

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 529**

51 Int. Cl.:

**B21D 5/00** (2006.01)

**G01B 11/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2013** E 13166167 (0)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.09.2017** EP 2660559

54 Título: **Aparato y método para medir el ángulo de doblado de una lámina**

30 Prioridad:

**04.05.2012 IT MI20120751**

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

**22.12.2017**

73 Titular/es:

**SALVAGNINI ITALIA S.P.A. (100.0%)  
Via Guido Salvagnini, 51  
36040 Sarego (VI), IT**

72 Inventor/es:

**NARDETTO, GIANFRANCO y  
BATTISTELLI, FLAVIO**

74 Agente/Representante:

**INGENIAS CREACIONES, SIGNOS E  
INVENCIONES, SLP**

**ES 2 647 529 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Aparato y método para medir el ángulo de doblado de una lámina

La presente invención se refiere a un aparato y a un método para medir un ángulo de doblado de una lámina.

5 En la técnica anterior se conocen máquinas plegadoras adaptadas para doblar láminas de metal y obtener perfiles con ángulos de doblado adecuados.

Dichas máquinas plegadoras pueden estar dotadas de sistemas de medición de ángulo de doblado que comprenden una unidad de procesamiento (ordenador) y uno o más detectores; normalmente, cada detector comprende medios adaptados para proyectar un patrón de luz y medios adaptados para grabar la deformación del patrón durante la operación de doblado de la lámina.

10 EP 1102032 describe un método para medir el ángulo de doblado de una lámina y un dispositivo para medir dicho ángulo de doblado.

15 El método comprende medir en dos lados de un elemento, p. ej., la matriz, un número de distancias en un plano que interseca la lámina y el elemento. Dichas distancias comprenden un número de distancias entre un instrumento de medición y diversos puntos en la lámina y un número de distancias adicionales entre el instrumento de medición y diversos puntos en el elemento, a efectos de determinar, para cada lado del elemento, un perfil respectivo de las distancias medidas y, a partir de los perfiles de estas distancias, los ángulos respectivos entre la lámina y el elemento; el ángulo de doblado de la lámina se determina como una función de los ángulos determinados entre la lámina y el elemento.

20 El dispositivo de medición comprende, en dos lados de un elemento, p. ej., la matriz, un instrumento para medir un número de distancias desde un plano que interseca la lámina y el elemento. Dichas distancias comprenden un número de distancias entre un instrumento de medición y diversos puntos en la lámina y un número de distancias adicionales entre el instrumento de medición y diversos puntos en el elemento. El dispositivo comprende medios adaptados para determinar, para cada lado del elemento, un perfil respectivo de las distancias de medición y medios para determinar, a partir de los perfiles de estas distancias, los  
25 ángulos respectivos entre la lámina y el elemento; el ángulo de doblado de la lámina se determina como una función de los ángulos determinados entre la lámina y el elemento.

EP 1204845 describe un proceso para detectar un ángulo de doblado y un aparato para determinar el cambio en el ángulo de doblado de una lámina durante la operación de doblado.

30 El proceso comprende un haz de luz que se dirige hacia un lado de la pieza a trabajar cuya posición angular debe medirse y que está configurado como un plano de luz o cono de luz, como una línea o trayectoria de luz o, de forma específica, como una forma geométrica simétrica producida en la pieza a trabajar o en un lado de la misma. El cambio en la posición del punto de contacto durante la operación de doblado se detecta de manera óptica-electrónica, p. ej., mediante una videocámara, de forma específica, mediante una videocámara de matriz, y la posición angular del lado de la pieza a trabajar se calcula mediante los cambios en la posición  
35 del punto de contacto observados por la videocámara.

La línea o trayectoria de luz, o la línea de simetría de la forma geométrica, es proyectada en paralelo o esencialmente en paralelo con respecto a la línea de doblado de la pieza a trabajar, en el lado de la pieza a trabajar, y el cambio en el ángulo del lado de la pieza a trabajar se calcula mediante la extensión de la traslación en paralelo de dicha línea o líneas observadas por la videocámara.

40 El aparato comprende un haz o fuente de luz de medición y un receptor, que graba las trayectorias de luz producidas en la pieza a trabajar por el haz o fuente de luz de medición, de forma específica, una videocámara, y un ordenador que calcula los cambios angulares resultantes de los cambios en la posición de la trayectoria o trayectorias de luz. El haz o fuente de luz de medición está dispuesto o configurado de modo que la trayectoria producida forma al menos una línea ligeramente curvada o una línea recta o una forma,  
45 superficie o figura simétrica geoméricamente a efectos de realizar el proceso mostrado anteriormente. El aparato se caracteriza por el hecho de que el haz o fuente de luz de medición está dispuesto de modo que la línea o líneas de luz o similares, como el contorno del ángulo de luz delimitado de manera lineal o la línea de simetría de la forma geométrica, está (o están) dispuestas para extenderse en paralelo o esencialmente en paralelo con respecto al ángulo de doblado.

50 En "Using genetic algorithm-back propagation neural network prediction and finite-element model simulation to optimize the process of multiple step incremental and air bending forming of sheet metal.", de Zemin Fu y col., Materials and design, Londres, vol. 31, No. 1, 1 de enero 2010, se describe un aparato para doblar mediante aire una lámina que comprende un punzón y una matriz con un par de bordes. Se usa una red neural que funciona según un modelo de predicción; el radio de recuperación elástica se usa como la entrada  
55 de la red neural, el radio de punzón se usa como salida diez veces de manera continua con el modelo de predicción, y se usaron el peso y el umbral optimizados en cada ocasión como valor inicial del siguiente

entrenamiento de red. Se usó el promedio de diez radios de punzón para establecer la simulación de modelo de elementos finitos. Se fabrica un nuevo punzón resultante según la simulación, y se conforma una pieza a trabajar en forma de semi elipse prensando una lámina de metal con el nuevo punzón.

5 US 5761940 describe algunos métodos y sistemas secundarios para alinear una pieza a trabajar cuando está siendo cargada en un espacio de matriz de un aparato de doblado y para llevar a cabo un control basado en detectores de un robot al mover una pieza a trabajar de una posición a otra en un contexto de un aparato de doblado. Un mecanismo de retroalimentación está dotado de un mecanismo de dedo de detección que tiene unos detectores de fuerza para detectar fuerzas en direcciones perpendiculares con respecto a una matriz y paralelas con respecto a la misma.

10 US 5103488 se refiere a sistemas de codificación de imágenes y, de forma más específica, a un método y a un dispositivo para el reconocimiento o la detección exacta de un contorno de imagen en movimiento, por ejemplo, el contorno de un comunicador en telefonía visual. Se transmiten matrices de muestras vitales relacionadas con los fotogramas individuales de la transmisión de vídeo a un primer procesamiento en el que se identifica la región de fondo que contiene la figura. La información relacionada con los elementos de dicha  
15 región se procesa a continuación mediante algoritmos de reconocimiento de bordes para detectar un grupo de elementos que posiblemente pertenecen al contorno. El grupo de elementos se analiza para seleccionar una secuencia de elementos distribuidos como promedio a lo largo de una línea. La secuencia de elementos se procesa mediante una red neural para formar el contorno continuo que se codifica posteriormente.

20 A la vista de la técnica anterior, el objetivo de la presente invención consiste en dar a conocer un aparato para medir el ángulo de doblado de una lámina que es diferente de los conocidos.

