

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 730**

51 Int. Cl.:

G05B 19/4099 (2006.01)

G06F 17/50 (2006.01)

B26F 3/00 (2006.01)

B26D 5/00 (2006.01)

B24C 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2015 PCT/US2015/035335**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15195461**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2015 E 15731453 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 3137955**

54 Título: **Trazado de trayectorias de herramienta de haz para contornos compuestos 3D utilizando superficies de trayectoria de mecanizado para mantener una sola representación sólida de objetos**

30 Prioridad:

16.06.2014 US 201462012830 P

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

26.03.2019

73 Titular/es:

**FLOW INTERNATIONAL CORPORATION (100.0%)
23500 - 64th Avenue South
Kent, WA 98032, US**

72 Inventor/es:

**DESIMONE, FRANK E.;
LIND, VANESSA A.;
MENTAL, KENNETH A. y
CHILLMAN, ALEX M.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 705 730 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

Trazado de trayectorias de herramienta de haz para contornos compuestos 3D utilizando superficies de trayectoria de mecanizado para mantener una sola representación sólida de objetos

Antecedentes

5 Campo técnico

La presente invención se refiere en general a sistemas, métodos y artículos para la planificación y generación de trayectorias para herramientas utilizadas para la fabricación de objetos.

Descripción de la técnica relacionada

10 El mecanizado multi-eje es un proceso de fabricación en el que herramientas controladas numéricamente por ordenador (CNC, computer numerical controlled, por sus siglas en inglés) que se mueven en múltiples direcciones se utilizan para la fabricación de objetos por medio de la eliminación del material en exceso. Los sistemas utilizados para este proceso incluyen los sistemas de corte por chorro de agua, sistemas de corte por láser, sistemas de corte con chorro de plasma, mecanizado electroerosivo (EDM, electric discharge machining, por sus siglas en inglés), y otros sistemas. Las típicas herramientas CNC multi-eje permiten la traslación en 3 ejes y permiten el giro alrededor de uno o múltiples ejes. Las máquinas multi-eje ofrecen varias mejoras con respecto a otras herramientas CNC a costa de una mayor complejidad y precio de la máquina. Por ejemplo, por medio de la utilización de máquinas multi-eje, se puede reducir la cantidad de mano de obra humana, se puede conseguir un mejor acabado superficial por medio del movimiento de la herramienta en dirección tangencial sobre la superficie, y se pueden fabricar piezas que son más complejas, tal como piezas con contornos compuestos.

20 Se utilizan chorros de fluido de alta presión, incluyendo chorros de agua abrasivos de alta presión, para el corte de una amplia variedad de materiales en muchas industrias diferentes. Los chorros de agua abrasivos han demostrado ser especialmente útiles para el corte de materiales difíciles, gruesos o agregados, tales como metales gruesos, vidrio o materiales cerámicos. Los sistemas para la generación de chorros de agua abrasivos de alta presión están disponibles actualmente, tal como, por ejemplo, el sistema de chorro de agua abrasivo de 5 ejes Mach 4™ que
25 fabrica Flow International Corporation, el cesionario de la presente invención, así como otros sistemas que incluyen una estructura de cabezal de corte por chorro de agua abrasivo montada en un brazo robótico articulado. Otros ejemplos de sistemas de corte por chorro de agua abrasivo se muestran y describen en los documentos de patente de EE.UU. nº 5.643.058 y 8.423.172 de Flow. Los términos “chorro de fluido de alta presión” y “chorro” se deben entender en el sentido de que incorporan todos los tipos de chorros de fluido de alta presión, incluidos, entre otros,
30 chorros de agua de alta presión y chorros de agua abrasivos de alta presión. En dichos sistemas, el fluido de alta presión, normalmente agua, fluye a través de un orificio de un cabezal de corte para formar un chorro (o “haz”) de alta presión, en el cual se combinan partículas abrasivas a medida que el chorro fluye a través de un tubo de mezcla. El chorro de agua abrasivo de alta presión se descarga del tubo de mezcla y se dirige hacia una pieza de trabajo para el corte de la pieza de trabajo a lo largo de una trayectoria designada, a la que se hace referencia
35 comúnmente como “trayectoria de herramienta”.

Actualmente están disponibles diferentes sistemas para el movimiento del chorro de fluido de alta presión a lo largo de una trayectoria designada. Se puede hacer referencia a dichos sistemas como, por ejemplo, máquinas de tres ejes y de cinco ejes. Las máquinas de tres ejes convencionales montan la estructura de cabezal de corte de tal manera que se puede mover a lo largo de un plano x-y y en dirección perpendicular a lo largo de un eje z, en concreto acercándose y separándose de la pieza de trabajo. De esta forma, el chorro de fluido de alta presión generado por la estructura de cabezal de corte se mueve a lo largo de la trayectoria designada en el plano x-y, y se eleva y se hace descender con respecto a la pieza de trabajo, según se pueda desear. Las máquinas de cinco ejes convencionales trabajan de forma similar, pero hacen posible el movimiento alrededor de dos ejes giratorios adicionales no paralelos. Otros sistemas pueden incluir una estructura de cabezal de corte montada en un brazo robótico articulado, tal como, por ejemplo, un brazo robótico de 6 ejes que está articulado alrededor de seis ejes independientes.

Se pueden utilizar procesos de fabricación asistida por ordenador (CAM, computer aided manufacturing, por sus siglas en inglés) para accionar o controlar de forma eficaz dichas máquinas convencionales a lo largo de una trayectoria designada, por ejemplo al hacer posible que se utilicen para la generación de código de accionamiento de las máquinas modelos bidimensionales (2D) o tridimensionales (3D) de piezas de trabajo generados utilizando diseño asistido por ordenador (es decir, modelos CAD, computer aided design, por sus siglas en inglés).

Por ejemplo, la figura 1A ilustra un modelo 3D CAD sólido 100 de un objeto que se ha de fabricar por medio del corte y eliminación de material de una pieza de trabajo utilizando una herramienta, tal como un sistema de corte por chorro de agua. El objeto incluye un contorno compuesto o superficie biselada 102 que incluye una cara angulada superior de bisel 102A que tiene un borde 104 adyacente a una cara superior 106, una cara angulada inferior de bisel 102B que tiene un borde 108 adyacente a una cara inferior (no mostrada), y una cara vertical intermedia de bisel 102C que se extiende entre la cara superior de bisel 102A y la cara inferior de bisel 102C (es decir, un “bisel en k”).

Al objeto de generar una trayectoria de herramienta para el corte de la superficie biselada 102 del objeto, un usuario puede crear tres modelos CAD sólidos biselados no compuestos por medio de la utilización de una aplicación CAD, un modelo CAD sólido para cada uno de los cortes a través de la pieza de trabajo que definirán finalmente las caras biseladas 102A-C del objeto original que se ha de fabricar. La figura 1B ilustra un primer modelo CAD sólido 110 que
5 tiene una cara de corte 112 que corresponde a la cara superior de bisel 102A del objeto y que se extiende desde una cara superior del modelo CAD sólido 110 hasta una cara inferior (no mostrada) del mismo (es decir, biselada no compuesta). La figura 1C ilustra un segundo modelo CAD sólido 116 que tiene una cara vertical de corte 118 que corresponde a la cara intermedia de bisel 102C del objeto y que se extiende desde una cara superior 120 hasta una cara inferior (no mostrada) del mismo. La figura 1D ilustra un tercer modelo CAD sólido 122 que tiene una cara de
10 corte 124 que corresponde a la cara inferior de bisel 102B del objeto y que se extiende desde una cara superior 126 hasta una cara inferior del mismo. Para objetos con numerosos biseles o "contornos compuestos", el usuario puede necesitar crear varios modelos CAD sólidos al objeto de representar los diferentes cortes requeridos.

Los tres modelos CAD sólidos 110, 116 y 122 se pueden importar a una aplicación o sistema CAM y combinar para producir un modelo CAM sólido 128 combinado mostrado en la figura 1E. El operador y/o el sistema CAM puede
15 seleccionar a continuación la secuencia de trayectorias de corte para la generación del objeto representado por el modelo CAD sólido 100 original de la figura 1A. Tal y como se muestra, el modelo CAM sólido 128 combinado no se parece al modelo CAD sólido 100 original mostrado en 1A. Por lo tanto, un usuario del sistema CAM y/o un operador pueden tener dificultades para visualizar o determinar qué cortes se necesitan y en qué secuencia se deberían realizar los cortes. Además, cualquier modificación que se haga en el modelo CAD sólido 100 original puede requerir
20 que el usuario abra el sistema CAM y genere de nuevo o modifique cada uno de los tres modelos CAD sólidos 110, 116 y 122 que representan las caras de corte del modelo CAD sólido original, y que a continuación vuelva a importar de nuevo los modelos CAD sólidos modificados al sistema CAM para la generación de un modelo CAM sólido combinado modificado. Para objetos que tienen múltiples biseles o contornos, este proceso puede ser costoso, requerir mucho tiempo y ser propenso a errores. En consecuencia, existe la necesidad de un sistema y método mejorados para la planificación y generación de trayectorias de mecanizado para superficies biseladas o de contornos compuestos en un sistema CAD/CAM. El documento de patente de EE.UU. nº 2011/287692 A1 describe métodos para la determinación de los parámetros de orientación de chorro al objeto de corregir las desviaciones
25 potenciales en el corte de piezas tridimensionales.

Breve compendio

30 Por lo tanto, se proporciona un método, un procesador y un programa de ordenador según quedan detallados en las reivindicaciones que siguen.

Breve descripción de las diferentes vistas de los dibujos

En los dibujos, los números de referencia idénticos identifican elementos o acciones similares. Las dimensiones y posiciones relativas de los elementos en los dibujos no están dibujadas necesariamente a escala. Por ejemplo, las
35 formas de los diferentes elementos y ángulos no están dibujadas a escala, y algunos de estos elementos están ampliados y situados de forma arbitraria para mejorar la claridad del dibujo. Además, las formas particulares de los elementos tal como están dibujados, no pretenden transmitir ninguna información relativa a la forma real de los elementos particulares, y se han elegido únicamente para facilitar su reconocimiento en los dibujos.

Las figuras 1A-1E son vistas de modelos CAD sólidos de la técnica anterior utilizados para la generación de trayectorias de herramienta para la fabricación de un objeto a partir de una pieza de trabajo utilizando una
40 herramienta de corte.

La figura 2 es un diagrama de bloques funcional del sistema CAD/CAM y del sistema de corte, según una realización ilustrada.

45 La figura 3 es un diagrama de bloques funcional de partes del sistema CAD/CAM de la figura 2, según una realización ilustrada.

Las figuras 4A y 4B son un diagrama de flujo que muestra un método de operación de un sistema CAD/CAM, según una realización ilustrada.

La figura 5 es una vista en sección de un modelo CAD sólido que tiene una superficie biselada, según una realización ilustrada.

50 Las figuras 6A-6G son impresiones de pantalla simplificadas de una interfaz de usuario de un sistema CAD/CAM desplegada en un dispositivo de visualización del sistema CAD/CAM, según una realización ilustrada.

La figura 7A es una vista isométrica de superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas que extienden las caras inferiores de bisel de un modelo CAD sólido, según una realización ilustrada.

55 La figura 7B es una vista isométrica de superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas que extienden las caras intermedias de bisel de un modelo CAD sólido de la figura 7A, según una realización ilustrada.

La figura 7C es una vista isométrica de superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas que extienden las caras superiores de bisel de un modelo CAD sólido de la figura 7A, según una realización ilustrada.

La figura 8A es una vista isométrica de un modelo CAD sólido para un objeto que se ha de fabricar a partir de una pieza de trabajo por medio de una herramienta, según una realización ilustrada.

- 5 La figura 8B es una vista isométrica de superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas que extienden las caras del modelo CAD sólido mostrado en la figura 8A.

La figura 9A es una vista isométrica de un modelo CAD sólido para un objeto que se ha de fabricar a partir de una pieza de trabajo por medio de una herramienta, según una realización ilustrada.

- 10 La figura 9B es una vista isométrica de superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas que extienden las caras del modelo CAD sólido mostrado en la figura 9A.

La figura 9C es una vista en alzado de cajas límite para las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas que extienden las caras del modelo CAD sólido mostrado en la figura 9A.

La figura 10A es una vista isométrica de un modelo CAD sólido para un objeto que se ha de fabricar a partir de una pieza de trabajo por medio de una herramienta, según una realización ilustrada.

- 15 La figura 10B es una vista isométrica de una superficie CAM de trayectoria de mecanizado combinada que combina dos superficies CAM de trayectoria de mecanizado verticales y una superficie CAM de trayectoria de mecanizado angulada, según una realización ilustrada.

La figura 11A es una vista en alzado de una superficie CAM de trayectoria de mecanizado generada por un sistema CAD/CAM, según una realización ilustrada.

- 20 La figura 11B es una vista en alzado de una superficie CAM de trayectoria de mecanizado generada por un sistema CAD/CAM que ha sido separada en dos subsuperficies CAM de trayectoria de mecanizado, según una realización ilustrada.

La figura 11C es una vista isométrica de una superficie CAM de trayectoria de mecanizado generada por un sistema CAD/CAM para trayectorias de mecanizado verticales de entrada y salida, según una realización ilustrada.

- 25 La figura 11D es una vista en alzado de lado izquierdo de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado mostrada en la figura 11C.

La figura 12 es un diagrama de flujo que muestra un método de operación de un sistema CAD/CAM, según una realización ilustrada.

- 30 La figura 13 es un diagrama de flujo que muestra un método de operación de un sistema CAD/CAM, según una realización ilustrada.

Las figuras 14A-14E representan diferentes vistas de superficies CAM de trayectoria de mecanizado para la visualización de cortes de descarga para un modelo CAD sólido representativo de un objeto que se ha de fabricar a partir de una pieza de trabajo por medio de una herramienta, según una realización ilustrada.

Descripción detallada

- 35 En la siguiente descripción, se describen determinados detalles específicos al objeto de proporcionar una completa comprensión de las diferentes realizaciones descritas. No obstante, un experto en la técnica pertinente reconocerá que las realizaciones se pueden poner en práctica sin uno o más de estos detalles específicos, o con otros métodos, componentes, materiales, etc. En otros casos, no se han mostrado ni descrito en detalle estructuras bien conocidas asociadas con transmisores, receptores o transceptores al objeto de evitar complicar de forma innecesaria las descripciones de las realizaciones.
- 40

A menos que el contexto requiera lo contrario, a lo largo de la memoria descriptiva y las reivindicaciones que siguen, la palabra “comprender” y las variaciones de la misma, tales como “comprende” y “que comprende” se han de interpretar en un sentido abierto e inclusivo, es decir, como “que incluye, pero no se limita a ello”.

- 45 Cuando se hace referencia a lo largo de toda esta memoria descriptiva a “una realización” o “la realización”, se quiere decir que una característica, estructura o elemento característico particular descrito en relación con la realización está incluido en al menos una realización. Por lo tanto, las apariciones de las expresiones “en una realización” o “en la realización” en diferentes partes a lo largo de esta memoria descriptiva no hacen referencia todas necesariamente a la misma realización. Además, las características, estructuras o elementos característicos particulares se pueden combinar de cualquier forma adecuada en una o más realizaciones.

Tal y como se utilizan en esta memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares “uno, una”, “un” y “el, la” incluyen los correspondientes plurales, a menos que el contenido indique claramente lo contrario. Se debe observar además que el término “o” se utiliza en su sentido general, incluyendo “y/o”, a menos que el contenido indique claramente lo contrario.

- 5 Los encabezamientos y el resumen de la invención proporcionados en la presente memoria se incluyen únicamente por razones de conveniencia y no expresan el alcance o el significado de las realizaciones.

Las realizaciones descritas en la presente memoria proporcionan unos métodos, sistemas, artículos y técnicas mejorados basados en ordenador y en red para la planificación y generación de unas trayectorias de corte (más en general, “trayectorias de mecanizado”) para una herramienta que fabrica un objeto tridimensional que tiene unos contornos biselados o “compuestos” a partir de una pieza de trabajo. Con propósitos explicativos, la presente descripción puede describir sistemas y métodos relacionados con sistemas de corte por chorro de agua, pero las realizaciones descritas en la presente memoria se pueden aplicar también con otras herramientas, tales como sistemas de corte por láser, sistemas de corte con chorro de plasma, mecanizado electroerosivo (EDM), y otros sistemas.

- 10 Una o más realizaciones proporcionan un sistema o aplicación de diseño asistido por ordenador (CAD)/fabricación asistida por ordenador (CAM) que genera unas superficies CAM de trayectoria de mecanizado virtuales o intermedias que se extienden a partir de un modelo CAD sólido que representa la geometría del objeto que se ha de fabricar. Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado intermedias se extienden hasta una forma que simula una trayectoria de haz de corte (por ejemplo, un chorro de agua, un haz de láser, etc.) de la herramienta. Por ejemplo, para una pieza de trabajo plana, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado se pueden extender desde una superficie superior de la pieza de trabajo, la cual es una superficie de entrada del haz de herramienta, hasta una superficie inferior de la pieza de trabajo, la cual es una superficie de salida del haz de herramienta. Por tanto, dado que las superficies CAM de trayectoria de mecanizado proporcionan una estimación proyectada de a través de qué material cortará realmente el haz de la herramienta, el usuario es capaz de visualizar los cortes que se han de realizar y la geometría real del objeto acabado. Esto hace posible además la generación de una trayectoria de herramienta para un objeto tridimensional o de contorno compuesto sin requerir la generación de múltiples modelos CAD sólidos, mejorando de esta forma el flujo de trabajo. Además, las realizaciones descritas en la presente memoria hacen posible que se generen trayectorias de herramienta con un elevado grado de automatización, lo cual permite a un operador generar un objeto que se puede cortar sin dañar la pieza de trabajo, sin cortes incorrectos y sin colisión entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo. Además, en algunas realizaciones, el sistema CAD/CAM mantiene la asociatividad entre las superficies CAM de trayectoria de mecanizado y el modelo CAM sólido. Por lo tanto, si tienen lugar cualesquiera modificaciones de diseño en el modelo CAD sólido, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado y/o las trayectorias de herramienta se pueden actualizar de forma automática, sin requerir que el usuario de CAD genere de nuevo las superficies CAM de trayectoria de mecanizado y/o las trayectorias de herramienta.

- En algunas realizaciones, el sistema CAD/CAM utiliza un conjunto de modelos predictivos avanzados al objeto de determinar las características de un corte (previsto) a través de un material determinado y de proporcionar los ángulos de corrección de la desviación a tener en cuenta para la desviación predicha del haz con respecto a una trayectoria en línea recta. La desviación predicha puede estar relacionada, por ejemplo, con el cambio de la anchura del haz a medida que éste penetra a través del material y/o con el arrastre o desviación que da lugar a que el haz salga por un punto en alguna dirección alejándose del punto de salida previsto. Al cortar piezas de paredes rectas, estos fenómenos de corte se pueden expresar como de atasco/arrastre y estrechamiento y las correspondientes correcciones de la desviación se pueden expresar como ángulos de compensación de avance y de compensación de estrechamiento. Sin embargo, cuando se cortan piezas más complejas, tales como superficies no verticales (biseladas), material que no es plano (curvado), piezas con cambios direccionales a lo largo de la profundidad del haz, piezas con formas diferentes en la parte superior y en la parte inferior, etc., estas desviaciones tienen componentes direccionales (por ejemplo en los términos delantera, trasera, lateral con respecto a la dirección y la trayectoria del recorrido del haz) que influyen en las desviaciones. La predicción de las correcciones angulares resulta de esta forma mucho más compleja. Por medio de la utilización de modelos predictivos avanzados, el sistema CAD/CAM puede funcionar sin intervención manual (por ejemplo, humana) y puede no requerir un conocimiento especial por parte del operador para la puesta en funcionamiento de la herramienta de corte. La naturaleza automática del sistema CAD/CAM es compatible de esta forma con un tiempo de producción reducido, así como con un control más preciso sobre el proceso de corte, especialmente de objetos complejos.

- A fin de cortar tales objetos, en algunas realizaciones el sistema CAD/CAM emplea los modelos predictivos avanzados para la determinación de cómo se ve afectado el haz cuando penetra en el material de la pieza de trabajo, desde la entrada del haz cuando se hace el corte (por ejemplo, en la parte superior) hasta la salida del haz cuando se hace el corte (por ejemplo, en la parte inferior), a medida que éste avanza a lo largo de la trayectoria de mecanizado prevista. Es de destacar que, cuando se corta material plano, la entrada del haz se corresponde normalmente con una posición en la superficie de la parte superior de la pieza de trabajo y la salida del haz se corresponde normalmente con una posición en la superficie de la parte inferior de la pieza de trabajo. A medida que el haz avanza en el corte del material de la pieza de trabajo al objeto de generar el objeto deseado, aparece una trayectoria que conforma un contorno en la parte superior, a la que se hace referencia de forma más general en la

presente memoria como el contorno de entrada de haz, y una trayectoria que conforma un contorno en la parte inferior, a la que se hace referencia de forma más general en la presente memoria como el contorno de salida de haz. Un aspecto para la comprensión de estos modelos es reconocer que la velocidad de corte del haz cambia a lo largo de la longitud (por ejemplo, penetración o proyección) del haz a medida que el haz avanza a lo largo del perfil de la trayectoria de mecanizado. Estos cambios de velocidad en el micro-entorno dan lugar a desviaciones “localizadas” a lo largo de la longitud del haz, las cuales se tienen en cuenta por parte de los modelos para la determinación de las correcciones de la desviación.

La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra la utilización de un sistema informático CAD/CAM 200 para la producción de un objeto o pieza objetivo 206. En el funcionamiento normal, un operador 202 utiliza una aplicación CAD 204 que se está ejecutando en el sistema CAD/CAM 200 para la especificación de un diseño del objeto objetivo 206 (por ejemplo, un objeto tridimensional) que se ha de cortar a partir de un material de pieza de trabajo 208. El sistema CAD/CAM 200 puede estar conectado, directa o indirectamente, a un aparato de corte por chorro de agua abrasivo (AWJ, abrasive waterjet, por sus siglas en inglés) 210 (o a otro tipo de aparato de corte), tal como el aparato de chorro de fluido de alta presión denominado “Dynamic Waterjet® XD” comercializado por Flow International Corporation. El aparato de corte 210 utiliza un haz de corte 212 (por ejemplo, un chorro de agua, un haz de láser, etc.) para la eliminación de material de la pieza de trabajo 208. También se pueden utilizar otras máquinas de 4 ejes, 5 ejes o de más ejes, siempre que la “muñeca” del aparato de chorro de fluido permita un movimiento suficiente (por ejemplo, angular). Se puede utilizar cualquier programa o paquete CAD existente para la especificación del diseño del objeto objetivo 206, siempre que se permitan las operaciones descritas en la presente memoria.

