de los segundos datos de modelo de geometría de diferencia al menos una segunda trayectoria de mecanizado mediante la generación de segundos datos de trayectoria, que se generan preferiblemente con la condición de que una herramienta predeterminada para la segunda trayectoria de mecanizado, durante el recorrido de la segunda trayectoria de mecanizado en función de un volumen de arranque de virutas máximo de esta herramienta predeterminada, desgaste una parte grande como máximo del volumen de la segunda geometría de diferencia determinada de la pieza de trabajo por unidad de tiempo.

55 Esto tiene la ventaja de que una pieza de trabajo puede mecanizarse en una pluralidad de etapas de mecanizado desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada mediante desgaste de material, donde la pluralidad de etapas de mecanizado comprende el recorrido de una pluralidad de trayectorias de mecanizado. Por lo tanto, después del recorrido de una trayectoria de mecanizado puede detectarse una nueva geometría de mecanizado actual de la pieza de trabajo, para determinar una nueva geometría de diferencia actual, de modo que se establece una trayectoria de mecanizado siguiente mediante los datos de trayectoria por medio de la nueva geometría de diferencia actual de la pieza de trabajo. Por lo tanto, de acuerdo con la invención en cualquier instante de mecanizado al recorrerse las trayectorias de mecanizado de las etapas de mecanizado puede conseguirse un volumen de arranque de virutas lo más grande posible.

65 Dado que una herramienta predeterminada, durante el mecanizado de la pieza de trabajo en varias etapas de mecanizado, que comprenden el recorrido de varias trayectorias de mecanizado, es necesario controlar la herramienta predeterminada en cada caso desde un punto final de una trayectoria de mecanizado hasta un punto de partida de la trayectoria de mecanizado siguiente, en caso de que las trayectorias de mecanizado no estén unidas directamente y una trayectoria de mecanizado siga a la trayectoria de mecanizado previa. A este respecto puede

ocasionarse tiempo de corte en el aire, que acaba en el tiempo de mecanizado global de la pieza de trabajo.

Por lo tanto, resulta una posibilidad especialmente ventajosa para una reducción considerable del tiempo de mecanizado, cuando los datos de control del mecanizado de la pieza de trabajo se genera una combinación del procedimiento orientado al volumen de arranque de virutas de acuerdo con la invención con una minimización adicional del tiempo de corte en el aire, estableciéndose trayectorias de mecanizado para desgastar material según el procedimiento de acuerdo con la invención y minimizándose adicionalmente un tiempo de corte en el aire, es decir el tiempo del movimiento de de una herramienta desde un punto final de una trayectoria de mecanizado y el punto de partida de una trayectoria de mecanizado siguiente. A este respecto, la pluralidad de trayectorias de mecanizado se determinan adicionalmente con la condición de que un tiempo de corte en el aire durante el control de la herramienta desde un punto final de una trayectoria de mecanizado hasta un punto de partida de una trayectoria de mecanizado siguiente sea mínimo, en caso de que las trayectorias de mecanizado no estén unidas.

Preferiblemente el procedimiento comprende, para la generación de datos de control, adicionalmente la etapa de procedimiento de proporcionar datos de almacenamiento de herramientas, que describen el almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta y que indican qué propiedades de herramienta tienen las herramientas del almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta y preferiblemente la etapa de procedimiento de seleccionar una herramienta predeterminada se realiza con volumen de arranque de virutas máximo comparativamente alto en función de los datos de modelo de geometría de diferencia momentáneos como herramienta predeterminada en cada caso para una trayectoria de mecanizado siguiente. Adicionalmente, el procedimiento de la presente invención puede comprender opcionalmente la etapa de procedimiento de establecer un cambio de herramienta de la herramienta predeterminada hasta el momento con una herramienta predeterminada seleccionada para la trayectoria de mecanizado siguiente en función del almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta, cuando para la trayectoria de mecanizado siguiente se selecciona una herramienta a partir del almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta distinta de la herramienta predeterminada hasta el momento como la herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado siguiente.

Esto tiene la ventaja de que durante un mecanizado de la pieza de trabajo en una pluralidad de etapas de mecanizado para cada una de las trayectorias de mecanizado establecidas puede seleccionarse una herramienta óptima como herramienta predeterminada y opcionalmente la herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado recorrida en la etapa de mecanizado anterior puede cambiarse por una herramienta seleccionada como herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado siguiente en la etapa de mecanizado siguiente.

Preferiblemente la máquina herramienta comprende un dispositivo de control para controlar la al menos una herramienta predeterminada, permitiendo el dispositivo de control el control de la herramienta con respecto a la pieza de trabajo sujeta con un movimiento de herramienta libre tridimensional y una orientación de herramienta libre alrededor de al menos 5 ejes, y generándose los datos de trayectoria preferiblemente con la condición adicional de que la al menos una herramienta predeterminada al recorrer una trayectoria de mecanizado establecida por medio de la geometría de diferencia momentánea modifica la dirección de avance, la velocidad de avance y/o la orientación con respecto a la pieza de trabajo sujeta en función de la geometría de diferencia momentánea.

Esto tiene la ventaja de que la orientación de herramienta con respecto a la pieza de trabajo puede moverse libremente, comprendiendo los al menos 5 ejes del dispositivo de control de la máquina herramienta preferiblemente 3 ejes lineales y 2 ejes de rotación para permitir una movilidad y orientabilidad especialmente libres ventajosas y de la herramienta. Mediante la guía de herramienta libre que resulta de ello con respecto a la pieza de trabajo sujeta son posibles, además de evoluciones de trayectoria rectilíneas, una pluralidad de evoluciones de trayectoria de mecanizado curvilíneas geoméricamente complejas para la herramienta predeterminada mediante la geometría de diferencia de la pieza de trabajo. De este modo puede seleccionarse una evolución de trayectoria de mecanizado que maximice el volumen de arranque de virutas que puede conseguirse a lo largo de la evolución de trayectoria.

La variabilidad de la velocidad de avance y dirección de avance de la herramienta tiene por lo tanto la ventaja de que una trayectoria puede calcularse de tal manera que pueden controlarse las variaciones de la velocidad de avance y dirección de avance de la herramienta predeterminada a lo largo de la trayectoria de modo que puede conseguirse un volumen de arranque de virutas real lo más grande posible. A este respecto se genera una velocidad de avance, dirección de avance y orientación de herramienta preferiblemente siempre con la condición de que el volumen de arranque de virutas se maximice en función del volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada, no desgastándose adicionalmente nada de material de la geometría de pieza acabada. En este sentido, preferiblemente puede modificarse continuamente a lo largo de la trayectoria la velocidad de avance y dirección de avance en función de la geometría de diferencia.

Los datos de trayectoria pueden generarse adicionalmente en función de parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas admisibles de la máquina herramienta, de tal manera que no se superen los parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas máximos de la máquina herramienta al recorrerse una trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria por una herramienta predeterminada.

5 Esto tiene la ventaja de que no se calcula ninguna trayectoria que supere los parámetros de rendimiento admisibles de la máquina herramienta y/o sobrecargue las propiedades cinéticas de la máquina herramienta. Los parámetros de rendimiento y las propiedades cinéticas de la máquina herramienta son por ejemplo rendimiento de los husillos, rendimiento de avance de los ejes lineales, rendimiento de los ejes de rotación, valores de avance cinemáticamente admisibles en ejes lineales y ejes de rotación, aceleración de avance y/o una carga admisible como máximo de medios de sujeción o elementos del dispositivo de control de la máquina herramienta mediante fuerzas y/o momentos de giro.

10 Adicionalmente pueden generarse los datos de trayectoria en función de uno o varios valores de carga máximos de la al menos una herramienta predeterminada, de tal manera que una carga de la herramienta predeterminada al recorrerse una trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria no supere el o los valor(es) de carga máximo(s) de la herramienta predeterminada.

15 Esto tiene la ventaja de que con el cálculo de trayectoria de mecanizado junto con la especificación de la optimización del volumen de arranque de virutas adicionalmente como condición no deben superarse uno o varios valores de carga máximos de la herramienta y por lo tanto siempre se calcula una trayectoria y se generan datos de trayectoria, de modo que no se superan el o los valores de carga admisibles máximos de la herramienta. Una carga de la herramienta se refiere en este caso a fuerzas y momentos de giro, que actúan durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado establecida sobre la herramienta predeterminada. Por lo tanto, puede evitarse un daño de la herramienta, dado que no se establece ninguna trayectoria de mecanizado ni datos de trayectoria de modo que se superen el o los valores de carga admisibles como máximo de la pieza de trabajo predeterminada.

25 Preferiblemente el procedimiento de la presente invención comprende la etapa de procedimiento repetida continuamente de generar datos de modelo de geometría de máquina herramienta, donde los datos de modelo de geometría de máquina herramienta describen una geometría de máquina herramienta momentánea en un instante de mecanizado determinado de la pieza de trabajo, donde la geometría de máquina herramienta momentánea preferiblemente comprende una orientación relativa y posición relativa momentáneas de la herramienta predeterminada, de elementos del dispositivo de control y de medios de sujeción de la máquina herramienta para sujetar la pieza de trabajo en un instante de mecanizado determinado, donde los datos de trayectoria se establecen además preferiblemente por medio de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta y/o por medio de 30 una comparación de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta con los datos de modelo de geometría de mecanizado en el instante de mecanizado determinado con la condición adicional de que se impida una colisión de elementos de la máquina herramienta con elementos de la máquina herramienta y de elementos de la máquina herramienta, aparte de la herramienta predeterminada, con la pieza de trabajo al recorrerse la trayectoria de mecanizado por la al menos una herramienta predeterminada.

40 Esto tiene la ventaja de que se realiza un ensayo de colisión de previsión. Por lo tanto no se establece ninguna trayectoria de mecanizado que al recorrerse la trayectoria por la herramienta predeterminada lleve a una colisión de elementos del dispositivo de control con medios de sujeción de la máquina herramienta, con la pieza de trabajo o con otros elementos de la máquina herramienta. Sólo la herramienta predeterminada controlada por el dispositivo de control entra, junto con los medios de sujeción de la máquina herramienta, en contacto con la pieza de trabajo a mecanizar. Este ensayo de colisión de previsión es ventajoso en particular debido al desarrollo de trayectoria de mecanizado de acuerdo con la invención curvilíneo y opcionalmente complicado en función de la geometría de diferencia con dirección de avance, velocidad de avance y/u orientación de herramienta que varían opcionalmente de manera continua.

50 Preferiblemente, los datos de modelo son adecuados en cada caso para generar un modelo 3D virtual respectivo de la geometría de pieza en bruto de la pieza de trabajo, de la geometría de mecanizado de la pieza de trabajo, de la geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo, de la geometría de diferencia y/o de la máquina herramienta.

55 Esto tiene la ventaja de que los datos de modelo generados y proporcionados en un modelo 3D virtual de la geometría respectiva pueden representarse visualmente. Por lo tanto puede mostrarse visualmente a un operario humano el estado de mecanizado respectivo de la pieza de trabajo o pueden mostrarse visualmente las geometrías respectivas individualmente o en combinación. Además es también posible mostrar visualmente al operario humano una trayectoria de mecanizado establecida mediante la geometría de diferencia o geometría de mecanizado visualizada, de modo que el operario humano puede examinar esta trayectoria de mecanizado establecida y opcionalmente intervenir variándola.

60 Preferiblemente los datos de trayectoria se generan por medio de una simulación del mecanizado de una pieza de trabajo virtual mediante una o varias herramientas virtuales predeterminadas en una máquina herramienta virtual, donde la simulación comprende preferiblemente las etapas generar de un modelo 3D virtual de la pieza de trabajo en el estado en bruto, generar primeros datos de trayectoria incluyendo establecer una primera trayectoria de mecanizado para una herramienta predeterminada virtual, simular el recorrido de la primera trayectoria de mecanizado establecida por medio de los primeros datos de trayectoria generados mediante la herramienta predeterminada virtual, generar datos de modelo de geometría de mecanizado de un modelo 3D virtual de una geometría de mecanizado de la pieza de trabajo virtual, que describen un estado de desgaste virtual de la pieza de 65

trabajo en un instante de mecanizado, después de que el recorrido de la primera trayectoria de mecanizado establecida se simulara mediante una herramienta predeterminada virtual, proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada de un modelo 3D virtual de la geometría de pieza acabada, que describen una geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo virtual, generar datos de modelo de geometría de diferencia, que describen una geometría de diferencia del material, que debe desgastarse aún de la pieza de trabajo virtual para conseguir la geometría de pieza acabada, y generar segundos datos de trayectoria incluyendo establecer una segunda trayectoria de mecanizado por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia, donde los datos de trayectoria se generan con la condición de que la herramienta predeterminada virtual con la simulación del recorrido de la segunda trayectoria de mecanizado en función de un volumen de arranque de virutas máximo para la herramienta predeterminada desgaste una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia de la pieza de trabajo por unidad de tiempo.

Esto tiene la ventaja de que las trayectorias de mecanizado y los datos de trayectoria correspondientes pueden establecerse mediante simulación de una máquina herramienta virtual. Una máquina herramienta virtual para simular un desarrollo para el mecanizado de una pieza de trabajo en una máquina herramienta para la simulación de desarrollos en máquinas de CNC se describe en el documento DE 10 2006 043390 A1, cuya divulgación se adopta como referencia en la presente solicitud.

Mediante una simulación del mecanizado de una pieza de trabajo puede superarse también especialmente un gran tráfico de datos mediante las grandes cantidades de datos de los datos de modelo 3D especialmente, dado que en cada caso pueden simularse y/o almacenarse etapas intermedias o etapas de mecanizado individuales. Además, una simulación permite a un operario una intervención subjetiva en el proceso de mecanizado simulado mediante especificación o modificación de parámetros de simulación. Opcionalmente, el mecanizado global de la pieza de trabajo puede simularse con diferentes herramientas predeterminadas o diferentes cambios de herramienta.