Según la presente invención, dicho objetivo se consigue mediante un aparato según el aparato de la reivindicación independiente 1 y mediante un método según el método de la reivindicación independiente 8. Las realizaciones preferidas son el objeto de las reivindicaciones dependientes. Las características y ventajas de la presente invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de una realización  
25 práctica de la misma, mostrada a título de ejemplo no limitativo en los dibujos que se acompañan, en los que:

la figura 1 muestra una vista en sección de un dispositivo de medición del ángulo de doblado de una lámina según una realización de la presente invención y dotado de un único detector;

la figura 2 muestra una vista en sección de un dispositivo de medición del ángulo de doblado de una lámina dotado de dos detectores según una variante de la realización de la presente invención;

30 la figura 3 muestra un patrón de luz con tres líneas inclinadas proyectadas en la lámina sujeta a doblado y la máscara usada para ocultar la matriz;

la figura 4 muestra una vista frontal del aparato de medición del ángulo de doblado de la figura 1;

la figura 5 muestra una vista en perspectiva del aparato de medición del ángulo de doblado de la figura 1;

35 la figura 6 muestra una vista en perspectiva de una máquina plegadora que comprende el aparato de medición del ángulo de doblado de una lámina según la presente invención;

la figura 7 muestra una vista lateral de la máquina plegadora de la figura 6;

la figura 8 muestra un diagrama de bloques del aparato según la presente invención;

40 la figura 9 muestra el diagrama de flujo del método para medir el ángulo de doblado según la presente invención.

Las figuras 1-7 muestran un aparato 2 para medir el ángulo de doblado de una lámina 3 en una máquina plegadora 1. La máquina plegadora 1 está dotada de forma típica de una matriz 9 (figuras 1, 2, 4-7) soportada por un soporte 11; la matriz 9 es de tipo intercambiable para permitir diversos tipos de doblado. La máquina plegadora 1 comprende una cuchilla 12 de doblado (figuras 6, 7) accionada por una unidad mecánica 13 a  
45 efectos de impartir un doblado longitudinal según una línea P en la lámina 3, dispuesta entre la matriz 9 y la cuchilla 12 de corte. De este modo, los números 31 y 32 de referencia son las dos superficies o lados de la lámina 3 adyacentes a la línea P de doblado durante la etapa de doblado de la lámina 3 o después de la misma.

El aparato 2 de medición comprende al menos un detector 4 (figura 1) que comprende unos medios 41 de grabación, p. ej., una videocámara o una cámara de fotos, y una fuente 42 de iluminación de luz estructurada, p. ej., un láser; preferiblemente, se incluyen dos detectores 4 (figura 2).

Cada detector 4 está soportado por una brida 14 y es ajustable en altura mediante unos vástagos 15 por los que puede deslizar la brida 14. Dichos vástagos 15 son integrales con un elemento 16 de soporte que desliza

a lo largo de unas guías 8 que son longitudinales con respecto a la matriz 9.

La fuente 42 de luz está adaptada para proyectar un patrón de luz en una superficie 31, 32 de la lámina 3. Un patrón de luz significa cualquier forma geométrica, una línea, una pluralidad de líneas paralelas o líneas incidentes o una matriz de puntos.

5 Los medios 41 de grabación están adaptados para grabar la imagen del patrón de luz proyectado por la fuente 42 de luz en la superficie 31, 32 de la lámina 3, es decir, el patrón de luz deformado proyectado en la lámina que está siendo doblada.

10 Los medios 41 de grabación y la fuente 42 de luz están conectados a una unidad 10 de procesamiento que comprende un microprocesador 101 y una memoria 102 en la que está instalada y se ejecuta un software de aplicación. A título indicativo, es posible considerar la unidad 10 de procesamiento como un grupo de secciones o partes para controlar los dispositivos 41, 42 y para procesar las imágenes grabadas por los medios 41 de grabación. Las secciones se corresponden con las diversas funciones del software de aplicación instalado y ejecutado en la memoria 102.

15 La unidad 10 de procesamiento (figura 8) comprende una sección 110 adaptada para controlar la fuente 42 de luz a efectos de iluminar la superficie 31, 32 de la lámina 3 y adaptada para controlar posteriormente los medios 41 de grabación a efectos de grabar la imagen obtenida en la superficie 31, 32 mediante la proyección del patrón de luz resultante de la fuente 42.

20 Según la presente invención, los medios 41 de cámara están configurados para grabar la imagen obtenida en la superficie 31, 32 mediante la proyección del patrón de luz durante la operación de doblado de la lámina 3 al menos en un instante Treg1 de tiempo, aunque, preferiblemente, en una pluralidad de instantes Treg1, Treg2... Tregn de tiempo subsiguientes, separados por intervalos Td de tiempo no iguales a cero, hasta que se consigue el valor de medición necesario del ángulo de doblado de la lámina 3. Preferiblemente, los intervalos Td de tiempo tienen la misma duración, es decir, 15 milisegundos.

25 Preferiblemente, el patrón de luz comprende una pluralidad de líneas 52 inclinadas entre sí y proyectadas en paralelo o esencialmente en paralelo con respecto a la superficie 31, 32 de la lámina 3 (figura 3). De forma específica, el número de líneas inclinadas 52 puede ser dos o tres.

Los medios 41 de grabación graban la imagen 55 durante la operación de doblado de la lámina 3 al menos en un instante Treg1 de tiempo, aunque, preferiblemente, en instantes Treg1, Treg2... Tregn de tiempo.

30 En cada instante Treg1, Treg2... Tregn de tiempo, la imagen del patrón deformado 55 se envía a la unidad 10 de procesamiento, de forma específica, a la sección 111, mediante una conexión por cable o inalámbrica.

En la sección 112, la unidad 10 de procesamiento aplica preferiblemente una máscara 51 para ocultar la matriz 9 en la imagen grabada 55 a efectos de ignorar la parte del patrón de luz proyectado en la propia matriz 9.

35 De este modo, también en la sección 112, la unidad 10 de procesamiento procesa las fuentes de luz de la imagen grabada 55 para discriminar el patrón de luz láser del fondo representado por la superficie 31, 32 de la lámina 3; el patrón 56 de luz grabado se obtiene de esta manera.

En la sección 113, la unidad 10 de procesamiento está adaptada para procesar dicho patrón grabado 56 a efectos de obtener una nube 57 de puntos.

40 Otra sección 114 de la unidad 10 de procesamiento está adaptada para muestrear los puntos de la nube 57 de puntos a efectos de reducir la cantidad de datos a procesar; se obtiene una pluralidad de muestras 58 que, después de una etapa de reconfiguración, nuevamente en la sección 114, son transmitidas a otra sección 115 que comprende una red neural.

45 Es posible seleccionar las muestras 58 de manera aleatoria. En cualquier caso, las muestras se corresponden preferiblemente con un área 300 de la superficie 31, 32 de la lámina 3 sobre la matriz 9, preferiblemente, a una distancia de 20 milímetros de la matriz 9; de este modo, seleccionando las muestras en el área 300 se obtiene una mayor precisión de medición y una mayor velocidad de la operación de medición.

El número de muestras 58 varía preferiblemente de 200 a 300.

50 La red neural 115 puede detectar un ángulo de doblado basándose en la configuración de los puntos introducidos en la misma, es decir, según la pluralidad de muestras 58 suministradas como entradas.

