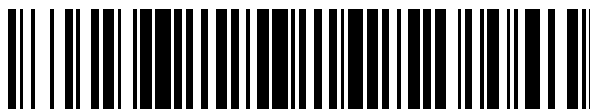


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 024**

51 Int. Cl.:

B23K 10/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2016** **E 16160983 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019** **EP 3078443**

54 Título: **Método y sistema para corte de plasma por control numérico mejorado de piezas de una pieza de trabajo**

30 Prioridad:

20.03.2015 US 201562136237 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.05.2020

73 Titular/es:

FAGAN, MATTHEW (100.0%)
95 Canterbury Road, Middle Park
Melbourne, Victoria 3206, AU

72 Inventor/es:

FAGAN, MATTHEW

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 760 024 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y sistema para corte de plasma por control numérico mejorado de piezas de una pieza de trabajo

5 Solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica la prioridad a la Solicitud de Patente de Estados Unidos con Número de Serie 62/136.237, titulada "Method and System for CN Plasma Common Cutting of Non-Rectangular Nested Parts", presentada el 20 de marzo de 2015.

10 Campo de la invención

La solicitud se refiere al campo de corte de piezas de láminas o placas y más específicamente a métodos para mejorar el corte de piezas empleando grados variables de solapamiento de líneas de corte y arcos entre piezas adyacentes y a eliminar eficazmente o al deshecho de remanentes de las mismos.

Antecedentes

Las tecnologías de corte de placa de metal convencionales son bien conocidas en la técnica. El corte de placa de oxi acetileno era el método universal usado en la primera mitad del siglo 20. Las máquinas de corte de aluminio de lámina y placa guiadas ópticamente electrónicas aparecieron en la década de 1960, máquinas que copiaban una plantilla extraída usando un 'ojo mágico'.

Las máquinas guiadas por ordenador aparecieron en la década de 1970, máquinas que seguían coordenadas dado un idioma inglés plano conocido como programas de Control Numérico o programas de CN. El corte por plasma en sí apareció en la década de 1940 como una extensión de soldeo por arco eléctrico, transmitiendo las muy altas corrientes en un gas de plasma que fundía el metal, en lugar de quemarlo.

El corte de plasma era un método mucho más rápido pero proporcionaba una calidad de corte pobre, una calidad de corte pobre, aunque adecuada si el borde iba rectificarse para soldadura. Para materiales hasta 20 mm de espesor una antorcha de plasma corta hasta 10 veces más rápido que una antorcha de oxi acetileno. Un gas de plasma inerte podría incluso usarse para cortar materiales altamente combustibles tales como aluminio. Otra ventaja de corte de plasma es que la alta velocidad combinada con la eyección de material fundido caliente en lugar de combustión material redujo la entrada de calor en la placa y esto a su vez redujo el movimiento de la pieza inducida térmicamente potencialmente grande durante el corte.

En la década de los 1970, la alta velocidad de corte de plasma tuvo que equilibrarse con el corte relativamente pobre con altos grados de chafán de borde de corte, tan altos como 45 grados. Las antorchas de plasma podrían generar también niveles de ruido insoportables y grandes cantidades de ozono. En la década de 1990 la tecnología de corte de plasma de alta definición era una mejora drástica con antorchas y gas y suministros de potencia desarrollados para cortar con mucho menos chafán, calidad de borde superior y anchura o incisión de corte más estrecha. Las antorchas modernas reclaman un chafán de borde de corte tan bajo como 2 grados desde la vertical. Como consecuencia de cortes más rectos y más estrechos, la penetración de plasma ha aumentado de aproximadamente 50 mm a 160 mm y más allá, desafiando la dominancia del corte de oxiacetileno de placa de acero grueso. Más recientemente, el uso de aire en solitario ya que el gas de plasma ha reducido costes de operación y el ruido durante la operación ha caído a niveles aceptables en un entorno de fábrica. La caída rápida en el precio de los ordenadores después del año 2000 significó que el corte de formas controlado por ordenador se ha vuelto asequible y convencional incluso en los talleres más pequeños.

Tales máquinas de control numérico se usan para cortar placas o láminas en únicas piezas o como una colección de tales piezas en una placa, que es conocido como un anidamiento. Las piezas en el anidamiento se sitúan por un programador de CN o por software de anidamiento automático para desperdiciar menos metal. El documento US2014/0060271 desvela un método y sistema para cortar piezas usando una tecnología de corte de haz. Un conjunto de reglas rigen la agrupación de piezas de manera que están situadas únicamente a un espesor de un corte entre sí. El documento US2014/0288691, en el que está basado el preámbulo de la reivindicación 1, desvela una maquinaria y método para cortar una pieza de trabajo usando una herramienta de corte. El patrón de corte está optimizado para reducir la cantidad de desperdicio de material que queda después del proceso de corte.

Sumario

Una realización de la invención comprende, un método para corte de plasma de control numérico (CN) de piezas de una pieza de trabajo, que comprende: generar, en un ordenador, un anidamiento que sitúa de manera óptima las piezas para minimizar el desperdicio de la pieza de trabajo; y generar, basándose en el anidamiento, un programa de CN para controlar una máquina de corte de plasma de CN para cortar las piezas de la pieza de trabajo usando uno o ambos de inicios de borde e inicios de hueco; en el que el programa de CN puede controlar una antorcha de corte de plasma de la máquina de corte de plasma de CN para cortar las piezas de la pieza de trabajo, en el que las

piezas se cortan de la pieza de trabajo usando una antorcha de corte de plasma de la máquina de corte de plasma de CN controlada por el programa de CN, caracterizado por que la ignición del arco de plasma de la antorcha de corte de plasma tiene lugar durante el movimiento lateral de la antorcha de corte de plasma.

- 5 En otro ejemplo, un sistema mejora el corte de plasma de control numérico (CN) de piezas de una pieza de trabajo. El sistema incluye un procesador y una memoria comunicativamente acoplada con el procesador y que almacena instrucciones legibles por máquina. Para un inicio de borde, las instrucciones legibles por máquina, cuando se ejecutan por el procesador, pueden: (a) iniciar un arco de una antorcha de corte de plasma mientras que la antorcha de corte está situada adyacente a un borde de la pieza de trabajo y próxima a un contorno de una de las piezas, y
- 10 (b) mover inmediatamente, cuando se establece el arco de plasma, la antorcha de corte de plasma a lo largo del borde antes de seguir el contorno para cortar la pieza de la pieza de trabajo. Para un inicio de hueco, las instrucciones legibles por máquina, cuando se ejecutan por el procesador, pueden: (c) situar la antorcha de corte de plasma en una ruta de corte previa de la pieza de trabajo, y (d) iniciar un arco de la antorcha de corte de plasma mientras se mueve la antorcha de corte de plasma a lo largo de la ruta de corte previa antes de seguir un contorno
- 15 de una de las piezas.

- En otro ejemplo, un sistema tiene corte de plasma de control numérico (CN) mejorado de piezas de una pieza de trabajo. El sistema incluye un procesador y una memoria comunicativamente acoplada con el procesador y que almacena instrucciones legibles por máquina que cuando se ejecutan por el procesador pueden: interpretar un
- 20 código M de inicio de borde de un programa de CN para (a) iniciar un arco de plasma de una antorcha de corte de una máquina de corte de CN cuando la antorcha de corte está situada fuera de y adyacente a un borde de una pieza de trabajo, y (b) iniciar inmediatamente movimiento lateral de la antorcha de corte cuando se establece el arco de plasma; interpretar un código M de inicio de hueco del programa de CN para (c) iniciar el arco de plasma de la antorcha de corte cuando la antorcha de corte está situada a través de una ruta de corte previa en la pieza de
- 25 trabajo, y (d) iniciar inmediatamente movimiento lateral de la antorcha de corte cuando se establece el arco de plasma; e interpretar un movimiento fuera de código M del programa de CN para extinguir el arco de plasma de la antorcha de corte sin detener el movimiento lateral de la antorcha de corte hasta que se extingue el arco de plasma.

- En otro ejemplo, una máquina de corte de plasma de control numérico (CN) tiene un controlador de CN que incluye
- 30 un procesador y una memoria que almacena instrucciones legibles por máquina que cuando se ejecutan por el procesador interpretan instrucciones de un programa de CN para controlar una antorcha de corte de plasma de la máquina de corte de plasma de CN para cortar piezas de una pieza de trabajo. El controlador de CN interpreta movimientos Geométricos (códigos G) que controlan el movimiento de la antorcha de corte de plasma y funciones de Miscelánea (códigos M) que controlan la activación y desactivación de la antorcha de corte de plasma. Una mejora al
- 35 controlador de CN incluye instrucciones legibles por máquina almacenadas en la memoria que cuando se ejecutan por el procesador pueden interpretar un código M de inicio de borde para iniciar un arco de plasma de la antorcha de corte mientras que la antorcha de corte está (a) situada fuera y adyacente a un borde de la pieza de trabajo y (b) para iniciar inmediatamente, una vez que se establece el arco de plasma, el movimiento lateral de la antorcha de corte.

40

Breve descripción de las figuras

- La Figura 1 muestra una máquina de CN idealizada de ejemplo para corte de plasma de placa plana, en una
- 45 realización.
- La Figura 2 muestra anidamiento de piezas de ejemplo con entradas y salidas tradicionales, una por pieza.
- La Figura 3 muestra anidamiento de piezas de ejemplo que muestran oportunidades añadidas para eliminar perforaciones externas.
- La Figura 4 muestra corte de línea común de ejemplo para un anidamiento de seis rectángulos.
- La Figura 5 muestra corte de línea común de ejemplo con solapamiento parcial casual y piezas no rectangulares.
- 50 La Figura 6 muestra corte común de ejemplo usando el borde y pieza inferior de la placa.
- La Figura 7 muestra círculos de corte comunes de ejemplo con áreas de corte compartidas y el uso de los bordes de placa izquierdo e inferior, en una realización.
- La Figura 8 muestra un anidamiento de corte común de ejemplo con tres formas diferentes y ninguna perforación, en una realización.
- 55 La Figura 9 muestra corte común mezclado de ejemplo con solapamiento de línea recta, solapamiento parcial y solapamiento de punto de toque, en una realización.
- Las Figuras 10A-D muestran una secuencia de ejemplo de corte de una pieza delgada larga de una placa con reinicio en la ruta y corte bidireccional, en una realización.
- La Figura 11 muestra el detalle del área de corte común de la Figura 8.
- 60 La Figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo para corte común de plasma de CN de piezas anidadas no rectangulares, en una realización.
- La Figura 13 es un diagrama de flujo que ilustra un método de anidamiento avanzado de ejemplo para anidar óptimamente piezas en una pieza de trabajo, en una realización.

65 Descripción detallada de las realizaciones

Los sistemas y métodos en el presente documento desvelan cómo pueden anidarse piezas en una placa para dar como resultado corte de las piezas más barato, más rápido, con menos chatarra o desecho usando una máquina de corte de plasma de control numérico (CN). Los términos perfil, ruta y contorno pueden usarse en el presente documento de manera equivalente para significar la colección de líneas y arcos que componen la geometría de límites de pieza tanto externos como internos, donde pueden describirse límites internos como orificios. Normalmente se cierran rutas, ya sean internas o externas. Las rutas internas no cerradas se denominan 'rendijas'. Las rutas externas no cerradas son problemáticas ya que no queda claro dónde existe la pieza hasta que se cierra una ruta. El corte de formas es conocido de manera variable como 'perfilado' o 'contorneado'. La ruta, o ruta de corte, normalmente hace referencia más específicamente al contorno seguido por una máquina de corte, donde se denomina una 'ruta de herramienta' en el lenguaje de CN general. Una pieza consiste en un único perfil exterior y tal vez múltiples orificios en la pieza que se describen como perfiles internos cortados de un bloque, lámina o placa de material, denominado como una pieza de trabajo. El siguiente análisis se refiere únicamente al perfil externo o exterior que contiene cada pieza en el anidamiento de piezas. A menos que un orificio sea lo suficientemente grande para adaptar piezas más pequeñas, no desempeña ninguna pieza en la lógica de anidamiento.

El término "incisión" es una palabra para la anchura del corte para una hoja de sierra para cortar madera. En todos los cortes, esto es una dimensión crítica si las piezas de corte han de tener el tamaño correcto. El término se adoptó por la industria de CN para describir la cantidad mediante la cual ha de desplazarse un corte para dejar las dimensiones de la pieza correctas. Este desplazamiento también, conocido como la incisión, es en la práctica la mitad de la anchura del corte. Para distinguir estos dos, el término radio de incisión se usa en la siguiente descripción cuando se hace referencia a una mitad de la anchura de corte. Cuando se cortan formas, el corte de forma de la pieza de trabajo es igual al tamaño de la forma original más la anchura del corte. Esto puede ser bastante significativo con corte de plasma, donde el corte es como mucho 10 mm para material grueso.

La anchura de corte o incisión es por lo tanto crítica para corte y los cálculos para generar programas de CN que cortan piezas de manera precisa. Cuando se corta una forma, el centro de la antorcha debe programarse para permanecer de manera precisa a una distancia de 'radio de incisión' de la forma deseada de modo que el corte de pieza es el tamaño correcto. Este desplazamiento de la forma deseada al centro de la antorcha es conocido como 'compensación de incisión' y es una de las funciones más demandadas de un control de CN para convertir la forma programada en la forma requerida, particularmente cuando se permite una anchura de corte variable. Como alternativa, la compensación de incisión puede añadirse directamente al programa de CN antes de que se envíe a la máquina de corte de CN. En cualquier caso, para una pieza dimensionalmente correcta, el centro del cortador compensado final debe estar de manera precisa un radio de incisión fuera del contorno exterior de la pieza y un radio de incisión dentro del contorno interno (u orificios) de la pieza.

Obsérvese también que es el material más grueso el que requiere una potencia superior de corte que da como resultado una incisión más grande. Para corte de plasma, la incisión de plasma se encuentra entre 4-10 mm para corrientes de plasma en el intervalo de 50 a 1000 amperios, que corresponden a un intervalo de espesores de corte de aproximadamente 3 mm a 160 mm. Los problemas que se resuelven en las siguientes realizaciones se preocupan del desperdicio en el material de la pieza de trabajo, que es una consecuencia de la incisión muy grande de las máquinas de corte de plasma de CN.

En corte de plasma, se realiza de manera separada un corte a cada pieza creando un orificio de inicio o "perforación" adyacente a la pieza y a continuación continuando para cortar o separar la pieza del material circundante. Sin embargo, hay coste significativo asociado con crear la perforación ya que requiere grandes cantidades de energía y tiempo para perforar el material. Adicionalmente, la perforación es extremadamente destructiva y debe iniciarse a una distancia considerable de la pieza para evitar dañar la pieza, tanto en la forma resultante de la pieza como la metalurgia de la pieza que puede verse afectada por calor durante la perforación.

Como consecuencia del daño resultante de la perforación, las piezas en un anidamiento requieren espaciado adecuado para permitir suficiente margen para que cada perforación evite daño de la pieza. La asignación de este espacio perturba el anidamiento geométrico de las piezas, que da como resultado un desperdicio mayor. Este desperdicio podría eliminarse si las perforaciones de contorno externo fueran innecesarias o provocaran daño reducido.

De manera tradicional, cualquier material se perfora en primer lugar para crear un orificio para una herramienta de corte de borde para funcionar. Raramente es la herramienta de corte adecuada para perforar el mismo material, y por lo tanto se usa a menudo un proceso separado. Por ejemplo, pueden usarse tijeras para cortar tela, pero hacer un orificio con las tijeras es difícil. Típicamente, para cortar múltiples piezas de una lámina o placa, se fabrican múltiples perforaciones. Cada perforación consume tiempo, desperdicio de material y es dañina. La minimización e incluso la eliminación de la necesidad de perforación es un objetivo real debido a los ahorros en tiempo y componentes de plasma. La eliminación total de todas las perforaciones es imposible en muchos casos donde las piezas tienen contornos u orificios internos pero como se describe en el presente documento, el uso de 'oportunidades' creadas reduce el número de perforaciones externas y su tamaño de manera que puede reducirse el daño y en algunos casos eliminarse totalmente.

La expresión "inicio de borde" hace referencia a un corte que empieza directamente desde el borde de una placa. De manera lógica, una perforación crea un orificio y a continuación permite el corte de borde desde ese orificio. Usando un inicio de borde en un borde existente de la pieza de trabajo, se elimina la necesidad de penetrar el material. Por lo tanto, el inicio del borde se considera una técnica de inicio diferente. Sin embargo, en la técnica anterior de corte de plasma, no hay operación de inicio de borde separada de este tipo y todos los inicios de plasma suponen perforación. Para un inicio de borde, antes de mover la antorcha para cortar en el material, el borde del material (metal) debe calentarse a temperatura de quemado o fusión, que requiere tiempo. Aunque esta función está disponible para corte de oxi acetileno, esta función es desconocida en controles de CN para corte de plasma.

El sistema y métodos de las siguientes realizaciones permiten que se corten o separen piezas de su material circundante sin la necesidad o práctica de crear orificios de inicio individuales o piezas para cada pieza.

Ha habido un número de tecnologías anteriores para reducir el número de perforaciones externas. Estas incluyen "corte en cadena", "puenteo", "corte de línea común", "pares de corte comunes" y la creación de "oportunidades" para reutilización como se describe en las patentes referenciadas.

El corte de línea común no reduce el número de perforaciones requeridas, sino que reduce el tiempo de corte total, que era la atracción original en los días de corte de oxi lento donde una placa podría tomar doce horas para cortar. Para completar un perfil, a menudo se requiere una perforación en el contorno de pieza, que daña la pieza. Por lo tanto, hay ganancias y pérdidas. El corte de línea común es ampliamente usado únicamente en países como China, donde el ahorro en material costoso es más importante que el ahorro en tiempo y labor requerida para reparar piezas, molienda después de cortar por ejemplo. La relación de coste-material es por ejemplo diez veces mayor en Asia que en Estados Unidos y Europa.

El corte de línea común tradicional por lo tanto está restringido a líneas paralelas adyacentes, en general de la misma longitud. Un desarrollo de esta idea es cortar únicamente aquellas secciones de líneas donde existe solapamiento ahorrando tanto tiempo de coste como material valioso.

