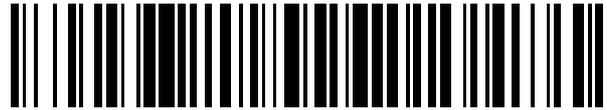


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 169**

51 Int. Cl.:

**G01B 5/04** (2006.01)

**B21D 7/14** (2006.01)

**G01B 5/213** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2014** **E 14193735 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018** **EP 2873943**

54 Título: **Unidad de medición para medir el radio de curvatura y el desplazamiento de una pieza de trabajo en una máquina de curvado**

30 Prioridad:

**19.11.2013 IT TO20130936**

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

**19.09.2018**

73 Titular/es:

**CTE SISTEMI S.R.L. (100.0%)**  
**Via Galeazzo Alessi 5-1**  
**16128 Genova, IT**

72 Inventor/es:

**DANI, MARCO**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 682 169 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

Unidad de medición para medir el radio de curvatura y el desplazamiento de una pieza de trabajo en una máquina de curvado

5

La presente invención se refiere a una unidad de medición destinada a ser utilizada en una máquina de curvado, en particular, en una máquina de curvado para doblar conductores para bobinas superconductoras, para medir el radio de curvatura y el desplazamiento, en particular, el desplazamiento después del curvado, de la pieza de trabajo bajo curvado, tal como se especifica en el preámbulo de la reivindicación independiente 1. Tal unidad de medición se conoce a partir del documento EP 0767016 A2.

10

Se sabe que una pieza de trabajo bajo curvado en una máquina de curvado experimenta cambios de longitud (que típicamente son en el sentido de un aumento en la longitud de la pieza de trabajo, pero que también puede ser en el sentido de una reducción en la longitud de la pieza de trabajo) como resultado de las deformaciones plásticas a las que está sujeta la pieza de trabajo durante el proceso de curvado. Se deduce que en todas aquellas aplicaciones en las que se requiere medir en tiempo real, de la forma más precisa posible, el desplazamiento de la pieza de trabajo, para poder controlar el proceso de curvado teniendo en cuenta la medida real, no es suficiente para proporcionar dispositivos de medición dispuestos para medir el desplazamiento de la pieza de trabajo aguas arriba de la máquina de curvado, pero es necesario proporcionar dispositivos de medición que también se colocan aguas abajo de la máquina de curvado, por lo que se puede medir el desplazamiento real de la pieza de trabajo después del curvado. Una aplicación donde el control del desplazamiento de la pieza de trabajo es de suma importancia es, por ejemplo, la fabricación de bobinas superconductoras, tales como las destinadas a ser usadas en reactores de fusión nuclear. De hecho, estas bobinas se fabrican curvando conductores muy largos, por ejemplo, con una longitud del orden de cientos de metros y, por lo tanto, un control inadecuadamente preciso del desplazamiento puede exceder las tolerancias dimensionales y geométricas prescritas y, por lo tanto, tener que descartar las bobinas así fabricadas, con - como es evidente - daños económicos muy significativos.

15

20

25

Además del desplazamiento, otro parámetro fundamental del proceso de curvado es el radio de curvatura. Por lo tanto, es ventajoso proporcionar una unidad de medición que permita medir tanto el desplazamiento, en particular, el desplazamiento después del curvado, como el radio de curvado de la pieza de trabajo que se está doblando en una máquina de curvado.

30

De acuerdo con la solución descrita en el documento de la técnica anterior mencionado anteriormente EP 0767016 A2, la unidad de medición comprende: una estructura de soporte; un par de rodillos de medición montados en respectivos cuerpos móviles para girar locos alrededor de los respectivos ejes de rotación paralelos entre sí y perpendiculares al plano de curvado; un par de codificadores asociados cada uno a un rodillo de medición respectivo para medir la posición angular de cada rodillo de medición alrededor del respectivo eje de rotación; un par de guías lineales para guiar los cuerpos móviles a lo largo de una dirección recta perpendicular a los ejes de rotación de los rodillos de medición; un par de muelles interpuestos entre la estructura de soporte y un cuerpo móvil respectivo para impulsar el rodillo de medición soportado por este cuerpo contra la superficie extradós y contra la superficie intradós de la pieza de trabajo, respectivamente; un sensor lineal adaptado para medir la distancia entre las superficies extradós e intradós de la pieza de trabajo; y un par de rodillos de guía que están montados en los extremos de brazos respectivos de la estructura de soporte orientados paralelos a las guías lineales y dispuestos en lados opuestos de las guías lineales y que se mantienen continuamente en contacto con la superficie intradós de la pieza de trabajo para asegurar el posicionamiento correcto de la estructura de soporte, y por lo tanto de las guías lineales, con respecto a la pieza de trabajo. El hecho de que los rodillos de guía se mantengan en contacto con la superficie intradós de la pieza de trabajo está garantizado por la fuerza elástica aplicada por el muelle que actúa sobre el cuerpo móvil que lleva el rodillo de medición en contacto con la superficie extradós de la pieza de trabajo que es mayor que la fuerza elástica aplicada por el otro muelle. En otras palabras, el rodillo de medición en contacto con la superficie extradós de la pieza de trabajo actúa también como rodillo opuesto que, actuando sobre la pieza de trabajo en los lados opuestos con respecto a los dos rodillos de guía, asegura el correcto posicionamiento de la estructura de soporte en relación con la pieza de trabajo.

40

45

50

55

El principal inconveniente de esta solución conocida es que la fuerza normal aplicada por el rodillo de medición en contacto con la superficie extradós de la pieza de trabajo hace que ésta se flexione, al menos elásticamente, lo que da como resultado un cambio en la curvatura de la pieza de trabajo (cuanto menor el módulo de flexión de la pieza de trabajo, mayor el cambio de curvatura) justo en esa sección donde la medición se realiza mediante los rodillos de medición. Esto da como resultado una reducción en la precisión de la medición.

60

Es un objeto de la presente invención proporcionar una unidad de medición para medir el radio de curvatura y el desplazamiento, en particular, el desplazamiento después del curvado, de una pieza de trabajo curvada en una máquina de curvado, que ofrece una precisión de medición mayor que el estado de la técnica descrito anteriormente.

65

Este y otros objetos se logran completamente de acuerdo con la presente invención en virtud de una unidad de medición que tiene las características expuestas en la reivindicación independiente 1 adjunta.

5 Otras características ventajosas de la invención se presentan en las reivindicaciones dependientes, cuyo contenido ha de entenderse como una parte integrante e integradora de la siguiente descripción.