La red neural 115 debería ser entrenada para obtener un ángulo de doblado a partir de muestras de una nube de puntos antes de su uso, es decir, debería haber procesado previamente una cantidad adecuada de configuraciones.

De forma general, la red neural 115 puede sugerir una linealización del problema para el que se busca una solución. Dicha linealización expresa la probabilidad estadística de que un nuevo caso, nunca antes examinado, caiga dentro de un área de solución que ya se ha comprobado y validado durante la etapa de entrenamiento. Este resultado es intrínsecamente capaz de comprimir una cantidad de datos, ya que, una vez se ha aprendido el modelo numérico, la red neural no necesita acceder a una base de datos de la que obtener las correspondencias entre configuraciones de puntos y ángulo de doblado, ya que la misma puede reconstruirlas de manera autónoma.

El entrenamiento se muestrea adicionalmente, es decir, la cantidad de datos a almacenar es más pequeña, ya que la red neural puede reconstruir los datos restantes por interpolación. En este caso, solamente parte de las configuraciones de una pluralidad de muestras de la nube de puntos, y no todas las posibles configuraciones, se almacenan durante la etapa de entrenamiento. Por lo tanto, la red neural 115 aprende las relaciones entre la variable de entrada (pluralidad de muestras de la nube de puntos) y la variable de salida (ángulo de doblado), y se ha comprobado que es capaz de reproducir, no solamente las configuraciones de punto que nunca se encontraron anteriormente, sino también las que ya se han observado, no siendo necesario disponer de una base de datos de imágenes. Además, el trabajo con nubes de puntos no requiere que los algoritmos resuelvan el problema de distorsión de imágenes, que se produciría en caso de estrategias de medición basadas en cálculo de distancias (p. ej., el ángulo entre dos líneas).

El ángulo 60 de doblado que sale de la red neural 115 se introduce en una sección 116 que comprueba si el ángulo 60 de doblado es igual al ángulo deseado. Si la comprobación es negativa, la medición del ángulo de doblado de la lámina 3 se repite en instantes Treg1, Treg2... Tregn de tiempo subsiguientes hasta que se consigue un valor de ángulo de medición deseado, es decir, hasta que la operación de comprobación es positiva; si la operación es negativa, la sección 116 informa a la sección 110 de control que controle los medios de grabación y realicen una nueva grabación de la imagen obtenida en la superficie 31, 32 mediante la proyección de un patrón de luz producido por la fuente 42. También preferiblemente, la sección 116 comprueba la coherencia de la salida de datos de la red neural 115; si se produce un resultado positivo de la operación de comprobación de coherencia y la operación de comprobación, el valor 200 de medición se envía al usuario.

La unidad 10 de procesamiento funciona de la siguiente manera (figura 9).

Hay una primera etapa A de control de la proyección del patrón de luz en una o ambas superficies 31, 32 de la lámina 3 y una etapa B de grabación de la imagen obtenida en la superficie 31, 32 por la proyección del patrón de luz durante la operación de doblado de la lámina 3 en un instante Treg1 de tiempo.

A continuación hay una etapa C de aplicación de una máscara 51 para ocultar la matriz 9 en la imagen grabada 55 y una etapa D de discriminación del patrón de luz láser del fondo representado por la superficie 31, 32 de la lámina 3 a efectos de obtener un patrón 56 de luz grabado.

A continuación hay una etapa E de transformación del patrón 56 de luz grabado en una nube 57 de puntos y una etapa F subsiguiente de muestreo de la nube 57 de puntos a efectos de obtener una pluralidad de muestras 58 y una etapa de reconfiguración de las muestras.

En la etapa G, la pluralidad de muestras reconfiguradas 58 se procesan mediante una red neural para identificar el ángulo 60 de doblado que se corresponde con dicha pluralidad de muestras reconfiguradas 58.

Preferiblemente, se comprueba la coherencia del ángulo 60 de doblado durante una etapa H subsiguiente; si se produce un resultado positivo (Sí), el valor 60 del ángulo de doblado es la salida para la etapa L subsiguiente, en caso contrario (No), se reanuda la etapa G.

En la etapa L hay una etapa de comprobación en la que se evalúa si el valor 60 del ángulo de doblado obtenido en el instante Treg1 de tiempo es el deseado; si así es (Sí), el método de medición finaliza, en caso contrario (No), se realiza otra medición del ángulo de doblado en un instante Treg2 subsiguiente, después de un intervalo Td de tiempo, desde el instante Treg1, es decir, el método de medición se reanuda a partir de la etapa B o, si la proyección del patrón de luz en una o ambas superficies 31, 32 de la lámina 3 tampoco es continua, sino discontinua, el método de medición se reanuda a partir de la etapa A controlando la proyección del patrón de luz.

En la etapa L hay una nueva etapa de comprobación en la que se evalúa si el valor 60 de medición del ángulo de doblado obtenido en el instante Treg2 de tiempo es el deseado; si así es (Sí), el método de medición finaliza, en caso contrario (No), se realiza otra medición del ángulo de doblado en un instante Treg3 posterior, después del intervalo Td de tiempo del instante Treg2, es decir, el método de medición se reanuda a partir de la etapa B o la etapa A nuevamente.

El método de medición continúa en los instantes subsiguientes Treg3... Tregn hasta que se comprueba que, en la etapa L, el valor de medición obtenido es el deseado, y el valor 200 de medición se transmite por lo tanto al usuario.

