

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 415 857**

51 Int. Cl.:

G05B 19/408 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.04.2010 E 10723303 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2013 EP 2417498**

54 Título: **Método para dividir automáticamente un programa de piezas en operaciones fundamentales**

30 Prioridad:

07.04.2009 IT VI20090080

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

29.07.2013

73 Titular/es:

**POLITECNICO DI MILANO (100.0%)
Piazza Leonardo da Vinci 32
20133 Milano , IT**

72 Inventor/es:

**TOLIO, TULLIO;
COBIANCHI, PAOLO, MARIA y
MORIGGI, PAOLO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 415 857 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

Método para dividir automáticamente un programa de piezas en operaciones fundamentales

Campo de la invención.

5 La presente invención está relacionada con el campo de máquinas herramientas de control numérico computarizado (CNC). En particular, la presente invención está relacionada con el campo de programas de mecanizado ("programas de piezas") para máquinas herramienta de control numérico computarizado. Aún más en particular, la presente invención está relacionada con el problema de convertir un programa de mecanizado tradicional, que tiene caracteres lineales, en un programa no lineal. La presente invención se refiere, por lo tanto, a la identificación automática de las distintas operaciones de mecanizado en un determinado programa de piezas de mecanizado para
10 máquinas herramienta de control numérico computarizado. En particular, se identifican las instrucciones de mecanizado ("instrucciones de código G") asociadas a cada operación de mecanizado realizada con el fin de obtener un producto acabado o semiacabado a partir de una pieza en bruto. En detalle, el método según la presente invención es capaz de identificar esas instrucciones de código G que establecen la eliminación de material por medio de herramientas, modificando de este modo la geometría original de la pieza en bruto. Por otra parte, la
15 presente invención está relacionada con la asociación de la información geométrica relativa a las características reconocidas del producto acabado con las operaciones de mecanizado y, en consecuencia, con las instrucciones de código G.

Situación de la técnica.

20 En el contexto más amplio de los procesos de mecanizado para la eliminación de material de componentes metálicos, la presente invención está relacionada con los procesos de mecanizado realizados mediante máquinas herramientas de control numérico computarizado (CNC). El principio detrás de los sistemas de control numérico computarizado está relacionado específicamente con dispositivos electrónicos capaces de leer e interpretar varias instrucciones y de conducir las herramientas apropiadas a lo largo de recorridos para eliminar partes del material de una pieza en bruto.

25 Todas las instrucciones necesarias para realizar el proceso de mecanizado, los llamados códigos G, están contenidas en uno o más archivos de texto que se cargan en la memoria del control numérico computarizado de la máquina. Estos archivos se cargan antes de iniciar el proceso de mecanizado del producto con el que están relacionados. Todo el conjunto de archivos que tiene que ejecutar el control numérico representa el programa de piezas. El programa de piezas puede ser generado manualmente por un programador o automáticamente mediante un sistema CAM (Computer Aided Manufacturing, fabricación asistida por ordenador). Desde principios de la década
30 de 1960, en los Estados Unidos, Electronic Industries Alliance (Alianza de Industrias Electrónicas) ha realizado varios intentos por estandarizar el formato de las instrucciones de los códigos G, llegando a la versión final aprobada en 1980 con el nombre RS274D. La Organización Internacional de Normalización reconoció el formato de los datos contenidos en la RS274D y propuso en 1982 la norma ISO 6983/1. Sin embargo, casi ninguno de los fabricantes de CNC se ha adaptado completamente a la norma ISO 6983/1. Esto se debe al hecho de que la creciente complejidad de las operaciones necesarias en las máquinas herramientas no ha sido acompañada de las actualizaciones apropiadas de este lenguaje de programación requerido por la norma y al hecho de que en el pasado era limitada la
35 demanda de interoperabilidad de sistemas CNC. La mayoría de los fabricantes de CNC han añadido sus propias extensiones y variaciones al tipo de lenguaje requerido por la norma, especialmente para la representación de las instrucciones relacionadas con la transformación de los sistemas de referencia o para el empleo de funciones auxiliares de la máquina herramienta. Por otra parte, durante la última década, no se han introducido cambios en la manera en que se generan y se usan los programas de piezas. El actual método de generación de programas de piezas requiere que las diversas instrucciones se indiquen según una secuencia lineal dentro del propio programa de piezas, de modo que el control numérico pueda leer el programa de piezas de fila en fila y la máquina herramienta
40 pueda ejecutar las instrucciones especificadas en cada fila. Esta naturaleza lineal del programa de piezas implica, sin embargo, varios inconvenientes, especialmente en el nivel de la planta de taller.

45 Cuando el técnico decide la secuencia de operaciones que se ejecutan dentro de un plan de proceso específico, introduce sólo restricciones de precedencia tecnológica entre las operaciones (por ejemplo, establece la ejecución de una operación de desbastado antes de una operación de acabado, una operación de taladrado antes de roscado, y así sucesivamente). Se introducen implícitamente otras restricciones de precedencia sólo debido a la necesidad de especificar un conjunto de operaciones en una secuencia lineal. Por consiguiente, esta naturaleza estática y estrictamente secuencial que caracteriza el conjunto de operaciones conduce a la imposibilidad de cambiar finalmente el orden original de procesamiento de las operaciones de mecanizado, mientras que satisface todas las restricciones de precedencia tecnológica.

55 Otra característica relevante vinculada a la manera real de lectura y ejecución de un programa de piezas está relacionada con la pobre visibilidad y el pobre control de la secuencia de operaciones de mecanizado. Dado que el programa de piezas es una entidad monolítica en donde todas las operaciones de mecanizado, representadas implícitamente por las instrucciones del código G, no se pueden distinguir unas de otras, hay una posibilidad limitada de reaccionar de manera efectiva a eventos impredecibles. Por ejemplo, si una de las herramientas se daña durante

las operaciones de mecanizado, podría ser una buena solución ir a realizar otras operaciones que no requieran la misma herramienta, en lugar de anular todo el programa de piezas. Al mismo tiempo, un programa de piezas interrumpido debe ser recuperado sin la necesidad de la intervención manual de un operario que lee el programa de piezas y especifica la fila desde la que el CNC tiene que iniciar nuevamente el proceso.

5 Recientemente, durante la década de 1990, se introdujo una manera diferente de representar programas de piezas para máquinas herramientas de CNC. Según este planteamiento diferente, el ciclo de mecanizado (denominado también como “plan de proceso no lineal”) no está limitado a ningún aspecto concerniente a su ejecución y administración, de modo que el programa de piezas correspondiente se caracteriza únicamente por restricciones tecnológicas de precedencia efectiva entre las operaciones de mecanizado. Esto permite superar una serie de
10 inconvenientes derivados de la naturaleza secuencial de los actuales programas de mecanizado con las máquinas herramientas de CNC. El programa de piezas, de hecho, ya no está representado por archivos que codifican una sola secuencia estática de instrucciones, pero surgen las posibilidades de representar el proceso según varias secuencias alternativas y elegir la secuencia efectiva de operaciones necesarias para el mecanizado de la pieza más tarde, durante la lectura operativa y la ejecución de etapas del programa. La unidad clave en el ámbito de este
15 nuevo planteamiento es la operación fundamental de mecanizado. Esta entidad se caracteriza por las instrucciones acerca del recorrido que tiene que seguir la herramienta una vez que está en contacto con la pieza en bruto con el fin de eliminar material de ella para crear las características geométricas de la pieza acabada o semiacabada. Desde el punto de vista industrial, este nuevo planteamiento está ganando cada vez más consenso en los últimos años, varios usuarios de máquinas herramientas y de sistemas de mecanizado integrado se han dado cuenta de los
20 posibles beneficios que este tipo de planteamiento puede garantizar (tal como menos tiempo para la planificación del programa de piezas y una gestión más sencilla de la planta de producción). No obstante, para que estas empresas mecánicas, el problema se plantea en la conversión de forma eficiente de los programas de mecanizado empleados en la actualidad para poder emplearlos siempre que se adopte el nuevo planteamiento sin necesidad de volver a programarlos totalmente de nuevo. El análisis de un programa de piezas con el objetivo de identificar en él las
25 instrucciones concernientes a las operaciones individuales representa una actividad manual que, hoy en día, además de necesitar un tiempo de ejecución nada despreciable, también necesita personal altamente calificado con alto grado de experiencia y competencia en el campo del mecanizado CNC.