10 En resumen, la invención se basa en la idea de proporcionar una unidad de medición del tipo que comprende un primer carro, un par de rodillos de medición montados en respectivos cuerpos de soporte para girar locos alrededor de respectivos ejes de rotación paralelos entre sí, medios de guía transportados por el primer carro para guiar los cuerpos de soporte a lo largo de una dirección recta perpendicular a, y que pasa a través de, los ejes de rotación de los rodillos de medición, medios elásticos dispuestos para aplicar sobre los cuerpos de soporte una fuerza elástica que tiende a empujar a estos últimos entre sí, y por lo tanto para presionar cada rodillo de medición contra la superficie intradós y la superficie extradós, respectivamente, de la pieza de trabajo que se está desplazando entre los rodillos de medición, primeros medios de medición dispuestos para proporcionar una señal indicativa de la posición angular de cada uno de los rodillos de medición alrededor del respectivo eje de rotación y segundos medios de medición dispuestos para proporcionar una señal indicativa de la distancia entre los ejes de rotación de los rodillos de medición, donde dichos medios elásticos comprenden uno o más muelles que están conectados cada uno en un extremo del mismo a uno de los dos cuerpos de soporte y en el extremo opuesto al otro cuerpo de soporte, y en el que dichos medios de posicionamiento comprenden un primer un par de rodillos de guía y un segundo par de rodillos de guía que están dispuestos aguas arriba y aguas abajo de los rodillos de medición, respectivamente, y están soportados por el cuerpo principal de manera que pueden girar locos alrededor de respectivos ejes de rotación paralelos a los ejes de rotación de los rodillos de medición. En virtud de tal disposición del muelle(s), en la unidad de medición según la invención, las fuerzas de contacto de los rodillos de medición con la pieza de trabajo son siempre iguales entre sí. En otras palabras, no hay fuerza normal resultante que pueda causar deformaciones en la pieza de trabajo y, por lo tanto, se evitan los errores de medición que en la técnica anterior descrita anteriormente se deben a las deformaciones producidas en la pieza de trabajo por la fuerza normal resultante que actúa sobre la misma.

30 Según un aspecto adicional de la presente invención, el primer carro comprende además medios de marcado dispuestos para producir una marca ópticamente detectable en la pieza de trabajo y la unidad de medición comprende además un segundo carro provisto de medios de detección óptica dispuestos para detectar la marca producida por el medios de marcado en la pieza de trabajo, manteniéndose los carros primero y segundo mediante medios de retención a una distancia fija determinada, medida a lo largo de la pieza de trabajo, es decir, a lo largo de una dirección (recta o curva) paralela al eje longitudinal de la propia pieza de trabajo.

35 Como se proporcionan medios de retención, que permiten garantizar que se mantiene una distancia fija, conocida con alta precisión, a lo largo de la pieza de trabajo entre los medios de marcado y los medios de detección óptica, es posible, por ejemplo, restablecer la medición del desplazamiento después del curvado dado por los primeros medios de medición siempre que la marca producida por los medios de marcado sea detectada por los medios de detección óptica, ya que el desplazamiento real de la pieza de trabajo después del curvado es igual a la distancia fija entre los medios de marcado y los medios de detección óptica. De esta forma, los errores de medición (aunque muy pocos) comprometidos por los primeros medios de medición en cada rotación de los rodillos de medición, y que por lo tanto se suman mutuamente a la rotación después de la rotación, son por lo tanto sustancialmente cero en intervalos del desplazamiento de la pieza de trabajo después del curvado, que es igual a la distancia fija mencionada anteriormente. Esto evita que los errores cometidos por los primeros medios de medición en cada rotación se sumen entre sí en longitudes significativas, como las de los conductores utilizados en la fabricación de bobinas superconductoras, y que resultan en errores finales inaceptables en la medición del desplazamiento después del curvado.

50 Este aspecto adicional de la invención, es decir, la provisión de medios de marcado y de medios de detección óptica restringidos por los medios de retención para estar a una distancia fija dada entre sí, también podría aplicarse a una unidad de medición para medir el desplazamiento de una pieza de trabajo después de del curvado de un tipo diferente al de la presente invención, por ejemplo, a una unidad de medición que tiene un solo rodillo de medición que se mantiene en contacto con la superficie extradós de la pieza de trabajo y medios de medición para detectar la posición angular de dicha medir el rodillo alrededor de su eje de rotación.

Otras características y ventajas de la invención resultarán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, dada meramente a modo de ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

60 la figura 1 es una vista en perspectiva que muestra en general una unidad de medición según una realización de la presente invención;

la figura 2 es una vista en perspectiva del primer carro de la unidad de medición de la figura 1, del cual se ha retirado la cubierta en aras de una comprensión más fácil;

65 la figura 3 es una vista en perspectiva que muestra el primer carro de la unidad de medición de la figura 1,

seccionado a través de un plano en sección transversal (plano que pasa a través de la dirección recta de los medios de guía del primer carro y perpendicular al plano que contiene el eje longitudinal de la pieza de trabajo bajo curvado);

5 la figura 4 es una vista en planta, parcialmente seccionada, del primer carro de la unidad de medición de la figura 1, en una condición en la que la pieza de trabajo no está curvada;

la figura 5 es una vista en planta, parcialmente seccionada, del primer carro de la unidad de medición de la figura 1, en una condición en la que la pieza de trabajo está curvada;

10 la figura 6 es una vista en alzado lateral del primer carro de la unidad de medición de la figura 1, parcialmente seccionada a través de un plano de sección transversal;

15 la figura 7 muestra esquemáticamente las cantidades utilizadas para el cálculo del radio de curvatura con la unidad de medición de la figura 1;

la figura 8 es una vista en perspectiva del segundo carro de la unidad de medición de la figura 1;

20 la figura 9 es una vista en planta, parcialmente seccionada, del segundo carro de la unidad de medición de la figura 1, en una condición en la que la pieza de trabajo está curvada.

Con referencia primero a la figura 1, una unidad de medición para medir el radio de curvatura y el desplazamiento, en particular, el desplazamiento después del curvado, de una pieza de trabajo M, tal como, por ejemplo, un conductor para bobinas superconductoras, que está sujeto a curvado en una máquina de curvatura (solo se muestra parcialmente en la figura 1) generalmente indicado 10. La unidad de medición 10 comprende básicamente un primer carro 12 (mostrado en detalle en las figuras 2 a 6) y un segundo carro 14 (mostrado en detalle en las figuras 8 y 9) dispuestos en este orden en la dirección de desplazamiento de la pieza de trabajo M bajo curvado. El primer carro 12 está conectado, por ejemplo mediante una varilla de conexión 16 (o, en una variante de realización, no mostrada, por un par de guías transversales), a la máquina de curvado, mientras que el segundo carro 14 está conectado al primer carro 12 mediante medios de retención dispuestos para mantener estos carros a una distancia fija dada entre sí, medida a lo largo de una dirección (recta o curvada) paralela al eje longitudinal (indicado x) de la pieza de trabajo M. Como se explicará en detalle más adelante, los medios de retención están formados preferiblemente por una cinta de acero 18, que está fijada en un primer extremo del mismo al primer carro 12 y en su extremo opuesto al segundo carro 14 para permanecer en contacto con una superficie extradós  $S_e$  de la pieza de trabajo M. La pieza de trabajo M procedente de la máquina de curvado pasa, por lo tanto, en el orden a través del primer carro 12 y a través del segundo carro 14.

Con referencia ahora en particular a las figuras 2 a 6, el primer carro 12 comprende en primer lugar un cuerpo principal 20 que está conectado al extremo de la barra conectada 16 opuesta a la conectada a la máquina de curvado. El cuerpo principal 20 comprende una placa inferior 22 (que puede dividirse en dos medias placas 22a, 22b separadas entre sí por una abertura 24, como se muestra en la figura 6) y una placa superior 26 (también preferiblemente dividida en dos medias placas separadas entre sí). La placa inferior 22 y la placa superior 26 están dispuestas paralelas entre sí y en la condición de trabajo de la unidad de medición que se extienden paralelas al plano (en lo sucesivo denominado plano de curvado) que contiene el eje x de la pieza de trabajo M. En la realización mostrada en los dibujos, el plano de curvado es un plano horizontal, pero también puede tener una orientación diferente. La distancia entre las dos placas 22 y 26 es tal que permite que la pieza de trabajo M pase a través del espacio delimitado por estas placas.