## REIVINDICACIONES

1. Aparato (2) para medir un ángulo de doblado de una lámina (3) durante la operación de doblado de la lámina (3), que comprende una unidad (10) de procesamiento y al menos un detector (4) que comprende una fuente (42) de luz para proyectar un patrón (52) de luz en al menos un lado (31, 32) de la lámina (3) y medios (41) de grabación adecuados para grabar la imagen de la proyección de dicho patrón de luz en al menos un lado de la lámina que está siendo doblada, **caracterizado por el hecho de que** dicha unidad (10) de procesamiento está configurada para controlar dichos medios de grabación para grabar la imagen en al menos un instante (Treg1; Treg1, Treg2... Tregn) de tiempo durante la operación de doblado de la lámina (3), siendo capaz dicha unidad (10) de procesamiento de transformar la imagen grabada (56) en una nube (57) de puntos y comprendiendo una red neural (115) configurada para asociar un valor (60, 200) de ángulo de doblado a dicha nube (57) de puntos, y estando configurada dicha unidad (10) de procesamiento para comprobar (116) si dicho valor (60, 200) de ángulo de doblado es igual a un valor de ángulo de doblado deseado de la lámina y, si la operación de comprobación es negativa, adaptándose para controlar dichos medios de grabación para grabar la imagen en una pluralidad de instantes (Treg1, Treg2... Tregn) de tiempo sucesivos, separados por intervalos (Td) no iguales a cero, durante la operación de doblado de la lámina (3) hasta que el aparato consigue la medida deseada del valor de ángulo de doblado de la lámina, siendo capaz dicha unidad de procesamiento en cada uno de dichos instantes (Treg1, Treg2... Tregn) de tiempo de transformar la imagen grabada (56) en una nube (57) de puntos y estando configurada dicha red neural (115), siempre en cada uno de dichos instantes de tiempo, para asociar un valor (60, 200) de ángulo de doblado de la lámina a dicha nube (57) de puntos.
2. Aparato según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** dicha unidad (10) de procesamiento está configurada para muestrear dicha nube (57) de puntos y para enviar una pluralidad de muestras (58) como entrada a la red neural (115), siendo adecuada dicha red neural (115) para asociar un valor (60, 200) de ángulo de doblado a dichas muestras (58).
3. Aparato según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** dicha fuente (42) de luz está adaptada para proyectar un patrón (52) de luz que comprende una pluralidad de líneas inclinadas.
4. Aparato según la reivindicación 3, **caracterizado por el hecho de que** dicha fuente (42) de luz está adaptada para proyectar un patrón (52) de luz que consiste en dos líneas inclinadas.
5. Aparato según la reivindicación 1, **caracterizado por el hecho de que** dicha unidad (10) de procesamiento está configurada para procesar los umbrales de luz de la imagen grabada (55) mediante dichos medios (41) de grabación a efectos de discriminar el patrón (56) de luz del fondo representado por la lámina (3).
6. Máquina plegadora (1) que comprende un aparato (2) para medir el ángulo de doblado de la lámina (3) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
7. Máquina plegadora según la reivindicación 6, **caracterizada por el hecho de que** comprende una matriz (9) para doblar el metal laminar (3), estando adaptada dicha unidad (10) de procesamiento para ocultar dicha matriz (9) a efectos de ignorar la parte del patrón de luz grabado (55) mediante los medios (41) de grabación que se corresponde con dicha matriz (9).
8. Método para la medición del ángulo de doblado de una lámina (3) durante la operación de doblado de la lámina (3), comprendiendo dicho método proyectar (A) un patrón (52) de luz en al menos un lado de la lámina (3), grabar (B) la imagen (55) correspondiente a la proyección de dicho patrón de luz en al menos un lado de la lámina (3) que está siendo doblada, **caracterizado por el hecho de que** dicha grabación se lleva a cabo en al menos un instante (Treg1, Treg2... Tregn) de tiempo durante la operación de doblado de la lámina (3), comprendiendo dicho método transformar (E) la imagen grabada en una nube (57) de puntos y asociar un valor (60, 200) de ángulo de doblado a dicha nube de puntos mediante la aplicación (G) de una red neural (115), verificar (L) si el valor (60, 200) de ángulo de doblado de las láminas es igual a un valor de ángulo de doblado deseado de la lámina y, si dicha etapa de verificar es negativa (NO), las etapas de grabar la imagen, transformar (E) la imagen grabada en una nube (57) de puntos y asociar un valor (60, 200) de ángulo de doblado a dicha nube de puntos mediante la aplicación (G) de una red neural (115) se repiten en instantes (Treg1, Treg2... Tregn) de tiempo subsiguientes separados por intervalos (Td) de tiempo diferentes no iguales a cero durante la operación de doblado de la lámina (3) hasta que se consigue el valor de ángulo de doblado deseado de la lámina.
9. Método según la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** comprende muestrear (F) dicha nube de puntos a efectos de obtener una pluralidad de muestras (58) y aplicar la red neural (115) en dicha pluralidad de muestras (58) para obtener dicho valor (60, 200) de ángulo de doblado.
10. Método según la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** el patrón de luz a proyectar comprende una pluralidad de líneas inclinadas.
11. Método según la reivindicación 10, **caracterizado por el hecho de que** el patrón de luz a proyectar está

formado por dos líneas inclinadas.

12. Método según la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** comprende, después de la etapa de grabar, procesar (D) los umbrales de luz de la imagen grabada (55) mediante dichos medios de grabación a efectos de discriminar el patrón (56) de luz del fondo representado por la lámina.
- 5 13. Método según la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** el doblado de la lámina se lleva a cabo mediante la aplicación de una matriz (9), comprendiendo dicho método la ocultación (C) de la matriz (9) antes de la etapa de procesar (D) los umbrales de luz.
14. Método según la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** comprende entrenar la red neural (115), almacenándose solamente ciertas configuraciones de nubes de puntos muestreadas, siendo dicha  
10 etapa de entrenar previa a la etapa de proyectar el patrón de luz.
15. Método según la reivindicación 8, **caracterizado por el hecho de que** comprende un control (H) de coherencia de los datos suministrados como salida por la red neural (115) antes de la transmisión de dichos datos al usuario.

