



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 322 594**

(51) Int. Cl.:

**B21D 5/04** (2006.01)

(12)

### TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **04791915 .4**

(96) Fecha de presentación : **22.10.2004**

(97) Número de publicación de la solicitud: **1819457**

(97) Fecha de publicación de la solicitud: **22.08.2007**

(54) Título: **Sistema cinemático para el desplazamiento de unidades de trabajo de máquinas para doblar y conformar chapas metálicas.**

(73) Titular/es: **Finn-Power Oy**  
**P.O. Box 38**  
**62201 Kauhava, FI**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.06.2009**

(72) Inventor/es: **Patuzzi, Luigi;**  
**Felici, Maurizio y**  
**Haag, Mikael, Norbert**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.06.2009**

(74) Agente: **García-Cabrerizo y del Santo, Pedro María**

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 cinemático para el desplazamiento de unidades de trabajo de máquinas para doblar y conformar chapas metálicas.

**5 Campo técnico**

La presente invención se refiere a un sistema de movimiento cinemático para manejar unidades de máquinas dobladoras de vanguardia, esto es de máquinas automáticas para doblar y conformar chapas metálicas.

10 El sistema cinemático ofrece accionamiento eléctrico y un impulso cinemático particular de los principales movimientos, que es responsable del doblado en el sentido estricto de la palabra, difiriendo de este modo de las máquinas producidas actualmente, que cuentan con accionamiento hidráulico.

15 El sistema de acuerdo con la invención puede aplicarse a una máquina dobladora compacta que puede, en términos de peso y tamaño, encajar en un contenedor, sin la ruidosa y voluminosa unidad de control hidráulica, ecológica puesto que no requiere el relleno con grandes cantidades de aceite mineral, más rápida y más fiable que las máquinas actuales y con costes de producción más limitados.

20 Esta invención puede aplicarse en la producción de máquinas dobladoras y máquinas dobladoras industriales para chapa metálica.

**Técnica antecedente**

25 Se sabe que la industria relativa a la producción de artículos de chapa metálica usa máquinas dobladoras que permiten realizar una serie de dobleces en una única pieza de chapa metálica, de manera completamente automática y controlada, para obtener un producto acabado tal como, por ejemplo, una campana de cocina o una estantería.

30 También se sabe que las máquinas dobladoras para chapa metálica normalmente constan de:

- una base fija para soportar el material, por ejemplo chapa metálica, a doblar;
- un armazón de soporte para una prensa de sujeción;
- un punzón, que forma parte de la prensa, y un contrapunzón correspondiente que actúa como medio para sujetar el material durante la fase de doblado;
- una o más cuchillas de doblado que pueden moverse hacia el material procesado;
- movimientos cinemáticos apropiados diseñados para mover la cuchilla o cuchillas de doblado a lo largo de la base para conformar la pieza sujetada entre el punzón y el contrapunzón;
- medios para mover la chapa metálica o el perfil hacia las cuchillas en condiciones de funcionamiento;
- transductores o sensores de diversos tipos, para controlar el proceso, conectados a una unidad electrónica que controla el proceso de producción.

50 Una máquina dobladora del tipo conocido descrito anteriormente, comercializada por su solicitante, comprende una estructura de soporte de cuchillas con una sección transversal en forma de "C", móvil en dos direcciones recíprocamente ortogonales con respecto a la base fija, sobre la cual se fija(n) la(s) cuchilla(s) de doblado.

55 El perfil de la base que puede obtenerse con una máquina dobladora automática conocida no es solamente el perfil de ángulo fijo convencional que puede obtenerse con una máquina dobladora manual. El control simultáneo del posicionamiento de la chapa metálica y de la presión ejercida sobre ella hace posible obtener perfiles radiales.

60 El uso de cuchillas tradicionales, herramientas y troqueles particulares, incluidos en el ciclo de doblado, también hace posible formar perfiles especiales, sin necesidad de la intervención de un operario cuando la longitud de la herramienta especial cambia.

Como con el diseño de construcción tradicional, las cuchillas están soportadas por una estructura portadora de carga en forma de C montada sobre el armazón principal y la unidad comprende dos cuchillas: la superior para dobleces negativas (hacia abajo) y la inferior para dobleces positivas (hacia arriba).

65 El sistema controla las dimensiones de los ángulos y el grosor de la chapa metálica, ajustando la posición de las cuchillas por medio de válvulas proporcionales. Todos los movimientos se realizan mediante cilindros hidráulicos de control proporcional. Un mecanismo especial garantiza el paralelismo de los movimientos de la unidad dobladora.

# ES 2 322 594 T3

La herramienta prensadora se monta sobre una estructura electrosoldada con cuatro brazos, articulada en la parte posterior del armazón principal.

Los movimientos de la estructura en forma de C y de las herramientas están controlados por cilindros hidráulicos.

- 5 Los cilindros pueden programarse por medio de la unidad de control para alcanzar el mayor grado de precisión durante todas las fases de doblado.

Las máquinas dobladoras hidráulicas tradicionales, como otras máquinas dobladoras presentes en el mercado, están equipadas con una estructura cinemática que determina y controla el movimiento de la unidad de soporte de cuchillas.

- 10 Esta estructura en algunos casos puede ser de tipo pentagonal, es decir que consta de una cadena cinemática cerrada con cinco miembros conectados por cinco pares cinemáticos.

- 15 La cadena cinemática de tipo pentagonal tradicional se usa sin embargo para proporcionar a la máquina rigidez de torsión y por lo tanto no con funciones mecánicas específicas; además, el tipo pentagonal no está accionado por manivelas del armazón.

20 La figura 1 muestra el diagrama cinemático de un sistema tradicional para el movimiento de la unidad de soporte de cuchillas P.

25 En referencia a esta figura, las letras A, D, L y G indican los puntos de par de torsión fijados del armazón alrededor de los cuales giran los miembros, mientras que las letras B, C, E, F y H indican los acoplamientos giratorios que permiten un grado de libertad de rotación en el movimiento relativo de los miembros.

- 30 En dichas máquinas, el pentagonal no se acciona por medio de manivelas de armazón sino mediante cilindros hidráulicos y no presenta ninguna combinación de singularidad.

35 Éste es por lo tanto, en todas las medidas y para todos los propósitos, un mecanismo que presenta ciertas limitaciones estructurales y funcionales, tales como:

- 30 - la máquina es muy ruidosa puesto que todo el sistema cinemático es impulsado por circuitos y componentes de tipo hidráulico;
- 35 - usa cantidades considerables de aceite para activar un circuito hidráulico muy complejo;
- 40 - usa cantidades considerables de electricidad para el funcionamiento de todo el complejo sistema hidráulico;
- 45 - el impacto medioambiental de la máquina es, por lo tanto, extremadamente negativo en lo que respecta al ruido y al consumo de aceite y electricidad.

45 Análisis específicos realizados en máquinas dobladoras tradicionales también mostraron que el mecanismo habitual para doblar la chapa metálica no puede controlarse eléctricamente puesto que los coeficientes de sensibilidad de la herramienta con respecto a las manivelas de armazón son demasiado altos.

- 50 Estos altos coeficientes de sensibilidad de las máquinas dobladoras tradicionales no son capaces por lo tanto de proporcionar la amplificación necesaria al par de torsión proporcionado por los motores de reducción (motor sin escobillas + engranaje de reducción epíscica) disponibles en el mercado y el único tipo de impulso para los sistemas cinemáticos conocidos es, por lo tanto, hidráulico.