El cuerpo principal 20 (en particular, aunque no necesariamente, la placa superior 26 del mismo) lleva un par de guías 28 que se extienden paralelas a una dirección recta y. Un par de cuerpos de soporte 30 y 32 están montados sobre las guías 28 para poder deslizarse en la dirección y. Sobre los cuerpos de soporte 30 y 32 están montados de forma giratoria unos respectivos rodillos de medición 34 y 36, cuyos ejes de rotación, indicados z1 y z2, respectivamente, se extienden paralelos entre sí en un plano paralelo a la dirección y, y perpendicular al plano de curvado. Más específicamente, el rodillo de medición 34 (en lo sucesivo denominado primer rodillo de medición) está soportado por el cuerpo de soporte 30 (en lo sucesivo denominado primer cuerpo de soporte) para girar loco alrededor del eje de rotación z1 (en lo sucesivo denominado primer eje de rotación), mientras que el rodillo de medición 36 (en lo sucesivo denominado segundo rodillo de medición) está soportado por el cuerpo de soporte 32 (en lo sucesivo denominado segundo cuerpo de soporte), de manera que pueda girar loco alrededor del eje de rotación z2 (en lo sucesivo denominado segundo eje de rotación). En la realización mostrada en los dibujos, donde el plano de curvado es un plano horizontal, el primer y segundo ejes de rotación z1 y z2 son ejes verticales.

Como se puede ver en particular en las figuras 3 y 6, en la realización aquí propuesta, el primer rodillo de medición 34 está montado en un primer árbol 38, de modo que se conecte de forma accionada para girar con el mismo. El primer árbol 38 se recibe en una cavidad pasante 40 del primer cuerpo de soporte 30 y se soporta para girar alrededor del primer eje de rotación z1 mediante un primer par de cojinetes 42. El segundo rodillo de

medición 36 está montado en un segundo árbol 44 para estar conectado de forma accionada para girar con el mismo. El segundo árbol 44 se recibe en una cavidad pasante 46 del segundo cuerpo de soporte 32 y se soporta para girar alrededor del segundo eje de rotación z2 mediante un segundo par de cojinetes 48. Tanto el primer rodillo de medición 34 como el segundo rodillo de medición 36 están montados en porciones del extremo inferior de los respectivos árboles 38 y 44 que se proyectan hacia abajo desde los respectivos cuerpos de soporte 30 y 32. Por lo tanto, los rodillos de medida 34 y 36 están situados en el espacio comprendido entre la placa inferior 22 y la placa superior 26 del cuerpo principal 20.

El primer carro 12 comprende además unos primeros medios de medición dispuestos para proporcionar una señal indicativa de la posición angular de cada uno de los dos rodillos de medición 34, 36 alrededor del respectivo eje de rotación z1, z2. Estos primeros medios de medición están formados preferiblemente por un par de codificadores 50, 52, cada uno de los cuales está acoplado directa o indirectamente a un respectivo rodillo de medición 34, 36. Más específicamente, en la realización propuesta en este documento (como se puede ver en particular en las figuras 3 y 6), el codificador 50 (en lo sucesivo denominado primer codificador) está montado en el primer cuerpo de soporte 30 y está conectado, por ejemplo a través de un primer acoplamiento 54, en el extremo superior del primer árbol 38 para poder medir la posición angular del primer rodillo de medición 34 alrededor del primer eje de rotación z1. El codificador 52 (en lo sucesivo denominado segundo codificador) está montado en el segundo cuerpo de soporte 32 y está conectado, por ejemplo a través de un segundo acoplamiento 56, al extremo superior del segundo árbol 44 para poder medir la posición angular del segundo rodillo de medición 36 alrededor del segundo eje de rotación z2.

Los dos ejes 38 y 44, junto con los dos rodillos de medición 34 y 36 y los dos codificadores 50 y 52, están conectados así de manera accionada para su traslación con los respectivos cuerpos de soporte 30 y 32 en el movimiento deslizante en la dirección y a lo largo de las guías 28.

El primer carro 12 comprende además medios elásticos dispuestos para aplicar sobre los dos cuerpos de soporte 30 y 32 una fuerza elástica que tiende a presionar estos cuerpos entre sí. En virtud de estos medios elásticos, los dos rodillos de medición 34 y 36 se empujan contra la respectiva superficie intradós  $S_i$  y la superficie extradós  $S_e$  de la pieza de trabajo M bajo curvado, cuando esta última se desplaza entre los rodillos de medición y, por lo tanto, ruedan cada uno sobre la superficie respectiva de la pieza de trabajo. Como se muestra en particular en la figura 2, según una realización de la presente invención, dichos medios elásticos comprenden un par de muelles 58, hechos, por ejemplo, como muelles helicoidales cilíndricos, cada uno de los cuales está conectado en sus extremos opuestos a los dos cuerpos de soporte 30 y 32 y, por ejemplo, se extienden en paralelo a la dirección y. En virtud de que los muelles 58 están conectados en sus extremos opuestos a los dos cuerpos de soporte 30 y 32, cada uno de ellos aplica una fuerza elástica sobre el primer cuerpo de soporte 30 que es igual y opuesta a la fuerza elástica aplicada sobre el segundo cuerpo de soporte 32. En consecuencia, los muelles 58 no producen ninguna fuerza normal resultante sobre la pieza de trabajo M bajo curvado.

El primer carro 12 comprende además unos segundos medios de medición dispuestos para proporcionar una señal indicativa de la distancia entre los ejes de rotación z1 y z2 de los dos rodillos de medición 34 y 36 y, por lo tanto, del tamaño transversal de la pieza de trabajo M en los puntos de contacto con los dos rodillos de medición 34 y 36. Estos segundos medios de medición están formados, por ejemplo, por un transductor de desplazamiento inductivo 60 (figura 2) que está configurado para medir la distancia entre un par de elementos de referencia 62 y 64, de los cuales el uno está fijado en el primer cuerpo de soporte 30 a una distancia dada desde el primer eje de rotación z1 y el otro está fijado sobre el segundo cuerpo de soporte 32 a una distancia dada desde el segundo eje de rotación z2.

