



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 280 491**

(51) Int. Cl.:
G05B 19/408 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **02258487 .4**

(86) Fecha de presentación : **10.12.2002**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1321839**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **25.06.2003**

(54) Título: **Sistema para cortar patrones predefinidos en un flujo continuo de material laminado.**

(30) Prioridad: **10.12.2001 US 337151 P**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.09.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.09.2007

(73) Titular/es: **Lectra Canada Inc.**
50 Crémazie Boulevard East, Suite 200
Montréal, Québec H2P 1A2, CA

(72) Inventor/es: **Andrews, Randall G.;**
Bourke, Mary M.;
Sawatzky, Brian D.;
Reif, Andrew Z.;
Johnston, Brad y
Mah, Cedar

(74) Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

Sistema para cortar patrones predefinidos en un flujo continuo de material laminado.

La presente invención se refiere a un aparato de visión y de corte para cortar figuras predefinidas en una lámina de material en movimiento. En particular, un sistema de visión reconoce figuras predefinidas de geometría conocida asociadas a referencias y un controlador ordena al sistema de corte cortar exactamente la geometría de la figura cuando el material pasa por debajo del mismo.

Un procedimiento conocido consiste en hacer avanzar una longitud finita de material sin rasgos distintivos al interior de una zona de corte y, mientras el material se encuentra estacionario, desplazar un haz de rayos láser alrededor de un posicionador X-Y para cortar un patrón en el material. Un posicionador controlado numéricamente posiciona el haz de rayos láser sobre el material como respuesta a un patrón conocido predeterminado. Después de cortar el patrón, el transportador avanza para expulsar el patrón cortado y coloca nuevo material en la zona de corte.

En la solicitud de patente canadiense publicada como n° 2.016.554 el 11 de Noviembre de 1991, se da a conocer un procedimiento que alcanza parcialmente el objetivo de incrementar el rendimiento de patrones cortados permitiendo que el láser corte mientras el material se está desplazando sobre el transportador de forma continua a través de la zona de corte con láser. Este procedimiento de "corte sobre la marcha" elimina la carga y descarga del material de la zona de corte y utiliza el movimiento eficaz del cabezal de corte del láser tanto a lo largo del eje del material en movimiento como a través del material. En la patente US n° 6.294.755 B1, publicada el 25 de septiembre de 2001 para Lacent Technologies Inc., de Edmonton, Alberta, Canadá, se da a conocer un procedimiento para optimizar e incrementar adicionalmente el rendimiento del material cortado minimizando el tiempo requerido para desplazar el láser a lo largo de un trayecto continuo diferenciando el trayecto en movimientos geométricos, pares de los cuales se unen para minimizar las paradas y puestas en movimiento del posicionador. Además, se analizan gamas de velocidad para cada movimiento diferenciado y se ajustan para coincidir parcialmente y conformar una curva de velocidad continua.

Las técnicas anteriores se han basado en un material sustancialmente uniforme y el patrón sólo existe en la memoria numérica del cortador. En otras palabras, el patrón puede implementarse en cualquier lugar del material que se desplaza de forma continua. No obstante, en determinados casos, es deseable localizar y cortar una figura que ya está impresa o predefinida de otro modo en el material. El recorte de figuras o patrones cuyas coordenadas en los materiales son constantes incluye numerosos retos entre los cuales se cuentan: determinación del punto de inicio del corte y corte a lo largo de las líneas de corte predeterminadas de la figura o dentro de una cierta tolerancia respecto a las mismas. Los retos anteriores empeoran en las situaciones en las cuales el material se desplaza de forma continua, donde el material puede torcerse entre el inicio y el final del corte.

El corte de materiales estampados para posterior montaje ya es conocido en la industria textil y de fabricación de muebles. En tales casos, se conoce un nú-

mero finito de posiciones de inicio. Las patentes US n° 5.975.743 de Bercaits y US n° 4.905.159 de Lorient presentan un ejemplo de esta tecnología. Los expertos en la materia ya conocen la utilización de un sistema de visión que puede utilizarse para localizar un punto inicial, no obstante, hasta la fecha, la cámara de tales sistemas de visión es transportada por el cortador y, por lo tanto, sólo puede aplicarse en serie; buscar dentro de un área cuidadosamente definida para localizar el punto de inicio y, a continuación, reajustar para iniciar el proceso de corte. Otro enfoque para recortar la figura consiste en marcar previamente los límites o líneas de corte de la figura con marcadores de identificación, y a continuación reseguir el marcador con un cortador. Hasta donde sabe el solicitante, todavía no se ha conseguido cortar figuras predefinidas en una lámina de material en movimiento de figura Satisfactoria.

El solicitante no ha encontrado que las tecnologías anteriormente citadas presenten una mejora de la exactitud, un rendimiento superior y un funcionamiento con materiales más sofisticados.

En algunos casos, resulta deseable recortar figuras predefinidas en el material laminado. La naturaleza del material laminado hace que una figura predefinida pueda distorsionarse, tanto como resultado del proceso de fabricación, como del proceso de tejido o durante la manipulación posterior. La clase y la extensión de la distorsión pueden variar a lo largo de la longitud de la figura y a lo largo de la longitud del material laminado. Por lo tanto, sólo se espera que la figura presente un patrón predeterminado en una posición relativa específica del material laminado. Además, para acelerar el proceso, el material puede desplazarse de forma continua a través de un sistema de corte. Son bien conocidos los enfoques de la técnica anterior para cortar un patrón conocido en cualquier lugar de una pieza en blanco del material. No obstante, en el caso de láminas predefinidas en material, debe recortarse un patrón en las coordenadas predefinidas correspondientes a la figura sobre el material laminado.

Como técnica anterior adicional a la presente invención, el documento US-A-5.353.355 da a conocer un dispositivo para reconocer y emparejar patrones de tejido, a saber, un patrón en un material estampado. El material se coloca sobre una mesa fija de patronaje, emparejamiento y corte, y un ordenador controlador de emparejamiento de patrones desplaza una cámara sobre cada uno de una pluralidad de puntos de emparejamiento de patrones para captar una imagen y así medir la posición del patrón. Los datos de secuencia de puntos de corte se revisan basándose en el resultado de la medición, y el cortador se controla correspondientemente.

El documento US-A-5.333.111 da a conocer un sistema de corte de prendas de vestir adaptado para utilización con tejidos que presentan un diseño a rayas o cuadros escoceses que permite un emparejamiento manual o automático tanto entre un marcador de prendas de vestir y la capa de tejido como entre patrones de segmentos de prendas de vestir secuenciados. El sistema de visión y el sistema de corte pueden desplazarse cada uno de ellos a través de la mesa de tejido fija.

Según la presente invención, se disponen un procedimiento y un aparato para cortar figuras predefinidas en un flujo continuo de material laminado, como

se establece en las reivindicaciones adjuntas. Se pondrán de manifiesto características preferidas de la invención a partir de las reivindicaciones subordinadas adjuntas y de la descripción siguiente.

En una forma de realización, se adapta un sistema de visión a un sistema de corte sobre la marcha en el cual el sistema de corte consiste en recortar figuras simultáneamente basándose en una referencia previamente localizada mientras el sistema de visión observa o explora el material laminado pasando por encima del mismo para localizar en el material una o más referencias subsiguientes asociadas con por lo menos una figura, tanto si se trata de la misma figura o de otras figuras. Cada figura se predefine en el material laminado y se asocia con una geometría o patrón conocido y una referencia. Las referencias se conocen en un sistema de coordenadas global como por ejemplo el asociado con el sistema de corte. El patrón conocido se corta respecto a las coordenadas de la referencia para la figura predefinida correspondiente en los materiales laminados al pasar por ellos. Similarmente, el sistema de visión y el sistema de corte sobre la marcha pueden desplazarse secuencialmente y de forma sustancialmente continua a través del lecho fijo de material laminado.

Para emparejar el patrón cortado con la ubicación real de la figura predefinida, y en una forma de realización, un sistema de visión fijo observa el material laminado que se desplaza por debajo de éste para localizar una primera referencia, y cuando lo encuentra, determina sus coordenadas globales respecto al sistema de corte. Un controlador determina la situación del patrón respecto a su primera referencia para superponerlo con el mismo. Correspondientemente, las figuras predefinidas que aparecen en intervalos irregulares en el material laminado o desplazadas en las coordenadas X o Y pueden cortarse tan fácilmente como las de la técnica anterior que tampoco están fijadas en el material o que aparecen de forma predecible a intervalos regulares.

Al mismo tiempo, mientras el sistema de visión sigue localizando las referencias subsiguientes, el sistema de corte recorta las figuras predefinidas correspondientemente a las referencias previas o anteriormente localizadas.

En otros casos, en el material se dispone por lo menos una segunda referencia para una figura, o cada figura. El sistema de visión explora el material que se encuentra en su campo de visión para encontrar una primera referencia y referencias adicionales, y cuando encuentra cada uno de ellos, el sistema determina sus coordenadas globales. El controlador supone que debe encontrarse una segunda referencia, o un número superior de referencias, en coordenadas incrementales determinadas a partir de la primera referencia, basándose en la geometría o patrón conocido de la figura. El patrón se ajusta para tomar en consideración cualquier distorsión aparente del material laminado y de la figura. Un ajuste puede comprender un alargamiento lineal para compensar una figura más corta o una figura más larga que la geometría predefinida en el patrón. Otra forma de ajuste comprende los ajustes de figuras del material laminado que se encuentran rotadas (material torcido) y figuras que presentan una distorsión dentro de la propia figura (el material está inclinado y torcido).

En otra forma de realización, la eficacia se mantiene o incrementa cambiando las instrucciones de corte

sobre la marcha. Una situación de esta clase comprende el remapeo de patrones para tomar en consideración la distorsión o modificación, omitiendo o pasando por alto el corte de una de las múltiples figuras predefinidas de una serie anidada de figuras del material laminado. Es posible pasar por alto una figura predefinida que ocupa una imperfección u otro tipo de pieza defectuosa de material. Una referencia específica podría indicar la figura predefinida defectuosa. Entre el sistema de visión y el sistema de corte, el trayecto de corte y los perfiles de movimiento para el transportador y el posicionador del cortador de láser pueden optimizarse para minimizar el arrastre en seco, para minimizar el número de movimientos, para recalcular el trayecto de corte en la zona de contacto del cortador y para omitir o modificar de otro modo la figura defectuosa, ahorrando un tiempo significativo al posicionador.

Los cálculos en tiempo real para el trayecto de línea de corte y control de movimiento pueden realizarse dependiendo de las circunstancias. En una aplicación directa de la geometría conocida o patrón a las figuras del material, en el caso de un "cortagalletas", el patrón puede aplicarse simplemente por superposición del mismo respecto de la referencia identificada de la figura predefinida y a continuación cortar el material laminado. En tal circunstancia, puede elegirse utilizar un trayecto de corte predeterminado y un perfil predeterminado para el control de movimiento del posicionador y el transportador para el material laminado. En otro caso, en el cual se localizan por lo menos dos referencias para una figura, es determinable una rotación o un alargamiento y las coordenadas de la figura pueden remapearse para el nuevo patrón sin afectar al trayecto de la línea de corte. Normalmente, se recalcula el perfil de movimiento. En otras circunstancias, como por ejemplo cuando se ha detectado un caso extremo de inclinación y torsión utilizando una pluralidad de referencias, el trayecto de la línea de corte ya no puede optimizarse provocando un ajuste del trayecto de corte y del perfil de movimiento.

Correspondientemente, en un aspecto amplio, se dispone un procedimiento para recortar por lo menos una figura predefinida en un material laminado, presentando cada una de las por lo menos una figura predefinida un patrón con una geometría predeterminada y por lo menos una referencia, estando asociado cada una de dichas por lo menos una referencia con coordenadas predeterminadas en el patrón, comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes: localización de una o más referencias previas en el material laminado que se desplaza respecto a un sistema de visión y un sistema de corte; corte de las figuras predefinidas basándose en la referencia o referencias mientras se localizan simultáneamente una o más referencias subsiguientes en el material laminado en movimiento; y repetición sustancialmente continua de los procesos simultáneos de corte y localización de una o más referencias subsiguientes.

En otro aspecto amplio, el procedimiento anterior puede implementarse utilizando un aparato que comprende: un sistema de corte sobre la marcha para cortar un patrón en el material laminado, siendo conocido el sistema de corte en las coordenadas globales; un sistema de visión para localizar las coordenadas globales de por lo menos una referencia en el material laminado, que corresponden a las coordenadas globales predefinidas en el patrón; estructura para efectuar

un movimiento relativo sustancialmente continuo entre el material laminado y los sistemas de visión y de corte; medios para establecer medidas de dicho movimiento relativo en las coordenadas globales; y un controlador para superponer el patrón con dicha por lo menos primera referencia localizada, para que el sistema de corte realice el corte del patrón para la figura predefinida de forma sustancialmente simultánea con la localización por el sistema de visión de las coordenadas globales del subsiguiente por lo menos una referencia en el material laminado.

El aparato y la metodología expuestos en el presente documento son aplicables a cualquier herramienta que pueda desplazarse rápidamente alrededor de una figura predefinida. La figura del material puede integrarse dentro del material o aplicarse sobre el mismo. Las referencias en este documento a las expresiones “dentro” y “sobre” son sinónimas y una y otra se utilizan por separado para evitar repetir cada forma de realización en cada ejemplo, pero sin intención limitativa a una u otra. Un ejemplo de “dentro” consiste en sustituir, incluir o añadir hebras marcadoras dentro del material laminado. Un ejemplo de “sobre” consiste en imprimir una marca sobre la superficie del material, suministrando dicha marca retroalimentación discriminadora al sistema de visión, incluyendo retroalimentación de contraste, magnética y de radioisótopos.

