

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 489 542**

51 Int. Cl.:

B26F 3/00 (2006.01)

B26D 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.08.2006 E 06789415 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.05.2014 EP 1940596**

54 Título: **Compensación para un aparato de chorro de fluido**

30 Prioridad:

04.08.2005 US 705684 P

20.06.2006 US 815032 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.09.2014

73 Titular/es:

PAR SYSTEMS, INC. (100.0%)

899 WEST HIGHWAY 96

SHOREVIEW, MN 55126, US

72 Inventor/es:

HABERMANN, CHARLES J.;
STEINMANN, FREDERICK J. y
LAVALLE, DEAN R.

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 489 542 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

Compensación para un aparato de chorro de fluido

5 Antecedentes

[0001] La exposición que se detalla a continuación se proporciona meramente como información general sobre los antecedentes generales y no se pretende su utilización como ayuda a la hora de determinar el alcance del objeto expuesto solicitado.

10 [0002] Son conocidos los sistemas que usan un fluido tal como agua para cortar materiales de forma precisa. Típicamente, tales sistemas ponen el fluido bajo presión extrema (p. ejem. 30,000 psi o más) y fuerzan su flujo a través de una abertura u orificio para que sea descargado a alta velocidad sobre el material a cortar mediante un proceso de erosión. En muchas aplicaciones, también se introduce un abrasivo en el chorro de fluido y se descarga con el mismo para mejorar la eficiencia de la acción de corte por realce del proceso de erosión.

15 [0003] Al usar un chorro de fluido para cortar un material se producen cortes con características diferentes de aquellos hechos con sistemas de corte convencionales. Las figuras 1 y 2 ilustran un chorro de fluido 10 saliendo del orificio 12 de una boquilla 14 para cortar una pieza 16. Típicamente, se desea más de un agujero en la pieza 16 de modo que la boquilla 14 y por lo tanto el chorro de fluido 10 circula por el camino deseado 15 en relación con la pieza 16. En la FIG. 1, la boquilla 14 se mueve dentro y fuera de la sección, mientras que en la FIG. 2 la boquilla 14 se mueve en la dirección indicada por flecha 15.

20 [0004] En referencia a la FIG. 1, el corte resultante 20 realizado por el chorro de fluido 10 tiene una anchura en la superficie superior 22 (frente a la boquilla 14) que difiere de la anchura de la superficie inferior 24 (de forma opuesta a la boquilla 14). El espacio resultante 28 causado por la diferencia entre la anchura de ambos es denominado "ángulo de Kerf" 30. Dicho de otro modo, el ángulo de Kerf 30 es el ángulo del lado de corte 32 que se encuentra fuera de la paralela del eje del chorro de fluido (a menudo el chorro no es perpendicular a la superficie del material por diseño). El espacio 28 depende del grosor del material, pero también de la velocidad de corte o del movimiento de la boquilla 14. En general, el espacio 28 es más estrecho cuando la velocidad de corte desciende, y una vez que la velocidad se encuentra por debajo de un punto, dicho espacio 28 se opone al ilustrado en la FIG. 1, estrechándose más hacia la superficie 22. La compensación por dicho espacio 28 incluye típicamente la reclinación de la boquilla 14 relacionada con la pieza 16 sobre el eje de movimiento de la boquilla 14.

25 [0005] Además del mencionado espacio 28 presente en el corte, también está presente un "retardo" debido nuevamente al grosor del material y al movimiento de la boquilla 14. En referencia a la FIG. 2, cuanto más rápido se mueve la boquilla 16, más se desvía el chorro de fluido 10 por el material de la pieza 16. Como se ilustra, la distancia de desviación 32 se define como la diferencia en la longitud entre el punto en el que el chorro de fluido 10 impacta en la superficie superior 22, y donde el chorro 10 sale a la superficie inferior 24, mientras que un "retardo de Kerf" se puede definir como un ángulo 34 que usa la línea recta 36 formada entre estos puntos. Típicamente, el retardo de Kerf 34 no afecta a la exactitud del corte cuando se corta en línea recta dado que la parte saliente del chorro de fluido 10 sigue el punto de impacto. No obstante, en esquinas, por ejemplo, la deflexión del chorro de fluido 10 puede causar errores de corte cuando se ensancha hacia el exterior de una esquina dejando o cortando estrecheces desviadas no deseadas. Además, incluso el acabado de los cortes en línea recta se ve afectado por la velocidad de la boquilla 14. No obstante, a diferencia del espacio estrecho 28, el lapso 34 se puede reducir ralentizando el movimiento de la boquilla 14 sobre la pieza 16. Como con dicho espacio estrecho 28, la reclinación de la boquilla 14, en este caso, puede compensar también el lapso sobre un eje transversal a la dirección de movimiento.

30 [0006] Los sistemas han avanzado con la compensación de los errores de corte, sin embargo se desean mejoras.