Pueden simularse ejemplo diferentes estrategias de mecanizado, donde las estrategias de mecanizado respectivas pueden compararse entre sí por medio de la simulación, de modo que puede seleccionarse una estrategia de mecanizado óptima. La estrategia de mecanizado comprende por ejemplo las o la herramienta predeterminada, cambio de herramienta establecido, puntos de partida y finales de trayectorias de mecanizado, que opcionalmente pueden predeterminarse subjetivamente por el operario.

Por lo tanto es posible un mecanizado óptimo de la pieza de trabajo mediante simulación y modificación iterativa en el mecanizado óptimo con un tiempo de mecanizado reducido de manera óptima. La simulación requiere que el recorrido de una trayectoria de mecanizado establecida pueda simularse por medio de datos de trayectoria mediante una herramienta predeterminada virtual, donde se calcula el volumen de arranque de virutas a lo largo de la trayectoria de mecanizado.

Una simulación le permite a un operario opcionalmente además una intervención subjetiva en el proceso de mecanizado simulado, seleccionar de manera subjetiva una nueva herramienta, adaptar o modificar de manera subjetiva un programa de mecanizado de CNC, donde pueden representarse visualmente al operario estados intermedios del proceso de mecanizado, de modo que puede evaluar el proceso de mecanizado y los estados intermedios correspondientes. Opcionalmente, el operario, en estados intermedios determinados, en función de la geometría de diferencia correspondiente, puede adaptar una estrategia de mecanizado. La simulación puede utilizarse opcionalmente de manera adicional con respecto a parámetros relevantes para la seguridad, para examinar el proceso de mecanizado simulado desde el punto de vista de la técnica de seguridad.

Preferiblemente, los datos de trayectoria se generan además de tal manera que se establece una trayectoria de mecanizado en una pluralidad de fragmentos de trayectoria de mecanizado interconectados, donde en función de la geometría de diferencia se determina un punto de partida de trayectoria de mecanizado, donde partiendo del punto de partida de trayectoria de mecanizado en función de la geometría de diferencia se establece un primer fragmento de trayectoria de mecanizado, y donde partiendo de un punto final de cada uno de la pluralidad de fragmentos de trayectoria de mecanizado interconectados en función de la geometría de diferencia se establece un fragmento de trayectoria de mecanizado adicional, que maximiza el volumen de arranque de virutas partiendo del punto final del fragmento de trayectoria de mecanizado previo, donde a lo largo del primer fragmento de mecanizado y de los fragmentos de mecanizado adicionales no se desgasta nada de material a partir de la geometría de pieza acabada.

Esto tiene la ventaja de que puede establecerse una trayectoria de mecanizado, que está establecida en cada punto final de un fragmento, con la condición de que una herramienta predeterminada al recorrerse la trayectoria establecida por medio de los datos de trayectoria generados maximiza el volumen de arranque de virutas en función del volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada. A este respecto, los fragmentos de trayectoria de mecanizado se establecen preferiblemente tan cortos que dirección de avance, velocidad de avance y/u orientación de herramienta pueden adaptarse lo mejor posible tras cortos fragmentos de trayectoria de mecanizado a las circunstancias de la geometría de diferencia, con la condición de, en función de la geometría de diferencia, establecer un fragmento de trayectoria de mecanizado adicional, de modo que se maximice el volumen de arranque de virutas. Por lo tanto puede establecerse una trayectoria de mecanizado global, que esté establecida

de manera optimizada en cuanto al volumen de desprendimiento de virutas en cada punto de la trayectoria de mecanizado, dado que el desarrollo de trayectoria óptimo de acuerdo con la invención está establecido mediante optimización iterativa y establecimiento en fragmentos de trayectoria parcial optimizados de manera orientada en cuanto al volumen de arranque de virutas.

5 Para la realización del procedimientos según la presente invención se proporciona de acuerdo con la invención un dispositivo para la generación de datos de control para controlar una herramienta predeterminada en una máquina herramienta para mecanizar una pieza de trabajo sujeta desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada mediante mecanizado con arranque de virutas. El dispositivo comprende una unidad de generación de datos de trayectoria para generar repetidamente datos de trayectoria, que indican que al menos una trayectoria de mecanizado debe recorrer mediante avance al menos una herramienta predeterminada para desgastar material de la pieza de trabajo.

15 De acuerdo con la invención el dispositivo para la generación de datos de control comprende una unidad de generación de datos de modelo de geometría de mecanizado para la generación de primeros datos de modelo de geometría de mecanizado de una geometría de mecanizado de la pieza de trabajo, que describen el estado de desgaste momentáneo de la pieza de trabajo en un instante de mecanizado determinado, una unidad de provisión de geometría de pieza acabada para proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada, que describen una geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo, una unidad de generación de datos de modelo de geometría de diferencia para la generación de datos de modelo de geometría de diferencia por medio de una comparación de los datos de modelo de geometría de mecanizado con los datos de modelo de geometría de pieza acabada para determinar una geometría de diferencia momentánea entre la geometría de mecanizado y la geometría de pieza acabada, y una unidad de generación de datos de trayectoria para la generación de datos de trayectoria incluyendo establecer una trayectoria de mecanizado, que debe recorrer una herramienta predeterminada para desgastar material de la geometría de diferencia momentánea determinada de la pieza de trabajo mediante avance por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia momentáneos generados, con la condición de que la herramienta predeterminada durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado en función de un volumen de arranque de virutas máximo para la herramienta predeterminada desgaste una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia de la pieza de trabajo por unidad de tiempo.

30 Preferiblemente el dispositivo comprende además una unidad de detección de parámetros de máquina herramienta para detectar parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas admisibles de la máquina herramienta, donde la unidad de generación de datos de trayectoria genera los datos de trayectoria con la condición adicional de que no se superen los parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas máximos de la máquina herramienta al recorrerse una trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria por una herramienta predeterminada.

40 Esto tiene la ventaja de que pueden detectarse parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas admisibles como máximo de la máquina herramienta, donde entonces pueden establecerse las trayectorias de mecanizado y los datos de trayectoria de tal manera que no se superen los parámetros de rendimiento y propiedades cinéticas detectados.

45 Preferiblemente el dispositivo comprende además una unidad de detección de propiedades de herramienta para detectar propiedades de herramienta de la herramientas de la máquina herramienta, donde las propiedades de herramienta comprenden uno o varios valores de carga máximos de las herramientas, y donde la unidad de generación de datos de trayectoria genera los datos de trayectoria con la condición adicional, que uno o varios valores de carga de la herramienta predeterminada al recorrerse una trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria no superan el o los valores de carga máximos de la herramienta predeterminada.

50 Esto tiene la ventaja de que se conocen uno o varios valores de carga máximos de la herramienta predeterminada, donde pueden establecerse entonces las trayectorias de mecanizado y los datos de trayectoria de tal manera que no se superen el o los valores de carga máximos de la herramienta predeterminada al recorrerse la trayectoria de mecanizado por medio de los datos de trayectoria generados.

55 Preferiblemente el dispositivo comprende además una unidad de detección de almacenamiento de herramientas para detectar el almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta, una unidad de selección de herramienta para seleccionar una herramienta con volumen de arranque de virutas máximo comparativamente alto en función de los datos de modelo de geometría de diferencia momentáneos como herramienta predeterminada para una trayectoria de mecanizado siguiente y una unidad de establecimiento de cambio de herramienta para establecer un cambio de herramienta de la herramienta predeterminada hasta el momento con una herramienta predeterminada seleccionada para la trayectoria de mecanizado siguiente en función del almacenamiento de herramientas detectado de la máquina herramienta, donde la unidad de establecimiento de cambio de herramienta preferiblemente establece un cambio de herramienta, cuando para la trayectoria de mecanizado siguiente se selecciona una herramienta a partir del almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta diferente de la herramienta predeterminada hasta el momento por la unidad de determinación de herramienta como herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado siguiente.

5 Esto tiene la ventaja de que puede detectarse la situación de almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta, de modo que se conocen las herramientas disponibles y las propiedades de herramienta correspondientes (por ejemplo el volumen de arranque de virutas máximo). Por lo tanto puede seleccionarse la herramienta respectiva como herramienta predeterminada, para la que pueden establecerse una trayectoria de mecanizado y los datos de trayectoria correspondientes con volumen de arranque de virutas óptimo, es decir que puede conseguirse lo más grande posible a lo largo de la trayectoria. Además, durante un mecanizado en varias etapas de mecanizado puede cambiarse entre dos etapas de mecanizado la herramienta predeterminada por otra herramienta, cuando esto permite un mayor volumen de arranque de virutas.

10 Preferiblemente el dispositivo comprende una unidad de generación de datos de modelo de geometría de máquina herramienta para la generación de datos de modelo de geometría de máquina herramienta, que describen una geometría de máquina herramienta momentánea en un instante de mecanizado determinado de la pieza de trabajo, donde la geometría de máquina herramienta comprende preferiblemente una orientación y posición momentáneas de la herramienta predeterminada, de elementos del dispositivo de control y de medios de sujeción de la máquina  
15 herramienta para sujetar la pieza de trabajo. En este sentido se generan entonces los datos de trayectoria preferiblemente por medio de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta y/o por medio de una comparación de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta con los datos de modelo de geometría de mecanizado en el instante de mecanizado determinado con la condición adicional de que se impida una colisión de elementos de la máquina herramienta con elementos de la máquina herramienta y de elementos de la máquina  
20 herramienta, aparte de la herramienta predeterminada, con la pieza de trabajo al recorrerse la trayectoria de mecanizado por la al menos una herramienta predeterminada.

25 Esto tiene la ventaja de que adicionalmente a la geometría de la pieza de trabajo se conoce o puede determinarse también una geometría momentánea de la máquina herramienta en un instante determinado durante el mecanizado de la pieza de trabajo, donde la geometría de máquina herramienta momentánea comprende en especial la ubicación y/o posición momentáneas de elementos móviles de la máquina herramienta, tales como la ubicación y/o posición de elementos del dispositivo de control o de medios de sujeción. De esta manera puede determinarse preferiblemente también una ubicación y/o posición relativas entre elementos de la máquina herramienta con otros elementos de la máquina herramienta, tal como por ejemplo entre elementos del dispositivo de control con medios  
30 de sujeción.

Además resulta la ventaja de que se permite una comparación de la geometría de máquina herramienta con la geometría de mecanizado de la pieza de trabajo en un instante cualquiera durante el mecanizado de la pieza de trabajo. Por lo tanto puede determinarse una ubicación o posición relativas de la pieza de trabajo sujeta de  
35 elementos de la máquina herramienta, tal como en especial elementos móviles de la máquina herramienta, así como por ejemplo del dispositivo de control o medios de sujeción.

Además resulta la ventaja de que mediante una comparación de la geometría de máquina herramienta momentánea y de la geometría de mecanizado de la pieza de trabajo puede realizarse un cálculo de trayectoria de modo que al  
40 recorrerse la trayectoria por la herramienta predeterminada no tenga lugar ninguna colisión entre elementos de la máquina herramienta con elementos de la máquina herramienta y/o con la pieza de trabajo sujeta.

Por lo tanto sólo pueden calcularse trayectorias que permitan un recorrido sin colisión de la trayectoria por la herramienta predeterminada. En especial pueden evitarse colisiones entre elementos del dispositivo de control con  
45 medios de sujeción y colisiones entre elementos del dispositivo de control con la pieza de trabajo sujeta.

Preferiblemente el dispositivo comprende además una unidad de representación para la representación visual de un modelo 3D virtual de la geometría de pieza en bruto, de un modelo 3D virtual de la geometría de mecanizado, de un modelo 3D virtual de la geometría de pieza acabada, de un modelo 3D virtual de la geometría de diferencia y/o de un  
50 modelo 3D virtual de la máquina herramienta.

Esto tiene la ventaja de que en cualquier instante del proceso de mecanizado de la pieza de trabajo en la máquina herramienta puede mostrarse visualmente a un operario humano para examinar la geometría de pieza en bruto, geometría de mecanizado, geometría de pieza acabada y/o geometría de diferencia de la pieza de trabajo y/o la  
55 geometría de máquina herramienta.

Preferiblemente la unidad de generación de datos de trayectoria genera los datos de trayectoria por medio de una simulación del mecanizado de una pieza de trabajo virtual en una máquina herramienta virtual, donde el dispositivo comprende además preferiblemente una unidad de simulación de mecanizado para simular el recorrido de una  
60 trayectoria de mecanizado establecida por datos de trayectoria generados por la unidad de generación de datos de trayectoria por una herramienta predeterminada virtual. Preferiblemente, la unidad de generación de datos de modelo de geometría de mecanizado de datos de modelo de geometría de mecanizado de un modelo 3D virtual de una geometría de mecanizado de la pieza de trabajo virtual, que describen un estado de desgaste virtual de la pieza de trabajo en un instante de mecanizado cualquiera, después de que el recorrido de una primera trayectoria de mecanizado establecida mediante una herramienta predeterminada virtual se simulara por la unidad de simulación  
65 de mecanizado.

Preferiblemente, la unidad de provisión de geometría de pieza acabada proporciona datos de modelo de geometría de pieza acabada de un modelo 3D virtual de la geometría de pieza acabada, que describen una geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo virtual, donde la unidad de generación de datos de modelo de geometría de diferencia genera preferiblemente datos de modelo de geometría de diferencia, que describen una geometría de diferencia del material, que debe desgastarse aún de la pieza de trabajo virtual para conseguir la geometría de pieza acabada.

Preferiblemente, la unidad de generación de datos de trayectoria genera segundos datos de trayectoria, que establecen una segunda trayectoria de mecanizado, por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia con la condición de que la herramienta predeterminada virtual, con la simulación del recorrido de la segunda trayectoria de mecanizado por la unidad de simulación de mecanizado en función de un volumen de arranque de virutas máximo para la herramienta predeterminada, desgasta una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia de la pieza de trabajo por unidad de tiempo.