La figura 1 es un diagrama de flujo y dibujos esquemáticos correspondientes de una forma de realización de un sistema para cortar figuras predefinidas del material laminado en movimiento;

las figuras 2a y 2b son una vista superior y una vista lateral respectivamente de un sistema de visión incorporado con un sistema de corte de cortador láser;

la figura 3 es una vista en planta de figuras predefinidas anidadas en el material laminado que ilustran una variedad de problemas en una representación exagerada;

las figuras 4a y 4b son unas vistas en planta que ilustran algunas figuras rectangulares no distorsionadas y algunas opciones de referencias;

las figuras 5a y 5b son unas vistas en planta que ilustran dos figuras predefinidas separadas que presentan patrones y figuras idénticos pero que se encuentran relativamente desplazadas transversalmente en el material laminado;

la figura 6 es una vista en planta que ilustra una figura rotada respecto al patrón ideal (líneas de puntos) pero no distorsionada de otro modo;

las figuras 7a y 7b son unas vistas en planta que ilustran dos figuras predefinidas separadas, la primera de las cuales no presenta ninguna distorsión y la segunda de las cuales presenta un estiramiento longitudinal por un incremento en el material laminado;

las figuras 8a y 8b son unas vistas en planta que ilustran dos figuras predefinidas separadas en el material laminado, la primera de las cuales no presenta ninguna distorsión y muestra una cuadrícula superpuesta que representa parches rectangulares y la segunda de las cuales está distorsionada por inclinación y por torsión y presenta parches distorsionados;

la figura 9a es una vista en planta de una figura predefinida compleja que se encuentra distorsionada por inclinación y por torsión respecto al patrón ideal (líneas de puntos), y en la cual se omiten las líneas de cuadrícula y los parches para mayor claridad;

las figuras 9b a 9d son unas vistas en planta según la figura 9a que muestran parches rectangulares asociados con cuatro referencias, mostrando la figura 9b una pluralidad de parches rectangulares, la figura 9c un parche rectangular sólo y la figura 9d un parche rectangular torcido;

la figura 10 es un diagrama de flujo de un proceso para cortar figuras predefinidas en un material laminado que ilustra diversas opciones para adaptarse a diferentes movimientos del material y a la distorsión del mismo;

la figura 11 es una vista en perspectiva de una forma de realización de la invención adaptada a un sistema de corte de láser comercial según el ejemplo del Lacent 1000;

la figura 12 es una vista terminal del sistema de visión según la forma de realización de la figura 11;

la figura 13 es un esquema del sistema de visión que coopera con el sistema de corte para ajustar el control del movimiento del PMC y el CMC;

la figura 14 es un diagrama de bloques de las conexiones de hardware entre el sistema de visión, el sistema de corte y sus controladores respectivos; y

la figura 15 es un diagrama de flujo de una secuencia de cálculo para determinar los trayectos de las líneas de corte y el control del movimiento.

Con referencia a la figura 1, en la cual ya se encuentra una figura S impresa, tejida o predefinida de otro modo en el material 10, en primer lugar debe localizarse la figura S, antes de recortarla con un sistema de corte 11. La figura predefinida S presenta un patrón P con una geometría predeterminada. El patrón P de cada geometría de figura se conoce anticipadamente y está guardado. La exacta superposición de la aplicación del patrón a la figura S en el material puede resultar crítica para la integridad y aceptabilidad de la figura cortada final S. La figura predefinida S se identifica en el material laminado 10 utilizando un sistema de visión 12 que reconoce una o más marcas características o referencias F en el material 10. La ubicación de las referencias F establece la relación geométrica entre la figura predefinida S y el patrón P. Las ubicaciones en cualquier momento del sistema de corte, el sistema de visión y el material laminado se conocen en un sistema de coordenadas global. Correspondientemente, la ubicación en la cual el patrón de corte P se aplica y se corta en el material laminado se conoce respecto a la referencia reconocida F. Un cortador 13 del sistema de corte 11 corta el material laminado 10 a lo largo del patrón predeterminado P, exactamente situado y superpuesto a la figura predefinida S sobre el material laminado. Simultáneamente, cuando el cortador está cortando figuras basándose en las referencias previamente localizadas, con el sistema de visión se localizan otras referencias subsiguientes.

Con referencia también a las figuras 2a, 2b, las formas de realización del sistema de corte 11 incluyen las expuestas en la solicitud CA publicada como 2.016.544 para Bailik, y en la patente US publicada como 6.294.755 para Sawatzky *et al.*, la totalidad de las cuales se incluye en la presente memoria a título de referencia. Como puede observarse, se ilustra una forma de realización del sistema de corte 11 que comprende un extendedor de material 14 que introduce material laminado que pasa por un rodillo de arrastre 15 y se sitúa sobre un transportador sinfín 16. El transportador 16 sostiene y transporta el material 10 de forma sustancialmente continua a través del sis-

tema de corte 11. El material cortado se transfiere a un apilador u otro sistema de recogida (no representado). La realidad de dicho aparato mecánico y de la variabilidad del material laminado es que es necesario establecer la ubicación de una figura predefinida en el material antes de cortar, aunque se sepa que la geometría de las figuras predefinidas no siempre presenta una correspondencia perfecta con la geometría predeterminada del patrón P de la figura.

Igualmente aplicable es un sistema en el que el sistema de visión y el sistema de corte se desplazan de figura Secuencial y sustancialmente continua sobre una lámina de material. La eficacia del sistema se obtiene realizando un corte sobre la marcha con un desplazamiento relativo sustancialmente continuo, tanto si es el material el que se desplaza por debajo del sistema de visión y de corte como si son el sistema de visión y de corte los que se desplazan por encima del material. En la presente memoria y asociado con el aparato particular descrito en la misma, se describe un material laminado que se desplaza de figura Secuencial por debajo del sistema de visión y de corte.

Las referencias F pueden situarse transversalmente en cualquier lugar de la extensión ocupada por el material 10. Para evitar la pérdida de eficacia asociada y no poner en peligro la precisión cuando se buscan referencias desplazándose alrededor del material, el sistema de visión 12 permanece estacionario para observar, examinar o explorar un incremento longitudinal de sustancialmente toda la anchura transversal del material laminado 10 en movimiento que pasa por ese lugar. Una anchura efectiva del material laminado incluye una anchura que comprende referencias. Si se conoce la ubicación transversal de una o más referencias, pueden definirse y supervisarse una o más partes o zonas transversales de interés para reducir la carga general de procesamiento de reconocimiento.

Algunas de las metodologías para detectar referencias F incluyen el procesamiento de imágenes del material y la búsqueda del contraste diferencial entre, por ejemplo, una referencia oscura en forma de cruz y un fondo de intensidad más baja. Entre otros procedimientos se incluyen la aplicación y la detección de referencias a través de un espectro de radiación magnética o electromagnética (visible o invisible) y de radioisótopos. Otros tipos de marcas referenciales incluyen hebras detectoras situadas en el material, que se detectan utilizando sistemas de capacitancia pasivos que miden las variaciones del campo magnético, o detectores de "dominio del tiempo" activos que miden un campo magnético secundario de corriente inducida de Foucault. Como puede apreciarse a partir de algunos de los ejemplos anteriores, las referencias F pueden estar situadas en la superficie del material. Debe tenerse en cuenta que, en la presente memoria, las referencias descritas pueden hallarse dentro o sobre el material laminado y, asimismo, que ninguna de estas posibilidades es limitativa. Siempre y cuando pueda identificarse una referencia, no será relevante si ésta se aplica mediante alguna técnica de aplicación superficial o si se integra de alguna manera en el material laminado.

En la presente memoria, la expresión "sistema de visión" debe interpretarse de forma general como cualquier sistema que detecta referencias F dentro o sobre la lámina de material 10. Los sistemas simples basados en la visión incluyen cámaras digitales y lentes para captar campos de visión amplios y superpues-

tos, y escáneres. Cuando el sistema de visión aplica una exploración secuencial de la anchura efectiva del material laminado, el tiempo de exploración y el tiempo de procesamiento se compensan en la determinación de las coordenadas globales de las referencias identificadas en el material en movimiento. No obstante, por motivos prácticos, y con la única finalidad de facilitar la descripción, el sistema de visión 22 se describe en la presente memoria como un sistema de iluminación y cámara convencional que puede detectar el contraste entre el material laminado y las hebras marcadoras del material laminado. Dicho sistema procesa de forma sustancialmente simultánea la anchura transversal del material laminado. Para la identificación de referencias, los términos "observar", "explorar" y "detectar" se utilizan como sinónimos, en la presente memoria.

Con referencia a la figura 3, el material laminado 10 habitualmente presenta una pluralidad de figuras S predefinidas que incluyen F identificables por máquina. Las referencias F pueden diferenciarse del fondo del material laminado 10 porque poseen una o varias "hebras marcadoras" discretas que presentan unas características identificables entretejidas en la urdimbre (habitualmente a lo largo de la dirección del movimiento) y la dirección (habitualmente, transversal) de la trama del material tejido. Un tipo de material laminado 10 en el que el corte preciso resulta ventajoso es un material que presenta un diseño particular y en el que el patrón de la figura se coloca sobre el material dependiendo del diseño del material. Otro ejemplo de tipo de forma predefinida en un material es un tejido de una pieza que consta de dos capas de tejido unidas en puntos discretos. La figura S puede estar relacionada con los puntos discretos, incluyendo parte o todos los límites internos y externos de la figura o la distribución de las tolerancias. El aparato y la metodología descritos en la presente memoria permiten realizar un corte exacto de cada figura S evitando incidir en los límites, que habitualmente presentan una tolerancia, o de lo contrario la figura S predefinida tal vez no sobreviva al corte o a un subsiguiente proceso de control de la calidad.

Debe tenerse en cuenta que la figura S predefinida tal vez no esté marcada físicamente en el material laminado 10, aunque se conoce su geometría y un punto característico relativo a una o más referencias. Además, tanto si está marcada como si no, la figura S predefinida es la que corresponde a un patrón P predeterminado y, cuando es aplicada a un material y cortada, puede incluir una tolerancia, tal como un margen de costura.

En la figura 3, se ilustra una serie anidada de una pluralidad de figuras S, por lo menos algunas de las cuales son figuras S predefinidas situadas dentro del material 10. La propia serie anidada puede constituir una figura S predefinida que presenta un patrón P que es simplemente más completo que el patrón P de una figura S predefinida individual.

Por motivos ilustrativos, se han representado algunas variantes de las figuras S que incluyen algunas distorsiones caprichosas y graves. Las cuatro primeras figuras S predefinidas presentan distorsión por inclinación y torsión. El segundo grupo de figuras S predefinidas incluye una figura que presenta una tara. El último grupo de cuatro figuras S presenta una referencia delantera F que es aperiódica comparada con las otras referencias.

Como se da a conocer en la patente de Sawatzky *et al.*, para cortar cualquier figura, debe caracterizarse un patrón mediante una serie de líneas de corte calculadas a lo largo de las cuales será conducido el cortador. El procedimiento de corte puede optimizarse calculando dichas líneas de corte sobre la marcha. En consecuencia, la adaptación a la geometría variable de las figuras predefinidas S es una característica que puede explotarse ventajosamente en los sistemas capaces de realizar una exploración en tiempo real del material laminado 10 y de reconocer las referencias F, mientras se realizan cálculos de optimización para determinar e implementar el corte óptimo del patrón P.

El material laminado 10 se desplaza de forma continua a través de los sistemas de visión y de corte. Las figuras S se predefinen en el material en movimiento 10. El patrón P de geometría ideal se ha predeterminado y se conoce. La ubicación donde se aplicará en última instancia el patrón P en el material laminado 10 constituye una incógnita inicialmente. El sistema de visión 12 proporciona esta información a través de la determinación de las coordenadas de una referencia asociada. Esta referencia, que se convierte en una referencia anterior tras la localización de las subsiguientes referencias, permite determinar la figura S predefinida. La utilización de referencias subsiguientes adicionales permite determinar la distorsión. El sistema de corte 11 recibe instrucciones acerca de qué patrón o geometría particular debe aplicarse y dónde y cuándo debe cortarse el patrón P para superponerlo a la figura S predefinida, independientemente de la ubicación en el material laminado 10 o la distorsión. El tipo de operaciones sobre la marcha ya está adaptado para cortar el material en movimiento 10: Además, la presente invención aporta a este tipo de operaciones la capacidad para identificar referencias F al mismo tiempo que se cortan los patrones P con las coordenadas dictadas por las referencias. En la operación de corte sobre la marcha, la mayor parte de cálculos de optimización se realizan en tiempo real, por lo menos para realizar traslaciones y rotaciones de las coordenadas como respuesta a la reubicación o posicionamiento del patrón conocido P. En consecuencia, cuando se conoce una o más coordenadas de referencia o referencias de la figura S predefinida, el patrón de corte P se adapta en tiempo real para ser aplicado y cortado superponiéndose con exactitud en las coordenadas y la geometría de la correspondiente figura predefinida en el material.

Para permitir el funcionamiento en tiempo real durante las operaciones de corte sobre la marcha, no es posible explorar simplemente el material laminado 10 en serie y más tarde regresar para cortar el material previamente explorado, puesto que el material laminado ya habrá avanzado y abandonado la zona de corte del sistema de corte. Con la única limitación de las capacidades de procesamiento, cada una de las operaciones de localización y corte de la figura predefinida es autónoma y se realiza de forma simultánea. Dichas capacidades son proporcionadas por un sistema de visión 12 situado corriente arriba del sistema de corte 11.