35 [0007] WO 03/018260 divulga un método y un sistema de corte para una pieza plana que utiliza un chorro de agua de alta presión con control automático del espacio, estrechez y otros parámetros de orientación y proceso usando modelos predictivos. El sistema se configura para recibir información con relación al contorno para el corte de la pieza y la velocidad de movimiento de chorro de fluido durante el corte. El sistema consta de un controlador de movimiento adaptado para recibir el contorno y la velocidad y está configurado para proporcionar señales de control, y un posicionador configurado para recibir dichas señales de control y que sitúa la corriente del chorro de forma adyacente a la pieza adecuadamente.

40 [0008] La presente invención proporciona un sistema y un método para posicionar un chorro de fluido para realizar un corte en una pieza de doble contorno tal y como se describe en las reivindicaciones 1 y 16, respectivamente.

45 [0009] El sistema y método para posicionar el chorro para realizar un corte de una pieza de doble contorno incluye un módulo de compensación configurado para recibir información con relación a la trayectoria del contorno con al menos cinco grados de autonomía en el corte de la pieza de doble contorno y una velocidad de movimiento del chorro durante el corte configurada para proporcionar como resultado una trayectoria del contorno modificada de

dichos cinco grados de autonomía basándose en la compensación de los errores de corte. Un controlador de movimiento se adapta para recibir la trayectoria del contorno modificada en al menos cinco grados de autonomía y la velocidad se configura para proporcionar señales de control. Un posicionador se configura para recibir las señales de control y sitúa un chorro de fluido adyacente a la pieza .

- 5 Breve descripción de los dibujos
- [0010]
- 10 La FIG. 1 es una ilustración esquemática del espacio estrecho resultante presente en el chorro de fluido cortante de la técnica anterior.
La FIG. 2 es una ilustración esquemática del lapso del chorro de fluido presente en el corte con chorro de fluido de la técnica anterior.
La FIG. 3 es un diagrama del flujo que ilustra un ejemplo de operación de un sistema de corte con chorro de fluido.
- 15 La FIG. 4 es un pictograma de una trayectoria de corte con compensación.
Las figuras 5A, 5B y 5C son representaciones pictóricas de una compensación basada en un polinomio para un material modelo.
La FIG. 6 es un ejemplo de ilustración esquemática del espacio estrecho presente en el chorro de fluido cortante de la presente invención.
- 20 La FIG. 7 es un ejemplo de ilustración esquemática del lapso del chorro de fluido presente en el chorro de fluido cortante de la presente invención.

Descripción detallada

- 25 [0011] La FIG. 3 es un diagrama de bloqueo/circulación que ilustra un ejemplo de operación de un sistema de corte por chorro de fluido 100. Generalmente, el material se corta utilizando un aparato de corte por chorro de fluido (denominado también comúnmente como sistema de chorro de agua aunque puedan usarse otros tipos de "fluidos", descritos aquí como aquellos que incluyen a los líquidos, plasmas, partículas, gases o una combinación entre los mismos y que también pueden ser usados) 102, los cuales bien conocidos y por lo tanto se muestran esquemáticamente. En referencia a las figuras 6 y 7, el aparato 102 incluye una boquilla 14. En este punto debe observarse que se utilizan números primos para indicar conceptos similares mostrados anteriormente; sin embargo, la pieza a cortar y el proceso de corte en sí mismo es diferente ya que una pieza compleja puede tener contornos dobles y/o un grosor variable de corte.
- 30
- 35 [0012] En la presente forma de realización, la boquilla de corte 14 de un aparato de corte 102 se mueve en relación con el material a cortar o con la pieza por un posicionador multi-eje (p. ej. control de 5 o 6 ejes) 104. Como el aparato de corte 102, dichos posicionadores son bien conocidos y no necesitan ser descritos en detalle con el fin de entender los conceptos aquí descritos.
- 40 [0013] Brevemente, la técnica típica para el corte por chorro de fluido es con la sujeción de la pieza (a veces también denominada como "material a cortar") con un dispositivo adecuado. El chorro de fluido o corriente de chorro se dirige típicamente a la pieza realizando el corte deseado para producir la pieza objetiva con una forma y que generalmente se controla robóticamente o por ordenador. La potencia para el corte se genera típicamente mediante una bomba de alta presión conectada a la dirección de corte a través de tuberías, tubos flexibles, canalización, acumuladores y filtros de alta presión. No es necesario mantener la pieza inmóvil para manipular la herramienta de corte por chorro de fluido. La pieza se puede manipular bajo un chorro de corte fijo o también tanto la corriente de chorro como la pieza pueden manipularse para facilitar el corte. Como se describe a continuación, las especificaciones de la pieza a cortar deseada son recibidas por el sistema 100 donde los parámetros no se encuentran limitados por una velocidad de corte o de la boquilla. Tanto su trayectoria de corte incluyendo la orientación de la boquilla como los otros dos se determinan con el fin de generar la pieza deseada con la compensación requerida teniendo en cuenta las características del proceso de corte.
- 45
- 50 [0014] En la forma de realización ejemplar ilustrada, las especificaciones de la pieza se concretan en un programa o modelo de diseño asistido por ordenador ("CAD") 106. Los modelos CAD son bien conocidos y se pueden desarrollar para la pieza deseada utilizando una estación de trabajo informática (no mostrada) que puede estar separada del sistema o ser parte del mismo 100.
- 55 [0015] El modelo CAD 106 es proporcionado por un sistema de maquinación asistido por ordenador (CAM) 108 que se usa para determinar los parámetros de maquinación iniciales para generar la pieza deseada incluyendo pero no limitando la trayectoria de corte (es decir, el perfil de movimiento), que puede luego ser "post-procesada" en caso de que sea necesario, en un formato para un posicionador o un aparato de corte específicos.
- 60 [0016] Con referencia a la FIG. 4, en la forma de realización ejemplar aquí descrita y con el fin de su comprensión, una trayectoria de corte 200 para una porción de la pieza deseada puede describirse en términos de una secuencia establecida de datos 202 que consta de coordenadas en cinco grados de autonomía (X,Y,Z,C,B), por ejemplo, tres traducciones (X,Y,Z) y dos ángulos de inclinación o vectores perpendiculares de superficie (B,C) en un sistema de
- 65