- 55 Otros tipos de motores no pueden usarse debido a las leyes de movimiento a realizar; otras unidades de reducción (juegos de engranajes ordinarios) no son compatibles con los pesos y dimensiones de las máquinas.

55 Otro problema es la no absoluta precisión de las máquinas, debido al hecho de que los dos movimientos sincronizados que hacen posible definir la trayectoria de la herramienta se consiguen, en las máquinas conocidas, por medio de dos grupos de cilindros hidráulicos que gracias a su posición son responsables de forma no completamente independiente del movimiento horizontal y vertical de la herramienta.

- 60 En otras palabras, los cilindros hidráulicos responsables del movimiento horizontal de la unidad de soporte de cuchillas también producen un movimiento vertical no deseado y de la misma manera los cilindros verticales también producen un movimiento horizontal.

65 Esto se debe al posicionamiento de los cilindros que no están en ángulos rectos entre sí, ni forman ángulos fijos con respecto al armazón.

- 65 El documento EP-A-1609543 (WO 2004/069444) describe una máquina dobladora de chapas para doblar una chapa sujetada entre un troquel inferior y un troquel de presión mediante una cuchilla de un troquel de doblado montado en un brazo doblador que está controlada en las direcciones vertical y horizontal. El brazo doblador tiene una sección

transversal vertical configurada sustancialmente en forma de C, e incluye un primer troquel de doblado unido a la porción superior del brazo doblador en forma de C y un segundo troquel de doblado unido a una porción inferior del mismo. Las cuchillas se forman en al menos uno del primer y segundo troqueles de doblado para extenderse en dirección hacia arriba y hacia abajo, respectivamente. Los movimientos están controlados mediante impulsos del servomotor eléctrico.

5

### Descripción de la invención

10 La invención propone proporcionar un sistema cinemático para impulsar unidades operativas de máquinas dobladoras, capaz de eliminar o al menos reducir las desventajas descritas anteriormente.

15 Los servomotores y engranajes de reducción epicíclica se usan para el movimiento de la unidad de soporte de cuchillas en lugar de los accionadores hidráulicos tradicionales.

19 Los servomotores y las unidades de reducción hacen posible de hecho conseguir niveles de rendimiento definitivamente más altos que los de un sistema hidráulico y también aseguran un par de torsión suministrado de forma constante que no puede obtenerse con un sistema hidráulico que usa acumuladores y, por lo tanto, necesariamente tiene una presión que disminuye lentamente durante el doblado.

20 Los servomotores eléctricos, debido a la linealidad intrínseca de su modelo de comportamiento, permiten el uso de patrones de control avanzados para realizar trayectorias e interpolaciones definidas libremente, prácticamente sin errores de posición y velocidad; dichos niveles de rendimiento no pueden conseguirse con un sistema hidráulico controlado por medio de válvulas proporcionales debido a la no linealidad causada por el fluido y a la más reducida banda pasante de este impulso.

25 Estas ventajas se consiguen por medio de un sistema cinemático para impulsar las unidades operativas de una máquina dobladora, cuyas características se describen en la reivindicación principal.

30 Las reivindicaciones dependientes de la solución en cuestión describen realizaciones ventajosas de la invención.

35 Las principales ventajas de estas soluciones se refieren en primer lugar al hecho de que la unidad de soporte de cuchillas de la máquina dobladora usa un mecanismo articulado que es, por definición, un mecanismo de velocidad variable.

40 Esto significa que, con la misma velocidad de impulso, pueden usarse velocidades muy bajas en los pocos segundos inmediatamente anteriores a la apertura/cierre y velocidades decididamente más altas durante el resto del golpe de prensado.

45 Esto también permite una reducción adicional del tiempo del ciclo y un aumento consiguiente del rendimiento de la máquina.

49 La máquina es accionada de forma eléctrica, por medio de una unidad de control electrónico apropiada, y emplea un mecanismo original para el movimiento de las cuchillas de doblado que puede producir una amplificación del par de torsión suficiente para generar la fuerza sobre las herramientas necesaria para doblar los grosoros y longitudes de acuerdo con las especificaciones de la máquina.

50 El sistema articulado que constituye el mecanismo está considerado en términos cinemáticos un mecanismo plano, siendo éste un mecanismo en el que los miembros se mueven con movimiento plano, con los ejes de los pares giratorios paralelos entre sí y en ángulos rectos al plano de movimiento.

55 Desde el punto de vista topológico (número de miembros y tipo de acoplamientos) ésta es una cadena cinemática cerrada con cinco miembros conectados mediante cinco pares giratorios cinemáticos.

59 Uno de estos miembros es el armazón de la máquina. Esta cadena cinemática tiene dos grados de libertad reales, es decir permite dos motores independientes. Las dos manivelas de armazón se seleccionaron como elementos de motor.

60 Desde el punto de vista geométrico, el mecanismo:

- tiene el necesario espacio de funcionamiento para el correcto movimiento de las cuchillas de doblado en los campos previstos por la solicitud;
- presenta configuraciones geométricas particulares (correspondientes a estados de singularidad cinemática en el caso de la inversión cinemática del movimiento) en las proximidades de la configuración en la que el mecanismo dobla la chapa metálica, suficiente para generar la amplificación necesaria de los pares de torsión; existen dos de estas configuraciones, correspondientes a la llamada doblez positiva y doblez negativa.

# ES 2 322 594 T3

Puede observarse que el mecanismo de acuerdo con la invención es tal que está en un estado de singularidad cinemática doble (con respecto al movimiento inverso) en las proximidades de ambas configuraciones mencionadas anteriormente.

- 5 Esta singularidad doble se consigue alineando simultáneamente la primera manivela de motor con la primera barra de conexión y la segunda manivela de motor con la segunda barra de conexión.

Este concepto es independiente de las dimensiones geométricas de los miembros o de la posición de los pares cinemáticos del armazón, incluso aunque parezca evidente que el efecto de amplificación depende en alguna medida 10 de estas dimensiones, y del espacio de funcionamiento de la máquina.

A medida que las cuchillas de la máquina de acuerdo con la invención se mueven por medio de un sistema articulado con dos grados de libertad que presenta una no linealidad cinemática evidente, el movimiento de las cuchillas de doblado, caracterizado por trayectorias de doblado bien definidas, se hace posible y programable por un algoritmo 15 cinemático inverso original especial de tipo no iterativo que, insertado en el control numérico o usado como preprocesador, hace posible realizar trayectorias bien definidas con ejes interpolados tales como, por ejemplo, la interpolación circular convencional, que ya se usa en otras realizaciones.

En particular, un método y un algoritmo típico del campo de la robótica se aplicaron a una herramienta de máquina, 20 de una manera adaptada apropiadamente, para permitir el control del movimiento por medio de variables diferentes a las coordenadas de la herramienta, no ortogonales sino independientes entre sí.

Este algoritmo define la ley de movimiento, exactamente y sin aproximación, que corresponde a una trayectoria de herramienta deseada, a diferencia de lo que ocurre en máquinas dobladoras hidráulicas en las que la trayectoria se 25 fija tradicionalmente en el espacio del accionador, que difiere del espacio cartesiano, y por lo tanto es aproximado, independientemente de la calidad del controlador.