El primer carro 12 comprende además unos primeros medios de posicionamiento dispuestos para definir el posicionamiento del cuerpo principal 20 y, por lo tanto, de la dirección y de la guía 28, con respecto a la pieza de trabajo M bajo curvado, por lo que durante el curvado con un radio de curvatura constante, la tangente (indicada t en la figura 5) con el eje longitudinal x de la pieza de trabajo en el punto de intersección entre este eje y la dirección y es perpendicular a esta dirección. En la realización aquí propuesta, como puede verse en particular en las figuras 2, 4 y 5, estos medios de posicionamiento comprenden un primer par de rodillos de guía 66 y 68 que están situados aguas arriba (o aguas abajo) de los dos rodillos de medición 34 y 36 y están soportados por el cuerpo principal 20, de modo que puedan girar libremente sobre respectivos ejes de rotación paralelos a los ejes de rotación z1 y z2 de los rodillos de medición. El rodillo de guía 66 está montado con su eje de rotación fijado con relación al cuerpo principal 20, mientras que el rodillo de guía 68 es empujado elásticamente hacia el rodillo de guía 66 por medio de un elemento de empuje 70 accionado por muelle. El elemento de empuje 70 actúa, en la dirección que une los ejes de rotación de los rodillos de guía 66 y 68, sobre un cuerpo de soporte 72 que soporta de manera giratoria el rodillo de guía 68 y está articulado al cuerpo principal 20 alrededor de un eje separado de la dirección mencionada anteriormente. Preferiblemente, los medios de posicionamiento comprenden además un segundo par de rodillos de guía 74 y 76 que están situados aguas abajo (o aguas arriba) de los dos rodillos de medición 34 y 36 y están soportados por el cuerpo principal 20 para poder girar libremente sobre respectivos ejes de rotación paralelos a los ejes de rotación z1 y z2 de los rodillos de medición. El rodillo de guía 74 está montado con su eje de rotación fijado con relación al cuerpo principal 20, mientras que el rodillo de guía 76 es empujado elásticamente hacia el rodillo de guía 74 por medio de un elemento de empuje 78

accionado por muelle. El elemento de empuje 78 actúa, en la dirección que une los ejes de rotación de los rodillos de guía 74 y 76, sobre un cuerpo de soporte 80 que soporta de manera giratoria el rodillo de guía 76 y está articulado al cuerpo principal 20 alrededor de un eje separado de la dirección mencionada anteriormente. Preferiblemente, los ejes de rotación de los rodillos 66 y 68 del primer par de rodillos de guía están posicionados a la misma distancia que los ejes de rotación de los rodillos 74 y 76 del segundo par de rodillos de guía desde un plano transversal que pasa a través de la dirección y, y se extiende perpendicular a la tangente t.

La pieza de trabajo M que se curva hacia adelante a través del primer carro 12 se mueve, por lo tanto, en el orden entre el primer par de rodillos de guía 66 y 68, entre los dos rodillos de medición 34 y 36 y entre el segundo par de rodillos de guía 74 y 76. Debido a la acción de los medios elásticos (el elemento de empuje 70 para el primer par de rodillos de guía 66 y 68, los muelles 58 para los dos rodillos de medición 34 y 36 y el elemento de empuje 78 para el segundo par de rodillos de guía 74 y 76) asociados a los rodillos, estos últimos se mantienen en contacto con la superficie intradós  $S_i$  y la superficie extradós  $S_e$  de la pieza de trabajo M bajo curvado. Como puede observarse a partir de una comparación entre las figuras 4 y 5, que se refiere a la condición en la que la pieza de trabajo no está curvada y a la condición donde la pieza de trabajo está curvada, respectivamente, los dos pares de rodillos de guía 66, 68 y 74, 76 aseguran el posicionamiento correcto, como se define anteriormente, del primer carro 12 con respecto a la pieza de trabajo M, mientras que los dos rodillos de medición 34 y 36 se mueven a lo largo de la dirección y dependiendo del radio de curvatura de la pieza de trabajo.

La medición del desplazamiento, en particular del desplazamiento después del curvado, y la medición del radio de curvado con la unidad de medición descrita anteriormente se obtienen de la siguiente manera.

Como se conoce el radio de los rodillos de medición 34 y 36, midiendo por medio de los codificadores 50 y 52 el ángulo de rotación de estos rodillos se permite obtener las medidas del desplazamiento de la pieza de trabajo tanto en la superficie intradós  $S_i$  (rodillo de medición 34 y codificador 50) como en la superficie extradós  $S_e$  (rodillo de medición 36 y codificador 52). La media aritmética de estas medidas da el valor del desplazamiento de la pieza de trabajo M en el eje longitudinal x de la misma.

En lo que respecta a la medición del radio de curvatura, el esquema de la figura 7 muestra que midiendo, por medio del primer rodillo de medición 34 y el codificador asociado 50, el desplazamiento (indicado  $C_i$ ) de la pieza de trabajo M en la superficie intradós  $S_i$  y, por medio del segundo rodillo de medición 36 y el codificador asociado 52, el desplazamiento (indicado  $C_e$ ) de la pieza de trabajo M en la superficie extradós  $S_e$ , y midiendo, por medio del transductor de desplazamiento inductivo 60, la distancia entre los ejes de los rodillos de medición 34 y 36, y por lo tanto el tamaño transversal (indicado A) de la pieza de trabajo M permite obtener el radio de curvatura  $R_i$  en base a la siguiente ecuación:

$$R_i = A / (C_e/C_i - 1).$$

El primer carro 12 también está provisto de un dispositivo de marcado 82 (figuras 2 y 3) dispuesto para producir una marca ópticamente detectable en una superficie (en el ejemplo ilustrado, la superficie extradós  $S_e$ ) de la pieza de trabajo M bajo curvado. El dispositivo de marcado 82, que se muestra solo de forma parcial y esquemática en los dibujos, es de tipo conocido por sí mismo y, por lo tanto, no se describirá en detalle.

La marca producida por el dispositivo de marcado 82 en la pieza de trabajo M es detectada por un dispositivo de detección óptica 84 que está montado a bordo del segundo carro 14. Como ya se indicó anteriormente, el segundo carro 14 está conectado al primer carro 12 por medio de medios de retención (cinta de acero 18) dispuestos para mantener este carro a una distancia fija determinada, medida a lo largo de una dirección paralela al eje longitudinal x de la pieza de trabajo M.

Con referencia a las figuras 8 y 9, el segundo carro 14 comprende un cuerpo principal 86 que lleva, además del dispositivo de detección óptico 84 mencionado anteriormente, medios de posicionamiento dispuestos para definir el posicionamiento del cuerpo principal 86, y por lo tanto del dispositivo de detección óptico 84, con respecto a la pieza de trabajo M bajo curvado, de tal manera que el eje óptico (indicado  $y_0$ ) del dispositivo de detección óptica 84 es sustancialmente perpendicular, durante el curvado con un radio de curvatura constante, a la tangente t al eje longitudinal x de la pieza de trabajo en el punto de intersección entre estos ejes. Al igual que en el primer carro 12, también en el segundo carro 14, los medios de posicionamiento comprenden un par de rodillos de guía 88 y 90. Los rodillos de guía 88 y 90 están soportados por el cuerpo principal 86 para girar locos alrededor de los respectivos ejes estacionarios de rotación, que están orientados perpendicularmente al plano de curvado. Además, los rodillos de guía 88 y 90 se apoyan contra la superficie intradós  $S_i$  (o, alternativamente, contra la superficie extradós  $S_e$ ) de la pieza de trabajo M bajo curvado. Los medios de posicionamiento comprenden además al menos un elemento opuesto 92 cargado por muelle que se apoya contra la superficie opuesta de la pieza de trabajo. En la realización mostrada en la figura 9, se proporcionan dos elementos opuestos 92 y están hechos como zapatas, pero también se puede prever que solo se proporcione un elemento opuesto y/o que el al menos un elemento opuesto se haga como un rodillo.