Otras técnicas, tales como las técnicas concernientes a la programación STEP-NC, están dirigidas a la mejora de la continuidad de la información en la cadena CAD-CAM-CNC, permitiendo la obtención de ventajas comparables a las
30 alcanzables por medio de los programas de piezas no lineales, sin embargo, no son directamente aplicables a los controles numéricos existentes en la actualidad. Estos sistemas requieren de hecho ajustes y modificaciones laboriosos y costosos para leer e interpretar programas de piezas STEP-NC. La solicitud de patente W02007/078025A1, por ejemplo, concierne a un método para convertir un programa tradicional de piezas en un programa de piezas según el formato STEP-NC. El funcionamiento de un programa de piezas en el formato STEP-NC requiere la implementación de modificaciones relevantes en el software del CNC ya que el formato STEP-NC
35 no puede ser interpretado ni ejecutado por máquinas herramientas provistas de control numérico tradicional. El método según la presente invención, por lo tanto, difiere del estado de la técnica en que la información codificada del programa de piezas original no se traduce a otro idioma, sino que es desagregado y se lleva de regreso al nivel de las operaciones fundamentales, y puede ser interpretado directamente por el mismo sistema CNC empleado para
40 ejecutar el programa de piezas original.

Alcance de la presente invención.

A la luz de los problemas concernientes a la conversión de los programas de mecanizado tradicionales para máquinas de control numérico en programas que tengan un diseño diferente, el alcance de la presente invención es proporcionar un sistema y un método que permita superar dichos problemas.

45 En particular, el alcance de la presente invención es proporcionar un sistema y un método que permitan la identificación rápida y fácil de instrucciones de mecanizado (“instrucciones de código G”) concernientes con las operaciones que se realizan en un programa de piezas para máquinas herramientas de CNC. Por otra parte, el alcance de la presente invención es proporcionar un sistema y un método que permitan la identificación de dichas instrucciones presentes en un programa de piezas independientemente de la arquitectura específica de la máquina
50 herramienta de CNC. En particular, el alcance de la presente invención es proporcionar una salida que puede ser utilizada directamente por la propia máquina, sin necesidad de implementar modificaciones de software o hardware de la configuración en uso.

Compendio de la invención.

La presente invención está relacionada con un sistema y un método para identificar automáticamente operaciones
55 de mecanizado individuales realizadas según un programa de piezas para máquinas herramientas de control numérico computarizado y las correspondientes instrucciones de código G realizadas según dicho programa de piezas. La presente invención se basa en la idea general de realizar simulaciones basadas en dicho programa de piezas y de identificar las operaciones y las correspondientes instrucciones de código G sobre la base de la detección de la aparición de contactos entre los modelos de las herramientas utilizadas y los modelos de los
60 volúmenes que forman las características geométricas realizadas en la pieza mecanizada.

Según una realización particularmente ventajosa de la presente invención, se proporciona un método para identificar automáticamente las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa, que comprende las siguientes etapas:

- a) proporcionar dicho programa de piezas;
- 5 b) proporcionar una biblioteca de herramientas de mecanizado que comprende las propiedades geométricas de las herramientas utilizadas por la máquina de CNC para la que ha sido escrito dicho programa de piezas;
- c) proporcionar un modelo 3D de la pieza mecanizada;
- d) identificar características geométricas de la pieza mecanizada mediante la evaluación de dicho modelo 3D;
- 10 e) simular la ejecución de dicho programa de piezas para detectar la aparición de contactos entre dichas herramientas y cada una de dichas características geométricas basándose en las propiedades geométricas de las herramientas según se especifica en dicha biblioteca de herramientas de mecanizado;
- f) determinar las operaciones de mecanizado y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas sobre la base de la detección de los contactos realizados en la etapa e).

15 Según una realización adicional de la presente invención, se proporciona un método para identificar automáticamente las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa, comprende además proporcionar un modelo 3D de la pieza en bruto y determinar dicho modelo 3D de la pieza mecanizada sobre la base de una simulación del proceso de eliminación de material en dicho modelo 3D de la pieza en bruto, dicha simulación del proceso de eliminación de material se realiza sobre la base de dicho programa de piezas y dicha biblioteca de herramientas de mecanizado.

20 Según una realización adicional de la presente invención, se proporciona un método para identificar automáticamente las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas, que comprende además generar un modelo 3D de cada una de las características geométricas identificadas.

25 Según una realización adicional de la presente invención, se proporciona un método para identificar automáticamente las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas, que comprende además realizar comprobaciones de uniones en los modelos 3D de cada una de dichas características geométricas para distinguir las características geométricas caracterizadas por volúmenes que se cruzan, para eliminar el volumen de material en común de los modelos 3D de dichas características geométricas caracterizadas por volúmenes que se cruzan.

30 Según una realiza adicional de la presente invención, se proporciona un método para identificar automáticamente las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas, que comprende además computar el volumen de material eliminado de cada característica geométrica durante cada contacto individual con las herramientas para resolver los posibles conflictos derivados de la aparición simultánea de un contacto entre una herramienta y dos o más características geométricas, la instrucción de código G que determinó el contacto múltiple está asignada a la operación de mecanizado relacionada con la característica geométrica para la que el volumen de material eliminado es mayor.

35 Según una realización adicional de la presente invención, se proporciona un método para identificar automáticamente las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y las correspondientes instrucciones de códigos G contenidas en dicho programa de piezas, que comprende además asignar un archivo de inspección que contiene un conjunto de información concerniente a la geometría específica de cada una de dichas características geométricas identificadas y de la posición y la orientación de dichas características geométricas.

40 Según una realización particularmente ventajosa de la presente invención, se proporciona un sistema para la identificación de las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y de las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas, que comprende un módulo de gestión adaptado para recibir como aporte dicho programa de piezas, una biblioteca de herramientas de mecanizado que especifica propiedades geométricas de las herramientas utilizadas por la máquina de CNC para la que se ha escrito dicho programa y un modelo 3D de la pieza mecanizada, y para sacar dichas operaciones de mecanizado realizadas según dicho programa de piezas y dichas instrucciones de código G correspondientes a dichas operaciones de mecanizado; y un módulo volumétrico adaptado para evaluar dicho modelo 3D de la pieza mecanizada para identificar las características geométricas de la pieza mecanizada; para simular la ejecución de dicho programa de piezas para detectar la aparición de contactos entre dichas herramientas y cada una de dichas características geométricas basadas en las propiedades geométricas de las herramientas tal como se especifica en dicha biblioteca de herramientas de mecanizado; determinar las operaciones de mecanizado y las correspondientes instrucciones de códigos G contenidas en dicho programa de piezas sobre la base de la detección de contactos entre dichas herramientas y dichas características geométricas.

5 Según una realización adicional de la presente invención, se proporciona un sistema para la identificación de las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y de las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas, que comprende además un módulo volumétrico adaptado para recibir como aporte un modelo 3D de la pieza en bruto y que comprende además una unidad de simulación de mecanizado adaptada para simular el proceso de eliminación de material en dicho modelo 3D de la pieza en bruto sobre la base de dicho programa de piezas y dicha biblioteca de herramientas de mecanizado, para determinar dicho modelo 3D de la pieza mecanizada.

10 Según una realización adicional de la presente invención, se proporciona un sistema para la identificación de las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y de las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas, que comprende un módulo volumétrico adaptado además para generar un modelo 3D de cada una de dichas características geométricas.

15 Según una realización adicional de la presente invención, se proporciona un sistema para la identificación de las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y de las correspondientes instrucciones de códigos G contenidas en dicho programa de piezas, que comprende un módulo volumétrico adaptado además para realizar comprobaciones de uniones de los modelos 3D de cada una de dichas características geométricas para distinguir las características geométricas caracterizadas por volúmenes que se cruzan y realizar sustracciones booleanas recíprocas entre los volúmenes de dichas características geométricas caracterizadas por volúmenes que se cruzan para eliminar el volumen común de material de los modelos 3D de dichas características geométricas caracterizadas por volúmenes que se cruzan.

20 Según una realización adicional de la presente invención, se proporciona un sistema para la identificación de las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y de las correspondientes instrucciones de códigos G contenidas en dicho programa de piezas, que comprende un módulo volumétrico adaptado además para computar el volumen de material eliminado de cada característica geométrica durante cada contacto individual con las herramientas y que comprende además una unidad de análisis de informes adaptada para resolver los posibles conflictos derivados de la aparición simultánea de un contacto entre una herramienta y dos o más características geométricas, asignar la instrucción de código G que determinó el contacto múltiple con la operación de mecanizado correspondiente a la característica geométrica para la que el volumen de material eliminado es superior.

30 Según una realización particularmente ventajosa de la presente invención, se proporciona un sistema para la identificación de las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y de las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa, que comprende un módulo de gestión adaptado además para asignar un archivo de inspección que contiene un conjunto de información concernientes a la geometría específica de cada una de dichas características geométricas identificadas y la posición y la orientación de dichas características geométricas.