Este algoritmo resuelve la cinemática de posición de manera no iterativa y por lo tanto con error cero.

30 De acuerdo con la invención, el algoritmo cinemático inverso comprende la posterior solución de dos conexiones cerradas, cada una de las cuales corresponde a dos ecuaciones de cierre no lineales en dos cantidades desconocidas.

La solución no iterativa tiene lugar por medio de consideraciones de tipo geométrico.

35 Este algoritmo cinemático inverso, combinado con la alta precisión del controlador que funciona en ejes eléctricos, hace posible realizar trayectorias particulares, diferentes de la circular, con características y usos particulares.

En particular, la máquina de acuerdo con la invención prevé el uso de una nueva y original trayectoria de doblado que, a diferencia de las soluciones conocidas, permite a la cuchilla de doblado girar sobre la chapa metálica sin 40 deslizamiento.

Esta trayectoria es particularmente útil para procesar materiales con una película protectora puesto que evita que la película se rompa y el consiguiente daño a la chapa metálica.

45 En este caso, la cuchilla y la chapa metálica se comportan como dos perfiles conjugados y la trayectoria resultante es un tipo de círculo envolvente. Puede observarse que imponiendo matemáticamente la restricción de no deslizamiento entre la cuchilla y la chapa metálica, se consigue una doblez entre las dos coordenadas libres (o generalizadas) que de hecho definen la trayectoria.

50 La calidad de la parte semi-acabada procesada mediante la máquina de acuerdo con la invención es excelente y se consigue por medio de una máquina considerablemente más silenciosa en comparación con las máquinas anteriores y usa cantidades reducidas de aceite para un circuito hidráulico mucho más sencillo.

55 El impacto medioambiental de la nueva máquina es, por lo tanto, completamente diferente con respecto a las soluciones conocidas en la técnica antecedente, puesto que es menos ruidosa y usa considerablemente menos aceite.

## Descripción de las figuras

60 Otras características y ventajas de la invención serán evidentes con la lectura de la siguiente descripción de una realización de la invención, que se da como ejemplo no vinculante, con ayuda de los dibujos mostrados en las páginas adjuntas, en los que:

- la figura 1 representa una vista lateral esquemática de una máquina dobladora de tipo tradicional;

65 - la figura 2 representa la vista esquemática tridimensional de un modelo general del sistema cinemático de acuerdo con la invención que impulsa la unidad de soporte de cuchillas de una máquina dobladora;

# ES 2 322 594 T3

- la figura 3 es una vista esquemática del mismo modelo cinemático representado en el plano, que muestra las líneas de trayectoria de las conexiones;

5 - las figuras 4 a 6 muestran vistas de modelos cinemáticos de la unidad impulsadora de soporte de cuchillas;

- la figura 7 es un diagrama de bloques del sistema de generación de trayectoria de doblado en la máquina de acuerdo con la invención;

10 - las figuras 8 y 9 muestran vistas esquemáticas de la trayectoria de la cuchilla sobre la chapa metálica a doblar, en una primera y segunda fase operativa.

- las figuras 10 y 11 muestran respectivamente, en forma de ilustración esquemática y diagrama de bloques, el procedimiento de cálculo del sistema cinemático inverso en forma analítica para la máquina dobladora de acuerdo con la invención.

## 15 Descripción de una realización de la invención

Remitiéndonos en primer lugar a la figura 1, es posible observar el método de impulso descrito de la unidad de soporte de cuchillas P, que se mueve mediante un sistema de impulso hidráulico que usa accionadores, del que los puntos A, D, L y G se refieren a los puntos de par de torsión fijos del armazón, alrededor de los cuales giran los miembros, mientras que B, C, E, F y H indican los acoplamientos giratorios que permiten un grado de libertad de rotación al movimiento relativo de los miembros. Este sistema presenta todos los problemas mencionados anteriormente, que la invención se propone resolver.

25 En referencia a la figura 2, la máquina dobladora de acuerdo con la invención está equipada en su lugar con una unidad de soporte de cuchillas 10, que usa servomotores y engranajes de reducción epicíclica en lugar de accionadores hidráulicos tradicionales para controlar sus movimientos.

30 Desde el punto de vista estructural, la parte posterior de la unidad de soporte de cuchillas es integral con una pluralidad de soportes 11, mientras que zócalos 12 están fijados en su parte inferior. Los soportes 11 y los zócalos 12 están implicados en la acción de un sistema cinemático particular cuya cadena tiene dos grados de libertad reales, dependiendo de dos unidades mecánicas indicadas, respectivamente, mediante 13 y 14.

35 El sistema articulado que compone el mecanismo, cinemáticamente se considera un mecanismo plano, siendo éste un mecanismo en el que los miembros se mueven con movimiento plano, con los ejes de los pares giratorios paralelos entre sí en ángulos rectos al plano de movimiento.

40 Desde el punto de vista topológico, es decir del número de miembros y el tipo de acoplamientos, ésta es una cadena cinemática cerrada con cinco miembros conectados mediante cinco pares giratorios cinemáticos.

Uno de estos miembros es el armazón de la máquina. Esta cadena cinemática tiene dos grados de libertad reales, es decir permite dos motores independientes, cada uno instalado en la unidad mecánica respectiva.

45 El primer servomotor independiente 15 forma parte de la primera unidad mecánica 13, a la que se une una manivela 16, unida a su vez a una barra de conexión 17, que en su otro extremo se articula con una palanca 18.

50 Esta palanca 18 está equipada con un pivote en el árbol 19, mientras que su otro extremo, el opuesto al punto de acoplamiento con la barra de conexión se ramifica en una serie de elementos 18a y 18b, que están acoplados al mismo número de clavijas 20a y 20b situadas en los extremos de los soportes 11 integrales con la unidad de soporte de cuchillas 10.

55 La segunda unidad mecánica 14 consta de dos servomotores 21 y 22 que impulsan respectivas manivelas 23 y 24 articuladas a su vez con barras de conexión respectivas 25 y 26, cuyos otros extremos están unidos al zócalo 12 de la unidad de soporte de cuchillas 10.

Debe observarse que todas las manivelas pueden representarse constructivamente mediante elementos excéntricos que tienen la misma función y que las dos manivelas de armazón se seleccionaron como elementos motores.

60 Desde el punto de vista geométrico, el mecanismo:

- tiene el necesario espacio de funcionamiento para el correcto movimiento de las cuchillas de doblado en los campos previstos por la solicitud;
- presenta configuraciones geométricas particulares (correspondientes a estados de singularidad cinemática en el caso de la inversión cinemática del movimiento) en las proximidades de las configuraciones en las que el mecanismo dobla la chapa metálica, suficiente para generar la amplificación necesaria de los pares de torsión. Existen dos de estas configuraciones, correspondientes a la llamada "doblez positiva" y "doblez negativa".

## ES 2 322 594 T3

Puede observarse que este mecanismo es para estar en un estado de singularidad cinemática doble (con respecto al movimiento inverso) en las proximidades de ambas configuraciones mencionadas anteriormente.

Esta singularidad doble se consigue alineando simultáneamente la primera manivela de motor 23, 24 con la primera barra de conexión 25, 26 y la segunda manivela de motor 16 con la segunda barra de conexión 17.