5 Dado que se proporciona un dispositivo de detección óptica, que se coloca a una distancia fija determinada, medida en paralelo al eje longitudinal de la pieza de trabajo, desde un dispositivo de marcado y es capaz de detectar una marca producida por este último dispositivo en la pieza de trabajo bajo curvado, la unidad de medición puede detectar con intervalos de alta precisión de desplazamiento después del curvado igual a la distancia mencionada anteriormente y, por lo tanto, es posible aumentar la precisión en la medición del desplazamiento después del curvado, particularmente en el caso de piezas de trabajo muy largas.

10 Como ya se ha indicado anteriormente, este aspecto adicional de la invención, es decir, la provisión de medios de marcado y de medios de detección óptica que se mantienen a una distancia fija dada entre sí mediante medios de retención adecuados, también podría aplicarse a una unidad de medición dispuesta para medir el desplazamiento después del curvado, que es de un tipo diferente del descrito anteriormente con referencia a las figuras 2 a 7, por ejemplo, a una unidad de medición que tiene solo un rodillo de medición que se mantiene en contacto con la superficie intradós o con la superficie extradós de la pieza de trabajo y medios de medición dispuestos para medir la posición angular de dicho rodillo de medición alrededor de su eje de rotación.

15 Naturalmente, permaneciendo inalterado el principio de la invención, los modos de realización y los detalles constructivos pueden modificarse ampliamente con respecto a los descritos e ilustrados meramente a modo de ejemplo no limitativo, sin salir por ello del alcance de protección como se define en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Unidad de medición (10) para medir el radio de curvatura ( $R_i$ ) y el desplazamiento ( $C_i$ ,  $C_e$ ) de una pieza de trabajo (M) mientras esta última se está curvando en un plano de curvado dado por medio de una máquina de curvado, comprendiendo la unidad de medición (10) un primer carro (12) que está dispuesto para conectarse a la máquina de curvado y ser pasado a su través por la pieza de trabajo (M) bajo curvado, en la que el primer carro (12) comprende:
- 5 un cuerpo principal (20),
- 10 un par de cuerpos de soporte (30, 32) llevados por el cuerpo principal (20),
- un par de rodillos de medición (34, 36) montados cada uno sobre un respectivo cuerpo de soporte (30, 32) para girar cada uno loco alrededor de un respectivo eje de rotación ( $z_1$ ,  $z_2$ ), siendo los ejes de rotación ( $z_1$ ,  $z_2$ ) de los rodillos de medición (34, 36) paralelos entre sí y perpendiculares al plano de curvado,
- 15 unos primeros medios de medición (50, 52) dispuestos para proporcionar una señal indicativa de la posición angular de cada uno de los rodillos de medición (34, 36) alrededor del respectivo eje de rotación ( $z_1$ ,  $z_2$ ),
- 20 unos medios de guía (28) montados en el cuerpo principal (20) para guiar los cuerpos de soporte (30, 32) a lo largo de una dirección recta (y) perpendicular a, y que pasa a través de, los ejes de rotación ( $z_1$ ,  $z_2$ ) del rodillos de medición (34, 36);
- unos medios elásticos (58) dispuestos para aplicar sobre los cuerpos de soporte (30, 32) una fuerza elástica que tiende a empujar los cuerpos de soporte (30, 32) uno hacia el otro, y por lo tanto empujar cada rodillo de medición (34, 36) contra la pieza de trabajo (M) bajo curvado cuando esta última se mueve hacia delante entre los rodillos de medición (34, 36), para hacer que cada rodillo de medición (34, 36) ruede sobre una respectiva superficie intradós ( $S_i$ ) o superficie extradós ( $S_e$ ) de la pieza de trabajo (M) mientras esta última se mueve hacia delante a través del primer carro (12),
- 25 unos segundos medios de medición (60) dispuestos para proporcionar una señal indicativa de la distancia entre los ejes de rotación ( $z_1$ ,  $z_2$ ) de los rodillos de medición (34, 36); y
- 30 unos medios de posicionamiento (66, 68, 74, 76) dispuestos para definir el posicionamiento del cuerpo principal (20), y por lo tanto de los medios de guía (28), con respecto a la pieza de trabajo (M) bajo curvado, de tal manera que durante el curvado con un radio de curvatura constante ( $R_i$ ) la tangente (t) al eje longitudinal (x) de la pieza de trabajo (M) en el punto de intersección entre este eje (x) y la dirección recta (y) de los medios de guía (28) es perpendicular a dicha dirección recta (y);
- 35 caracterizada porque dichos medios elásticos (58) comprenden al menos un muelle que está conectado en un extremo del mismo a uno (30) de los dos cuerpos de soporte (30, 32) y en su extremo opuesto al otro cuerpo de soporte (32), por lo que la fuerza normal resultante aplicada por dichos medios elásticos (58) en la pieza de trabajo (M) bajo curvado es cero, y porque dichos medios de posicionamiento (66, 68, 74, 76) comprenden un primer par de rodillos de guía (66, 68) y un segundo par de rodillos de guía (74, 76) que están dispuestos aguas arriba y aguas abajo de los rodillos de medición (34, 36), respectivamente, y están soportados por el cuerpo principal (20) para girar locos alrededor de respectivos ejes de rotación paralelos a los ejes de rotación ( $z_1$ ,  $z_2$ ) de los rodillos de medición (34, 36).
- 40
- 45
- 50 2. Unidad de medición según la reivindicación 1, en la que dichos medios elásticos (58) comprenden un par de muelles helicoidales cilíndricos que se extienden paralelos a dicha dirección recta (y).
- 55 3. Unidad de medición según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que dichos primeros medios de medición (50, 52) comprenden un par de codificadores, asociados cada uno a un respectivo rodillo de medición (34, 36).
- 60 4. Unidad de medición según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dichos segundos medios de medición (60) comprenden un par de elementos de referencia (62, 64) que están fijados cada uno a un respectivo cuerpo de soporte (30, 32) y un transductor de desplazamiento inductivo configurado para medir la distancia entre dichos elementos de referencia (62, 64).
- 65 5. Unidad de medición según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada uno de dicho primer par de rodillos de guía (66, 68) y un segundo par de rodillos de guía (74, 76) comprende un primer rodillo de guía (66, 74) que está montado con su eje de rotación fijado con relación al cuerpo principal (20) y un segundo rodillo de guía (68, 76) que se empuja elásticamente hacia el primer rodillo de guía (66, 74) por medio de un elemento de empuje accionado por muelle (70).

6. Unidad de medición según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además un segundo carro (14) dispuesto para ser pasado a su través por la pieza de trabajo (M) bajo curvado aguas abajo del primer carro (12) y medios de retención (18) que conectan el primer carro (12) y el segundo carro (14) entre sí, manteniendo este último a una distancia fija determinada, medida a lo largo de la pieza de trabajo (M) bajo curvado, en la que el primer carro (12) comprende además medios de marcado (82) dispuestos para producir una marca detectable ópticamente en la pieza (M) bajo curvado y en la que el segundo carro (14) comprende medios de detección óptica (84) dispuestos para detectar la marca producida por dichos medios de marcado (82) en la pieza de trabajo (M) bajo curvado.
- 5
- 10 7. Unidad de medición según la reivindicación 6, en la que dichos medios de retención (18) están formados por una cinta de acero de longitud predeterminada, que está fijada en un extremo al primer carro (12) y en el otro extremo al segundo carro (14) para permanecer en contacto con la superficie extradós ( $S_e$ ) de la pieza de trabajo (M) bajo curvado.