coordenadas de referencia 202. Debe observarse que también podría usarse una trayectoria de corte con seis grados de autonomía, donde la sexta coordenada (A) se refiere a la rotación de la dirección de corte sobre un eje ortogonal a los otros ejes de inclinación mutuamente ortogonales (B,C).

5 [0017] En este punto debe observarse que los módulos ilustrados en la FIG. 3 y expuestos a continuación se presentan con el fin de su comprensión y no deberían considerarse limitantes en aquellos módulos adicionales que pudieran utilizarse para ejecutar alguna de las funciones de los módulos aquí descritos. Asimismo, las funciones pueden dividirse o combinarse de otros modos entre los módulos. Los módulos pueden implementarse con dispositivos digitales y/o computacionales análogos tales como un ordenador.

10 [0018] Un módulo de compensación 113 ilustrado generalmente por líneas discontinuas se ilustra con el fin de su comprensión como bloque de decisión 112, ensamblaje por trayectoria de compensación 140 y/o componente de compensación de Kerf 160 y como se describe a continuación proporciona una trayectoria de corte de contorno modificada de al menos 5 grados de autonomía y velocidad.

15 [0019] Además de la trayectoria de corte 200, también se puede proporcionar una velocidad de la boquilla como función de la trayectoria de corte mediante un sistema CAM 108 para formar un "perfil de movimiento", que se representa en la FIG. 3 en 110. Además de la trayectoria de corte o la trayectoria del contorno, la toma de entrada (110) puede incluir indicaciones o criterios de velocidad (p. ej. velocidad máxima). Sin embargo, cualquier velocidad inicial, en caso de que sea dada, puede no ser óptima dadas tales condiciones de corte no limitantes en la forma de la pieza deseada. Por consiguiente, la velocidad se puede ajustar como es representado por el bloque de decisión 112.

20 [0020] Una toma de entrada de velocidad de estado constante del modelo 114 para el bloque 112 se proporciona desde un componente de procesamiento (116) usando modelos conocidos de corte tal y como es descrito por J.Zeng en "Mechanisms of Brittle Material Erosion Associated With High Pressure Abrasive Waterjet Processing," Doctoral Dissertation, University of Rhode Island, Kingston, R.I., 1992. En particular, Zeng describe que la velocidad de corte se puede determinar utilizando una ecuación de la forma:

30

$$u = \left(\frac{f_a * N_m * P_w^{1.594} * d_0^{1.374} * M_a^{0.343}}{C * q * h * d_m^{0.618}} \right)^{1.15}$$

35

donde:

- 40 u : velocidad de corte (mm/min o pulgada/min)
- f_a : factor abrasivo (1 para granate)
- N_m : número de maquinabilidad
- P_w : presión del agua (MPa o kPa)
- d_0 : diámetro del orificio (mm o pulgadas)
- M_a : ratio de flujo abrasivo (g/min o 1b/min)
- 45 q : índice de nivel de calidad
- h : grosor de la pieza (mm o pulgadas)
- d_m : diámetro del tubo de mezcla (mm o pulgada)
- C : constante del sistema (788 para unidades métricas o 163 para unidades del sistema inglés).

50 [0021] En general, el componente (116) recibe como entrada el tipo de material a cortar 118, una medida cualitativa de la "calidad" del corte deseado (120) y el grosor del material 122, y otros parámetros descritos con anterioridad en la ecuación anterior para determinar la velocidad de estado constante del modelo 114.