Se proporcionan unos medios para procesar la información del sistema de visión y adaptarla para la superposición y corte de un patrón de una figura predefinida con el sistema de corte. En una forma de realización representada, el sistema de visión 12 presen-

ta un controlador 21 para procesar la información del sistema de reconocimiento de referencias, y determinar las coordenadas x-y de las referencias F con respecto al sistema de corte 11. Se mantiene un sistema de coordenadas global en el que se conocen las coordenadas de los sistemas de visión y de corte. También se conocen las coordenadas del material laminado en el sistema de coordenadas global durante su desplazamiento a través de éste. Un codificador acoplado a los medios que desplazan el material laminado con respecto a los sistemas de visión y de corte proporciona la relación geométrica entre las coordenadas del material laminado cuando éste se desplaza en el sistema de coordenadas global entre el sistema de visión y el sistema de corte. Unos medios controladores 21, tales como software implementado en un ordenador, determinan la presencia y las coordenadas de las referencias reconocidas F en el sistema de coordenadas del sistema de corte 11 y permiten la interrelación entre el sistema de visión 12 y el sistema de corte 11, incluida la transmisión de la información de las referencias F reconocidas al sistema de corte 11. El sistema de corte 11 presenta sus propios medios controladores 22 para procesar el movimiento del transportador y el posicionador y cortar en última instancia un patrón de la figura predeterminada en el material laminado. No es necesario que las operaciones del controlador estén físicamente separadas, sino que también pueden ser realizadas por un controlador consolidado o un controlador de supervisión.

Con referencia a las figuras 4a y 4b, cuando el material se desplaza de forma continua por el sistema de visión, éste localiza una referencia F o una secuencia exclusiva de referencias F', F'' relacionada con una figura. En la figura 4a, se ilustra una primera referencia F por medio de un punto que ya está relacionado con una figura rectangular S. En la figura 4b, se ilustra una serie de referencias en forma de cruz F', F'', de las cuales dos en secuencia pueden indicar una figura S próxima, y el siguiente o las siguientes referencias F están relacionadas con una figura rectangular S. Un controlador realiza el "emparejamiento de patrones" entre el patrón P conocido y las referencias F reconocidas. Como se ha indicado previamente, el patrón P conocido por los medios controladores puede cortarse en el material laminado en movimiento 10, localizando y superponiendo el patrón P a la referencia F del material y, a continuación, cortando el patrón P para cortar con precisión la figura predefinida S. Como se representa en las figuras 5a, 5b, independientemente de si una figura subsiguiente (figura 5b) está desplazada o no respecto de una figura anterior en el material laminado (figura 5a), la ubicación de la referencia F se conoce con respecto a la propia figura S y, por lo tanto, el patrón se posiciona correctamente antes del corte.

No obstante, en la práctica, como se ilustra en las figuras 6, 7a - 8b, el propio material laminado 10 puede distorsionarse debido a esfuerzos residuales en el material tejido, o el material laminado 10 en movimiento puede experimentar una rotación, un estiramiento o una distorsión adicional, tal como una inclinación o una torsión, entre el sistema de suministro del material laminado y el sistema de visión 12, todo lo cual puede poner en peligro este contexto ideal de superposición o emparejamiento de patrón y figura. Resulta conveniente minimizar la distorsión adicional entre el sistema de visión 12 y el sistema de corte 11

cuando no se aplica ningún sistema secundario para supervisar la distorsión adicional. En tales casos, la geometría del patrón P predeterminado deja de corresponderse con la figura S predefinida distorsionada y pueden producirse errores de emparejamiento durante el corte, a menos que se altere o remapee el patrón predeterminado para ajustarlo a la forma real de una figura predefinida distorsionada.

A continuación, se proporciona una clasificación global de una diversidad de casos:

- Figuras 5a, 5b, estampado: En este contexto, el programa controlador no necesita alterar de ningún modo la geometría del patrón P. El sistema de visión 12 sólo necesita localizar la correspondiente referencia F de la figura predefinida en el material 10, superponer el patrón P y aplicar las líneas de corte del patrón como un revestimiento sobre la figura S predefinida y recortar la figura tal como lo haría una matriz de estampado o un cortagalletas.
- Figuras 3, 6, rotación: En este contexto, el programa sólo necesita alterar la geometría del patrón P con una simple rotación. El sistema de visión necesita dos referencias F, F2. Una primera referencia de referencia F fija la figura al patrón P y una segunda referencia F2 identifica una rotación del material 10 y de la figura S desde un punto característico P2 del patrón P y relativo a la referencia F de referencia.
- Figuras 7a, 7b, estiramiento y desplazamiento: En este contexto, el programa sólo necesita alterar la geometría del patrón P mediante un simple estiramiento geométrico (o compresión) en las coordenadas X o Y o ambas. Como se representa en las figuras 7a, 7b, se determina un estiramiento longitudinal mediante dos o más referencias F-F2, para definir una longitud de referencia de la figura predefinida F-F2, tanto si ésta es más larga o más corta que las coordenadas correspondientes del patrón, F-P2, y por lo tanto realizar un "estiramiento" del patrón en la dirección de urdimbre o trama adecuada y, si es necesario, realizar una traslación.
- Pueden aplicarse otros contextos de remapeo a la totalidad o a una parte de una figura S, basándose en algoritmos predeterminados que tienen en cuenta áreas críticas de la figura que no deben ser remapeadas y otras áreas que pueden ser remapeadas.
- Figuras 8a, 8b, 9, inclinación y torsión lineal: En este contexto, se definen una o más áreas o parches del patrón P ligadas por lo menos por tres referencias en un sistema de coordenadas X-Y. Las referencias en cantidades múltiplo de tres definen un parche triangular y en cantidades múltiplo de cuatro definen una pluralidad de parches rectangulares. El sistema de visión determina la inclinación y la torsión respecto del patrón ideal P. Entonces, el programa sólo tiene que remapear las coor-

denadas del patrón, que son las del patrón ideal, para cambiarlas a las de un patrón P remapeado que refleja mejor el área que ha sufrido inclinación y torsión. El procedimiento de remapeado puede aplicarse a toda la figura S o a una parte de que presenta dos o más parches. Dicho procedimiento de remapeado puede consistir en una simple traslación lineal de las coordenadas o puede consistir en la modificación de una parte sí y otra no. En una de las formas de realización representadas, se implementan una o varias áreas o parches rectangulares ligados mediante por lo menos cuatro referencias, dos en las X y dos en las Y.

- Inclinación y torsión interpoladas: Lo mismo que para la inclinación y la torsión lineal. Además, en este contexto, se definen áreas del patrón P utilizando, por ejemplo, parches rectangulares ligados mediante por lo menos dos referencias en las X y dos referencias en las Y. Una vez que el sistema de visión ha determinado la inclinación y la torsión, las coordenadas del patrón P se corrigen interpolando mediante un polinomio de grado N para uniformizar el corte en todos los puntos.

En consecuencia, por lo general, durante el funcionamiento y con referencia al bloque B1 de la figura 10, se determina la geometría relativa entre el sistema de visión 12 y el sistema de corte 11 para colocar el material laminado 10, el sistema de visión 12 y el sistema de corte 11 en un sistema de coordenadas global.

El sistema de visión 12 está situado en unas coordenadas X-Y conocidas corriente arriba del sistema de corte 11. El transportador 16 presenta características de velocidad conocidas. Se realiza una calibración entre las coordenadas de una referencia F situada en un punto de origen y el cortador 13 del sistema de corte 11. Dicha calibración suele determinarse, cuando es necesario, para ser realizada, por ejemplo, al principio de un rollo de material laminado 10. Cuando se determina el origen, el operador hace avanzar el material hasta que se encuentra visualmente situado debajo del cortador. A partir de entonces, se conocen todas las coordenadas relativas dentro del sistema de coordenadas global, y el corte puede empezar a efectuarse de conformidad con el patrón y de forma sustancialmente continua y simultánea con la ubicación de las referencias F.

El patrón presenta unas coordenadas predeterminadas que habitualmente se conocen antes de que el proceso se inicie en los bloques A1, B1. En el bloque A2, puede calcularse, mediante el patrón, el trayecto de la línea de corte y las zonas de contacto adecuadas para el sistema de corte. El perfil de movimiento puede calcularse en el bloque A3. Las líneas de corte y el perfil de movimiento tal vez necesiten, o tal vez no, ser cambiados sobre la marcha.

Cuando se activa el transportador 16, se inicia un proceso de determinación simultánea de referencias y de corte de figuras. En el bloque B2, el sistema de visión 12 observa de forma sustancialmente continua una anchura del material laminado 10 que pasa por debajo del mismo para hallar una o más referencias F, F2,.... Se selecciona una anchura efectiva dentro de la

cual aparecen referencias, siendo en la práctica dicha anchura ligeramente inferior a la anchura transversal completa del material laminado. Como saben los expertos en la materia, pueden aplicarse diversas reglas para determinar si una posible referencia reconocida por el sistema de visión 12 en el bloque B3 cumple los requisitos para ser una referencia que incluye umbrales de detección intrínsecos basados en la visión. Para minimizar la carga general de procesamiento y minimizar la incidencia de falsos positivos, se puede instruir al sistema de visión para que observe sólo un subconjunto de la anchura transversal, limitando el efecto a una o más zonas de interés.

Las coordenadas globales x, y de cada referencia se transmiten a unos medios para comparar el patrón y las referencias en el bloque B5. El sistema de visión 12 reconoce y determina las coordenadas de las referencias de forma simultánea y, por lo tanto, sin tener en cuenta la actividad corriente abajo (por ejemplo, el funcionamiento del sistema de corte 11). Por motivos prácticos y para distribuir la carga de procesamiento, el controlador 21 del sistema de visión 12 procesa los datos de entrada, tales como las coordenadas X-Y, independientemente del controlador 22 que procesa las instrucciones realizadas por el sistema de corte 11.

Con el desplazamiento del material laminado 10, se produce también el desplazamiento de las coordenadas de las referencias F, F2,... Mediante una de las diversas técnicas de procesamiento existentes, que incluyen el desplazamiento de conjuntos de coordenadas o cálculos de tiempo y espacio, se realiza el seguimiento de las referencias F, F2,... en el sistema de coordenadas global del sistema de corte 11.

En los bloques B6, B7, B8, la ubicación de la figura S se determina con un mínimo de una referencia F y también pueden utilizarse dos o más referencias F, F2, F3,... para corregir la distorsión de la figura. Este ajuste se realiza sobre la marcha emparejando las referencias reconocidas F con una plantilla digital del patrón P y, a continuación, realizando los ajustes deseados a la geometría del patrón para lograr la precisión de corte deseada para la figura S predefinida.

En la forma de realización más sencilla del bloque B8, se halla una referencia F y por lo tanto se averigua la ubicación de la figura predefinida y, en el bloque B14, se aplica el correspondiente patrón relativo a la posición de la referencia F para cortar la figura S predefinida. Si es necesario efectuar una traslación, el perfil de movimiento puede recalcularse en el bloque 11.

En otras formas de realización, los patrones pueden caracterizarse mediante dos o más referencias F, F2. En estas formas de realización, se aplica una metodología adicional para tener en cuenta las distorsiones respecto de la geometría ideal o predeterminada del patrón descrita anteriormente.

En el bloque B7, el sistema de visión 12 reconoce una primera referencia F para un patrón reconocido que sitúa la figura S predefinida en el material laminado. El sistema de visión determina y proporciona por lo menos una referencia adicional F2 al controlador, que lo compara con el patrón P para identificar cualquier tipo de distorsión. Si se detecta alguna distorsión, el patrón P es remapeado de conformidad con el tipo de distorsión antes de continuar con el corte de la figura predefinida distorsionada en el bloque 14.

En el bloque 14, las figuras S predefinidas se cortan basándose en la referencia o las referencias ante-

riores. El patrón, ya sea el definido originalmente o el remapeado, se superpone al material laminado basándose en las coordenadas predeterminadas del patrón aplicadas a las coordenadas globales de la referencia. Mientras el sistema de corte 11 lleva a cabo su tarea basándose en las referencias anteriores, el sistema de visión 12 determina de forma simultánea una o más referencias subsiguientes en el material laminado en movimiento.

Habitualmente, se recalcula el perfil de movimiento en el bloque 11. Dependiendo del alcance de la distorsión, tal vez también sea necesario recalcular las líneas o el trayecto de corte para conducir de forma óptima el sistema de corte 11. Un caso en el que se puede obtener suficiente información de distorsión y aprovechar de ese modo los beneficios del recálculo de las líneas de corte es el de un contexto de inclinación y torsión.

En el bloque B9 y en general basándose en la complejidad del patrón, el sistema de visión espera hallar una pluralidad de referencias adicionales F2, F3,...Fn que definen parches. La distorsión se discretiza y se refleja en la distorsión de cada parche. El remapeo de una figura distorsionada se lleva a cabo remapeando cada parche. A continuación, el trayecto de la línea de corte puede recalcularse en el bloque B10, y el perfil de movimiento, en el bloque 11, antes de realizar el corte de la figura predefinida distorsionada en el bloque B14.

La utilización de parches permite el remapeo variable dentro de una figura. Se utilizan tres referencias por parche para definir los parches triangulares, y los parches triangulares adyacentes comparten dos referencias. En consecuencia, dos o más parches requieren referencias $2+1n$, representando n el número de parches. Del mismo modo, los parches rectangulares requieren referencias $2+2n$. Pueden utilizarse parches de otras formas poligonales. Pueden utilizarse una diversidad de algoritmos de remapeo dependiendo de la geometría del parche y el tipo de remapeo deseado. En un caso simple, un parche ideal que puede ser rectangular ($x_0, y_0 - x_3, y_3$) puede distorsionarse y convertirse en un polígono de cuatro lados ($x'_0, y'_0 - x'_3, y'_3$). Cada parche puede presentar la misma función de mapeo que los demás o una función de mapeo exclusiva. En dicho caso simple, cada punto es sometido a una traslación desde el parche rectangular hasta el parche no rectangular. En un análisis lineal de la inclinación y la torsión, una función de mapeo puede ser $x' = Ax + By + Cxy + D$ e $y' = Ex + Fy + Gxy + H$. Pueden escribirse cuatro ecuaciones para cuatro incógnitas, una de las cuales permite calcular las incógnitas A, B, C, D y la otra, las incógnitas E, F, G, H. La solución se simplifica si se adoptan algunos supuestos.