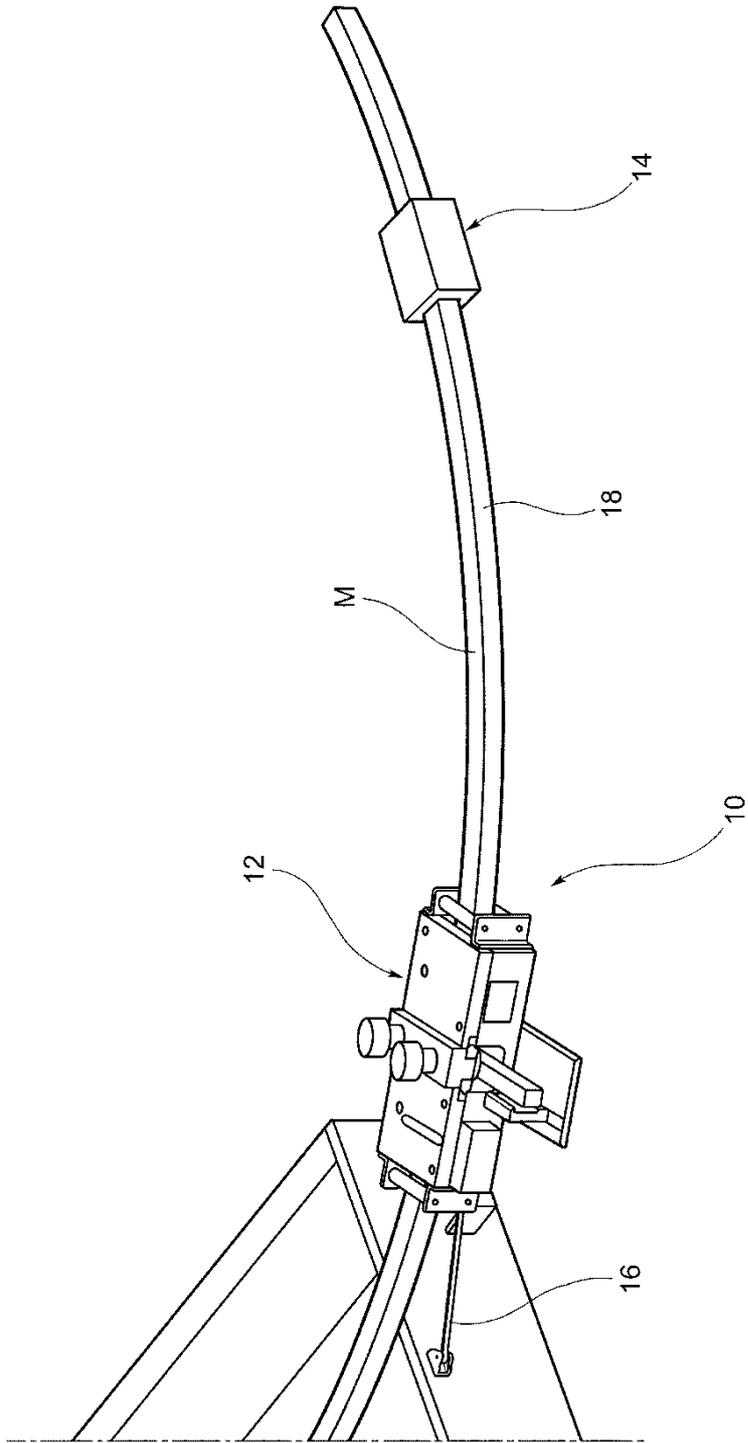


FIG. 1