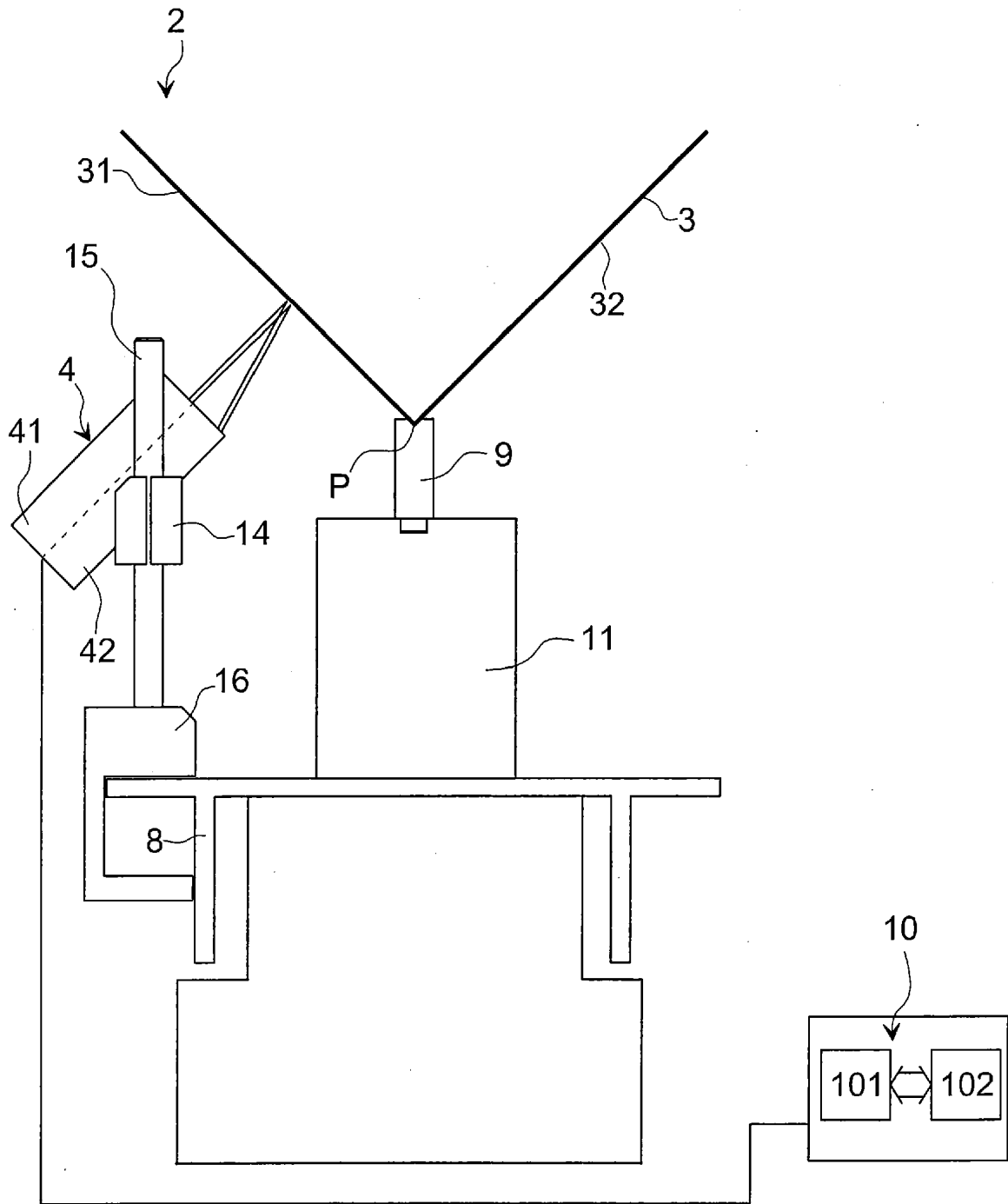


Fig.1



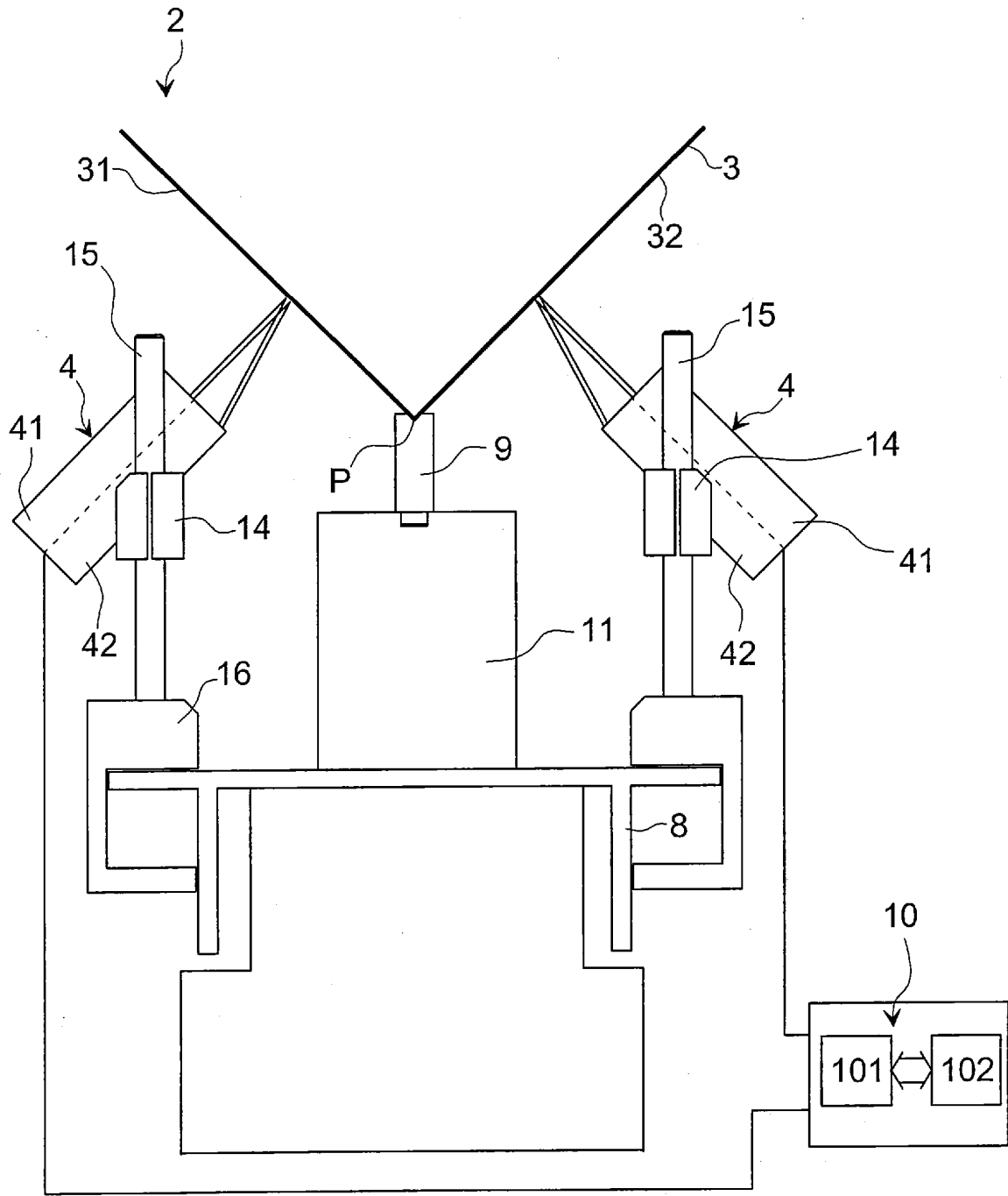


Fig.2