El uso de corte de línea común tiene un número de ahorros adicionales. Como no hay hueco entre piezas, a menudo no hay desperdicio de recogida, tal como en una anidación de rectángulos con líneas de corte comunes. También no hay esqueleto alrededor de las piezas de corte comunes con un coste reducido en manejo ya que a menudo no esqueleto de metal pesado, incómodo y peligroso para levantar o romper.

Sin embargo, a medida que proliferaron las máquinas de corte de placa de CN después de 1980, y de manera masiva después de 2000, el corte de formas complejas se volvió más común que los rectángulos sencillos y hubo menos oportunidades para el corte de línea común, puesto que el corte de línea común tradicional está restringido a líneas rectas. La idea de discos o anillos de corte común es conocida en la técnica y tiene poco sentido en un primer examen. También se consideró imposible ya que sin entradas ni salidas o puentes, el consecuente daño a las piezas haría tal corte inaceptable.

Las realizaciones descritas en el presente documento se aplican y amplían el corte común compartido a solapamientos de línea/arco y arco/arco. Este solapamiento de línea/arco y arco/arco está lejos de ser obvio, es contrario a la práctica común, y es desconocido en la técnica. Los cortes de plasma solapantes también se consideraron que no eran únicamente indeseables sino casi imposibles en la técnica anterior.

Descubrimientos experimentales

Los cortes superpuestos, o cortes de línea común, que implican arcos distintos no se han usado en corte de plasma por dos razones. Puesto que los arcos distintos no pueden ser matemáticamente comunes, no hay ahorros en tiempo de corte, que era la razón tradicional para aplicar corte común. No había tampoco ahorros resultantes en material. En la técnica anterior de corte de plasma hubo muchas razones aceptadas ampliamente de por qué el corte solapado o áreas de incisión compartidas no funcionaron y por lo tanto solaparon y/o nunca se consideraron cortes comunes. Estas razones se refieren a la sabiduría aceptada de las restricciones a corte de plasma que impedían solapamientos, y a cambios significativos necesarios a las antorchas de plasma, fuentes de alimentación asociadas y a los controladores de CN para posibilitar el corte de tales áreas solapadas mientras se minimizaba el daño de la pieza que se esperaba que resultara de un solapamiento de este tipo.

Razones observadas de por qué los cortes de plasma solapados no son posibles

La siguiente lista proporciona las muchas razones por las que los cortes de plasma solapados se consideraron imposibles, no trabajables e indeseables.

Las reglas comúnmente aceptadas en corte de plasma que impiden la compartición o solapamiento de áreas de corte comunes entre piezas adyacentes (se ve mejor en la Figura 8 y Figura 11).

Se garantizaría un daño sustancialmente e inaceptable de la pieza, que desafía el fin total de la producción de

piezas de calidad cortando a partir de la placa.

5 En cortes exteriores, el movimiento de la antorcha típicamente está restringido a hacer o todos los cortes en el sentido de las agujas del reloj o todos en el sentido contrario de las agujas del reloj a través de un anidamiento entero.

Se creía que el chaflán indeseado del corte de plasma era malo en una dirección de corte puesto que los anillos de remolino daban una dirección al gas y creaban una asimetría en el arco de plasma.

10 Por lo que en cortes de plasma, la antorcha se estableció para corte en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario de las agujas del reloj donde la antorcha de corte se mantiene en la izquierda o la derecha de la superficie de corte en todo momento.

15 El corte a la izquierda de la pieza es conocido como incisión izquierda y en la derecha es conocido como incisión derecha. Se creyó que usando la dirección de incisión incorrecta daría como resultado anchura de corte aumentada y por lo tanto produciría el tamaño de pieza incorrecto, y a menudo daría como resultado una pendiente o bisel drástico al borde de la pieza.

20 En la técnica anterior, los cortadores de plasma generales se configuraban para cortar la incisión izquierda excepto en construcción de barcos donde la tradición era incisión derecha por ninguna razón técnica específica.

25 La antorcha de corte debe estar sobre metal no cortado en todo momento. Un intento de cruzar un hueco dará como resultado que la antorcha se salga perdiendo el arco, provocando a su vez gran perturbación ya que el operador tiene que reiniciar el programa, hallar el punto de fallo y a continuación intentar un reinicio del corte. La pieza que se está cortando cuando se extinguió se dañaría y necesitaría cortarse de nuevo en otra anidación más de piezas.

Para iniciar el arco de plasma, la niebla de antorcha debe estar al menos el 50 %-75 % sobre metal y preferentemente completamente sobre metal.

30 Si el arco de plasma va a través de un corte existente, como cuando se cierra un círculo completo, la anchura de corte aumentará drásticamente en las áreas de recorte si la antorcha no se extingue inmediatamente. Este aumento de anchura de corte dañaría la pieza.

35 El arco de plasma no puede iniciar en un corte existente entre dos piezas.

El arco de plasma no puede iniciar cerca de metal a menos que la antorcha esté sustancialmente o completamente sobre el metal. Un ancho de plasma establecido se extinguiría.

40 El arco de plasma no puede iniciar entre dos bordes de un corte existente.

La antorcha de corte debe salir del borde de la pieza al cerrar un contorno de corte para evitar daño sustancial resultante de la anchura de corte aumentada.

45 La antorcha de corte no puede dejar una ruta de corte y volver a lo largo de la misma ruta de corte sin que la antorcha se extinga o sustancialmente dañe la pieza a lo largo de la ruta original en términos de calidad de corte, anchura de corte o bisel.

50 Mantener un hueco entre los cortes crea un esqueleto o malla que puede ayudar a restringir que las piezas se muevan.

Para evitar el movimiento de la pieza, la elección de la posición de inicio era crítica para minimizar el movimiento térmico de la ventaja mecánica de pequeñas tiras que empujarían las piezas alrededor durante el corte, haciendo la forma de corte incorrecta e inaceptable.

55 Una vez que se inicia un perfil de corte, el corte tiene que continuar hasta el cierre.

Como consecuencia de 1.2 y 1.13 no era posible cortar en ambas direcciones en una pieza en secuencia.

60 También como consecuencia de 1.2, 1.13 y 1.16, cortar un perfil podría no detenerse y reiniciarse - el perfil no podría cortarse en secciones.

Una perforación en un borde de la pieza no puede hacerse sin daño sustancial a la pieza.

65 La compensación de incisión generada de la máquina tradicional produjo interpenetración de corte entre piezas adyacentes, donde la pieza estaba nominalmente a un hueco preciso de la otra pero se sobrecortaría aún por la pieza compensada de incisión habitual donde colisionan las esquinas agudas.

Por lo tanto, de acuerdo con estas opiniones, el anidamiento solapado de formas para usar líneas comunes se consideró totalmente no trabajable e inaceptable para cualquier forma de corte de plasma común.

5 **Descubrimiento de posibilidades de corte de plasma**

Los siguientes descubrimientos están basados en observaciones experimentales con una antorcha de plasma, fuente de alimentación de plasma y un control de CN único basándose en un programa de sistema de CN de control de movimiento. Estas observaciones forman la base de las realizaciones descritas en el presente documento que permiten corte compartido entre formas adyacentes.

En vista de las razones anteriormente enumeradas, se ha determinado que se cumplen los siguientes descubrimientos importantes. En muchos casos, el daño de pieza indicado por la técnica anterior no tiene lugar cuando se inicia un arco entre dos bordes de un corte existente. Cuando se implementan ciertas realizaciones descritas en el presente documento, es posible que ya no se requiera el corte tradicional con entradas y salidas y puedan conseguirse enormes ahorros sin pérdida de calidad de la pieza, y tal vez incluso con calidad de pieza mejorada.

La siguiente lista resume las posibilidades descubiertas con corte de arco de plasma.

Los experimentos mostraron que no hay necesidad de restringir el corte a únicamente formato en el sentido de las agujas del reloj o en el sentido contrario de el de las agujas del reloj.

Los anillos de remolino ya no parece que se usen.

Si se cambia el desplazamiento de incisión según se requiera, de izquierda a derecha, ya no hay razón para restringir el corte.

Los experimentos mostraron que no hay aumento en anchura de corte, el tamaño de pieza permanece casi constante y hay una reducción en el bisel.

Esta restricción a incisión de izquierda o derecha puede aplicarse a generaciones anteriores de antorchas de plasmas y es parte de conocimiento recibido y conocido, pero ya no se cumple.

Los experimentos indican que la antorcha de corte puede cruzar un hueco sin que la antorcha se salga, siempre que al menos el borde del arco de plasma (llama) esté en metal.

Los experimentos indican que el arco de plasma puede iniciarse de manera precisa adyacente a metal virtualmente sin solapamiento. Esto tiene enormes implicaciones en inicios de borde para círculos.

La anchura de corte no aumenta. Los experimentos indican que la antorcha de corte puede viajar de manera sin fin alrededor de un contorno externo o un orificio interno, incluso si únicamente permanece el metal en un lado del corte, tal como cuando una bala cae fuera de un orificio de corte.

El arco de plasma puede iniciarse en un hueco entre dos piezas y continuar cortando instantáneamente. De hecho es imperativo que el corte se inicie inmediatamente para evitar el daño de arco a las dos piezas. (Véanse los cambios propuestos más adelante a códigos M en controles de CN)

Un arco de plasma puede iniciar adyacente a metal.

De manera similar, un arco de plasma puede iniciar entre dos bordes de corte previos, permitiendo que se continúe un corte previo sin dañar cualquier pieza.

La antorcha de corte no necesita salir de la ruta del corte en absoluto. El arco puede continuar indefinidamente en una ruta de corte previa. De manera más crítica, es importante evitar el punto estacionario típico de la antorcha donde el arco se apaga (véanse los cambios a los códigos M en controles de CN).

Los experimentos indican que la antorcha puede volver de manera repetitiva a un corte existente, recortar una ruta existente y puede continuar sin que se extinga la antorcha y sin daño significativo a cualquier pieza. La anchura y bisel de corte no aumentan y de hecho el bisel a menudo se reduce eliminando el metal previamente fundido del corte.

Un esqueleto no restringe piezas de manera adecuadamente en corte de plasma. De hecho son las piezas delgadas del esqueleto las que provocan el movimiento creando grandes fuerzas únicamente en un lado de una tira delgada que se calienta a alta temperatura. La desviación de tira no unida en un extremo puede mostrarse que es L^2/W donde L es la longitud de la tira y W es el espesor. Para las realizaciones descritas, no hay esqueleto. Es conocido

que es importante descomponer el esqueleto in situ no únicamente para evitar el movimiento térmico sino también para ayudar a descargar la máquina y a reducir cualquier necesidad de intervención manual peligrosa.

5 El punto de inicio es aún importante al minimizar el movimiento. La herramienta adicional posible de 2.2 es que la antorcha de corte puede cortar en ambas direcciones. Además como consecuencia de 2.3 a 2.10, es posible cortar una pieza en múltiples secciones, equilibrando entre las direcciones de corte en el sentido de las agujas del reloj (CW) y en el sentido contrario de el de las agujas del reloj (CCW) y reiniciar de manera precisa de modo que no haya daño (véanse los cambios propuestos más adelante a los códigos M en los controles de CN N.º 1)

10 El corte de un perfil puede detenerse e iniciarse múltiples veces. El uso más grande de esto es contrarrestar el movimiento térmico.

Como se indica en 2.2 anterior, puesto que la antorcha de corte puede cruzar a través de un hueco sin que se salga la antorcha, siempre que al menos el borde del arco de plasma (llama) esté en metal, la restricción de la regla 1.14 anterior no se aplica y es posible cortar en ambas direcciones en la pieza en secuencia.

Como en 2.12, el corte en múltiples secciones no es posible, pero aconsejable en algunos casos.

20 El inicio en un borde es bastante menos dañino que lo esperado y en principio puede no dañar piezas en absoluto. El daño se reduce enormemente si ya existe un orificio y si se realizan los cambios propuestos al control de CN, puede dar como resultado ningún daño en absoluto.

25 Se propone que se realice la compensación de incisión por software externo y no exclusivamente por controles de CN. Parcialmente debido a la razón 1.1, muchos controles de CN más antiguos no permiten cambios de incisión (por ejemplo, de izquierda a derecha) durante la ejecución de un programa de CN. Además estos controles de CN más antiguos usan un tipo inaceptable de construcción matemática, incluso en esquinas sencillas, produciendo una esquina puntiaguda que puede cortarse en piezas adyacentes.

Anidamiento y generación de código de CN

30 El anidamiento de geometrías de pieza para usar la mínima cantidad de pieza de trabajo para generar las piezas requeridas es bien conocido. Sin embargo, como consecuencia de los descubrimientos y conclusiones anteriormente descritos, las realizaciones desveladas en el presente documento presentan una manera completamente nueva para usar una máquina de corte de plasma de CN para cortar piezas anidadas en una placa usando conceptos de corte
35 común en piezas no lineales tales como discos y tales piezas donde no se previó realmente que solaparan las líneas comunes en la técnica anterior.

Es crítico conocer la incisión precisa de la antorcha de corte cuando se genera el programa de CN. Una vez que se conoce la incisión, el software de anidamiento, que se ejecuta en un ordenador que tiene un procesador y una
40 memoria, puede colocar de manera precisa las piezas a una anchura de corte o distancia de incisión alejadas. En la técnica anterior, las piezas con siluetas comunes se colocaban con una separación igual a la anchura de corte. Los sistemas de la técnica anterior a continuación espaciaban otras piezas de manera más convencional con un hueco de pieza a pieza que es al menos dos veces la anchura de corte más una separación arbitraria adicional. En
45 contraste, usando las realizaciones desveladas en el presente documento, todas las piezas necesitan separarse únicamente por la anchura de corte, de manera que el corte solapa en puntos donde las piezas están dentro de una anchura de incisión entre sí.

En la técnica anterior, cuando se desee el uso de los bordes de placa, las piezas que sobresalen a los bordes izquierdo y derecho de la pieza de trabajo se colocaban a un radio de incisión lejos del borde y a menudo mucho
50 más.

Cuando se usa el sistema y método de la realización desvelada en el presente documento, si es posible y de manera adicional, el corte de la anidación debería comenzar desde los mismos bordes izquierdo o inferior. Si esto no es posible, puede usarse una perforación y entrada tradicional. Posteriormente, el objetivo es evitar la perforación de
55 nuevo haciendo uso de la ruta de corte de cualquier pieza de corte previa para iniciar el corte del límite externo de otra pieza. Los orificios internos en las piezas pueden cortarse convencionalmente excepto que únicamente se requiere una perforación para formar el orificio, incluso cuando han de cortarse piezas adicionales del material eliminado de ese orificio.

60 El corte puede reiniciarse en un corte existente sin daño significativo. Esto puede hacerse para continuar un corte después de la detención o para iniciar el corte de una pieza adjunta con una ruta de corte solapante.

Se ha observado que el arco de plasma puede iniciarse con la antorcha situada ligeramente fuera de la misma placa, tal como cuando la antorcha se coloca al lado de la placa e inmediatamente cerca del borde de la placa. Si el tipo de
65 antorcha de plasma que se está usando no puede iniciarse en el borde de la placa, el mismo borde de la placa no puede incorporarse en las formas de la pieza cortada.

Cuando se detiene el arco de plasma a medio corte, por cualquiera de un número de razones, se recupera la posición de la antorcha de manera que la antorcha puede volver a esta posición y reiniciar el corte.

5 Si fuera necesario, la antorcha de plasma puede continuar cortando a lo largo de los contornos de corte previamente existentes, aunque esto sería un desperdicio de tiempo. A menos que la distancia sea corta, se preferiría detener el arco de plasma, mover la antorcha a la posición deseada del contorno precortado, reiniciar el arco de plasma y continuar cortando.

10 En realizaciones desveladas en el presente documento, no hay necesidad de usar 'salidas' convencionales que son desviaciones de la antorcha de corte lejos de la línea de corte para evitar el daño a la pieza cuando se detiene el arco de plasma de la antorcha. No únicamente estas salidas son innecesarias, en una anidación apretada puede haber insuficiente margen para tales salidas, o en su lugar, la inclusión de tales salidas evitaría la anidación eficaz de piezas.

15 Los inicios tradicionales o "entradas" pueden aún usarse en las realizaciones desveladas. Estas entradas pueden incluir una perforación completa del material, creando un daño de placa real a distancia del contorno o pieza deseados. Estas entradas tradicionales deberían evitarse cuando fuera posible, pero son evidentemente necesarias para formar orificios en piezas y donde las piezas están completamente aisladas y no tocan otras piezas.

20 Usando los métodos anteriores, además de ahorros de placa, que pueden alcanzar el 20 %, la reducción de chatarra, manejo, consumibles, tiempo de máquina y tiempo de servicio de máquina, existe aún el problema de que las combinaciones de control de CN convencional y plasma dejarán grandes orificios en el contorno de pieza, algo que es inaceptable en algunos mercados. Ciertas realizaciones desveladas en el presente documento incluyen cambios al mismo control de CN para reducir tal daño a no más del daño de entrada y salida convencional y tal vez menos. Además, el movimiento de pieza de errores térmicamente inducidos puede casi eliminarse por corte de incisión dual.

Cambios a la operación de plasma

30 Para obtener la máxima ventaja del sistema y métodos de las realizaciones desveladas en el presente documento, o en algunos casos incluso para poder implementar estas realizaciones, pueden ser necesarios cambios a la mayoría de las operaciones de antorcha de plasma comunes, electrónica y temporizadores. Algunas antorchas de plasma existentes pueden no ser adecuadas para su uso con las realizaciones desveladas. En primer lugar, en el caso de que se extinga la antorcha sin suficiente causa, la perturbación a las operaciones puede ser tan grave que el corte de incisión común sea no trabajable. En segundo lugar, incluso si la antorcha continúa operando, a menos que el cliente final esté preparado para aceptar cualquier daño provocado en la finalización de un contorno cerrado, los resultados pueden ser inaceptables.

40 La experiencia indica que el daño provocado por la antorcha no tiene nada que hacer con entradas y salidas y la geometría, como se creía comúnmente en la técnica anterior, como se explicará a continuación. En la técnica anterior de corte de plasma, el arco de plasma se extinguió para evitar daño a la antorcha, tal como cuando se determinó que la antorcha no estaba sobre metal. Por lo tanto, para implementar los métodos de las realizaciones desveladas en el presente documento, es importante evitar apagar la antorcha completamente como una medida de emergencia para proteger la antorcha. Esta modificación soporta la idea principal de iniciar el arco de plasma con la antorcha situada cerca de la placa y en huecos formados por cortes previos, y de continuar el movimiento de la antorcha a lo largo de rutas de precorte mientras el arco de plasma está activo.