El sistema CAD/CAM 200 puede incluir además una aplicación CAM 214. La aplicación CAM 214 puede estar incorporada en la aplicación CAD 204 o viceversa, y a ellas se hace referencia en general como un sistema o aplicación CAD/CAM. Alternativamente, la aplicación CAM 214 puede ser independiente de la aplicación CAD 204. La aplicación CAD 204 y la aplicación CAM 214 pueden estar instaladas en el mismo o diferentes sistemas CAD/CAM 200.

Desde la aplicación CAD 204 se puede introducir un diseño de modelo 3D sólido para el objeto 206 que se ha de fabricar a la aplicación CAM 214, la cual, tal y como se describe en detalle más adelante, genera de forma automática un programa de movimiento 216 (u otros datos programáticos u otros datos relacionados con el movimiento) que especifica cómo se ha de controlar el aparato de corte 210 para el corte del objeto 206 a partir de la pieza de trabajo 208. El programa de movimiento 216 se puede generar a partir de un módulo o aplicación generadora de programas de movimiento 218 de la aplicación CAM 214. Cuando se especifica por parte del operador, el sistema CAM 200 envía el programa de movimiento 216 a un controlador de hardware/software 220 (por ejemplo, a un controlador numérico por ordenador, (“CNC”, computer numerical controller, por sus siglas en inglés)) el cual dirige el aparato de corte 210 para el corte de la pieza de trabajo 208 de acuerdo a las instrucciones contenidas en el programa de movimiento a fin de producir el objeto 206. Cuando se utiliza de esta forma, la aplicación CAM 214 proporciona un proceso CAM para la producción de piezas objetivo.

A pesar de que el sistema CAD/CAM 200 descrito en la figura 2 se muestra instalado en un sistema CAD/CAM independiente del aparato de corte 210, aunque conectado al mismo, el sistema CAD/CAM puede estar ubicado de forma alternativa en otros dispositivos incluidos dentro del sistema en conjunto, dependiendo de la configuración real del aparato de corte y de los ordenadores u otros controladores asociados con el sistema de corte en conjunto. Por ejemplo, el sistema CAD/CAM 200 puede estar embebido en el controlador 220 del propio aparato de corte (como parte del software/firmware/hardware asociado con la máquina). Como otro ejemplo, el sistema CAD/CAM 200 puede estar instalado en un sistema informático conectado al controlador 220 directamente o a través de una red. Además, el controlador 220 puede adoptar muchas formas, incluyendo placas de circuitos integrados y sistemas robóticos. Todas estas combinaciones y permutaciones están contempladas, y las modificaciones aproximadas del sistema CAM 200 descrito, tales como las específicas del programa de movimiento 216 y de su forma, están contempladas en base a las particularidades del sistema de corte y del hardware y software de control asociados.

En algunas realizaciones, el sistema CAD/CAM 200 incluye uno o más componentes/módulos funcionales que trabajan en conjunto para hacer posible que el programa de movimiento 216 controle de forma automática la inclinación y el giro del aparato de corte 210 y otros parámetros que controlan el aparato de corte, y por lo tanto el eje x, el eje y y el eje z y las posiciones angulares del haz de corte 212 con respecto al material de la pieza de corte 208 que se esté cortando, a medida que el haz de corte se desplaza a lo largo de una trayectoria de mecanizado en el espacio tridimensional a fin de cortar el objeto 206. Estos componentes pueden estar implementados en software, firmware o hardware, o en una combinación de los mismos. El sistema CAD/CAM 200 puede incluir el generador de programas de movimiento 218, una interfaz de usuario 222, tal como una interfaz gráfica de usuario (“GUI”, graphical user interface, por sus siglas en inglés), uno o más modelos 224 y una interfaz 226 con el controlador 220 del aparato de corte. El generador de programas de movimiento 218 puede estar conectado operativamente con la aplicación CAD 204 y con la interfaz de usuario 222 al objeto de generar el programa de movimiento 216 o unas instrucciones o datos de movimiento análogas que se puedan enviar y ejecutar en el controlador 220 al objeto de controlar el aparato de corte 210, y en consecuencia el haz de corte 212. Se contemplan igualmente configuraciones alternativas y combinaciones de estos componentes para su utilización con las técnicas descritas en la presente memoria. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la interfaz de usuario 222 está interconectada con el generador de

programas de movimiento 218 de forma que la interfaz de usuario controla el flujo de programa y genera el programa de movimiento 216 y/o los datos. En otra realización, el flujo de programa principal está separado en un módulo de núcleo, el cual es independiente del generador de programas de movimiento 218.

Los modelos 224 (a los que también se hace referencia como datos de información de mecanizado) proporcionan al generador de programas de movimiento 218 acceso a unos conjuntos de modelos o datos matemáticos que se puede utilizar para la determinación de la apropiada orientación del haz de corte y de unos parámetros del proceso de corte. Cada modelo matemático puede incluir uno o más conjuntos de algoritmos, ecuaciones, tablas o datos que se utilizan por parte del generador de programas de movimiento 218 para la generación de unos valores particulares para los comandos resultantes en el programa de movimiento 216 al objeto de generar unas características de corte deseadas o un comportamiento de corte deseado. Por ejemplo, en un entorno de máquina de 5 ejes, estos algoritmos/ecuaciones se pueden utilizar para la generación de la posición x, la posición y, el valor de compensación de la separación z y los ángulos de corrección de la desviación (por ejemplo, los que se utilizan para el control de las posiciones de inclinación y giro del aparato de corte) de cada comando, si es apropiado. En algunas realizaciones, los modelos 224 incluyen un conjunto de algoritmos, ecuaciones, tablas, reglas y datos para la generación de las correcciones de la desviación, para la generación de los valores de velocidad y aceleración, para la determinación de las trayectorias de mecanizado que incluyen secuencias de las trayectorias de mecanizado, y otros modelos. Los modelos matemáticos o los datos de información de mecanizado se pueden generar de forma experimental y/o teórica a partir de observaciones empíricas y de un análisis previo de datos de mecanizado, y se pueden almacenar en uno o más medios no transitorios legibles por ordenador o por procesador.

En algunas realizaciones, el sistema CAD/CAM 200 incluye además una interfaz 226 con el controlador 220 (por ejemplo, a través de una librería del controlador 228), la cual proporciona unas funciones para una comunicación bidireccional entre el controlador y el sistema CAD/CAM. Estas funciones del controlador se pueden utilizar, por ejemplo, para la visualización de la trayectoria de mecanizado en curso mientras el objeto 206 está siendo cortado a partir de la pieza de trabajo 208. También se pueden utilizar para la obtención de valores del aparato de corte 210, tales como el estado actual de los dispositivos mecánicos y eléctricos conectados. En las realizaciones en las que el sistema CAD/CAM 200 está embebido en el controlador 220, o en parte del aparato de corte 210, se pueden eliminar algunos de estos componentes o funciones.

Son posibles muchas configuraciones diferentes y divisiones de la funcionalidad de los componentes de un sistema CAD/CAM 200. Las realizaciones descritas en la presente memoria se pueden poner en práctica sin algunos de los detalles específicos, o con otros detalles específicos, tales como cambios con respecto a la ordenación del flujo de código, flujos de código diferentes, etc., o con respecto a las características específicas mostradas en las pantallas de la interfaz de usuario. Por lo tanto, el alcance de las técnicas y/o funciones descritas no está limitado por el orden, selección o descomposición particular de los bloques descritos en referencia a alguna lógica de código o rutina particular. Además, las realizaciones a modo de ejemplo descritas en la presente memoria proporcionan aplicaciones, herramientas, estructuras de datos y otros servicios para la implementación de un sistema CAD/CAM 200 para el corte de objetos. Otras realizaciones de las técnicas descritas se pueden utilizar para otras finalidades, incluyendo el corte por aparato de chorro de otro fluido, el corte por haz de láser, etc.

La figura 3 y el siguiente análisis proporcionan una descripción breve y general de los componentes que conforman un sistema CAD/CAM 302 a modo de ejemplo, en el cual se pueden implementar las diferentes realizaciones ilustradas. Aunque no es necesario, una parte de las realizaciones se describirá en el contexto general de instrucciones o lógica ejecutable por ordenador, tales como módulos de aplicación de programa, objetos o macros que se ejecutan en un ordenador. Los expertos en la técnica relevante apreciarán que las realizaciones ilustradas, así como otras realizaciones, se pueden poner en práctica con otras configuraciones de sistema informático, incluyendo dispositivos portátiles, por ejemplo teléfonos móviles o PDAs con acceso a internet, sistemas multiprocesador, dispositivos electrónicos de consumo basados en microprocesador o programables, ordenadores personales ("PCs", personal computers, por sus siglas en inglés), PCs de red, miniordenadores, ordenadores centrales y similares. Las realizaciones se pueden poner en práctica en entornos informáticos distribuidos, en los que las tareas o módulos se ejecutan por medio de dispositivos de procesamiento remotos, los cuales están conectados por medio de una red de comunicaciones. En un entorno informático distribuido, los módulos de programa pueden estar ubicados tanto en dispositivos de almacenamiento de memoria locales como en remotos.

El sistema CAD/CAM 302 puede incluir una o más unidades de procesamiento 312a, 312b (en conjunto 312), una memoria del sistema 314 y un bus del sistema 316 que conecta diferentes componentes del sistema, incluyendo la memoria del sistema 314 con las unidades de procesamiento 312. Las unidades de procesamiento 312 pueden ser cualquier unidad lógica de procesamiento, tal como una o más unidades centrales de procesamiento (CPUs, central processing units, por sus siglas en inglés) 312a o procesadores de señales digitales (DSPs, digital signal processors, por sus siglas en inglés) 312b. El bus del sistema 316 puede emplear cualesquiera estructuras o arquitecturas de bus conocidas, incluyendo un bus de memoria con controlador de memoria, un bus periférico y/o un bus local. La memoria del sistema 314 incluye memoria de solo lectura ("ROM", read-only memory, por sus siglas en inglés) 318 y memoria de acceso aleatorio ("RAM", random access memory, por sus siglas en inglés) 320. Un sistema básico de entrada/salida ("BIOS", basic input/output system, por sus siglas en inglés) 322, que puede formar parte de la ROM 318, contiene las rutinas básicas que ayudan a la transferencia de información entre los elementos del sistema CAD/CAM 302, por ejemplo durante el arranque.

La(s) unidad(es) de procesamiento 312 pueden ser cualquier unidad lógica de procesamiento, tal como una o más unidades centrales de procesamiento (CPUs), procesadores de señales digitales (DPSs), circuitos integrados específicos de una sola aplicación (ASICs, application-specific integrated circuits, por sus siglas en inglés), matrices de puertas programables in-situ (FPGAs, field programmable gate arrays, por sus siglas en inglés), unidades de procesamiento gráfico (GPUs, graphical processing units, por sus siglas en inglés), etc. Algunos ejemplos no limitativos de sistemas informáticos disponibles comercialmente incluyen, entre otros, un microprocesador de la serie 80x86 o Pentium de Intel Corporation, EE.UU., un microprocesador PowerPC de IBM, un microprocesador Sparc de Sun Microsystems, Inc., un microprocesador de la serie PA-RISC de Hewlett-Packard Company, un microprocesador de la serie 68xxx de Motorola Corporation, un procesador ATOM o un procesador A4 o A5. A menos que se describa lo contrario, la construcción y el funcionamiento de los diferentes bloques de la figura 3 son de diseño convencional. Como resultado, tales bloques no necesitan ser descritos con mayor detalle en la presente memoria, dado que serán comprendidos por los expertos en la técnica relevante.

El sistema CAD/CAM 302 puede incluir una unidad de disco duro 324 para leer y escribir en un disco duro 326, una unidad de disco óptico 328 para leer y escribir en discos ópticos extraíbles 332 y/o una unidad de disco magnético 330 para leer y escribir en discos magnéticos 334. El disco óptico 332 puede ser un CD-ROM, mientras que el disco magnético 334 puede ser un disco flexible magnético o disquete. La unidad de disco duro 324, la unidad de disco óptico 328 y la unidad de disco magnético 330 se pueden comunicar con la unidad de procesamiento 312 a través del bus del sistema 316. La unidad de disco duro 324, la unidad de disco óptico 328 y la unidad de disco magnético 330 pueden incluir interfaces o controladores (no mostrados) conectados entre dichas unidades y el bus del sistema 316, tal y como es conocido por los expertos en la técnica relevante. Las unidades 324, 328 y 330, y sus medios legibles por ordenador asociados 326, 332, 334, proporcionan un almacenamiento no volátil y no transitorio de instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa y otros datos para el sistema CAD/CAM 302. A pesar de que el sistema CAD/CAM 302 representado está ilustrado empleando un disco duro 324, un disco óptico 328 y un disco magnético 330, los expertos en la técnica relevante apreciarán que se pueden emplear otros tipos de medios legibles por ordenador que pueden almacenar datos que son accesibles por un ordenador, tales como unidades WORM, unidades RAID, casetes magnéticos, tarjetas de memoria flash, discos de video digital ("DVD", digital video disks, por sus siglas en inglés), cartuchos Bernoulli, RAMs, ROMs, tarjetas inteligentes, etc.

Los módulos de programa se pueden almacenar en la memoria del sistema 314, tal como un sistema operativo 336, uno o más programas de aplicación 338, otros módulos o programas 340 y datos de programa 342. Los programas de aplicación 338 pueden incluir instrucciones que hagan que lo(s) procesador(es) 312 implementen la aplicación CAD y la aplicación CAM mostradas en la figura 2, por ejemplo. Estos diferentes aspectos están descritos en detalle en la presente memoria haciendo referencia a los diferentes flujos de programa.

La memoria del sistema 314 puede incluir además programas de comunicaciones, por ejemplo, un servidor 344 que haga que el sistema CAD/CAM 302 proporcione información o archivos electrónicos a través de internet, intranets, extranets, redes de telecomunicaciones u otras redes. El servidor 344 en la realización representada está basado en lenguaje de marcado, tal como lenguaje de marcado de hipertexto (HTML, Hypertext Markup Language, por sus siglas en inglés), lenguaje de marcado extensible (XML, Extensible Markup Language, por sus siglas en inglés) o lenguaje de marcado inalámbrico (WML, Wireless Markup Language, por sus siglas en inglés), y opera con lenguajes de marcado que utilizan unos caracteres delimitados sintácticamente que se agregan a los datos de un documento al objeto de representar la estructura del documento. Una serie de servidores apropiados pueden estar disponibles comercialmente, tal como los de Mozilla, Google, Microsoft y Apple Computer.

A pesar de que en la figura 3 se muestran como si estuvieran almacenados en la memoria del sistema 314, el sistema operativo 336, los programas de aplicación 338, los otros módulos/programas 340, los datos de programa 342 y el servidor 344 pueden estar almacenados en el disco duro 326 de la unidad de disco duro 324, en el disco óptico 332 de la unidad de disco óptico 328 y/o en el disco magnético 334 de la unidad de disco magnético 330.

Un operador puede introducir comandos e información en el sistema CAD/CAM 302 por medio de dispositivos de entrada tales como un pantalla táctil o un teclado 346 y/o por medio de un dispositivo de puntero tal como un ratón 348, un sensor de imágenes 366 y/o a través de una interfaz gráfica de usuario. Otros dispositivos de entrada pueden incluir un micrófono, un joystick, una consola de juegos, una tableta, un escáner, etc. Estos y otros dispositivos de entrada están conectados a una o más de las unidades de procesamiento 312 a través de una interfaz 350, tal como una interfaz de puerto serie, que se acopla al bus del sistema 316, aunque se pueden utilizar otras interfaces, tal como un puerto paralelo, un puerto de juegos o una interfaz inalámbrica o un bus serie universal ("USB", universal serial bus, por sus siglas en inglés). Un monitor 352 u otro dispositivo de visualización está conectado al bus del sistema 316 a través de una interfaz de video 354, tal como un adaptador de video. El sistema CAD/CAM 302 puede incluir otros dispositivos de salida, tal como altavoces, impresoras, etc.

El sistema CAD/CAM 302 puede incluir una o más interfaces de red 360, y puede funcionar en un entorno de red 300 que utiliza conexiones lógicas 310 con uno o más ordenadores y/o dispositivos remotos. Por ejemplo, el sistema CAD/CAM 302 puede funcionar en un entorno de red que utiliza conexiones lógicas 310 con el controlador del aparato de chorro de agua (figura 2). Las comunicaciones se pueden realizar por medio de una arquitectura de red cableada y/o inalámbrica, por ejemplo, redes de ordenadores cableadas e inalámbricas a nivel de toda la empresa,

intranets, extranets y/o internet. Otras realizaciones pueden incluir otros tipos de redes de comunicaciones, incluyendo redes de telecomunicaciones, redes celulares, redes de radiobúsqueda y otras redes móviles. Puede haber cualquier clase de ordenadores, dispositivos de conmutación, enrutadores, puentes de red, cortafuegos y otros dispositivos en las rutas de comunicaciones entre el sistema CAD/CAM 302 y otros sistemas basados en procesadores cliente.

Las figuras 4A y 4B representan una diagrama de flujo a modo de ejemplo de un proceso 400 ejecutado por una realización de un sistema CAD/CAM, controlador y aparato de corte a fin de producir un objeto a partir de una pieza de trabajo. El proceso 400 se puede describir en el contexto de un aparato de corte por chorro de agua, aunque el proceso se puede implementar también para su utilización con otros tipos de sistemas de corte. El proceso 400 comienza en 402. En 404, una aplicación CAM recopila una variedad de datos de entrada procedentes de una aplicación CAD, tal como la aplicación CAD 204 que se ejecuta en el sistema CAD/CAM 200 de la figura 2. Los datos de entrada pueden incluir un diseño (una especificación de la geometría) de una pieza u objeto objetivo en un formato CAD tridimensional (por ejemplo, un modelo CAD sólido), o equivalente. Tal y como se ha analizado con anterioridad, en algunas realizaciones la aplicación CAM está integrada en la aplicación CAD.

Además de un modelo CAD sólido, se pueden especificar y recopilar otros requisitos del cliente, tales como tolerancias dimensionales, y una indicación del acabado superficial (y/o la calidad deseada y/o la velocidad aceptable). En algunas realizaciones, estas especificaciones de entrada se pueden proporcionar por medio de una interfaz gráfica de usuario, tal como la interfaz de usuario 222 de la figura 2, por medio de la utilización de herramientas que permiten que el usuario asigne tolerancias y/o indicaciones del acabado deseado en zonas particulares (áreas y superficies) del objeto objetivo, por ejemplo, a través de controles de interfaz de usuario estándar o propietarios, tales como botones, campos de edición, menús desplegables o por medio de una interfaz de manipulación directa que incorpore técnicas de arrastrar y soltar. El sistema CAD/CAM puede recopilar además otros datos de entrada, tales como los parámetros del proceso, normalmente a partir de un operador, aunque estos parámetros pueden tener valores por defecto, o algunos pueden tener la capacidad de ser consultados y obtenidos del controlador del aparato de corte. En algunas realizaciones a modo de ejemplo, el sistema CAD/CAM determina valores para uno o más de entre el tipo de material que se corta, el grosor del material, la presión del fluido, el diámetro del orificio de la boquilla, el caudal de abrasivo, el tipo de abrasivo, la distancia de separación, el diámetro del tubo de mezcla y la longitud del tubo de mezcla (u otras características del tubo de mezcla) como parámetros del proceso.

El sistema CAD/CAM puede utilizar también la especificación de la geometría recibida y los parámetros del proceso introducidos para calcular de forma automática una geometría de compensación. La geometría de compensación es la geometría que se necesita seguir cuando el objeto objetivo es cortado a fin de tener en cuenta toda la anchura que el haz realmente quita (la anchura del corte/canal originado por el haz).

Los bloques 406-436 representan las acciones utilizadas para la generación de un programa de movimiento que almacena los valores del programa en una estructura de programa de movimiento (o en otra estructura de datos, según se necesite por parte de un controlador del aparato de corte particular (figura 2), cabezal de corte, etc.). Las entradas en la estructura de datos pueden corresponder a las instrucciones del programa de movimiento almacenadas y/o a datos que se ejecutan por el controlador. Dependiendo del aparato de corte y controlador particulares, el programa de movimiento puede ser unas instrucciones de movimiento y/o datos que se suministran directa o indirectamente al hardware/software/firmware que controla el aparato de corte (por ejemplo, el cabezal de corte del mismo). Además, algunas configuraciones requieren datos de cinemática inversa ya que las instrucciones están especificadas desde el punto de vista de los motores del aparato de corte, en lugar de desde el punto de vista del haz de corte. La cinemática inversa se puede calcular por medio de la utilización de matemática conocida que convierte las coordenadas del haz en comandos de motor (al que a veces se hace referencia como conjunto). Todas estas realizaciones se pueden incorporar en un sistema CAD/CAM apropiadamente configurado al objeto de utilizar las técnicas descritas en la presente memoria.

Las acciones 406-436 utilizadas para la generación de un programa de movimiento se analizan más adelante haciendo referencia a la figura 5 y a las figuras 6A-6G. La figura 5 ilustra una vista en sección de un modelo CAD sólido 500 representativo de un objeto tridimensional que se ha de fabricar por medio del corte y retirada de material de una pieza de trabajo 501 utilizando una herramienta, tal como un sistema de corte por chorro de agua. Las figuras 6A-6G son impresiones de pantalla simplificadas 600-612 de una realización a modo de ejemplo de la interfaz de usuario 222 del sistema CAD/CAM (figura 2) que ilustra una o más acciones de la figura 4 utilizadas para la generación de un programa de movimiento al objeto de fabricar el objeto 500 de la figura 5. Se contempla que se utilicen con las técnicas descritas en la presente memoria muchas variaciones de estas impresiones de pantalla, incluyendo las entradas requeridas, la salida desplegada y el flujo de control.