Esto tiene la ventaja de que una trayectoria de mecanizado y los datos de trayectoria correspondientes pueden establecerse mediante el dispositivo en una simulación de una máquina herramienta virtual.

### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una representación esquemática de una máquina herramienta. La figura 2 muestra un primer ejemplo de realización del procedimiento de acuerdo con la invención para la generación de datos de control.  
 La figura 3a muestra una representación esquemática de un ejemplo sencillo de una geometría de pieza en bruto.  
 La figura 3b muestra una representación esquemática de un ejemplo sencillo de una geometría de mecanizado.  
 La figura 3c muestra una representación esquemática de un ejemplo sencillo de una geometría de pieza acabada.  
 La figura 3d muestra una representación esquemática de un ejemplo sencillo de una geometría de diferencia.  
 La figura 4a muestra una representación esquemática de un ejemplo sencillo de una segunda geometría de mecanizado.  
 La figura 4b muestra una representación esquemática de un ejemplo sencillo de una segunda geometría de diferencia.  
 La figura 5 muestra un segundo ejemplo de realización del procedimiento de acuerdo con la invención para la generación de datos de control.  
 La figura 6 muestra un tercer ejemplo de realización del procedimiento de acuerdo con la invención para la generación de datos de control.  
 La figura 7 muestra una forma de realización del dispositivo de acuerdo con la invención para la generación de datos de control.

### Descripción detallada de las formas de realización preferidas

A continuación se describen formas de realización preferidas de la presente invención por medio de las figuras.

La figura 1 muestra una representación esquemática de una máquina herramienta 100 para mecanizar una pieza de trabajo sujeta 150 desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada mediante mecanizado con arranque de virutas. La máquina herramienta 100 comprende un dispositivo de control 110, medios de sujeción 120, una herramienta predeterminada 130 y un depósito de herramientas 140. El depósito de herramientas comprende una pluralidad de herramientas 141a, 141b, 141c y 141d. El dispositivo de control 110 está equipado con la herramienta predeterminada 130 y está diseñado de tal manera que el dispositivo de control 110 pueda controlar la herramienta predeterminada 130 a lo largo de una trayectoria de mecanizado establecida para desgastar material de la pieza de trabajo. La pieza de trabajo a mecanizar 150 está sujeta en los medios de sujeción 120.

El depósito de herramientas 140 comprende además un dispositivo de cambio de herramienta 142 para cambiar la herramienta predeterminada 130, con el que está equipado el dispositivo de control 110, con una de las herramientas 141a-d a partir del depósito de herramientas 140. Por lo tanto, el dispositivo de control puede equiparse con cualquiera de las herramientas 141a-d y 130, de modo que la pieza de trabajo puede mecanizarse con cualquiera de las herramientas 141a-d y 130, después de que el dispositivo de control 110 se equipara con la herramienta respectiva mediante el dispositivo de cambio de herramienta 142.

Las distintas herramientas 141a-d y 130 en una máquina herramienta se diferencia en propiedades de herramienta específicas. Propiedades de herramienta posibles son por ejemplo el material o los materiales de la herramienta, el diámetro y la altura de la herramienta, el número de los filos cortantes de la herramienta, valores de carga de la herramienta y un volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta respectiva. A este respecto, el volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta depende principalmente de las propiedades mencionadas anteriormente.

El volumen de arranque de virutas es en este sentido un parámetro característico que indica cuánto material se desgasta por unidad de tiempo. Una unidad común del volumen de arranque de virutas de herramientas de una máquina herramienta es la unidad  $\text{cm}^3/\text{min}$ . La propiedad de herramienta de la altura de la herramienta no significa en este caso la altura absoluta de la herramienta, sino una altura de la herramienta que puede utilizarse para el mecanizado con arranque de virutas de material de la pieza de trabajo y corresponde por lo tanto a una profundidad de arranque de virutas posible de la herramienta, es decir la profundidad que puede penetrar una herramienta en una pieza de trabajo para desgastar material. El volumen de arranque de virutas máximo de una herramienta puede depender además también del material de la pieza de trabajo.

5  
10  
15  
20

Durante el recorrido de una trayectoria de mecanizado establecida por la herramienta predeterminada 130 por la pieza de trabajo 150 se desgasta material de la pieza de trabajo 150. En este sentido se consigue un volumen de arranque de virutas real, también medido en  $\text{cm}^3/\text{min}$ , que es menor o como máximo igual al volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta. El volumen de arranque de virutas conseguido real durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado establecida por la pieza de trabajo 150 depende de factores tales como por ejemplo la velocidad de avance de la herramienta predeterminada 130 a lo largo de la trayectoria de mecanizado establecida mediante la pieza de trabajo 150, el rendimiento del husillo 111 que gira la herramienta predeterminada 130 alrededor de un eje para la generación de una velocidad de corte, el material de la pieza de trabajo 150, el material de la herramienta 130, el diámetro y la altura así como el número de los filos cortantes de la herramienta predeterminada 130 y la orientación de herramienta de la herramienta 130 con respecto a la pieza de trabajo sujeta 150.

En el caso de la máquina herramienta 100 se trata de una máquina herramienta de CNC, es decir el dispositivo de control 110 se controla automáticamente por datos de control CNC almacenados en la máquina herramienta 100. De esta manera se controla la herramienta predeterminada 130 por medio de los datos de control de CNC.

25  
30  
35

El dispositivo de control 110 de la máquina herramienta 100 permite el control de la herramienta 130 con respecto a la pieza de trabajo sujeta 150 con un movimiento de herramienta libre, tridimensional, y una orientación de herramienta libre alrededor de cinco ejes. Esto comprende tres ejes lineales, de modo que la herramienta predeterminada 130 puede moverse tridimensionalmente en todas las direcciones. Los ejes lineales están dispuestos en perpendicular entre sí y permiten en cada caso un movimiento lineal de las herramientas, permitiéndose desarrollos de trayectoria complicados mediante el movimiento simultáneo de los ejes lineales. Además se permite la orientación de herramienta libre con respecto a la pieza de trabajo sujeta 150 a través de dos ejes de rotación, permitiendo uno de los ejes de rotación una rotación oblicua de la herramienta (no debe confundirse con la rotación para generar una velocidad de corte), y permitiendo el segundo eje de rotación una rotación de la pieza de trabajo 150. Por lo tanto, son posibles adicionalmente ángulos negativos de la herramienta 130 con respecto a la pieza de trabajo sujeta 150, de modo que también se permite un denominado destalonado.

Una primera forma de realización del procedimiento para la generación de datos de control según la presente invención está representada en la figura 2. El procedimiento para la generación de datos de control para controlar una herramienta predeterminada en una máquina herramienta para mecanizar una pieza de trabajo sujeta 150 desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada mediante mecanizado con arranque de virutas comprende las etapas de generar datos de modelo de geometría de mecanizado S201, proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada S202, generar datos de modelo de geometría de diferencia S203 y generar datos de trayectoria S204.

45  
50

Una explicación de las expresiones geometría de mecanizado de la pieza de trabajo, geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo y geometría de diferencia de la pieza de trabajo tendrá lugar a continuación por medio de un ejemplo de realización con referencia a las figuras 3a-d. La figura 3a muestra como ejemplo de una pieza en bruto 310 un cubo, que representa la pieza en bruto de la pieza de trabajo, tal como se sujeta al inicio del mecanizado de la pieza de trabajo en la máquina herramienta 100 en los medios de sujeción 120.

La figura 3c muestra a modo de ejemplo una pieza acabada 340, que se conseguirá mediante mecanizado con arranque de virutas de la pieza en brutos 310. La figura 3b muestra un ejemplo de una primera geometría de estado intermedio posible de la pieza de trabajo en un primer instante de mecanizado  $t_1$ , después de que una o varias herramientas predeterminadas 130 a lo largo de una o varias trayectorias de mecanizado hayan desgastado material del lado superior derecho de la pieza en bruto 310. Esto representa la geometría de mecanizado 320 en el primer instante de mecanizado  $t_1$ . El material aún por desgastar 330a y 330b a partir del primer estado intermedio 320 para conseguir la geometría de pieza acabada de la pieza acabada 340 resulta de una comparación directa de la geometría de pieza acabada de la pieza acabada 340 con la geometría de mecanizado de la primera geometría de mecanizado 320 en el primer instante de mecanizado  $t_1$  y está representado en la figura 3d.

60  
65

La geometría de diferencia 330a, b así determinada corresponde precisamente al material, que debe desgastarse aún mediante mecanizado con arranque de virutas, hasta que se consiga la pieza acabada 340. En la figura 2 esto corresponde a las etapas S201 "generar datos de modelo de geometría de mecanizado", S202 "proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada" y S203 "generar datos de modelo de geometría de diferencia".

5 En un instante de mecanizado determinado  $t_1$  se determina la geometría de mecanizado 320 de una pieza de trabajo en el estado intermedio y se generan datos de modelo de geometría de mecanizado que indican la geometría de mecanizado 320 en un primer instante de mecanizado  $t_1$ . En la etapa S202 "proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada" se proporcionan los datos de modelo de la geometría de pieza acabada 340, indicando los datos de modelo de geometría de pieza acabada la geometría de la pieza acabada pretendida, es decir la geometría de la pieza de trabajo, tal como se pretende como estado acabado después del mecanizado mediante una o varias de las herramientas 130 y/o 141a-d.

10 La comparación de los datos de modelo de geometría de mecanizado con los datos de modelo de geometría de pieza acabada tiene lugar en la etapa S203 "generar datos de modelo de geometría de diferencia", en la que se generan los datos de modelo, que describen la geometría de diferencia 330a, 330b de la pieza de trabajo en el primer instante de mecanizado  $t_1$ , en el que se generaron también los datos de modelo de geometría de mecanizado.

15 En la siguiente etapa S204 "generar datos de trayectoria" se establece una trayectoria de mecanizado mediante la geometría de diferencia 330a, b de la pieza de trabajo, que se recorrerá mediante avance por la herramienta predeterminada 130 para desgastar material de la pieza de trabajo 150. Además, en la etapa S204 "generar datos de trayectoria" se generan datos de trayectoria adicionales para la trayectoria de mecanizado establecida, que indican adicionalmente con qué velocidad de avance y con qué orientación de herramienta con respecto a la pieza de trabajo debe recorrer la herramienta predeterminada 130 la trayectoria de mecanizado establecida en la etapa S204.

25 En este sentido, de acuerdo con la invención se establecen o generan la trayectoria de mecanizado y los datos de trayectoria de tal manera que la herramienta predeterminada 130 durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado establecida la etapa S204 en función del volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada 130 desgasta una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia 330a, b determinada en la etapa S203 de la pieza de trabajo por unidad de tiempo. Por lo tanto se establece la trayectoria de mecanizado en la etapa S204 y se generan datos de trayectoria, teniéndose en cuenta los datos de modelo de geometría de diferencia generados en la etapa S203.

30 La trayectoria de mecanizado se establece a este respecto mediante la geometría de diferencia 330a, b de la pieza de trabajo predeterminada 150, de modo que se consigue un volumen de arranque de virutas real lo más grande posible durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado por la herramienta predeterminada 130. En el mejor de los casos se consigue en este caso el volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada 35 130. Además se establece la trayectoria de mecanizado de modo que al recorrerse la trayectoria de mecanizado establecida por la herramienta predeterminada 130 sólo se desgasta el volumen de la geometría de diferencia determinada 330a, b. Es decir, que durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado establecida por la herramienta predeterminada 130 no se desgasta nada de material de la geometría de pieza acabada 340.

40 En la etapa S204 "generar datos de trayectoria" se utiliza el movimiento de herramienta libre y la orientación de herramienta libre con respecto a la pieza de trabajo 150, para adaptar y modificar continuamente la dirección de avance, la velocidad de avance y/o la orientación de herramienta, para conseguir un volumen de arranque de virutas real lo más grande posible durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado por la herramienta predeterminada 45 130. A ser posible, se conseguirá a este respecto el volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada.

50 Esto lleva, de acuerdo con la invención, dependiendo de la forma de la geometría de diferencia en el primer instante de mecanizado  $t_1$ , a desarrollos de trayectoria complejos, curvilíneos, donde se establecen variaciones de dirección de la dirección de avance de la herramienta predeterminada 130 a lo largo de la trayectoria de mecanizado en cada caso, de modo que mediante el cambio de dirección puede conseguirse un volumen de arranque de virutas real lo más grande posible tras una variación de la dirección por la herramienta predeterminada 130. En particular la trayectoria de mecanizado se establece de modo que tras una variación de la dirección a lo largo de la trayectoria pueda conseguirse un mayor volumen de arranque de virutas que mediante una dirección de avance rectilínea sin variación de la dirección.

55 Por lo tanto, en el procedimiento de acuerdo con la invención no se desgasta mediante movimiento adelante y atrás de la herramienta predeterminada 130 a lo largo de trayectorias rectilíneas, capa por capa de la pieza de trabajo en discos, hasta que se ha conseguido la geometría de pieza acabada 340, tal como en el denominado contorneado línea por línea del estado de la técnica. A diferencia del contorneado línea por línea, durante el recorrido de acuerdo con la invención de la trayectoria de mecanizado establecida en la etapa S204 por medio de los datos de trayectoria generados, se modifica una velocidad de avance, dirección de movimiento y orientación de herramienta con respecto a la pieza de trabajo 150, de tal manera que el volumen de arranque de virutas realmente conseguido durante al recorrerse la trayectoria de mecanizado establecida por la herramienta predeterminada 130 en función de las circunstancias de la geometría de diferencia 330 a, b, es máximo.