Cambios a la operación de control de CN

50 El cambio a la operación del control de CN es en general necesario para permitir la operación de un nuevo código de CN y para implementar un nuevo enfoque a corte de plasma con contornos completos de alta calidad sin entradas y salidas tradicionales. En el mundo moderno, un control de CN especializado es simplemente un ordenador personal comercial que ejecuta software y, en su forma más sencilla, comunica con cableado de tipo de Internet a los dispositivos. Dentro de este control de CN moderno hay un software equivalente al PLC, el Controlador de Lógica Programable. Entre otros, esto se requiere para controlar el movimiento de la máquina y las funciones de encendido/apagado discretas. Estas funciones de encendido/apagado se controlan por funciones misceláneas en el lenguaje de CN conocido como códigos M.

60 El primer cambio es añadir un nuevo código M de inicio de borde (véase el inicio de borde 172 de la Figura 1, descrita a continuación) para forzar la máquina de corte de plasma de CN para iniciar el movimiento de la antorcha inmediatamente cuando la antorcha de plasma señala que se establece el arco de plasma. Esto es para distinguir un inicio de borde del inicio de perforación por defecto. En este nuevo código M de inicio de borde, la antorcha de corte se enciende mientras se sitúa fuera y adyacente al borde de la pieza de trabajo e inicia inmediatamente el movimiento lateral (por ejemplo, movimiento en el plano X - Y de la máquina de corte de CN) cuando se establece el arco de plasma, como se indica por una señal de la antorcha de corte. El fallo al mover la antorcha de corte

inmediatamente cuando se establece el arco de plasma deja marcas innecesarias en el inicio del contorno de pieza. Este tipo de código M es desconocido en controladores de plasma actuales. Este requisito no se ha implementado por ningún fabricante de control de CN conocido.

- 5 De manera similar, para implementar un inicio de hueco, puede crearse un código M (véase el inicio de código 174 de la Figura 1, como se describe a continuación) para permitir que se encienda la antorcha de mientras se mueve (es decir, sin detener el movimiento lateral de la antorcha como se hace en la técnica anterior). Esto permite que se mueva la antorcha de corte a lo largo de una ruta de corte previa mientras se enciende el arco de plasma sin daño a bordes formados por el corte previo. Además, para implementar estos inicios de borde e inicios de hueco, los
- 10 códigos M no usan o requieren el movimiento vertical común (es decir, en la dirección Z de la máquina de corte de CN) de la antorcha de corte como se usa cuando se enciende el arco de plasma en la técnica anterior.

El siguiente cambio es modificar el comportamiento del controlador de movimiento de modo que cuando se apaga la antorcha, el controlador de movimiento no detiene todo el movimiento lateral de la antorcha de corte, que crearía una

15 área dañada. Incluso si no se especifica, la mayoría de los controles de CN detienen el movimiento de la antorcha para procesar un código M para su finalización. Mientras se elaboran construcciones matemáticas de entrada y salida que se han observado durante 30 años, hace poco se ha resuelto el problema de daño de entrada. Este comportamiento desconocido, inesperado y enormemente indocumentado ha sido la causa principal de daño a piezas en un punto donde se cierra el contorno (por ejemplo, el punto de entrada y salida). Este daño puede evitarse cambiando el control de CN (véase el movimiento apagado 176 de la Figura 1, descrito a continuación) de manera que cuando se apaga la antorcha, la antorcha se mantiene moviendo de manera fija a lo largo de una ruta de corte anterior hasta que se extingue el arco de plasma. Usando esta funcionalidad nuevamente añadida, la salida tradicional es innecesaria.

25 Muchos generadores de programa de CN han intentado apagar la antorcha inmediatamente antes del cierre de la ruta de corte que sirve la pieza y han continuado el movimiento de la antorcha a lo largo de la ruta de corte o a lo largo de un contorno de salida lejos de la ruta de corte. Sin embargo, esto generalmente no es suficiente para evitar daño a la pieza en este punto.

30 Un problema común y tal vez universal es que el control de CN convencional típicamente detiene la antorcha después de cada movimiento a menos que haya una acción denominada 'mirar adelante' que permite que la ruta continúe de manera suave, como un coche que viaja de manera suave alrededor de una esquina en lugar de detenerse en cada esquina. Esta función 'mirar adelante' opcional de software de control de CN, sin embargo, no es suficiente para evitar el daño en el punto de cierre. Desafortunadamente, una característica a menudo

35 indocumentada de controles de CN es que el uso de un código de miscelánea o código 'M', tal como el usado para apagar la antorcha, también detiene esta característica de 'mirar adelante', que fuerza una detención inintencionada y no notificada momentánea en el movimiento de la antorcha en el punto donde se apaga la antorcha y hasta que la función de apagado de la antorcha está completa. Esto es seguido a continuación por el movimiento de salida programado, que no tiene el efecto deseado, puesto que la antorcha ya está apagada y el daño ya ha sido

40 provocado.

Por experimentación, se ha hallado que cuando se usa software único en el control de CN, cuando se puso el comando M de apagado de la antorcha en la misma línea de comando de programa de CN física como la geometría de movimiento de salida, la antorcha de la máquina de corte de plasma de CN no se detuvo por completo. Una

45 construcción de línea de comando de este tipo informa al control de CN que el código M de apagado de la antorcha y el movimiento de salida tuvieron que realizarse simultáneamente, no secuencialmente.

Los controles de CN de la técnica anterior tienen restricciones adicionales que se refieren a incisión. Por ejemplo, algunos controles de CN de la técnica anterior requieren que manejen la incisión, algún uso del tipo incorrecto de las

50 esquinas para corte de incisión común, y algunos requieren la anidación entera que sea de un tipo de incisión, es decir incisión izquierda, y de esta manera imposibilitar el uso de múltiples operaciones de incisión. En las realizaciones desveladas, se espera en general que se calcule la compensación de incisión por el generador de programa de CN, puesto que el tipo óptimo de esquina requerida puede generarse únicamente con el conocimiento completo del tipo de anidación. También, la cantidad de hueco entre piezas en la anidación requiere claramente

55 conocimiento de la anchura de corte exacta. Los cambios habituales a este hueco por los operadores para compensar el desgaste de consumible de la antorcha no son posibles en la técnica anterior.

Las realizaciones desveladas son una combinación de matemáticas, software informático y entendimiento del comportamiento del acero, corte de plasma y fuentes de alimentación, y controles de CN, para generar un programa

60 de CN que realiza todos los conceptos de las realizaciones como se explica a continuación por referencia a las figuras presentadas.

La Figura 1 muestra una máquina de corte de plasma de CN 140 de dos ejes idealizada ejemplar. La máquina 140 se muestra con una antorcha de corte de plasma 120 y controladores 142 asociados. Para los fines en el presente

65 documento, la máquina 140 tiene dos ejes de movimiento, una dirección X a lo largo de la máquina y hasta una pieza de trabajo 100 y una dirección Y a través de un pórtico (no mostrado). El movimiento en la dirección Z se usa

para reducir la antorcha para el corte y para elevar la antorcha cuando no se está cortando. En una realización, la máquina 140 puede incluir una cabeza de bisel de pantógrafo y caja de accionamiento para mover la antorcha en los ejes Z, A, y C. Una pieza de trabajo 100 a cortarse descansa en la cama de corte de la máquina 140. Para el fin de simplificar la siguiente explicación, la antorcha 120 se mantiene vertical en todo momento, se baja para corte y se eleva cuando no está cortando; los ejes de movimiento utilizados en programación de CN por lo tanto están simplificados a únicamente X e Y.

La máquina 140 opera para cortar formas/piezas 110 de la pieza de trabajo 100. Esto dejará un esqueleto y piezas 110 que se asientan en la cama de la máquina para su retirada. La pieza de trabajo se sustituye para el siguiente trabajo. Estas máquinas sencillas son ahora prolíficas desde que China empezó a fabricar en 1990 y ahora produce alrededor de 10.000 de tales máquinas al año para una población mundial de alrededor de 300.000 máquinas de corte de placa y lámina. Los procesos de corte de placa de dos ejes incluyen oxi acetileno, plasma, inyección de agua y láser. Las realizaciones descritas en el presente documento son específicas para las máquinas de corte de plasma de CN cada vez más conocidas aunque pueden aplicarse muchos de los principios a corte de oxi acetileno también.

El movimiento de la antorcha en los ejes X, Y se alimenta por servo motores para posicionamiento preciso. Estos se controlan a su vez por los "controladores" digitales o analógicos nombrados apropiadamente y se muestran de manera ilustrativa como los controladores 142. Estos se ordenan por un control numérico 135, que se implementa típicamente como un ordenador personal convencional. En 1970, los controles de CN eran dispositivos informáticos diseñados específicamente aunque estos son virtualmente desconocidos en el contexto moderno, aunque los ordenadores modernos a menudo están empaquetados para parecer como los dispositivos diseñados específicamente antiguos. La mayoría de los controles de CN han estado basados en PC desde 2000. La pieza de trabajo 100 se corta en piezas 110 como se muestra en más detalle en la Figura 2.

Una idea principal de esta divulgación está basada acerca de la generación de un programa de CN 136 (por ejemplo, por el generador de programa de CN 138) que dirige la máquina de corte 140. El programa de CN 136 se lee y entiende por el programa de control de CN 137 del control numérico 135. El programa de CN 136 es una serie legible por humanos de movimientos geométricos (códigos G) que controlan el movimiento de la antorcha 120 de la máquina de corte de plasma de CN 140 y las funciones de miscelánea (códigos M) que encienden y apagan componentes (por ejemplo, el arco de la antorcha 120) de la máquina de corte de plasma de CN 140.

El programa de CN 136 se crea por el generador de programa de CN 138 que puede operar en el control de CN 135 o en cualquier otro ordenador. El generador de programa de CN 138 implementa ciertas realizaciones descritas en el presente documento para generar el programa de CN 136 para su ejecución por el programa de control de CN 137 del control de CN 135 para controlar el movimiento de la antorcha 120 de la máquina de corte de plasma de CN 140 para cortar piezas 110 de la pieza de trabajo 100. Más particularmente, el generador de programa de CN 138 utiliza la geometría de una pluralidad de piezas 110 para generar una anidación 139 de las piezas, y a continuación genera el programa de CN 136 de manera que cuando se ejecutan por el programa de control de CN 137 del control de CN 135, el programa de CN 136 controla la máquina de corte de plasma de CN 140 para cortar las piezas de la pieza de trabajo 100.

En la operación, se ejecuta el programa de CN 136 (es decir, se lee y sigue) por el programa de control de CN 137 en el control de CN 135 para dirigir todos los movimientos geométricos de la máquina de corte de plasma de CN 140 en los ejes X, Y a través de los controladores 142 que controlan los servo motores para realizar los movimientos. El programa de CN 136 contiene información para controlar y dirigir la máquina 140 y de manera más importante incluye información para encender y apagar la antorcha de plasma 120 según se requiera.

El generador de programa de CN 138 genera la anidación 139 para aumentar la utilización de pieza de trabajo drásticamente situando contornos de piezas 110 para usar solapamientos de ruta de corte entre piezas adyacentes. La ganancia en productividad por esta optimización de anidación en solitario es adecuada para algunos mercados donde la calidad de la pieza es menos importante que la utilización de placa. Para mercados donde la placa es relativamente barata y la calidad de la pieza es una alta prioridad, las mejoras a los comandos de miscelánea o M implementados por el programa de control de CN 137 en el control de CN 135 y usados por el programa de CN 136 eliminan áreas de daño, específicamente en las localizaciones donde se enciende y apaga la antorcha. En ciertos casos, puede requerirse también un cambio al suministro de plasma (no mostrado) que alimenta la antorcha 120. Los cambios propuestos a los códigos M se entienden por un experto en la materia, pero el impacto y necesidad de estos cambios nunca se ha establecido previamente. No son necesarios cambios a la antorcha de plasma 120 ni fuente de alimentación de plasma asociada para una marca de antorcha común, como se usa en pruebas, aunque pueden requerirse cambios a otros proveedores de plasma actuales.

Como se muestra en la Figura 1, el programa de control de CN 137 del controlador numérico 135 se mejora añadiendo nuevos códigos M 170 que incluyen un código M de inicio de borde 172, un código M de inicio de hueco 174, y un código M de apagado de movimiento 176. Como se ha descrito anteriormente, el código M de inicio de borde 172 inicia la antorcha de corte 120 mientras se sitúa apagada y adyacente al borde de la pieza de trabajo e inicia inmediatamente movimiento lateral (por ejemplo, movimiento en el plano formado por los ejes X-Y de la

máquina de corte de CN 140) cuando se establece el arco de plasma, como se indica por una señal de la antorcha de corte 120, para evitar daño/marcas innecesarias en el inicio del contorno de pieza. El código M de inicio de hueco 174 permite que la máquina de corte 120 se mueva a lo largo de una ruta de corte anterior mientras se enciende el arco de plasma para evitar el daño a los bordes formados por el corte anterior. El código M de apagado de movimiento 176 no detiene todo el movimiento lateral de la antorcha de corte 120 cuando se está extinguiendo el arco, evitando de esta manera un área dañada como se provoca por un arco estacionario.

Estos nuevos códigos M 170 añaden nuevas capacidades al control numérico 135 que pueden invocarse del programa de CN 136. Es decir, el programa de CN 136 puede generarse por el generador de programa de CN 138 para incluir nuevos códigos M 170 para mejorar la calidad de pieza cortada y eficacia de anidamiento cuando se cortan piezas 110 de la pieza de trabajo 100.

La Figura 2 muestra nueve piezas requeridas 255, 260, 265, 270, 275, 285, 295, 280, 290 en una pieza de trabajo 240. Este conjunto de piezas en una placa es conocido como una anidación. De manera tradicional, el proceso de corte de plasma, y de hecho la mayoría de los procesos de corte, requieren perforación de la placa 240 para cada parte. Esto se hace por un número de razones, la más importante de las cuales es mantener las piezas geométricamente separadas en la matriz o esqueleto remanente de modo que no se afectan entre sí y de manera que el corte de una pieza no dañe piezas vecinas. Como se ha indicado anteriormente, el proceso de perforación es mucho más dañino que el proceso de corte, dejando orificios grandes a medida que el material se despegue para conseguir penetración antes de cortar la forma. Por lo tanto, la distancia de la perforación desde la forma deseada a menudo es igual al espesor del material y puede ser bastante grande, es decir 50 mm. Otra razón para perforaciones individuales es evitar o minimizar el movimiento térmico manteniendo el esqueleto intacto como un límite en movimiento de la pieza bajo calor. La antorcha alcanza 10.000 °C para fundir el material de placa, y por lo tanto el borde del corte también alcanza altas temperaturas, que provoca expansión térmica.

Para cada entrada, normalmente hay un movimiento de salida conocido como una 'salida'. La salida permite que la antorcha se mueva lejos del contorno de pieza para evitar el daño a la pieza por la antorcha cuando la pieza se separa de la placa. La Figura 2 muestra las nueve piezas 255, 260, 265, 270, 275, 285, 295, 280, 290 cada una con correspondientes pares hipotéticos de entradas y salidas como 256, 262, 257, 287, 292, 297, 277, 282, 272, respectivamente.

Como se ha indicado anteriormente, la perforación es un gran desperdicio en muchas maneras. Incluso en el proceso de plasma rápido puede tomar de 2 a 15 segundos conseguir la penetración. La perforación también da como resultado una explosión de metal fundido de vuelta a la antorcha, que es la razón más grande sencilla para tener que sustituir de manera regular componentes de antorcha - conocido en consecuencia como consumibles. En los Estados Unidos, una única antorcha típicamente requiere 20.000 \$ de consumibles cada año. Una única perforación de plasma se ha estimado que cuesta 2 \$.

Resulta un coste incluso mucho más grande del desperdicio de material entre piezas. En la técnica anterior, los patrones de anidación altamente eficaces de manera potencial se perturban geométricamente por las entradas y salidas requeridas que fuerzan espaciado adicional entre las piezas, desperdiciando de esta manera más placa. La lógica detrás de la posición y forma ideal de entradas y salidas ha desconcertado, entretenido y costó a la industria durante décadas, ya que varios fabricantes, proveedores de software y exponentes discuten sobre la forma y lógica ideal. Las realizaciones descritas en el presente documento desvelan nuevos conceptos: el 'inicio de borde' (véase el código M de inicio de borde 172) y el 'inicio de hueco' (véase el código M de inicio de hueco 174). Los ahorros consecuentes en consumibles, tiempo de corte, material, reducción de la chatarra, y manejo son potencialmente inmensos del 4 % al 20 % de todas las placas y en ocasiones el 50 % de los consumibles y el 50 % de tiempo de corte.

Se han adoptado diversas técnicas con el tiempo para reducir la necesidad de perforar, que incluye corte común, puenteo, puenteo negativo, piezas de corte común emparejado y más.

En escala, el acero es aproximadamente 600 \$ de Estados Unidos cada tonelada. Una máquina de corte de CN a tiempo completo típica puede cortar tres toneladas de acero al día y por lo tanto 750 toneladas al año, es decir 450.000 \$. Un ahorro del 4 % al 20 % en placa producirá un ahorro de 18.000 \$ a 90.000 \$ en costes de material en solitario. El equilibrio en ahorros de coste cambia de país a país, pero como una comodidad mundial, los ahorros de acero es de lejos la prioridad superior en otros países donde los salarios son bastante inferiores.

Los sistemas de software de anidación automática se han producido tal vez por doscientas compañías, pero no pueden mejorar la eficacia de anidación pasado un cierto punto. Las realizaciones desveladas en el presente documento pueden tomar cualquier anidación dada de piezas, sin importar cómo se produjera, y mejoran la utilización de placa drástica y potencialmente sin pérdida de calidad de la pieza.