Haciendo referencia a las figuras 5 y 6A, el modelo CAD sólido 500 incluye una superficie superior 502, una superficie inferior 504, una superficie vertical frontal 506, una superficie vertical trasera 508, una superficie vertical de lado izquierdo 510 y una superficie de lado derecho biselada 512. La superficie biselada 512 incluye una cara angulada superior de bisel 512A que tiene un borde superior 514 adyacente a la cara superior 502, una cara angulada inferior de bisel 512B que tiene un borde inferior 516 adyacente a la cara inferior 504, y una cara vertical intermedia de bisel 512C que se extiende entre la cara superior de bisel y la cara inferior de bisel (es decir, un "bisel

en k"). Un borde 518 define un borde inferior de la cara superior de bisel 512A y un borde superior de la cara vertical intermedia de bisel 512C. Un borde 520 define un borde superior de la cara inferior de bisel 512B y un borde inferior de la cara vertical intermedia de bisel 512C. La figura 5 muestra una primera trayectoria de corte 522 que puede ser recorrida por un haz de corte de una herramienta (por ejemplo, un chorro de agua) al objeto de definir la cara inferior de bisel 512B. Se muestra una segunda trayectoria de corte 524, la cual puede ser recorrida por un haz de corte de una herramienta al objeto de definir la cara vertical intermedia de bisel 512C. Se muestra una tercera trayectoria de corte 526, la cual puede ser recorrida por un haz de una herramienta al objeto de definir la cara superior de bisel 512A. La secuencia en la que se implementan las trayectorias de corte 522, 524 y 526 puede ser determinada de forma automática por el sistema CAD/CAM (por ejemplo, en función de los datos de información de corte obtenidos), y/o la secuencia puede ser seleccionada por un operador.

La figura 6A representa la visualización en pantalla 600 de un módulo generador de programas de movimiento, tal como el módulo generador de programas de movimiento 218 de la figura 2. Un área de visualización de dibujo 614 contiene una vista del modelo CAD sólido 500 representativo del objeto tridimensional que se ha de cortar de la pieza de trabajo 501 mediante una herramienta, tal como un aparato de chorro de agua. Tal y como se ha analizado con anterioridad, un modelo CAD sólido 500 u otros datos que representen la geometría del objeto se pueden visualizar en el área de visualización de dibujo 614. Tal y como se muestra en la figura 5, durante un proceso de corte, se puede utilizar una herramienta para cortar la pieza de trabajo 501 a lo largo de unas trayectorias de mecanizado 522, 524 y 526 que recorren la cara inferior de bisel, la cara intermedia de bisel y la cara superior de bisel. La herramienta puede cortar también a lo largo de unas trayectorias de mecanizado que recorren la superficie vertical frontal, la superficie vertical de lado izquierdo y la superficie vertical trasera al objeto de producir el objeto tridimensional representado por el modelo CAD sólido 500.

En 406, el sistema CAD/CAM identifica la cara superior 502 del modelo CAD sólido 500 como una superficie o zona límite superior que corresponde a una superficie de entrada del haz de corte. Tal y como se muestra en la figura 6A, el operador puede marcar un icono de "seleccionar superficie límite superior" 616 del área de visualización de dibujo 614, y seleccionar a continuación la cara superior 502 del modelo CAD sólido 500. En 408, el sistema CAD/CAM identifica la cara inferior 504 del modelo CAD sólido 500 como una superficie o zona límite inferior que corresponde a una superficie de salida del haz de corte. Tal y como se muestra en la figura 6B, el operador puede marcar un icono de "seleccionar cara límite inferior" 618 del área de visualización de dibujo 614, y seleccionar a continuación la cara inferior 504 del modelo CAD sólido 500. En algunas realizaciones, el sistema CAD/CAM en su funcionamiento selecciona automáticamente, o de forma autónoma, la superficie límite superior y la superficie límite inferior sin intervención del usuario. Aunque este ejemplo selecciona una superficie límite superior y una superficie límite inferior, se pueden utilizar otros tipos de superficies límite al objeto de definir las superficies de entrada de haz y las superficies de salida de haz. Además, las superficies límite pueden no corresponderse con una superficie del modelo CAD sólido 500. Por ejemplo, el modelo CAD sólido 500 puede representar un objeto que se ha de cortar a partir de una parte intermedia de una pieza de trabajo, y las superficies límite se puede seleccionar en función de una o más superficies de la pieza de trabajo, en lugar de en función de superficies del modelo CAD sólido 500. Las superficies límite pueden ser de forma plana o no plana (por ejemplo, al objeto de dar cabida a formas diferentes de piezas de trabajo).

En 410, el sistema CAD/CAM identifica una o más caras de mecanizado a partir de las cuales generar las superficies CAM de trayectoria de mecanizado (o "modelos de superficie") que se han de almacenar en al menos un medio no transitorio legible por ordenador, tal como el disco duro 226 de la unidad de disco duro 224 de la figura 2. Las caras de mecanizado del modelo CAD sólido son las caras del modelo CAD sólido que se mecanizan o cortan por medio de un haz de corte de una herramienta cuando el objeto es mecanizado a partir de la pieza de trabajo 501. En este ejemplo, las caras de mecanizado incluyen la cara vertical frontal 506, la cara vertical de lado izquierdo 510, la cara vertical trasera 508, la cara inferior de bisel 512B, la cara intermedia de bisel 512C y la cara superior de bisel 512A.

Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado analizadas a continuación se pueden considerar superficies "virtuales", "fantasma" o "intermedias", dado que las superficies CAM de trayectoria de mecanizado no son las representaciones reales del objeto que se ha de fabricar. En su lugar, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado son generadas por el sistema CAD/CAM al objeto de proporcionar una visualización y/o representación de la trayectoria de mecanizado del haz de corte de una herramienta, tal como el chorro de un sistema de corte por chorro de agua.

Tal y como se muestra en la figura 6C, el sistema CAD/CAM puede incluir un icono de "seleccionar todo" 620, un icono de "seleccionar cadena" 622 y un icono de "seleccionar cara" 624. Cuando se marca el icono de seleccionar todo 620 por parte del operador, el sistema CAD/CAM puede identificar, automática o autónomamente, todas las caras de mecanizado del modelo CAD sólido 500 que se han de utilizar para la generación de una o más superficies CAM de trayectoria de mecanizado. Cuando se marca el icono de seleccionar cadena 622, el operador puede seleccionar una cara de mecanizado del modelo CAD sólido 500 y el sistema CAD/CAM selecciona automática o autónomamente las caras de mecanizado del mismo plano horizontal que están conectadas en un cadena con la cara de mecanizado seleccionada (es decir, caras de mecanizado conectadas horizontalmente). Por ejemplo, cuando se marca el icono de seleccionar cadena 622, el operador puede seleccionar la cara vertical frontal 506, y el sistema CAD/CAM puede seleccionar automáticamente la cara de lado izquierdo 510 y la cara trasera 508 para formar una cadena de caras de mecanizado. Cuando se marca el icono de seleccionar cara 624, el operador puede

seleccionar caras de mecanizado individuales que se han de utilizar para la generación de una o más superficies CAM de trayectoria de mecanizado. Estas opciones de selección e identificación de caras de mecanizado se proporcionan como ejemplos, pero se pueden utilizar otros métodos para la selección e identificación de caras de mecanizado.

- 5 En 412, el sistema CAD/CAM puede agrupar las caras de mecanizado en dos grupos: caras de mecanizado que se extienden entre la superficie superior 508 y la superficie inferior 504 (es decir, "caras transversales"), y caras de mecanizado que no se extienden entre la superficie superior y la superficie inferior (es decir, "caras no transversales"). En este ejemplo, las caras transversales incluyen la cara vertical frontal 506, la cara vertical de lado izquierdo 510 y la cara vertical trasera 508. La figura 6C muestra la selección de las caras transversales 506, 508 y 10 510 del modelo CAD sólido 500. Las caras no transversales incluyen la cara inferior de bisel 512B, la cara intermedia de bisel 512C y la cara superior de bisel 512A. La figura 6E muestra la selección de las caras no transversales 512A-C del modelo CAD sólido 500.

15 Los bloques 414-420 representan las acciones para la generación de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas para las caras o superficies transversales de un objeto que se ha de fabricar a partir de una pieza de trabajo. Tal y como se analiza más adelante, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas son representativas de una trayectoria de mecanizado de un haz de corte de una herramienta (por ejemplo, un haz de un aparato de corte por chorro de agua) que pasa a través de una pieza de trabajo. En 414, el sistema CAD/CAM puede generar una superficie no limitada que sea coplanaria con una cara transversales (por ejemplo, con la cara frontal 506 del modelo CAD sólido 500). En 416, el sistema CAD/CAM puede recortar la 20 superficie no limitada por los lados izquierdo y derecho por medio de líneas de corte extremas o límites de la cara transversales, y en la parte superior y en la parte inferior por la superficie límite superior y la superficie límite inferior, respectivamente, al objeto de generar una superficie CAM de trayectoria de mecanizado simplificada. En la figura 6D se muestran las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas resultantes 626, 628 y 630 para las superficies transversales 506, 508 y 510, respectivamente.

25 Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas 626, 628 y 630 se pueden definir como "superficies regladas". Una superficie reglada se describe normalmente por medio de un conjunto de puntos barridos por una línea recta móvil. Se puede hacer referencia a las propias líneas rectas como "generatrices". Dado que un haz de corte sin obstrucción de un sistema de corte por chorro de agua o por láser avanzará según una línea recta, una superficie reglada proporciona una forma natural de definir una trayectoria del haz de corte para dicha herramienta. 30 El corte de un objeto que no tiene una superficie reglada se puede hacer que se aproxime al corte de un objeto que tenga una superficie reglada al considerar el corte de una superficie no reglada como el corte de una serie de superficies regladas más pequeñas.

35 En algunas realizaciones, cada una de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas está segmentada en una serie de vectores de geometría de pieza o de objeto (PGVs, part geometry vectors, por sus siglas en inglés). Esta segmentación se realiza, por ejemplo, de forma automática por medio de los componentes del sistema CAD/CAM. La figura 11A muestra una segmentación a modo de ejemplo de una superficie CAM de trayectoria de mecanizado simplificada 1100 para un objeto que se ha de cortar a partir de una pieza de trabajo plana. Un borde superior 1102 de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado simplificada 1100 define un contorno de entrada de haz por donde el haz de corte 212 entrará en el material objetivo a medida que avance a lo 40 largo de la trayectoria de mecanizado deseada, y un borde inferior 1104 define un contorno de salida de haz por donde el haz de corte saldrá del material de forma correspondiente. Los PGVs se conforman por medio de la utilización de múltiples líneas 1106 para la conexión del contorno de entrada de haz con el contorno de salida de haz en una relación uno a uno. Es decir, hay un número igual de segmentos entre los PGVs en ambos contornos de entrada y salida. En algunas realizaciones, el número de PGVs se puede determinar por la resolución deseada del objeto objetivo que se ha de cortar. Por ejemplo, un contorno circular puede requerir un gran número de PGVs para conservar de forma óptima su forma circular. Si el proceso de segmentación diera lugar a muy pocos PGVs, entonces el círculo deseado se parecería a un polígono después de ser cortado. Otros factores tales como la 45 cinemática del hardware o las capacidades del controlador de movimiento se pueden considerar también cuando se determina el número de PGVs requeridos. Además, los PGVs de entrada y salida se pueden añadir a la geometría (o de antemano a la geometría especificada por el usuario) para corresponderse con las posiciones inicial y final del haz de corte. Estos vectores no definen la pieza, sino que describen la forma en la que el haz de corte inicia y finaliza su corte en la pieza de trabajo. 50

55 En 418, el sistema CAD/CAM puede fusionar las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas generadas en una superficie CAM de trayectoria de mecanizado simplificada combinada. Por ejemplo, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas 626, 628 y 630 mostradas en la figura 6D se pueden combinar en una sola superficie CAM de trayectoria de mecanizado simplificada combinada 632. En 420, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas 626, 628 y 630 se asocian lógicamente en al menos un medio no transitorio legible por procesador con las caras transversales 506, 508 y 510, respectivamente.

60 Los bloques 422-428 representan las acciones para la generación de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas para las superficies no transversales de un objeto que se ha de fabricar a partir de una pieza de trabajo. Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas son representativas de una trayectoria de

mecanizado de un haz de corte de una herramienta (por ejemplo, un haz de un aparato de corte por chorro de agua) que pasa a través de un material de pieza de trabajo. En 422, el sistema CAD/CAM puede generar una superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida para cada conjunto de caras no transversales conectadas horizontalmente (por ejemplo, en el mismo plano horizontal) del modelo CAD sólido. En el ejemplo de la figura 5 y de las figuras 6A-6G, ninguna de las caras no transversales 512A-C está conectada horizontalmente a otras caras no transversales. Las figuras 7A-7C, analizadas más adelante, ilustran un modelo CAD sólido 700 que tiene caras no transversales conectadas horizontalmente que se pueden agrupar entre sí cuando se generan las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas. Haciendo referencia de nuevo al ejemplo de la figura 5 y de las figuras 6A-6G, el sistema CAD/CAM puede generar una superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida para cada una de las caras no transversales 512A-C del modelo CAD sólido 500 (figura 6E). Cada una de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas puede inicialmente ser un duplicado o copia de su respectiva cara no transversal asociada del modelo CAD sólido 500 que se "extiende" posteriormente.

En 424, el sistema CAD/CAM determina qué bordes de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas generadas se deben extender al objeto de representar un haz de corte de la herramienta que pasa a través de la pieza de trabajo. En algunas realizaciones, los bordes superiores de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas que están separadas de la superficie límite superior se extienden hasta la superficie límite superior, y los bordes inferiores de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas que están separadas de la superficie límite inferior se extienden hasta la superficie límite inferior. En 428, cada una de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas se asocia lógicamente en al menos un medio no transitorio legible por procesador con la cara o caras no transversales de las que deriva.

La figura 6F representa las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 634, 636 y 638 generadas para las caras no transversales 512A, 512B y 512C, respectivamente, del modelo CAD sólido 500. Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 634, 636 y 638 corresponden a las trayectorias del haz de corte 526, 522 y 524, respectivamente, mostradas en la figura 5, las cuales se pueden utilizar para el mecanizado del bisel en k representado en el modelo CAD sólido 500.

En 430, el sistema CAD/CAM y/o el operador pueden fusionar, separar y/o modificar una o más de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas y extendidas generadas. Por ejemplo, las figuras 10A y 10B ilustran la combinación de dos superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas 1002 y 1004 y de una superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 1006 para la generación de una sola superficie CAM de trayectoria de mecanizado combinada o encadenada 1008 que incluye superficies CAM de trayectoria de mecanizado verticales y anguladas que se utilizan para la mecanización del objeto. La superficie CAM de trayectoria de mecanizado combinada 1008 se puede utilizar para la generación de una trayectoria de herramienta en la que la herramienta corta a lo largo de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado combinada en un único movimiento, por ejemplo.

La figura 6G muestra el modelo CAD sólido 500, la superficie CAM de trayectoria de mecanizado simplificada combinada 632 generada, y las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 634, 636 y 638 generadas. El operador puede ver fácilmente los cortes que se han de realizar a la vez que ve el modelo CAD sólido 500, el cual representa el objeto final que se ha de fabricar. En consecuencia, el operador puede generar una trayectoria de herramienta para el corte de un objeto que se puede cortar sin dañar la pieza de trabajo, sin cortes incorrectos y sin colisión entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo.

En algunas realizaciones, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas y las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas pueden no ser visibles, aunque se pueden utilizar por parte del sistema CAD/CAM sólo para la generación de trayectorias de herramienta. En algunas realizaciones, el operador puede ser capaz de alternar la visibilidad de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas y de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas. En algunas realizaciones, una o más de las acciones analizadas con anterioridad se pueden automatizar por completo por medio del sistema CAD/CAM, de manera que no se requiere la intervención humana.

En 432, el sistema CAD/CAM genera una trayectoria de herramienta para un haz de corte de la herramienta que recorre las superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas y las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas generadas. El sistema CAD/CAM puede incluir un icono seleccionable 640 (figura 6G) que, cuando se marca, genera automáticamente una trayectoria de herramienta. Tal y como se ha analizado con anterioridad, los modelos 224 (figura 2) pueden incluir un conjunto de algoritmos, ecuaciones, tablas, reglas o datos para la determinación de secuencias de las trayectorias de herramienta. Los modelos 224 o los datos de información de mecanizado se pueden generar experimental y/o teóricamente a partir de observaciones empíricas y de un análisis previo de datos de mecanizado.

En 434, el sistema CAD/CAM puede recibir una modificación de la secuencia de la trayectoria de herramienta. Por ejemplo, el sistema CAD/CAM puede incluir un icono seleccionable 642 (figura 6G) que, cuando se marca, permite que el operador modifique la secuencia de cortes de la trayectoria de herramienta. Tal y como se indica por medio de los números con círculo 1-4 mostrados en la figura 6G, en este ejemplo el operador ha seleccionado cortar, en primer lugar, a lo largo de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 636, cortar en segundo lugar a lo largo de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 638, cortar en tercer lugar a lo largo de la

superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 634, y en cuarto lugar cortar lugar a lo largo de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado simplificada combinada 632. En 436, el sistema CAD/CAM puede modificar la secuencia de la trayectoria de herramienta en función de la entrada recibida procedente del operador y almacenar la secuencia modificada de la trayectoria de herramienta en al menos un medio no transitorio legible por procesador.

- 5 En 438, el sistema CAD/CAM genera el programa de movimiento final. El programa de movimiento contiene los comandos necesarios para orientar el haz de corte a lo largo de cada PGV de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado generadas (simplificadas y extendidas) a la velocidad de corte determinada, comenzando con la posición de un PGV de entrada y terminando con la posición que corresponde a un PGV de salida, a medida que el haz de corte avanza a lo largo de los contornos de entrada de haz y de salida de haz. Las instrucciones del programa de movimiento se pueden expresar en términos de posición del motor o de posiciones y orientaciones de la punta de la herramienta, o de equivalentes de la misma. Si se utilizan las posiciones de la punta de la herramienta que definen la ubicación y la orientación, el controlador puede traducir las instrucciones a posiciones del motor por medio de la utilización de las ecuaciones cinemáticas. La complejidad de la cinemática es normalmente función del hardware utilizado para la manipulación del haz de corte.
- 10
- 15 En 440, el sistema CAD/CAM proporciona (envía, reenvía, comunica, transmite o similar) el programa de movimiento/las instrucciones/datos de movimiento al controlador de la herramienta para su ejecución. El término "controlador" incluye cualquier dispositivo capaz de dirigir el movimiento del motor a partir del programa de movimiento/las instrucciones/datos de movimiento. El término "programa de movimiento" se utiliza en la presente memoria para indicar un conjunto de instrucciones o datos que la herramienta y/o el controlador que se utiliza comprende. El código/lógica anterior se puede modificar en consecuencia al objeto de adaptarse a las necesidades de cualesquiera de dichas instrucciones y/o requisitos de los datos.
- 20

El método 400 termina en 442 hasta que se reinicia de nuevo. Por ejemplo, el método 400 se puede reiniciar cuando se ha de generar una nueva trayectoria de herramienta para un objeto que se ha de fabricar por medio de una herramienta de corte, o cuando se ha de modificar una trayectoria de herramienta existente.

- 25 Las figuras 7A-7C ilustran diferentes ejemplos de superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas y de superficies CAM de trayectoria de mecanizado simplificadas que se pueden generar por medio de un sistema CAD/CAM que genera trayectorias de herramienta para un modelo CAD sólido 700 de un objeto que se ha de fabricar utilizando una herramienta que tiene un haz de corte, tal como un aparato de corte por chorro de agua o un aparato de corte por láser. El modelo CAD sólido 700 incluye una superficie superior 702, una superficie biselada frontal 704 definida por una cara inferior de bisel 704A, una cara intermedia de bisel 704B y una cara superior de bisel 704C. El modelo CAD sólido 700 incluye además una superficie de lado derecho biselada 706 definida por una cara inferior de bisel 706A, una cara intermedia de bisel 706B y una cara superior de bisel 706C. El modelo CAD sólido 700 incluye además una abertura circular interior 708 definida por una superficie inferior de bisel 708A, una superficie intermedia de bisel 708B y una superficie superior de bisel 708C. El modelo CAD sólido 700 incluye además una abertura cuadrada interior 710 definida por cuatro superficies inferiores de bisel 710A conectadas horizontalmente (mostradas dos), cuatro superficies intermedias de bisel 710B conectadas horizontalmente (mostradas dos), y cuatro superficies superiores de bisel 710C conectadas horizontalmente (mostradas dos). Aunque no se muestra en las figuras 7A-7C, el modelo CAD sólido incluye además una superficie inferior, una superficie trasera y una superficie de lado izquierdo.
- 30
- 35

- 40 La figura 7A ilustra tres superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 712, 714 y 716 generadas por el sistema CAD/CAM para las caras inferiores de bisel 704A, 706A, 708A y 710A del modelo CAD sólido 700. Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 712, 714 y 716 extienden las caras inferiores de bisel hacia arriba, hacia una superficie límite superior que es coplanaria con la superficie superior 702 del modelo CAD sólido 700. En concreto, la superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 712 extiende las caras inferiores de bisel conectadas horizontalmente 704A y 706A de la superficie frontal 704 y de la superficie de lado derecho 706, respectivamente. La superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 714 extiende las caras inferiores de bisel conectadas horizontalmente 710A de la abertura cuadrada interior 710. La superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 716 extiende la cara inferior de bisel 708A de la abertura circular interior 708.
- 45

- La figura 7B ilustra tres superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 718, 720 y 722 generadas por el sistema CAD/CAM para las caras intermedias de bisel 704B, 706B, 708B y 710B del modelo CAD sólido 700. Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 718, 720 y 722 extienden las caras intermedias de bisel hacia arriba, hacia la superficie límite superior, y hacia abajo, hacia una superficie límite inferior que es coplanaria con la superficie inferior (no mostrada) del modelo CAD sólido 700. En concreto, la superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 718 extiende las caras intermedias de bisel conectadas horizontalmente 704A y 706A de la superficie frontal 704 y de la superficie de lado derecho 706, respectivamente. La superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 720 extiende las caras intermedias de bisel conectadas horizontalmente 710B de la abertura cuadrada interior 710. La superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 722 extiende la cara intermedia de bisel 708B de la abertura circular interior 708. La figura 7B representa además una superficie CAM de trayectoria de mecanizado simplificada 724 que corresponde a la superficie transversal de lado izquierdo y a la superficie transversal trasera del modelo CAD sólido 700, las cuales están conectadas.
- 50
- 55
- 60

La figura 7C ilustra tres superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 726, 728 y 730 generadas por el sistema CAD/CAM para las caras superiores de bisel 704C, 706C, 708C y 710C del modelo CAD sólido 700. Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 728 y 730 están sombreadas con punteado para mayor claridad. Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas extienden las caras superiores de bisel hacia abajo, hacia la superficie límite inferior. En concreto, la superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 726 extiende las caras superiores de bisel conectadas horizontalmente 704C y 706C de la superficie frontal 704 y de la superficie de lado derecho 706, respectivamente. La superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 728 extiende las caras superiores de bisel conectadas horizontalmente 710C de la abertura cuadrada interior 710. La superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida 730 extiende la cara superior de bisel 708C de la abertura circular interior 708.