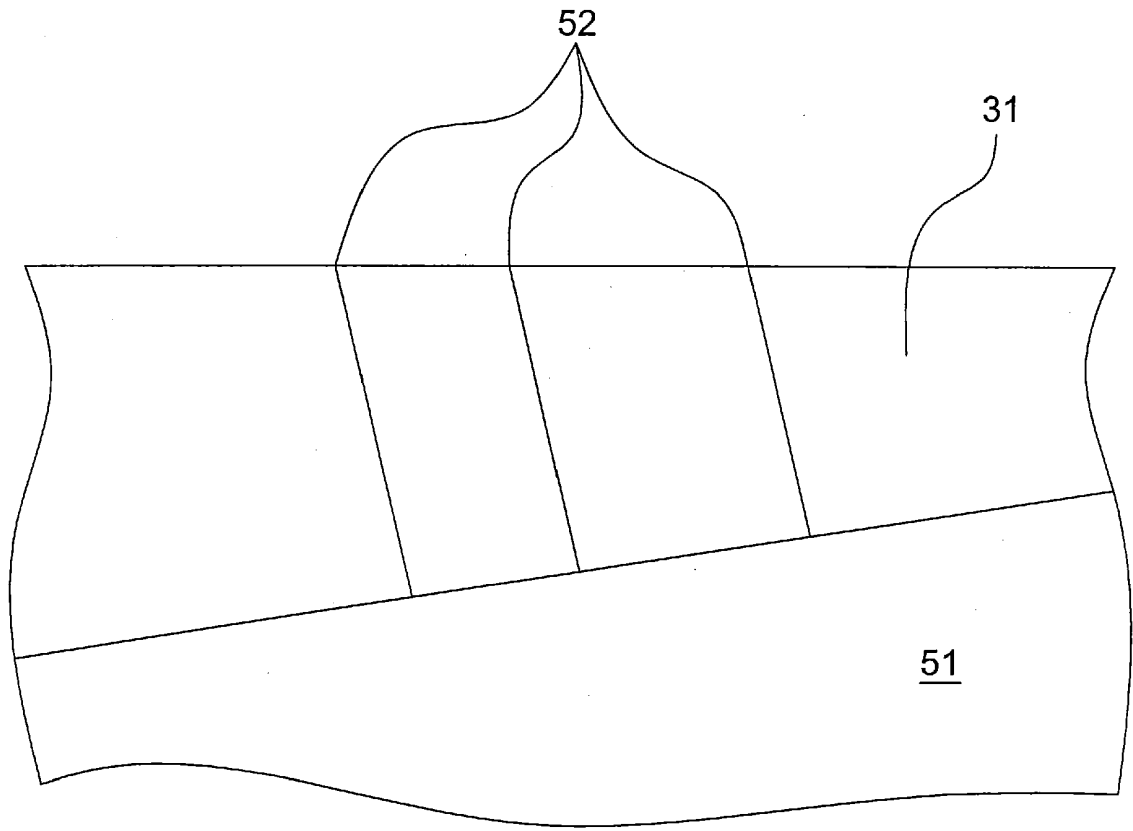


Fig.3

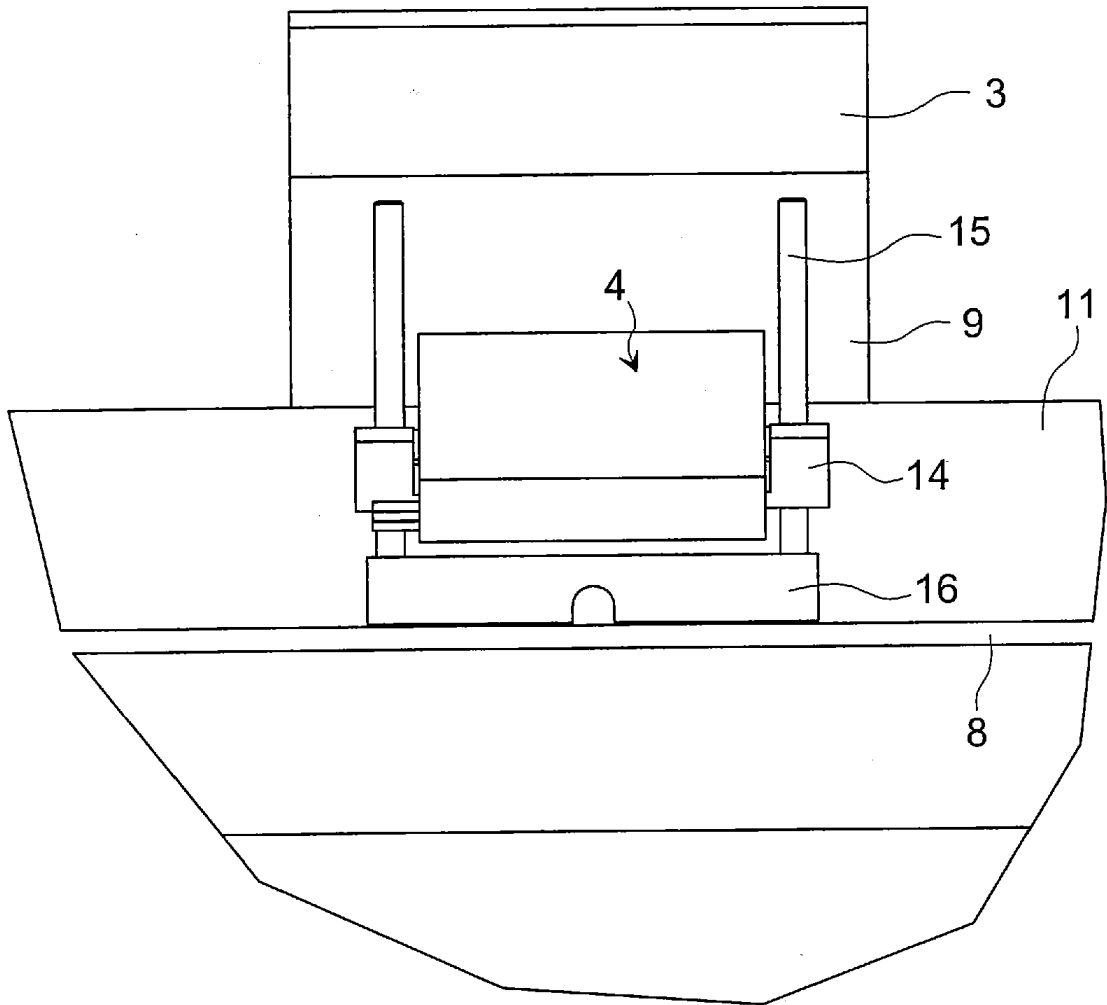


Fig.4

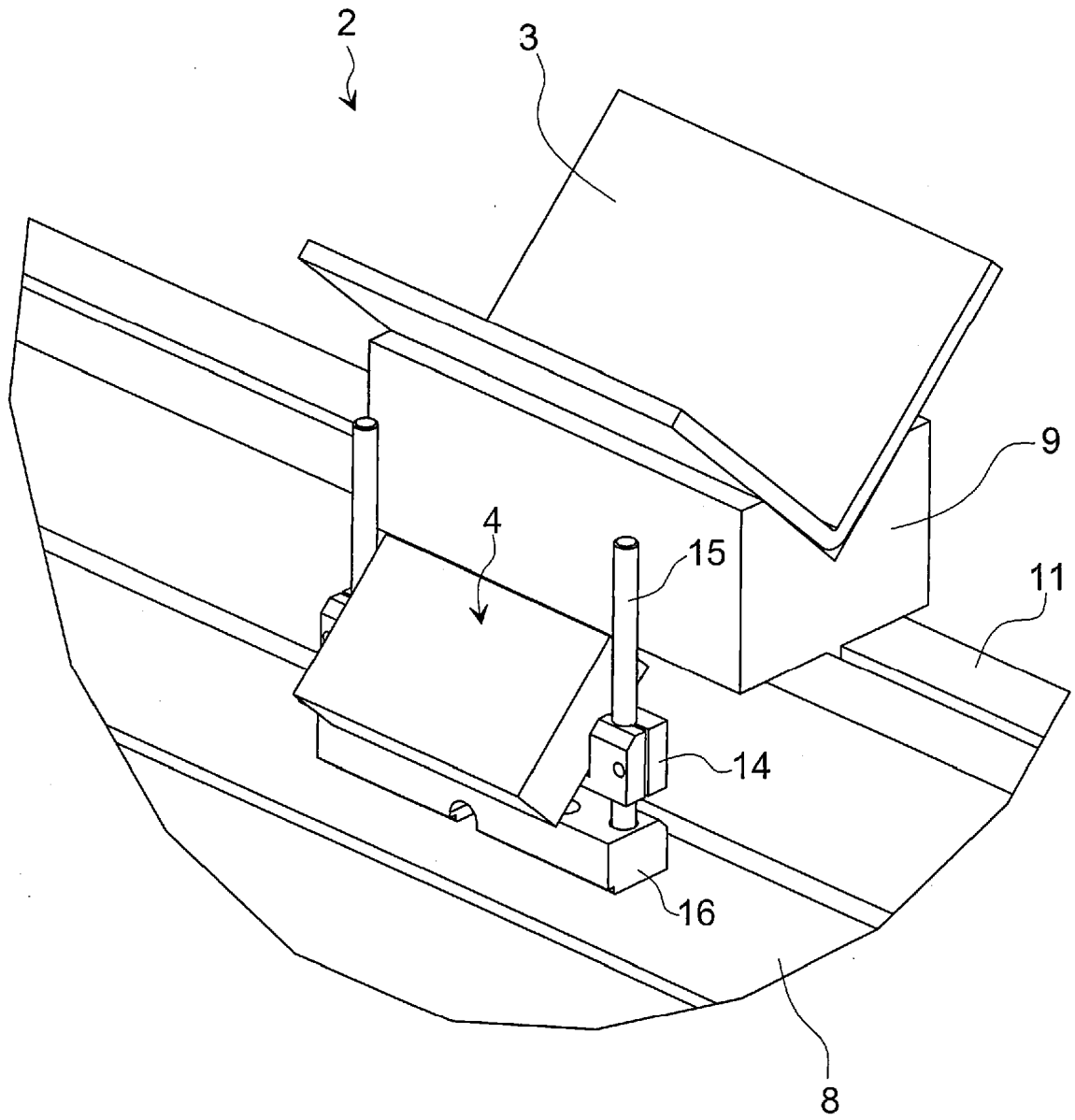