La Figura 3 muestra una solución ejemplar que implica la creación de bocallaves u 'oportunidades' mientras se corta como una solución para eliminación de la mayoría de las perforaciones externas. Sin embargo, estas soluciones aún están basadas en un número de ideas antiguas. En particular, la idea de iniciar un corte en el borde de la misma

pieza se ejecuta debido a la expectativa, y experiencia, de daño de pieza que resulta de la misma. En las realizaciones desveladas en el presente documento, se usan inicios de borde y, con los cambios propuestos al plasma y a la lógica de control de CN, la calidad de piezas de corte igualan o superan la calidad obtenida por corte tradicional con entradas y salidas. Incluso sin las mejoras propuestas al plasma y a la lógica de control de CN, el daño a las piezas es una decisión comercial y puede ser aceptable.

Específicamente en la Figura 3, las piezas 310, 315, 320, 325, 330, 335, 340, 345, 350 han de cortarse de la placa 302. Obsérvese que para el fin de análisis, las piezas se muestran sin orificios. La anidación es aproximadamente el perfil exterior generalmente a menos que un orificio en una pieza sea lo suficientemente grande para adaptar otra pieza, e incluso entonces se aplican las mismas reglas.

En el ejemplo de la Figura 3, se genera un programa de CN y el corte se inicia del borde en 355. La antorcha se controla a continuación, por el programa de CN, para cortar el rectángulo 310, realizando un circuito en el sentido de las agujas del reloj alrededor de la pieza (como se indica por las flechas 360 y 365) y cortar una oportunidad 312 (un orificio conformado), evitando cuidadosamente dejar la pieza completamente y reanudando el corte de manera suave sin dejar una marca en la pieza cerca de la oportunidad 312.

Tras finalizar el corte de la pieza 310, la antorcha se apaga y se mueve (indicado por la línea discontinua 370) a la oportunidad 312. La pieza 315 se corta a continuación iniciando la antorcha en el borde de la oportunidad 312 (lejos de la pieza 310) y se corta la pieza 315, creando esta vez dos oportunidades adicionales 317 y 319. Es decir, el programa de CN se genera para crear oportunidades 312, 317, y 319 para posibilitar que se corten las piezas sin la necesidad de perforar la pieza de trabajo 302. A su vez, las oportunidades 317 y 319 se usan para cortar piezas 320 y 330. Y así sucesivamente, evitando cualquier perforación en absoluto. Como se muestra en la Figura 3, la anidación completa de las piezas puede cortarse sin antorcha que dañe ni placa que consuma perforaciones. Hay otras consideraciones en la colocación de las oportunidades y la dirección del corte. Sin embargo, el asunto primordial en este punto era eliminar perforaciones sin consumir placa adicional más allá de la separación mínima entre las piezas. Esto permite la anidación sin entradas y salidas y la situación de las entradas y salidas cuando sea posible después de la anidación, ya que la distancia tomada por las oportunidades es típicamente 2 x anchura de corte y no el espesor de la placa.

La Figura 4 muestra el corte de línea común ejemplar para una anidación de seis rectángulos. La placa 499 ha de cortarse para producir seis rectángulos idénticos 420, 430, 440, 450, 460, 470. Podría haber un ahorro sobresaliendo estos rectángulos perfectamente separados de manera precisa la anchura del corte de modo que comparten bordes de corte común 403, 404, 412, 413, 423, 442, y 433, que únicamente han de cortarse una vez. Esto ahorra evidentemente tiempo y material, con el coste de típicamente tener que reiniciarse en el borde de la placa con daño consecuente. Sin la tecnología de inicio de borde, esto requerirá una perforación completa y de daño pero en algunas aplicaciones tales como reposapiés, esto no importa excepto estéticamente. Esto es una decisión comercial.

En el ejemplo de la Figura 4, obsérvese que no se usa el borde de la placa 499, típicamente debido a que el cliente no aceptará el borde de placa como borde de pieza, aunque esto es una variación explorada más tarde para ahorrar incluso más tiempo y material.

En líneas de corte comunes, el corte de la placa 499 se inicia en 400 y continúa con el corte de los bordes 401, 402, 403, 404 para completar la pieza 420 con cuatro lados. Se cortan a continuación continuando con los bordes 411, 412 y 413, que libera la segunda pieza 430 con cortes únicamente a tres lados. Empezando en el borde 421 en una dirección en el sentido de las agujas del reloj, el corte de bordes 422 y 423 libera la tercera pieza 440. De manera similar, empezando en los bordes 431, 432, 433, el corte libera la cuarta pieza 450 con cortes a tres bordes del rectángulo. Para cortar la pieza 460 requiere el corte de únicamente dos bordes 441 a 442, un rectángulo de dos lados, y de manera similar con la pieza 470.

La dirección de corte puede variarse para minimizar el movimiento de calor. Por lo que tenemos dos cortes en el sentido de las agujas del reloj y cuatro en el sentido contrario al de las agujas del reloj. Como se ha explicado anteriormente, esto se espera que degrade adicionalmente la calidad de la pieza ya que la mayoría de las máquinas de plasma se configuran para cortar en únicamente una dirección.

Por lo que se han formado un total de 6 cuadrados cortando un total de $4+3+3+3+2+2 = 17$ bordes en lugar de 24 bordes, un ahorro sustancial del 30 % de tiempo de corte y tal vez un 10-20 % adicional de material dependiendo de la relación de anchura de corte y espaciado de la pieza al tamaño de pieza en una anidación tradicional tal como se muestra en la Figura 2.

Las columnas adicionales aumentarían los ahorros y podría cortarse un gran número de tales formas con un ahorro de corte total que se acerca al 50 %. Una técnica alternativa es programar los cortes horizontales y verticales en barridos, pero esto se hace raramente debido al movimiento grande potencial entre pasadas.

Las ideas de corte comunes pueden extenderse a áreas donde el ahorro total en tiempo de corte es menos significativo, o cero, pero donde hay un ahorro en material. La Figura 5 muestra corte de línea común ejemplar con

solapamiento parcial casual y piezas no rectangulares. La Figura 5 ilustra las rutas de corte de antorcha y bordes de pieza que no se dibujan por claridad de ilustración.

El corte se inicia en 501 y el corte continúa en el sentido contrario de las agujas del reloj para liberar la primera pieza 510. Para la segunda pieza 520, se requiere un inicio de borde en 530 y el corte continúa en el sentido de las agujas del reloj, finalizando en 540, puesto que el borde 550 ya está cortado. Los ahorros en este punto están bastante lejos en tiempo y son altamente variable dependiendo de la cantidad de solapamiento parcial. Determinar el solapamiento parcial, incluso para lados rectos, hace análisis complejo. En la técnica anterior, el inicio de borde requerido para cortar la segunda pieza 520 eleva el espectro del daño de pieza indeseable. En la técnica anterior, cambiar la dirección de corte también se considera para producir variaciones inaceptables en calidad y tamaño de pieza, por lo que este tipo de corte no está observado. Con las realizaciones descritas en el presente documento, cambiar la dirección de corte e inicio de borde ya no es una preocupación o elemento disuasorio de corte de piezas con solapamiento parcial como se muestra en la Figura 5.

La Figura 6 muestra una variación en la anidación de corte común clásico. Se diferencia en únicamente un aspecto, se usan los bordes inferior e izquierdo recto de la placa 600 como límites de pieza. El área que no se corta se destaca por líneas discontinuas y puede observarse que hay una cantidad de corte menos implicado para separar las seis piezas de la placa.

El corte es menor, con únicamente 2 cortes por pieza. El inicio en el borde inferior de la placa en 601, las líneas de corte 603 y 604 y la pieza está completa. Iniciar de manera similar en 614, 624, 634, 644 y 654, cada otra pieza se completa cortando piezas de bordes 612, 613, 622, 623, 632, 633, 641, 642, 651, 652, respectivamente. Cada pieza tiene únicamente dos cortes, que requieren el 50 % del corte tradicional, más el hecho de que el remanente es una forma de L sencilla sin chatarra en absoluto que manejar.

Esta clase de corte hace uso del hecho de que la placa a menudo es corte cuadrado, pero no se basa en las dimensiones exactas ya que las placas entregadas siempre superan el tamaño especificado, por lo que únicamente puede confiarse en dos bordes. Este ahorro también requiere alineación precisa en el inicio o una alineación basada en láser para girar los ejes programados de la máquina para adaptar de manera precisa aquellos de la placa. Esta instalación cada vez es más común.

Esta idea de uso del borde de la placa se ha sugerido para piezas rectangulares. Sin embargo, como se describe a continuación, puede aplicarse también a piezas no rectas con bordes como se muestra en la Figura 7, algo que está bastante lejos de ser obvio. Esto importa cuando los ahorros en material son bastante más importantes que los ahorros de tiempo.

La Figura 7 muestra círculos de corte comunes ejemplares con áreas de corte compartidas y el uso de los bordes de placa izquierdo e inferior. El anidamiento para cortar cuatro discos sencillos de la placa 701 mostrados en la Figura 7 es un ejemplo clave de cómo las realizaciones desveladas superan muchas de las reglas previamente aceptadas de corte de plasma de CN. La Figura 7 muestra rutas de anchura de corte 701(1)-(4) de la antorcha, donde las líneas discontinuas representan un borde exterior de la anchura de corte y la línea continua representa un borde interno de la anchura de corte. En la localización 740 por ejemplo, el centro de la antorcha y por lo tanto el arco de plasma entero está fuera de la placa mientras que el borde interno de la ruta de corte 701(2), o límite de disco, toca exactamente el borde de la placa.

Dada la anidación mostrada en la Figura 7, los siguientes puntos analizan el corte esperado de las piezas desde el punto de vista de la técnica anterior:

El corte se inicia en el punto 710 fuera de la placa pero adyacente a ella. Esto se considera imposible en la técnica anterior.

A continuación en los puntos 720, 730 y 740 y cercanos, la antorcha deja la placa que significa que en la sabiduría aceptada la antorcha se apagará y la máquina se detendrá.

Incluso si la antorcha continúa cortando, hay la expectativa de que la circularidad de la pieza se vería afectada de manera adversa.

En los puntos 750, 760, 770, y 780, las rutas de corte solapan completamente, elevando problemas principales de ancho de corte creciente, extinción de la antorcha, daño de borde aumentado y biselado, y movimiento de pieza excesivo ya que no hay esqueleto para restringir piezas calientes.

A medida que el corte continúa, algunas piezas están completamente no restringidas y se moverían sustancialmente, destruyendo la circularidad de las piezas.

En tres casos, la antorcha tendría que reiniciarse en el corte existente, algo que se considera imposible.

En tres casos, la antorcha tendría que recorrer en un corte existente que se considera imposible ya que no hay metal en absoluto bajo la antorcha.

Una de las reglas principales de corte de plasma en la técnica anterior era que se requiere que el metal esté bajo la antorcha en todo momento mientras se corta. Sin embargo, usando a realización desvelada en el presente documento y analizada anteriormente, la experimentación ha cortado satisfactoriamente una anidación de este tipo de piezas en exactamente esta configuración y los resultados eran casi perfectos.

La Figura 8 muestra un caso incluso más extremo de 'corte de incisión común' como se distingue de 'corte de línea común' mostrado en las Figuras 4 y 6. En el ejemplo de la Figura 8, no hay realmente área enorme de solapamiento de borde de piezas 802, 803, 804 en la placa 801. Sin embargo, las piezas 802, 803, y 804 se anidan de manera que sus anchuras de corte solapan completamente en tres puntos de toque 810, 820, y 830. Estas áreas se cortan en común únicamente en estos puntos de toque. En la técnica anterior, tal anidación de piezas con puntos de toque no se hizo debido a la 'pérdida' o interrupción del arco de plasma, corte esperado muy pobre en el área de solapamiento, e incluso no corte en el área de solapamiento, y todos los asuntos normales como se ha descrito anteriormente. Sin embargo, en ciertas regiones y para aplicaciones donde la calidad de borde de corte está bastante lejos de ser importante que la del consumo de acero total, este tipo de anidación tiene ventajas enormes sobre conceptos anteriores y proporciona grandes ahorros en uso de placa, cuando se implementa como se describe en las realizaciones de la misma.

La Figura 11 ilustra el área compleja de solapamiento de ruta de corte en el punto 820 para las piezas 802 y 804 de la Figura 8. Una primera ruta de corte 1102 alrededor de la pieza 802 tiene un contorno interno 864, un contorno externo 860, y una línea central discontinua 862. Una segunda ruta de corte 1104, tiene un contorno interno 850, un contorno externo 854, y una línea central discontinua 852. Cada contorno externo e interno 860, 854, 864, 850, está un radio de incisión lejos de su línea central 862, 852, respectivamente. Obsérvese, por ejemplo, que la forma más interna de la pieza 804 es rectangular, puesto que la forma final requerida es un cuadrado preciso. Los contornos de forma internos 864, 850 forman los bordes futuros de piezas 802 y 804. Hay sustancialmente significancia en el radio de la ruta de corte 1104 en la localización 820, puesto que una esquina cuadrada penetraría realmente en la forma 802, destruyendo de esta manera su integridad de contorno.

Es adicionalmente crítico que los contornos 854 y 860 no entran en el límite de la pieza de las piezas adyacentes 802 y 804 respectivamente. El valor de hacer la esquina de la línea central 852 en la localización 820 un radio es inmediatamente evidente. También es importante observar que muchos controles de CN que son responsables de compensación de incisión a menudo no usan un radio sino una proyección de línea recta con una posible línea de truncación para esquinas muy agudas. De esta manera muchos controles de CN existentes no son adecuados para su uso con las realizaciones desveladas en el presente documento, al menos con compensación de incisión que se calcula como una función del control de CN.

La Figura 9 muestra una anidación más compleja de catorce piezas que tienen formas bastante diferentes y demuestra la mezcla de líneas comunes parcialmente solapadas como 931 y solapamientos completos tal como 932. También demuestra el uso del borde de la placa como bordes de pieza 950, 951, 952, que no se cortan en absoluto, reduciendo de esta manera el tiempo de corte. En las localizaciones 941, 942, y 940, el centro de la antorcha de corte y por lo tanto todo el arco de plasma realmente deja la placa 900. Aunque esto no es un aspecto esencial de la invención y es recomendable un solapamiento para evitar la posibilidad de que el arco de plasma se detenga inesperadamente.

En las realizaciones desveladas en el presente documento, el uso del borde de la placa requiere alineación perfecta de al menos los bordes a la izquierda e inferior. El tamaño de placa total no puede asegurarse y no pueden suponerse bordes opuestos que sean paralelos ya que las placas se entregan típicamente ligeramente sobredimensionadas. Las realizaciones en el presente documento, sin embargo, suponen que la placa tiene al menos dos bordes confiables para producir ahorros adicionales y que valen la pena.

Obsérvese también que, usando la realización desvelada en el presente documento, no se requiere una única perforación para cortar la anidación completa de piezas 901, 902, 903, 904, 905, 906, 097, 908, 909, 910, 911, 912, 913, y 914 de la Figura 9. Un inicio de borde en 960 conduce al corte de la pieza 901, y adicionalmente el borde y los inicios de hueco completan la anidación que incluye por ejemplo los inicios de hueco en 933, 934, 935, e inicios de borde en 940, 942, y 945. Las líneas discontinuas muestran los movimientos de la antorcha de corte de pieza a pieza sin cortar. Por ejemplo, cuando la pieza 901 está completada, se eleva la antorcha y continúa para cortar la pieza 902 empezando en el final de una línea ya cortada 931 con un inicio de hueco.

Las Figuras 10A-D muestran una secuencia ejemplar de corte de una pieza delgada larga 1022 usando una ruta de corte 1024 de una placa 1020, una porción de la cual se muestra, en etapas con reinicio en la ruta y corte bidireccional. Ya que la distorsión térmica produce movimiento basándose en L^2/W , no se desea para cortar demasiado lejos a lo largo de un lado de la pieza delgada larga 1022, puesto que la diferencia térmica daría como resultado curvatura. En la técnica anterior, tales formas no se cortaron o se cortaron con dos antorchas especialmente configuradas espaciadas a una distancia fijada que corta dos rutas simultáneamente para equilibrar el

movimiento térmico.

Con las realizaciones desveladas en el presente documento, es posible cortar estas piezas delgadas largas en etapas equilibradas. En primer lugar se inicia un corte en la localización 1001 y continúa a lo largo de una ruta de corte 1024 a la localización 1002, donde se detiene el arco de plasma. A continuación, la antorcha de corte se mueve a la localización 1003, se reinicia, y se hace un corte a lo largo de la ruta de corte 1024 a la localización 1004 y se detiene el arco de plasma. A continuación, la antorcha se mueve de vuelta a la localización 1002, el arco de plasma se reinicia a lo largo del centro de la ruta de corte con un inicio de hueco de movimiento, y se reanuda el corte desde la localización 1002 a lo largo de la ruta de corte 1024 a la localización 1005 donde se detiene el arco de plasma. A continuación, la antorcha se mueve de vuelta a la localización 1004, el arco de plasma se reinicia a lo largo del centro de la ruta de corte con un inicio de hueco de movimiento, y se reanuda el corte desde la localización 1004 a la localización 1006 donde se detiene el arco de plasma. El corte final se hace desde la localización 1005 a la localización 1006 usando una técnica similar. Aunque esto toma cinco movimientos, es decir, el resultado final debería ser una pieza de acero delgada recta y ninguna se distorsiona ni dobla. La fórmula de curvatura puede usarse para calcular un límite para una distancia aceptable para cortar en un lado antes de detener y cortar el otro lado.

Los principios señalados en las realizaciones desveladas en el presente documento permiten gran ahorro de material de pieza de trabajo, tiempo y costes, en la producción de piezas de lámina o placa de metal plano usando antorchas de plasma. Para conseguir máxima calidad cuando se cortan estas anidaciones avanzadas, los cambios propuestos a las antorchas de plasma y el control de CN para los inicios de borde y los inicios y paradas de hueco en movimiento deberían implementarse de manera que cualquier requisito de tener entradas y salidas en límites externos pueda eliminarse totalmente.

La Figura 12 es un diagrama de flujo que ilustra un método ejemplar 1200 para corte común de plasma de CN de piezas anidadas no rectangulares. El método 1200 se implementa en el generador de programa de CN 138 de control de CN 135 por ejemplo.