65

Por lo tanto puede garantizarse que durante el movimiento de avance se desgasta material continuamente, es decir el periodo de tiempo en el que se mueve la herramienta sin contacto del material por el aire, puede acortarse considerablemente. Además de esto puede garantizarse, estableciéndose la trayectoria de mecanizado por medio del volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada, que con una longitud de trayectoria determinada previamente, se garantiza un desgaste de material real máximo, que depende de la geometría de diferencia y del volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada.

Por lo tanto, de acuerdo con la invención, establecer la trayectoria de mecanizado y generar los datos de trayectoria no sólo se orienta a la geometría de pieza acabada 340 de la pieza de trabajo, sino también a la geometría de diferencia 330a, b y al volumen de arranque de virutas máximo. Con ello, mediante el procedimiento de acuerdo con la invención para la generación de datos de control, puede reducirse considerablemente el tiempo de mecanizado en el caso del mecanizado de la pieza de trabajo 150 desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada.

En un segundo ejemplo de realización del procedimiento para la generación de datos de control según la presente invención se establecen varias trayectorias de mecanizado una tras otra, determinándose siempre, después de recorrerse la trayectoria de mecanizado establecida por la herramienta predeterminada 130 y antes de establecerse una trayectoria de mecanizado adicional, una geometría de diferencia para el estado de mecanizado momentáneo. Esto requiere en cada caso generar datos de modelo de geometría de mecanizado actuales en un instante de mecanizado actual  $t_n$ , que detecta el mecanizado de la pieza de trabajo 150 desde la generación de los datos de modelo de geometría de mecanizado anteriores hasta el instante de mecanizado  $t_{n-1}$ , de modo que puede determinarse la geometría de diferencia actual en el instante de mecanizado  $t_n$ .

Haciendo referencia a los ejemplos sencillos de la geometría de pieza en bruto, geometría de mecanizado, geometría de diferencia y geometría de pieza acabada en las figuras 3a a 3d con un estado intermedio de la pieza de trabajo en de una geometría de mecanizado 320 en un primer instante de mecanizado  $t_1$ , en la figura 4a se representa a modo de ejemplo la pieza de trabajo en un segundo estado intermedio con una geometría de mecanizado 420 en un segundo instante de mecanizado  $t_2$ , habiéndose desgastado, entre el primer instante de mecanizado  $t_1$  y el segundo instante de mecanizado  $t_2$  por una o varias herramienta(s) predeterminada(s) 130 a lo largo de una o varias trayectorias(s) de mecanizado, material de la pieza de trabajo en la parte superior izquierda. Mediante comparación de la segunda geometría de mecanizado 420 del estado intermedio en el segundo instante de mecanizado  $t_2$  con la geometría de pieza acabada 340 de la pieza acabada, resulta una nueva geometría de diferencia momentánea 430a, b tal como se representa en la figura 4b a modo de ejemplo. Por medio de esta geometría de diferencia 430a, b se establece una segunda trayectoria de mecanizado y se generan segundos datos de trayectoria para la segunda trayectoria de mecanizado.

La sucesión de etapas de procedimiento de la segunda forma de realización del procedimiento para la generación de datos de control está representada en la figura 5. En un instante de mecanizado  $t_n$ , en la etapa S501 "generar datos de modelo de geometría de mecanizado enésimos" los datos de modelo de geometría de mecanizado de un estado intermedio en el instante de mecanizado  $t_n$ . Después, en la etapa S502 "generar datos de modelo de geometría de diferencia enésimos", se comparan los datos de modelo de geometría de diferencia actuales por medio de la comparación de la geometría de pieza acabada con la geometría de mecanizado actual en el instante de mecanizado enésimo  $t_n$  para la generación de datos de modelo de geometría de diferencia enésimos.

En este caso, para la comparación de la geometría de mecanizado actual con la geometría de pieza acabada son necesarios de nuevo datos de modelo de geometría de pieza acabada. En la figura 5 está representada una repetición enésima de la sucesión de las etapas de mecanizado S201 a S204. En el ejemplo de realización del procedimiento representado en la figura 5 no está prevista ninguna etapa de proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada, dado que se asume que los datos de modelo de geometría de pieza acabada se han proporcionado ya en una primera sucesión de las etapas de procedimiento, de modo que a partir de la segunda sucesión, es decir de la primera repetición de las etapas de procedimiento, ya no es necesario que deban proporcionarse los datos de modelo de geometría de pieza acabada.

En la siguiente etapa S503 "seleccionar una herramienta como herramienta predeterminada" se selecciona una herramienta como herramienta predeterminada. En este caso la herramienta predeterminada es aquella herramienta, con la que está equipado el dispositivo de control 110, de modo que el dispositivo de control 110 controla la herramienta predeterminada 130 mediante la pieza de trabajo 150 para desgastar material de la pieza de trabajo 150. En un ejemplo de realización adicional no ilustrado en detalle en el presente documento, en el que la máquina herramienta 100 sólo comprende una herramienta, y no está contenida ninguna herramienta adicional 141a-d en el depósito de herramientas 140, o no está contenido ningún depósito de herramientas 140 en la máquina herramienta 100, no se realiza esta etapa S503.

Además en una máquina herramienta 100 con una pluralidad de herramientas 141a-d en un depósito de herramientas 140 con diferentes propiedades de herramienta resultan dos posibilidades esenciales. Por un lado, la herramienta seleccionada como herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado enésima puede ser igual a la herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado enésima - 1. En este caso no es necesario ningún cambio de la herramienta, con la que está equipado el dispositivo de control 110. En el segundo caso se

selecciona en la etapa S503 una herramienta como herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado enésima, que no es igual a la herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado enésima - 1. En este caso sigue la etapa S504 "establecer un cambio de herramienta", en la que se establece un cambio de herramienta. Es decir, se establece que la herramienta, con la que está equipado el dispositivo de control 110, se cambia por una herramienta del depósito de herramientas 140 seleccionada como herramienta predeterminada. Para ello la máquina herramienta 100 comprende el dispositivo de cambio de herramienta 142 para cambiar la herramienta 130 con la que está equipado el dispositivo de control.

Por lo tanto es posible, durante el mecanizado de la pieza de trabajo 150 desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada, cambiar la herramienta predeterminada, dependiendo de los acontecimientos del material aún por desgastar de la pieza de trabajo, es decir, dependiendo de la geometría de diferencia actual de la pieza de trabajo. En la práctica resulta este caso por ejemplo, cuando se utiliza por primera vez una herramienta con un gran diámetro en el dispositivo de control 110, para conseguir un volumen de arranque de virutas real lo más grande posible, donde a partir de una geometría de diferencia determinada en un instante de mecanizado determinado ya no puede establecerse ninguna trayectoria en la que la herramienta predeterminada desgaste material de la pieza de trabajo, sin desgastar la geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo. Entonces es necesario seleccionar una herramienta del depósito de herramientas 140 con un diámetro menor, y cambiar esta herramienta por la herramienta predeterminada hasta el momento con el diámetro grande.

En la siguiente etapa S505 "generar datos de trayectoria enésimos" se establece una trayectoria de mecanizado enésima por medio de los datos de trayectoria generados enésimos, que debe recorrer mediante avance la herramienta predeterminada o una herramienta predeterminada opcionalmente nueva para desgastar material de la geometría de diferencia momentánea determinada de la pieza de trabajo en el instante de mecanizado  $t_n$ . En la etapa S505 "generar datos de trayectoria enésimos" se generan en este caso datos de trayectoria enésimos, que indican con qué velocidad de avance y con qué orientación de herramienta de la herramienta predeterminada con respecto a la pieza de trabajo la herramienta predeterminada debe recorrer la trayectoria de mecanizado enésima establecida.

De acuerdo con la invención se generan los datos de trayectoria enésimos por medio de la geometría de diferencia momentánea determinada en el instante de mecanizado  $t_n$ , de modo que la herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado enésima durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado enésima en función del volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado enésima desgasta una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia enésima determinada de la pieza de trabajo por unidad de tiempo.

Esto se realiza de manera análoga al primer ejemplo de realización del procedimiento para la generación de datos de control con las etapas S201 a S204. Tras recorrerse la trayectoria de mecanizado enésima por la herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado enésima resultan una nueva geometría de mecanizado, donde en la siguiente etapa S506 "generar datos de modelo de geometría de mecanizado enésimos + 1" se generan los datos de modelo de geometría de mecanizado enésimos + 1 para la nueva geometría de mecanizado momentánea en el instante de mecanizado  $t_{n+1}$ , después de que la herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado enésima haya recorrido la trayectoria de mecanizado enésima y haya desgastado material.

A continuación siguen las etapas S507 "generar datos de modelo de geometría de diferencia enésimos + 1", S508 "seleccionar una herramienta como herramienta predeterminada", opcionalmente la etapa S509 "establecer un cambio de herramienta", en caso de que la herramienta seleccionada en la etapa S508 no sea igual a la herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado enésima, S510 "generar datos de trayectoria enésimos + 1", y S511 "generar datos de modelo de geometría de mecanizado enésimos + 2" para una trayectoria de mecanizado adicional enésimos + 2.

Esta repetición de las etapas en este patrón, o esta sucesión S501 a S511 tiene lugar a ser posible hasta que una geometría de mecanizado de la pieza de trabajo determinada en la etapa S511 es igual a la geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo, de modo que ya no tiene que desgastarse nada de material de la pieza de trabajo para conseguir la geometría de pieza acabada.

En un tercer ejemplo de realización del procedimiento para la generación de datos de control según la presente invención el procedimiento comprende una la etapa S604 adicional "generar datos de modelo de geometría de máquina herramienta". Tal como se representa en la figura 6, el procedimiento comprende entonces las etapas S601 "generar datos de modelo de geometría de mecanizado enésimos", S602 "proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada", S603 "generar datos de modelo de geometría de diferencia enésimos", S604 "generar datos de modelo de geometría de máquina herramienta" y S605 "generar datos de trayectoria para la trayectoria de mecanizado enésima".

Opcionalmente, la sucesión de las etapas de procedimiento S601 a S605 es parte de una sucesión de etapas de procedimiento, en la que, tal como en el segundo ejemplo de realización, se repiten las etapas, de modo que se establecen repetidamente trayectorias de mecanizado. En este caso, opcionalmente en un ejemplo de realización

adicional, tal como en el segundo ejemplo de realización, no se produce la etapa S602 "proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada", cuando los datos de modelo de geometría de pieza acabada ya están listos, dado que se proporcionaron para establecer una primera trayectoria de mecanizado.

5 En la etapa S604 se generan datos de modelo de geometría de máquina herramienta, que indican una geometría de máquina herramienta momentánea en un instante de mecanizado enésimo determinado  $t_n$ , donde la geometría de máquina herramienta momentánea comprende una orientación relativa y posición relativa momentáneas de la herramienta predeterminada 130, de elementos del dispositivo de control 110 y del medio de sujeción 120 de la máquina herramienta 100 para sujetar la pieza de trabajo 150. El instante de mecanizado enésimo  $t_n$  es en este  
10 sentido el instante de mecanizado, en el que en la etapa S601 se han generado los datos de modelo de geometría de mecanizado enésimos.

En la etapa S605 "generar datos de trayectoria enésimos" se establece la trayectoria de mecanizado enésima de tal manera que se impide una colisión de elementos de la máquina herramienta 100 con elementos de la máquina  
15 herramienta 100 y de elementos de la máquina herramienta 100, aparte de la herramienta predeterminada 130 para la trayectoria de mecanizado enésima, con la pieza de trabajo 150 al recorrerse la trayectoria de mecanizado enésima por la herramienta predeterminada 130 para la trayectoria de mecanizado enésima. En especial se establece la trayectoria de mecanizado enésima de tal manera que se impide una colisión de elementos del dispositivo de control 110 de la máquina herramienta 100 con elementos de la máquina herramienta 100, así como  
20 por ejemplo el medio de sujeción 120.

Además se establece la trayectoria de mecanizado enésima de tal manera que se impide una colisión de elementos del dispositivo de control 110 con la pieza de trabajo sujeta 150, de modo que sólo la herramienta predeterminada 130, exclusivamente para el desgaste predeterminado de material, entra en contacto con la pieza de trabajo 150.  
25 Esto requiere adicionalmente una comparación de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta con los datos de modelo de geometría de mecanizado de la pieza de trabajo 150 en el instante de mecanizado determinado  $t_n$ , de modo que por medio de la comparación de los datos de modelo de geometría de mecanizado y de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta se conoce la posición y la ubicación de la pieza de trabajo sujeta 150 mediante el conocimiento de la posición y la ubicación del medio de sujeción 120 con respecto a  
30 todos los elementos de la máquina herramienta 100, en particular los elementos del dispositivo de control 110.

Por lo tanto, en la etapa S605 se establece en cada caso sólo una trayectoria de mecanizado que puede recorrerse por la herramienta predeterminada para la trayectoria de mecanizado enésima, sin que se produzca una colisión  
35 indeseada de elementos del dispositivo de control 110 con elementos del medio de sujeción 120, de elementos del dispositivo de control 110 con la pieza de trabajo, y de elementos del dispositivo de control 110 con elementos de la máquina herramienta 100. Una colisión se produciría en este caso, cuando elementos del dispositivo de control 110 choquen o entren en contacto con elementos de la máquina herramienta 100 o con la pieza de trabajo 150 de modo que no sea posible un recorrido adicional de la trayectoria de mecanizado por la herramienta predeterminada 130. Por lo tanto el cálculo de trayectoria en este ejemplo de realización tiene lugar con un ensayo de colisión de  
40 previsión adicional.

Dado que en los ejemplos de realización del procedimiento para la generación de datos de control según la presente invención se establecen trayectorias de mecanizado y se generan datos de trayectoria de tal manera que se consigue un volumen de arranque de virutas real lo más grande posible durante el recorrido de la trayectoria de  
45 mecanizado establecida por la herramienta predeterminada 130, en la práctica se establecen trayectorias de mecanizado que presentan un desarrollo curvilíneo, complicado por la geometría de diferencia determinada de la pieza de trabajo.

Durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado establecida se modifica por lo tanto la orientación de la herramienta predeterminada 130 con respecto a la pieza de trabajo sujeta 150 a lo largo de la trayectoria,  
50 dependiendo del desarrollo de la trayectoria de mecanizado, en función de la geometría de diferencia momentánea determinada, tal como se indica en los datos de trayectoria generados. Además, por medio de los datos de trayectoria se modifica una velocidad de avance de la herramienta predeterminada 130 a lo largo de la trayectoria de mecanizado establecida, de modo que en función de la geometría de diferencia en cada caso se consigue a ser  
55 posible el volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada a lo largo de la trayectoria de mecanizado establecida.

Esto lleva además, junto con la orientación de herramienta variable, a continuas variaciones de la velocidad de avance a lo largo de una trayectoria de mecanizado establecida. En este caso se generan cargas sobre la  
60 herramienta predeterminada, dado que al recorrerse la trayectoria de mecanizado establecida actúan fuerzas y momentos de giro sobre la herramienta predeterminada. De este modo se genera una sollicitación de la herramienta, que como cabe esperar es mayor que en procedimientos según el estado de la técnica anterior. En este sentido debe prestarse atención a que los valores de avance de los al menos cinco ejes y la carga que resulta de ello, actúan de manera aditiva sobre la herramienta predeterminada 130.

65

Por lo tanto es necesario, al establecer una trayectoria de mecanizado o al generar los datos de trayectoria establecer sólo trayectorias de mecanizado y generar sólo datos de trayectoria, de modo que una solicitud de la herramienta predeterminada, es decir la carga por fuerzas y momentos de giro durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado establecida en función de los datos de trayectoria generados, no supere una solicitud admisible como máximo o uno o varios valores de carga máximos de la herramienta predeterminada 130.

Además se establecen trayectorias de mecanizado y se generan datos de trayectoria en función de parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas admisibles de la máquina herramienta 100. Esto significa que sólo se establecen trayectorias de mecanizado y se generan los datos de trayectoria correspondientes, de modo que no se superan parámetros de rendimiento admisibles de la máquina herramienta 100, y se consideran las propiedades cinéticas de la máquina herramienta 100. En este caso esto significa que sólo se establecen trayectorias de mecanizado y se generan datos de trayectoria correspondientes, que son posibles por medio de los parámetros de rendimiento y de las propiedades cinemáticas admisibles como máximo de la máquina herramienta 100. La cinemática de la máquina herramienta 100 comprende una orientabilidad y movilidad del dispositivo de control 100, valores de avance de los ejes de ejes lineales y/o valores de ejes de rotación (valores de avance de los ejes de rotación).

La figura 7 muestra una forma de realización del dispositivo 700 para la generación de datos de control según uno de los ejemplos de realización descritos del procedimiento para la generación de datos de control según la presente invención.

El dispositivo 700 para la generación de datos de control comprende una unidad de generación datos de modelo de geometría de mecanizado 701 y una unidad de provisión de datos de modelo de geometría de pieza acabada 702. Además el dispositivo 700 comprende una unidad de generación de datos de modelo de geometría de diferencia 703, que está unida con la unidad de generación de datos de modelo de geometría de mecanizado 701 y la unidad de generación datos de modelo de geometría de pieza acabada 702. El dispositivo 700 comprende además una unidad de generación de datos de trayectoria 705, estando unida la unidad de generación de datos de trayectoria 705 al menos con la unidad de generación de datos de modelo de geometría de diferencia 703.

La unidad de generación de datos de modelo de geometría de mecanizado 701 es adecuada para generar de manera repetida datos de modelo de geometría de mecanizado de una geometría de mecanizado de la pieza de trabajo 150 en un instante de mecanizado cualquiera, describiendo la geometría de mecanizado el estado de desgaste momentáneo de la pieza de trabajo 150 en este instante de mecanizado.

La unidad de provisión de datos de modelo de geometría de pieza acabada 702 es adecuado para proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada, donde los datos de modelo de geometría de pieza acabada describen la geometría de la pieza acabada de la pieza de trabajo 150, que se conseguirá después del mecanizado de la pieza de trabajo 150 en la máquina herramienta 100 en una o varias etapas de mecanizado.

La unidad de generación de datos de modelo de geometría de diferencia 703 es adecuada para comparar los datos de modelo de geometría de mecanizado respectivos y los datos de modelo de geometría de pieza acabada y para generar datos de modelo de geometría de diferencia para una geometría de mecanizado respectiva de la pieza de trabajo 150 en un instante de mecanizado determinado, que indican una geometría de diferencia momentánea de la pieza de trabajo 150 entre la geometría de mecanizado momentánea y la geometría de pieza acabada.

La geometría de diferencia de la pieza de trabajo en el instante de mecanizado determinado corresponde en este instante de mecanizado precisamente a la geometría del material de la pieza de trabajo 150, que debe desgastarse aún por una o varias herramienta(s) predeterminada(s) 130 de la pieza de trabajo 150, para conseguir la geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo 150.

La unidad de generación de datos de trayectoria 705 es adecuada para establecer una trayectoria de mecanizado por medio de la geometría de diferencia momentánea determinada que debe recorrer mediante avance una herramienta predeterminada 130 para desgastar material de la geometría de diferencia momentánea determinada. La trayectoria de mecanizado se establece de acuerdo con la invención por medio de la geometría de diferencia de la pieza de trabajo 150 actual determinada por la unidad de generación de datos de modelo de geometría de diferencia 703.

La unidad de generación de datos de trayectoria 705 es además adecuada para generar datos de trayectoria por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia generados, indicando los datos de trayectoria con qué velocidad de avance y con qué orientación de herramienta de la herramienta predeterminada con respecto a la pieza de trabajo 150 la herramienta predeterminada 130 debe recorrer una trayectoria de mecanizado establecida.

En este sentido se generan los datos de trayectoria por la unidad de generación de datos de trayectoria 705 con la condición de que la herramienta predeterminada 130, durante el recorrido de una trayectoria de mecanizado establecida por los datos de trayectoria en función del volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada 130, desgaste una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia

momentánea determinada de la pieza de trabajo 150 por unidad de tiempo.

Además el dispositivo 700 para la generación de datos de control comprende una unidad de detección de parámetros de máquina herramienta 706 para detectar parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas admisibles como máximo de la máquina herramienta 100. La unidad de detección de parámetros de máquina herramienta 706 está unida al menos con la unidad de generación de datos de trayectoria 705, de modo que los datos de trayectoria se establecen en función de los parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas admisibles como máximo de la máquina herramienta 100.

Además el dispositivo 700 para la generación de datos de control comprende una unidad de generación de datos de modelo de geometría de máquina herramienta 707 para la generación de datos de modelo de geometría de máquina herramienta, que describen una geometría de máquina herramienta momentánea en un instante de mecanizado cualquiera de la pieza de trabajo 150. La geometría de máquina herramienta momentánea comprende en este sentido una orientación relativa y posición relativa momentáneas de la herramienta predeterminada 130, de elementos del dispositivo de control 110 y de medios de sujeción 120 de la máquina herramienta 100 para sujetar la pieza de trabajo 150.

La unidad de generación de datos de modelo de geometría de máquina herramienta 707 está unida al menos con la unidad de generación de datos de trayectoria 705, de modo que la trayectoria de mecanizado y los datos de trayectoria correspondientes se establecen por la unidad de generación de datos de trayectoria 705 adicionalmente por medio de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta y/o por medio de una comparación de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta con los datos de modelo de geometría de mecanizado, de modo que se impide una colisión de elementos de la máquina herramienta 100 con elementos de la máquina herramienta 100 y de elementos de la máquina herramienta 100, aparte de la herramienta predeterminada 130, con la pieza de trabajo 150 al recorrerse la trayectoria de mecanizado establecida por la herramienta predeterminada 150.

Además el dispositivo 700 comprende una unidad de selección de herramienta 708, que está unida con la unidad de generación de datos de trayectoria 705, donde la unidad de selección de herramienta 708 es adecuada para seleccionar repetidamente una herramienta con volumen de arranque de virutas máximo comparativamente alto en función de los datos de modelo de geometría de diferencia momentáneos como herramienta predeterminada. Para ello la unidad de selección de herramienta 708 está unida con una unidad de detección de almacenamiento de herramientas 710 y una unidad de establecimiento de cambio de herramienta 709.

La unidad de detección de almacenamiento de herramientas 710 detecta el almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta 100. Esto significa que la unidad de detección de almacenamiento de herramientas 710 detecta el almacenamiento de herramientas 141a-d y 130 en la máquina herramienta 100, y así mismo detecta las propiedades de las herramientas respectivas 141a-d y 130, de modo que la unidad de detección de almacenamiento de herramientas 710 detecta todas las herramientas 141 y 130, que pueden determinarse por la unidad de selección de herramienta 708 como herramienta predeterminada 130, detectando la unidad de detección de almacenamiento de herramientas 710 adicionalmente el volumen de arranque de virutas máximo respectivo y/o el o los valores de carga máximos de las herramientas respectivas.

Por lo tanto la unidad de selección de herramienta 708 puede determinar una herramienta como herramienta predeterminada 130 en función del volumen de arranque de virutas máximo de esta herramienta. La unidad de establecimiento de cambio de herramienta 709 detecta la herramienta predeterminada hasta el momento 130 en la máquina herramienta, es decir, la herramienta con la que está equipado el dispositivo de control 110 de la máquina herramienta. En un caso, en el que la unidad de selección de herramienta 708 seleccione una herramienta como herramienta predeterminada 130 para una trayectoria de mecanizado adicional, siendo esta herramienta predeterminada 130 una distinta de la herramienta equipada hasta el momento en el dispositivo de control 110 de la máquina herramienta 100, entonces la unidad de establecimiento de cambio de herramienta 709 establece un cambio de herramienta, de modo que la herramienta, con la que está equipado el dispositivo de control 110 de la máquina herramienta 100, se cambia por la herramienta predeterminada 130 establecida para la trayectoria de mecanizado siguiente.

Un cambio de herramienta de este tipo es necesario por ejemplo cuando aún debe desgastarse material de la pieza de trabajo 150, pero se ha obtenido la geometría de diferencia de tal manera que con la herramienta predeterminada hasta el momento 130 ya no puede establecerse ninguna trayectoria de mecanizado adicional, de tal manera que se desgasta material de la geometría de diferencia, sin dañar la geometría de pieza acabada.

Además el dispositivo 700 para la generación de datos de control comprende una unidad de representación 711 para la representación visual de un modelo 3D virtual de la geometría de pieza en bruto, geometría de mecanizado, geometría de pieza acabada, geometría de diferencia o geometría de máquina herramienta por medio de los datos de modelo respectivos. En este sentido, la unidad de representación 711 puede representar visualmente los modelos 3D virtuales individuales, o simultáneamente varias de las geometrías indicadas por los datos de modelo. Además, la unidad de representación 711 permite la representación visual de una trayectoria de mecanizado

establecida mediante la geometría de diferencia de la pieza de trabajo. Con ello se permite a un operario manual de la máquina herramienta 100 o del dispositivo 700, entender o examinar visualmente los datos de control generados, las trayectorias de mecanizado establecidas, los datos de control generados o también los estados de mecanizado de la pieza de trabajo.

5 En un ejemplo de realización del dispositivo 700 para la generación de datos de control según la presente invención, el dispositivo 700 está unido a través de una interfaz directamente con la máquina herramienta 100. El dispositivo 700 genera en este caso los datos de control según uno de los ejemplos de realización de los procedimientos para la generación de datos de control según la presente invención directamente durante el mecanizado de la pieza de trabajo 150 en la máquina herramienta 100. Esto significa que la unidad de generación de datos de trayectoria 705 genera datos de trayectoria que se transmiten entonces inmediatamente al dispositivo de control 110 de la máquina herramienta 100, de modo que el dispositivo de control 110 controla la herramienta predeterminada 130 directamente a lo largo de la trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria generados y desgasta material de la pieza de trabajo 150.

15 Después de recorrerse la trayectoria de mecanizado establecida por la herramienta predeterminada 130 resulta una nueva geometría de mecanizado de la pieza de trabajo. Esta se indica por la unidad de generación de datos de modelo de geometría de mecanizado 701 mediante los datos de modelo de geometría de mecanizado generados. El dispositivo 700 genera entonces comprende para la etapa de mecanizado siguiente, cuando la geometría de mecanizado no corresponde aún a la geometría de pieza acabada pretendida. Para ello se generan de nuevo datos de modelo de geometría de diferencia de la geometría de mecanizado momentánea, de modo que puede establecerse de nuevo una trayectoria de mecanizado adicional con los datos de trayectoria correspondientes.

25 Opcionalmente la unidad de establecimiento de cambio de herramienta 709 inicia un cambio de herramienta real, en el que se cambia la herramienta 130 equipada hasta el momento en el dispositivo de control 110 por otra herramienta 141a-d procedente del depósito de herramientas 140, siempre que la unidad de selección de herramienta 708 seleccione como herramienta predeterminada 130 para la trayectoria de mecanizado siguiente una herramienta diferente de la herramienta predeterminada 130. Después de realizarse el cambio de herramienta en máquina herramienta 100 se establece una trayectoria de mecanizado adicional generándose datos de trayectoria mediante la unidad de generación de datos de trayectoria 705. Esto sucede de acuerdo con la invención por medio de la geometría de diferencia determinada actual con la condición de conseguir un volumen de arranque de virutas real lo más grande posible durante el recorrido de la nueva herramienta predeterminada 130 a lo largo de la trayectoria de mecanizado establecida, debiendo conseguirse a ser posible el volumen de arranque de virutas máximo de la herramienta predeterminada 130. Los datos de trayectoria se transmiten a través de la interfaz directamente a la máquina herramienta 100, de modo que la máquina herramienta 100 controla por medio de los datos de control generados la herramienta predeterminada 130 con el dispositivo de control 110 a lo largo de la trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria generados, de modo que se desgasta material de la pieza de trabajo 150. Esto puede repetirse de manera correspondiente al segundo ejemplo de realización del procedimiento para la generación de datos de control según la presente invención, hasta que se ha conseguido la pieza acabada, o la geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo 150.