Fig.5

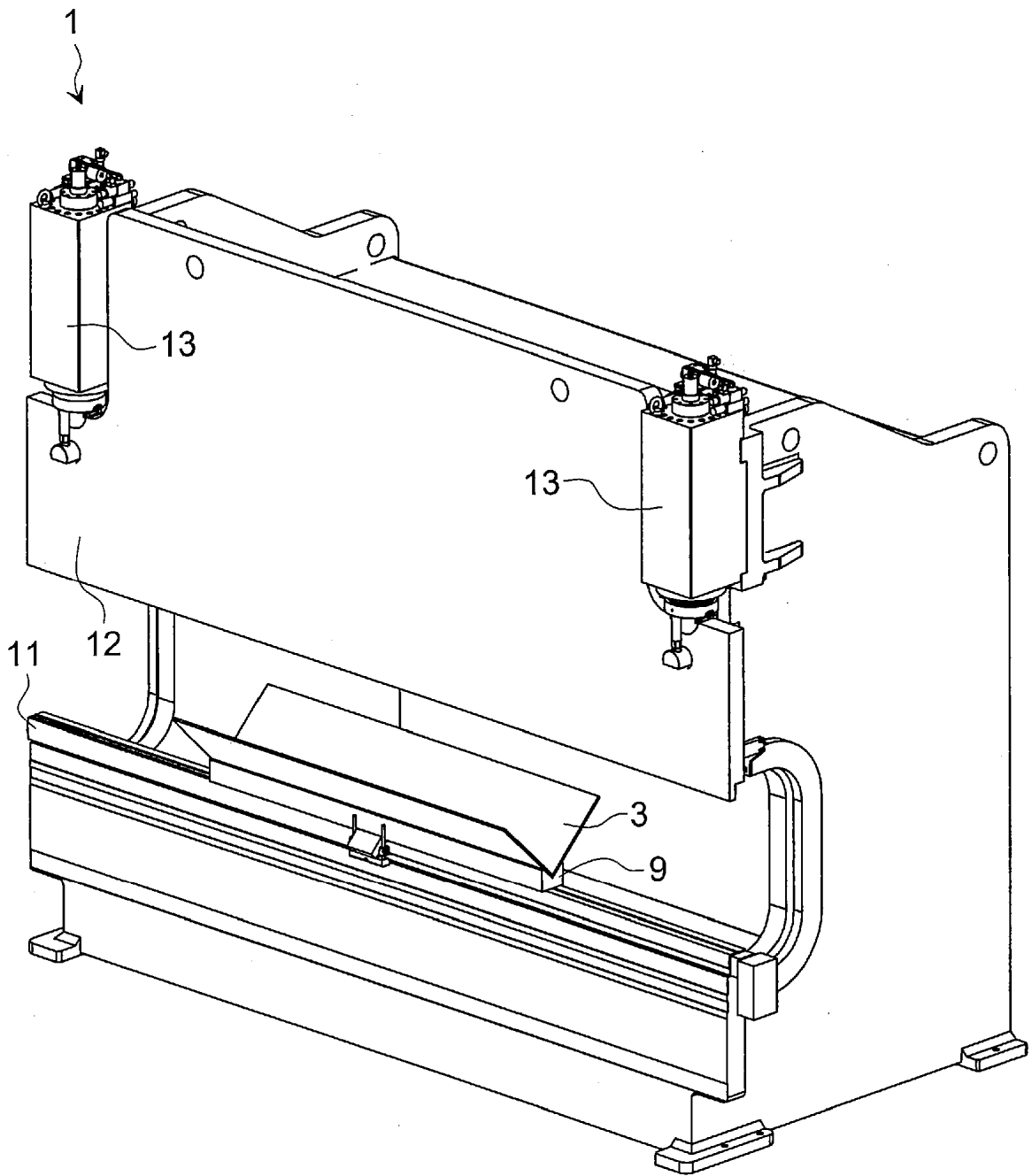


Fig.6

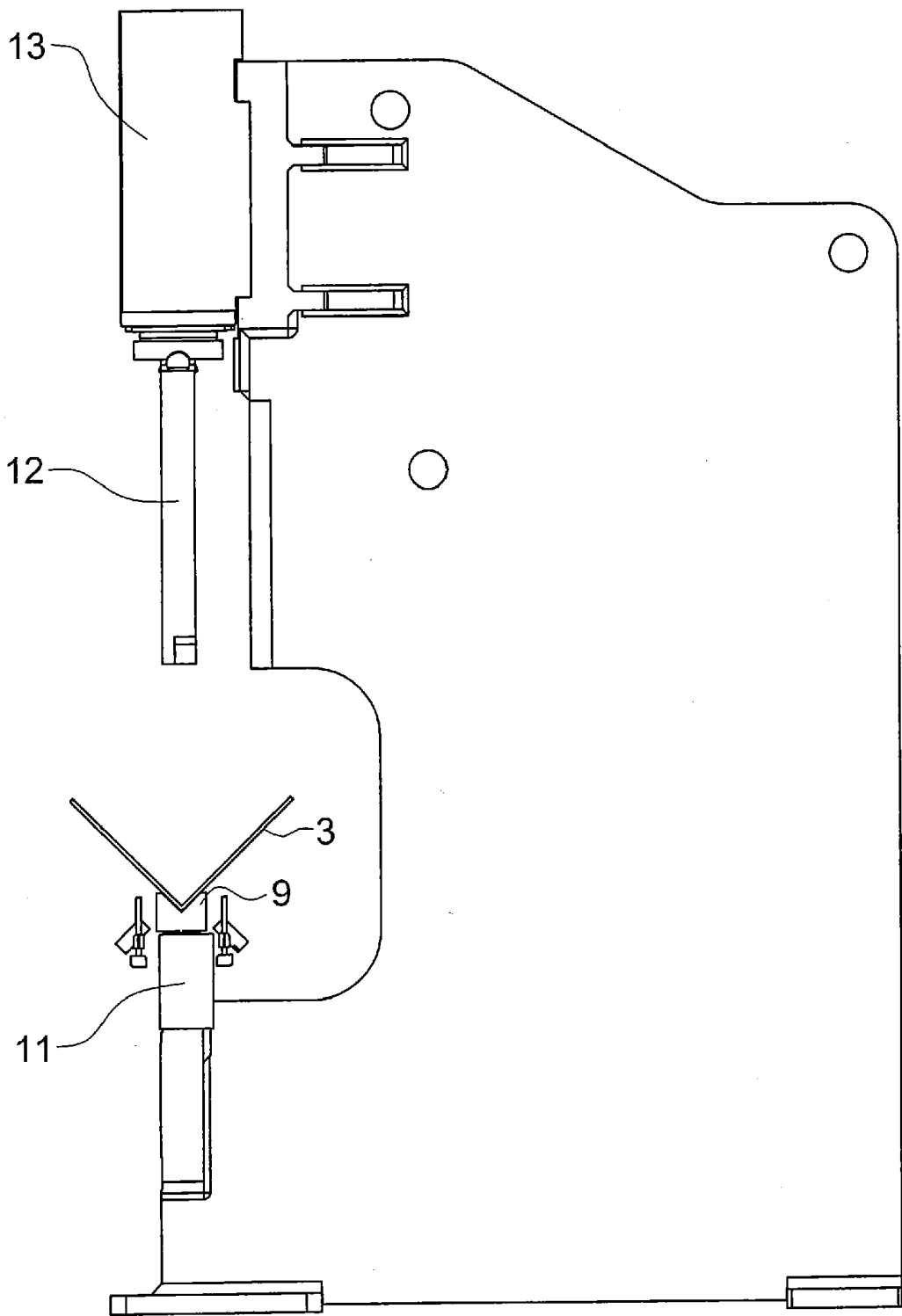