En la etapa 1202, el método 1200 recibe una descripción de cada una de una pluralidad de piezas a cortarse de una pieza de trabajo. En un ejemplo de la etapa 1202, el generador de programa de CN 138 recibe contornos para cada pieza 901-914 para cortarse desde la pieza de trabajo 900. En la etapa 1204, el método 1200 determina un tamaño y forma de la pieza de trabajo. En un ejemplo de la etapa 1204, el tamaño y forma de la pieza de trabajo se miden en la máquina de corte de CN 140 usando una herramienta de medición láser. En otro ejemplo de la etapa 1204, el generador de programa de CN 138 recibe datos que definen la forma y tamaño de la pieza de trabajo 900 de un usuario del control de CN 135.

En la etapa 1206, el método 1200 genera una anidación para situar óptimamente la pluralidad de piezas en la pieza de trabajo. En un ejemplo de la etapa 1206, el generador de programa de CN 138 usa el método 1300 para generar la anidación 139 para situar las piezas 901-914 en la pieza de trabajo 900, basándose la optimización en uno o más de: minimizar un número de inicios de perforación, maximizar el corte de línea común, minimizar la ruta de corte global alineando contornos de una o más piezas con un borde de la pieza de trabajo, y minimizar el desperdicio de la pieza de trabajo 900. En la etapa 1208, el método 1200 determina localizaciones de inicio y localizaciones de detención para un arco de plasma de una antorcha de corte de una máquina de corte de plasma de CN, implementando las localizaciones de inicio uno de un inicio de borde y un inicio de hueco. En un ejemplo de la etapa 1208, el generador de programa de CN 138 determina localizaciones para iniciar el arco de plasma de la antorcha de corte 120 basándose en el posicionamiento de piezas 901-914 en la anidación 139 con relación a la pieza de trabajo 900, en el que las localizaciones para los inicios de borde se determinan para piezas que tienen un contorno próximo a un borde de la pieza de trabajo, y las localizaciones para inicios de hueco se determinan para piezas que tienen un contorno próximo a un contorno de una pieza de corte anterior. En otro ejemplo de la etapa 1208, el generador de programa de CN 138 determina localizaciones para detener el arco de plasma basándose en uno o más contornos de pieza, rutas de corte anteriores, y contornos que corresponden a bordes de pieza de trabajo.

En la etapa 1210, el método 1200 genera, basándose en la anidación y las localizaciones determinadas para iniciar y detener el arco de plasma, un programa de CN para controlar la máquina de corte de plasma de CN para cortar la pluralidad de piezas de la pieza de trabajo. En un ejemplo de la etapa 1210, el generador de programa de CN 138 genera el programa de CN 136 basándose en la anidación 139 y las localizaciones de inicio y detención determinadas de la etapa 1208.

La etapa 1212 es opcional. En la etapa 1212, si está incluida, el método 1200 localiza la pieza de trabajo en la máquina de corte de CN. En un ejemplo de la etapa 1212, un operador de la máquina de corte de CN 140 sitúa y localiza la pieza de trabajo 900 en la máquina de corte de CN 140. En la etapa 1214, el método 1200 ejecuta el programa de CN en el controlador de CN para controlar la máquina de corte de CN para cortar la pluralidad de piezas de la pieza de trabajo. En un ejemplo de la etapa 1214, el generador de programa de CN 138 inicia la ejecución del programa de CN 136 en el control de CN 135 para cortar piezas 901-914 de la pieza de trabajo 900 en la máquina de corte de CN 140.

La Figura 13 es un diagrama de flujo que ilustra un método ejemplar 1300 para corte común de plasma de CN de piezas anidadas no rectangulares. El método 1300 se implementa en el generador de programa de CN 138 del control de CN 135 por ejemplo. El método 1300 tiene dos posibles puntos de inicio. Cuando no se ha generado la anidación de piezas, el método 1300 se inicia con la etapa 1302 y a continuación continúa con la etapa 1306. Cuando ya se proporciona la anidación de piezas, el método 1300 se inicia con la etapa 1304 y a continuación continúa con la etapa 1306.

En la etapa 1302, el método 1300 genera una anidación de piezas con espaciado de pieza igual a una anchura de corte de la antorcha de corte de plasma. En un ejemplo de la etapa 1302, cuando no se ha generado la anidación 139 para un conjunto particular de piezas 110, el generador de programa de CN 138 genera la anidación 139 con las piezas 110 espaciadas entre sí por únicamente una anchura de corte de la antorcha de plasma 120.

En la etapa 1304, el método 1300 mueve previamente piezas anidadas para reducir el espaciado entre piezas a una anchura de corte. En un ejemplo de la etapa 1304, el generador de programa de CN 138 mueve piezas 110 en la anidación 139 para tener un espaciado de únicamente una anchura de corte de la antorcha de plasma 120. Es decir, el generador de programa de CN 138 empuja piezas 110 juntas para que tengan una separación de únicamente una anchura de corte o antorcha 120 en al menos un lugar. Tal espaciado permite al menos una localización donde puede usarse un inicio de hueco para iniciar corte de una pieza adyacente después de finalizar una pieza actual.

En la etapa 1306, el método 1300 determina puntos de espaciado de anchura de corte entre piezas adyacentes. En un ejemplo de la etapa 1306, el generador de programa de CN 138 determina dónde dos piezas tienen únicamente espaciado de "anchura de corte", donde solapan piezas con el borde de la placa, y dónde solapan las porciones de rutas de corte para ambas piezas. Para una pieza particular, estos puntos son cualquiera de *doble corte* o *no corte* puesto que ya se han cortado cuando se cortó una pieza anterior, o son pieza de un borde de la pieza de trabajo.

En la etapa 1308, el método 1300 rompe el contorno para cada pieza en porciones de corte basándose en los puntos identificados en la etapa 1306. Dado una secuencia *deseada* de corte como se define por la anidación 139 por ejemplo, el contorno externo de cada pieza se rompe en porciones basándose en los puntos identificados en la etapa 1306.

En la etapa 1310, el método 1300 secuencia la porción de contornos para cada pieza de manera que la porción más larga se corta al final. En un ejemplo de la etapa 1310, el generador de programa de CN 138 secuencia las porciones determinadas en la etapa 1308 de manera que la porción de contorno más larga se corta la última. Esto asegura que la pieza entera no se separa del cuerpo de la pieza de trabajo restante de manera más prematura.

En la etapa 1312, el método 1300 establece la dirección de corte para cada porción de contorno para minimizar el movimiento térmico. En un ejemplo de la etapa 1312, el generador de programa de CN 138 establece la dirección de corte para cada porción de contorno de la etapa 1308 de manera que la antorcha 120 corta hacia la masa más grande de pieza de trabajo restante, y cuando el generador de programa de CN 138 necesario rompa la porción de contorno en porciones más pequeñas. Por lo tanto, el contorno externo de cada pieza 100 puede cortarse por cualquiera o ambos movimientos en el sentido de las agujas del reloj y en el sentido contrario al de las agujas del reloj de la antorcha 120.

En la etapa 1314, el método 1300 utiliza un inicio de hueco para iniciar el corte de cada porción de contorno cuando sea posible. En un ejemplo de la etapa 1314, cuando es necesario un inicio de la antorcha 120 para una porción de contorno particular, el generador de programa de CN 138 utiliza un inicio de hueco en una ruta de corte anterior que corresponde a puntos identificados en la etapa 1306. Cuando la secuenciación sea menor que lo ideal y no se corte previamente la pieza en una anchura de corte de la porción de contorno, cuando el espacio permita una perforación tradicional y se use la entrada para iniciar el corte de la porción de contorno.

Aunque la anidación de piezas es bien conocida en la técnica, las ventajas descritas en el presente documento para iniciar y detener el arco de plasma de una antorcha de corte permiten el posicionamiento de piezas en el anidamiento para mejorar tanto la eficacia material como la eficacia temporal cuando se cortan piezas de una pieza de trabajo.

Combinación de características

Las características anteriormente descritas así como aquellas reivindicadas a continuación pueden combinarse de diversas maneras sin alejarse del alcance de las mismas. Los siguientes ejemplos ilustran posibles combinaciones de características no limitantes de las invenciones anteriormente descritas. Debería ser evidente que pueden realizarse muchos cambios y modificaciones a los sistemas y métodos anteriormente descritos sin alejarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

(A) Un método para corte de plasma de control numérico (CN) mejorado de piezas de una pieza de trabajo, incluye generar, en un ordenador, una anidación que sitúa óptimamente las piezas para minimizar el desperdicio de la pieza de trabajo, y generar, basándose en la anidación, un programa de CN para controlar una máquina de

corte de plasma de CN para cortar las piezas de la pieza de trabajo usando uno o ambos de los inicios de borde e inicios de hueco. El programa de CN puede controlar una antorcha de corte de plasma de la máquina de corte de plasma de CN para cortar las piezas de la pieza de trabajo.

(B) En el método indicado como (A), para cada inicio de borde, el programa de CN enciende un arco de plasma de la antorcha de corte de plasma cuando la antorcha de corte de plasma se sitúa apagada y adyacente a un borde de la pieza de trabajo y permite inmediatamente movimiento lateral de la antorcha de corte de plasma.

(C) En los métodos indicados como (A) y (B), para cada inicio de hueco, el programa de CN enciende el arco de plasma cuando la antorcha de corte de plasma se sitúa a través de un corte previamente hecho y permite movimiento inmediatamente lateral de la antorcha de corte de plasma.

(D) En los métodos indicados como (A)-(C), la antorcha de corte de plasma se mueve lateralmente mientras que se enciende el arco de plasma.

(E) En los métodos indicados como (A)-(D), incluyendo la etapa de generación de la anidación adicionalmente situar al menos dos de las piezas para que tengan una distancia mínima entre contornos que son sustancialmente iguales a una anchura de un único corte realizado por la antorcha de corte de plasma.

(F) En los métodos indicados como (A)-(E), incluyendo la etapa de generación de la anidación generar la anidación para uno o ambos de (a) minimizar la distancia de corte para la anidación y (b) maximizar el corte de línea común, en el que al menos dos de las piezas que tienen porciones de contorno comúnmente conformadas que se alinean entre sí de manera que las piezas están a una anchura de corte alejada de la porción de contorno comúnmente conformada.

(G) En los métodos indicados como (A)-(F), incluyendo la etapa de generación de la anidación alinear una porción de al menos una de las piezas a uno o más bordes de la pieza de trabajo.

(H) En los métodos indicados como (A)-(G), la etapa de generación del programa de CN incluye generar el programa de CN para usar un inicio de borde próximo a la al menos una pieza para iniciar el corte de la pieza de la pieza de trabajo.

(I) En los métodos indicados como (A)-(H), incluyendo la etapa de generación de la anidación situar una primera y segunda de las piezas en la anidación de manera que el corte de la primera pieza forma al menos una porción de un contorno de la segunda pieza.

(J) En los métodos indicados como (A)-(I), la porción del contorno se curva.

(K) En los métodos indicados como (A)-(J), incluyendo la etapa de generación del programa de CN, para un inicio de borde, generar instrucciones para: (a) situar la antorcha de corte de plasma fuera y adyacente a un borde de la pieza de trabajo y próxima a un contorno de una de las piezas, y (b) iniciar un arco de la antorcha de corte de plasma mientras la antorcha de corte está en movimiento paralelo al borde antes de seguir el contorno para cortar la pieza de la pieza de trabajo.

(L) En los métodos indicados como (A)-(K), incluyendo la etapa de generación del programa de CN, para un inicio de hueco, generar instrucciones para: (a) situar la antorcha de corte sobre una ruta de corte anterior en la pieza de trabajo, y (b) iniciar un arco de la antorcha de corte de plasma mientras la antorcha de corte de plasma se está moviendo a lo largo de la ruta de corte previa antes de seguir un contorno de una siguiente las piezas para cortar la siguiente parte de la pieza de trabajo.

(M) En los métodos indicados como (A)-(L), incluyendo la etapa de generación del programa de CN generar el programa de CN para detener el arco de la antorcha de corte de plasma mientras la antorcha de corte de plasma se está moviendo.

(N) En los métodos indicados como (A)-(M), incluyendo la etapa de generación del programa de CN generar el programa de CN para detener un arco de la antorcha de corte en la primera posición a lo largo de un contorno de al menos una de las piezas y para iniciar el arco de la antorcha de corte en una segunda posición a lo largo del contorno y en un lado opuesto de la pieza para minimizar el movimiento térmico de una o ambas de (a) la pieza de trabajo y (b) la al menos una pieza.

(O) En los métodos indicados como (A)-(N), el programa de CN se genera para controlar la antorcha de corte de plasma para que tenga una dirección de corte en la primera posición que es opuesta a la dirección de corte de la antorcha de corte de plasma en la segunda posición.

(P) En los métodos indicados como (A)-(O), cortar en cada una de la primera y segunda posiciones se reanuda usando un inicio de hueco.

(Q) En los métodos indicados como (A)-(P), incluyendo la etapa de generación del programa de CN generar el programa de CN para controlar el movimiento de la antorcha de corte, con relación a una parte que se está cortando, para tener de manera selectiva una dirección de corte en una de una dirección en el sentido de la agujas del reloj y una dirección en el sentido contrario al de las agujas del reloj para minimizar movimiento inducido térmicamente.

(R) En los métodos indicados como (A)-(Q), que incluyen adicionalmente configurar un controlador de CN de la máquina de corte de CN para implementar un código M que mueve la antorcha de corte de plasma lateralmente mientras se enciende un arco de plasma de la antorcha de corte de plasma.

(S) En los métodos indicados como (A)-(R), que incluyen adicionalmente configurar un controlador de CN de la máquina de corte de CN para implementar un código M que mueve la antorcha de corte de plasma lateralmente mientras se extingue un arco de plasma de la antorcha de corte de plasma.

(T) Un sistema para corte de plasma de control numérico (CN) mejorado de piezas de una pieza de trabajo, incluye un procesador, una memoria comunicativamente acoplada con el procesador y que almacena instrucciones legibles por máquina que cuando se ejecutan por el procesador pueden: interpretar un código M de inicio de borde de un programa de CN para (a) iniciar un arco de plasma de una antorcha de corte de una

máquina de corte de CN cuando la antorcha de corte está situada fuera de y adyacente a un borde de una pieza de trabajo, y (b) iniciar inmediatamente movimiento lateral de la antorcha de corte cuando se establece el arco de plasma; interpretar un código M de inicio de hueco del programa de CN para (c) iniciar el arco de plasma de la antorcha de corte cuando la antorcha de corte está situada a través de una ruta de corte previa en la pieza de trabajo, y (d) iniciar inmediatamente movimiento lateral de la antorcha de corte cuando se establece el arco de plasma; e interpretar un movimiento fuera de código M del programa de CN para extinguir el arco de plasma de la antorcha de corte sin detener el movimiento lateral de la antorcha de corte hasta que se extingue el arco de plasma.

(U) En el sistema indicado como (T), la memoria que almacena adicionalmente instrucciones legibles por máquina que cuando se ejecutan por el procesador pueden: generar, basándose en una forma y tamaño de la pieza de trabajo, una anidación que sitúa de manera eficaz posiciones de las piezas en la pieza de trabajo basándose en utilizar uno o más del código M de inicio de borde, el código M de inicio de hueco y el código M de apagado de borde; generar un programa de CN basándose en la anidación y usar uno o más del código M de inicio de borde, el código M de inicio de hueco y el código M de apagado de borde; e interpretar el programa de CN para controlar la máquina de corte de plasma de CN para cortar las piezas de la pieza de trabajo.

(V) En una máquina de corte de plasma de control numérico (CN) que tiene un controlador de CN que incluye un procesador y una memoria que almacena instrucciones legibles por máquina que cuando se ejecutan por el procesador interpretan instrucciones de un programa de CN para controlar una antorcha de corte de la máquina de corte de plasma de CN para cortar piezas de una pieza de trabajo, en el que el controlador de CN interpreta movimientos geométricos (códigos G) que controlan el movimiento de la antorcha de corte y funciones de miscelánea (códigos M) que controlan la activación y desactivación de la antorcha de corte de plasma, incluyendo la mejora: instrucciones legibles por máquina almacenadas en la memoria que cuando se ejecutan por el procesador pueden interpretar un código M de inicio de borde para iniciar un arco de plasma de la antorcha de corte mientras la antorcha de corte está (a) situada fuera y adyacente a un borde de la pieza de trabajo y (b) para iniciar, una vez que se establece el arco de plasma, movimiento lateral de la antorcha de corte.

(W) En la máquina de corte de plasma de CN indicada como (V), incluyendo la mejora adicionalmente instrucciones legibles por máquina almacenadas en la memoria que cuando se ejecutan por el procesador pueden interpretar un código M de inicio de hueco para iniciar el arco de plasma de la antorcha de corte mientras se sitúa la antorcha de corte (c) sobre una ruta de corte anterior en la pieza de trabajo y (d) para iniciar inmediatamente, una vez que se establece el arco de plasma, movimiento lateral de la antorcha de corte.

(X) En la máquina de corte de plasma de CN indicada como (V) y (W), incluyendo la mejora adicionalmente instrucciones legibles por máquina almacenadas en la memoria que cuando se ejecutan por el procesador pueden interpretar un código M de apagado de movimiento para extinguir el arco de la antorcha de corte de plasma mientras la antorcha de corte de plasma permanece en movimiento.

Pueden realizarse cambios en los métodos y sistemas anteriores sin alejarse del alcance de los mismos. Debería indicarse por lo tanto que la materia contenida en la descripción anterior o mostrada en los dibujos adjuntos debería interpretarse como ilustrativa y no en un sentido limitante. Las siguientes reivindicaciones tienen por objeto cubrir todas las características genéricas y específicas descritas en el presente documento, así como todas las afirmaciones del alcance del presente método y sistema que, como una cuestión idiomática, pudiera decirse que caigan entre las mismas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de corte de plasma de control numérico (CN) mejorado de piezas de una pieza de trabajo, que comprende:

generar, en un ordenador, una anidación que sitúa de manera óptima las piezas para minimizar el desperdicio de la pieza de trabajo (1206); y
generar, basándose en la anidación, un programa de CN para controlar una máquina de corte de plasma de CN para cortar las piezas de la pieza de trabajo usando uno o ambos de inicios de borde e inicios de hueco (1210);
en el que el programa de CN puede controlar una antorcha de corte de plasma de la máquina de corte de plasma de CN para cortar las piezas de la pieza de trabajo, en el que las piezas se cortan de la pieza de trabajo usando una antorcha de corte de plasma de la máquina de corte de plasma de CN controlada por el programa de CN (1214), **caracterizado por que** la ignición del arco de plasma de la antorcha de corte de plasma tiene lugar durante el movimiento lateral de la antorcha de corte de plasma.