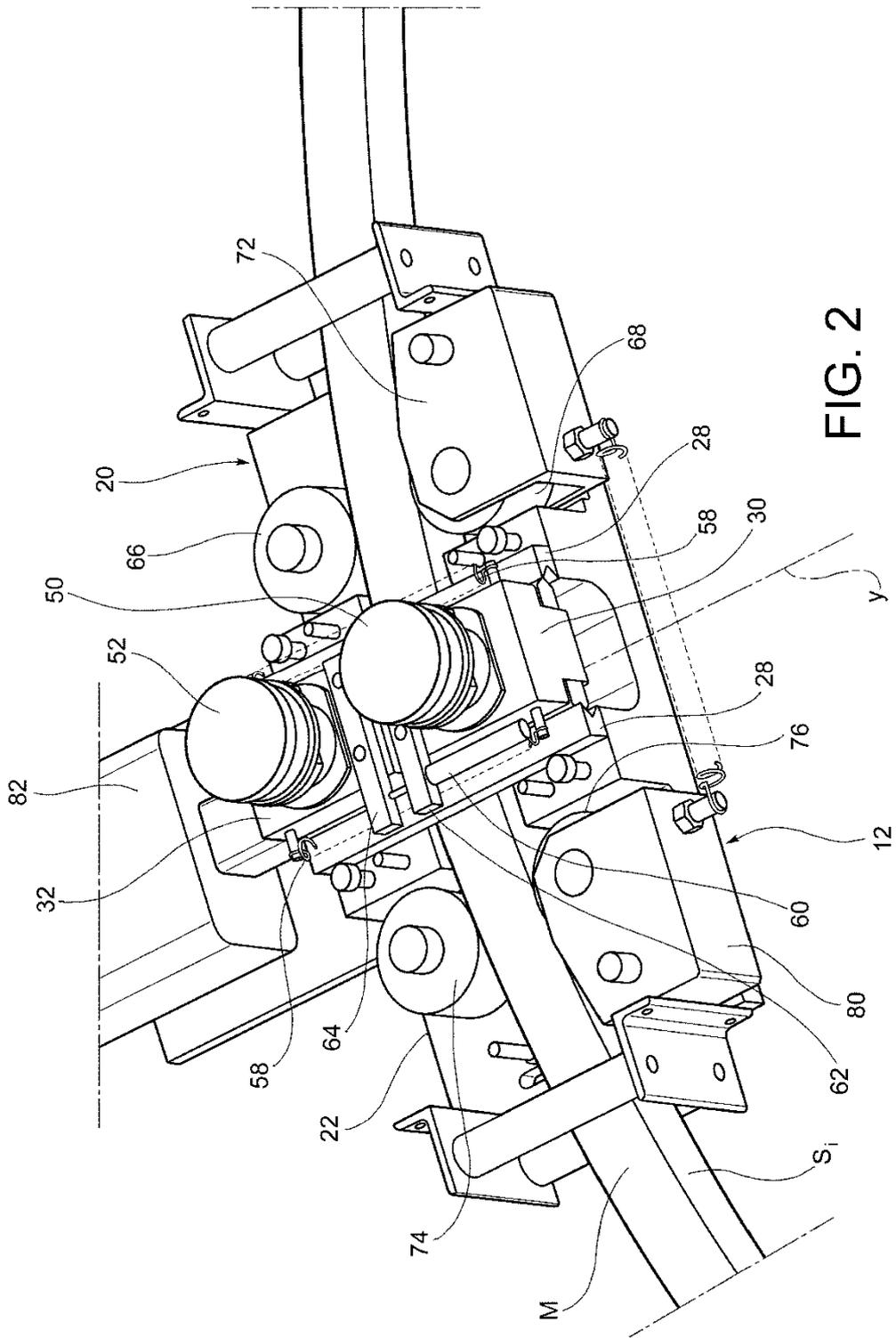
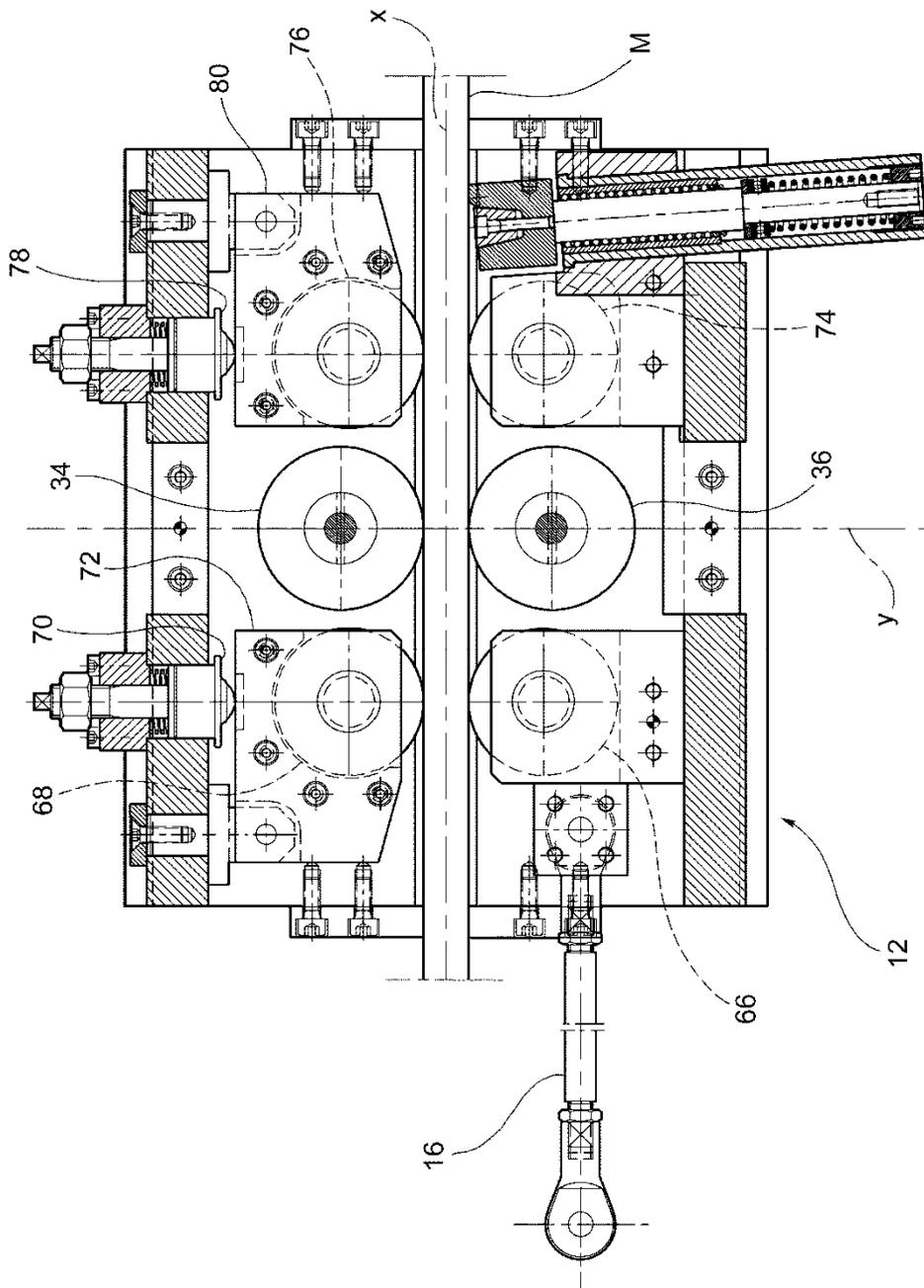