55 [0022] No obstante, otra toma de entrada de efecto de velocidad 126 también denominada "efecto de velocidad pasajera") aquí proporcionada permite a la velocidad resultante 128 del bloque 112 ser además modificada basándose en limitaciones impuestas por los movimientos físicos de la boquilla. La entrada de efecto de velocidad 126 se origina desde un controlador de movimiento 148 para el posicionador 104, que puede incluir un módulo 149 que busque las condiciones de reducción de la velocidad necesarias. Por ejemplo, y sin limitaciones, podría ser necesario partir de la velocidad de estado constante del modelo 114 cuando se aproxime a una esquina pronunciada a cortar de la pieza, donde por ejemplo, la velocidad de la boquilla debe reducirse antes de alcanzar la verdadera esquina a cortar. En otra situación, la reducción de velocidad sería necesaria si el operador funciona con un interruptor de "stop" durante el corte. No obstante, otros módulos de movimiento 151 también pueden afectar a la velocidad tal como el movimiento de la boquilla hacia la superficie superior o alejándose de la misma 22 como puede monitorearse, por ejemplo, mediante un sensor adecuado. En resumen, la entrada de efecto de velocidad transitoria hacia adelante 126 se basa en cualquier movimiento que la boquilla de corte deba realizar y que cause a partir de esta velocidad 114.

65

[0023] La velocidad 128 constatada en el bloque 112 no compensa no obstante los errores producidos por la anchura 28', estrechez 30' y lapso 34' de corte como se ha descrito con anterioridad y como se ilustra en las figuras 6 y 7. Se proporciona el ensamblaje de compensación de la trayectoria 140 para abordar algunos de estos errores. El ensamblaje de compensación de la trayectoria 140 se basa en el uso de ecuaciones polinómicas o modelos 143 para cada uno de los errores de corte, anchura de Kerf (Kw), ángulo de Kerf (Ka) y retardo de Kerf (KI) usando datos empíricos 142 a partir de cortes reales para varios materiales y datos de caracterización material de los materiales 144 junto con entradas pertenecientes al material real usado, su grosor y la calidad deseada y la velocidad resultante 128 del bloque 112. Se proporciona una compensación de los errores de corte de estado constante (incluyéndose condiciones de funcionamiento constantes pero no limitantes para la velocidad) para la anchura de Kerf (Kw), el ángulo de Kerf (Ka) y el retardo de Kerf (KI). No obstante, las técnicas previas no han incluido un aspecto dinámico para dicha compensación, la cual se proporciona por la retroacción de la entrada de velocidad 126 a partir de un controlador de movimiento 148 para el posicionador 104. Además en otra forma de realización, dicha compensación, bien estática (sin entrada 126) o dinámica (con entrada 126), se proporciona cuando el corte de la pieza requiere al menos 5 grados de libertad, es decir, cortar una pieza que puede tener un contorno doble, lo que proporciona unas condiciones de ejecución del corte significativamente diferentes y más complejas que cortar una pieza en un plano, permitiendo así a la boquilla dotar de al menos dos grados de inclinación para la compensación de Kerf. Dicho de otro modo, debido a que las limitaciones dinámicas del controlador de movimiento 148 de la retroacción de la entrada de efecto de velocidad transitoria hacia adelante 126 reduce la velocidad resultante 128 de aquella que se usaría en caso contrario, el ensamblaje de compensación de la trayectoria 140 puede calcular, en un sentido dinámico, la compensación requerida para los errores basados en el corte. Usando del ejemplo de la reducción de la velocidad para una inminente esquina pronunciada que necesita ser cortada, los errores de corte se ven compensados dinámicamente dada la naturaleza de corte por erosión de la superficie del corte con chorro de fluido a medida que se reduce la velocidad de la boquilla.

[0024] Debe observarse que ya que los modelos polinómicos para los errores de corte pueden también basarse en el grosor del material a cortar, los valores del grosor pueden proporcionarse mediante un analizador de corte transversal 154 basado en el conocimiento de la geometría del material/pieza. No obstante, en otra forma de realización, además o de forma alternativa al analizador de corte transversal 154, un sensor analizador del corte transversal (156) puede proporcionar una señal relacionada mientras realiza una medición real mientras lleva a cabo el corte. Ejemplos de sensores adecuados incluyen sensores mecánicos, ópticos, eléctricos o ultrasónicos pero no se limitan sólo a los mismos. La característica de poder cortar un material con la forma deseada así como las especificaciones de calidad para un grosor constantemente variable es particularmente útil en el uso con piezas complejas con contorno doble arbitrario tales como los componentes del ala de avión, que comúnmente varían en grosor.

[0025] En la perspectiva en la que los modelos de polinómicos 143 están típicamente basados en una familia de curvas, se proporciona un componente de interpolación modelo 150 para puntos operativos entre curvas almacenadas. Las figuras 5A-5C son las representaciones de la compensación de errores de corte basándose en polinomios para un material utilizado como ejemplo.