Tal y como se ha analizado con anterioridad, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas se pueden definir como superficies regladas segmentadas en una serie de vectores de geometría de pieza o de objeto (PGVs). Los bordes de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas que están extendidos se pueden extender en la dirección de los PGVs de manera que los bordes superiores de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas definen contornos de entrada de haz por los que el haz de corte entrará en el material objetivo a medida que avance a lo largo de la trayectoria de mecanizado, y los bordes inferiores definen un contorno de salida de haz por el que el haz de corte saldrá del material. Los PGVs se conforman por medio de la utilización de múltiples líneas para la conexión de los contornos de entrada de haz con los contornos de salida de haz en una relación uno a uno. Es decir, hay un número igual de segmentos entre los PGVs en ambos contornos de entrada y salida.

La figura 8A representa un modelo CAD sólido 800 para un objeto que se ha de fabricar por medio de una herramienta que tiene un haz de corte, tal como un sistema de corte por chorro de agua o un sistema de corte por láser. La figura 8B muestra un ejemplo de tres superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 802, 804 y 806 que se pueden generar por medio del sistema CAD/CAM durante el proceso de generación de trayectorias de herramienta, tal y como se ha analizado con anterioridad.

La figura 9A representa un modelo CAD sólido 900 para otro objeto que se ha de fabricar por medio de una herramienta que tiene un haz de corte. La figura 9B muestra un ejemplo de siete superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 902, 904, 906, 908, 910, 912 y 914 que se pueden generar por medio del sistema CAD/CAM durante el proceso de generación de trayectorias de herramienta, tal y como se ha analizado con anterioridad.

Tal y como se muestra en la figura 9C, en algunas realizaciones las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 902, 904, 906, 908, 910, 912 y 914 se pueden extender parcialmente, por ejemplo, hasta el perímetro de una o más cajas límite definidas 916, 918 o 920. Más en general, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas 902, 904, 906, 908, 910, 912 y 914 se pueden extender parcialmente hasta el límite de cualquier "contenedor", o se pueden extender parcialmente una distancia determinada por el sistema CAD/CAM o elegida por el operador.

La figura 11B representa una superficie CAM de trayectoria de mecanizado a modo de ejemplo 1110 que se puede generar por medio de un sistema CAD/CAM, por ejemplo, mediante la implementación del proceso 400 mostrado en las figuras 4A y 4B. La superficie CAM de trayectoria de mecanizado 1110 está definida como una superficie reglada segmentada en una serie de vectores de geometría de pieza (PGVs) 1112. En este ejemplo, la superficie CAM de trayectoria de mecanizado 1110 está dividida o separada a lo largo de una línea de separación 1114 en dos subsuperficies CAM de trayectoria de mecanizado 1116 y 1118. La primera subsuperficie CAM de trayectoria de mecanizado 1116 tiene la forma de un triángulo con un borde superior 1120 y un borde inferior 1122 definido por un punto. La segunda subsuperficie CAM de trayectoria de mecanizado 1118 tiene la forma de un rectángulo que tiene un borde superior 1124 y un borde inferior 1126. Los bordes superiores 1120 y 1124 de las subsuperficies CAM de trayectoria de mecanizado 1116 y 1118, respectivamente, definen unos contornos de entrada de haz por los que el haz de corte entrará en el material objetivo. Los bordes inferiores 1122 y 1126 de las subsuperficies CAM de trayectoria de mecanizado 1116 y 1118, respectivamente, definen un contorno de salida de haz por el que el haz de corte saldrá del material.

Los PGVs 1112 se conforman por medio de la utilización de múltiples líneas para la conexión de los contornos de entrada de haz con los contornos de salida de haz en una relación uno a uno para cada una de las subsuperficies CAM de trayectoria de mecanizado 1116 y 1118. Tal y como se muestra, por medio de la división de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado 1110 en una primera y segunda subsuperficies CAM de trayectoria de mecanizado 1116 y 1118, el sistema CAD/CAM y/o el operador pueden controlar la orientación de los PGVs 1112 (es decir, la orientación del haz de corte) en una zona localizada. En concreto, en este ejemplo, la longitud de corte proyectada se minimiza con respecto a una parte mayoritaria del corte dado que el haz de corte es vertical a través de la subsuperficie CAM de trayectoria de mecanizado 1112 rectangular. Esto es en comparación con una superficie CAM de trayectoria de mecanizado que no se haya dividido (figura 11A), en la que la longitud del corte no es vertical para una parte mayoritaria del corte. Otra ventaja de dividir o separar la superficie CAM de trayectoria de mecanizado 1110 en una o más subsuperficies es que el sistema CAD/CAM y/o el operador son capaces de controlar de forma precisa la zona de giros al objeto de controlar las posiciones en donde puedan existir variaciones del acabado superficial. Por ejemplo, la utilización de líneas de separación hace posible controlar la zona de una

cara de mecanizado de un objeto en la se aplican ángulos de giro a medida que la trayectoria de corte se aproxima a una cara biselada.

Las figuras 11C y 11D ilustran una superficie CAM de trayectoria de mecanizado de entrada 1130 y una superficie CAM de trayectoria de mecanizado de salida 1132 que se pueden generar por medio de un sistema CAD/CAM a fin de mecanizar el objeto representado por el modelo CAD sólido 500. También se muestra la superficie CAM de trayectoria de mecanizado 1006 utilizada para la definición de la trayectoria de mecanizado para el corte de la cara superior de bisel 512A. Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado 1130 y 1132 están definidas como superficies regladas segmentadas en una serie de vectores de geometría de pieza (PGVs) 1134 y 1136, respectivamente. En este ejemplo, la superficie CAM de trayectoria de mecanizado de entrada 1130 corresponde a una trayectoria de comienzo o de entrada para el haz de corte 212 y la superficie CAM de trayectoria de mecanizado de salida 1132 corresponde a una trayectoria de acabado o de salida para el haz de corte. Es decir, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado 1130 y 1132 no definen la parte que se ha de cortar, sino que describen la forma según la cual el haz de corte comienza y termina su corte en la pieza de trabajo.

Se puede definir una posición de inicio o de penetración del haz de corte 212 por medio de un PGV perpendicular o vertical de entrada 1138 de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado de entrada 1130. En muchos casos, es preferible penetrar inicialmente la pieza de trabajo utilizando un haz de corte vertical (al que se hace referencia también como haz de corte perpendicular o haz de corte no angulado). La penetración de una pieza de trabajo utilizando un haz de corte vertical reduce el tiempo requerido para penetrar la pieza de trabajo al minimizar la profundidad del corte. Además, en el caso de aplicaciones de corte por chorro de agua, la penetración de una pieza de trabajo utilizando un haz de corte vertical evita también una cantidad significativa de rociado de agua que se produce cuando se penetra la pieza de trabajo según ángulos no verticales.

De forma similar, se puede definir una posición final del haz de corte 212 por medio de un PGV vertical de salida 1140 de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado de salida 1132. En muchas aplicaciones, puede ser preferible también que una herramienta de corte termine su corte en una posición vertical.

En el ejemplo mostrado en las figuras 11C y 11D, la herramienta de corte 210 puede penetrar una pieza de trabajo en el PGV vertical de entrada 1138 de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado de entrada 1130. La herramienta de corte 210 se puede mover a continuación hacia la superficie CAM de trayectoria de mecanizado 1006 según los PGVs 1134 de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado de entrada 1130. La herramienta de corte 210 puede cortar a continuación la cara superior de bisel 512A del modelo CAD sólido 500 de acuerdo a los PGVs (no mostrados) de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado 1006. Por último, la herramienta de corte 210 se separa de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado 1006 de acuerdo a los PGVs 1136 de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado de salida 1132. La herramienta de corte 210 finaliza su corte en el PGV vertical de salida 1140.

Las técnicas de penetración vertical y de salida del haz de corte descritas con anterioridad se pueden aplicar a trayectorias de entrada o de salida lineales y/o con forma de arco. Además, los sistemas CAD/CAM descritos en la presente memoria pueden generar de forma automática las superficies CAM de trayectoria de mecanizado verticales de entrada y salida. Por ejemplo, en algunas realizaciones los sistemas CAD/CAM pueden proporcionar una opción que permite a los usuarios seleccionar si se generan o se modifican superficies CAM de trayectoria de mecanizado verticales de entrada y/o salida con una trayectoria de corte. Además, se puede proporcionar una opción de adición de superficies CAM de trayectoria de mecanizado verticales de entrada y/o salida a superficies CAM de trayectoria de mecanizado existentes. Adicional o alternativamente, las superficies verticales de entrada o salida se pueden generar por selección manual del usuario.

La figura 12 muestra un método de alto nivel 1200 de operación de un dispositivo basado en procesador para la provisión de una asociatividad automática entre un modelo CAD sólido de un objeto que se ha de fabricar y las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas y simplificadas fantasma analizadas con anterioridad. El método 1200 comienza en 1202. En 1204, un operador u otra entidad modifica un modelo CAD sólido por medio de la utilización de una aplicación CAD que se ejecuta en un dispositivo basado en procesador, tal como el sistema CAD/CAM de las figuras 2 y 3. En 1206, el sistema CAD/CAM verifica si se han modificado caras del modelo CAD sólido asociadas lógicamente con cualquiera de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas y simplificadas generadas. Para las caras del modelo CAD sólido que se han modificado, el sistema CAD/CAM genera de nuevo una superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida o simplificada en 1208. En 1210, el sistema CAD/CAM asocia las nuevas superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas o simplificadas con la cara o caras modificadas en medios no transitorios legibles por ordenador o procesador (por ejemplo, en memoria).

El método 1200 proporciona un sistema CAD y un sistema CAM totalmente integrados desde el proceso de diseño hasta el control numérico de la herramienta de corte, lo cual elimina la traducción de datos en sentido descendente. Dicho de otro modo, por medio del mantenimiento de la asociatividad entre las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas y simplificadas y el modelo CAD sólido, los cambios realizados en el modelo CAD sólido, incluso al final de un ciclo de desarrollo, no requieren la reconstrucción de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas y simplificadas ni de las trayectorias de mecanizado. Por lo tanto, se minimiza la necesidad de una reelaboración costosa y de larga duración de las trayectorias de mecanizado. Además, en un entorno de

equipo, el sistema CAD/CAM integrado puede reducir la posibilidad de que operadores diferentes trabajen sobre versiones diferentes de un modelo, lo cual puede dar lugar a errores y retrasos en el proceso de desarrollo.

5 En 1212, el método 1200 termina en 1212 hasta que se le vuelva a llamar. Por ejemplo, el método 1200 puede ser llamado cuando se detecta una modificación en un modelo CAD sólido. El método 1200 puede ejecutarse de forma concurrente con otros métodos o procesos, por ejemplo, como un hilo de los múltiples hilos de un sistema procesador multi-hilo.

La figura 13 muestra un método 1300 de generación de superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas para su utilización en un sistema CAD/CAM, según una realización ilustrada.

10 En 1302, un dispositivo basado en procesador, tal como el sistema CAD/CAM mostrado en las figuras 2 y 3, respectivamente, extiende parcialmente los bordes de una superficie CAM de trayectoria de mecanizado hacia una primera superficie límite o hacia una segunda superficie límite al objeto de generar una superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida. Tal y como se muestra en la figura 6A, se puede proporcionar una ventana de selección de extensión 650 que permite al operador seleccionar si un borde de una superficie CAM de trayectoria de mecanizado extendida se ha de extender por completo hasta una superficie límite, o parcialmente hasta una distancia (por ejemplo, 5 mm, etc.). El operador puede tener la capacidad de seleccionar una extensión parcial o completa de forma independiente para cada uno de los bordes de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado extendidas generadas.

15 Las figuras 14A-14E proporcionan un ejemplo de utilización de superficies CAM de trayectoria de mecanizado para la visualización y determinación de cortes de descarga en un objeto que se ha de fabricar a partir de una pieza de trabajo utilizando una herramienta, tal como un sistema de corte por chorro de agua o un sistema de corte por láser. Las figuras 14A-14E representan un modelo CAD sólido 1400 para un objeto que incluye una superficie superior rectangular 1402 y una superficie inferior rectangular 1404 (figura 14E). El modelo CAD sólido 1400 incluye una superficie frontal angulada 1406 y una superficie trasera angulada 1408 (figura 14B) que se extienden hacia arriba y hacia el interior desde la superficie inferior 1404 hasta la superficie superior 1402. El modelo CAD sólido 1400 incluye además una superficie angulada de lado izquierdo 1410 (figura 14E) y una superficie angulada de lado derecho 1412 que se extienden, cada una de ellas, hacia arriba y hacia afuera desde la superficie inferior 1404 hasta la superficie superior 1402. El modelo CAD sólido 1400 incluye además una abertura interior 1414 definida por una superficie frontal interior vertical 1416, una superficie trasera interior vertical 1418, y unas superficies interiores anguladas de lado izquierdo y de lado derecho 1420 y 1422, respectivamente, que se extienden, cada una de ellas, hacia arriba y hacia afuera desde la superficie inferior 1404 hasta la superficie superior 1402.

20 Cuando el objeto se corta a partir de una pieza de trabajo por medio de una herramienta, las superficies anguladas del objeto harían que el objeto quedara bloqueado en su posición en la pieza de trabajo hasta que todas las superficies se hubieran mecanizado. Por lo tanto, un operador puede generar una superficie CAM de trayectoria de mecanizado exterior 1424 que se extiende alrededor de un perímetro exterior del modelo CAD sólido 1400, y una superficie CAM de trayectoria de mecanizado interior 1426 que se extiende alrededor del perímetro más interior de la abertura interior 1414 del modelo CAD sólido. Las superficies CAM de trayectoria de mecanizado 1424 y 1426 permiten al operador visualizar los cortes de descarga que se deben hacer para extraer el objeto de la pieza de trabajo durante la fabricación del objeto. Tal y como se ha analizado con anterioridad, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado 1424 y 1426 se pueden utilizar para la generación de una trayectoria de herramienta para el mecanizado del objeto utilizando una herramienta de corte. Además, las superficies CAM de trayectoria de mecanizado 1424 y 1426 tienen completa capacidad de asociatividad con el modelo CAD sólido 1400 del objeto, de manera que las superficies CAM de trayectoria de mecanizado se actualizan automáticamente cuando se han de realizar cambios en el modelo CAD sólido, tal y como se ha analizado haciendo referencia a la figura 12.

25 La descripción anterior de las realizaciones ilustradas, incluido lo que se describe en el resumen, no tiene la intención de ser exhaustiva ni de limitar las realizaciones a las formas precisas descritas. Aunque las realizaciones específicas y los ejemplos están descritos en la presente memoria con fines ilustrativos, se pueden realizar diferentes modificaciones equivalentes, tal y como se reconocerá por parte de los expertos en la técnica relevante. Las enseñanzas proporcionadas en la presente memoria de las diferentes realizaciones se pueden aplicar a otros sistemas CAM o de fabricación, no necesariamente a los sistemas de chorro de agua sustractivos a modo de ejemplo descritos de forma general con anterioridad. Por ejemplo, las enseñanzas proporcionadas en la presente memoria se pueden aplicar a procesos de fabricación aditivos, tal como la impresión 3D.

30 Por ejemplo, la descripción detallada anterior ha expuesto diferentes realizaciones de los dispositivos y/o procesos por medio de la utilización de diagramas de bloques, esquemas y ejemplos. En la medida en que dichos diagramas de bloques, esquemas y ejemplos contienen una o más funciones y/u operaciones, se comprenderá por parte de los expertos en la técnica que cada función y/u operación contenida dentro de dichos diagramas de bloques, diagramas de flujo o ejemplos se puede implementar, individual y/o colectivamente, por medio de una amplia variedad de hardware, software, firmware, o virtualmente por medio de cualquier combinación de los mismos. En una realización, el presente objeto se puede implementar por medio de circuitos integrados específicos de una sola aplicación (ASICs). No obstante, los expertos en la técnica reconocerán que las realizaciones descritas en la presente memoria, en su totalidad o en parte, se pueden implementar de forma equivalente en circuitos integrados estándar,

5 como uno o más programas de ordenador que se ejecutan en uno o más ordenadores (por ejemplo, como uno o más programas que se ejecutan en uno o más sistemas informáticos), como uno o más programas que se ejecutan en uno o más controladores (por ejemplo, microcontroladores), como uno o más programas que se ejecutan en uno o más procesadores (por ejemplo, microprocesadores), como firmware, o como virtualmente cualquier combinación de los mismos, y que el diseño de los sistemas de circuitos y/o la escritura del código del software o firmware estarían dentro de las habilidades de un experto en la técnica ordinario a la luz de esta descripción.

10 Además, los expertos en la técnica apreciarán que los mecanismos descritos en la presente memoria se pueden distribuir como un producto de programa en una variedad de formas, y que una realización ilustrativa aplica igualmente con independencia del tipo particular de medios de soporte de señal que se utilicen para llevar a cabo realmente la distribución. Algunos ejemplos de medios de soporte de señal incluyen, entre otros, los siguientes: medios de tipo grabable, tales como disquetes, unidades de disco duro, CD ROMs, cinta digital y memoria de ordenador, y medios de tipo transmisión tales como enlaces de comunicación digitales y analógicos que utilizan enlaces de comunicación basados en TDM o IP (por ejemplo, enlaces de paquetes).

15 Las diferentes realizaciones descritas con anterioridad se pueden combinar al objeto de proporcionar realizaciones adicionales. Estos y otros cambios se pueden realizar en las realizaciones a la luz de la descripción detallada anterior. En general, en las reivindicaciones siguientes, los términos utilizados no se deben interpretar en el sentido de limitar las reivindicaciones a las realizaciones específicas descritas en la descripción y en las reivindicaciones, sino que se deben interpretar en el sentido de incluir todas las realizaciones posibles junto con el alcance completo de los equivalentes a los que dichas reivindicaciones tienen derecho. En consecuencia, las reivindicaciones no están
20 limitadas por la descripción.

REIVINDICACIONES

1. Un método de operación en un sistema CAM de fabricación asistida por ordenador (200, 302) para la visualización o representación de una trayectoria de mecanizado (522, 524, 526) de un haz de corte de una herramienta de corte por haz (210) que se utiliza para la fabricación de un objeto físico tridimensional (206) que tiene unos contornos biselados o compuestos a partir de una pieza de trabajo (208), teniendo el objeto (206; 500) una pluralidad de caras de mecanizado (504, 502, 512A, 512B, 512C) que se han de mecanizar por medio del haz de corte (212) de la herramienta durante la fabricación, el sistema CAM incluye un dispositivo de visualización (352), al menos un procesador (220, 312), al menos un medio no transitorio legible por procesador conectado de forma comunicativa con el al menos un procesador, y que almacena al menos uno de entre instrucciones o datos ejecutables por el al menos un procesador, comprendiendo el método:
- 5 obtener (404) un modelo CAD sólido (500) de diseño asistido por ordenador del objeto físico (206) que se ha de fabricar de al menos un medio no transitorio legible por procesador;
- identificar (406) una primera superficie límite (502), comprendiendo la primera superficie límite una superficie del modelo CAD sólido o una superficie de la pieza de trabajo (502);
- 15 identificar (408) una segunda superficie límite (504), comprendiendo la segunda superficie límite una superficie del modelo CAD sólido o una superficie de la pieza de trabajo (504);
- identificar (410) una pluralidad de caras de mecanizado del modelo CAD sólido que se han de mecanizar por medio de la herramienta, teniendo cada una de las caras de mecanizado de la pluralidad de caras de mecanizado (512A, 512B, 512C) un primer borde y un segundo borde (514, 518; 516, 520; 518, 520), y al menos dos de las caras de mecanizado de la pluralidad de caras de mecanizado corresponden a una parte de un contorno biselado o compuesto del objeto tridimensional, teniendo el contorno biselado o compuesto al menos dos caras de mecanizado;
- 20 generar un modelo de superficie CAM de trayectoria de mecanizado que define una orientación de mecanizado para la herramienta, el modelo de superficie CAM de trayectoria de mecanizado almacenado en al menos un medio no transitorio legible por procesador, y el modelo de superficie CAM de trayectoria de mecanizado generado al,
- 25 generar de forma autónoma, por medio del al menos un procesador, una pluralidad de superficies CAM de trayectoria de mecanizado iniciales, estando cada una de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado iniciales asociada lógicamente con una respectiva cara de mecanizado en al menos un medio no transitorio legible por procesador, y teniendo cada una de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado iniciales un primer borde y un segundo borde que se corresponden con el primer borde y el segundo borde, respectivamente, de la cara de mecanizado con la que cada una de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado iniciales está asociada lógicamente; y generar de forma autónoma, por medio del al menos un procesador, una pluralidad de superficies CAM de trayectoria de mecanizado finales del modelo de superficie CAM de trayectoria de mecanizado a partir de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado iniciales por medio de, para cada superficie CAM de trayectoria de mecanizado inicial, la extensión del primer borde hacia la primera superficie límite cuando el primer borde está separado de la primera superficie límite, y por medio de la extensión del segundo borde hacia la segunda superficie límite cuando el segundo borde está separado de la segunda superficie límite, en el que cada una de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado finales de la pluralidad de superficies CAM de trayectoria de mecanizado finales es representativa de una trayectoria de mecanizado del haz de corte de la herramienta que pasa a través de la pieza de trabajo para el corte de la respectiva cara de mecanizado con la que cada una de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado finales de la pluralidad de superficies CAM de trayectoria de mecanizado finales está asociada lógicamente; y
- 30 hacer que el dispositivo de visualización (614) del sistema CAM despliegue el modelo CAD sólido y el modelo de superficie CAM de trayectoria de mecanizado.
- 45 2. El método de la reivindicación 1, en el que identificar una primera superficie límite incluye asociar lógicamente una primera superficie límite con una primera cara del modelo CAD sólido en el menos un medio no transitorio legible por procesador, e identificar una segunda superficie límite incluye asociar lógicamente una segunda superficie límite con una segunda cara del modelo CAD sólido en el menos un medio no transitorio legible por procesador.
3. El método de la reivindicación 1, que comprende además:
- 50 generar, por medio del al menos un procesador, una superficie CAM de trayectoria de mecanizado de entrada (1130) que corresponde a una trayectoria de inicio de la herramienta, siendo la trayectoria de mecanizado de entrada adyacente a al menos otra superficie CAM de trayectoria de mecanizado, estando definida la superficie CAM de trayectoria de mecanizado de entrada (1130, 1132, 1006) por una pluralidad de vectores de geometría de objeto (1134, 1136) que definen una orientación de mecanizado para la herramienta, en el que al menos un vector de geometría de objeto de la pluralidad de vectores de geometría de objeto (1138) asociado con una ubicación de penetración de la pieza de trabajo para la herramienta define una orientación para la herramienta que sitúa un haz
- 55

de corte (212) de la herramienta en dirección perpendicular a una superficie (1130, 1132) de la pieza de trabajo (208; 501) en la posición de penetración de la pieza de trabajo.

4. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

5 generar instrucciones o datos de movimiento, por medio del al menos un procesador (312), que especifican el movimiento de la herramienta según el modelo de superficie CAM de trayectoria de mecanizado.

5. El método de la reivindicación 4, que comprende además:

obtener datos de información de mecanizado almacenados en al menos un medio no transitorio legible por procesador (226, 224), en el que al menos una parte de las instrucciones o datos de movimiento dependen de los datos de información de mecanizado obtenidos.

10 6. El método de la reivindicación 4, que comprende además:

almacenar las instrucciones o datos de movimiento en un medio no transitorio legible por procesador (226, 224).

7. El método de la reivindicación 4, que comprende además:

recibir una selección de una secuencia de posicionamiento para las instrucciones o datos de movimiento a través de una interfaz de usuario (222) del sistema CAM (200; 302); y

15 asociar lógicamente la secuencia de posicionamiento con las instrucciones o datos de movimiento en al menos un medio no transitorio legible por procesador.

8. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

modificar el modelo CAD sólido;

determinar si se ha modificado alguna de las caras de mecanizado del modelo CAD sólido;

20 generar un modelo de superficie CAM de trayectoria de mecanizado modificado, para cada cara de mecanizado modificada, al

generar de forma autónoma, por medio del al menos un procesador, una superficie CAM de trayectoria de mecanizado inicial modificada asociada lógicamente en al menos un medio no transitorio legible por procesador con la cara de mecanizado modificada, teniendo la superficie CAM de trayectoria de mecanizado inicial modificada un primer borde y un segundo borde; y

25 generar de forma autónoma, por medio del al menos un procesador, una superficie CAM de trayectoria de mecanizado final modificada a partir de la superficie CAM de trayectoria de mecanizado inicial modificada por medio de la extensión del primer borde hacia la primera superficie límite cuando el primer borde está separado de la primera superficie límite, y por medio de la extensión del segundo borde hacia la segunda superficie límite cuando el segundo borde está separado de la segunda superficie límite; y

30 hacer que el dispositivo de visualización del sistema CAM despliegue el modelo CAD sólido modificado y el modelo de superficie CAM de trayectoria de mecanizado modificado.

9. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

35 dividir, por medio del al menos un procesador, una de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado finales (1110) en una primera parte (1116) y una segunda parte (1118), teniendo la primera parte y la segunda parte un primer borde (1120; 1124) y un segundo borde (1122; 1126);

40 segmentar, por medio del al menos un procesador, la primera parte en unos vectores de geometría de objeto (1112) que definen una orientación de mecanizado para la herramienta, conectando cada vector de geometría de objeto un punto imaginario sobre el primer borde de la primera parte que define un contorno de entrada de chorro con un punto imaginario correspondiente sobre el segundo borde de la primera parte que define un contorno de salida de chorro de tal manera que existe una correspondencia uno a uno entre el número de puntos sobre el primer borde de la primera parte y sobre el segundo borde de la primera parte; y

45 segmentar, por medio del al menos un procesador, la segunda parte en unos vectores de geometría de objeto que definen la orientación de mecanizado para la herramienta, conectando cada vector de geometría de objeto un punto imaginario sobre el primer borde de la segunda parte que define un contorno de entrada de chorro con un punto imaginario correspondiente sobre el segundo borde de la segunda parte que define un contorno de salida de chorro de tal manera que existe una correspondencia uno a uno entre el número de puntos sobre el primer borde de la segunda parte y sobre el segundo borde de la segunda parte.

10. El método de la reivindicación 1, en el que la extensión de los primeros bordes de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado iniciales incluye la extensión de los primeros bordes hasta la primera superficie límite, y la extensión de los segundos bordes de las superficies CAM de trayectoria de mecanizado iniciales incluye la extensión de los segundos bordes hasta la segunda superficie límite.

5 11. Un sistema basado en procesador, que comprende:

al menos un procesador (312a, 312b); y

al menos un medio no transitorio legible por procesador (226, 224), conectado de forma comunicativa con el al menos un procesador, y que almacena al menos uno de entre instrucciones o datos ejecutables por procesador, en el que, en funcionamiento, el al menos un procesador está configurado para la ejecución del método de cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

10

12. Un programa de ordenador, el cual, cuando se ejecuta en un sistema basado en procesador, está configurado para la ejecución del método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

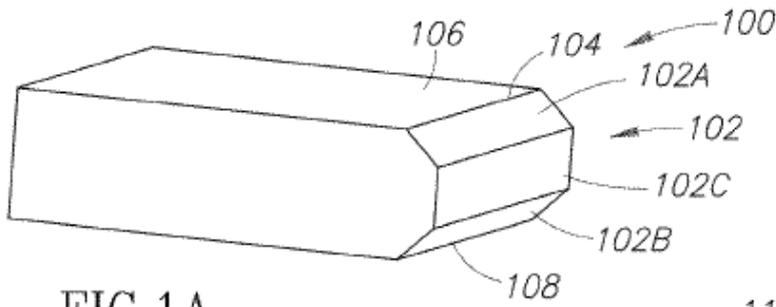


FIG. 1A
(TÉCNICA ANTERIOR)

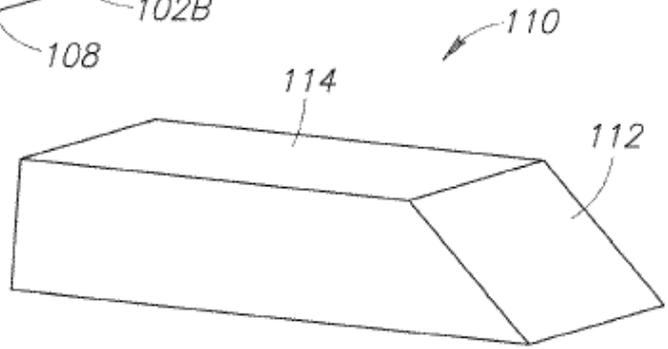


FIG. 1B
(TÉCNICA ANTERIOR)

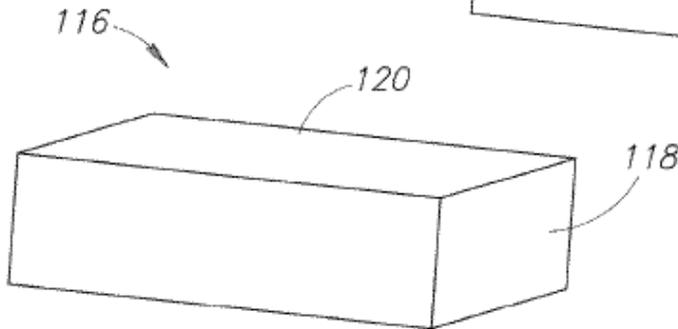


FIG. 1C
(TÉCNICA ANTERIOR)

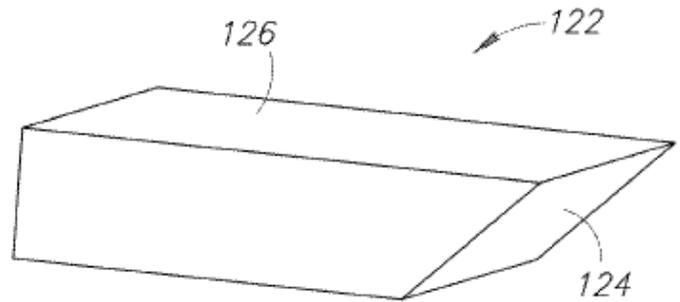


FIG. 1D
(TÉCNICA ANTERIOR)

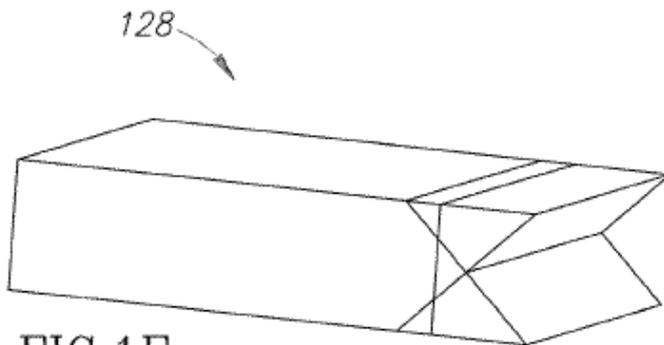


FIG. 1E
(TÉCNICA ANTERIOR)