45 La elevada cantidad de que ha de tenerse en cuenta de datos de modelo generados, información tecnológica y datos específicos de máquina, lleva a un tráfico de datos tal que una se hace difícil "solución en línea", en la que el dispositivo 700 para la generación de datos de control está directamente unido con la máquina herramienta 100, para controlar la máquina herramienta 100 durante el mecanizado de la pieza de trabajo 150 considerando la capacidad computacional informática actual.

50 Por este motivo, el dispositivo 700 para la generación de datos de control en una forma de realización adicional de la presente invención no se une con una máquina herramienta real 100, sino con un dispositivo de simulación para la simulación de una máquina herramienta virtual a través de una interfaz. Una unidad de simulación de este tipo para una máquina herramienta virtual, que es adecuada para simular una simulación de un mecanizado de una pieza de trabajo en una máquina herramienta, se conoce por ejemplo a partir del documento DE 10 2006 043390 A1 del solicitante.

55 En este sentido, mediante simulación del mecanizado de la pieza de trabajo en una máquina herramienta mediante mecanizado virtual de una pieza de trabajo virtual en una máquina herramienta virtual mediante simulación en aproximación iterativa al valor óptimo mediante pasos y evaluaciones de desarrollos de simulación en una máquina herramienta virtual, que contiene todas las propiedades necesarias para el control del proceso de mecanizado, se establece una trayectoria de mecanizado o una sucesión de trayectorias de mecanizado y opcionalmente cambios de herramienta, generándose datos de trayectoria correspondientes.

60 El valor óptimo significa en este caso una trayectoria de mecanizado o una sucesión de trayectorias de mecanizado y datos de trayectoria correspondientes, estando establecidos la trayectoria de mecanizado y los datos de trayectoria según el procedimiento según la presente invención de tal manera que se reduce de manera óptima el tiempo de mecanizado de la pieza de trabajo debido a las trayectorias de mecanizado seleccionadas o establecidas.

En este ejemplo de realización el dispositivo 700 comprende adicionalmente una unidad de simulación de mecanizado 712 para simular el recorrido de una trayectoria de mecanizado establecida por datos de trayectoria generados por la unidad de generación de datos de trayectoria 705 por una herramienta predeterminada virtual, generándose la unidad de generación de datos de modelo de geometría de mecanizado 701 datos de modelo de geometría de mecanizado de un modelo 3D virtual de una geometría de mecanizado de la pieza de trabajo virtual, que describen un estado de desgaste virtual de la pieza de trabajo en un instante de mecanizado, después de que se simulara el recorrido de una primera trayectoria de mecanizado establecida mediante una herramienta predeterminada virtual por la unidad de simulación de mecanizado 712.

La unidad de provisión de geometría de pieza acabada 702 proporciona datos de modelo de geometría de pieza acabada de un modelo 3D virtual de la geometría de pieza acabada, que describen una geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo virtual, donde la unidad de generación de datos de modelo de geometría de diferencia 703 genera datos de modelo de geometría de diferencia actuales por medio de una comparación de los datos de modelo de geometría de pieza acabada y los datos de modelo de geometría de mecanizado, que describen una geometría de diferencia del material, que debe desgastarse aún de la pieza de trabajo virtual para conseguir la geometría de pieza acabada.

La unidad de generación de datos de trayectoria 705 genera por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia datos de trayectoria, que establecen una trayectoria de mecanizado con la condición de que la herramienta predeterminada virtual con la simulación del recorrido de la segunda trayectoria de mecanizado por la unidad de simulación de mecanizado en función de un volumen de arranque de virutas máximo para la herramienta predeterminada desgaste una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia de la pieza de trabajo por unidad de tiempo.

En este ejemplo de realización el dispositivo 700 o la máquina herramienta virtual, que está unido con el dispositivo 700 para la generación de datos de control, comprende un medio de memoria para almacenar los datos de control generados, las trayectorias de mecanizado establecidas, los datos de trayectoria correspondientes y opcionalmente el cambio de herramienta establecido. Estos datos pueden entonces transmitirse después de la simulación acabada, a una máquina herramienta real, de modo que esta máquina herramienta puede mecanizar, por medio de los datos de control, una pieza de trabajo real con una herramienta predeterminada real por medio de los datos de control.

Los ejemplos de realización realizados en el presente documento y los dibujos son meramente ilustrativos y no deben interpretarse como limitativos. Es posible combinar entre sí las características descritas en los ejemplos de realización de manera diferente, para proporcionar de esta manera ejemplos de realización adicionales, que están optimizados para el fin de aplicación correspondiente. Siempre que modificaciones de este tipo sean evidentes sin más para el experto, se darán a conocer de manera implícita mediante la descripción anterior de los ejemplos de realización.

Por ejemplo, el dispositivo 700 representado en la figura 7 para la generación de datos de control se describió con muchas características técnicas, que son óptimas. Por ejemplo, un dispositivo 700 para la generación de datos de control según el primer ejemplo de realización del procedimiento para la generación de datos de control necesita sólo una unidad de generación de datos de modelo de geometría de mecanizado 701, una unidad de generación de datos de modelo de geometría de pieza acabada 702, una unidad de generación de datos de modelo de geometría de diferencia 703 y una unidad de generación de datos de trayectoria 705. Todas las demás unidades del dispositivo 700, tal como se describen en la figura 7, con opcionales para este primer ejemplo de realización del procedimiento para la generación de datos de control.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la generación de datos de control para controlar una herramienta predeterminada (130) en una máquina herramienta (100) para mecanizar una pieza de trabajo sujeta (150) desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada mediante mecanizado con arranque de virutas, donde la máquina herramienta (100) comprende un dispositivo de control para controlar una herramienta predeterminada (130), que permite el control de la herramienta predeterminada (130) con respecto a la pieza de trabajo sujeta (150) con un movimiento de herramienta libre tridimensional y una orientación de herramienta libre alrededor de al menos 5 ejes, que comprende las etapas de:

- generar (S201) datos de modelo de geometría de mecanizado de una geometría de mecanizado (320) de la pieza de trabajo (150), que describen el estado de desgaste de la pieza de trabajo (150) en un instante de mecanizado determinado,
- proporcionar (S202) datos de modelo de geometría de pieza acabada, que describen una geometría de pieza acabada (340) de la pieza de trabajo (150),
- generar (S203) datos de modelo de geometría de diferencia, que describen una geometría de diferencia (330a, 330b) del material, que debe desgastarse aún para conseguir la geometría de pieza acabada (340), y
- generar (S204) datos de trayectoria, que indican qué trayectoria de mecanizado debe recorrer la herramienta predeterminada (130) con qué velocidad de avance y qué orientación de herramienta con respecto a la pieza de trabajo (150), por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia,

**caracterizado por que**

los datos de trayectoria se generan de tal manera que la herramienta predeterminada (130), durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado establecida por medio de la geometría de diferencia (330a, 330b), modifica la dirección de avance y la orientación con respecto a la pieza de trabajo sujeta (150) en función de la geometría de diferencia (330a, 330b), con la condición de que la herramienta predeterminada (130), en función de un volumen de arranque de virutas máximo para la herramienta predeterminada (130), durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado, desgaste una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia (330a, 330b) de la pieza de trabajo (150) por unidad de tiempo.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por** repetir una vez o varias veces las etapas de

- generar datos de modelo de geometría de mecanizado,
- generar datos de modelo de geometría de diferencia, y
- generar datos de trayectoria por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia en este orden,

donde con una primera repetición de las etapas se generan al menos segundos datos de modelo de geometría de mecanizado de una segunda geometría de mecanizado de la pieza de trabajo y segundos datos de modelo de geometría de diferencia en un segundo instante de mecanizado determinado, después de que la herramienta predeterminada (130) para una primera trayectoria de mecanizado ha recorrido la primera trayectoria de mecanizado por medio de primeros datos de trayectoria, y por medio de los segundos datos de modelo de geometría de diferencia se generan segundos datos de trayectoria con la condición de que una herramienta predeterminada (130) para una segunda trayectoria de mecanizado durante el recorrido de la segunda trayectoria de mecanizado en función de un volumen de arranque de virutas máximo de esta herramienta predeterminada (130) desgaste una parte grande como máximo del volumen de la segunda geometría de diferencia determinada de la pieza de trabajo (150) por unidad de tiempo.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado además por** repetir una vez o varias veces las etapas de

- proporcionar datos de almacenamiento de herramientas, que describen el almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta (100) y que indican qué propiedades de herramienta tienen las herramientas del almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta, y
- seleccionar una herramienta con volumen de arranque de virutas máximo comparativamente alto en función de los datos de modelo de geometría de diferencia como herramienta predeterminada para una trayectoria de mecanizado siguiente, y opcionalmente repetir una vez o varias veces una etapa de
- establecer (S504; S509) un cambio de herramienta de una herramienta predeterminada hasta el momento (130) por una herramienta seleccionada para una trayectoria de mecanizado siguiente en función del almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta (100).

4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** los datos de trayectoria se generan adicionalmente en función de parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas de la máquina herramienta (100) de tal manera que no se superan los parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas máximos de la máquina herramienta al recorrerse una trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria por una herramienta predeterminada (130).

5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** los datos de trayectoria se generan adicionalmente en función de uno o varios valores de carga máximos de la al menos una herramienta predeterminada (130) de tal manera que una carga de la herramienta predeterminada (130) al recorrerse una trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria no supera el o los valores de carga máximos de la herramienta predeterminada (130).
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por** repetir una vez o varias veces una etapa de generar (S604) datos de modelo de geometría de máquina herramienta, que describen una geometría de máquina herramienta en un instante de mecanizado determinado de la pieza de trabajo (150), donde la geometría de máquina herramienta comprende una orientación relativa y posición relativa de la herramienta predeterminada (130), de elementos del dispositivo de control y de medios de sujeción (120) de la máquina herramienta para sujetar la pieza de trabajo (150), donde los datos de trayectoria se generan adicionalmente por medio de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta y/o por medio de una comparación de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta con los datos de modelo de geometría de mecanizado en el instante de mecanizado determinado con la condición de que se impida una colisión de elementos de la máquina herramienta (100) con elementos de la máquina herramienta (100) y de elementos de la máquina herramienta (100), aparte de la herramienta predeterminada (130), con la pieza de trabajo (150) al recorrerse una trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria generados por la herramienta predeterminada (130).
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** los datos de modelo son adecuados para generar un modelo 3D virtual de la geometría de pieza en bruto, de la geometría de mecanizado, de la geometría de pieza acabada, de la geometría de diferencia y/o de la máquina herramienta (100).
8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado por que** los datos de trayectoria se generan por medio de una simulación del mecanizado de una pieza de trabajo virtual en una máquina herramienta virtual, donde la simulación comprende las siguientes etapas
- generar un modelo 3D virtual de la pieza de trabajo en el estado en bruto,
  - generar primeros datos de trayectoria incluyendo establecer una primera trayectoria de mecanizado para una herramienta predeterminada virtual,
  - simular el recorrido de la primera trayectoria de mecanizado establecida por medio de los primeros datos de trayectoria generados mediante la herramienta predeterminada virtual,
  - generar datos de modelo de geometría de mecanizado de un modelo 3D virtual de una geometría de mecanizado de la pieza de trabajo virtual, que describen un estado de desgaste virtual de la pieza de trabajo en un instante de mecanizado, después de que el recorrido de la primera trayectoria de mecanizado establecida se simulara mediante una herramienta predeterminada virtual,
  - proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada de un modelo 3D virtual de la geometría de pieza acabada, que describen una geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo virtual,
  - generar datos de modelo de geometría de diferencia, que describen una geometría de diferencia del material, que debe desgastarse aún de la pieza de trabajo virtual para conseguir la geometría de pieza acabada, y
  - generar segundos datos de trayectoria incluyendo establecer una segunda trayectoria de mecanizado por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia de la condición de que la herramienta predeterminada virtual con la simulación del recorrido de la segunda trayectoria de mecanizado en función de un volumen de arranque de virutas máximo para la herramienta predeterminada desgaste una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia de la pieza de trabajo por unidad de tiempo.
9. Procedimiento para la generación de datos de control de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** los datos de trayectoria en la etapa de generar (S204) datos de trayectoria se generan de tal manera que una trayectoria de mecanizado se establece en una pluralidad de fragmentos de trayectoria de mecanizado interconectados, donde en función de la geometría de diferencia se determina un punto de partida de trayectoria de mecanizado, donde partiendo del punto de partida de trayectoria de mecanizado en función de la geometría de diferencia se establece un primer fragmento de trayectoria de mecanizado, de tal manera que se maximiza el volumen de arranque de virutas partiendo del punto de partida de trayectoria de mecanizado, y donde partiendo de un punto final de cada uno de la pluralidad de fragmentos de trayectoria de mecanizado interconectados en función de la geometría de diferencia se establece un fragmento de trayectoria de mecanizado adicional, de tal manera se maximiza que el volumen de arranque de virutas partiendo del punto final del fragmento de trayectoria de mecanizado previo, donde a lo largo del primer fragmento de mecanizado y de los fragmentos de mecanizado adicionales no se desgasta nada de material a partir de la geometría de pieza acabada.
10. Dispositivo para la generación de datos de control según uno de los procedimientos de las reivindicaciones 1 a 9 para controlar una herramienta predeterminada (130) en una máquina herramienta (100) para mecanizar una pieza de trabajo sujeta (150) desde una pieza en bruto hasta una pieza acabada mediante mecanizado con arranque de virutas, donde la máquina herramienta (100) comprende un dispositivo de control para controlar la herramienta predeterminada (130), que permite el control de la herramienta predeterminada (130) con respecto a la pieza de trabajo sujeta (150) con un movimiento de herramienta libre tridimensional y una orientación de herramienta libre

alrededor de al menos 5 ejes, que comprende:

- 5 una unidad de generación de datos de modelo de geometría de mecanizado (701) para la generación de datos de modelo de geometría de mecanizado de una geometría de mecanizado (320) de la pieza de trabajo (150), que describen el estado de desgaste de la pieza de trabajo (150) en un instante de mecanizado determinado,
- una unidad de provisión de datos de modelo de geometría de pieza acabada (702) para proporcionar datos de modelo de geometría de pieza acabada, que describen una geometría de pieza acabada (340) de la pieza de trabajo (150),
- 10 una unidad de generación de datos de modelo de geometría de diferencia (703) para la generación de datos de modelo de geometría de diferencia, que describen una geometría de diferencia (330a, 330b) del material, que debe desgastarse aún para conseguir la geometría de pieza acabada (340), y
- una unidad de generación de datos de trayectoria (705) para la generación de datos de trayectoria, que indican qué trayectoria de mecanizado debe recorrer la herramienta predeterminada (130) con qué velocidad de avance y qué orientación de herramienta con respecto a la pieza de trabajo (150), por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia,
- 15 **caracterizado por que**  
 los datos de trayectoria se generan de tal manera que la herramienta predeterminada (130) durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado establecida por medio de la geometría de diferencia (330a, 330b) modifica la dirección de avance y la orientación con respecto a la pieza de trabajo sujeta (150) en función de la geometría de diferencia (330a, 330b), con la condición de que la herramienta predeterminada (130) en función de un volumen de arranque de virutas máximo para la herramienta predeterminada (150) durante el recorrido de la trayectoria de mecanizado desgaste una parte grande como máximo del volumen de la geometría de diferencia (330a, 330b) de la pieza de trabajo (150) por unidad de tiempo.
- 20
- 25 11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado además por que** el dispositivo (700) comprende una unidad de detección de parámetros de máquina herramienta (706) para detectar parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas admisibles de la máquina herramienta (100), donde la unidad de generación de datos de trayectoria (705) genera los datos de trayectoria con la condición adicional de que no se superen los parámetros de rendimiento y/o propiedades cinéticas máximos de la máquina herramienta (100) al recorrerse una trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria por una herramienta predeterminada (130).
- 30
12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, **caracterizado además por que** el dispositivo (700) comprende una unidad de detección de propiedades de herramienta (706) para detectar propiedades de herramienta de las herramientas de la máquina herramienta (100), donde las propiedades de herramienta comprenden uno o varios valores de carga máximos de las herramientas, y donde la unidad de generación de datos de trayectoria (705) genera los datos de trayectoria con la condición adicional de que uno o varios valores de carga de la herramienta predeterminada (130) al recorrerse una trayectoria de mecanizado establecida por medio de los datos de trayectoria no superen el o los valores de carga máximos de la herramienta predeterminada (130).
- 35
- 40 13. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado además por que** el dispositivo (700) comprende una unidad de detección de almacenamiento de herramientas (710) para detectar el almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta (100), una unidad de selección de herramienta (708) para seleccionar una herramienta (130) a partir del almacenamiento de herramientas detectado con volumen de arranque de virutas máximo comparativamente alto en función de los datos de modelo de geometría de diferencia como herramienta predeterminada (130) para una trayectoria de mecanizado siguiente y una unidad de establecimiento de cambio de herramienta (709) para establecer un cambio de herramienta de la herramienta predeterminada hasta el momento (130) con una herramienta predeterminada (130) seleccionada para la trayectoria de mecanizado siguiente en función del almacenamiento de herramientas detectado de la máquina herramienta (100), donde la unidad de establecimiento de cambio de herramienta (709) establece un cambio de herramienta, cuando para la trayectoria de mecanizado siguiente se selecciona una herramienta a partir del almacenamiento de herramientas de la máquina herramienta (100) distinta de la herramienta predeterminada hasta el momento por la unidad de selección de herramienta como herramienta predeterminada (130) para la trayectoria de mecanizado siguiente.
- 45
- 50
- 55 14. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado además por que** el dispositivo (700) comprende una unidad de generación de datos de modelo de geometría de máquina herramienta (707) para la generación de datos de modelo de geometría de máquina herramienta, que describen una geometría de máquina herramienta momentánea en un instante de mecanizado determinado de la pieza de trabajo (150), donde la geometría de máquina herramienta comprende una orientación y posición de la herramienta predeterminada (130), de elementos del dispositivo de control y de medios de sujeción de la máquina herramienta para sujetar la pieza de trabajo,
- 60 donde la unidad de generación de datos de trayectoria (705) genera los datos de trayectoria además por medio de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta y/o por medio de una comparación de los datos de modelo de geometría de máquina herramienta con los datos de modelo de geometría de mecanizado en el instante de mecanizado determinado con la condición adicional de que se impida una colisión de elementos de la máquina herramienta (100) con elementos de la máquina herramienta (100) y de elementos de la máquina herramienta (100),
- 65

aparte de la herramienta predeterminada, con la pieza de trabajo (150) al recorrerse la trayectoria de mecanizado establecida mediante los datos de trayectoria por la al menos una herramienta predeterminada (130).

- 5 15. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado** además **por que** el dispositivo (700) comprende una unidad de representación (711) para la representación visual de un modelo 3D virtual de la geometría de pieza en bruto, de la geometría intermedia, de la geometría de pieza acabada, de la geometría de diferencia y/o de la máquina herramienta (100).
- 10 16. Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 15, **caracterizado** además **por que** la unidad de generación de datos de trayectoria (705) genera los datos de trayectoria por medio de una simulación del mecanizado de una pieza de trabajo virtual en una máquina herramienta virtual, donde el dispositivo comprende además una unidad de simulación de mecanizado, para simular el recorrido de una trayectoria de mecanizado establecida por datos de trayectoria generados por la unidad de generación de datos de trayectoria por una herramienta predeterminada virtual,
- 15 donde la unidad de generación de datos de modelo de geometría de mecanizado (701) genera datos de modelo de geometría de mecanizado de un modelo 3D virtual de una geometría de mecanizado de la pieza de trabajo virtual, que describen un estado de desgaste virtual de la pieza de trabajo en un instante de mecanizado, después de que el recorrido de una primera trayectoria de mecanizado establecida mediante una herramienta predeterminada virtual se simulara por la unidad de simulación de mecanizado, la unidad de provisión de geometría de pieza acabada
- 20 proporciona datos de modelo de geometría de pieza acabada de un modelo 3D virtual de la geometría de pieza acabada, que describen una geometría de pieza acabada de la pieza de trabajo virtual, la unidad de generación de datos de modelo de geometría de diferencia (703) genera datos de modelo de geometría de diferencia, que describen una geometría de diferencia del material, que debe desgastarse aún de la pieza de trabajo virtual para conseguir la geometría de pieza acabada, y
- 25 la unidad de generación de datos de trayectoria (705) genera segundos datos de trayectoria, que establecen una segunda trayectoria de mecanizado, por medio de los datos de modelo de geometría de diferencia con la condición de que la herramienta predeterminada virtual con la simulación del recorrido de la segunda trayectoria de mecanizado por la unidad de simulación de mecanizado en función de un volumen de arranque de virutas máximo para la herramienta predeterminada desgaste una parte grande como máximo del volumen de la geometría de
- 30 diferencia de la pieza de trabajo por unidad de tiempo.