[0026] Un componente de compensación del corte 160 acepta los errores basados en la anchura, el ángulo y el retardo de Kerf calculados a partir del ensamblaje de compensación de la trayectoria 140 así como la velocidad y el conjunto de datos de la trayectoria del contorno (X,Y,Z,C,B) para cinco cortes de control dimensional y (X,Y,Z,C,B,A) para seis dimensiones, si se desea, mediante sistema CAM 108. El componente de compensación de Kerf 160 aplica los errores calculados de compensación del corte mediante el ensamblaje de compensación de la trayectoria 140 a la ubicación específica del contorno real a cortar. En otras palabras, la información de los errores de compensación del corte proporcionada por el ensamblaje de compensación de la trayectoria 140 no es suficiente para mover la boquilla 14. El componente de la compensación del corte 160 incluye una herramienta instantánea calculadora de vectores de la trayectoria 162 que computa un vector de trayectoria de movimiento instantáneo a partir del punto del programa pieza próximo a la posición actual para así determinar qué forma de compensación necesita viendo qué lado de cualquier posición dada es parte de la pieza deseada frente al material residual, a salvar o desechable. En la forma de realización ilustrada, los 5 o 6 ejes del programa pieza y el vector de movimiento computado son luego usados para computar el comando de movimiento instantáneo 5D o 6D o la herramienta por medio del componente 166. En un modo dinámico, se incorporan simultáneamente otros efectos lineales, angulares, y/o de velocidad determinados por el planificador del modelo. La compensación total, que consta de la anchura, ángulo y retardo de Kerf y efectos del planificador de movimiento, son aplicados al comando por el componente 170. La trayectoria modificada resultante y la velocidad pueden almacenarse en 168 y, si se desea, puede también generarse un informe de resumen con información relevante sobre el proceso de corte y almacenarse igualmente en 168 durante el tiempo que se necesite para cortar la pieza. Debe también tenerse en cuenta que este informe puede basarse en cortes simulados porque una vez dados la trayectoria de corte y los cambios en la velocidad dinámica conocidos, el tiempo de corte real en general puede estimarse entonces y pueden también detectarse otros problemas antes de efectuar el corte real. No obstante, además o de forma alternativa, en un modo de corte en tiempo real, se presentan la trayectoria modificada y los datos de velocidad para que sean ejecutados por el controlador de movimiento 148.

[0027] Haciendo referencia de nuevo al corte o a la herramienta de trayectoria 200 en la FIG. 4, puede explicarse también la forma de compensación proporcionada. La trayectoria 200 es definida en relación a coordenadas de referencia o un sistema de comando de coordenadas 204; no obstante, en vista de que al menos cinco grados de control del movimiento definen la trayectoria de corte 200, también se proporcionan dos grados de inclinación (vectores con superficie normal). Por consiguiente, como se ha indicado anteriormente, los puntos definidos 202 en la trayectoria de corte son representados (por medio de un ejemplo con cinco grados de control) como (X,Y,Z,C,B).

[0028] En cada punto de la trayectoria de la herramienta 200, los puntos anteriores y posteriores al punto a tratar en ese momento se examinan para determinar un vector de movimiento instantáneo 206 en el punto actual (punto 202A por ejemplo). El vector de movimiento instantáneo 206 es luego usado para averiguar la sección de corte 208 del corte a realizar (FIG. 1), que es ortogonal al vector de movimiento instantáneo 206, al igual que el corte transversal a lo largo del corte (FIG. 2), que se encuentra junto al vector de movimiento instantáneo 206. Así, las correcciones de corte se realizan en relación con la base instantánea de coordenadas en la posición actual 202A y vuelven a traducirse de vuelta al sistema de coordenadas de referencia 204 como (X',Y',Z',B', C') donde no se da ningún efecto de retroacción de la velocidad 126, o como (X'', Y'', Z'', B'', C'') cuando el efecto de retroacción de velocidad 126 está presente.

[0029] El componente de compensación de Kerf 160 puede también ser un factor en otras variables de proceso por un módulo de monitoreo del proceso 182 tal como el diámetro cambiante pero no limitado al mismo del orificio con el que cuenta la boquilla (debido por ejemplo al tiempo de activación del chorro), la proporción de abrasivo, presión, etc. Esto se ilustra por una línea de señalización 180, pudiéndose también aplicar la entrada de la misma al ensamblaje de compensación de la trayectoria 140. Aunque no es directamente pertinente de la compensación de Kerf, se puede proporcionar un módulo 184 a la señalización cuando la boquilla requiera sustitución o cuando otras variables de proceso requieran atención.

[0030] En resumen, algunos aspectos aquí descritos incluyen la compensación de Kerf en un ámbito real de cinco dimensiones o más relacionado con el corte, pudiendo incluir la misma además compensación dinámica basada en las limitaciones o el movimiento deseado de la boquilla para otras cuestiones aparte de la calidad de corte, al igual que las piezas pueden cambiar constantemente de grosor. No obstante, debe observarse que la compensación aquí descrita no está limitada a una trayectoria/orientación estática de corte basada en el post-procesamiento de la trayectoria inicial de corte (relacionado con el sistema CAM 108) o en la compensación proporcionada durante el control de movimiento dinámico (durante el corte real), sino que se prefiere un mecanismo de compensación que pueda usarse en cada uno de ellos separadamente o en una combinación de las situaciones anteriormente mencionadas.