2. El método de la reivindicación 1, en el que, para cada inicio de borde, el programa de CN enciende un arco de plasma de la antorcha de corte de plasma cuando la antorcha de corte de plasma está situada fuera y adyacente a un borde de la pieza de trabajo y permite el movimiento lateral inmediato de la antorcha de corte.

3. El método de la reivindicación 1, en el que, para cada inicio de hueco, el programa de CN enciende el arco de plasma cuando la antorcha de corte de plasma está situada sobre un corte previamente realizado y permite movimiento lateral inmediato de la antorcha de corte.

4. El método de la reivindicación 3, en el que la antorcha de corte de plasma está moviéndose lateralmente mientras se enciende el arco de plasma.

5. El método de la reivindicación 1, comprendiendo adicionalmente la etapa de la generación situar todas las piezas para que tengan una distancia mínima entre contornos que es sustancialmente igual a una anchura de un único corte realizado por la antorcha de corte de plasma.

6. El método de la reivindicación 1, comprendiendo la etapa de la generación de la anidación (1206) generar la anidación para uno o ambos de (a) minimizar la distancia de corte para la anidación y (b) maximizar el corte de línea común, en el que al menos dos de las piezas que tienen porciones de contorno comúnmente conformadas se alinean entre sí de manera que las piezas se cortan a una anchura alejada de la porción de contorno comúnmente conformada.

7. El método de la reivindicación 1, comprendiendo la etapa de generación de la anidación (1206) alinear una porción de al menos una de las piezas a uno o más bordes de la pieza de trabajo.

8. El método de la reivindicación 7, comprendiendo la etapa de la generación del programa de CN (1210) generar el programa de CN para usar un inicio de borde próximo a la al menos una pieza para iniciar el corte de la pieza de la pieza de trabajo.

9. El método de la reivindicación 1, comprendiendo la etapa de la generación de la anidación (1206) situar una primera y segunda de las piezas en la anidación de manera que el corte de la primera pieza forma al menos una porción de un borde de la segunda pieza, en el que la porción del borde está curvada.

10. El método de la reivindicación 1, comprendiendo la etapa de la generación del programa de CN (1210), para un inicio de borde, generar instrucciones para: (a) situar la antorcha de corte de plasma fuera y adyacente a un borde de la pieza de trabajo y próxima a un contorno de una de las piezas, y (b) iniciar un arco de la antorcha de corte de plasma mientras la antorcha de corte está en movimiento paralelo al borde antes de seguir el contorno para cortar la pieza de la pieza de trabajo.

11. El método de la reivindicación 1, comprendiendo la etapa de la generación del programa de CN (1210), para un inicio de hueco, generar instrucciones para: (a) situar la antorcha de corte sobre una ruta de corte anterior en la pieza de trabajo, y (b) iniciar un arco de la antorcha de corte de plasma mientras la antorcha de corte de plasma se está moviendo a lo largo de la ruta de corte previa antes de seguir un contorno de una siguiente las piezas para cortar la siguiente parte de la pieza de trabajo.

12. El método de la reivindicación 1, comprendiendo la etapa de la generación del programa de CN (1210) generar el programa de CN para detener el arco de la antorcha de corte de plasma mientras se está moviendo la antorcha de corte de plasma.

13. El método de la reivindicación 1, comprendiendo la etapa de la generación del programa de CN (1210) generar el programa de CN para detener un arco de la antorcha de corte en la primera posición a lo largo de un contorno de al menos una de las piezas y para iniciar el arco de la antorcha de corte en una segunda posición a lo largo del

contorno y en un lado opuesto de la pieza para minimizar el movimiento térmico de una o ambas de (a) la pieza de trabajo y (b) la al menos una pieza.

5 14. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente configurar un controlador de CN de la máquina de corte de CN para implementar un código M que mueve la antorcha de corte de plasma lateralmente mientras se enciende un arco de plasma de la antorcha de corte de plasma.

10 15. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente configurar un controlador de CN de la máquina de corte de CN para implementar un código M que mueve la antorcha de corte de plasma lateralmente mientras se extingue un arco de plasma de la antorcha de corte de plasma.

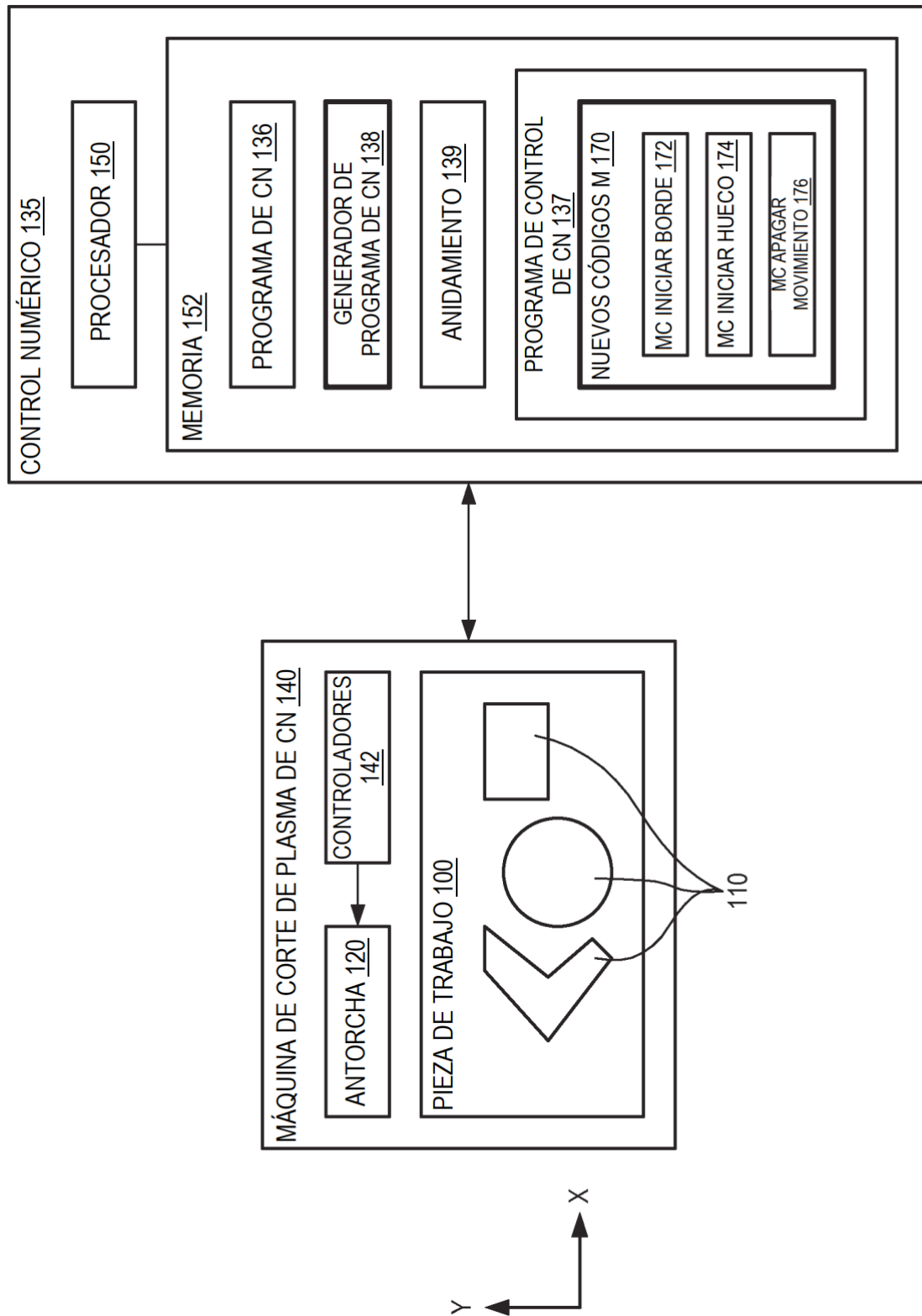


FIG. 1

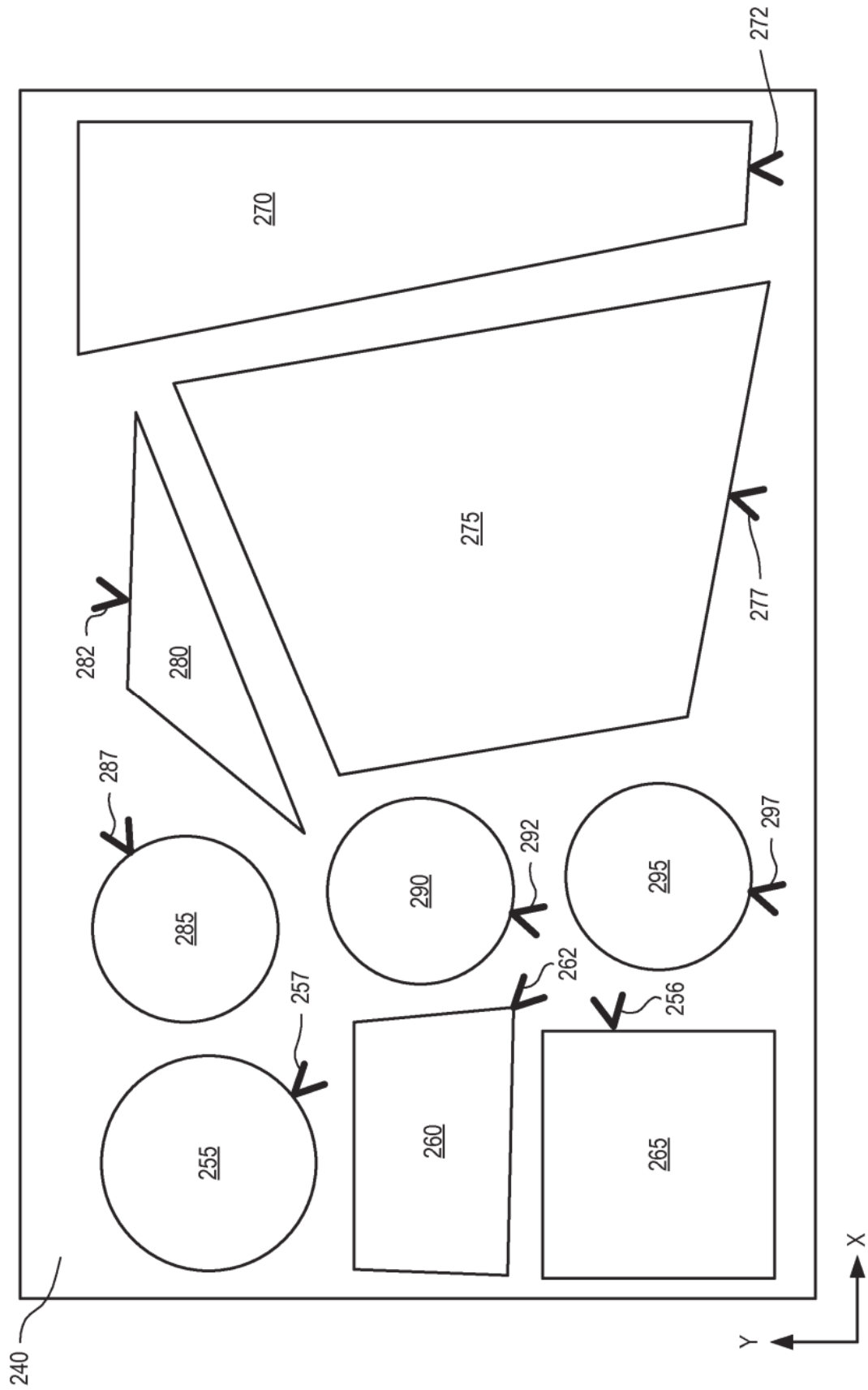


FIG. 2

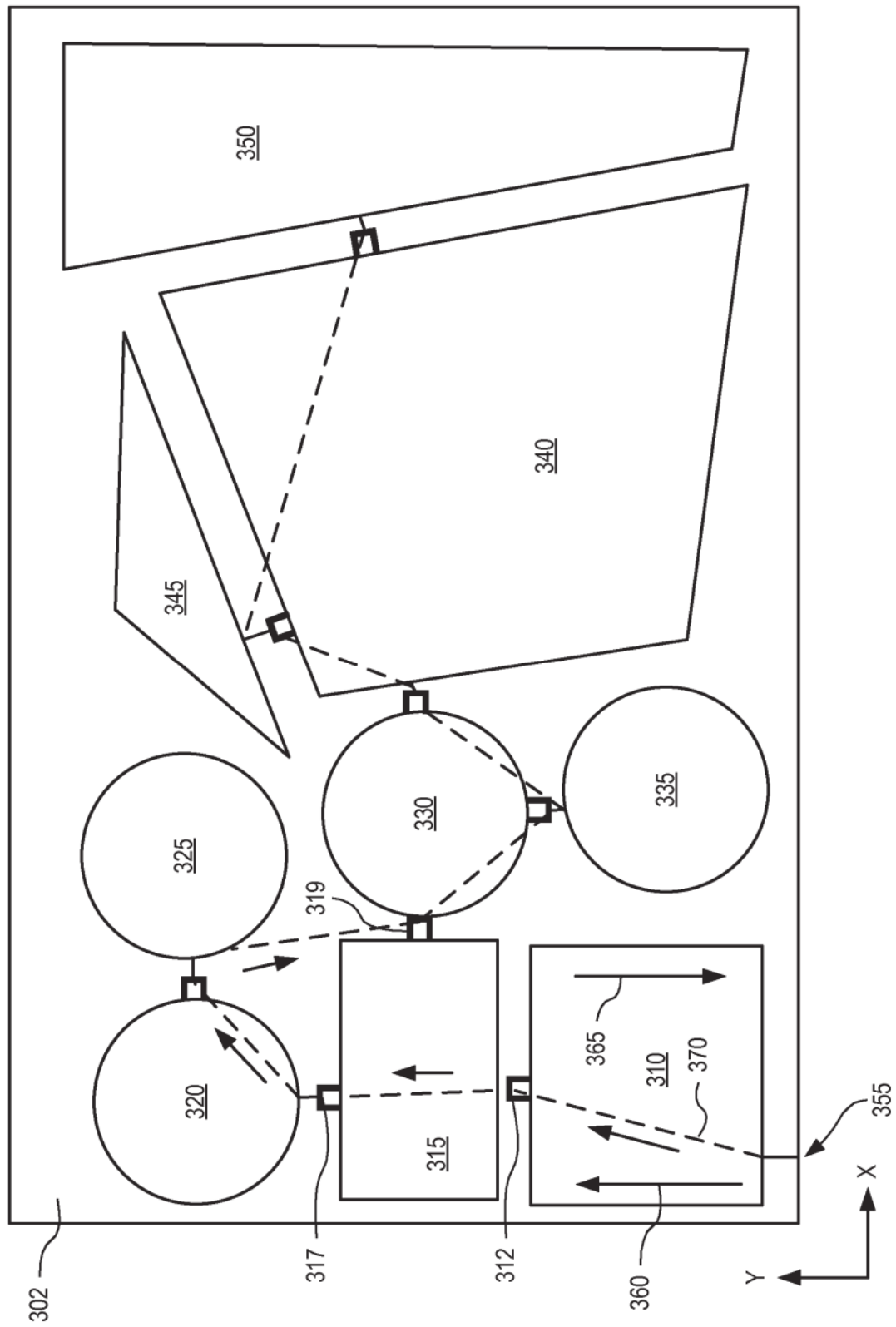
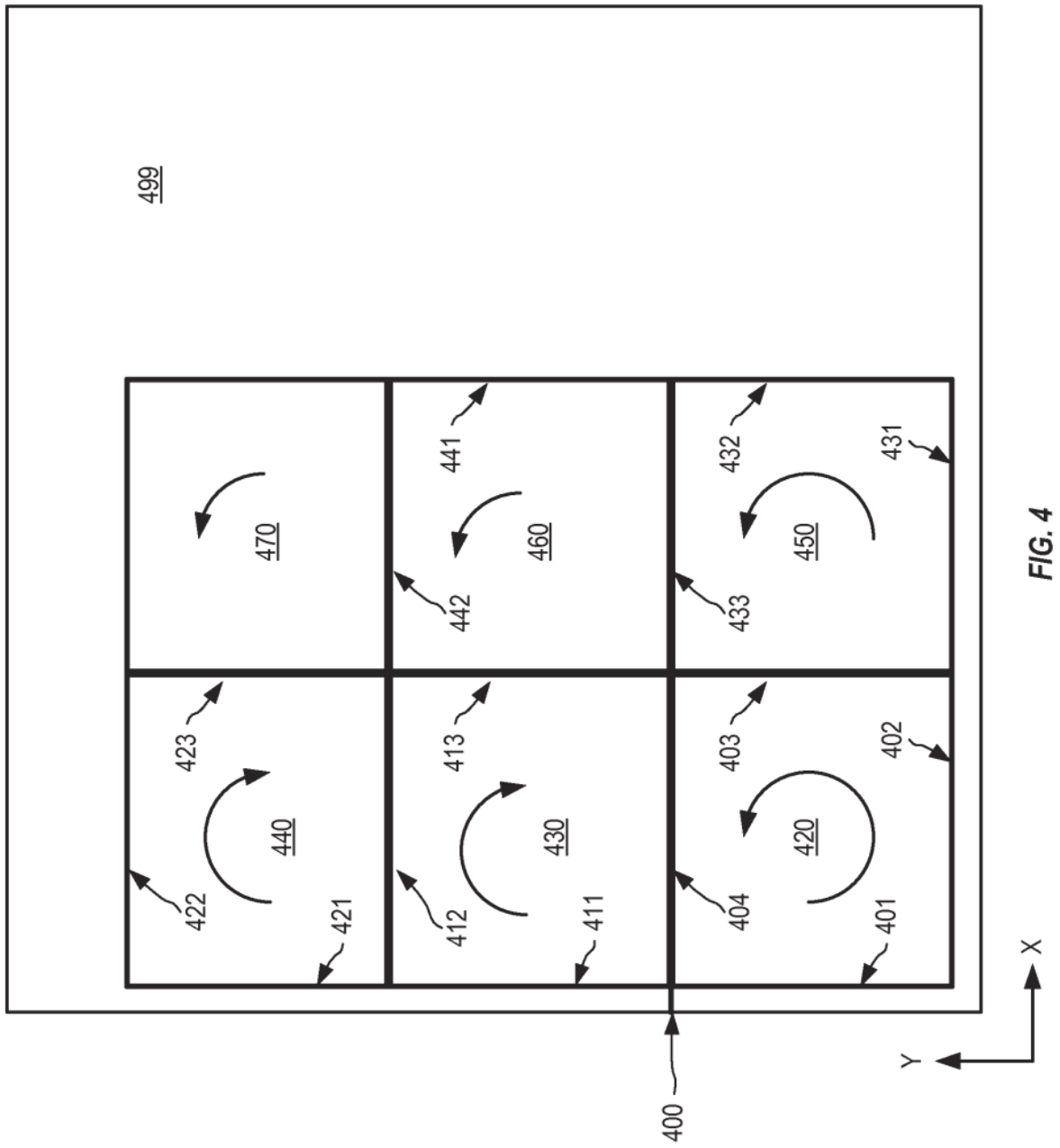
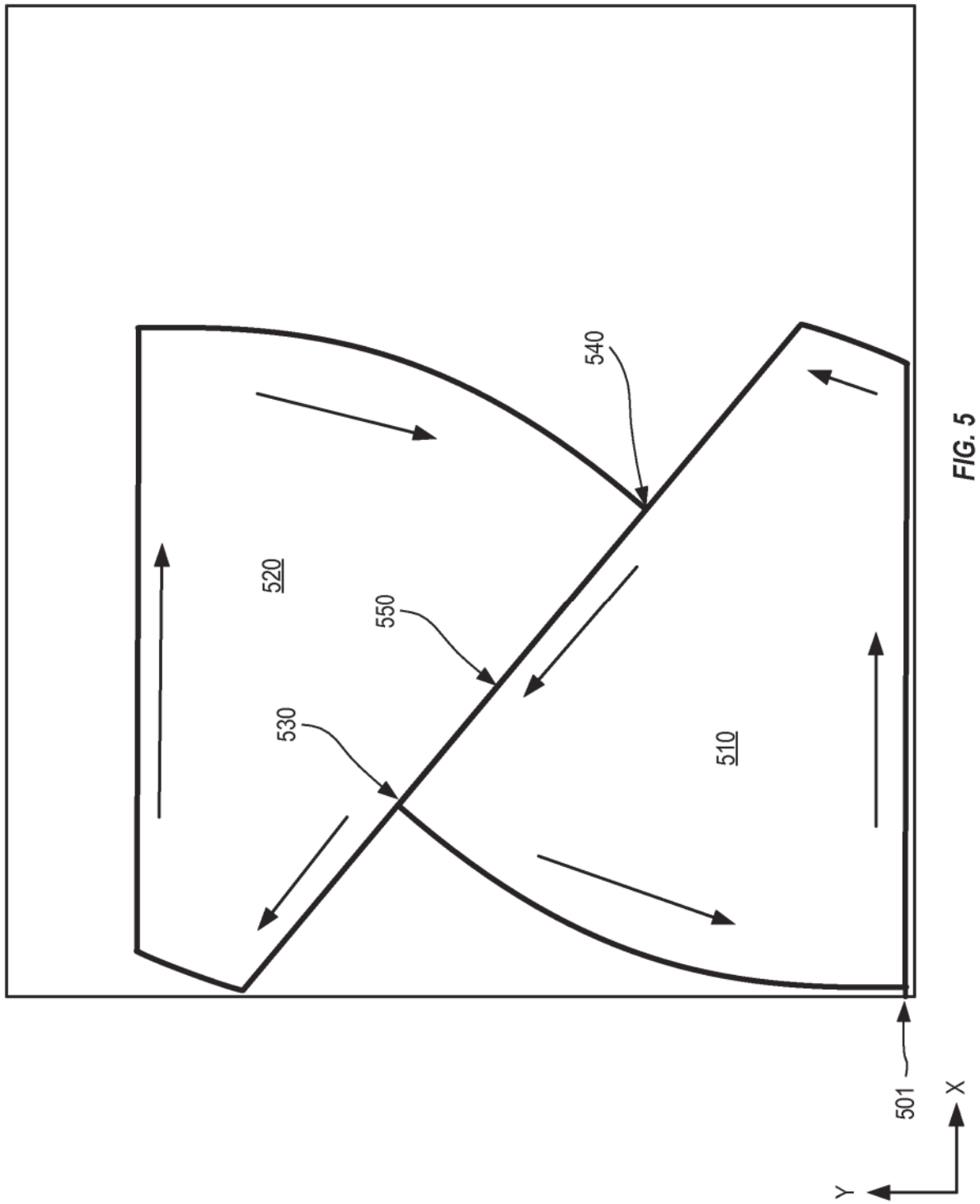