Fig.7

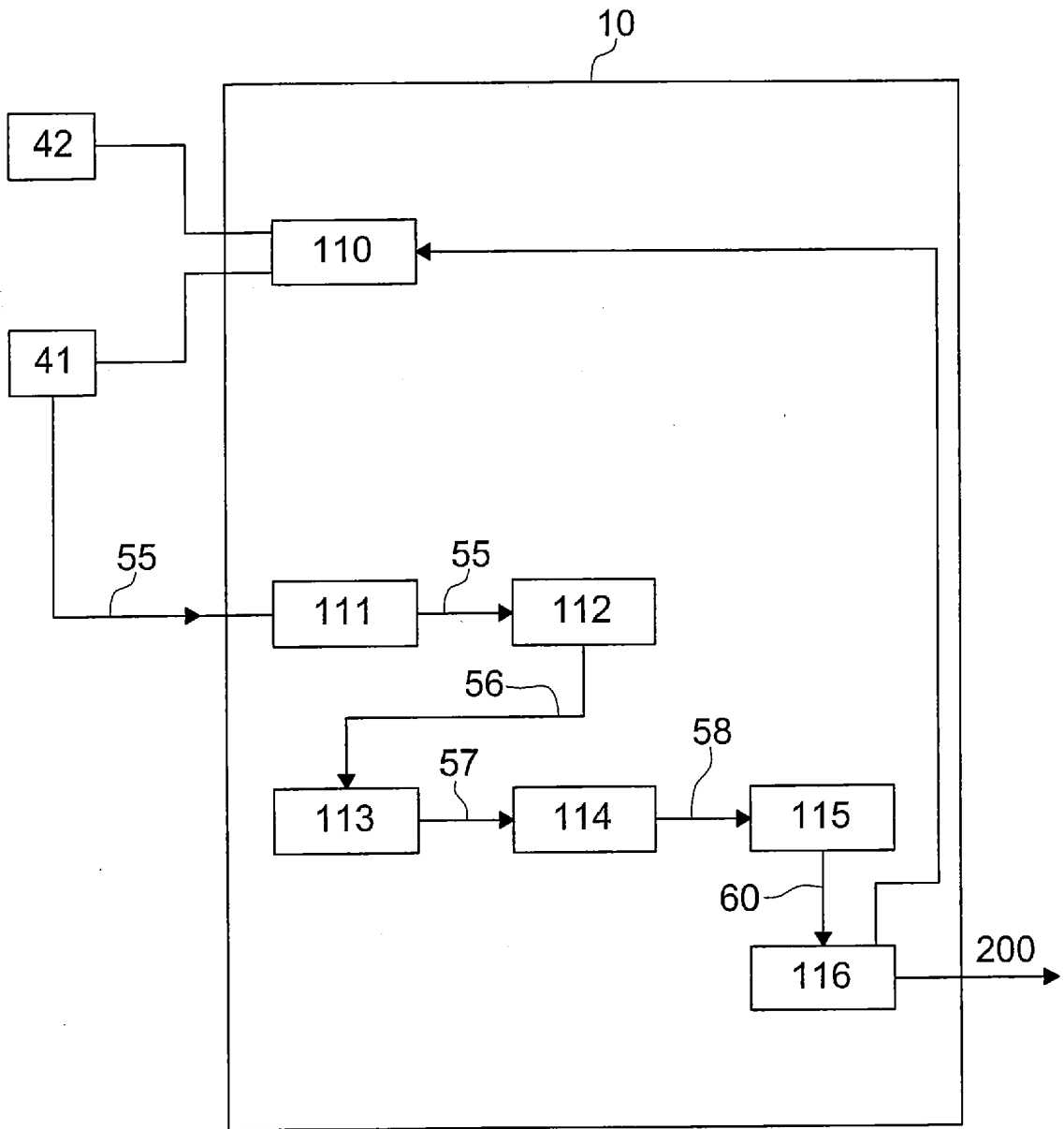


Fig.8

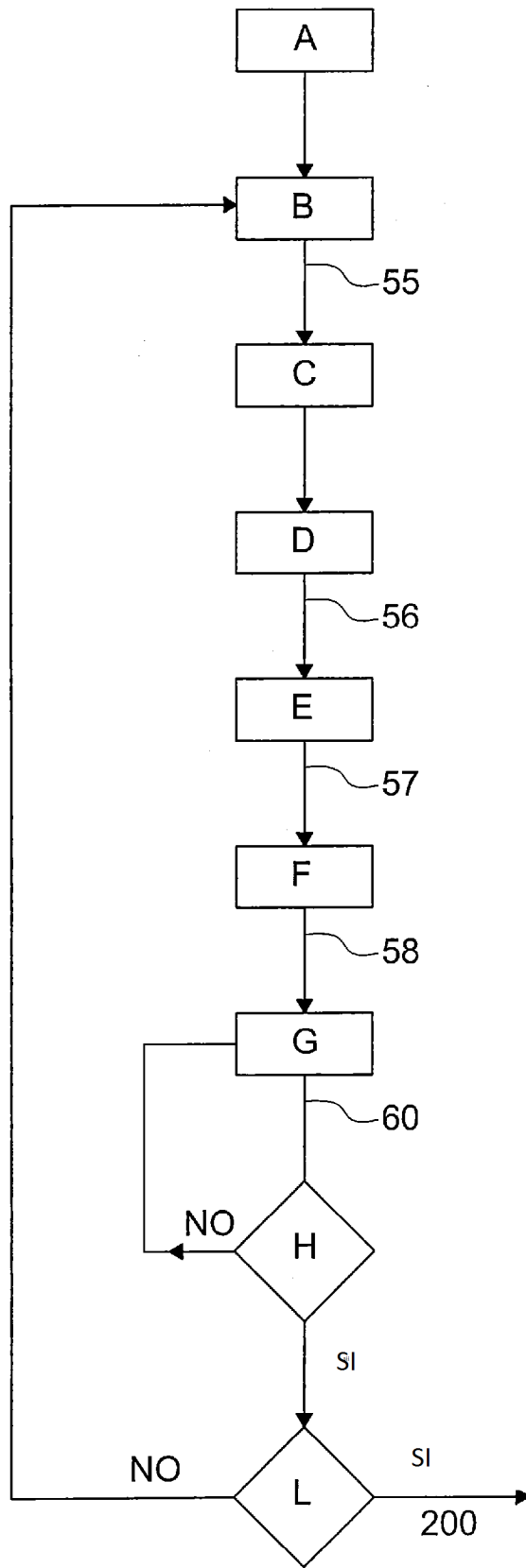


Fig.9