[0031] Aunque el tema a tratar ha sido descrito en el lenguaje específico de características estructurales y/o actos metodológicos, debe entenderse que la extensión de la protección se ve sólo limitada por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (100) para posicionamiento de un chorro de fluido para corte en una pieza de contorno doble, constando el sistema de:

5 un módulo de compensación (113) configurado para recibir información con relación a la trayectoria del contorno (200) en al menos cinco grados de autonomía para el corte de la pieza de contorno doble y una velocidad de movimiento del chorro de fluido durante el corte, donde el módulo de compensación se configura para examinar puntos adyacentes antes y después de cada punto de la trayectoria del contorno (200) para determinar en un vector de movimiento instantáneo (206) el cual se utiliza para establecer un corte transversal (208) del corte a realizar, que es ortogonal con respecto al vector de movimiento instantáneo, así como un corte transversal a lo largo del corte, que se sitúa a lo largo del vector de movimiento instantáneo, y donde el módulo de compensación se configura para proporcionar como salida una trayectoria de contorno modificada de tales al menos cinco grados de autonomía basándose en el vector de movimiento instantáneo y los errores de compensación del corte, de manera que un corte se hace de forma paralela al vector de movimiento instantáneo (206) teniendo el corte un corte transversal (208) y siendo ortogonal al vector de movimiento instantáneo;

10 un controlador de movimiento (148) adaptado para recibir la trayectoria de contorno modificada de tales al menos cinco grados de autonomía y la velocidad y configurados para proporcionar señales de control; y

15 un posicionador (104) configurado para recibir señales de control y posicionar el chorro de fluido adyacente de acuerdo con la pieza.

2. Sistema según la reivindicación 1 donde el módulo de compensación (113) es configurado:

25 -para recibir información con respecto a la trayectoria del contorno en una estructura de coordenadas de referencia (204);

-para calcular la trayectoria modificada del contorno en una estructura de coordenadas instantánea; y

-para trasladar el sistema de coordenadas instantáneo de vuelta a la estructura de coordenadas de referencia.

3. Sistema según las reivindicaciones 1 o 2 donde el controlador de movimiento (148) se adapta para proporcionar información relacionada con los cambios en la velocidad del chorro de fluido durante el proceso de corte en la pieza, y donde el módulo de compensación (113) se adapta para modificar la trayectoria del contorno basada en el cambio en la velocidad.

4. Sistema según las reivindicaciones 1 o 2 que comprende además medios (154,156) para indicar un cambio en el grosor de la pieza de doble contorno a punto de ser cortada, y donde el módulo de compensación (113) se adapta para modificar la trayectoria del contorno basándose en un cambio en el grosor.

5. Sistema según la reivindicación 4 donde los medios (156) para indicar un cambio en el grosor de la pieza de contorno doble en el punto de corte incluyen un sensor adaptado para la medición del grosor en el punto de corte.

6. Sistema según la reivindicación 4 donde los medios para indicar un cambio en el grosor de la pieza de contorno doble en el punto de corte incluyen información posicional perteneciente al diseño de la pieza.

7. Sistema según la reivindicación 1 donde el módulo de compensación (113) incluye un ensamblaje de compensación (140) que se adapta para recibir información relacionada con la trayectoria del contorno en al menos cinco grados de autonomía para el corte de la pieza de contorno doble y con la velocidad de movimiento del chorro de fluido durante el corte y que se adapta para proporcionar información relacionada con la compensación del corte basándose en datos empíricos.

8. Sistema según la reivindicación 7 donde los datos empíricos es de la forma de ecuaciones polinómicas (143).

9. Sistema según la reivindicación 7 donde el módulo de compensación (113) incluye un componente de compensación de Kerf (160) configurado para recibir información relacionada con la compensación de Kerf basada en datos empíricos, la trayectoria de contorno y la velocidad y proporciona la trayectoria de contorno modificada de dichos al menos cinco grados de autonomía.

10. Sistema según la reivindicación 9 donde el componente de compensación de Kerf (160) incluye un módulo configurado para determinar un vector de trayectoria de la herramienta en cualquier punto de la trayectoria del contorno, y donde la trayectoria del contorno modificado de dichos al menos cinco grados de autonomía se basa en el vector de trayectoria de la herramienta.

11. Sistema según la reivindicación 10 donde el componente de compensación de Kerf incluye:

65 - un primer módulo configurado para determinar los errores de compensación de Kerf en al menos 5 dimensiones basadas en el vector de trayectoria de la herramienta en un sistema de coordenadas diferente del sistema de coordenadas de la trayectoria del contorno;

- y un segundo módulo configurado para usar los errores de compensación de Kerf en al menos 5 dimensiones basándose en el vector de trayectoria de la herramienta en el sistema de coordenadas diferente de la trayectoria del contorno para proporcionar la trayectoria modificada del mismo.

5 12. Sistema según la reivindicación 10 donde el controlador de movimiento (148) se adapta para proporcionar información relacionada con los cambios en la velocidad durante el corte, y donde el módulo de compensación (113) se adapta para modificar la trayectoria del contorno basándose en el cambio de velocidad.