Breve descripción de los dibujos.

35 La Figura 1 representa las etapas principales que, a partir de los datos aportados, permiten al método proporcionar los datos de salida según una realización particular de la presente invención.

La Figura 2 representa la arquitectura general del método inventado según una realización particular de la presente invención.

40 La Figura 3 muestra el primer flujo de análisis del método inventado según una realización particular de la presente invención, en donde los submódulos implicados reciben aportes de datos y proporcionan una salida intermedia.

La Figura 4 muestra el segundo flujo de análisis del método inventado según una realización particular de la presente invención, en donde los submódulos implicados reciben la salida intermedia proporcionada por el primer flujo descrito en la Figura 3 y proporciona la salida final.

Descripción detallada.

45 En lo sucesivo, la presente invención se describe haciendo referencia a realizaciones particulares como se muestra en las Figuras adjuntas. No obstante, la presente invención no se limita a las realizaciones particulares descritas en la siguiente descripción detallada y mostradas en las Figuras, sino más bien, las realizaciones descritas simplemente ejemplifican varios aspectos de la presente invención cuyo alcance se define en las reivindicaciones.

50 Nuevas modificaciones y variaciones de la presente invención serán evidentes para los expertos en la técnica. La presente descripción se ha de considerar, por lo tanto, como que comprende todas dichas modificaciones y/o variaciones de la presente invención cuyo alcance se define en las reivindicaciones.

55 La Figura 1 muestra esquemáticamente las tres etapas principales realizadas según una realización particular de la presente invención. En primer lugar, sobre la base de los datos aportados 10 (en el caso que se muestra en la Figura 1, el programa de piezas 101 y la arquitectura de máquina CNC 102) y otra información secundaria (el modelo 3D de la pieza en bruto 103 y la biblioteca 104 de herramientas de mecanizado), se ejecuta la simulación de

mecanizado (etapa A). El objetivo de esta primera etapa es la generación de un modelo detallado de la pieza mecanizada que comprenda la información concerniente a las características geométricas realizadas por medio de las diferentes operaciones de mecanizado.

5 Como alternativa, si ya está disponible un modelo 3D adecuado de la pieza acabada, la primera simulación de mecanizado no es necesaria, porque no hay necesidad de generar estas características geométricas.

10 En esta fase se realiza el proceso de reconocimiento de características geométricas de las características geométricas del modelo 3D de la pieza mecanizada o, como alternativa, del modelo 3D de la pieza acabada (etapa B). El objetivo de esta tarea es doble. En primer lugar, se genera la información geométrica concerniente a cada una de las características geométricas reconocidas según determinadas normas, en segundo lugar, se generan modelos 3D correspondientes a estas características geométricas. En el ámbito de esta invención, la expresión "característica geométrica" se refiere a una entidad geométrica de una pieza acabada caracterizada por el hecho de haber sido generada por medio de la eliminación de un determinado volumen de material de la pieza en bruto. Algunos ejemplos no exhaustivos de características geométricas comprenden, por ejemplo, caras planas, huecos, surcos, escalones, agujeros y secciones extruídas (para obtener una descripción completa de tales características geométricas es posible consultar la norma ISO 14649-10).

15 Finalmente, la identificación de las instrucciones de código G se consigue por medio de simulaciones adicionales de mecanizado que permiten obtener coincidencias entre los modelos 3D de las características geométricas, las operaciones de mecanizado necesarias para obtener dichas características geométricas y los códigos G presentes en el programa 101 de piezas (etapa C).

20 La salida 30 del método está representada por la secuencia 301 de operaciones de mecanizado, es decir, la secuencia de operaciones realizadas según el programa de piezas y los correspondientes archivos 302 de códigos G de operaciones de mecanizado, que contienen las instrucciones de código G que representan los recorridos de las herramientas asociadas a cada operación de mecanizado. Por otra parte, el método proporciona el archivo de inspección 303 que contiene un conjunto de información relativa a la geometría de las diversas características geométricas junto con sus posiciones y orientaciones.

25 La Figura 2 muestra la arquitectura general del método según una realización particular de la presente invención. La arquitectura principal 20 recibe los datos aportados 10 que comprende el programa de piezas 101 y la arquitectura 102 de la máquina CNC. La arquitectura principal 20 comprende dos módulos, el módulo volumétrico 201 y el módulo de gestión 202. El módulo volumétrico 201 está dirigido principalmente a realizar tareas de cómputo y simulación empleando geometrías tridimensionales. El módulo volumétrico 201 comprende el submódulo 2011 de simulación de mecanizado y el submódulo CAD-CAM 2012.

30 El submódulo 2011 de simulación de mecanizado permite la interpretación del programa de piezas 101 y la simulación del proceso de eliminación de material del modelo tridimensional de la pieza en bruto 103 por medio de la geometría de las herramientas descritas en la biblioteca 104 de herramientas de mecanizado.

35 El submódulo de CAD-CAM 2012 se utiliza para reconocer las características geométricas del modelo tridimensional después de la simulación de mecanizado y para generar los modelos tridimensionales que forman dichas características geométricas.

40 El módulo de gestión 202 tiene como objetivo realizar tareas de gestión tales como la gestión del intercambio de información entre los diversos submódulos y contiene "la inteligencia" de todo el método. El módulo de gestión 202 comprende el submódulo 2021 compilador de proyecto y el submódulo 2022 de generación archivo de códigos G.

El submódulo 2021 compilador de proyecto permite iniciar el método, gestionar toda la información necesaria en una o más entidades de proyecto y gestionar los aportes y salidas entre los diversos submódulos.

El submódulo 2022 de generación de archivo de códigos G es capaz de llevar a cabo un análisis integrado de las salidas intermedias de los diversos submódulos durante la ejecución del método.

45 Al final, la arquitectura principal 20 proporciona la salida 30. En particular, la arquitectura principal 20 saca la secuencia 301 de operaciones de mecanizado, los archivos 302 de códigos G de mecanizado que contienen las instrucciones que representan los recorridos de las herramientas asociadas a cada operación de mecanizado y el archivo de inspección 303 que contiene la información relativa a la geometría específica, la posición y la orientación de cada una de las características geométricas.

50 En la Figura 3, se encuentra esquematizada la primera parte del flujo de análisis realizado según una realización particular de la presente invención. Al principio, los datos de salida 10 son gestionados por el submódulo 2021 compilador de proyecto. El submódulo 2021 compilador de proyecto comprende dos unidades, la unidad 2021a de comprobación de aportes y la unidad de compilación 2021b.

55 En particular, la arquitectura 102 de máquina CNC es analizada en primer lugar por la unidad 2021a de comprobación de aportes. La unidad 2021a de comprobación de aportes compara la información contenida en la

arquitectura 102 de máquina CNC con el contenido de la biblioteca 2011a de máquinas CNC incluida en el submódulo 2011 de simulación de mecanizado, con el fin de identificar la correcta arquitectura virtual para interpretar y simular específicamente el programa de piezas 101.

5 En particular, la biblioteca 2011a de máquinas CNC comprende la biblioteca CNC 2011b y la biblioteca 2011c de máquinas. La biblioteca CNC 2011b contiene emuladores CNC. Cada emulador CNC es representado por un archivo de texto en donde se declaran las palabras que tiene que interpretar el CNC, así como las funciones que han de realizarse durante la lectura del programa de piezas. En particular, están presentes los archivos de emulación CNC específicos para los modelos CNC más difundidos (por ejemplo, para "GE Fanuc", "Siemens", "NUM", "Heidenhain", etc.) para poder interpretar básicamente todos los posibles programas de piezas de código G.

10 La biblioteca 2011c de máquinas comprende varias configuraciones de máquina. También en este caso hay archivos de texto específicos que representan varias configuraciones de máquinas disponibles. Por ejemplo, hay representaciones de máquinas de tres ejes, cuatro ejes y cinco ejes, con husillo horizontal o vertical, y considerando todas las posibles configuraciones topológicas. Según la arquitectura 102 de máquina CNC específica, por tanto se selecciona la arquitectura adecuada (la máquina combinada con el CNC) de la biblioteca 2011a de máquinas CNC.

15 Una vez que se han comprobado los datos aportados 10, se añade y comprueba otra información secundaria para la ejecución de la simulación. En particular, tanto el modelo 3D de la pieza en bruto 103 como la biblioteca 104 de herramientas de mecanizado son comprobados por la unidad 2021a de comprobación de aportes. Con respecto al modelo 3D de la pieza en bruto 103, si es necesario, la unidad 2021a de comprobación de aportes puede utilizar la
 20 unidad 2012a de conversión de modelo CAD del submódulo CAD-CAM 2012 con el fin de convertir esos formatos del modelo 3D de la pieza en bruto que no son compatibles en un formato que sea compatible con el formato requerido por el submódulo 2011 de simulación de mecanizado.