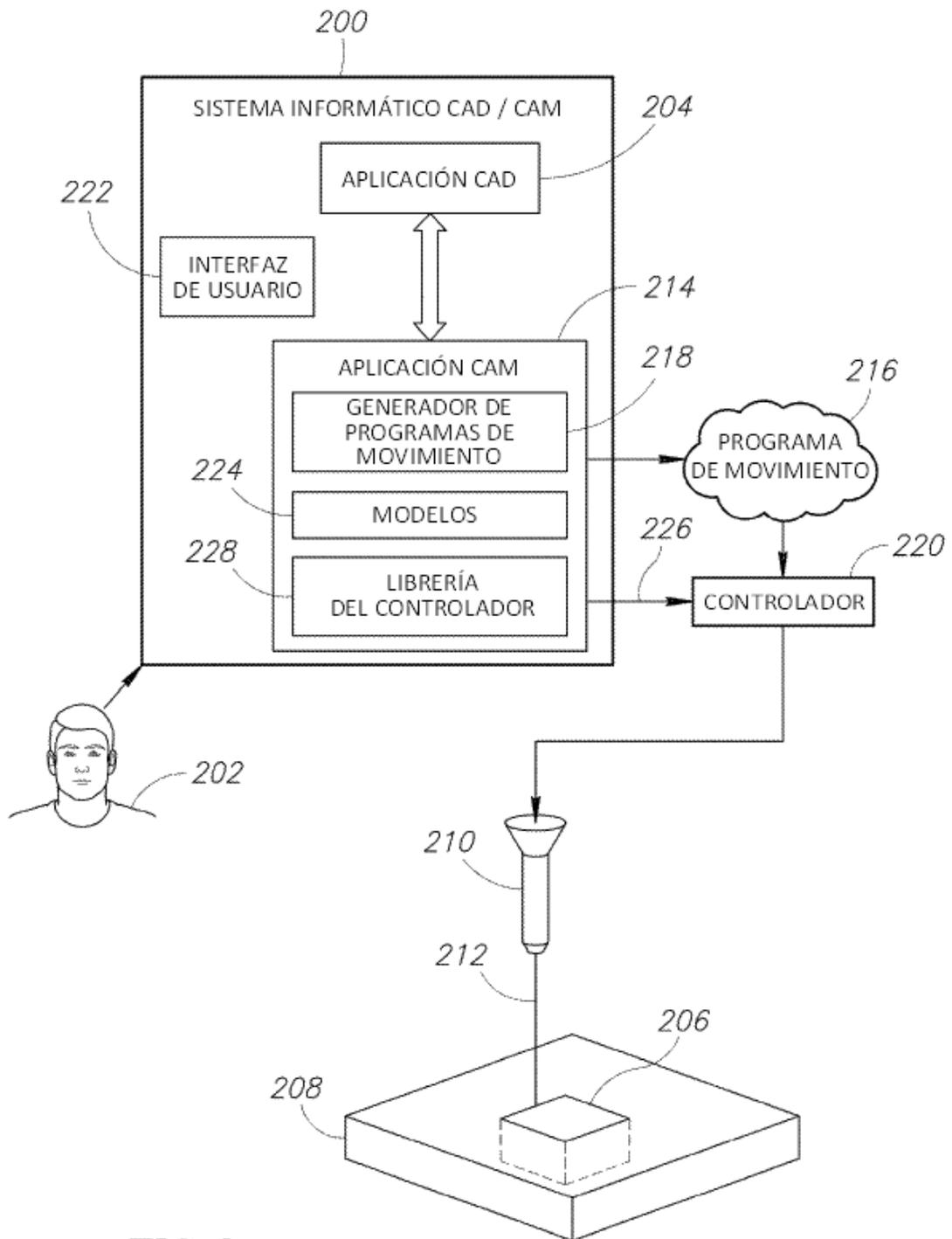


FIG.2

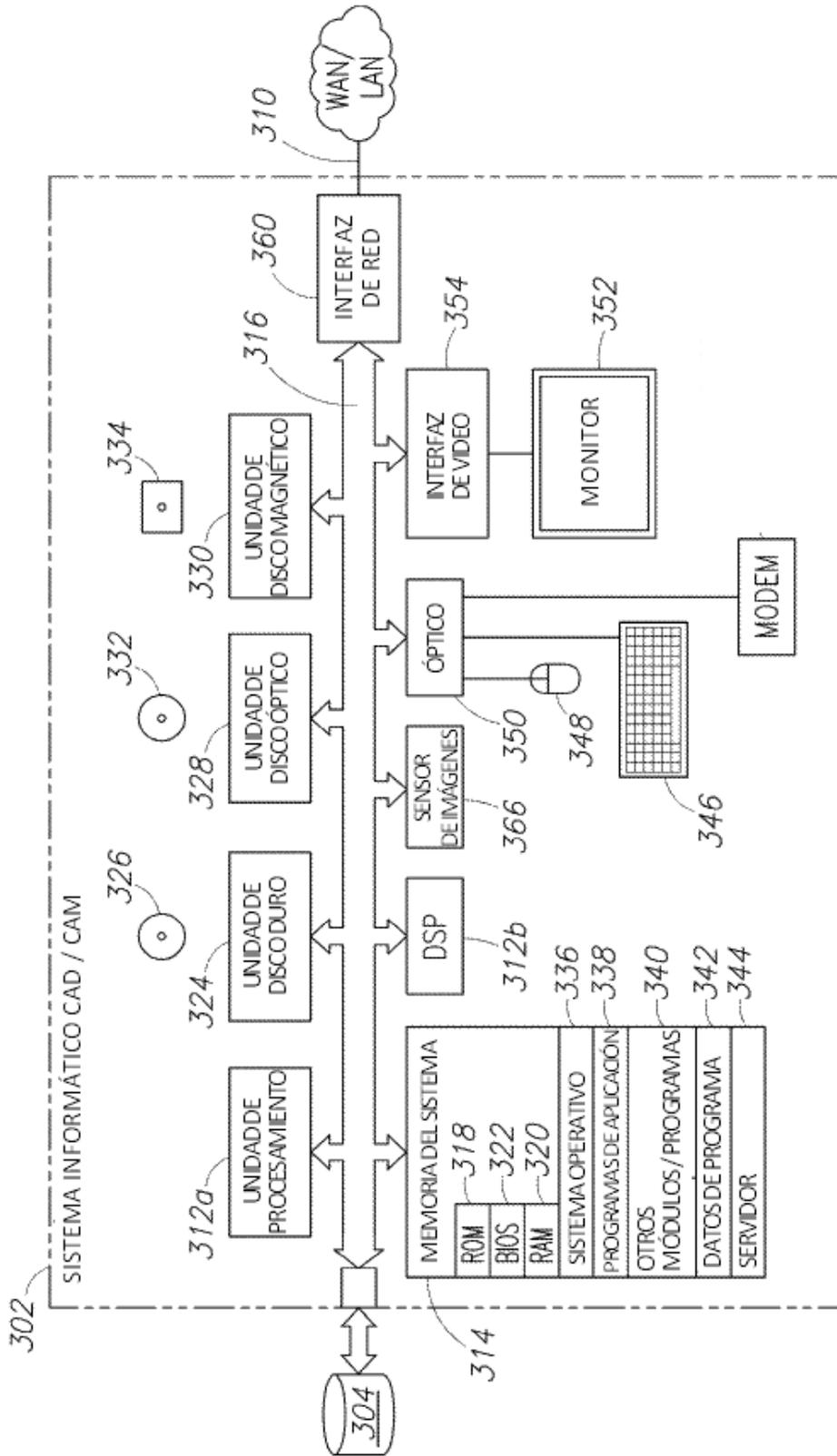


FIG.3

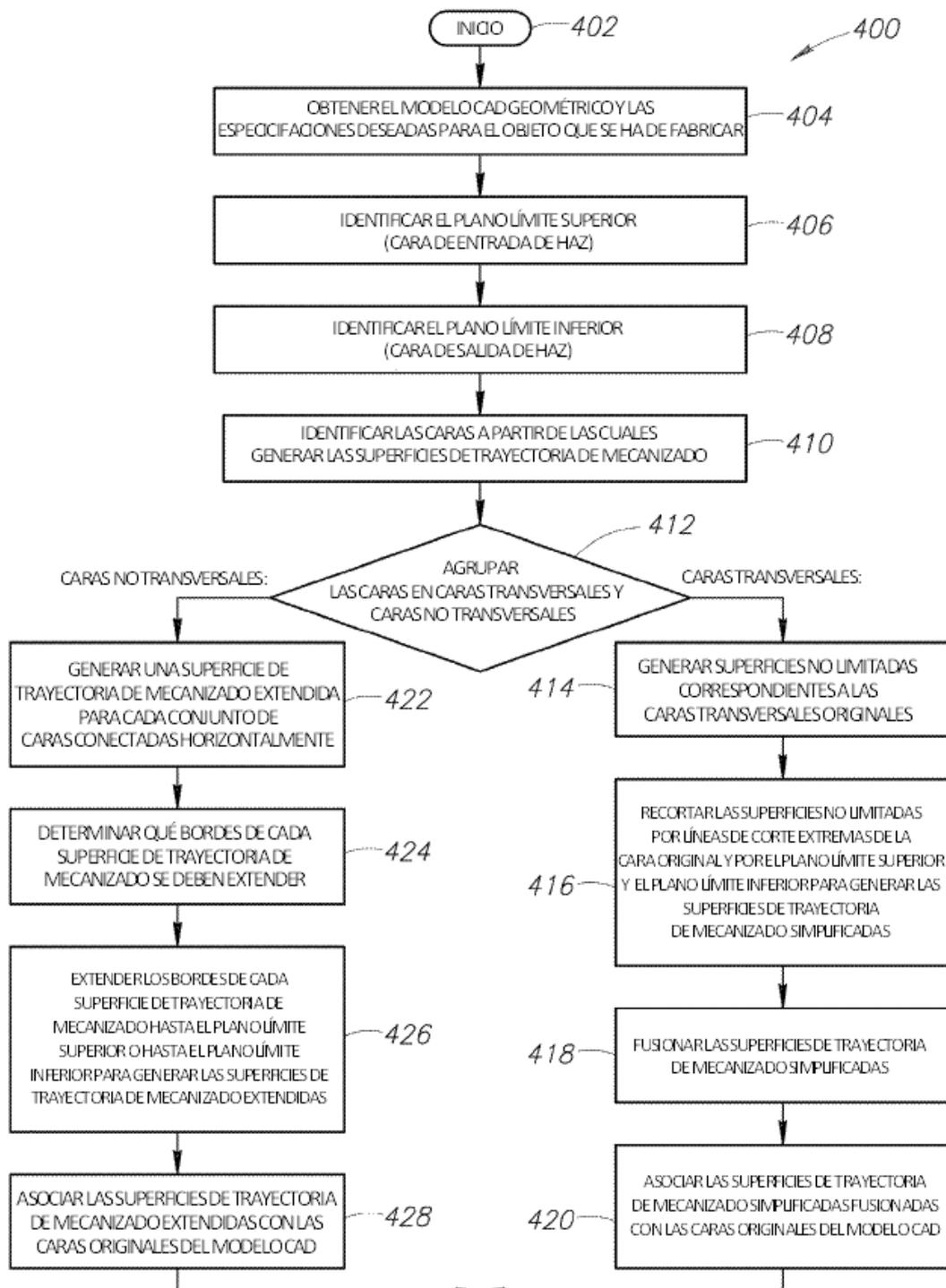


FIG. 4A





FIG.4B

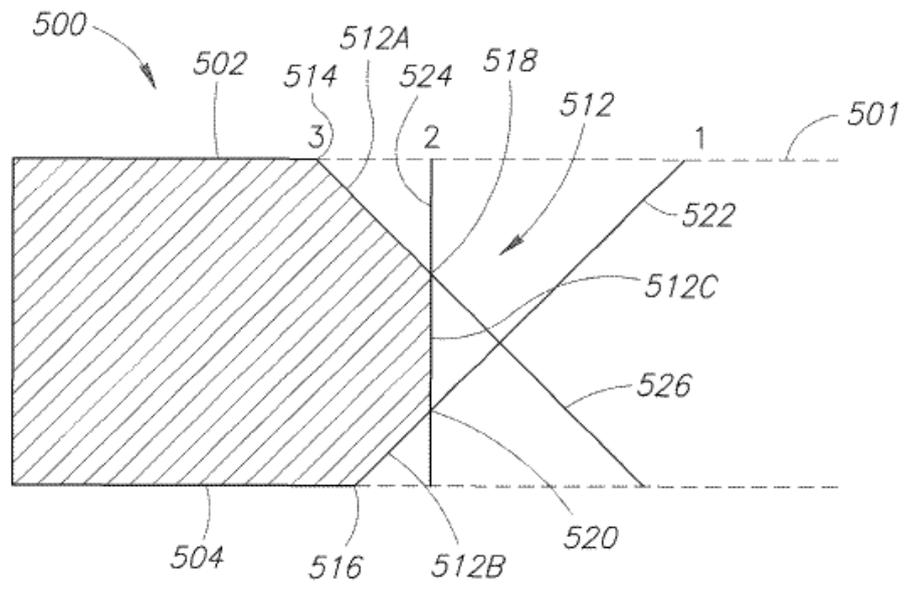


FIG.5

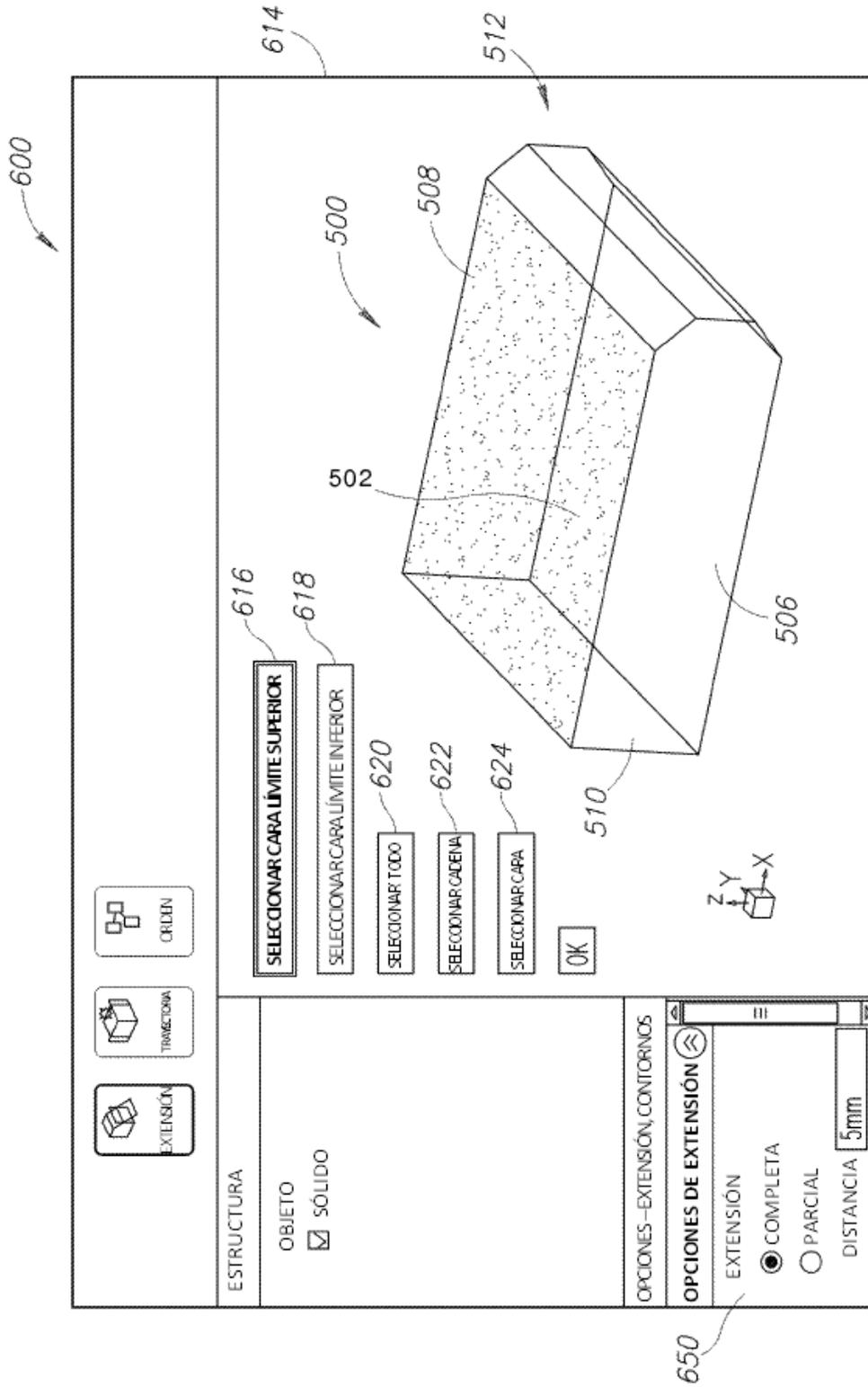


FIG. 6A

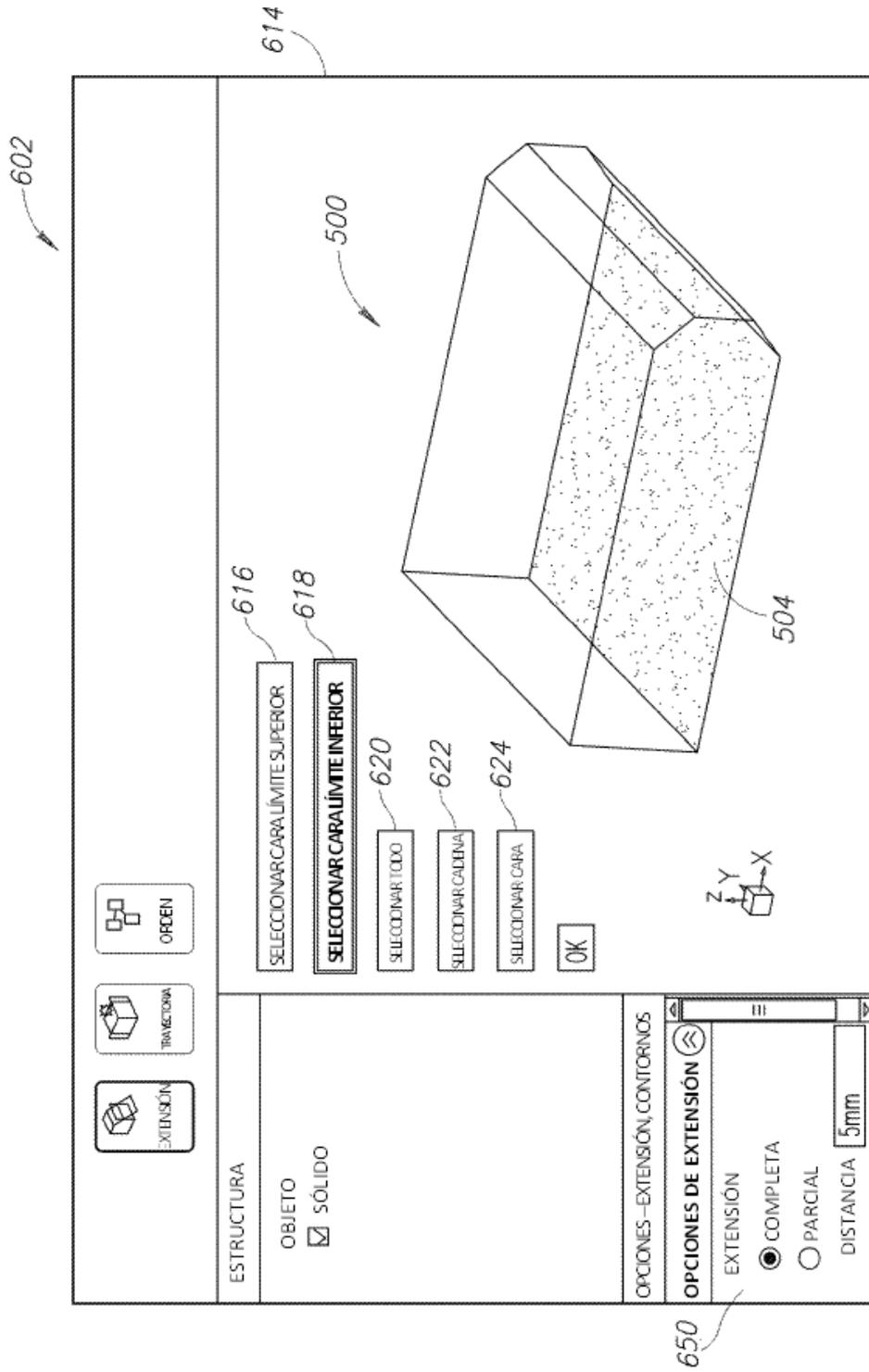


FIG. 6B

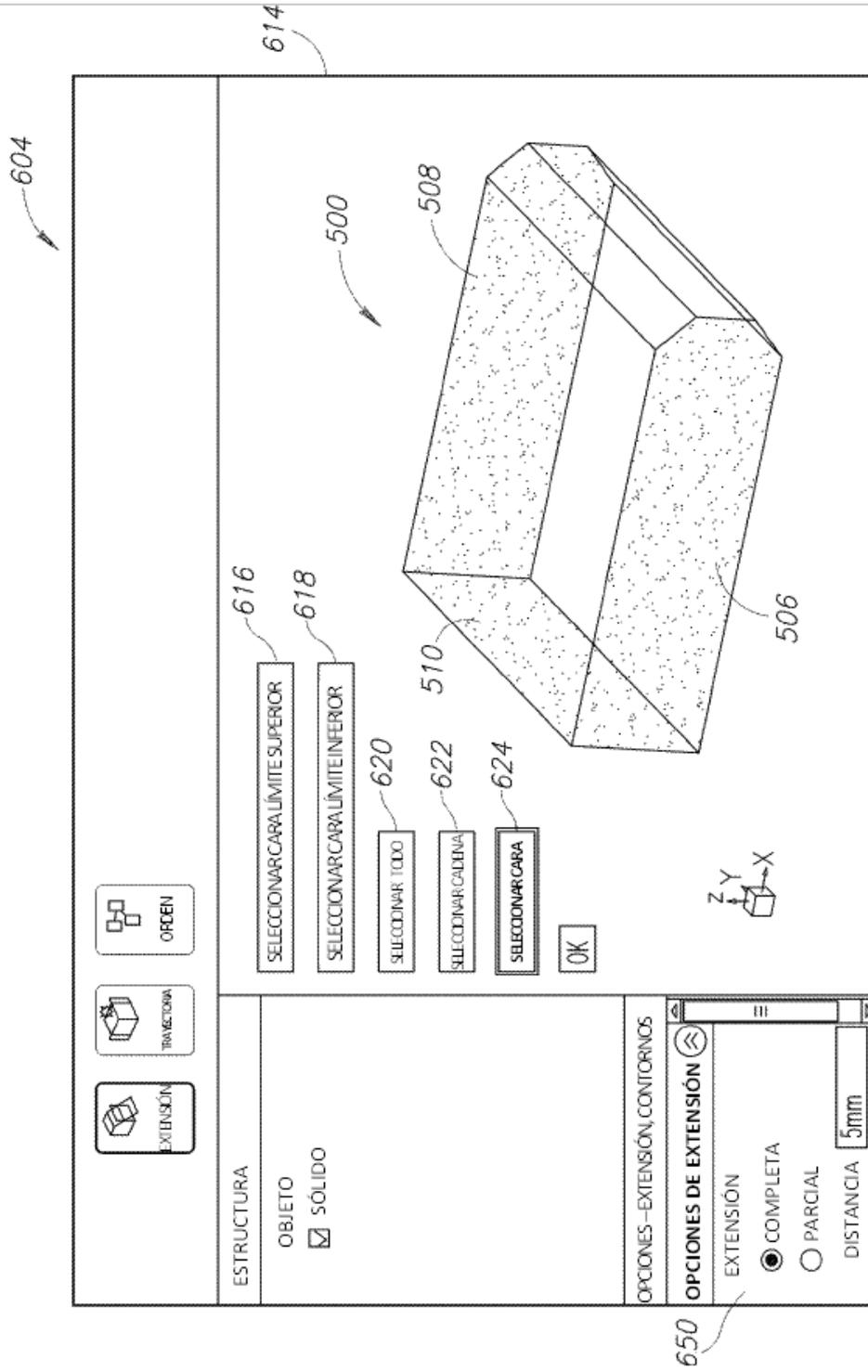


FIG. 6C

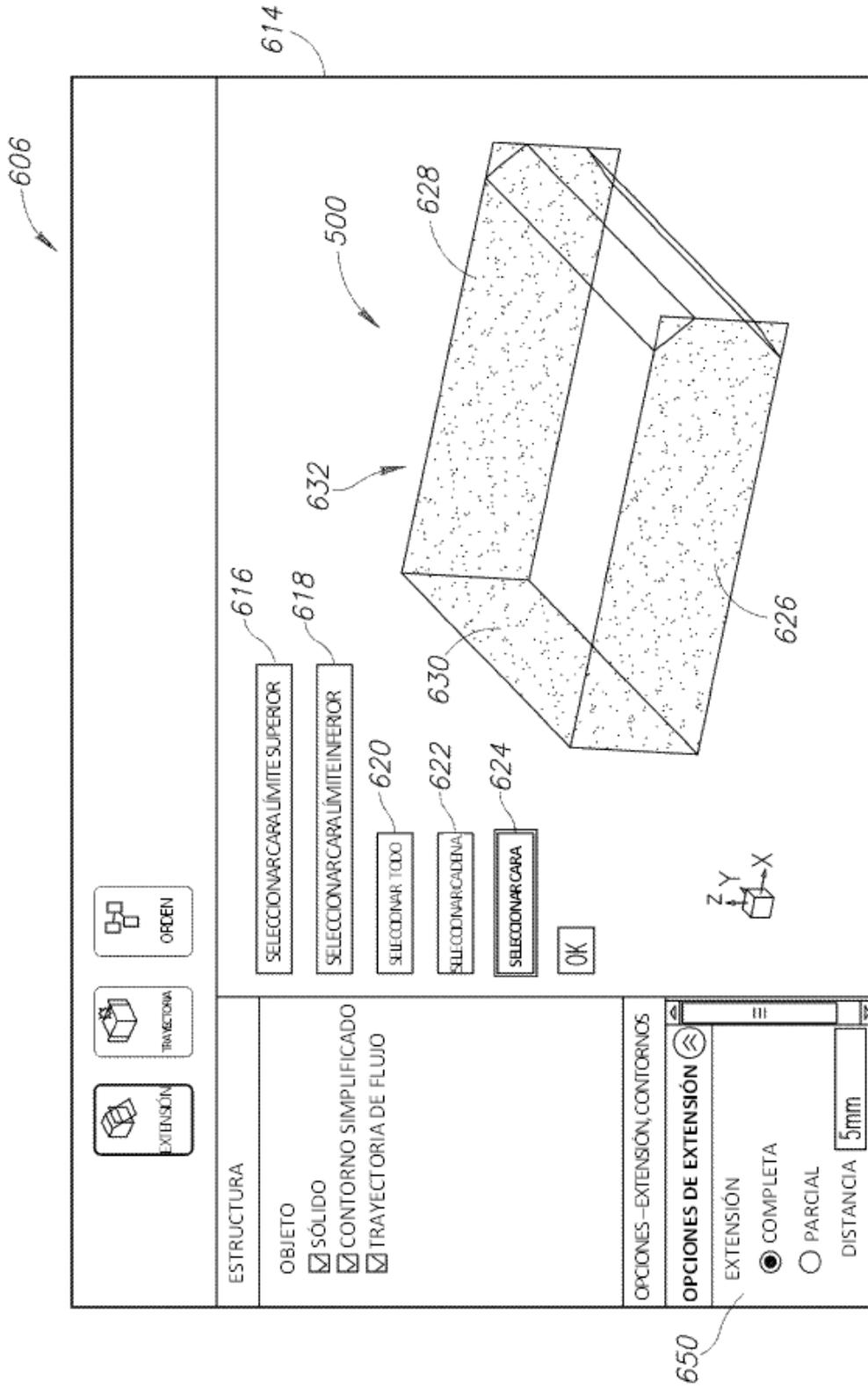


FIG. 6D

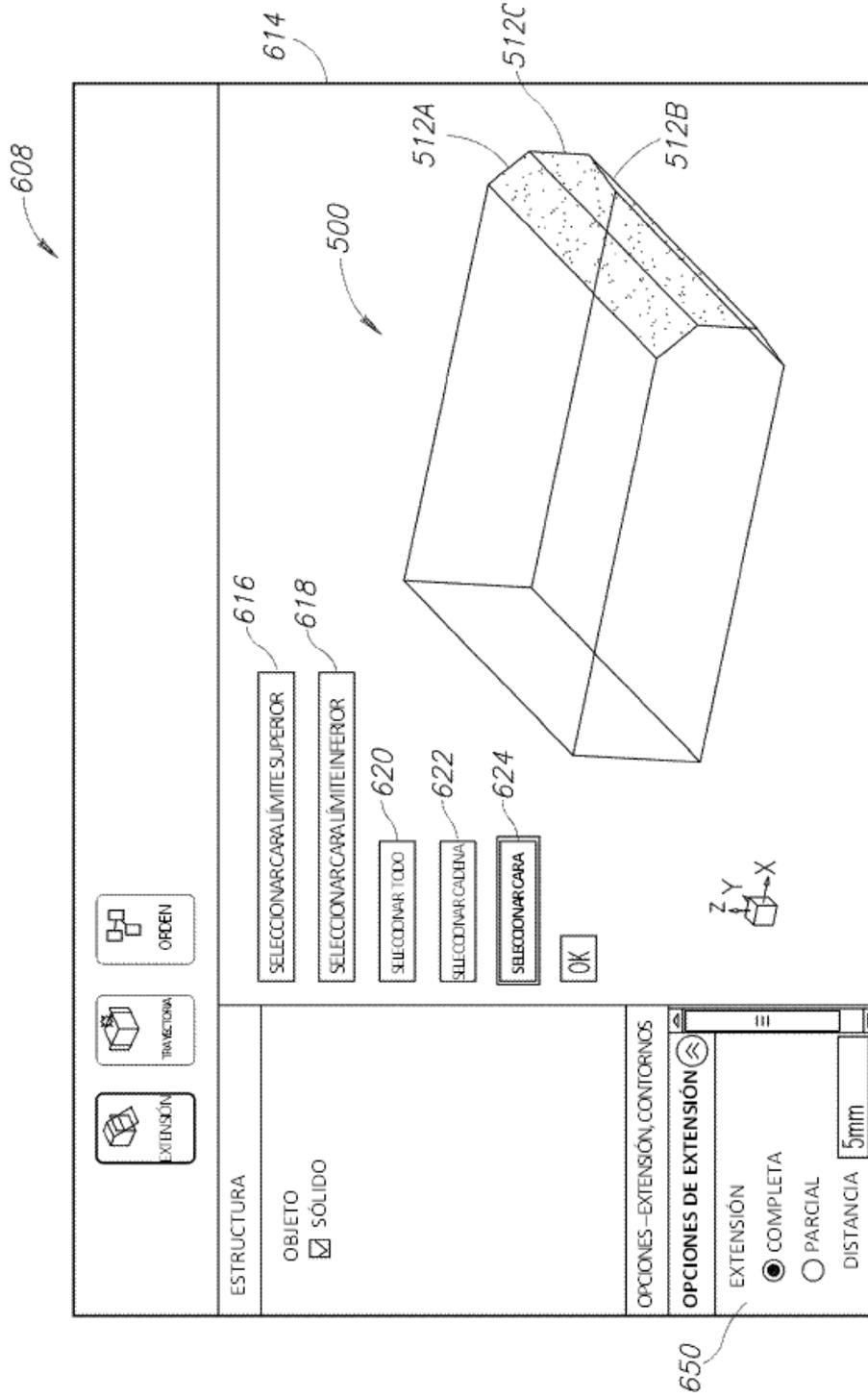


FIG. 6E

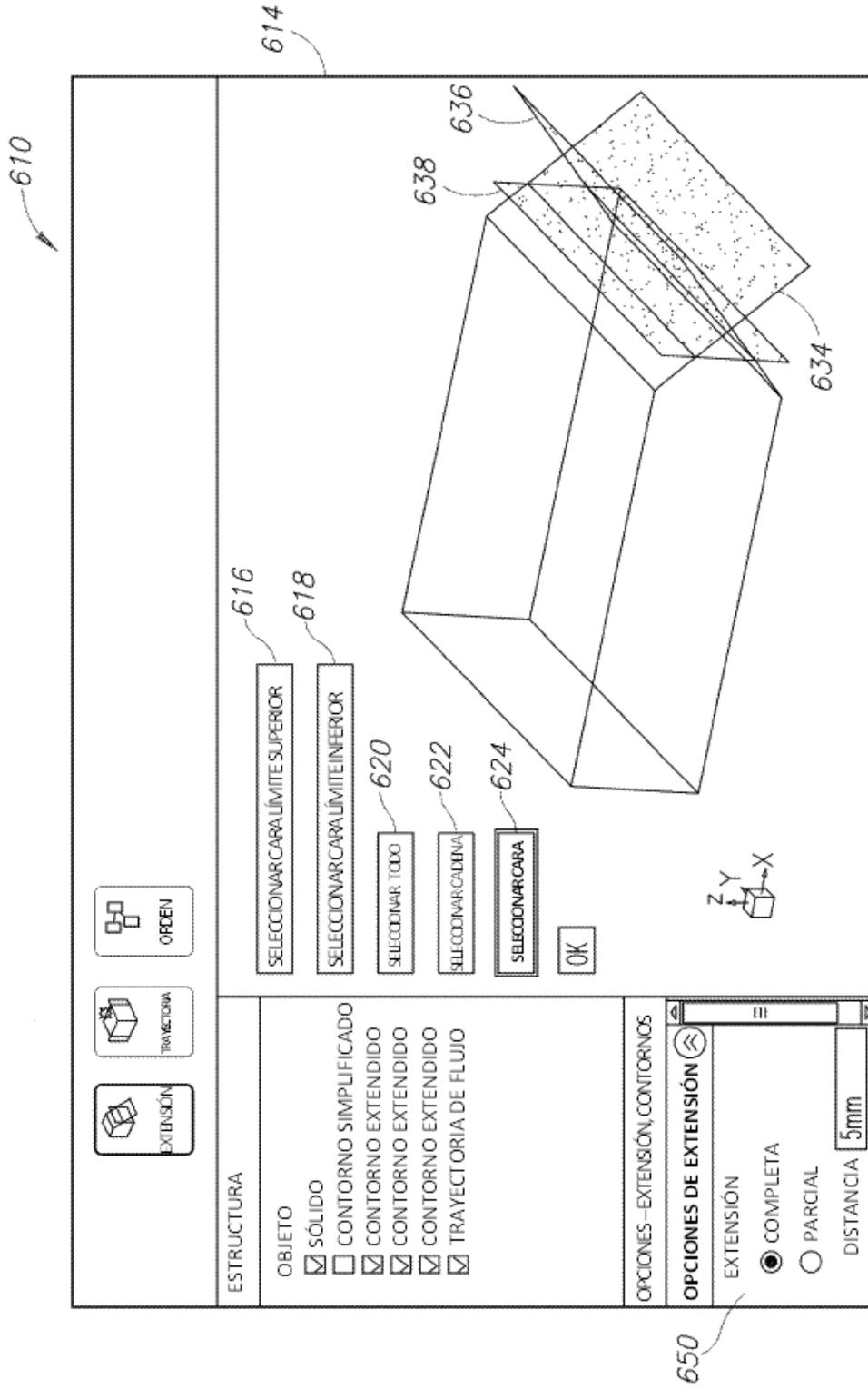


FIG. 6F

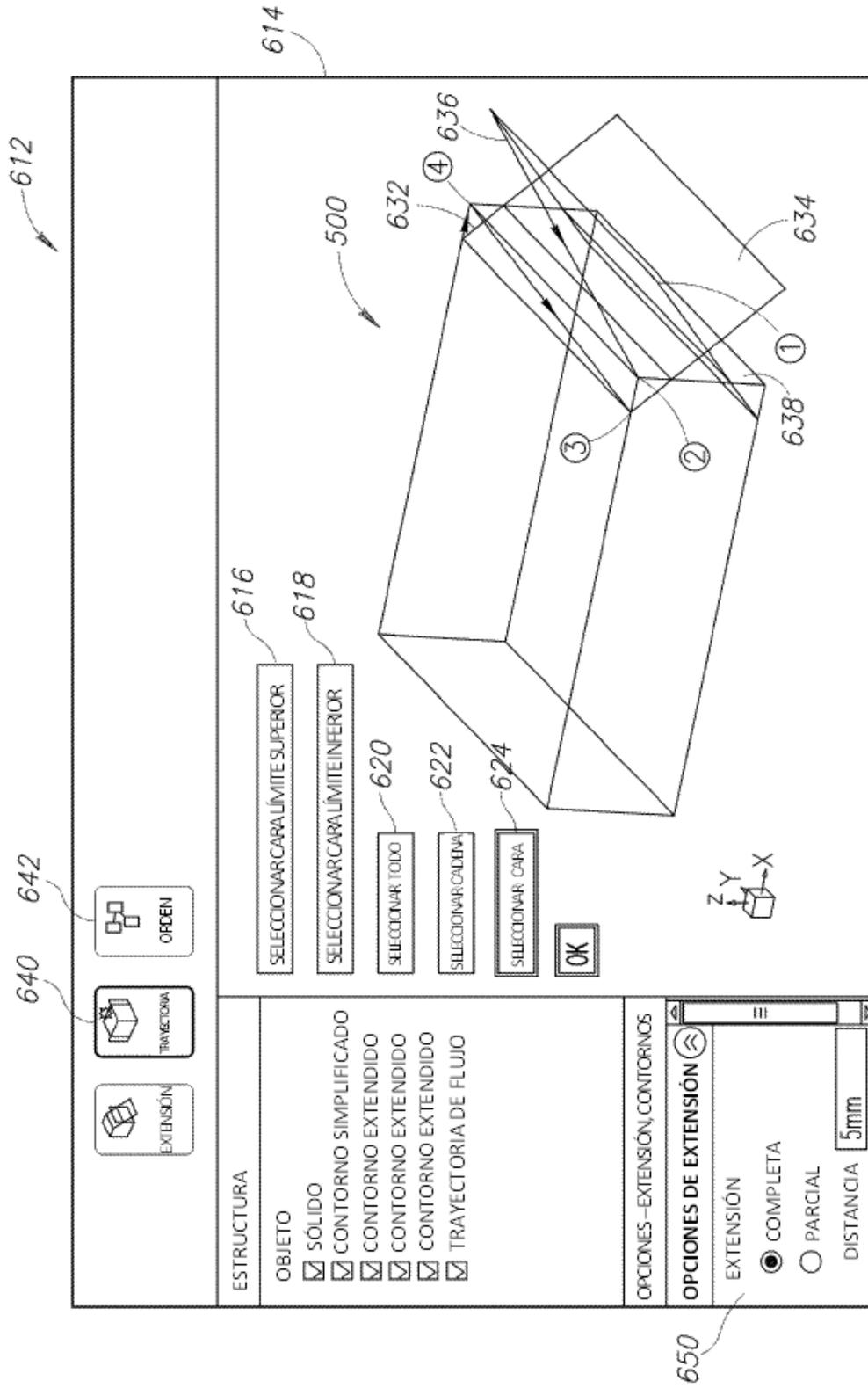