10 13. Sistema según la reivindicación 10 y que comprende además medios (154,156) para indicar un cambio en el grosor de la pieza de contorno doble en el punto de corte, y donde el módulo de compensación (113) se adapta para modificar la trayectoria del contorno basándose en un cambio en el grosor.

15 14. Sistema según la reivindicación 13 donde los medios (156) para indicar un cambio en el grosor de la pieza de contorno doble en el punto de corte incluyen un sensor adaptado para medir el grosor en dicho momento de corte, y donde el ensamblaje de compensación se adapta para modificar la información de corte basándose en cambios en el grosor.

20 15. Sistema según la reivindicación 13 donde los medios para indicar un cambio en el grosor de la pieza de contorno doble en el punto de corte incluyen información posicional perteneciente al diseño de la pieza, y donde el ensamblaje de compensación (140) se adapta para modificar la información de corte basándose en el grosor a partir de la información posicional perteneciente al diseño de la pieza.

25 16. Método para proporcionar una trayectoria de contorno (200) para cortar una pieza de contorno doble, constando dicho método de:

-recepción de información relacionada con la trayectoria del contorno en al menos cinco grados de autonomía para cortar la pieza de contorno doble y una velocidad de movimiento del chorro de fluido durante el corte;

30 -examen de los puntos adyacentes anteriores y posteriores a cada punto en la trayectoria del contorno (200) para determinar un vector de movimiento instantáneo (206) que se utiliza para determinar un corte transversal (208) del corte a realizar, que es ortogonal al vector de movimiento instantáneo, al igual que un corte transversal a lo largo del corte, que se realiza en el vector de movimiento instantáneo;

35 -determinación de una trayectoria del contorno modificada de tales al menos cinco grados de autonomía basándose en el vector de movimiento instantáneo y en los errores de compensación de Kerf, de manera que un corte se realiza de acuerdo con el vector de movimiento instantáneo (206) teniendo el corte una sección transversal ortogonal al vector de movimiento instantáneo; y

- emisión de la trayectoria de contorno modificada.

40 17. Método según la reivindicación 16 donde la trayectoria del contorno se calcula en un sistema de coordenadas de referencia (204) y donde la trayectoria del contorno modificada se calcula en un sistema de coordenadas instantáneo que es trasladado de vuelta al sistema de coordenadas de referencia (204).

45 18. Método según las reivindicaciones 16 o 17 que comprende además recibir información relacionada con cambios en la velocidad del chorro de fluido durante el corte en la pieza, y donde determinar la trayectoria modificada del contorno de los mencionados al menos cinco grados de autonomía basándose en errores de compensación de Kerf incluye el basarse en el cambio de velocidad.

50 19. Método según la reivindicación 16 que comprende además información relacionada con cambios en el grosor de la pieza de contorno doble en el punto del corte, y donde determinar la trayectoria modificada del contorno de tales al menos cinco grados de autonomía basándose en errores de compensación de Kerf incluye basarse en un cambio de grosor.