Como se representa en las figuras 9b-9d, para una pluralidad de parches rectangulares, los parches adyacentes comprenden pares de referencias que presentan las mismas coordenadas X, y pares de referencias que presentan las mismas coordenadas Y. Además, se puede suponer que una referencia de origen x_0, y_0 del primer parche es igual a la del parche distorsionado x'_0, y'_0 . Entonces, las ecuaciones pueden resolverse directamente. Con respecto al corte sobre la marcha, es útil situar los límites de la zona de contacto sobre los límites del parche.

En la figura 11, teniendo en cuenta estos principios básicos en una forma de realización práctica ilustrativa, el sistema de corte 11 puede comprender un

cortador láser estándar, del modelo Lacent 1000 de Lacent Technologies Inc., Edmonton, Alberta Canadá, con una configuración y un funcionamiento sustancialmente iguales a los dados a conocer en la patente US n.º 6.294.755. Una de las variantes del aparato expuesto en la patente US n.º 6.294.755 es que el sistema de corte está provisto de un láser sellado Rofin-Sinar de 1000 watt. El sistema de posicionamiento del cortador del modelo Lacent 1000 es capaz de desplazarse a velocidades de hasta 1500 mm/segundo con una precisión superior a ½ mm. El posicionador que lleva el cortador láser es controlado con un controlador de movimiento del posicionador (PMC o PMAC). El lecho del transportador es capaz de desplazarse a velocidades de hasta 130 mm/segundo. El transportador 16 es controlado con un controlador de movimiento del transportador (CMC). El material laminado acabado presenta una anchura máxima de 2,4 metros y se suele suministrar en rollos que pesan hasta 1400 Kg.

Como se representa en las figuras 2a, 2b y 12, el sistema de corte 11 comprende un sistema de visión basado en una cámara 12 capaz de detectar contrastes de hasta seis marcas referenciales separadas transversalmente por una anchura efectiva de material de 2,6 metros. El sistema de visión comprende un conjunto de cuatro cámaras 30, 30, 30, 30, cada una de las cuales abarca una zona de aproximadamente 0,65 por 0,5 metros. Una agrupación de cuatro cámaras abarca, por consiguiente, la anchura efectiva de 2,6 metros por 0,5 metros de longitud. Una iluminación especial de fluorescente con balastro de bajo mantenimiento facilita la tarea de las cámaras y el sistema de procesamiento de visión, proporcionando luz sin centelleos.

El sistema 13 determina la ubicación de cada referencia F con una precisión superior a 2 mm, mientras el material laminado 10 se desplaza de forma continua, aunque no necesariamente uniforme, debajo del mismo dentro de la zona de corte del sistema de corte. Si se utilizan unas cámaras 30, tales como las cámaras Sony de 600x800 píxeles de resolución e índices de captación no entrelazada de 60 Hz, y unas velocidades de transportador de 5 pulgadas por segundo (130 mm/s), el desenfoque por movimiento es inferior a 1/12 pulgada (2 mm). Como se ha expuesto en la forma de realización ilustrativa, se ha comprobado que es posible rastrear con precisión las figuras predefinidas de una anchura de hasta 2,6 metros y una velocidad de desplazamiento de 130 mm/segundo, con un margen de costura del patrón de 10 mm.

Por cada ½ metro desplazado, pueden procesarse seis conjuntos de referencias F separados transversalmente, con un desplazamiento de material de hasta 130 mm/segundo. Esto proporciona más de una referencia por figura predefinida y permite al sistema compensar los contextos de "inclinación y torsión". Con la única limitación del tamaño físico del sistema de corte Lacent 1000 del ejemplo, los patrones pueden alcanzar una longitud máxima de 3 metros. Los materiales laminados cortados satisfactoriamente mediante el presente sistema incluyen nilón recubierto de silicio con un peso de tejido de 700 g/m² (20,7 oz).

El sistema de visión es capaz de detectar, diferenciar o reconocer y localizar las coordenadas de uno o más referencias en el material. Como se representa, puede localizarse un conjunto de 6 referencias transversales y detectarse los conjuntos subsiguientes cuando el material laminado 10 pasa por debajo del

sistema de visión 12. El sistema de visión 12 procesa los datos de entrada independientemente del sistema de corte por láser Lacent 1000. El sistema de visión detecta referencias F en forma de cruz situados sobre o dentro del material laminado. Se conocen las coordenadas discretas de una referencia situada sobre el material laminado 10, en el sistema de coordenadas del sistema de corte 11. Cuando el material pasa por la zona del sistema de visión, se reciben indicaciones de la posición del material de vez en cuando y se emparejan con las referencias que se reconocen. Para mayor comodidad del operador humano, se interconecta un codificador del sistema con un ordenador tipo Pentium para proporcionar indicaciones de posición que aparecen en una ventana de control del sistema de visión. Un codificador de 48 bits puede proporcionar señales en cuadratura diferenciales opto aisladas de 0-5V a 4000 impulsos por pulgada (es decir, 20.000 impulsos por segundo). Las coordenadas de las referencias se pasan también como una cadena digital al programa de corte, por medio de una interfaz de comunicaciones RS-422 en serie. Se proporciona un temporizador estroboscópico para proporcionar sincronización con una precisión de hasta un milisegundo e indicar el momento en que las posiciones y las coordenadas son válidas.

La iluminación y las cámaras 30 están instaladas corriente arriba junto a la zona de corte del sistema de corte 11. Las imágenes de las agrupaciones de cámaras 30, 30, 30, 30 son procesadas por un sistema de procesamiento de imágenes. El sistema de procesamiento de imágenes se interconecta con una operación por medio de una interfaz, tal como un ordenador tipo Pentium (Intel Corporation). El software del sistema de visión es capaz de funcionar en tiempo real con un desplazamiento del material a velocidades continuas o de variación continua de hasta 130 mm por segundo.

Con referencia a la figura 13, las cámaras del sistema de visión son inmóviles y observan o examinan la anchura efectiva del material laminado cuando éste pasa por delante de las mismas. El sistema de visión es controlado por un procedimiento de visión ejecutivo o programa que recibe información de referencias desde el sistema de visión por medio de un enlace RS-422 y, a continuación, coloca la referencia o las referencias en una cola. Las referencias se analizan emparejando la información de referencias con una plantilla digital del patrón. A través del intercambio de información y la cooperación, el sistema de visión y el sistema de corte, según el caso, remapean la geometría del patrón y calculan nuevas líneas de corte para dar instrucciones al PMC del posicionador y el CMC del transportador sobre la marcha. Con varios referencias es posible detectar la distorsión del material laminado.

Como se ilustra en la figura 14, el sistema de visión 12 comprende las cámaras 30 y el sistema de iluminación 31 acoplados a través de una interfaz al procedimiento de visión ejecutivo o controlador 21. El sistema de visión 12 también se comunica con el sistema de corte 11 con varias finalidades: para recibir y mantener una relación con el codificador del sistema de corte y posiblemente recibir información de corrección o restablecimiento desde el mismo, y para comunicarse con el controlador del sistema de corte 22 y proporcionar información de coordenadas de referencias. El sistema de corte lleva el control del mo-

vimiento en tiempo real del material y la figura predefinida en el sistema de coordenadas global, a través de los codificadores y controladores de movimiento.

El sistema de visión 12 puede ajustarse averiguando las características básicas del material laminado para adaptarse a las diferentes referencias, y diferenciando la referencia del ruido de fondo visual.

El patrón conocido P de las figuras S predefinidas se almacena en la memoria de un sistema informático que ejecuta programas adecuados para realizar la optimización en tiempo real de las líneas de corte, y para realizar la traslación y la rotación de las coordenadas del patrón. El patrón se almacena habitualmente como un archivo vectorial con referencia a un origen, tal como un archivo de dibujo AutoCAD o un archivo en formato DXF (Drawing eXchange Format). El sistema de visión capta y analiza las imágenes que toma por lo menos una cámara. Las cámaras están conectadas a un sistema informático que lleva a cabo el análisis de detección. Las coordenadas de las cámaras 30 se sitúan en un marco de referencia relativo a las coordenadas del sistema de corte por láser 11. De esta manera, es posible conocer la posición de las referencias F localizados en el sistema de coordenadas del cortador 13 del sistema de corte 11.

Por lo tanto, mientras el sistema de corte 11 está cortando una figura predefinida localizada previamente en el flujo de material laminado continuo 10, el sistema de visión 12 está determinando simultáneamente las coordenadas de referencia de la siguiente figura S. Cada vez que una figura pasa por debajo del sistema de visión, el sistema de corte se actualiza con respecto a las coordenadas globales de la figura que se aproxima.

Habitualmente, esta forma de realización se calibra antes de su puesta en marcha inicial, de la manera indicada a continuación. El operador hace avanzar primero el material laminado hasta el sistema de visión 12 y verifica la ubicación de la primera referencia o la primera marca de origen que ha sido reconocida por el sistema. En un principio, tal vez sea necesario procesar los errores en los casos de referencias ausentes o inesperados con la interacción del operador. El operador acepta las coordenadas identificadas de la referencia como origen de calibración. El transportador y el material laminado se adelantan hasta el sistema de corte 11 para alinear el origen con el cortador 13.

El sistema identifica un "patrón" y la información de referencias relacionada que se almacenan ventajosamente en un archivo CAD de dibujo asistido por ordenador, tal como el que se obtendría con un programa CAD AutoCAD, comercializado por Autodesk Inc., Supertino, CA, en un formato DXF AutoCad. Se utiliza un programa "Linc" para procesar la geometría conocida del patrón y además: importar la información de patrones y referencias desde el archivo DXF; exportar las ubicaciones de las referencias de los patrones; exportar la información de patrones asociada a todos los vectores de líneas de corte; aceptar un tipo de material para cada patrón e insertar un código de corrección de desajustes dentro del PMAC y el CMC.

Un controlador de movimiento de supervisión se ejecuta en la modalidad de técnica anterior para aplicar el corte de patrones independientemente del material, o en la modalidad de visión para aplicar el aparato y la metodología de la presente invención que permiten identificar figuras predefinidas en el material.

En modalidad de visión, el controlador de movimiento gestiona muchos aspectos operativos, incluidos: el seguimiento de los desajustes del sistema de visión; la provisión al sistema de visión de instrucciones sobre el perfil del tipo de material que debe utilizarse; la aceptación de referencias no solicitadas del sistema de visión; el emparejamiento continuo de referencias y la plantilla digital del patrón; el remapeo o ajuste de cada patrón y la descarga de los patrones remapeados en el PMAC; el cálculo de la longitud de la marca ajustada para su descarga en el PMAC; la habilitación de los operadores para que indiquen el origen de la marca desde el primer momento o cuando se produce un error en la provisión de un mapa de referencias y la habilitación de diversas capacidades de retroalimentación del operador.

Como se ha indicado anteriormente y se expone en mayor detalle en la patente US n.º 6.294.755 de Sawatzky *et al.*, la optimización del movimiento de una herramienta, que puede suponer el incremento de la velocidad y las aceleraciones, permite obtener un mayor rendimiento. En consecuencia, el posicionador X-Y de la herramienta deberá ser capaz de soportar movimientos de gran precisión y aceleración.

Las partes de un patrón P por lo general habrán sido previamente situadas dentro de la serie anidada (figura 3). La serie anidada es una pluralidad de figuras reunidas o agrupadas para minimizar el material desechado. Se determina la longitud o anchura de la zona de contacto que depende de la máquina y generalmente es inferior a la longitud de una serie anidada. Es necesario calcular las dimensiones de la zona de contacto, debido a que la dimensión longitudinal de un patrón P o una serie anidada tal vez no encaje dentro de la zona de corte del sistema de corte 11. La zona de contacto es aproximadamente la 1/2 de la dimensión longitudinal de la zona de corte del sistema 11. Por ejemplo, una zona de corte de 44 pulgadas tal vez proporcione sólo una zona de contacto de 22 pulgadas.

Un controlador y ordenador de movimiento digital procesan la información de movimiento de los codificadores del posicionador X1, X2 e Y del sistema de corte y del transportador. El ordenador procesa la información de patrones y proporciona movimientos de corte optimizados al PMC y el CMC. El controlador de movimiento proporciona mandatos para controlar los motores lineales del posicionador y controlar el transportador, para coordinar el movimiento de la boquilla del láser 13 sobre el posicionador X-Y y la velocidad del transportador. Mediante uno de los procesos, se obtiene la geometría del patrón y se optimiza el movimiento de la boquilla del láser sobre el material laminado 10.