El contenido de la biblioteca 104 de herramientas de mecanizado (en particular, la información relativa a longitudes de herramientas, diámetros de herramientas, tipos de herramientas y el número de dientes de cada herramienta) se analiza y se convierte en un formato que pueda ser leído por el submódulo 2011 de simulación de mecanizado.
 25 Dicha biblioteca de herramientas de mecanizado está representada típicamente por un archivo de texto que se puede descargar directamente desde el control numérico de la máquina herramienta.

Por otro lado, si la biblioteca 104 de herramientas de mecanizado está codificada manualmente en una simple hoja de papel, la unidad 2021a de comprobación de aportes permite utilizar la unidad 2011d de creación de herramientas contenida en el módulo 2011 de simulación de mecanizado, con el fin de crear dicho archivo.

30 La unidad 2011d de creación de herramientas gestiona la definición de todas las herramientas que están contenidas en la biblioteca 104 de herramientas de mecanizado. En particular, las diversas herramientas se codifican mediante un número de identificación (número de identificación que representa el número de la herramienta a la que hace referencia el programa de piezas 101), y se caracterizan por una cierta longitud, diámetro, número de dientes de corte y el tipo de herramienta (por ejemplo, una fresa plana, una fresa redonda, una fresa de bola, una broca o una
 35 herramienta perfiladora definida por un conjunto apropiado de parámetros geométricos).

En esta fase, la unidad de compilación 2021b realiza la reunión de la información procedente de la unidad 2021a de comprobación de aportes. Toda esta información es escrita apropiadamente por la unidad de compilación 2021b en el archivo principal de proyecto 40, que es un archivo de texto. El archivo principal de proyecto 40 se caracteriza por una estructura de árbol de la información y define un esquema preciso de simulación en donde, en el nivel apropiado
 40 de la estructura jerárquica, se especifica la ruta de los archivos que contienen la información aportada. El archivo principal de proyecto 40 representa una de las salidas intermedias producida por el submódulo 2021 compilador de proyecto y el aporte intermedio para el submódulo 2011 de simulación de mecanizado.

Utilizando la información especificada en el archivo principal de proyecto 40, la unidad 2011e de simulación de mecanizado incluida en el submódulo 2011 de simulación de mecanizado lleva a cabo la simulación de mecanizado.
 45 En particular, la unidad 2011e de simulación de mecanizado está provista de un núcleo cinemático, que lee el programa de piezas, lo interpreta por medio del emulador de CNC, y mueve los ejes de la máquina virtual con el fin de simular el recorrido seguido por las herramientas reales. Por lo tanto, las instrucciones de códigos G especificadas en el programa de piezas 101 son interpretadas y traducidas en recorridos de herramientas o funciones de mecanizado, de modo que las herramientas especificadas en la biblioteca 104 de herramientas de
 50 mecanizado eliminan trozos de material del modelo 3D de la pieza en bruto 103. Después de que el programa de piezas 101 ha sido procesado por completo por la unidad 2011e de simulación de mecanizado, está disponible el resultado de la simulación de mecanizado, es decir, el modelo 3D de la pieza mecanizada.

No obstante, este nuevo modelo sólido no contiene todavía la información necesaria para llevar a cabo el método y, por consiguiente, debe ser exportado en un formato que contenga la información concerniente a las características
 55 geométricas generadas. El modelo tridimensional de la pieza mecanizada es tomado de este modo a su cargo por la unidad 2011f de exportación de modelo 3D. La unidad 2011f de exportación de modelo 3D realiza la exportación de las características geométricas generadas y permite obtener un modelo 3D de la pieza mecanizada 50 desde el submódulo 2011 de simulación de mecanizado.

El modelo 3D de la pieza mecanizada 50 representa el aporte intermedio del submódulo CAD-CAM 2012.

Como ya se ha indicado, si hay disponible un modelo 3D de la pieza acabada, incluso como alternativa al modelo 3D de la pieza en bruto 103, no es necesario realizar la simulación de mecanizado descrita hasta el momento, porque la información relativa a las características geométricas de la pieza mecanizada se puede extraer también del modelo tridimensional de la pieza acabada.

El objetivo principal del submódulo de CAD-CAM 2012 consiste en reconocer las mencionadas características geométricas y generar modelos 3D específicos para cada una de estas características. El modelo 3D de la pieza mecanizada 50 o, como alternativa, el modelo 3D de la pieza acabada es tomado como aporte por el submódulo de CAD-CAM 2012a, en donde la unidad 2012b de reconocimiento de características geométricas realiza un reconocimiento semiautomático de las características geométricas.

La mayoría de las características geométricas se reconocen fácilmente y la información acerca de sus geometrías se genera automáticamente según la biblioteca 2012e de características geométricas incluida en la unidad 2012b de reconocimiento de características. La biblioteca 2012e de características geométricas es una colección de esquemas de clasificación empleados para clasificar las características geométricas reconocidas sobre la base de ciertas normas empleadas típicamente para representar e intercambiar datos concernientes a los productos (p.ej. norma ISO 14649-10 o norma ISO 10303-AP238, por mencionar las más comunes).

La unidad 2012b de reconocimiento de características geométricas, funciona de manera integrada con la unidad 2012c de comprobación de geometría y la unidad de diseño 2012d. Tan pronto como se reconoce una característica geométrica, la información relativa es transferida a la unidad de diseño 2012d, en la que se genera un modelo 3D que representa el volumen sólido de la característica geométrica. Cuando se crean todos estos modelos sólidos, la unidad 2012c de comprobación de geometría realiza una comprobación de uniones, con el objetivo de distinguir las características geométricas caracterizadas por volúmenes que se cruzan (por ejemplo, dos agujeros que penetran uno en otro se caracterizan por un volumen de material común). Si la unidad 2012c de comprobación de geometría encuentra algunas de las características que tienen esta propiedad, se vuelven a enviar a la unidad de diseño 2012d con el fin de realizar sustracciones booleanas recíprocas entre sus volúmenes. De esta forma, el volumen de material común entre dos o incluso más características se elimina del modelo 3D de cada característica. El objetivo es definir cada característica geométrica de la pieza con el volumen de material más preciso.

Una vez que se han diseñado, comprobado y finalmente ajustado los modelos tridimensionales asociados a las diferentes características geométricas mecanizadas, el submódulo de CAD-CAM 2012 los almacena en un formato conveniente de archivo (por ejemplo, el mismo formato utilizado para representar el modelo 3D de la pieza en bruto 103 durante la simulación de mecanizado). Por lo tanto, la salida intermedia del submódulo de CAD-CAM 2012 está compuesta por los modelos 3D de las características geométricas 60, es decir por una lista de archivos en los que está contenida la información relativa a la geometría de las características geométricas. Cada uno de los modelos tridimensionales se almacena utilizando el mismo sistema de referencia de coordenadas que caracteriza el modelo 3D de la pieza mecanizada 50; esto se hace con el fin de representar de manera eficaz el volumen de material asociado a una característica en una posición específica y gestionar fácilmente las etapas subsiguientes del método de la presente invención. Los modelos 3D de las características geométricas 60 representan también el aporte intermedio para el submódulo 2021 compilador de proyecto que cierra el primer bucle del método según una realización particular de la presente invención.

En esta fase, la unidad de compilación 2021b se ocupa de nuevo del archivo principal de proyecto 40, actualizándolo con la información generada en el primer bucle de análisis y añade otros parámetros necesarios para llevar a cabo las etapas adicionales del método. Por lo tanto, la salida intermedia de la unidad de compilación 2021b es el archivo principal de proyecto actualizado 70. La información relativa a los modelos 3D de las características geométricas 60 es insertada en el archivo principal de proyecto actualizado 70 por la unidad de compilación 2021, y se especifican otras propiedades relevantes que permiten que la unidad 2011e de simulación de mecanizado rastree los contactos entre las diversas herramientas y los modelos 3D de las características geométricas 60.

Las etapas del método según la realización particular de la presente invención descritas hasta ahora se realizan según lo esquematizado en la Figura 3, con el fin de obtener la información necesaria para definir la geometría de cada característica geométrica del producto y los modelos tridimensionales que representan el volumen sólido de dichas características geométricas. Por otra parte, el primer flujo de análisis finaliza con la generación del archivo principal de proyecto actualizado 70, en donde toda la información necesaria para llevar al cabo el método es escrita automáticamente por la unidad de compilación 2021b.