La figura 3 muestra las trayectorias de las conexiones y, en particular, las referencias Z indican las siguientes conexiones cinemáticas:

- 10 Z1 - manivela 23, 24 de la primera conexión entre el motor 21, 22 y la barra de conexión 25, 26;
- Z2 - trayectoria de la barra de conexión 25, 26 de la primera conexión;
- 15 Z3 - trayectoria de la primera conexión entre la bisagra de la barra de conexión 25, 26 y la unidad de soporte de cuchillas 10, y la bisagra 20 de la palanca 18;
- Z4 - trayectoria de la primera conexión entre la bisagra 20 de la palanca 18 y el pivote 19 de esta palanca;
- 20 ZB1 - trayectoria de la segunda conexión entre el pivote 19 de la palanca 18 y la bisagra entre la manivela 18 y la barra de conexión 17;
- ZB2 - trayectoria de la segunda conexión entre la bisagra de la manivela 18 y la barra de conexión 17 y la bisagra de la barra de conexión 17 y la manivela 16;
- 25 ZB3 - trayectoria de la segunda conexión entre la bisagra de la barra de conexión 17 y la manivela 16, y el eje del árbol del motor 15.

Las figuras esquemáticas 4 y 5 muestran las posiciones de los miembros, que se representan mediante vectores, que dan origen a la singularidad doble del mecanismo en las proximidades de las configuraciones de doblado.

30 En particular, la figura 4 muestra una primera configuración singular con el inicio de una doblez positiva, mientras que la figura 5 muestra una primera configuración singular con el inicio de una doblez negativa.

35 La figura 6 muestra la segunda configuración singular de la manivela 16 y la barra de conexión 17: línea discontinua de trazos finos inicio de la doblez positiva o negativa y línea discontinua de trazos largos final de la doblez.

También debe señalarse que este concepto es independiente de las dimensiones geométricas de los miembros o de la posición de los pares cinemáticos del armazón, incluso aunque parece evidente que el efecto de amplificación depende en alguna medida de estas dimensiones y del espacio de funcionamiento de la máquina.

40 A medida que las cuchillas de la máquina de acuerdo con la invención se mueven por medio de un sistema articulado con dos grados de libertad que presenta no linealidad cinemática evidente, el movimiento de las cuchillas de doblado, caracterizado por trayectorias de doblado bien definidas, se hace posible y programable mediante un algoritmo cinemático inverso original especial de tipo no iterativo que, insertado en el control numérico o usado como preprocesador, hace posible realizar trayectorias bien definidas con ejes interpolados tal como, por ejemplo, la interpolación circular convencional.

45 Como puede observarse en las figuras 8 y 9, se muestra la nueva trayectoria de doblado particular que permite a la cuchilla de doblado girar sobre la chapa metálica sin deslizamiento. Esta trayectoria es particularmente útil para procesar materiales con una película protectora puesto que evita que la película se rompa y el consiguiente daño a la chapa metálica.

50 La referencia X1 en la figura 8 indica el hueco inicial entre los extremos de la chapa metálica a doblar y el soporte, mientras que X2 indica el radio de la cuchilla.

55 En la figura 9 - k3 indica el hueco y X4 el ángulo de doblado.

60 La cuchilla y la chapa metálica se comportan como dos perfiles conjugados y la trayectoria resultante es un tipo de círculo envolvente. Puede observarse que, imponiendo matemáticamente la restricción de no deslizamiento entre la cuchilla y la chapa metálica, se consigue una doblez entre las dos coordenadas libres que, de hecho, definen la trayectoria.

65 El movimiento cinemático descrito conduce a muchas ventajas, la más evidente referente al hecho de que los servomotores y las unidades de reducción hacen posible conseguir niveles definitivamente más altos de rendimiento que los de un sistema hidráulico y también aseguran un par de torsión suministrado de forma constante que no puede conseguirse con un sistema hidráulico que usa acumuladores y de este modo tiene necesariamente una presión que disminuye lentamente durante el doblado.

## ES 2 322 594 T3

Además, la calidad de la parte semi-acabada procesada mediante la máquina de acuerdo con la invención es excelente y se consigue por medio de una máquina considerablemente más silenciosa en comparación con las máquinas anteriores y usa cantidades reducidas de aceite para un circuito hidráulico mucho más sencillo.

5 El impacto medioambiental de la nueva máquina es, por lo tanto, completamente diferente con respecto a las soluciones conocidas en la técnica antecedente, puesto que es menos ruidosa y usa considerablemente menos aceite.

La figura 7 es un diagrama de bloques relativo al programa de control de la máquina dobladora. En particular, este  
10 diagrama de bloques hace posible definir el enfoque de cálculo matemático usado para fijar un estado de giro y no deslizamiento de la cuchilla sobre la chapa metálica a doblar.

La invención se ha descrito anteriormente en referencia a una realización preferida. Sin embargo, queda claro que la invención es susceptible a muchas variaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**REIVINDICACIONES**

- 5        1. Un sistema cinemático para impulsar unidades operativas de una máquina dobladora, diseñada para doblar y conformar una chapa metálica, comprendiendo dicha máquina una unidad de soporte de cuchillas (10) con una sección transversal en forma de “C”, móvil a lo largo de dos direcciones mutuamente ortogonales con respecto a una base fija, estando la unidad equipada con una o más cuchillas de doblado, en el que:
- 10      - se usan servomotores (15, 21, 22) y engranajes de reducción epicíclica para el movimiento de la unidad de soporte de cuchillas (10);
- 15      - la unidad de soporte de cuchillas (10) usa un mecanismo articulado que consta de dos unidades mecánicas (13, 14) que forman una cadena cinemática cerrada con cinco miembros conectados mediante cinco pares giratorios cinemáticos,
- 20      estando dicho sistema **caracterizado** porque la primera unidad mecánica (13) comprende un servomotor independiente (15) equipado con una manivela (16) unida a su vez a una barra de conexión (17) cuyo otro extremo esta articulado con una palanca (18) equipada con un pivote en el árbol (19) mientras que su extremo opuesto al punto de acoplamiento con la barra de conexión (17) está unido a cierto número de clavijas (20) posicionadas en los extremos de soportes (11) integrales con la unidad de soporte de cuchillas (10) y con lo que la segunda unidad mecánica (14) consta de dos servomotores (21, 22) que impulsan respectivas manivelas (23, 24) articuladas a su vez con respectivas barras de conexión (25, 26), estando sus otros extremos acoplados al zócalo (12) de la unidad de soporte de cuchillas (10),
- 25      con lo que el mecanismo articulado (13, 14) presenta dos configuraciones geométricas particulares, correspondientes a estados de singularidad cinemática, con respecto al movimiento inverso, en las proximidades de las configuraciones en las que el mecanismo dobla la chapa metálica, para generar la amplificación necesaria del par de torsión, porque el mecanismo está en el estado de doble singularidad cinemática, con respecto al movimiento inverso, en las proximidades de ambas configuraciones mencionadas anteriormente, y porque el sistema está diseñado para conseguir esta doble singularidad alineando simultáneamente la primera manivela de motor (21, 22) con la primera barra de conexión (25, 26) y la segunda manivela de motor (16) con la segunda barra de conexión (17).
- 30      2. Un sistema cinemático de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende una unidad de control electrónico central para los respectivos movimientos de las unidades mecánicas y porque esta unidad de control implementa un algoritmo cinemático inverso que permite a la herramienta girar sobre la chapa metálica sin deslizarse sobre ella.
- 35      3. Un sistema cinemático de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque comprende una unidad de control electrónico central para los respectivos movimientos de las unidades mecánicas y porque esta unidad de control implementa algoritmos cinemáticos inversos que hacen posible definir las trayectorias de las herramientas sin aproximación.
- 40      4. Un sistema cinemático de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado** porque estos algoritmos cinemáticos inversos son de tipo no iterativo.
- 45      5. Una máquina dobladora diseñada para doblar y conformar una chapa metálica, que comprende una unidad de soporte de cuchillas (10) con una sección transversal en forma de “C”, móvil a lo largo de dos direcciones mutuamente ortogonales con respecto a una base fija, y en la que se fijan una o más cuchillas de doblado, **caracterizada** porque comprende un sistema cinemático de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores para impulsar las unidades operativas.
- 50      6. Una máquina dobladora de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada** porque se usan servomotores (15, 21, 22) y engranajes de reducción epicíclica para el movimiento de la unidad de soporte de cuchillas (10) y porque esta unidad de soporte de cuchillas (10) usa un mecanismo articulado que consta de dos unidades mecánicas (13, 14) que forman una cadena cinemática cerrada con cinco miembros conectados mediante cinco pares giratorios cinemáticos.