FIG. 6G

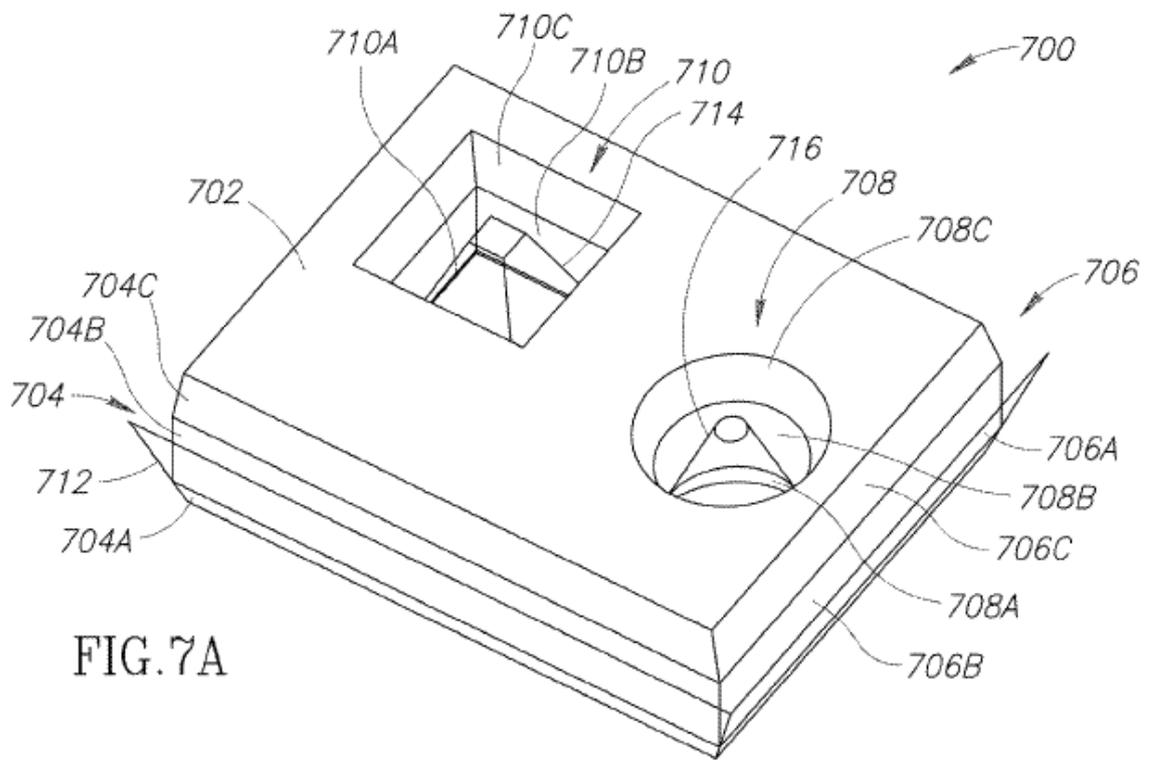


FIG. 7A

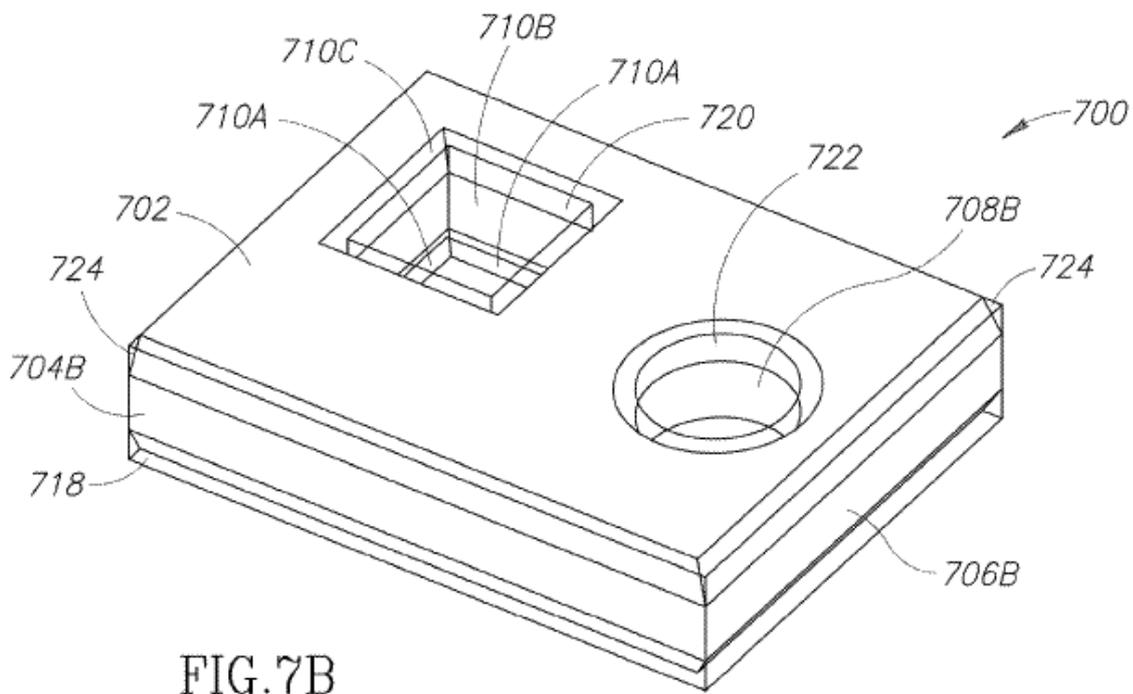


FIG. 7B

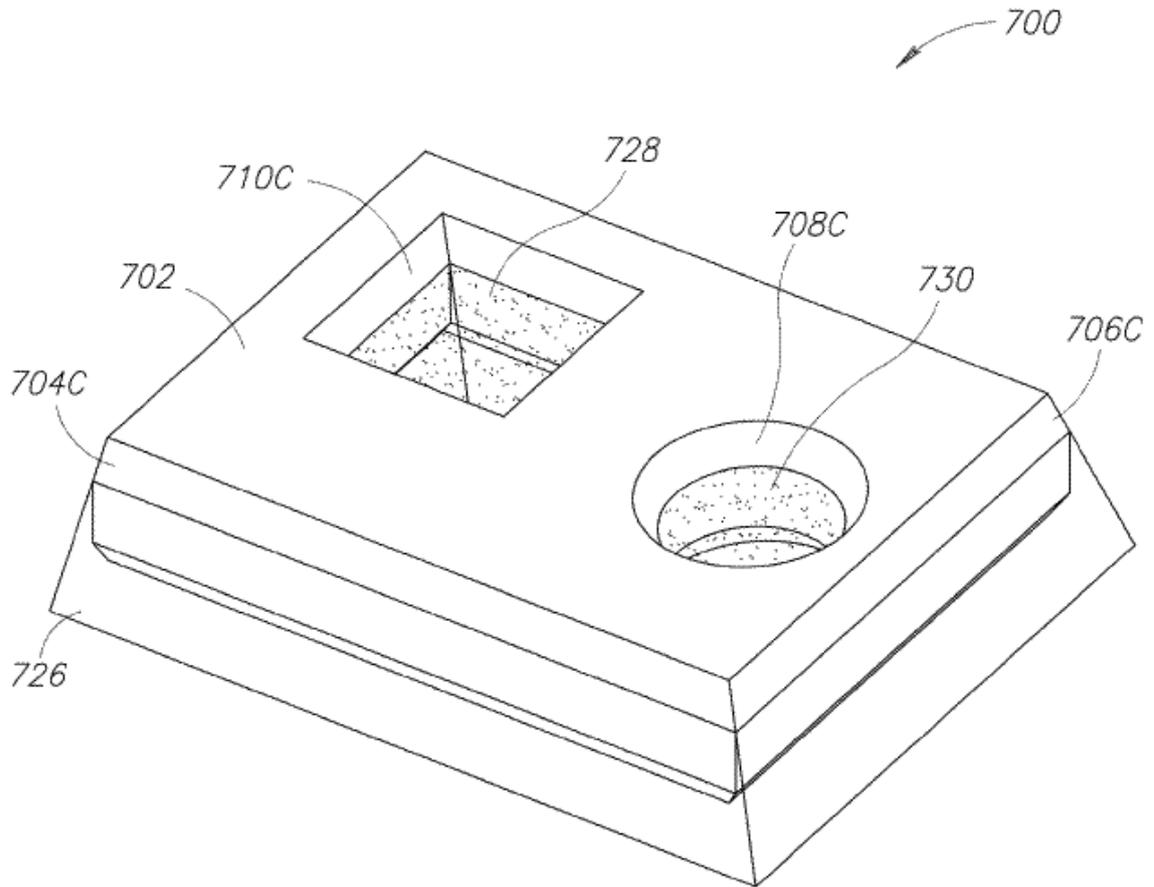


FIG. 7C

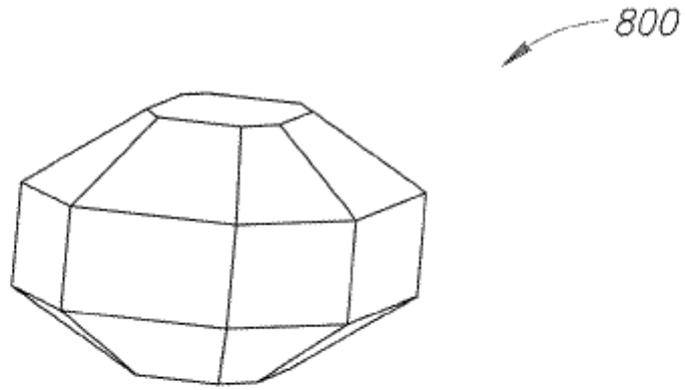


FIG. 8A

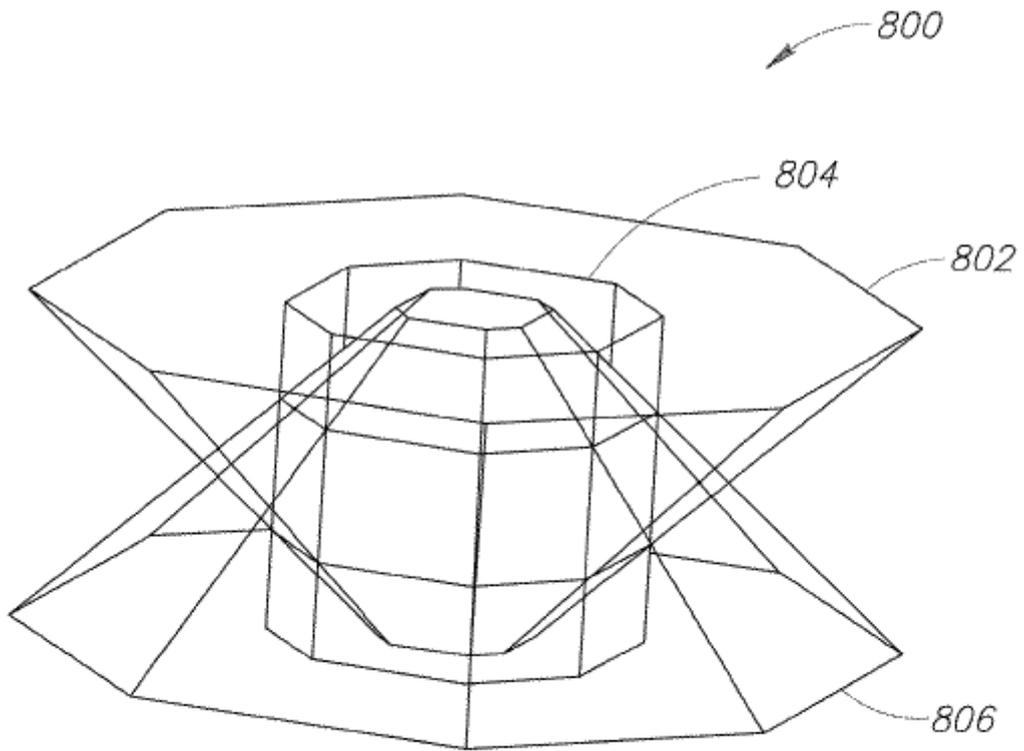


FIG. 8B

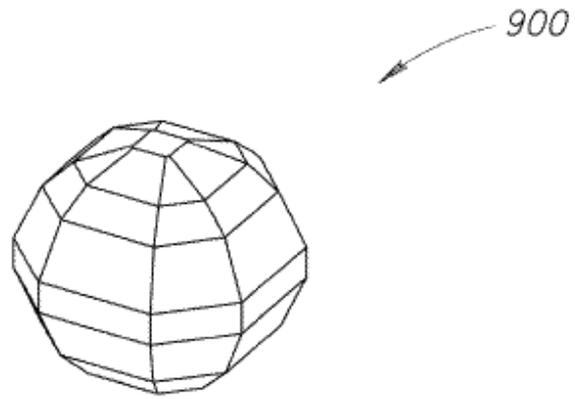


FIG. 9A

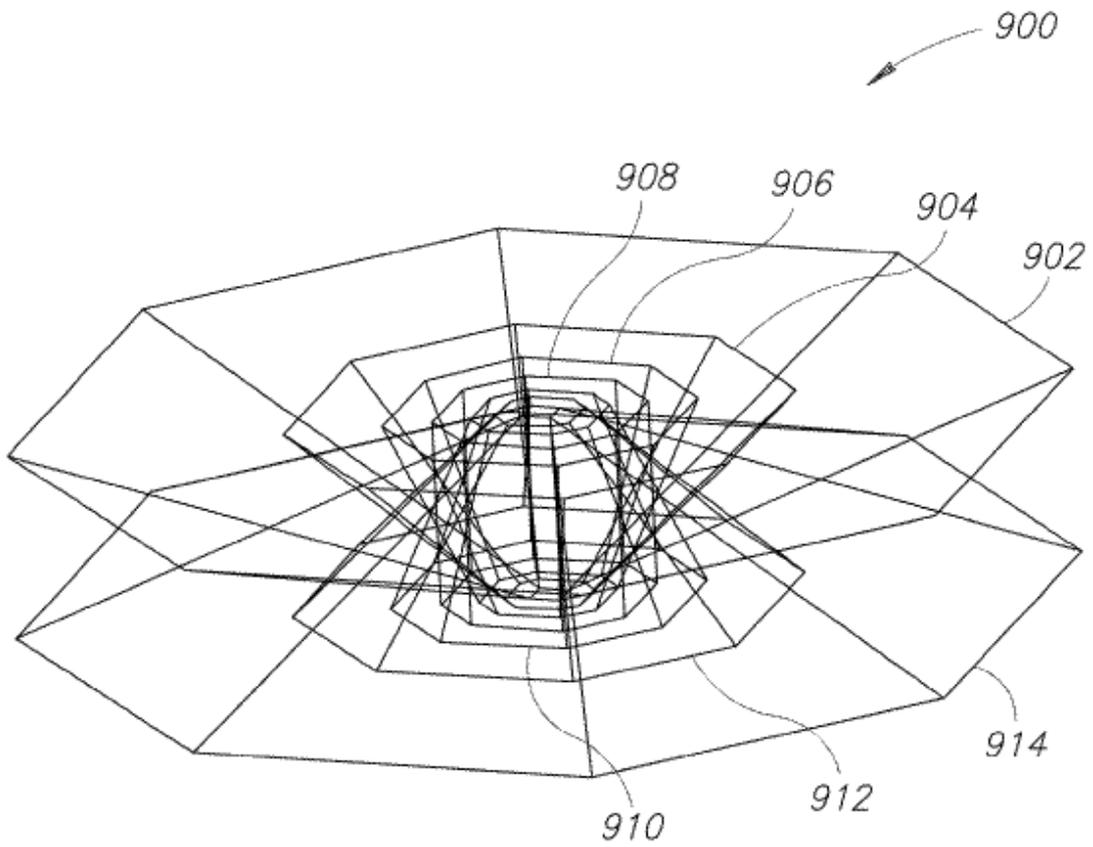


FIG. 9B

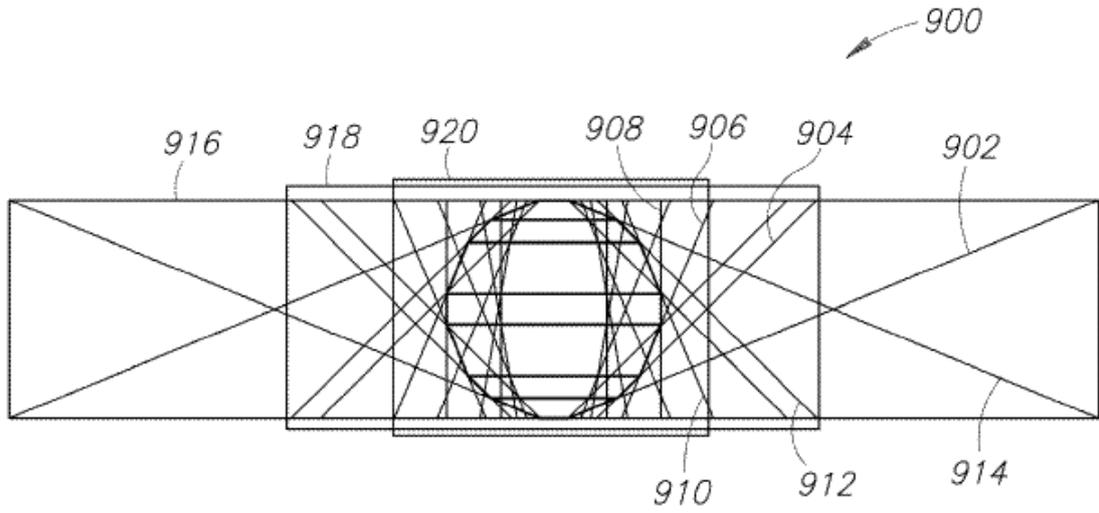


FIG.9C

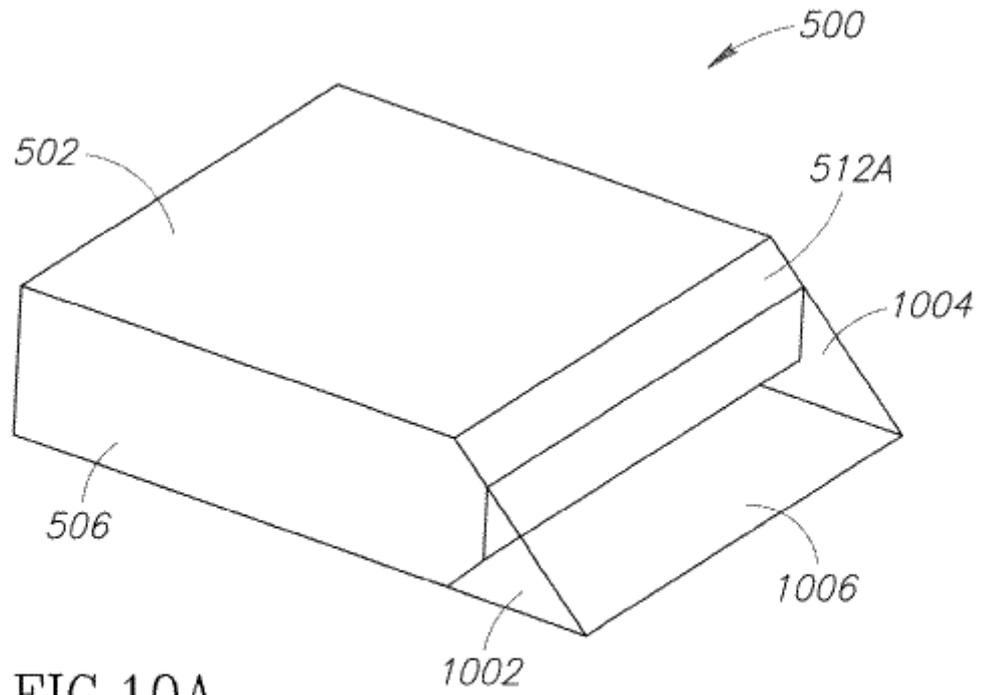


FIG.10A

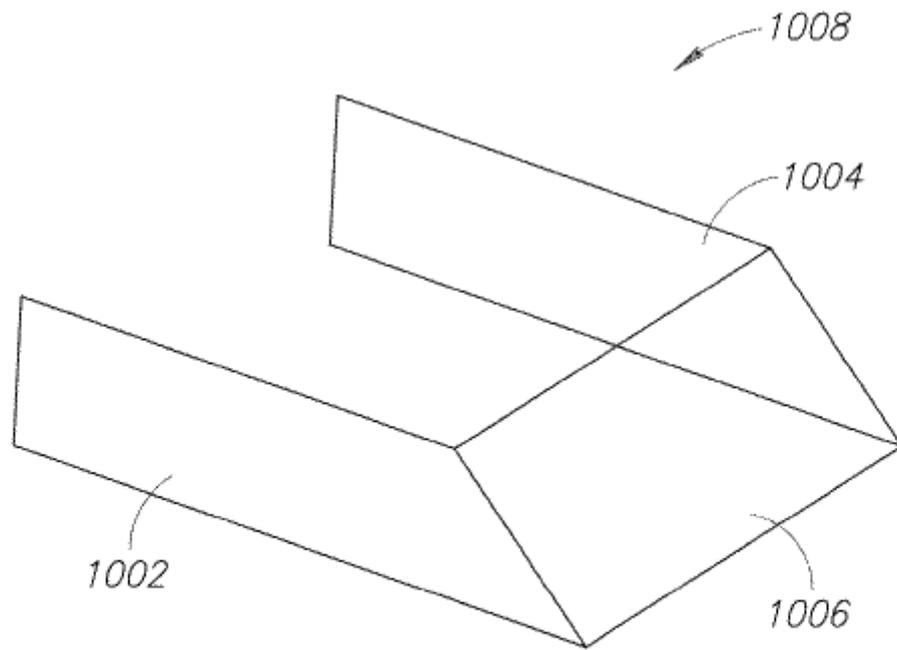


FIG.10B