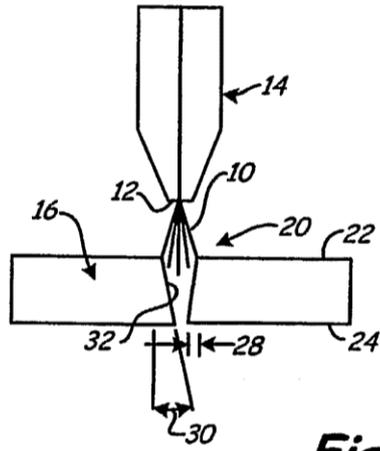


Fig. 1

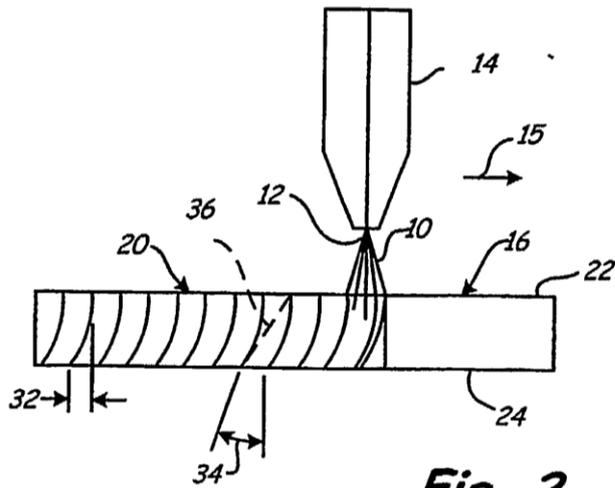


Fig. 2

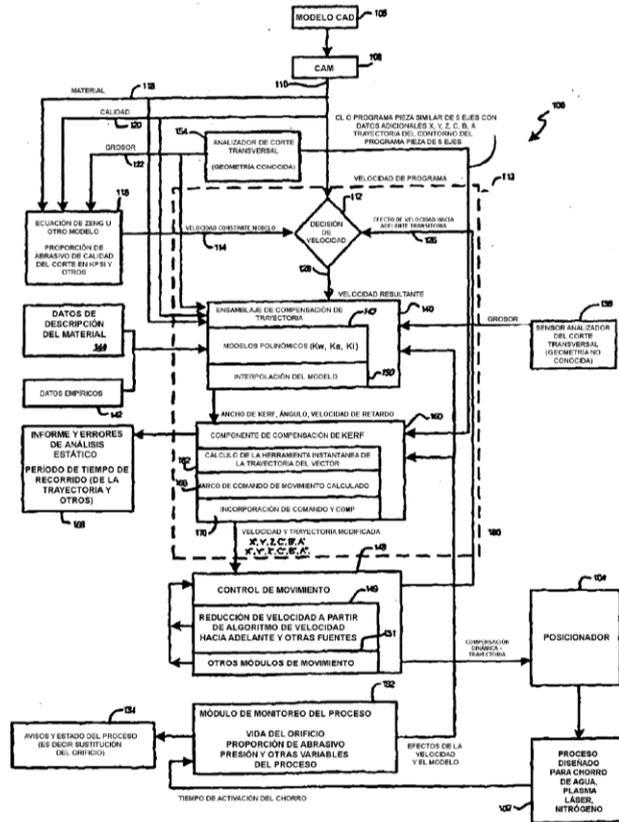


Fig. 3

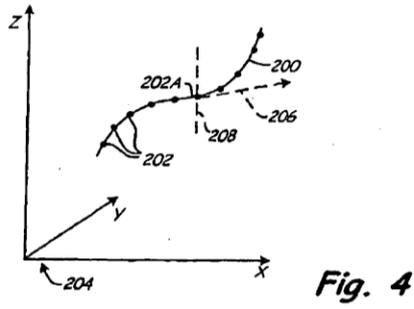


Fig. 4

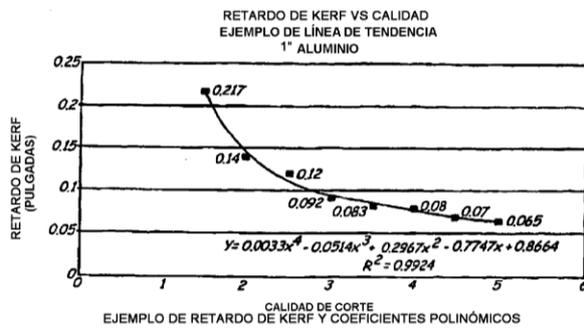


Fig. 5A

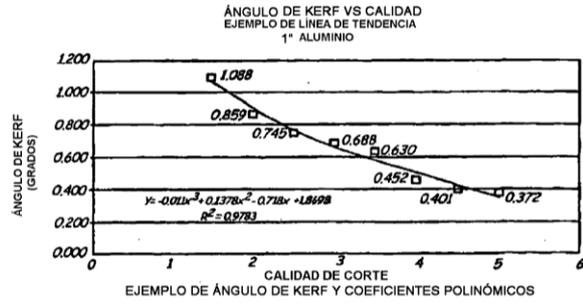


Fig. 5B

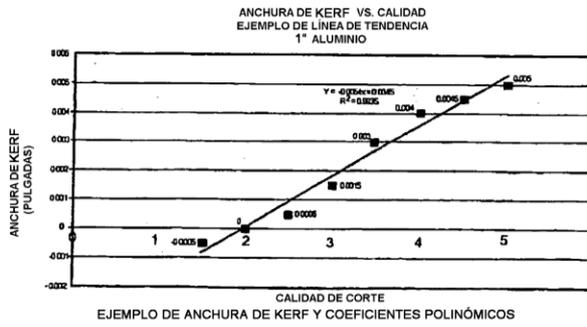


Fig. 5C

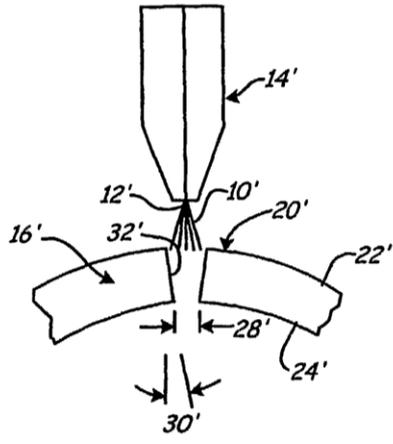


Fig. 6

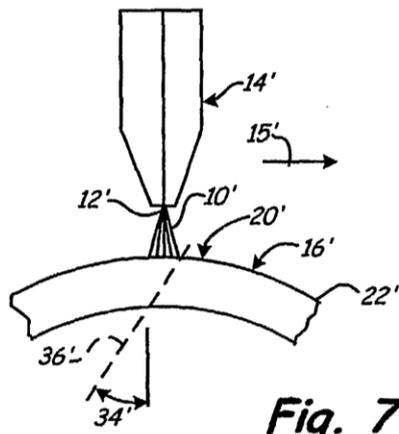


Fig. 7