FIG. 3





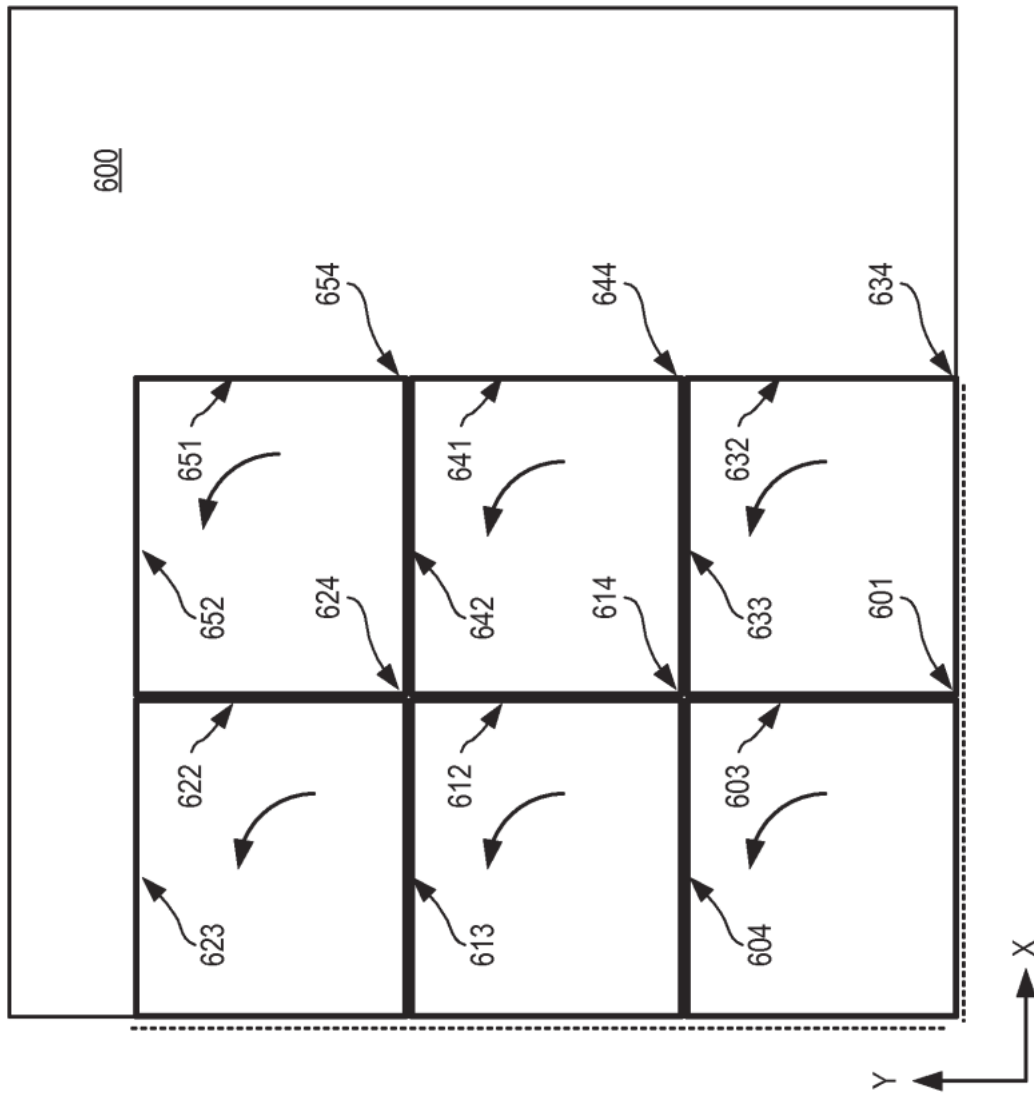
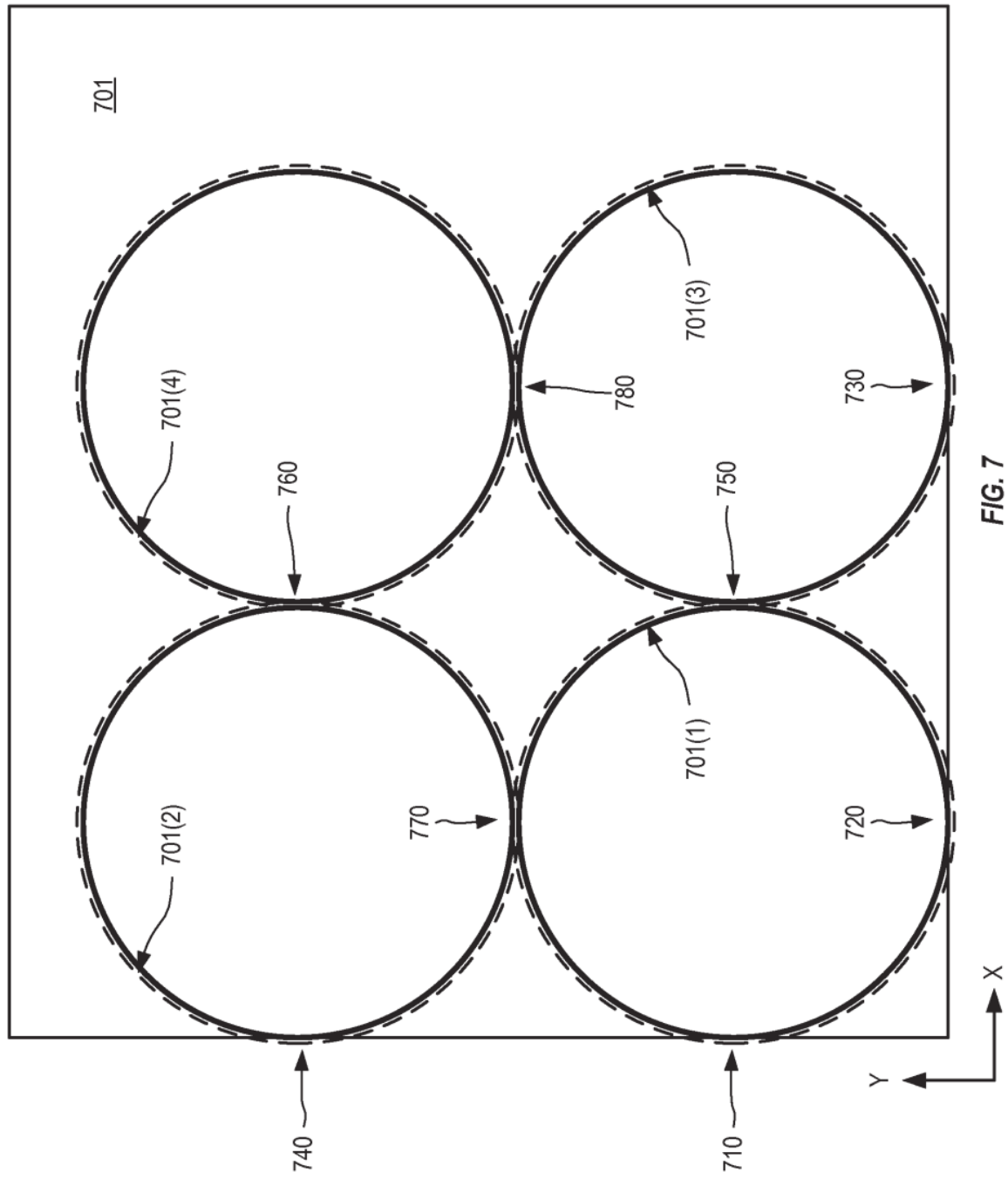