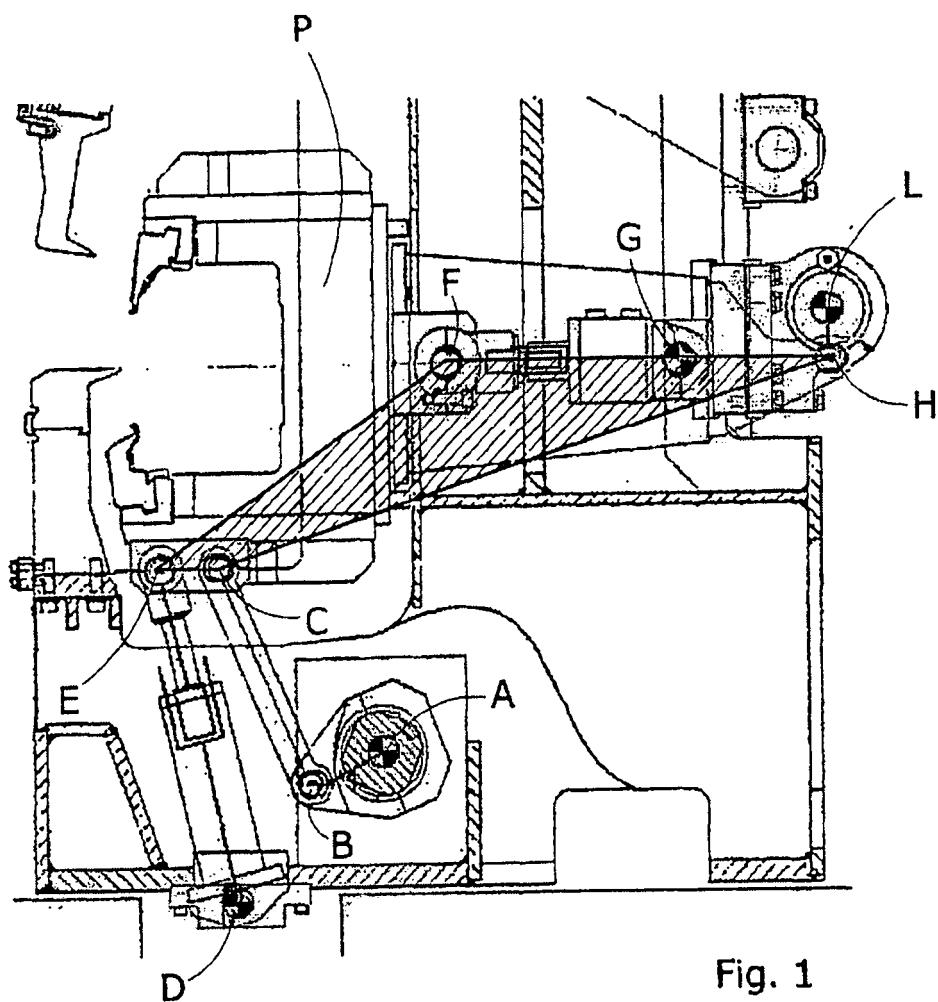
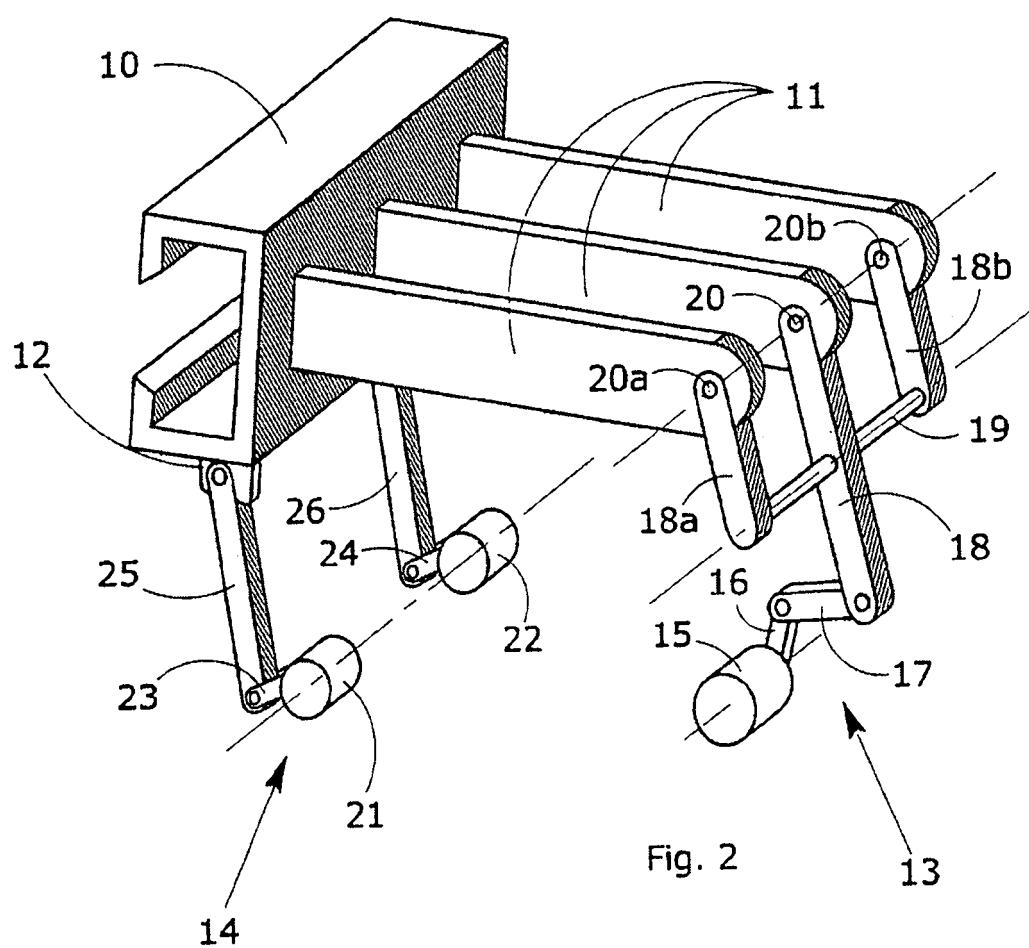