En una visión global y con referencia al diagrama de flujo de la figura 15, una vez que se ha recibido la geometría de un patrón P o un patrón remapeado:

(a) en el bloque 118, se organiza la geometría en zonas de contacto dependientes de máquina que encajan dentro de la zona de corte 11;

(b) en el bloque 120, se optimiza la secuencia de corte a través de la anchura de la zona de contacto. Por consiguiente, la geometría se establece como una serie de cortes continuos separados por arrastres en seco;

(c) en el bloque 123, se optimiza la geometría de los cortes continuos como una pluralidad de movimientos discretos, minimizando el número de inter-

secciones no tangentes que forman nuevos movimientos, y minimizando de ese modo las acciones de parada y arranque inútiles dentro del corte continuo;

(d) en el bloque 126, se determina el perfil de movimiento del posicionador, optimizando el perfil de velocidad de cada movimiento discreto y teniendo siempre presentes las restricciones del sistema. Los movimientos curvos también se consideran genéricamente movimientos o curvas y, por último,

(e) en el bloque 127, se optimiza el movimiento del transportador para mantener una velocidad de avance por tramos continua, incluso entre zonas de contacto, y no se deja que la velocidad tome un valor negativo.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

La geometría resultante se almacena y los movimientos optimizados se envían a través de los controladores de movimiento CMC, PMC para guiar el transportador 16 y el posicionador durante el corte del patrón P superpuesto a la figura S predefinida en estas formas de realización.

Con respecto a la optimización, es posible optimizar el movimiento de la boquilla del láser anticipándose al siguiente movimiento. El objetivo de este proceso de “anticipación” es minimizar el tiempo que se necesita para seguir cualquier geometría arbitraria o patrón P, a la vez que se evita sobrepasar las aceleraciones y velocidades máximas especificadas o desviarse de las tolerancias dimensionales.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para recortar por lo menos una figura (S) predefinida en un material laminado (10), presentando dicha por lo menos una figura predefinida (S) un patrón (P) con una geometría predeterminada y presentando por lo menos una referencia (F, F2...), correspondiendo cada una de dicha por lo menos una referencia (F, F2...) a unas coordenadas predeterminadas en el patrón (P), **caracterizado** porque comprende:

determinar las coordenadas globales de la referencia o referencias (F, F2...) localizado correspondientes a una figura localizada (S) de dicha por lo menos una figura (S) con un sistema de visión (12) mientras el material laminado (10) se desplaza respecto al sistema de visión (12) y respecto a un sistema de corte (11);

cortar el patrón (P) de la figura localizada (S), estando el patrón (P) superpuesto respecto a una o más referencias (F, F2...) localizadas, mientras se determinan simultáneamente las coordenadas globales de una o más referencias subsiguientes (F, F2...) para dicha por lo menos una figura subsiguiente (S) en el material laminado en movimiento (10); y

repetir sustancialmente de manera continua los procesos simultáneos de corte de la figura localizada (S), mientras se determinan las coordenadas globales de una o más referencias (F, F2...) subsiguientes para dicha por lo menos una figura (S) subsiguiente.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el sistema de visión (12) y el sistema de corte (11) son fijos y el material laminado (10) se desplaza de forma sustancialmente de manera continua pasando por el sistema de visión y a continuación por el sistema de corte.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, que comprende asimismo:

establecer mediciones del movimiento relativo del material laminado (10) y del sistema de visión y de corte (11, 12); y

seguir el movimiento de dicho por lo menos una referencia (F) entre el sistema de visión y el sistema de corte conociendo las mediciones del movimiento relativo.

4. Procedimiento según la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que dicha por lo menos una figura (S) predefinida consiste en una pluralidad de figuras asociadas con por lo menos una referencia.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada una de dicha por lo menos una figura (S) predefinida se asocia con por lo menos una referencia (F).

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha por lo menos una referencia (F) comprende una primera referencia y por lo menos una segunda referencia, que comprenden asimismo:

comparar el patrón (P) y las coordenadas globales de dicha por lo menos una segunda referencia (F2) con la primera referencia (F) para el establecimiento de una distorsión de la por lo menos una figura predefinida; y

remapeo del patrón para corregir sustancialmente la distorsión de dicha por lo menos una figura predefinida antes de superponer el patrón remapeado para cortar el material laminado.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el remapeo se aplica a todo el patrón (P) o a una parte del patrón.

8. Procedimiento según la reivindicación 6 ó 7, en el que el remapeo del patrón (P) corrige una distorsión seleccionada del grupo que comprende el alargamiento, la rotación o la rotación y el alargamiento de dicha por lo menos una figura (S) predefinida.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende asimismo:

controlar el cortador del sistema de corte con un perfil de movimiento;

predeterminar el perfil de movimiento para el patrón; y

modificar el perfil de movimiento según el patrón remapeado antes de aplicar el patrón remapeado superpuesto para cortar el material laminado.

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende asimismo:

predeterminar un trayecto de línea de corte para el patrón;

modificar trayecto de corte predeterminado para el patrón remapeado; y

modificar el perfil de movimiento según el trayecto de línea de corte modificado antes de aplicar el patrón remapeado superpuesto para cortar el material laminado.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, que comprende asimismo:

identificar una referencia indicadora de entre dicha por lo menos una referencia, que indica el cambio en por lo menos una parte del patrón asociada con la referencia indicadora;

modificar el trayecto de la línea de corte para ajustarse al cambio producido en el patrón; y

modificar el perfil de movimiento según el trayecto de corte modificado antes de aplicar el patrón remapeado superpuesto para cortar el material laminado.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la referencia indicadora es indicativo de un defecto en una o más de las figuras predefinidas, cambiándose el patrón para omitir la figura predefinida de manera defectuosa.

13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se localizan por lo menos tres referencias de dicha por lo menos una referencia para la figura predefinida según la relación de $2+1n$, siendo $n = 1$ o más, y en el que cada tres referencias forman un parche triangular, que comprende asimismo:

establecer una de dicha por lo menos una referencia como referencia de referencia;

comparar el patrón y las coordenadas globales de cada uno de los tres referencias en un parche triangular con la referencia de referencia para establecer una distorsión del parche triangular dentro de la figura predefinida; y

remapeo del patrón correspondiente al parche triangular para corregir sustancialmente la distorsión del patrón antes de aplicar el patrón remapeado superpuesto para cortar el material laminado.

14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que por lo menos se localizan cuatro referencias de dicha por lo menos una referencia para la figura predefinida según la relación de referencias $2+2n$, siendo $n = 1$ o más, y en el que cada cuatro referencias forman un parche rectangular, que comprende asimismo:

establecer una de dicha por lo menos una referencia como referencia de referencia;

comparar el patrón y las coordenadas globales de cada uno de los cuatro referencias de un parche rectangular con la referencia de referencia para establecer una distorsión del parche rectangular dentro de la figura predefinida; y

remapeo del patrón correspondiente al parche rectangular para corregir sustancialmente la distorsión del patrón antes de aplicar el patrón remapeado superpuesto para cortar el material laminado.

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la figura predefinida se encuentra tejida en el material laminado.

16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de visión (12) comprende una o más cámaras, comprendiendo además la observación de una anchura del material laminado con la(s) cámara(s) para localizar dicha por lo menos una referencia.

17. Procedimiento según la reivindicación 16 en el que la anchura consiste en una o más regiones de interés como subconjuntos de una anchura transversal del material laminado.

18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende asimismo la detección de un cambio de contraste entre dicha por lo menos una referencia y el material laminado.

19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sistema de corte (11) comprende una zona de corte conocida en un sistema de coordenadas global y un controlador (22) para almacenar un patrón de la geometría de dicha por lo menos una figura predefinida que se va a recortar en el material laminado, que comprende asimismo:

posicionar el sistema de visión en las coordenadas globales conocidas corriente arriba del sistema de corte para observar el material laminado;

desplazar el material laminado pasando de forma sustancialmente continua el sistema de visión para localizar dicha por lo menos una referencia en las coordenadas globales;

desplazar el material laminado pasando de forma sustancialmente continua el sistema de corte mientras el sistema de visión detecta simultáneamente el subsiguiente dicha por lo menos una referencia en las coordenadas globales; y

cortar el patrón cuando el controlador determina que las coordenadas globales de una de dicha por lo menos una referencia localizada se encuentra dentro de la zona de corte para cortar con precisión el patrón superpuesto con la figura predefinida.

20. Aparato para recortar una figura (S) predefinida en un material laminado (10), **caracterizado**

porque presenta:

un sistema de corte sobre la marcha (11) para cortar un patrón (P) en el material laminado (10), siendo conocido el sistema de corte (11) en las coordenadas globales;

un sistema de visión (12) para localizar las coordenadas globales de dicha por lo menos una referencia (F, F2...) en el material laminado (10) que se correspondan con las coordenadas predeterminadas en el patrón (P);

una estructura (16, 11, 12) para efectuar un desplazamiento relativo sustancialmente continuo entre el material laminado (10) y los sistemas de visión y de corte (12, 11);

unos medios (22, 16) para establecer las medidas de dicho movimiento relativo en las coordenadas globales; y

un controlador (22) para superponer el patrón (P) con dicha por lo menos una primera referencia (F, F2...) localizada, de modo que el sistema de corte (11) realice el corte del patrón (P) para la figura (S) predefinida de forma sustancialmente simultánea mientras el sistema de visión (12) localiza las coordenadas globales del subsiguiente dicha por lo menos una referencia (F, F2...) en el material laminado (10).

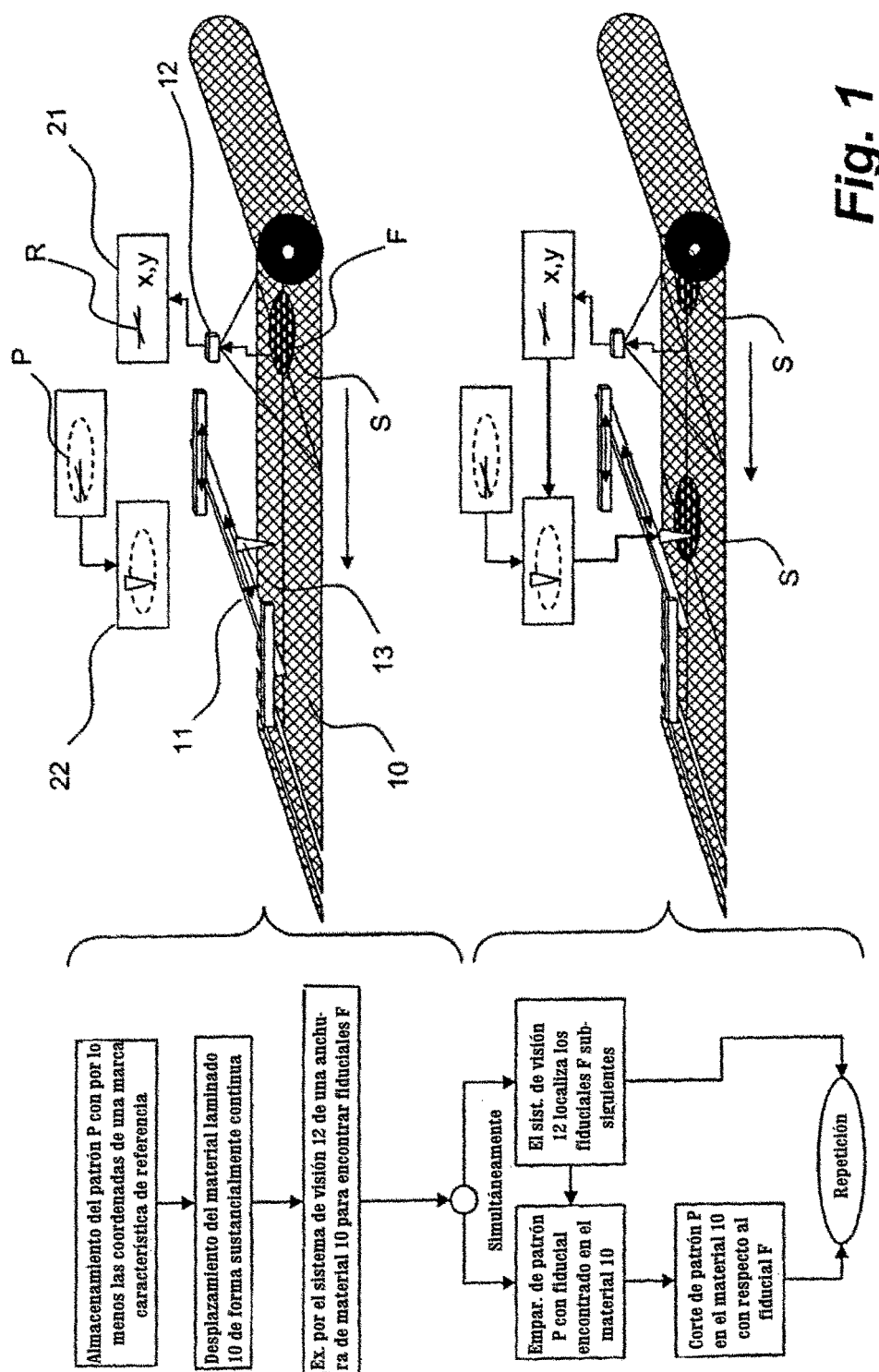
21. Aparato según la reivindicación 20, en el que el sistema de visión y el sistema de corte son fijos en las coordenadas globales, la estructura para efectuar el movimiento relativo (16, 11, 12) comprende asimismo un transportador para desplazar el material laminado de forma sustancialmente continua desde el sistema de visión hasta el sistema de corte.

22. Aparato según la reivindicación 20 ó 21, en el que los medios para establecer medidas de dicho movimiento relativo comprenden un dispositivo para rastrear el movimiento en las coordenadas globales del material laminado cuando éste se desplaza.

23. Aparato según la reivindicación 20, 21 ó 22, en el que el controlador compara el patrón y las coordenadas globales de dichas por lo menos dos referencias de dichas por lo menos una o más referencias localizadas con el patrón para identificar la distorsión en la figura predefinida, y remapea el patrón para corregir sustancialmente el patrón para la distorsión de la figura predefinida antes de superponer el patrón remapeado para cortar el material laminado.

24. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 23, en el que el sistema de visión consiste en una o más cámaras dispuestas para observar una anchura del material laminado.

25. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 20 a 24, en el que el sistema de visión de corte sobre la marcha es un sistema de corte por láser.



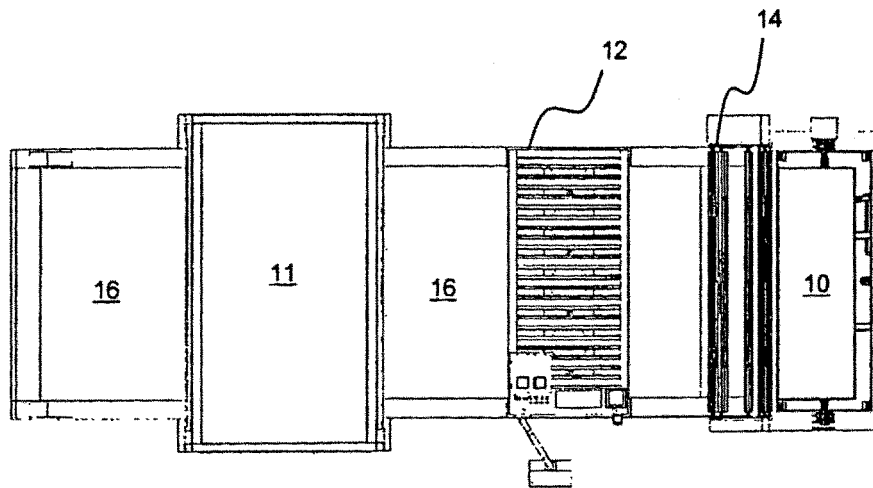


Fig. 2a

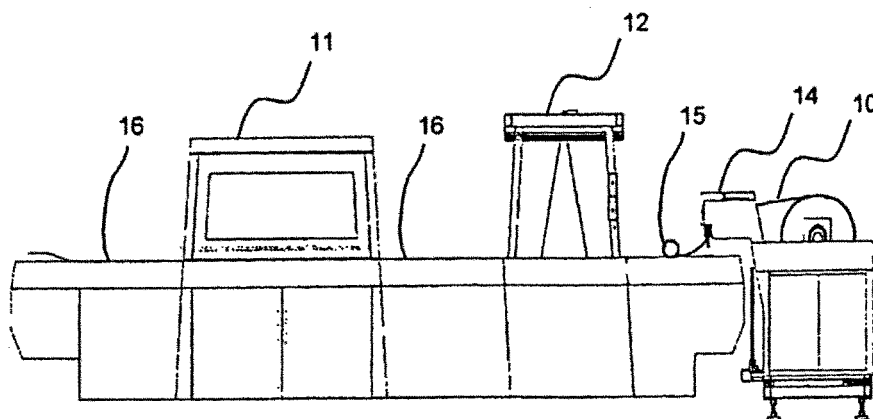
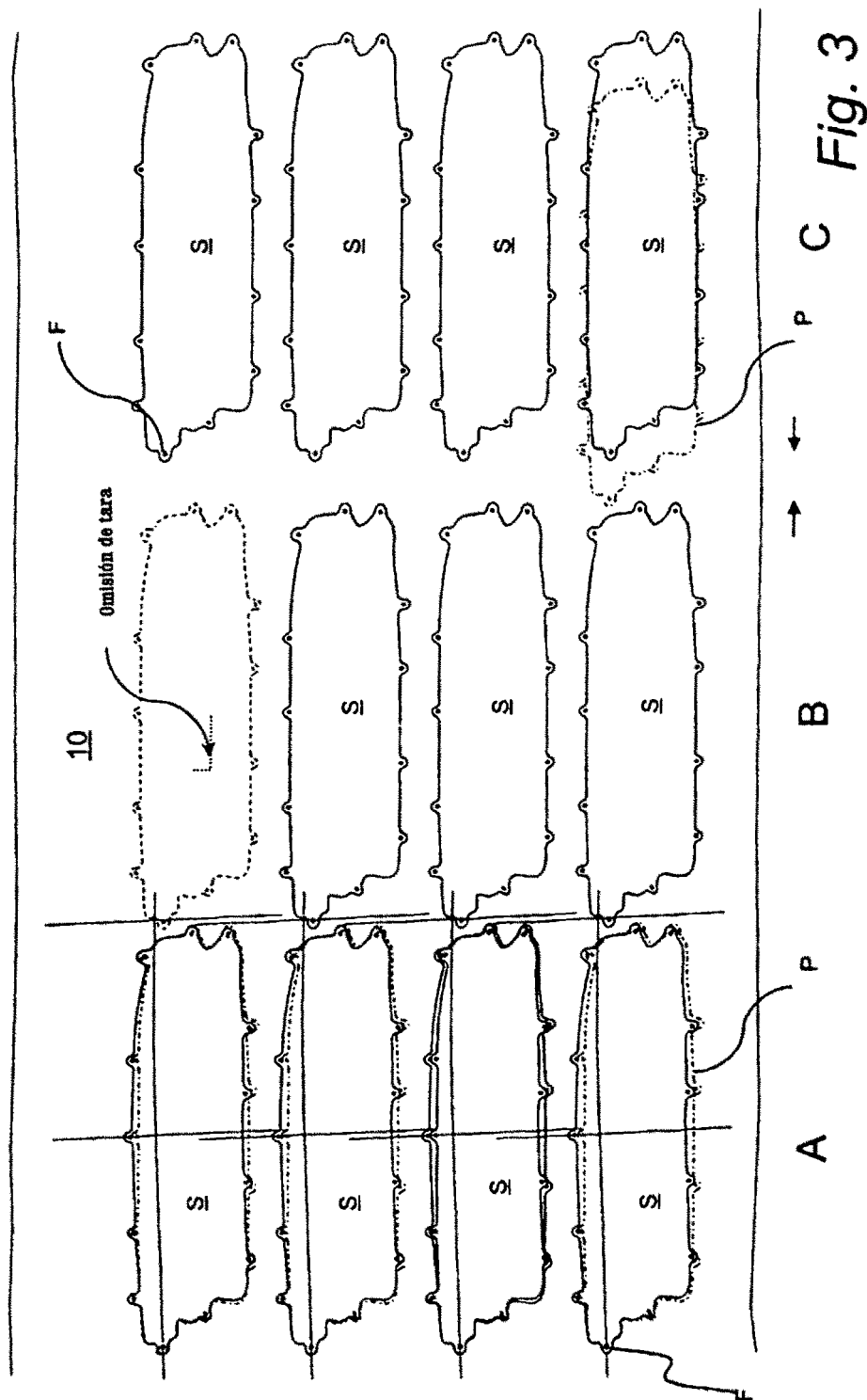