FIG. 6



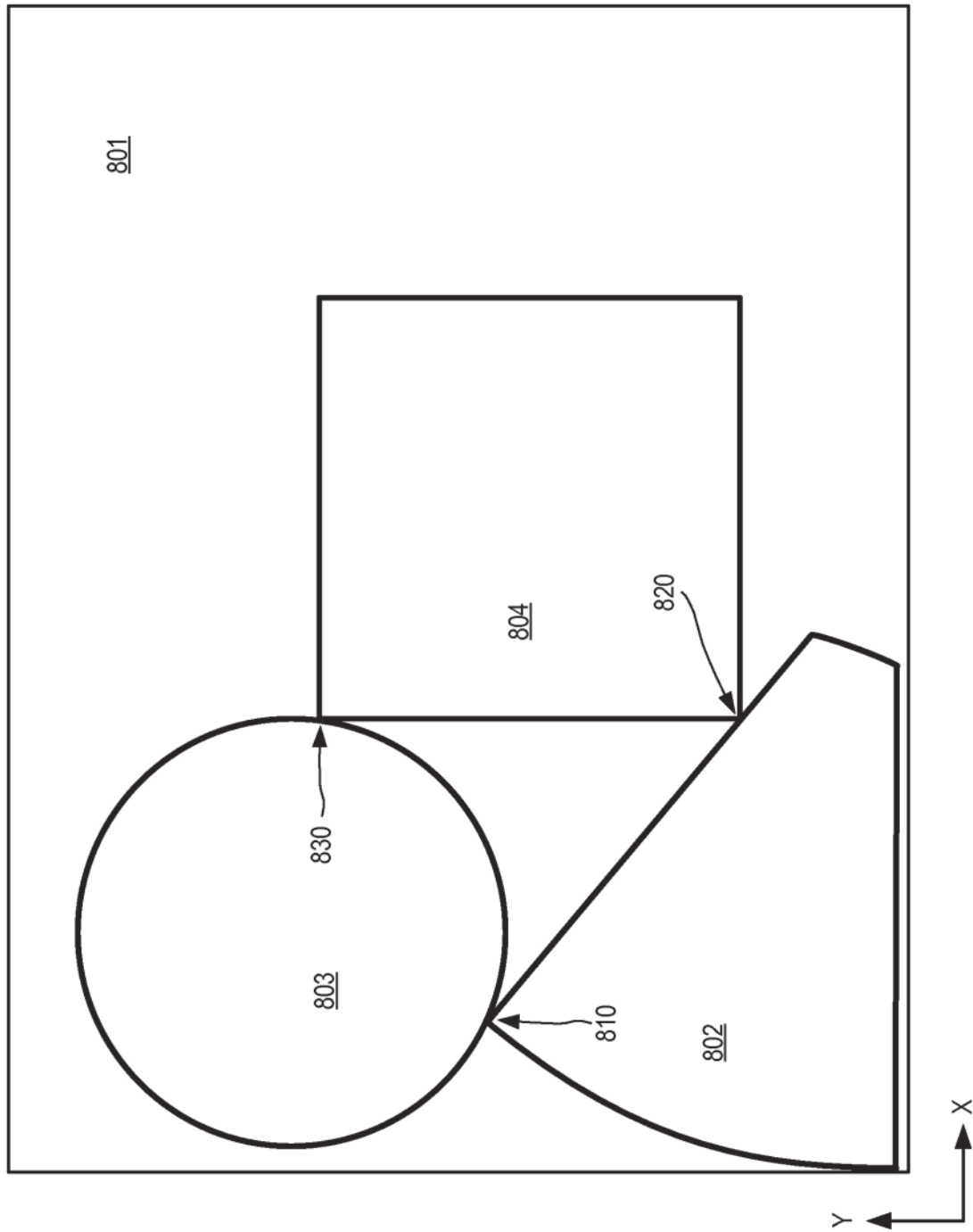


FIG. 8

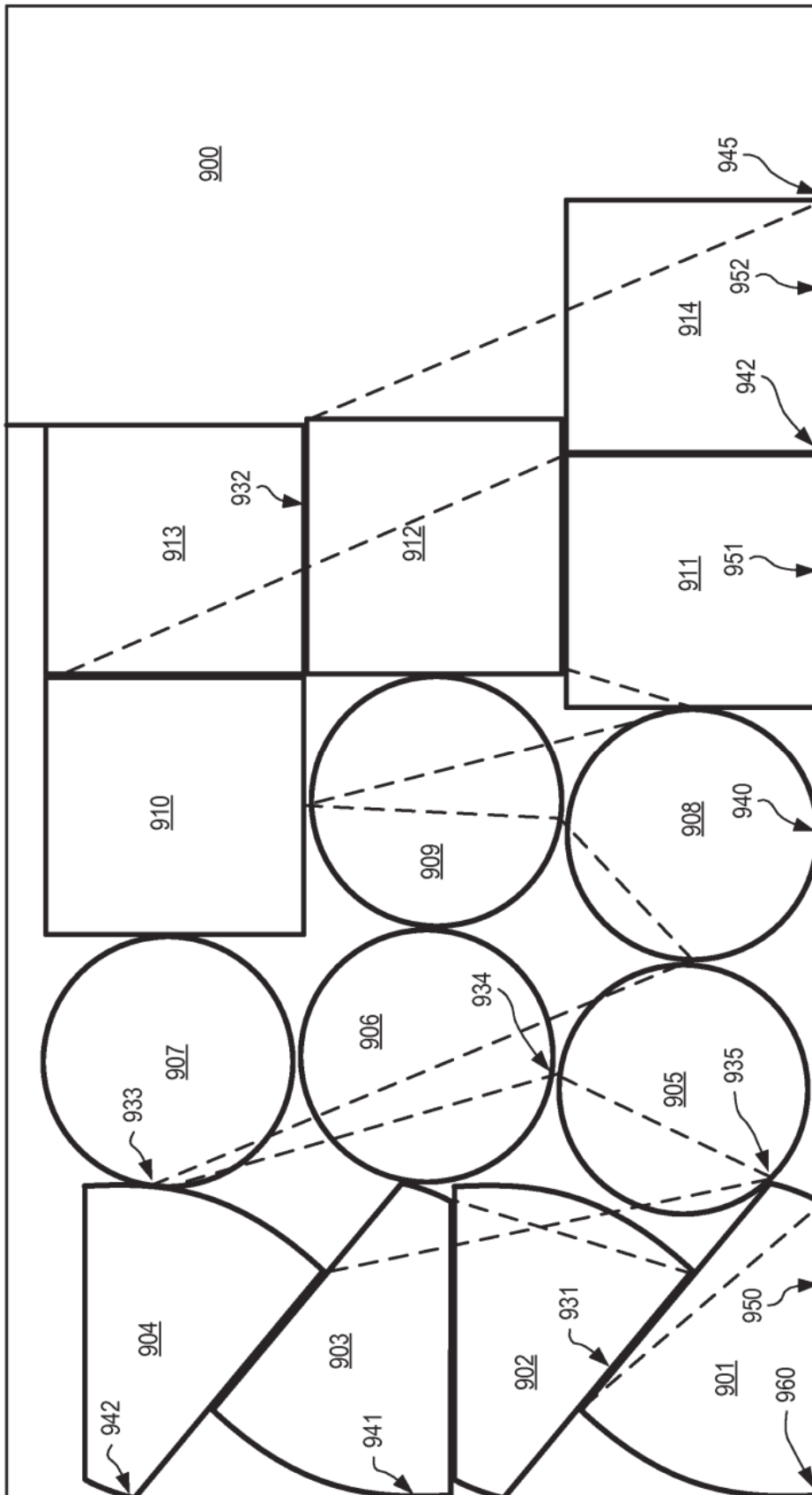


FIG. 9

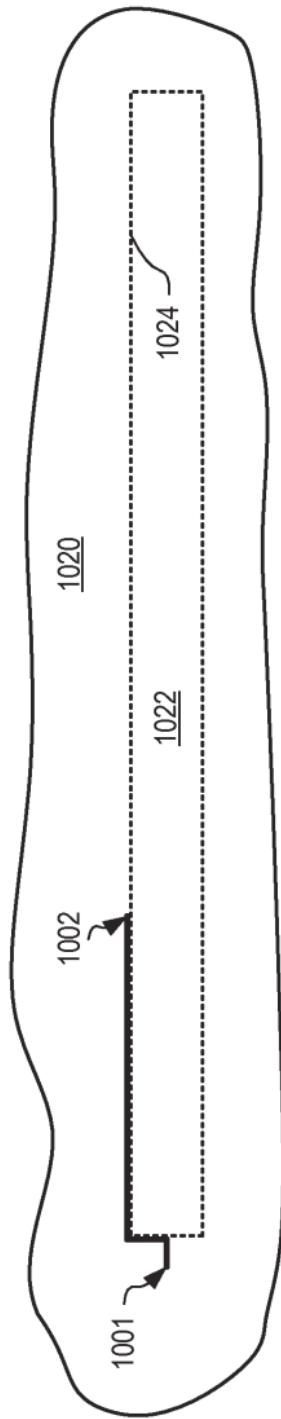


FIG. 10A

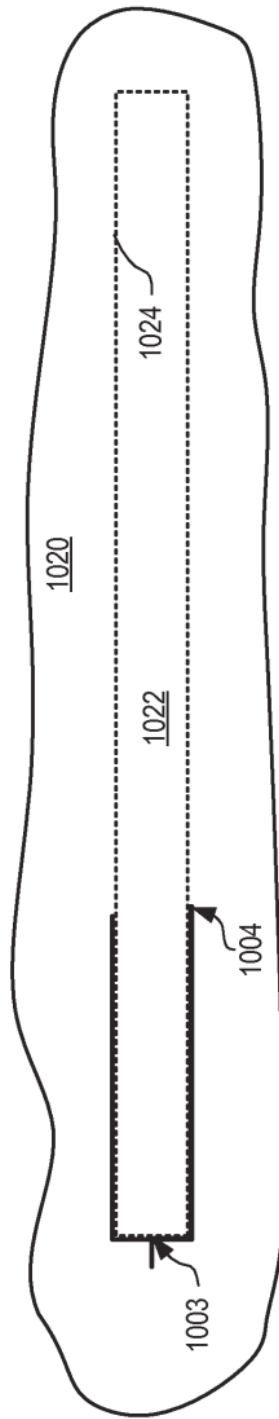


FIG. 10B

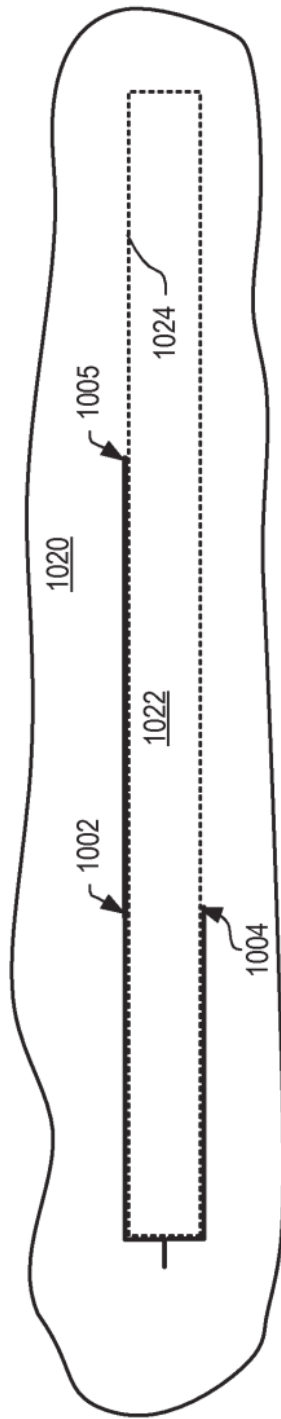


FIG. 10C

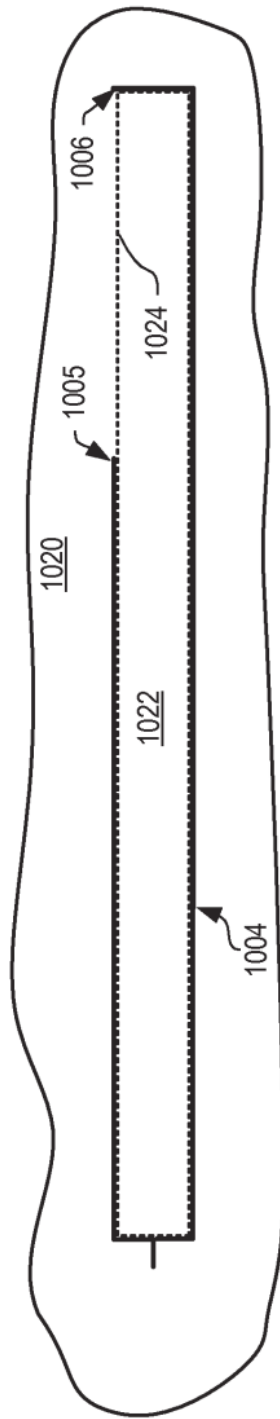


FIG. 10D

DETALLE DE FIGURA 8 ALREDEDOR DE 820 QUE MUESTRA EL ÁREA DE CORTE COMÚN

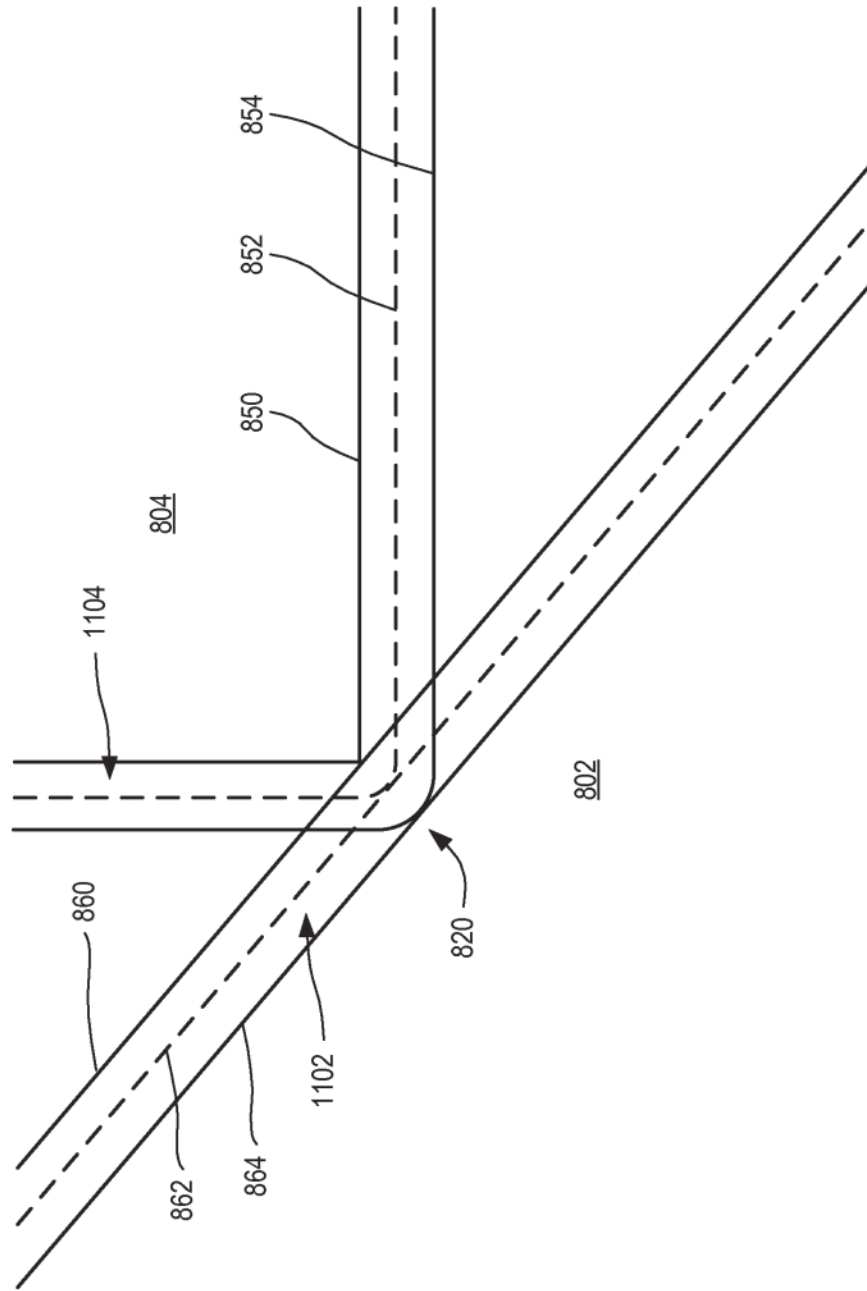


FIG. 11

1200 ↗

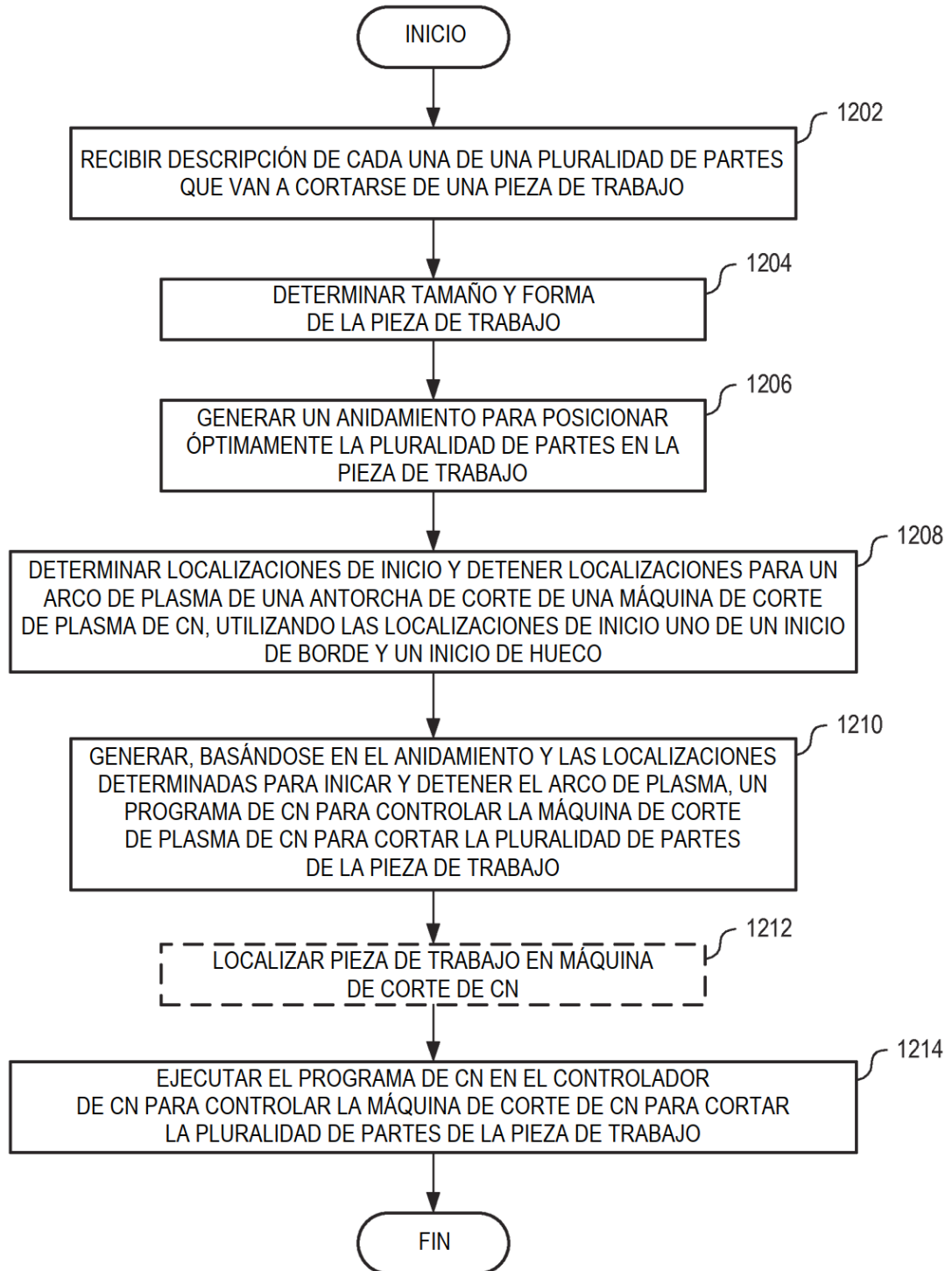


FIG. 12

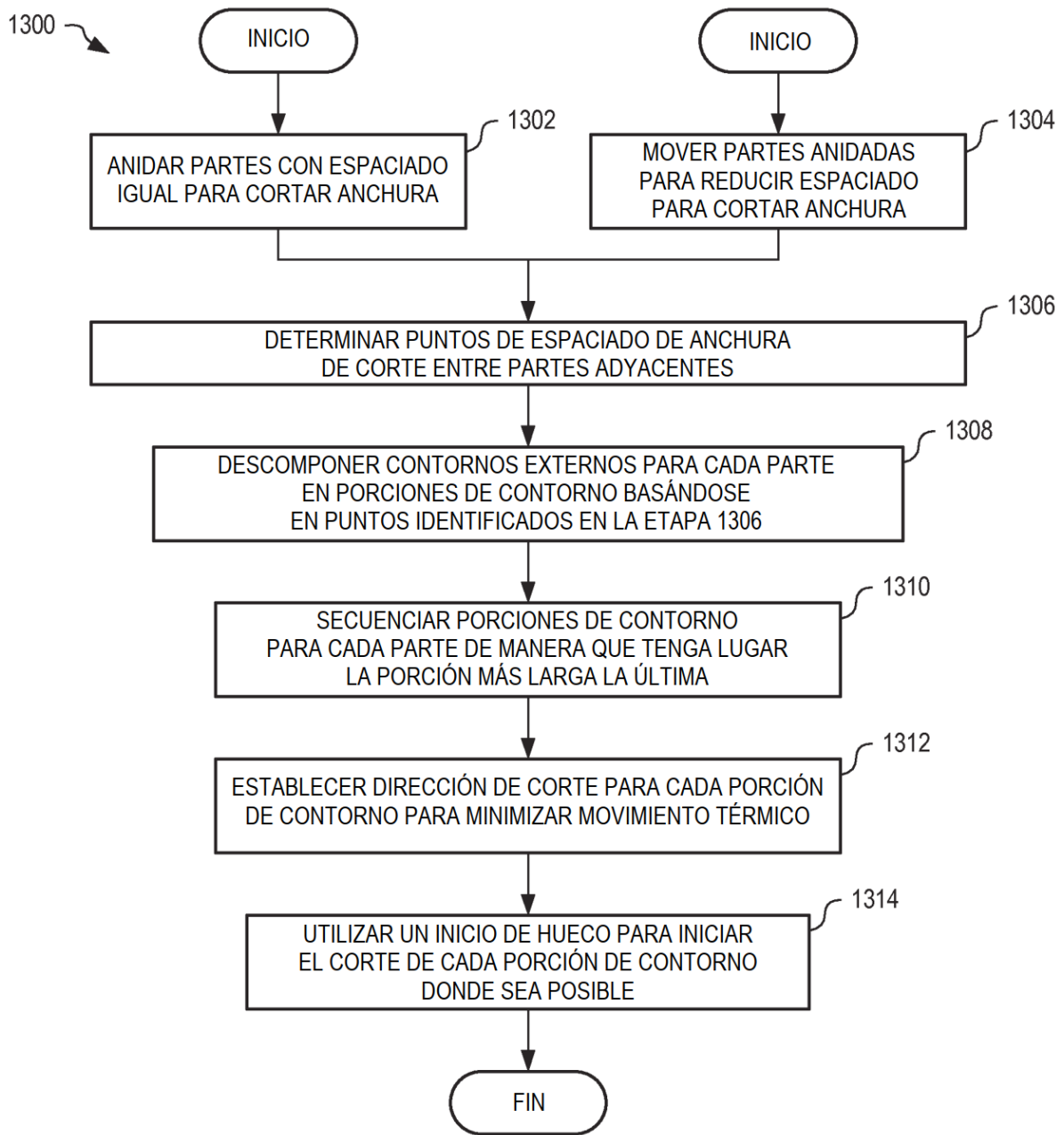


FIG. 13