Fig. 1



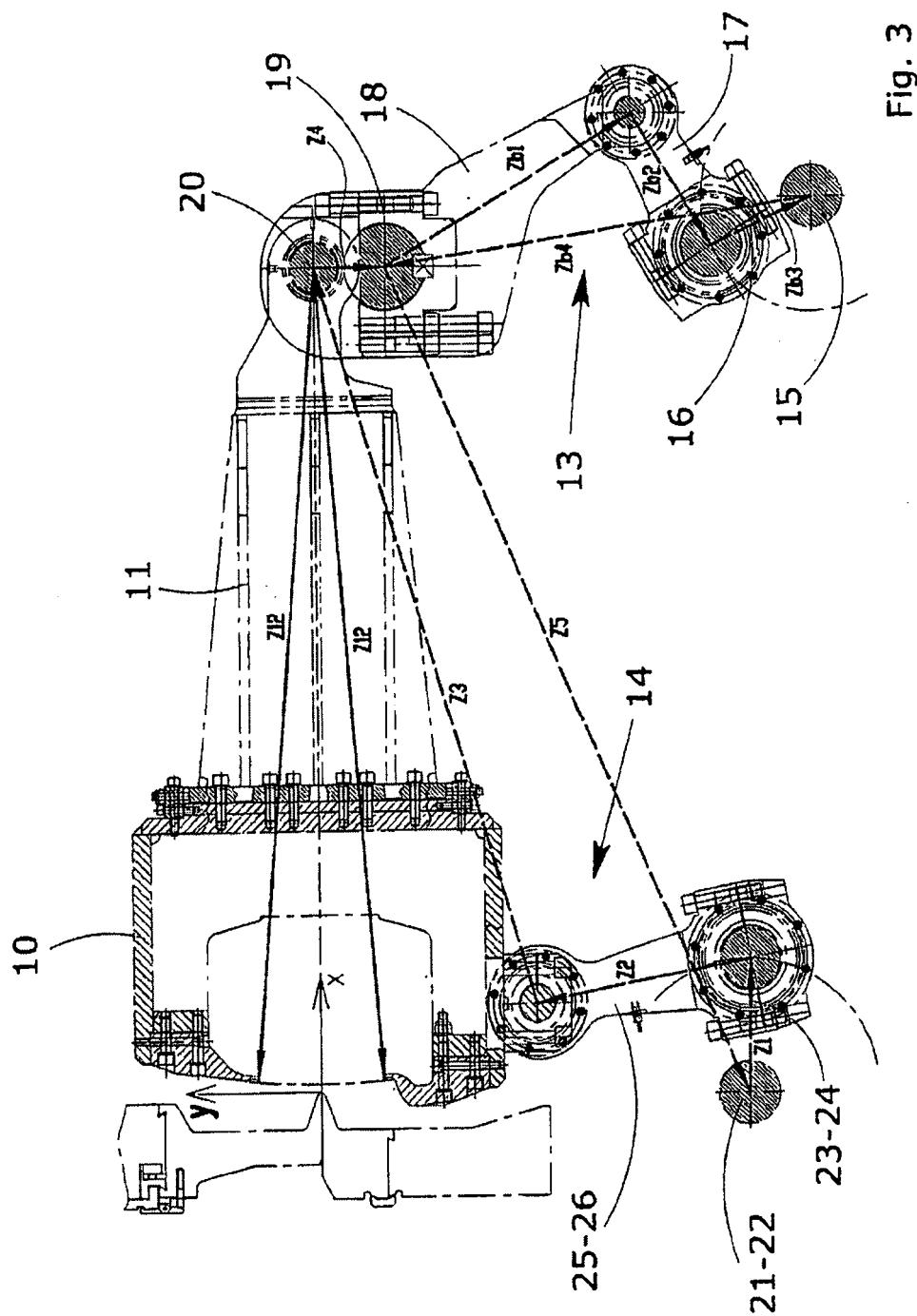


Fig. 3

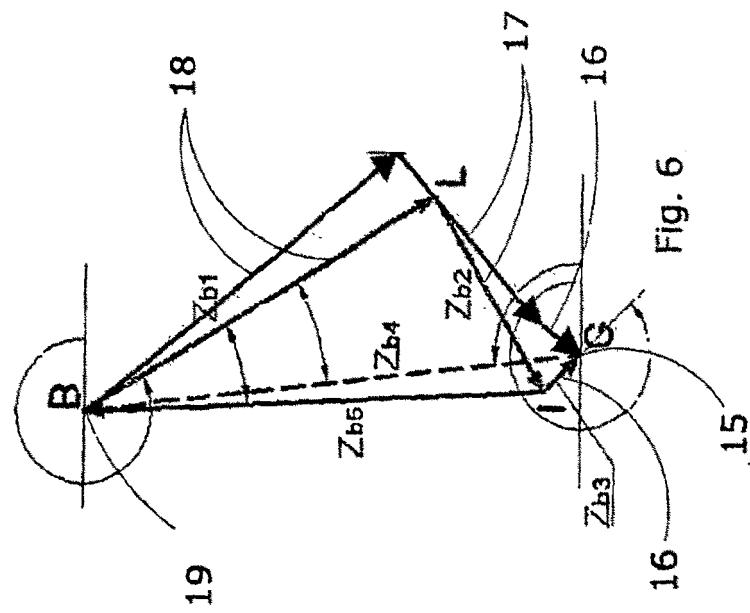


Fig. 6

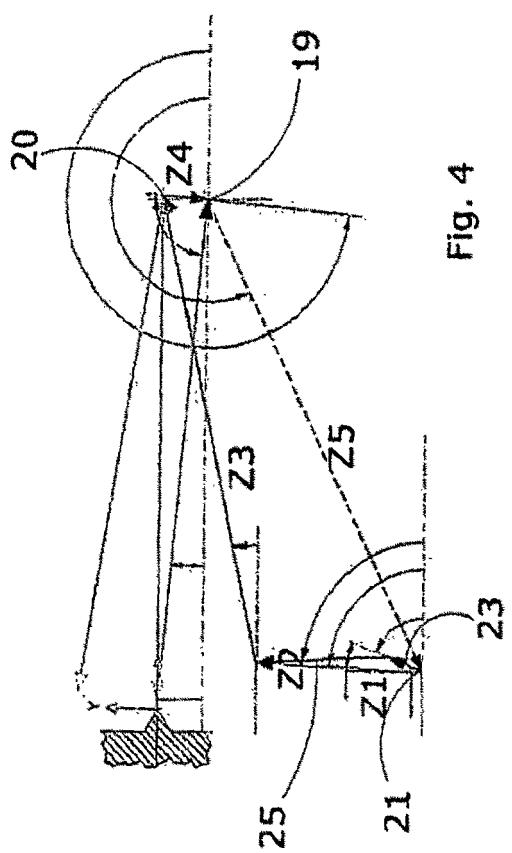