Fig. 2b



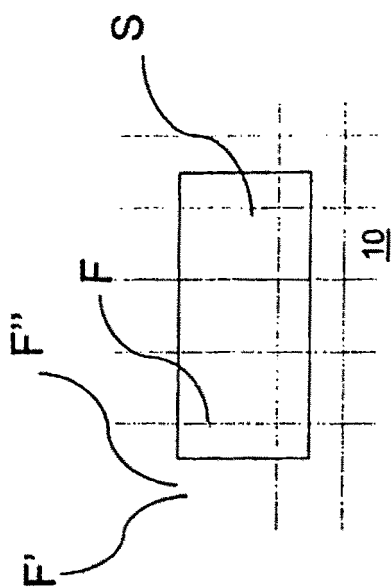


Fig. 4b

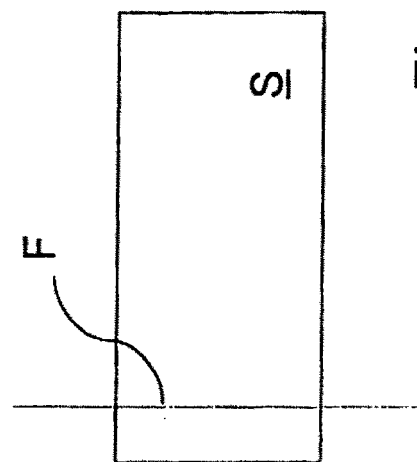


Fig. 5b

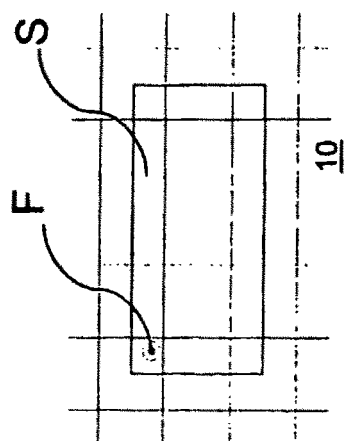


Fig. 4a

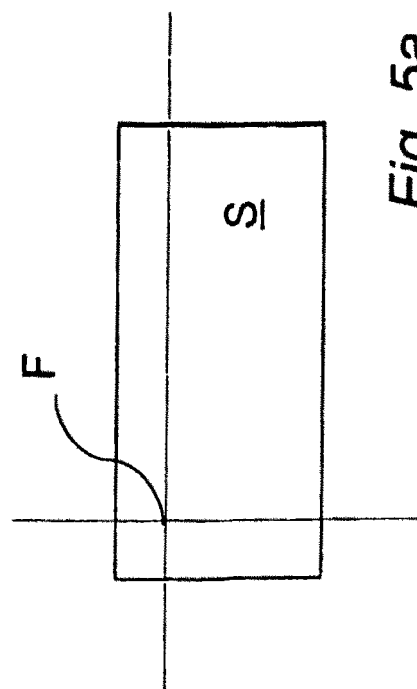


Fig. 5a

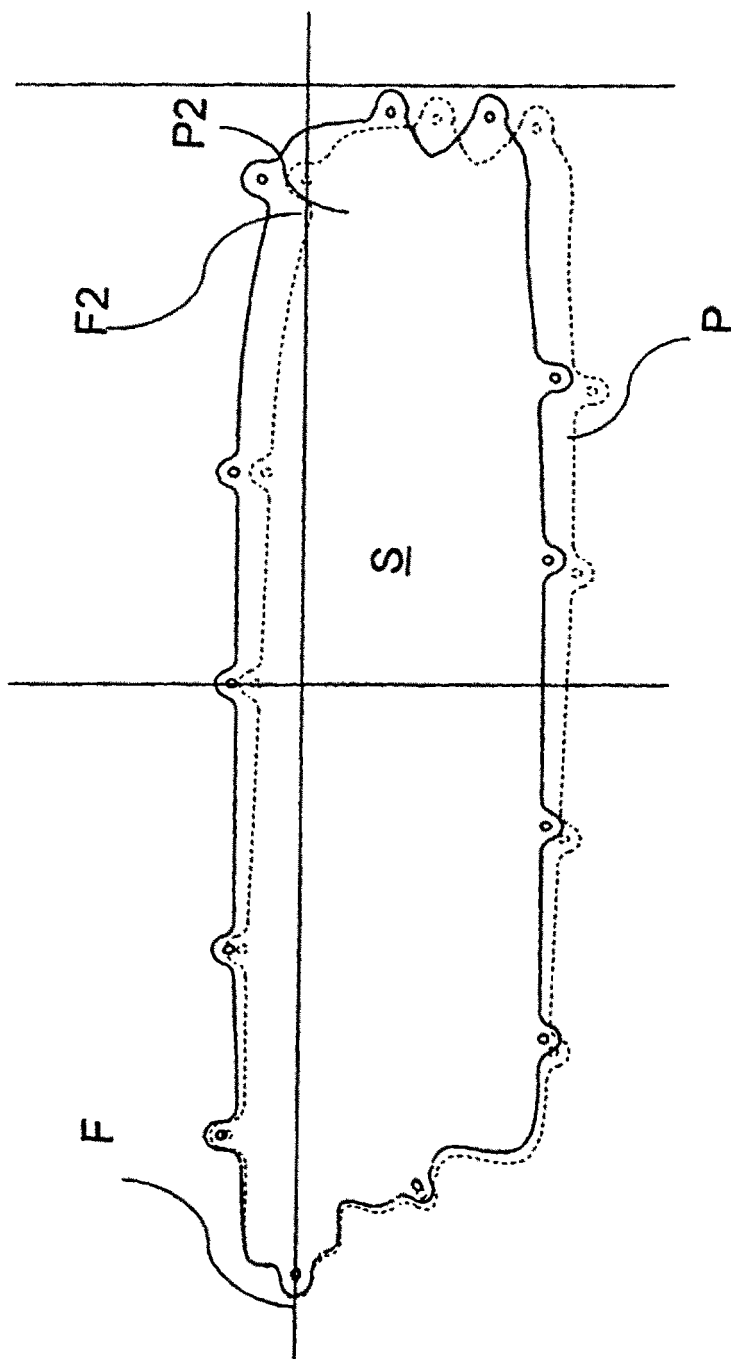


Fig. 6

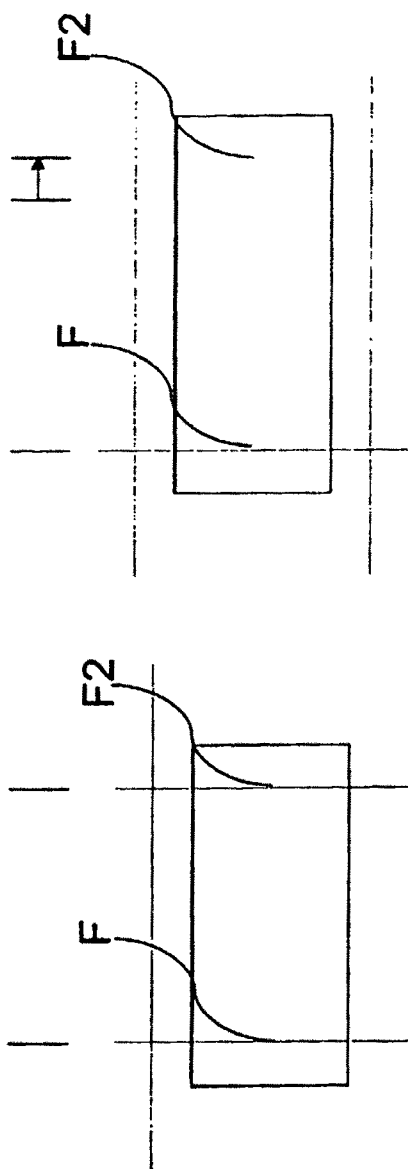


Fig. 7b

Fig. 7a

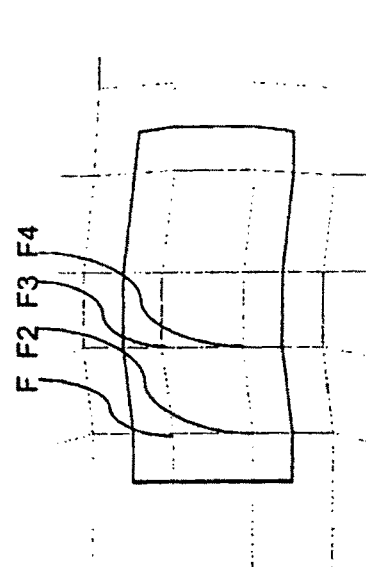


Fig. 8b

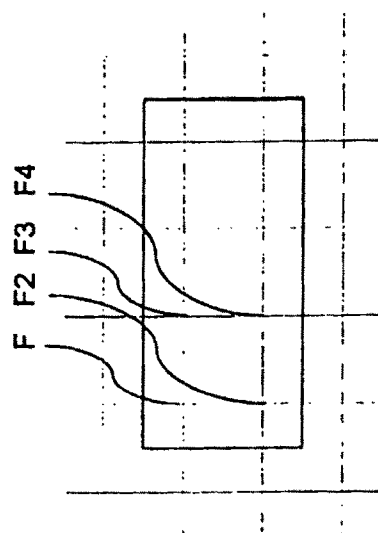


Fig. 8a

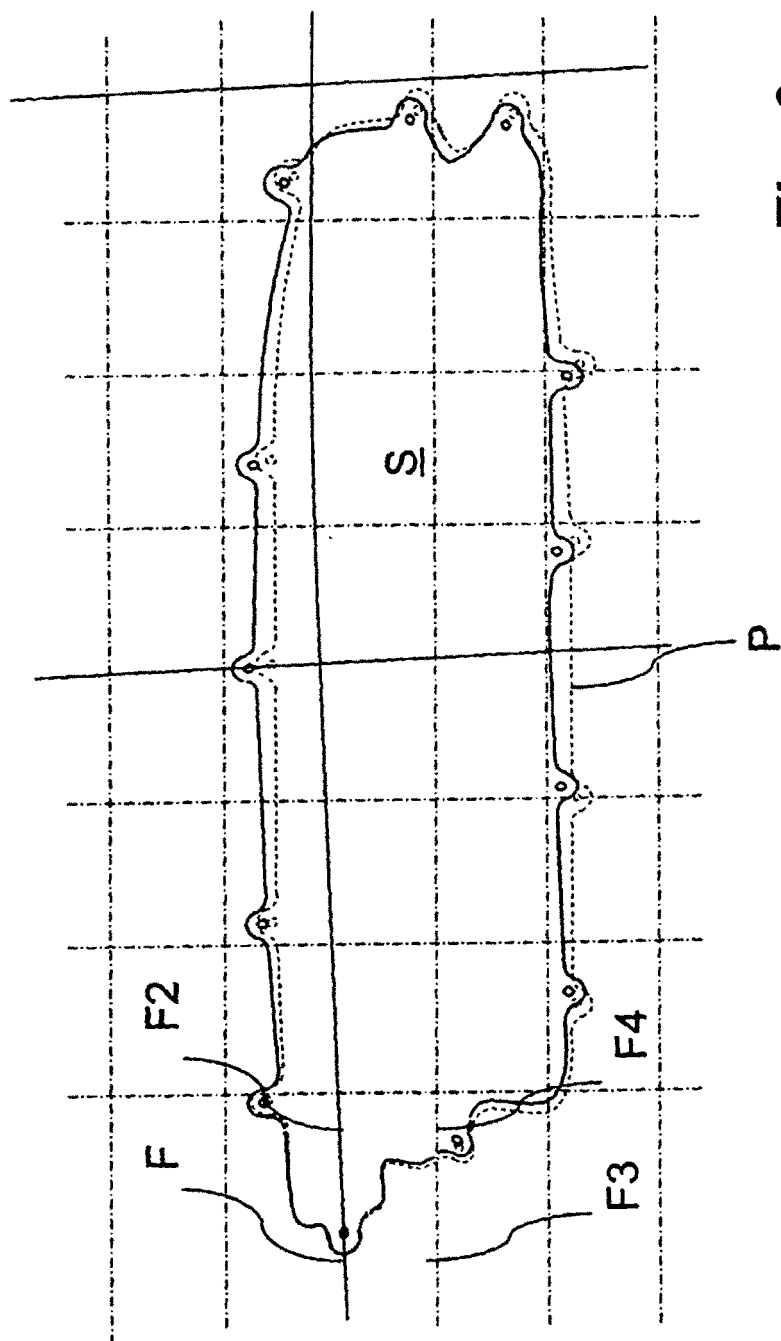


Fig. 9a

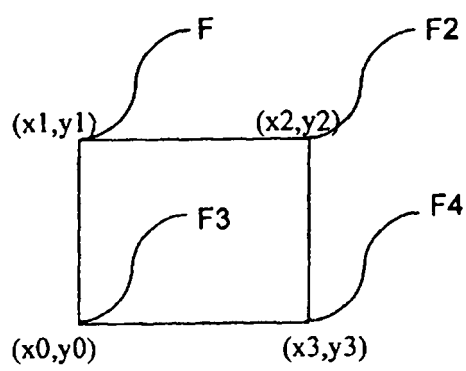


Fig. 9c

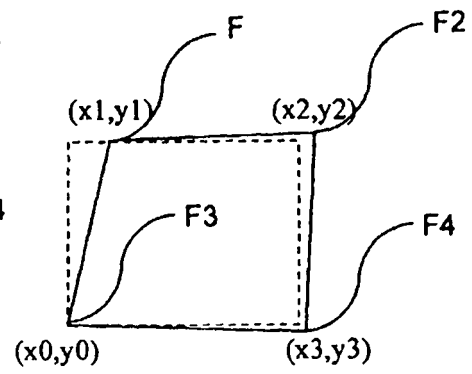


Fig. 9d

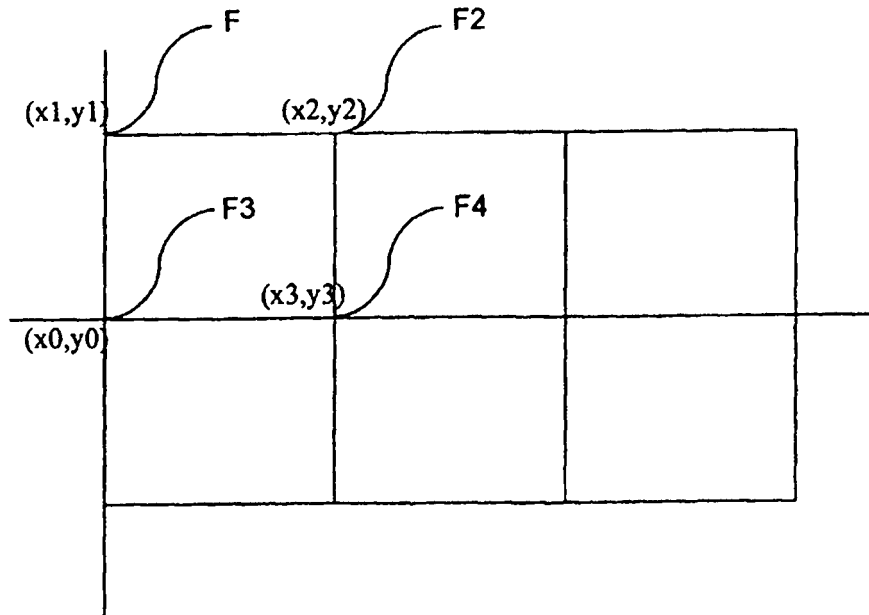
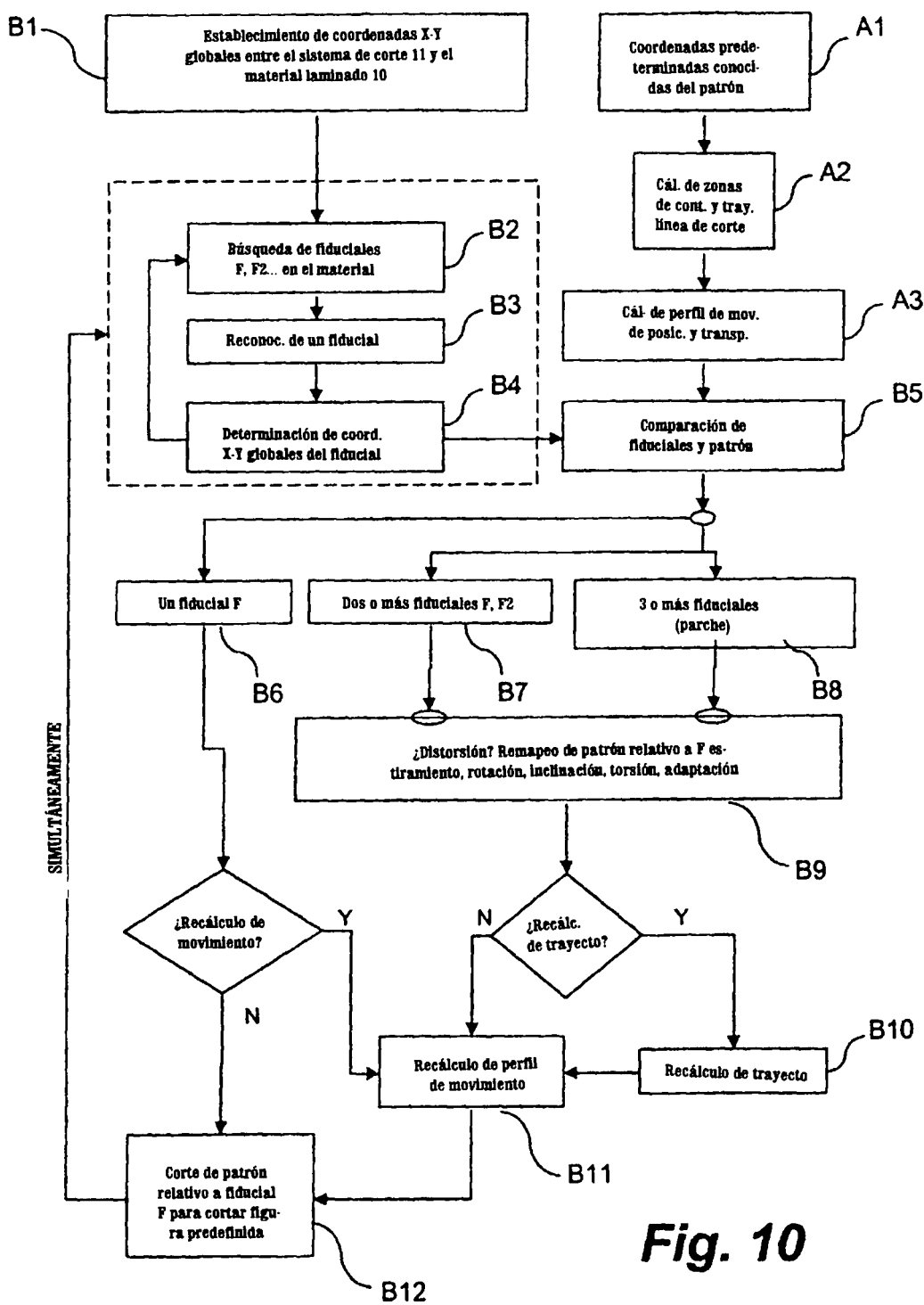