El segundo flujo del análisis realizado según una realización particular de la presente invención se esquematiza en la Figura 4. En este segundo ciclo, la unidad 2011e de simulación de mecanizado utiliza la información almacenada en el archivo principal de proyecto actualizado 70 para ejecutar nuevas simulaciones de mecanizado. El objetivo de estas nuevas simulaciones de mecanizado es detectar, durante la ejecución del programa de piezas 101, la aparición de contactos entre las diversas características geométricas (cuyos volúmenes sólidos están representados por los modelos 3D de las características geométricas 60) y las diversas herramientas (cuyas geometrías se especifican en la biblioteca 104 de herramientas de mecanizado). El proceso está soportado por la función de

detección de contacto 2011g de la unidad 2011e de simulación de mecanizado. La función de detección de contacto 2011g permite identificar cuando dos elementos específicos llegan a cierta distancia relativa durante la simulación de mecanizado. En particular, esta función se utiliza para identificar cuando una herramienta interfiere con el modelo 3D de una característica geométrica, eliminando de material del mismo. Debido a las propiedades establecidas en el archivo principal de proyecto actualizado 70, la activación de la función de detección de contacto 2011g permite a la unidad 2011e de simulación de mecanizado guardar tanto la instrucción individual de código G que causa un contacto como la medida del volumen eliminado de la característica geométrica. Por ejemplo, la función de detección de contacto 2011g puede reconocer la siguiente situación: La "herramienta ID 7" entra en contacto con la característica geométrica "agujero redondo 1" eliminando "252,4187 unidades de material" mientras realiza la instrucción "G98G81R2Z-3.5K0". De esta manera, la función de detección de contacto 2011g considera sólo las instrucciones de códigos G que originan un contacto efectivo entre las herramientas y los volúmenes de las características geométricas. Es exactamente en esta manera cómo es posible identificar con precisión los códigos G vinculados a las operaciones de mecanizado que empiezan desde el programa de piezas 101. La función de detección de contacto 2011g trabaja de manera integrada con la función 2011h de construcción de informes. Cada vez que es detectado un contacto entre una característica geométrica y una herramienta por la función de detección de contacto 2011g, la última lee del programa de piezas 101 la instrucción de código G que ha causado este contacto, la asocia a un número progresivo y la almacena, junto con el nombre de la herramienta implicada, el nombre de la característica geométrica implicada y el volumen de material eliminado, en un archivo temporal apropiado.

Después del segundo ciclo de simulación de mecanizado, la información almacenada en el archivo temporal es escrita en el informe 80 de simulación de mecanizado por la función 2011h de construcción de informes. El informe 80 de simulación de mecanizado es un archivo de texto en donde se almacena toda la información relativa a lo que ha sucedido durante esta segunda simulación de mecanizado. Información adicional, además de la información previamente proporcionada por el archivo temporal, se escribe en el informe 80 de simulación de mecanizado: para cada contacto de herramienta/característica geométrica, se almacena el valor real de algunos parámetros tecnológicos (velocidad de aproximación de la herramienta, velocidad y sentido de rotación del husillo, empleo de líquido lubricante-de refrigeración, etc.).

El informe 80 de simulación de mecanizado representa la nueva salida intermedia del submódulo 2011 de simulación de mecanizado y el aporte del submódulo 2022 de generación de archivo de códigos G.

La tarea final del método inventado se realiza por medio del submódulo 2022 de generación de archivo de códigos G, que comprende la unidad 2022a de análisis de informes y la unidad 2022b de escritura de archivo de códigos G. El informe 80 de simulación de mecanizado es tomado como aporte por la unidad 2022a de análisis de informes con el fin de seleccionar la información necesaria, para reconstruir su flujo correcto y para resolver los posibles conflictos presentes en los datos almacenados. Con el fin de obtener la secuencia verdadera de operaciones de mecanizado, la unidad 2022a de análisis de informes analiza todos los contactos presentes en el informe 80 de simulación de mecanizado, que son ordenados y almacenados en un nuevo archivo temporal empleando la información dada por el número progresivo almacenado durante el segundo ciclo de simulación. Durante la fase de ordenación de los contactos, pueden surgir conflictos derivados del hecho de que una cierta instrucción de código G ha determinado una interferencia simultánea entre una cierta herramienta y dos o más características geométricas, de modo que en el informe 80 de simulación de mecanizado la misma instrucción de código G (identificada por el mismo número progresivo) está presente tantas veces como el número de características geométricas implicadas. Dado que una cierta instrucción de código G debe asociarse unívocamente a una y sólo una operación fundamental de mecanizado, sólo se mantiene el caso de código G correspondiente a la operación relacionada con la característica geométrica para la que la eliminación de un volumen de material ha sido mayor entre todos los distintos casos de la misma instrucción de código G, mientras que los otros casos son ignorados. Este tipo de situación podría surgir, por ejemplo, a causa de algunas ejecuciones extra programadas según las que, durante las fases de aproximación y separación, la herramienta entra en contacto no sólo con la característica geométrica a mecanizar sino también con una o más características geométricas adyacentes a la misma.

Al final, el nuevo archivo temporal que comprende la secuencia de instrucciones de códigos G es tomada por la unidad 2022b de escritura de archivo de códigos G. La unidad 2022b de escritura de archivos de códigos G lee esta secuencia desde el principio y crea un archivo de texto para cada operación de mecanizado hasta que se llega al final de la secuencia de instrucciones de código G. Cada archivo de texto contiene las instrucciones de código G necesarias para realizar la operación dada de mecanizado.

El submódulo 2022 de generación de archivo de códigos G devuelve la salida 30, es decir, la secuencia 301 de operaciones de mecanizado y los archivos relacionados 302 de códigos G de operaciones de mecanizado. Por otra parte, el submódulo 2022 de generación de archivo de códigos G enriquece el conjunto de información, que caracteriza cada característica geométrica también con las operaciones de mecanizado relacionadas y proporciona el archivo 303 de inspección de características como otra salida adicional. Toda esta información representa la salida final del método.

Ventajas de la invención.

La presente invención permite identificar, en un programa genérico de piezas para mecanizado CNC, las operaciones de mecanizado que, bajo la apariencia de instrucciones de códigos G, se utilizan para eliminar material de una pieza en bruto con el fin de crear las diversas características geométricas de una pieza acabada o semiacabada.

El método descrito en la presente invención representa la primera etapa hacia la conversión de un programa de piezas lineal, que tiene de este modo una naturaleza secuencial en la representación de las instrucciones de mecanización, en un programa de piezas no lineal. En particular, el método según la presente invención proporciona como salida la secuencia verdadera de operaciones de mecanizado ejecutadas según el programa original de piezas, junto con los archivos de códigos G asociados a cada operación de mecanizado. Un archivo de códigos G es un archivo de texto que comprende instrucciones de códigos G adaptadas para ejecutar una determinada operación de mecanizado fundamental y, de este modo, que comprende una pequeña parte del programa de piezas original.

Por otra parte, el método proporciona como salida, sobre la base de ciertas normas de representación, un conjunto de información relativa a las características geométricas de la pieza mecanizada y algunos parámetros tecnológicos importantes (velocidad de aproximación de la herramienta, velocidad y sentido de rotación del husillo, empleo de líquido lubricante o de refrigeración, etc.) que caracterizan a cada operación de mecanizado. El objetivo es combinar las instrucciones de códigos G que caracterizan las diversas operaciones de mecanizado con la información relativa a la geometría específica que genera cada operación de mecanizado sobre la pieza en bruto y los parámetros tecnológicos empleados por las propias operaciones.

El método de la presente invención identifica las instrucciones de códigos G que provocan un contacto entre el volumen de una herramienta y el de una de las características geométricas de la pieza por medio de simulaciones apropiadas de mecanizado del programa de piezas original. En el caso de múltiples contactos, es decir, en el caso de que una sola instrucción de código G determina simultáneamente un contacto de una herramienta con dos o más características geométricas, se asigna razonablemente a la operación fundamental concerniente a la característica geométrica para la que el volumen de material eliminado ha sido superior.

Por un lado, la posibilidad de simular cualquier programa de piezas, escrito acorde con especificaciones CNC dadas, permite que el método proporcione una salida que todavía cumple dichas especificaciones CNC. Por otro lado, las instrucciones buscadas de código G, es decir, aquellas instrucciones que provocan un contacto entre la herramienta y la pieza, típicamente están representadas por la parte del vocabulario de código G que mejor cumple con las normas (por ejemplo G01, G02, etc.). Por lo tanto, la invención permite la interoperabilidad de los sistemas debido a que varias de las instrucciones de códigos G son directamente ejecutables incluso en configuraciones CNC que son diferentes de las que se dan como aporte.