Fig. 4

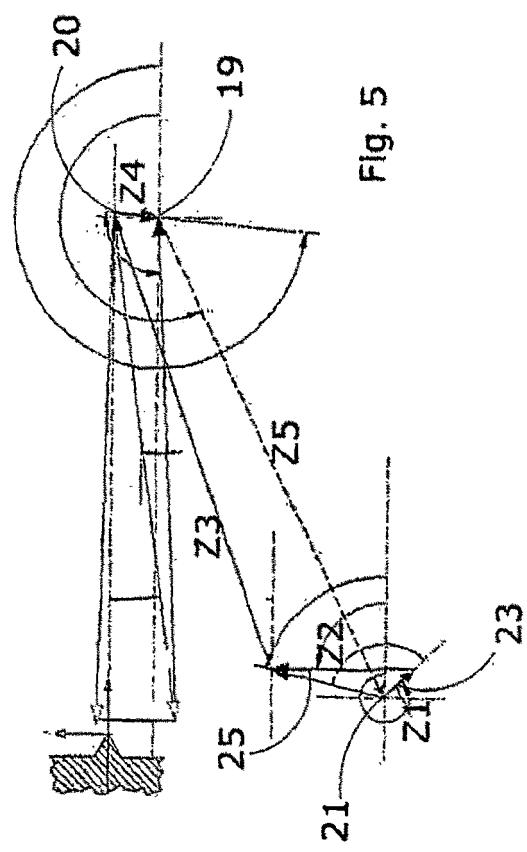


Fig. 5

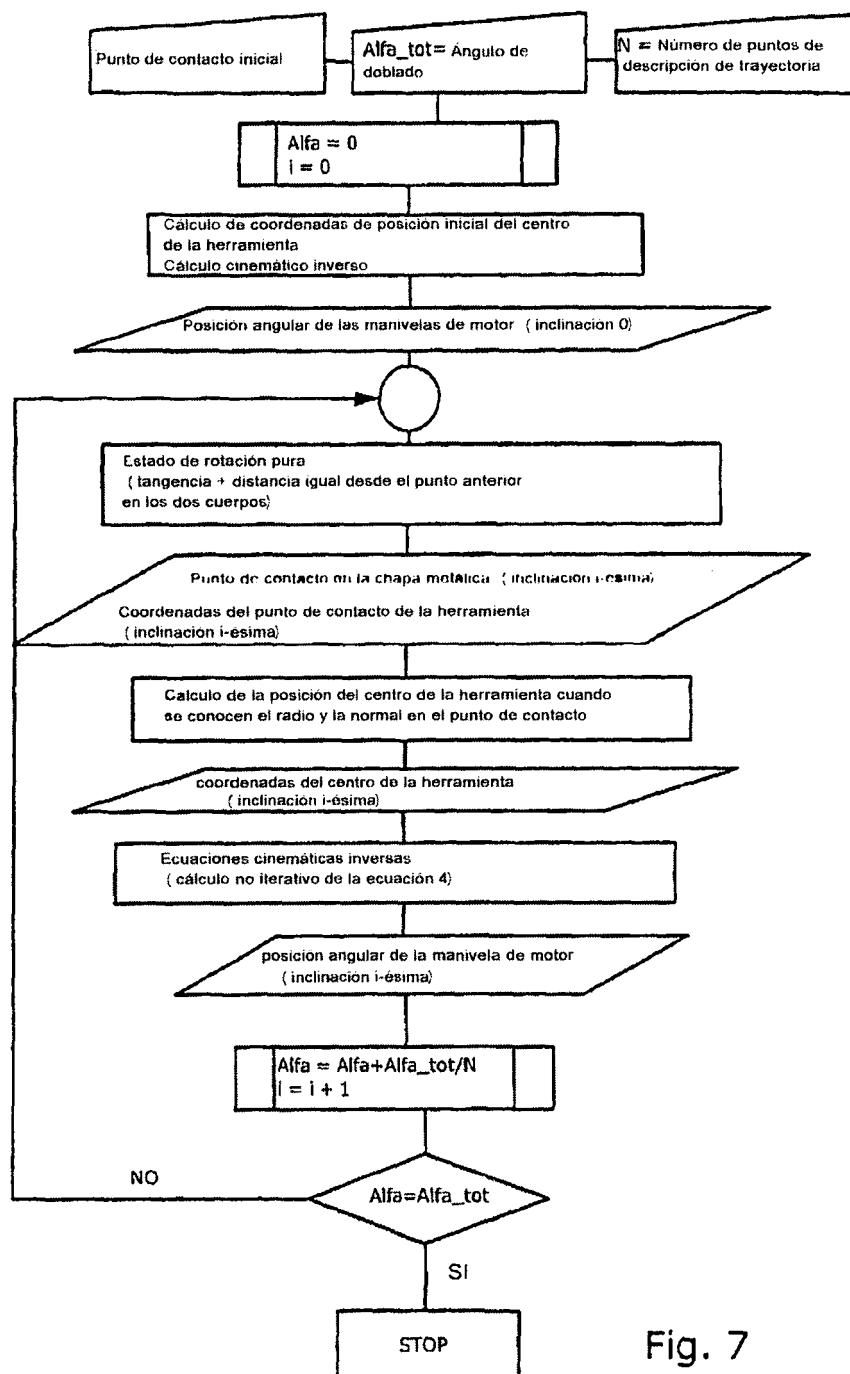


Fig. 7

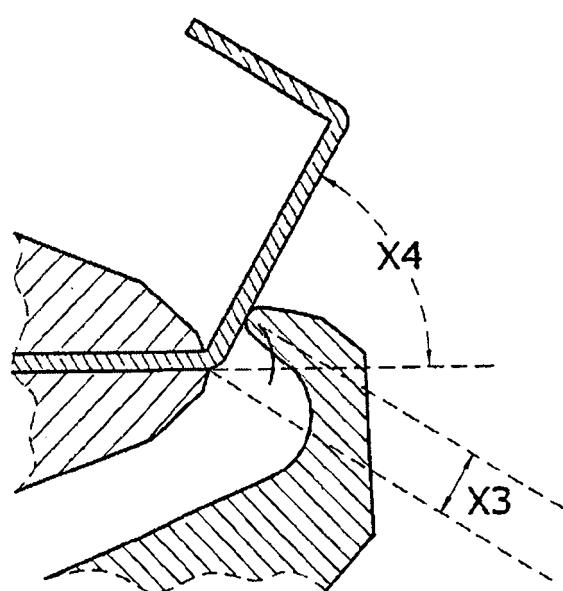