Fig. 9b



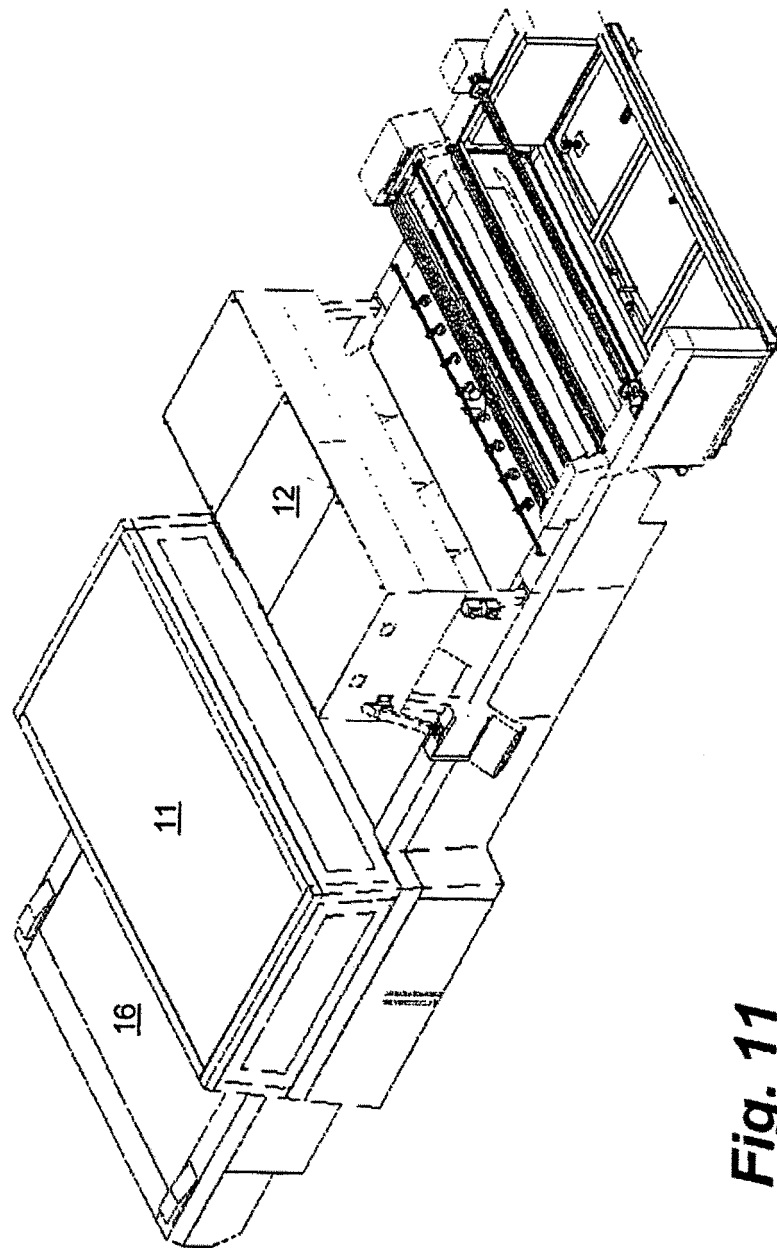


Fig. 11

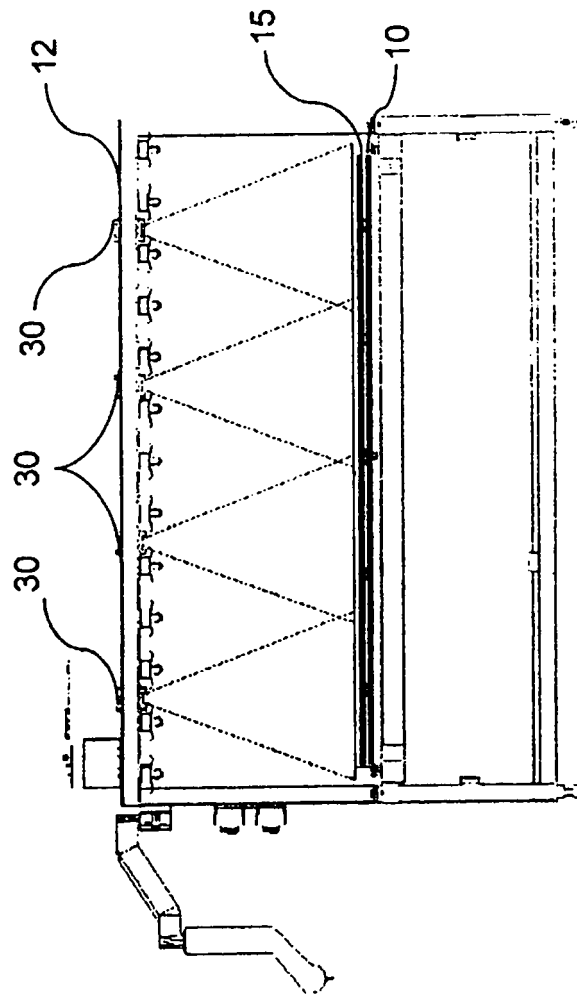


Fig. 12

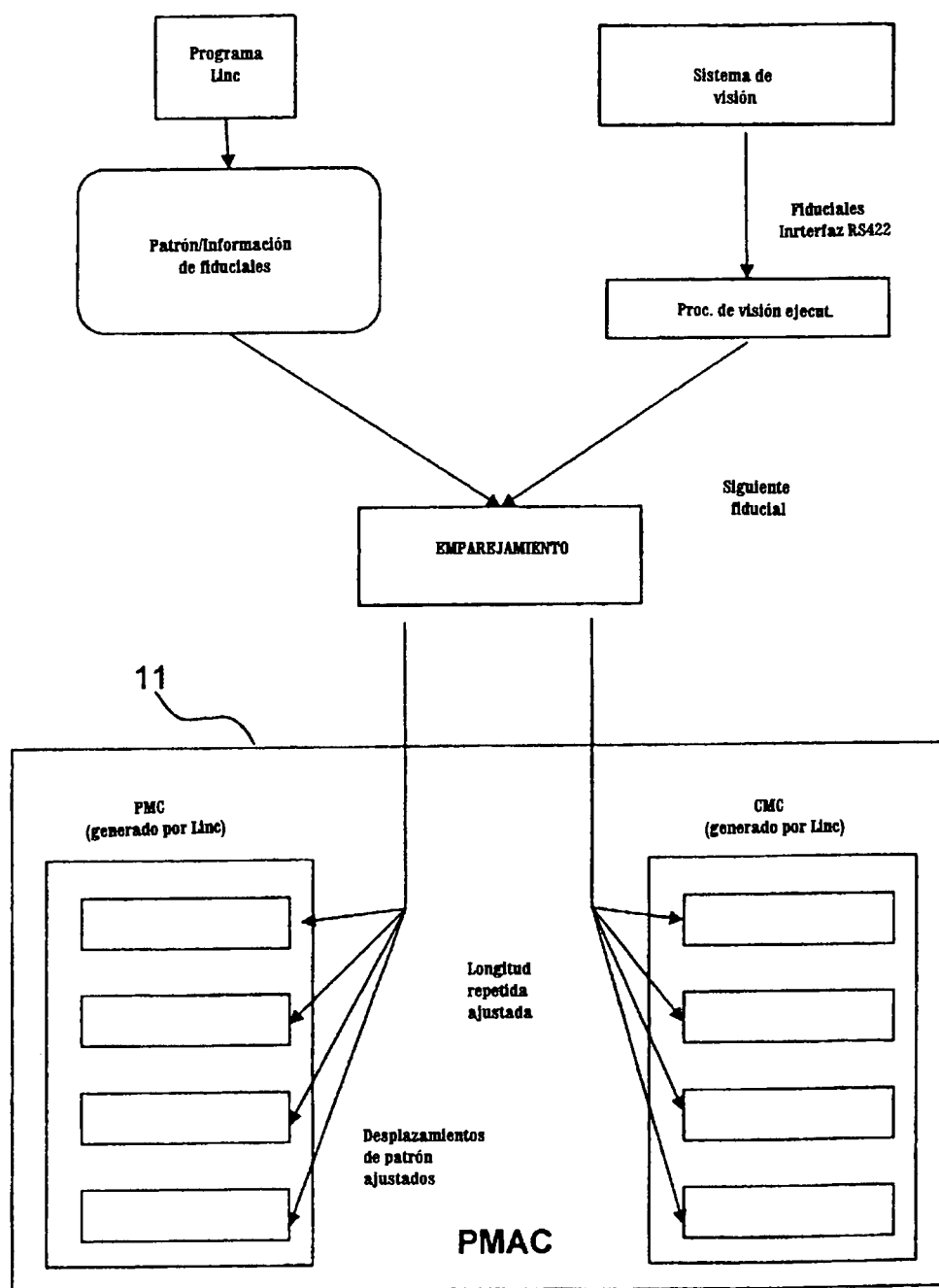


Fig. 13

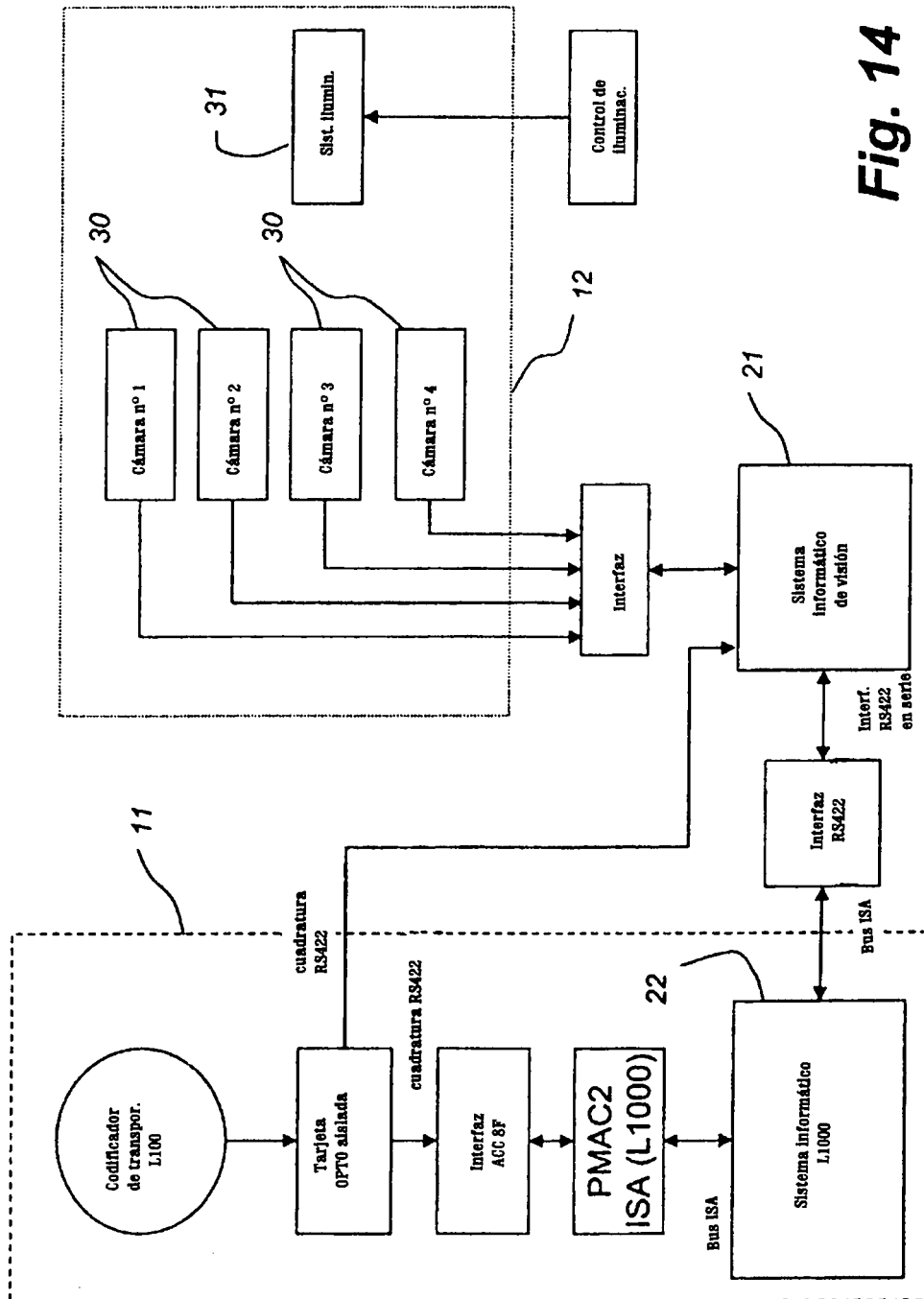


Fig. 14

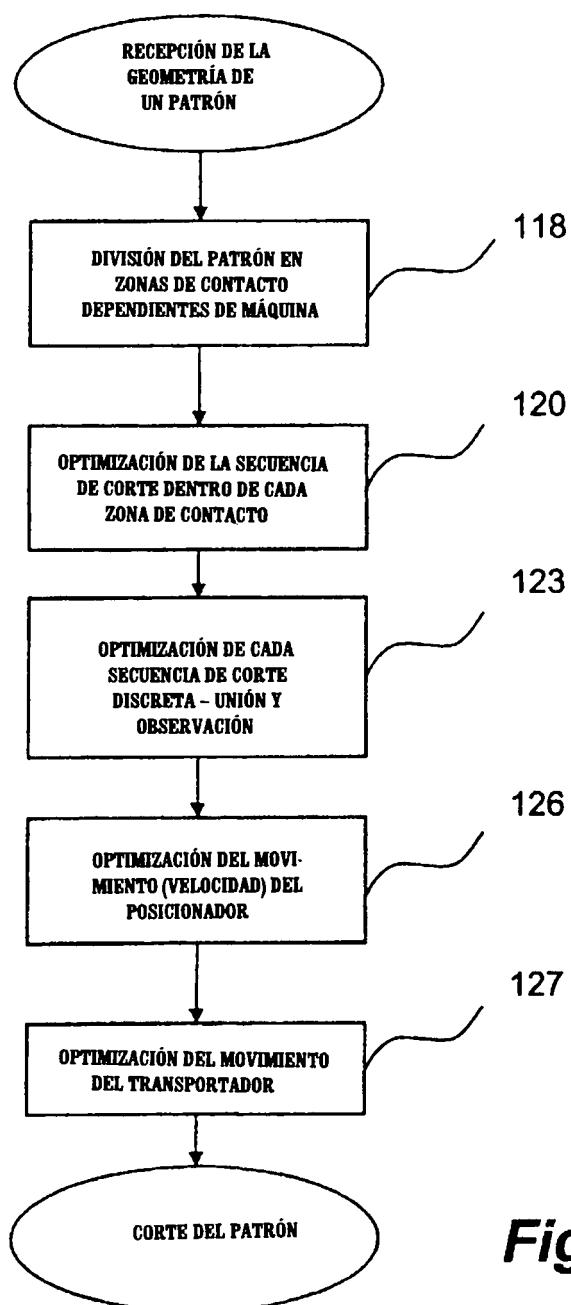


Fig. 15