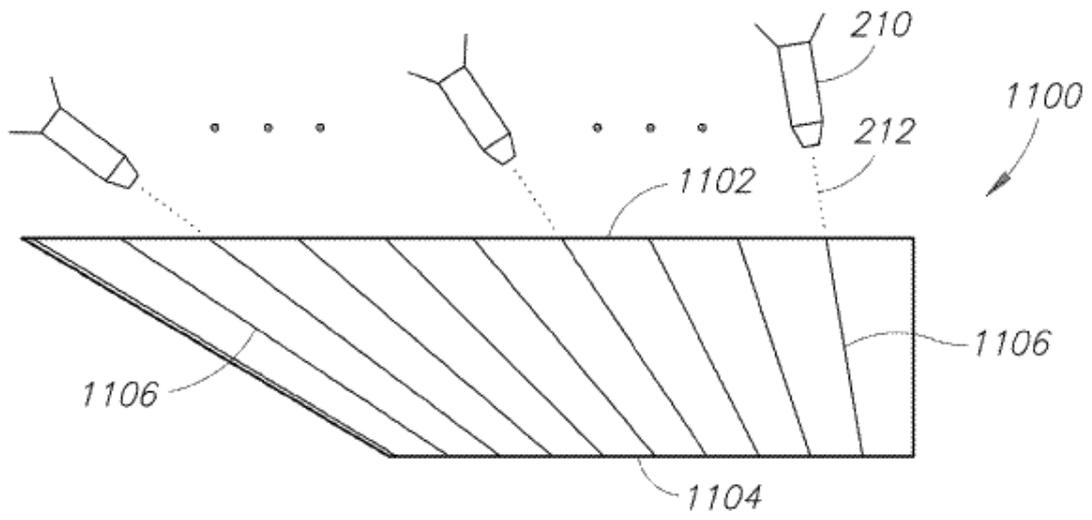


FIG. 11A

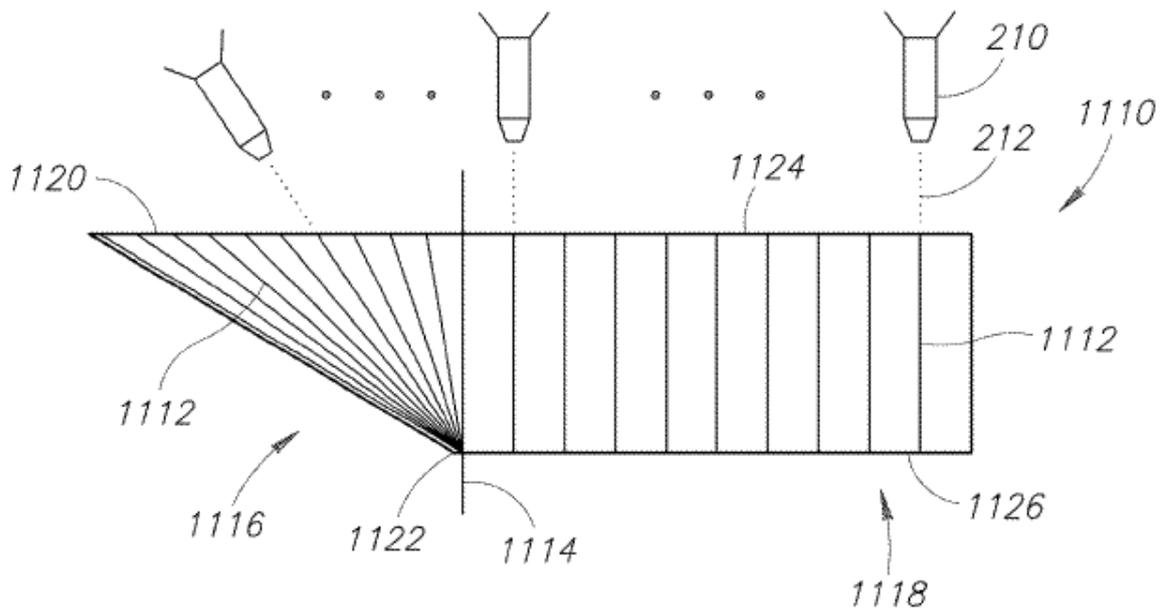


FIG. 11B

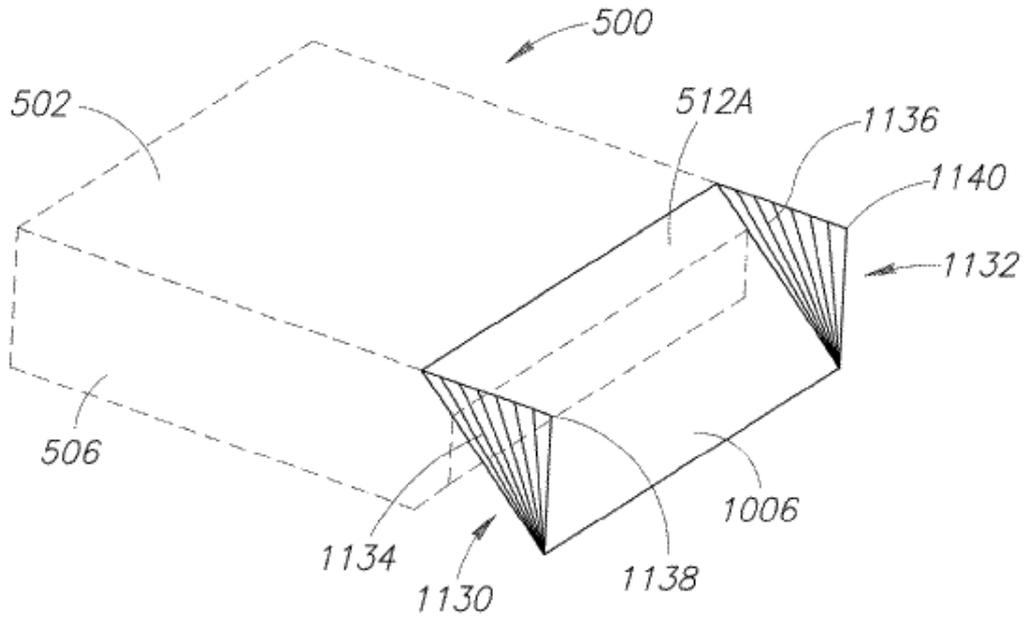


FIG.11C

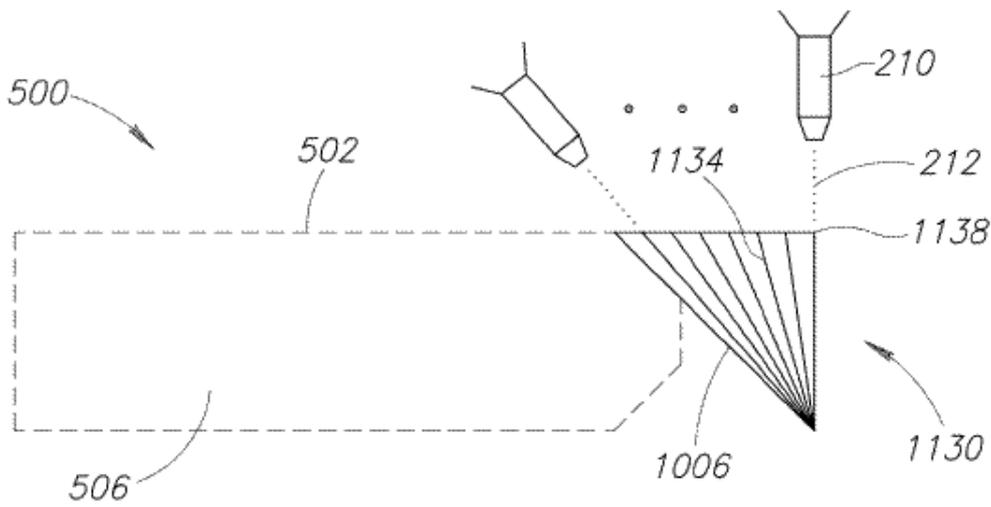


FIG.11D

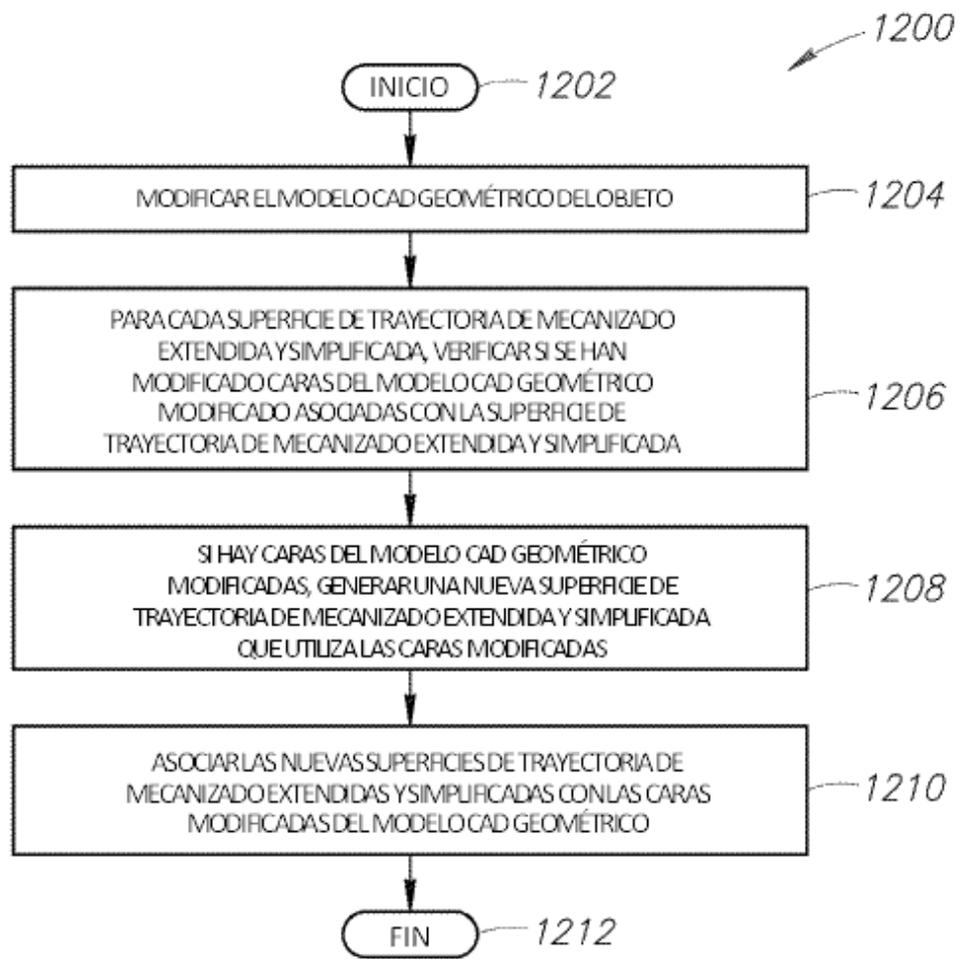


FIG.12

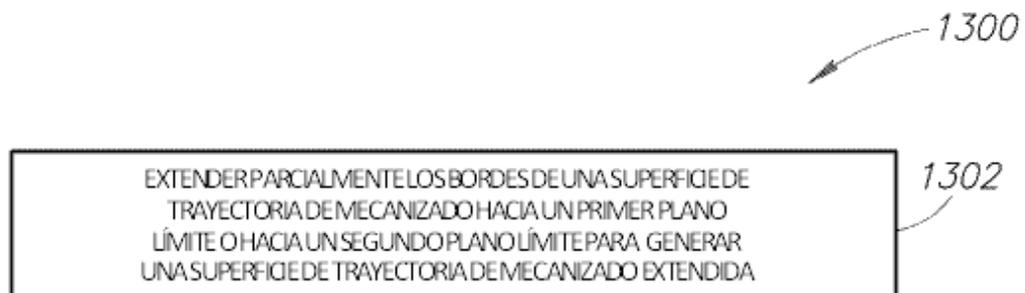


FIG.13

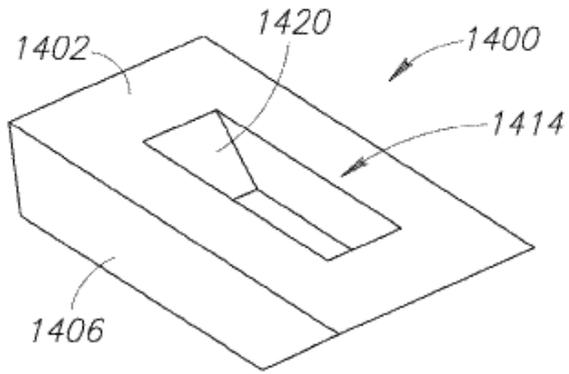


FIG. 14A

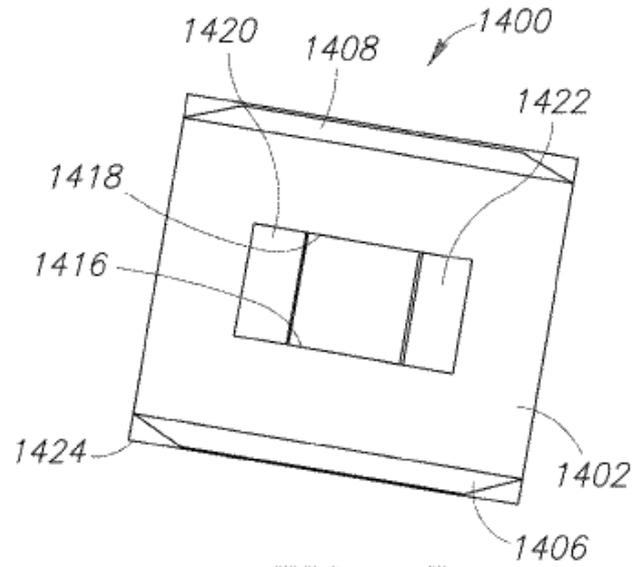


FIG. 14B

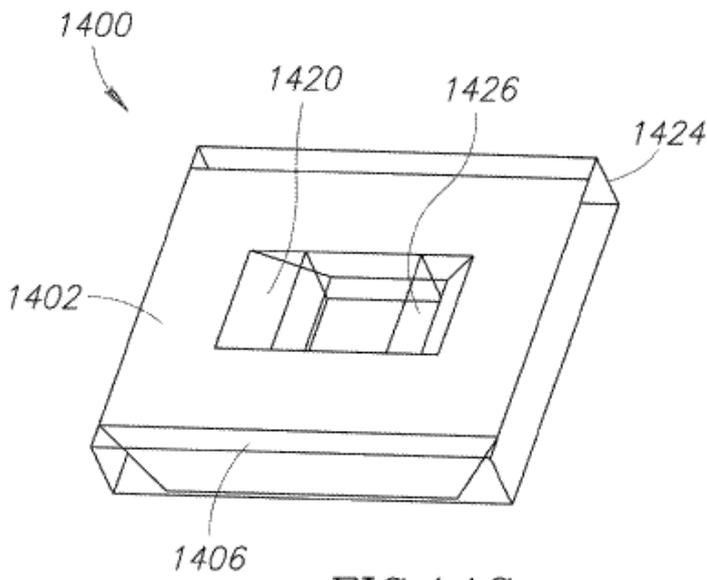


FIG. 14C

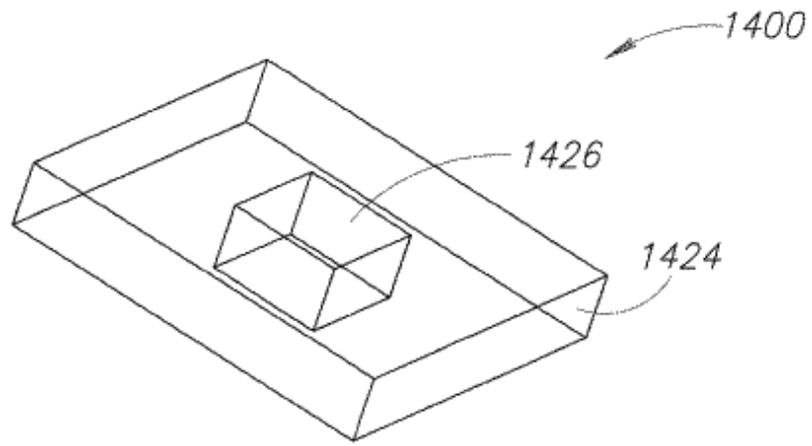


FIG.14D

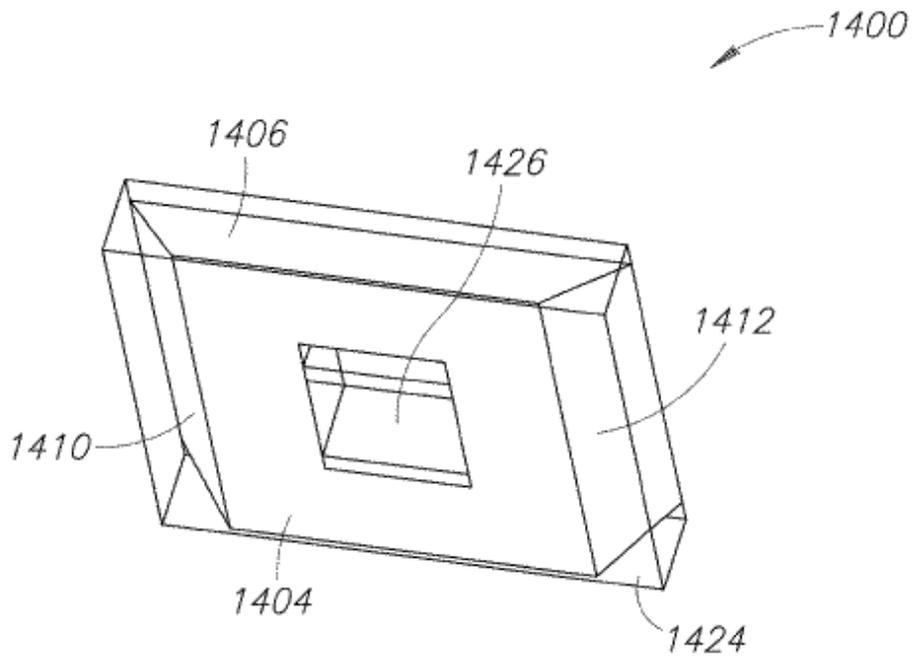


FIG.14E