La posibilidad de identificar claramente las instrucciones de códigos G correspondientes a las diversas operaciones de mecanizado soporta por otra parte la conservación y la actualización de los programas de piezas. Por ejemplo, las posibles modificaciones del programa de piezas realizadas durante las fases de prueba podrían ser detectadas y devueltas a los departamentos técnicos que se ocupan de la generación del programa de piezas, con el fin de evitar pérdidas de tiempo para la realización en el futuro de la misma actividad. De lo contrario, es muy probable que estas modificaciones o actualizaciones de las instrucciones contenidas en un programa de piezas se pierdan y sean necesarias, en el futuro, otras pruebas en el mismo programa de piezas o en un programa de piezas similar. Por otra parte, dado que cualquier modificación en las características geométricas de un producto a menudo requiere también una modificación en el recorrido de la herramienta correspondiente, este tipo de situación podría ser fácilmente manejada por los departamentos de programación actuando solo sobre los archivos de códigos G implicados en la modificación, sin necesidad de tener en cuenta todo el programa de piezas.

Finalmente se requiere menos aporte de información para ejecutar el método según la presente invención. Por otra parte, esta información es fácil de encontrar en los departamentos técnicos y de programación o incluso a nivel de la planta de taller debido a que son datos esenciales para realizar incluso las piezas mecanizadas más comunes. Esto permite ahorrar tiempo total necesario para obtener los datos de salida y al mismo tiempo permite aumentar la aplicabilidad efectiva de la invención y su empleo en la práctica industrial. Por otra parte, cada etapa realizada por el método se caracteriza por un alto nivel de automatización para minimizar la necesidad de intervenciones manuales. La invención permite por lo tanto la fácil y rápida realización de una actividad que usualmente requiere una notable experiencia y pérdida de tiempo.

REIVINDICACIONES

1. Método para identificar automáticamente las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas (101) y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas (101), dicho método comprende las siguientes etapas:
- 5 a) proporcionar dicho programa de piezas (101);
- b) proporcionar una biblioteca (104) de herramientas de mecanizado que especifica las propiedades geométricas de las herramientas utilizadas por la máquina de CNC para la que ha sido escrito dicho programa de piezas (101);
- c) proporcionar un modelo 3D (50) de la pieza mecanizada;
- 10 caracterizado porque:
- dicho método comprende además las siguientes etapas:
- d) identificar características geométricas de la pieza mecanizada mediante la evaluación de dicho modelo 3D (50);
- 15 e) simular la ejecución de dicho programa de piezas (101) para detectar la aparición de contactos entre dichas herramientas y cada una de dichas características geométricas basándose en las propiedades geométricas de las herramientas según se especifica en dicha biblioteca (104) de herramientas de mecanizado;
- f) determinar las operaciones de mecanizado y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas (101) sobre la base de la detección de los contactos realizados en la etapa e).
2. Método según la reivindicación 1,
- 20 caracterizado por que:
- dicha etapa c) comprende:
- c1) proporcionar un modelo 3D de la pieza en bruto (103);
- c2) determinar dicho modelo 3D (50) de la pieza mecanizada sobre la base de una simulación del proceso de eliminación de material en dicho modelo 3D de la pieza en bruto (103), dicha simulación del proceso de eliminación de material se realiza sobre la base de dicho programa de piezas (101) y dicha biblioteca (104) de herramientas de mecanizado.
- 25
3. Método según una de las reivindicaciones 1 o 2,
- caracterizado por que:
- dicha etapa d) comprende además:
- 30 d1) generar un modelo 3D (60) de cada una de dichas características geométricas.
4. Método según la reivindicación 3,
- caracterizado por que:
- dicha etapa d) comprende además:
- 35 d2) realizar comprobaciones de unión en los modelos 3D de cada una de dichas características geométricas para distinguir las características geométricas caracterizadas por volúmenes que se cruzan;
- d3) realizar sustracciones booleanas recíprocas entre los volúmenes de dichas características geométricas caracterizadas por los volúmenes que se cruzan, para eliminar el volumen común de material de los modelos 3D de dichas características geométricas caracterizadas por los volúmenes que se cruzan.
5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4,
- 40 caracterizado por que:
- dicha etapa e) comprende además:
- e1) identificar cada una de las instrucciones de código G de dicho programa de piezas (101), que provoca un contacto entre por lo menos una de dichas herramientas y por lo menos una de dichas características geométricas.

6. Método según la reivindicación 5,
 caracterizado por que:
 dicha etapa e) comprende además:
 5 e2) para cada instrucción de código G identificada en dicha etapa e1), computar el volumen de material eliminado de la característica geométrica durante el contacto con la herramienta.
7. Método según la reivindicación 5,
 caracterizado por que:
 dicha etapa e) comprende además:
 10 e3) almacenar cada una de dichas instrucciones de código G identificadas en dicha etapa e1) en un archivo temporal junto con la información acerca del volumen de material eliminado según la computación en dicha etapa e2), la herramienta y la característica geométrica implicados en el contacto.
8. Método según una de las reivindicaciones 1 a 7,
 caracterizado por que:
 dicha etapa f) comprende además:
 15 f1) asignar la posible instrucción de código G que provoca un contacto concurrente entre una herramienta dada y dos o más características geométricas para la operación de mecanizado concerniente a esa característica geométrica caracterizada por el mayor volumen de material eliminado.
 20 f2), determinar el archivo (303) de inspección de características que comprende un conjunto de información relativa a las especificaciones geométricas, así como la posición y la orientación de cada una de dichas características geométricas identificadas en la etapa d).
9. Método para convertir un programa de piezas lineal tradicional (101) en un programa de piezas no lineal,
 caracterizado por que:
 dicho método comprende identificar las operaciones de mecanizado realizadas según dicho programa de piezas lineal tradicional (101) y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas lineal tradicional según el método de una de las reivindicaciones 1 a 7.
 25
10. Sistema adaptado para identificar las operaciones de mecanizado realizadas según un programa de piezas y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas, en donde dicho sistema está adaptado para recibir un aporte de dicho programa de piezas (101), una biblioteca (104) de herramientas de mecanizado que especifica las propiedades geométricas de las herramientas utilizadas por la máquina de CNC para la que se ha escrito dicho programa de piezas (101) y un modelo 3D (50) de la pieza mecanizada;
 30
 caracterizado por que:
 dicho sistema comprende un módulo volumétrico (201) adaptado para:
 > evaluar dicho modelo 3D (50) de la pieza mecanizada para identificar las características geométricas de la pieza mecanizada;
 35 > simular la ejecución de dicho programa de piezas (101) para detectar la aparición de contactos entre dichas herramientas y cada una de dichas características geométricas basándose en las propiedades geométricas de las herramientas según se especifica en dicha biblioteca (104) de herramientas de mecanizado;
- y por que:
 dicho sistema comprende un módulo de gestión (202) adaptado para:
 40 > determinar las operaciones de mecanizado y las correspondientes instrucciones de código G contenidas en dicho programa de piezas (101) sobre la base de la detección de contactos entre dichas herramientas y dichas características geométricas;
 > sacar dichas operaciones de mecanizado y dichos correspondientes archivos de código G con las instrucciones de código G identificadas en dicho programa de piezas (101).
- 45 11. Sistema según la reivindicación 10,

caracterizado por que:

5 dicho módulo volumétrico (201) está adaptado además para recibir un aporte de un modelo 3D de la pieza en bruto (103) y dicho módulo volumétrico (201) comprende además una unidad de simulación de mecanizado (2011e) adaptada para simular el proceso de eliminación de material en dicho modelo 3D de la pieza en bruto (103) sobre la base de dicho programa de piezas (101) y dicha biblioteca (104) de herramientas de mecanizado para determinar dicho modelo 3D (50) de la pieza mecanizada.

12. Sistema según una de las reivindicaciones 10 o 11, caracterizado por que:

dicho módulo volumétrico (201) está adaptado además para generar un modelo 3D (60) de cada una de dichas características geométricas.

10 13. Sistema según la reivindicación 12,

caracterizado por que:

15 dicho módulo volumétrico (201) comprende además una unidad (2012c) de comprobación de geometría adaptada para realizar comprobaciones de uniones de los modelos 3D de cada una de dichas características geométricas, para distinguir las características caracterizadas por volúmenes que se cruzan y una unidad de diseño (2012d) adaptada para realizar sustracciones booleanas recíprocas entre los volúmenes de dichas características geométricas caracterizadas por volúmenes que se cruzan para eliminar el volumen común de material de los modelos 3D de dichas características geométricas caracterizadas por volúmenes que se cruzan.

14. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 13,

caracterizado por que:

20 dicho módulo volumétrico (201) comprende además una unidad (2011e) de simulación de mecanizado adaptada para identificar cada una de las instrucciones de código G de dicho programa de piezas (101) que provoca la aparición de un contacto entre por lo menos una de dichas herramientas y por lo menos una de dichas características geométricas.

15. Sistema según la reivindicación 14,

25 caracterizado por que:

dicha unidad de simulación de mecanizado (2011e) está adaptada además para computar, para cada instrucción identificada de código G, el volumen de material eliminado de la característica geométrica durante el contacto con la herramienta.

16. Sistema según la reivindicación 14,

30 caracterizado por que:

dicha unidad de simulación de mecanizado (2011e) está adaptada además para almacenar cada una de dichas instrucciones de código G en un archivo temporal junto con la información acerca del volumen computado de material eliminado, la herramienta y la característica geométrica implicados en el contacto.

17. Sistema según una de las reivindicaciones 10 a 16,

35 caracterizado por que:

40 dicho módulo de gestión (202) comprende además un submódulo (2022) de generación de archivos de código G adaptado para: asignar la posible instrucción de código G que provoca un contacto concurrente entre una herramienta dada y dos o más características geométricas con la operación de mecanizado concerniente a esa característica geométrica caracterizada por el mayor volumen de material eliminado; determinar un archivo (303) de inspección de características que comprende un conjunto de información relativa a las especificaciones geométricas, así como la posición y la orientación de cada una de dichas características geométricas de dicho modelo 3D (50) de la pieza mecanizada.

18. Sistema para la conversión de un programa de piezas lineal tradicional (101) en un programa de piezas no lineal,

45 caracterizado por que:

dicho sistema comprende un sistema adaptado a identificar la operación de mecanizado realizada según dicho programa de piezas lineal tradicional (101) y las correspondientes instrucciones de código G según una de las reivindicaciones 10 a 17.