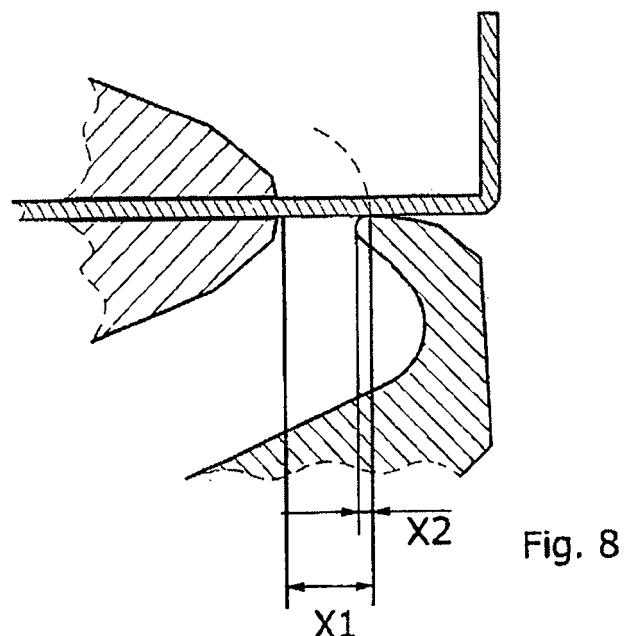
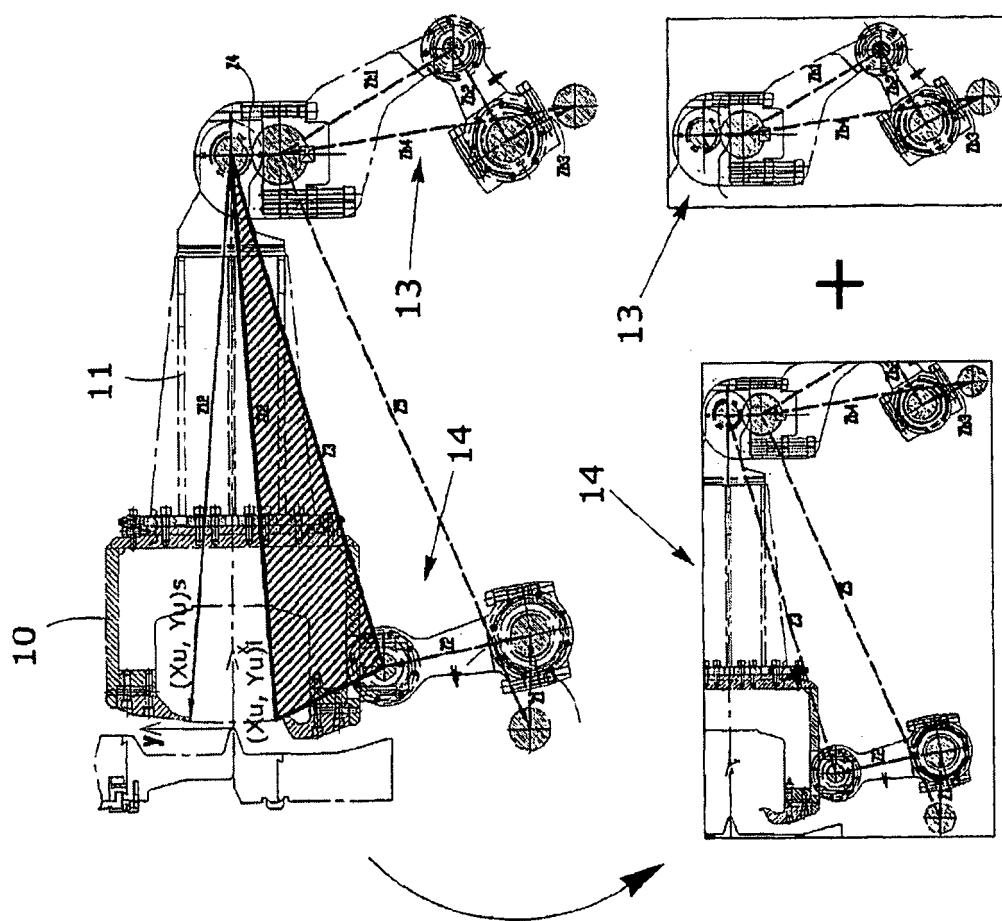


Fig. 9

Fig. 10



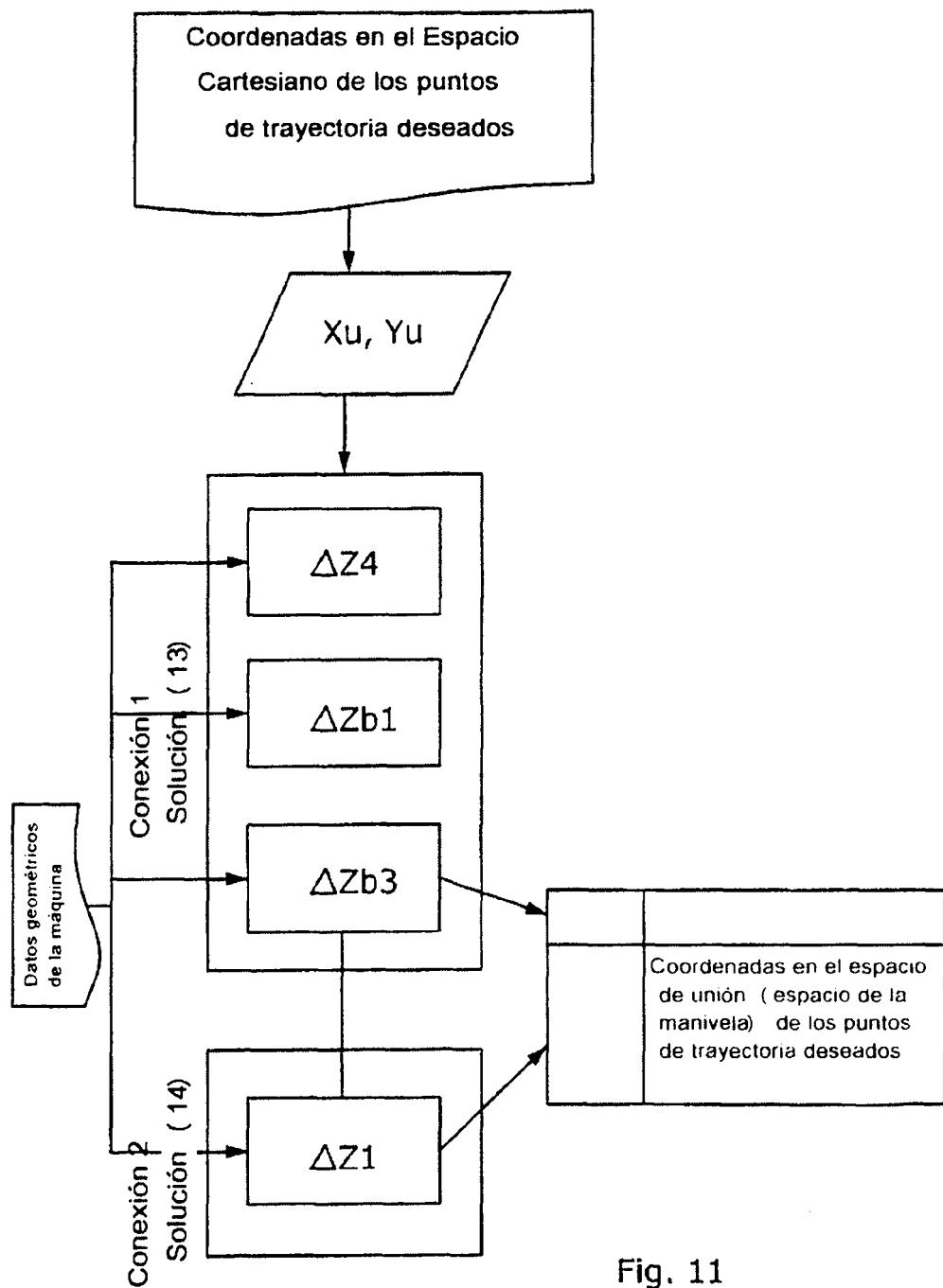


Fig. 11