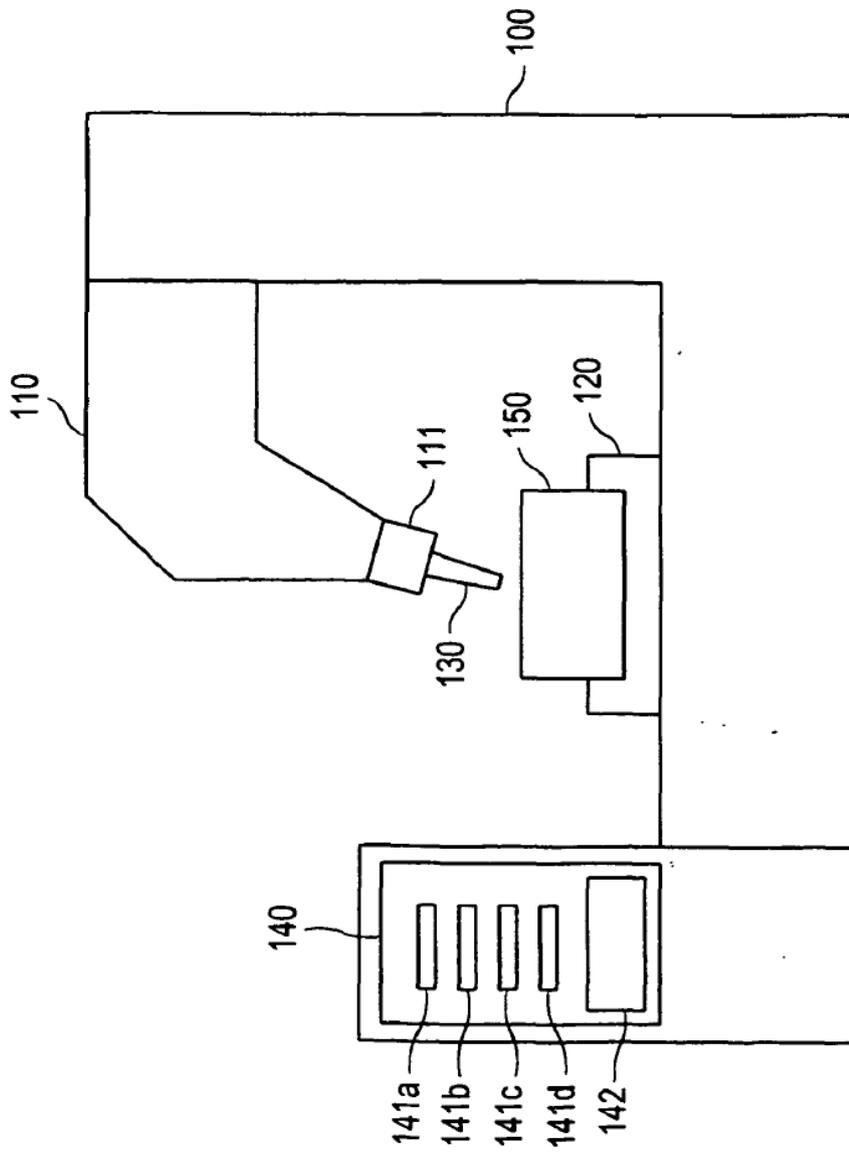


FIG. 1

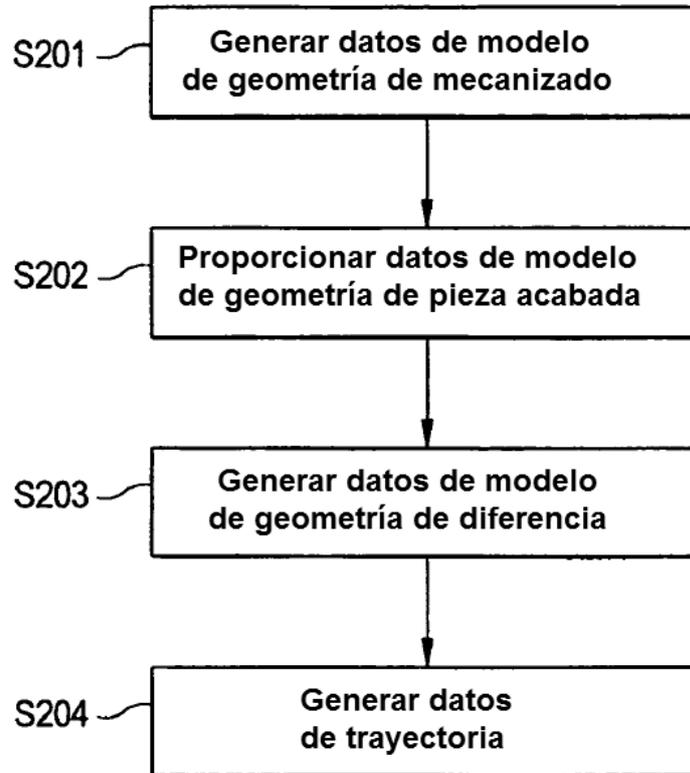
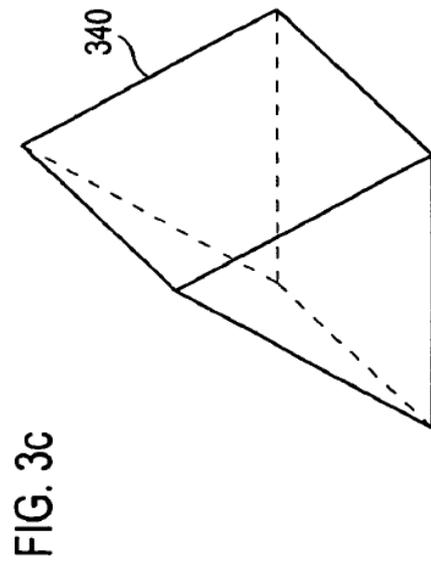
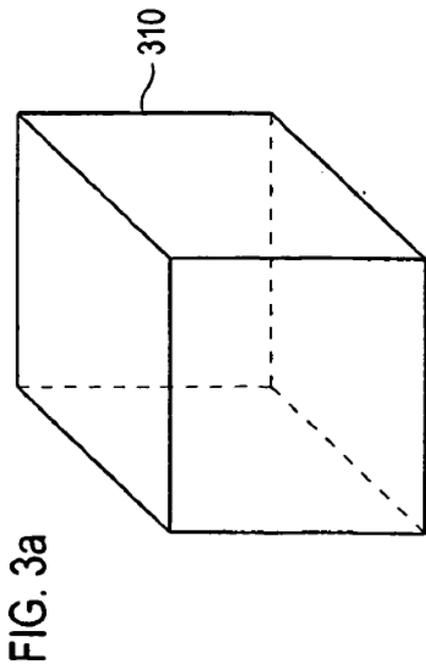
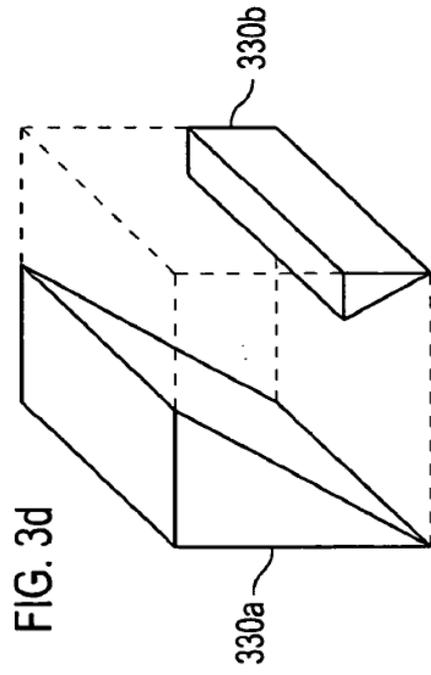
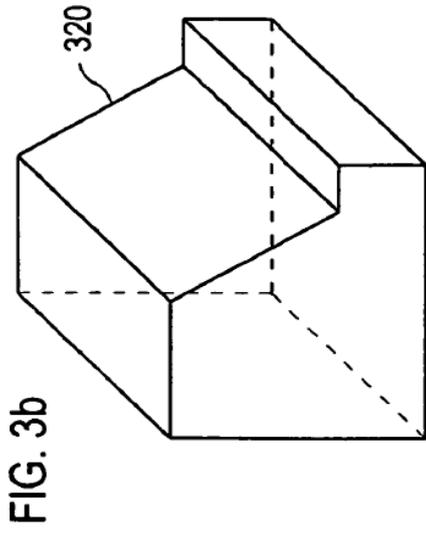
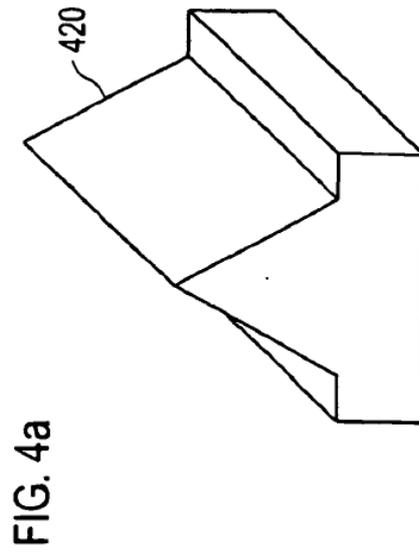
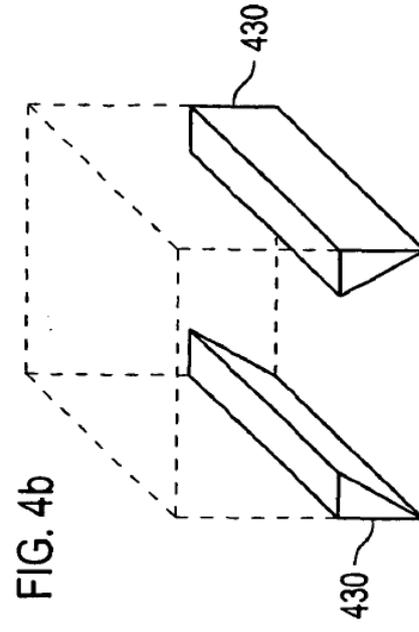


FIG. 2





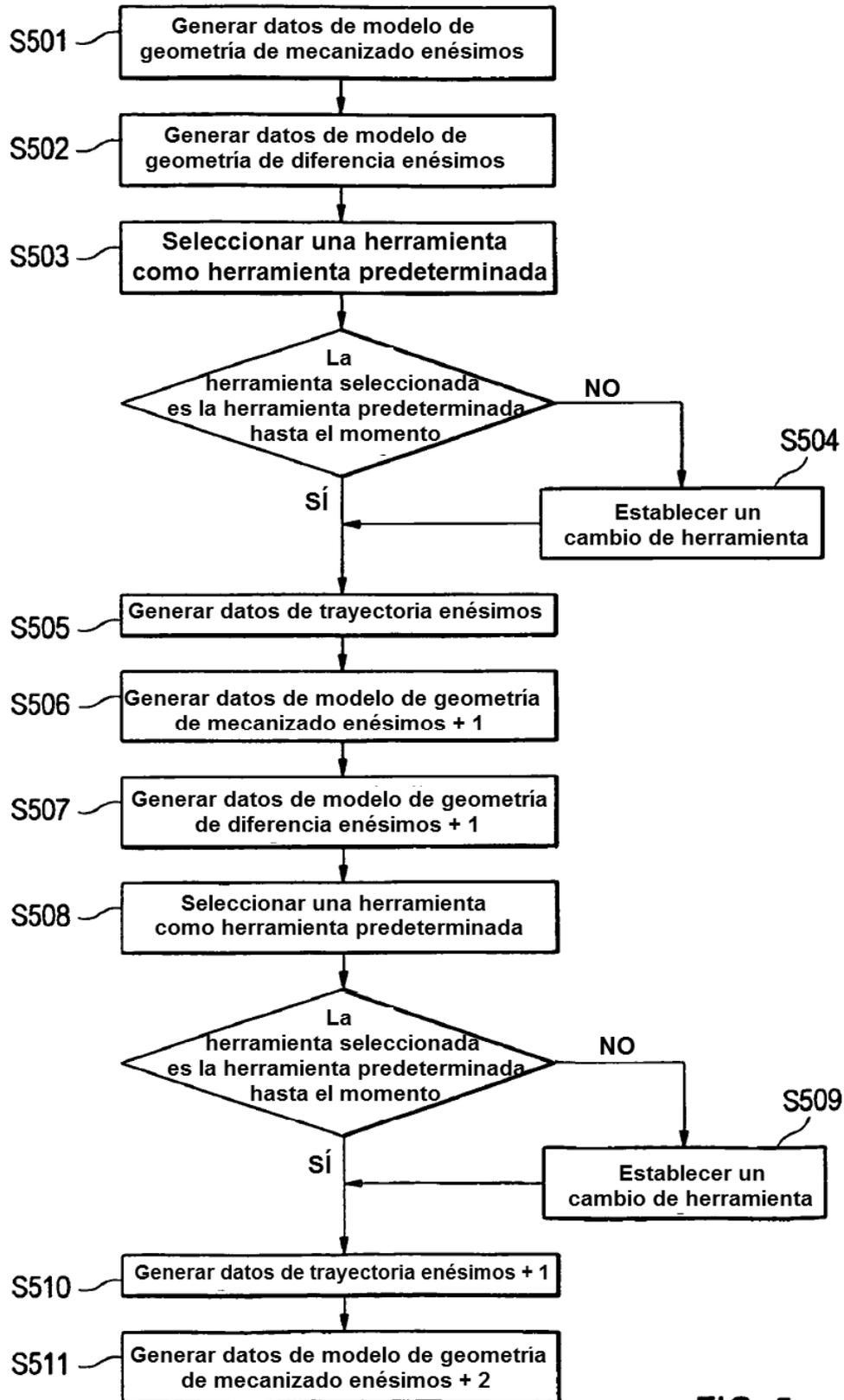


FIG. 5

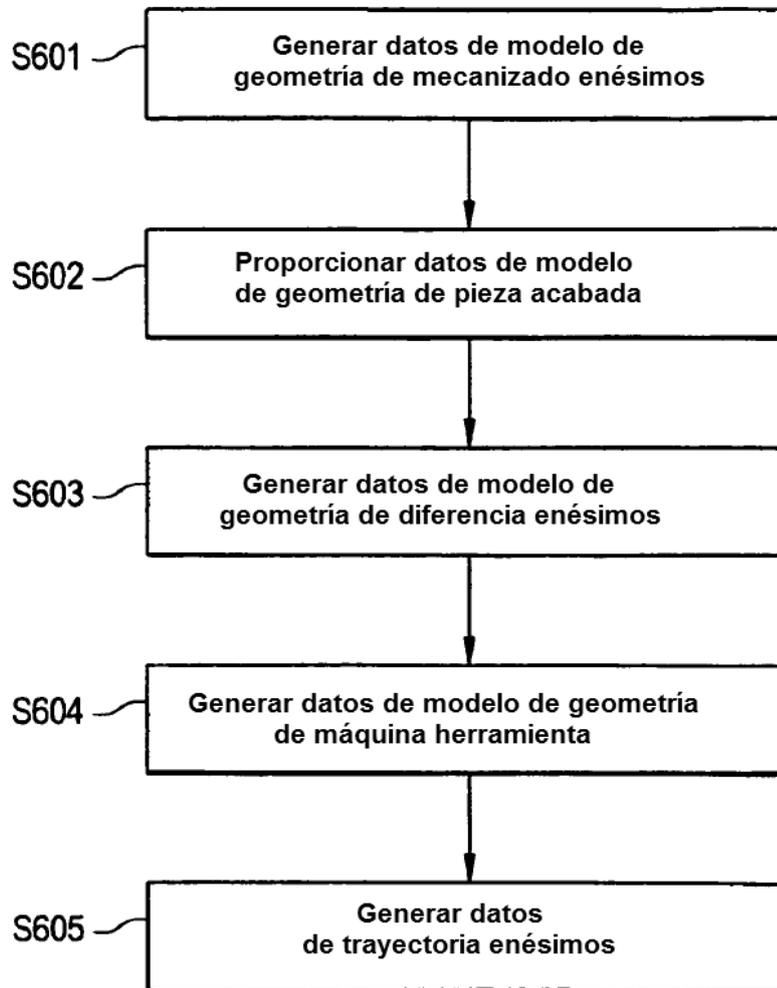


FIG. 6

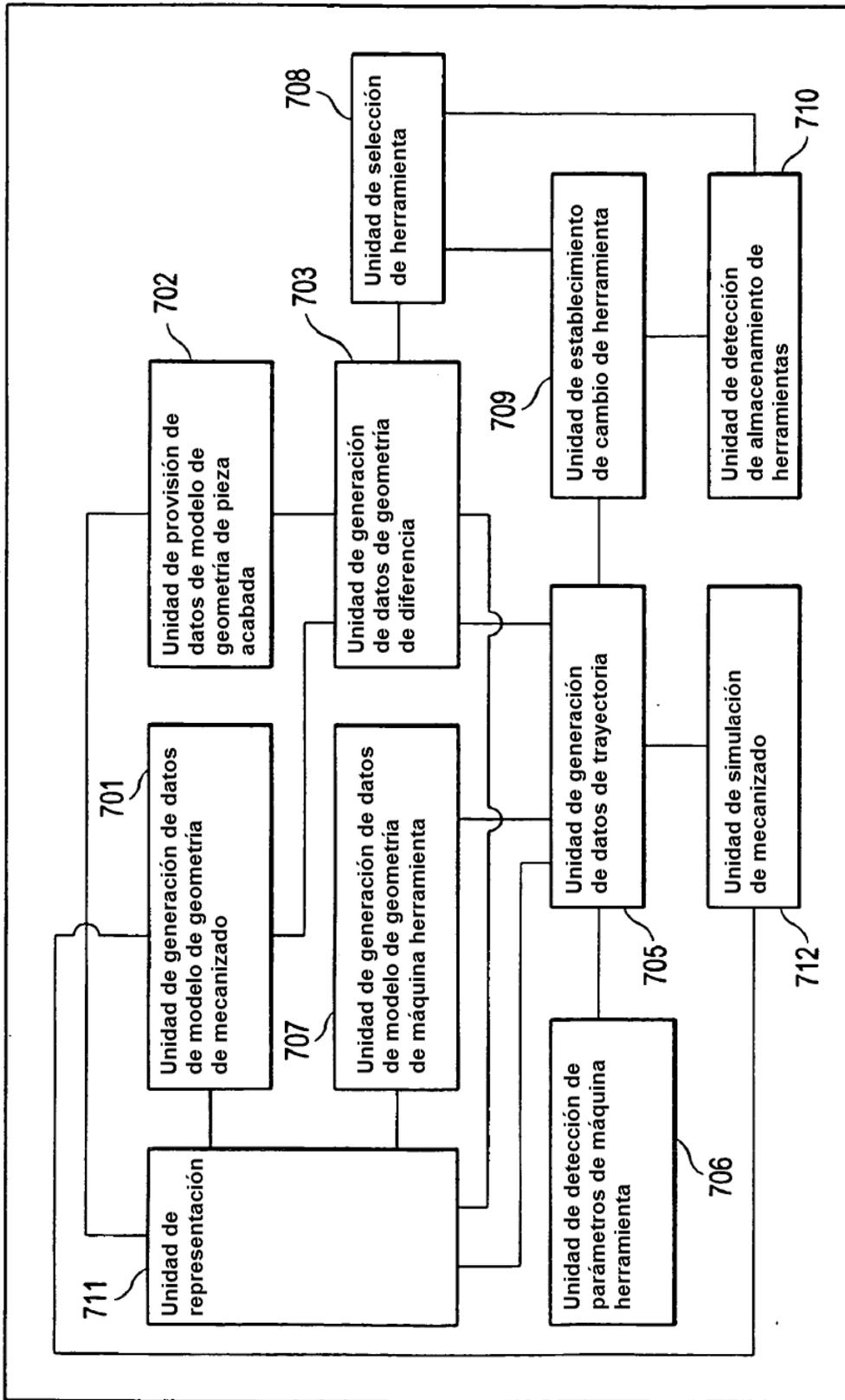


FIG. 7