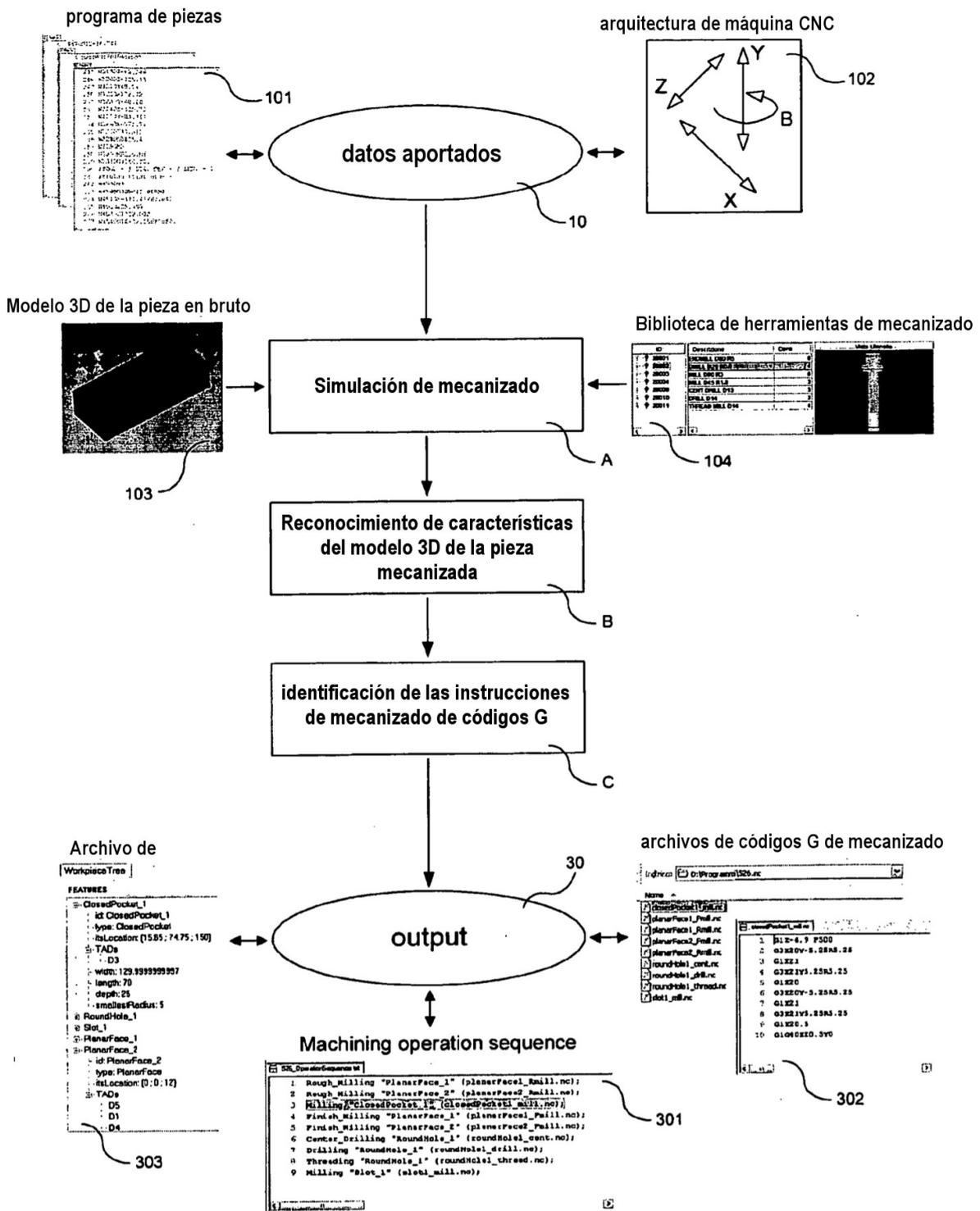


Fig. 1

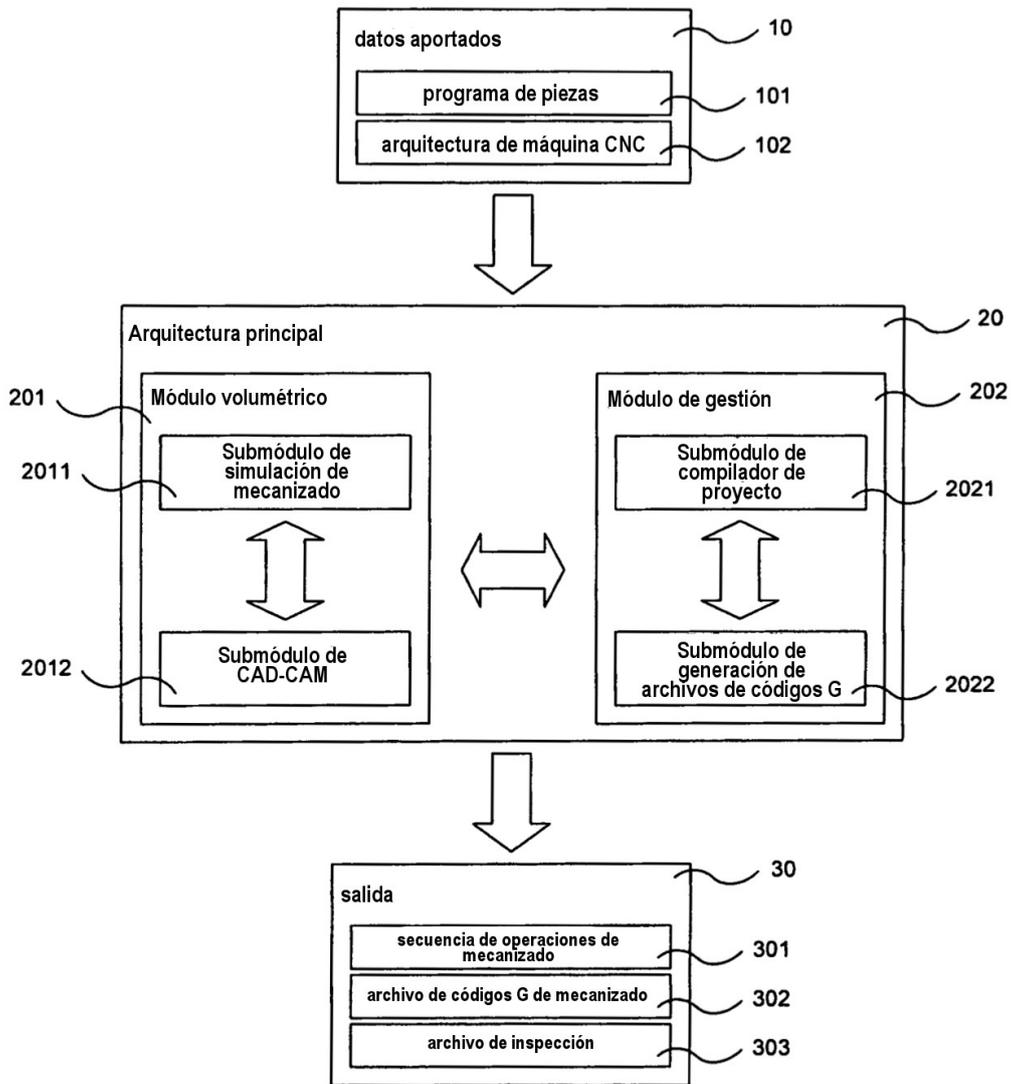


Fig. 2

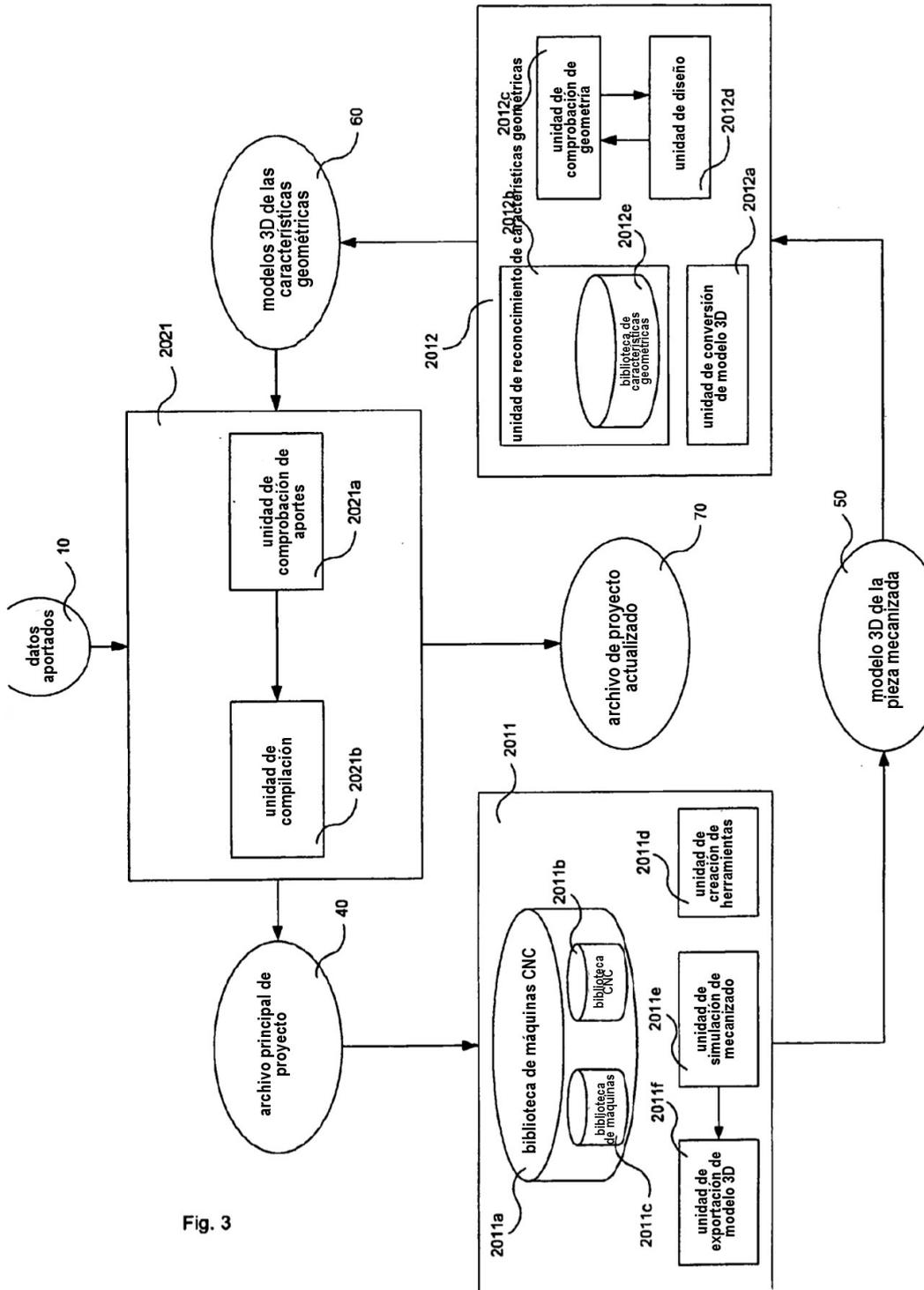


Fig. 3

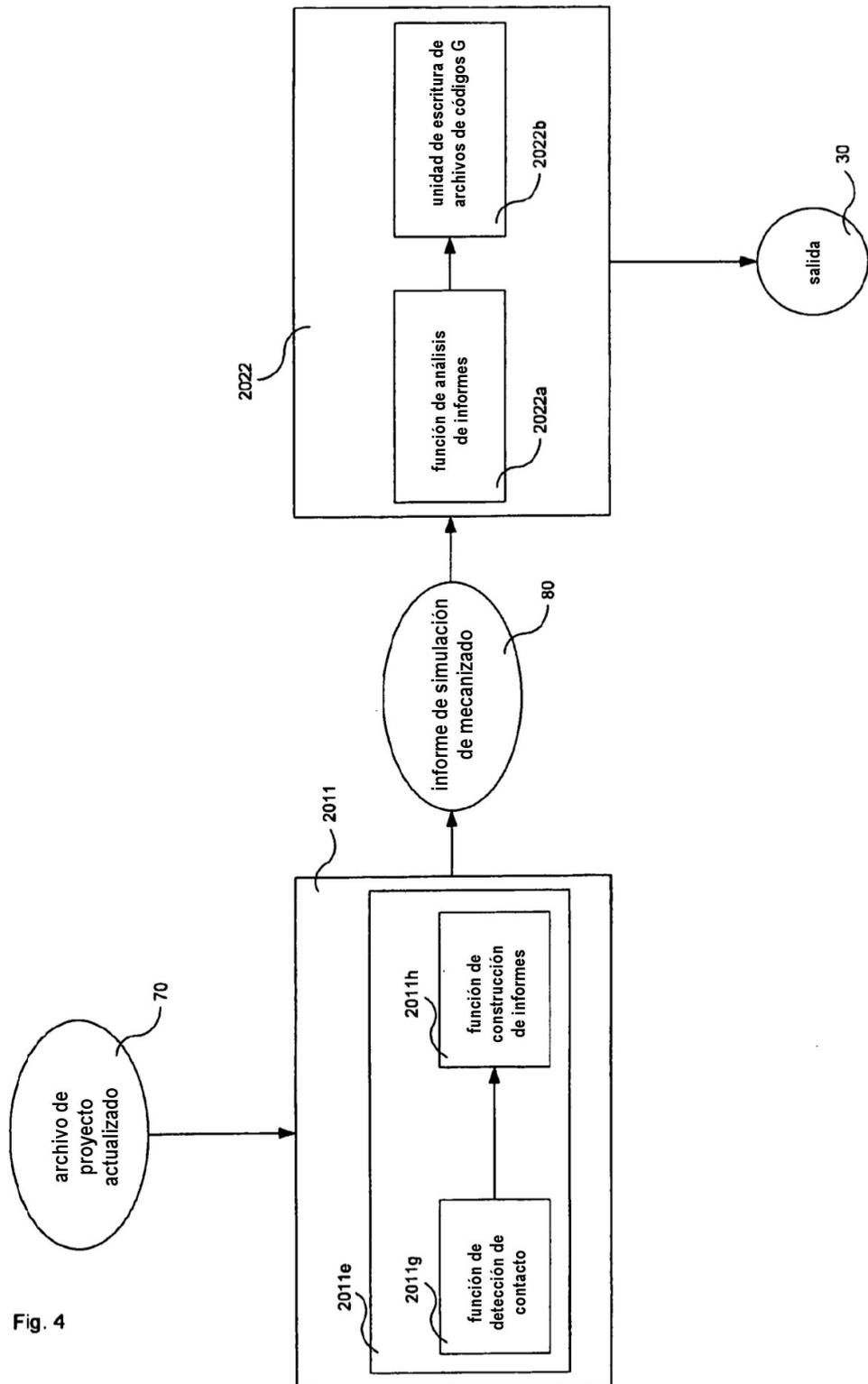


Fig. 4