FIG. 2





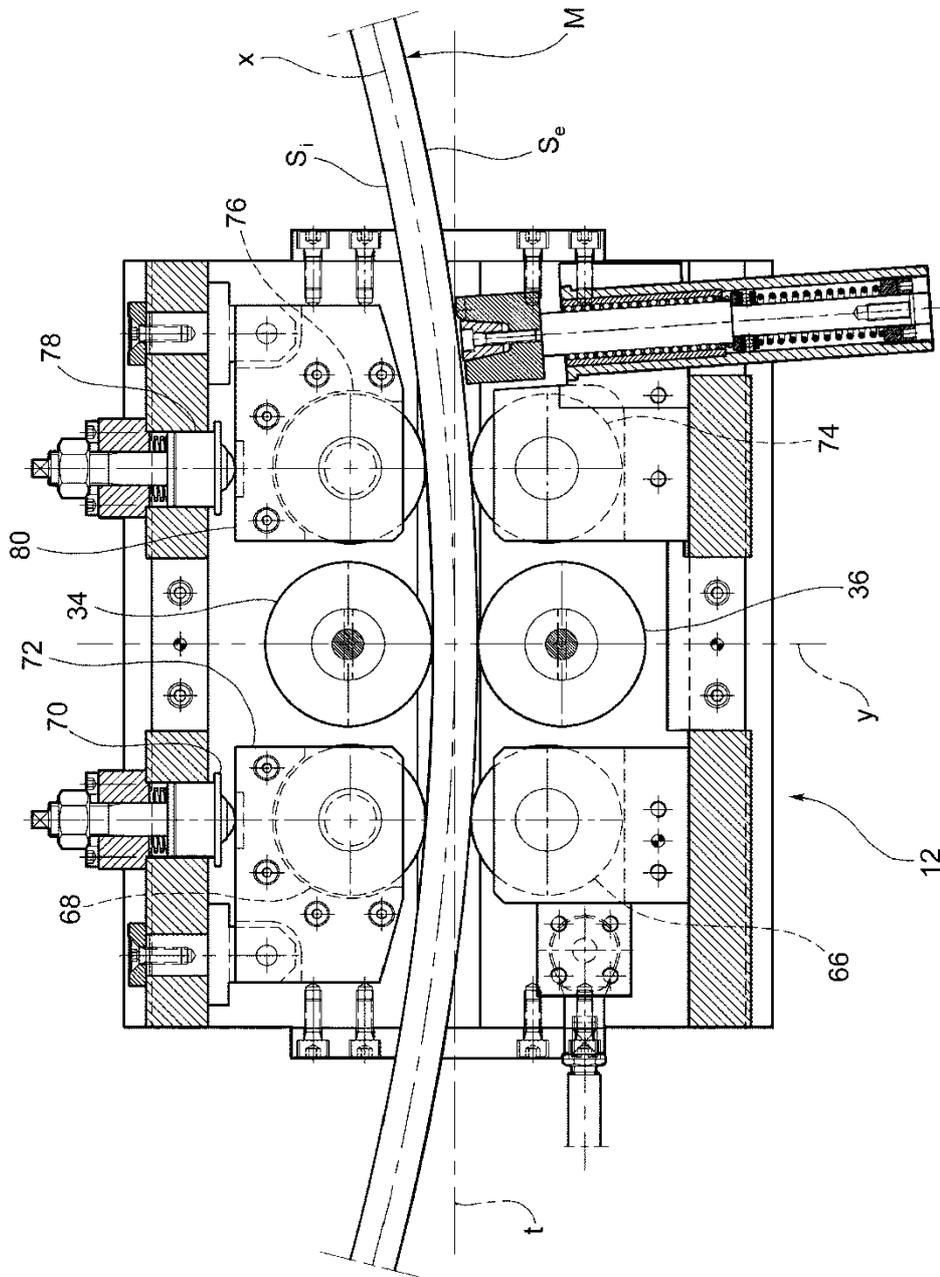


FIG. 5



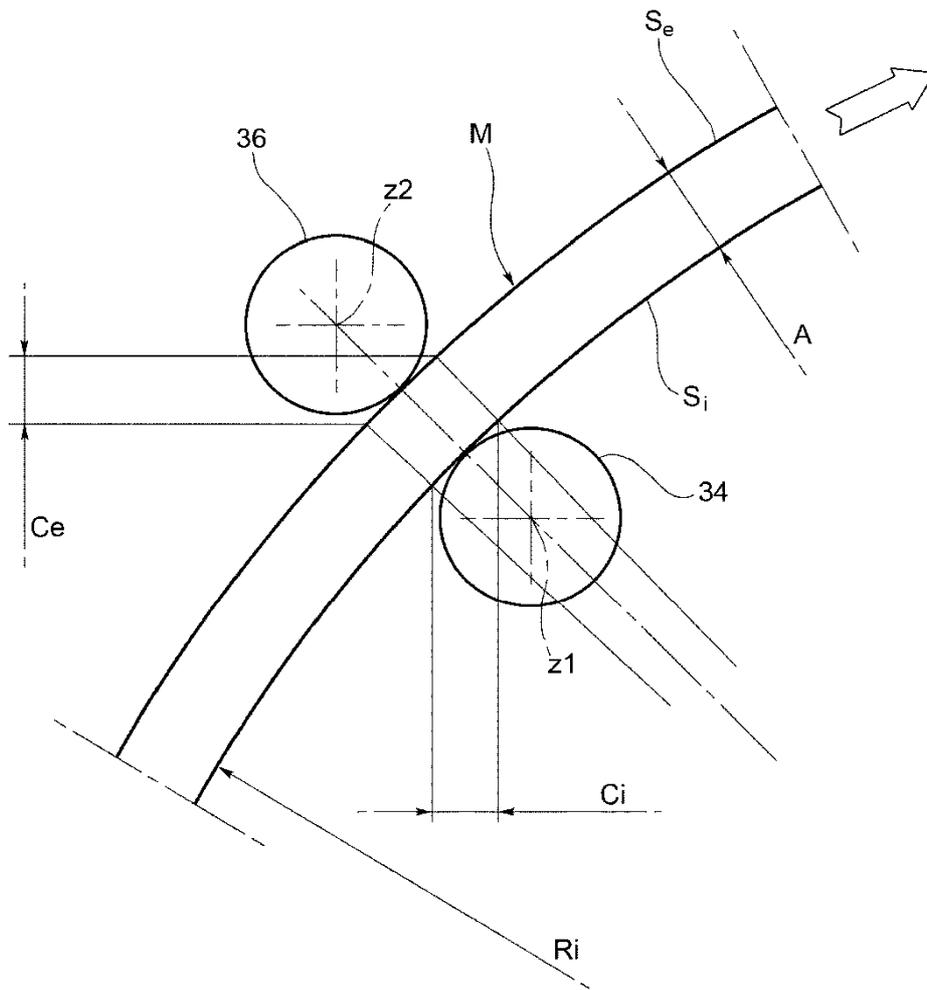


FIG. 7

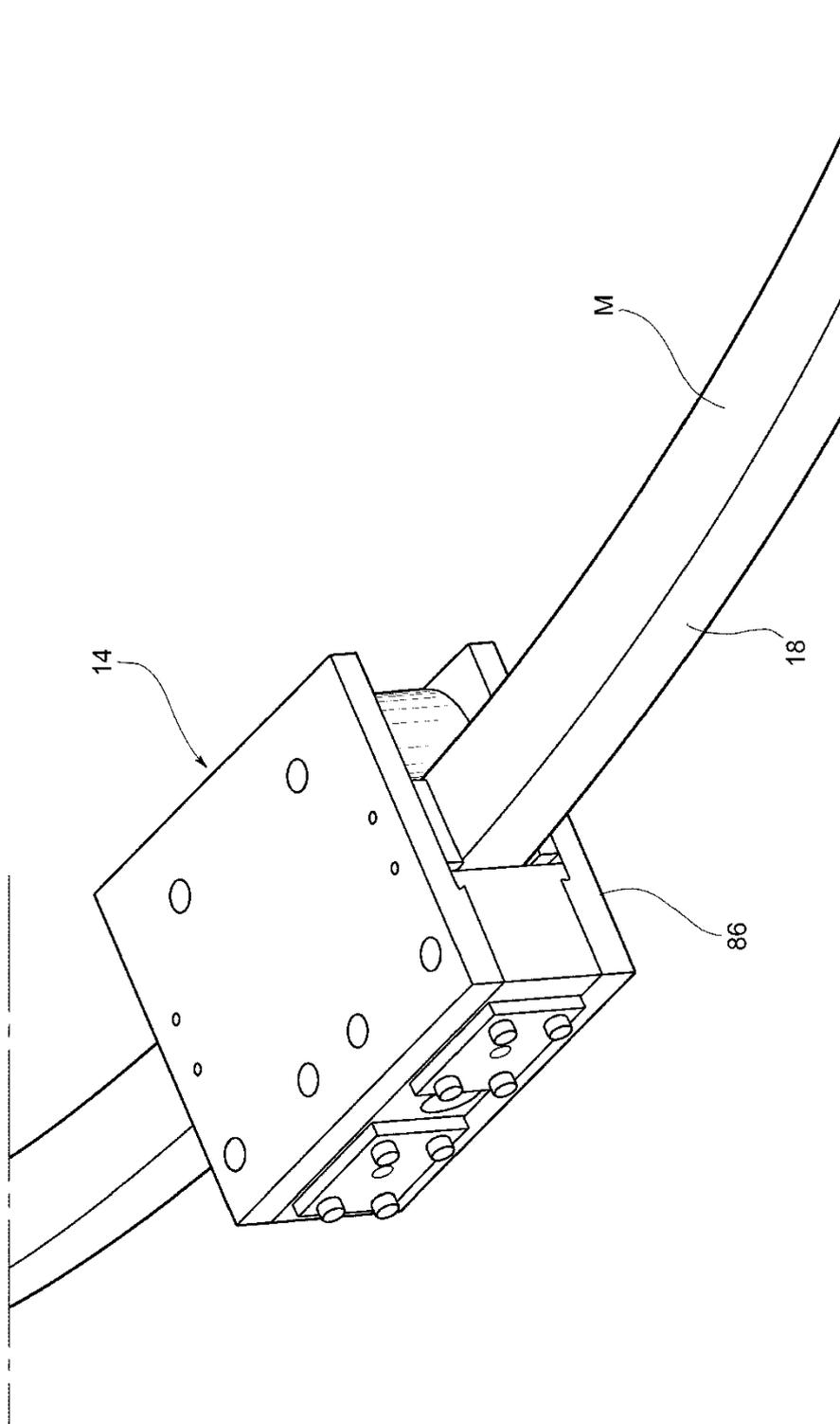


FIG. 8

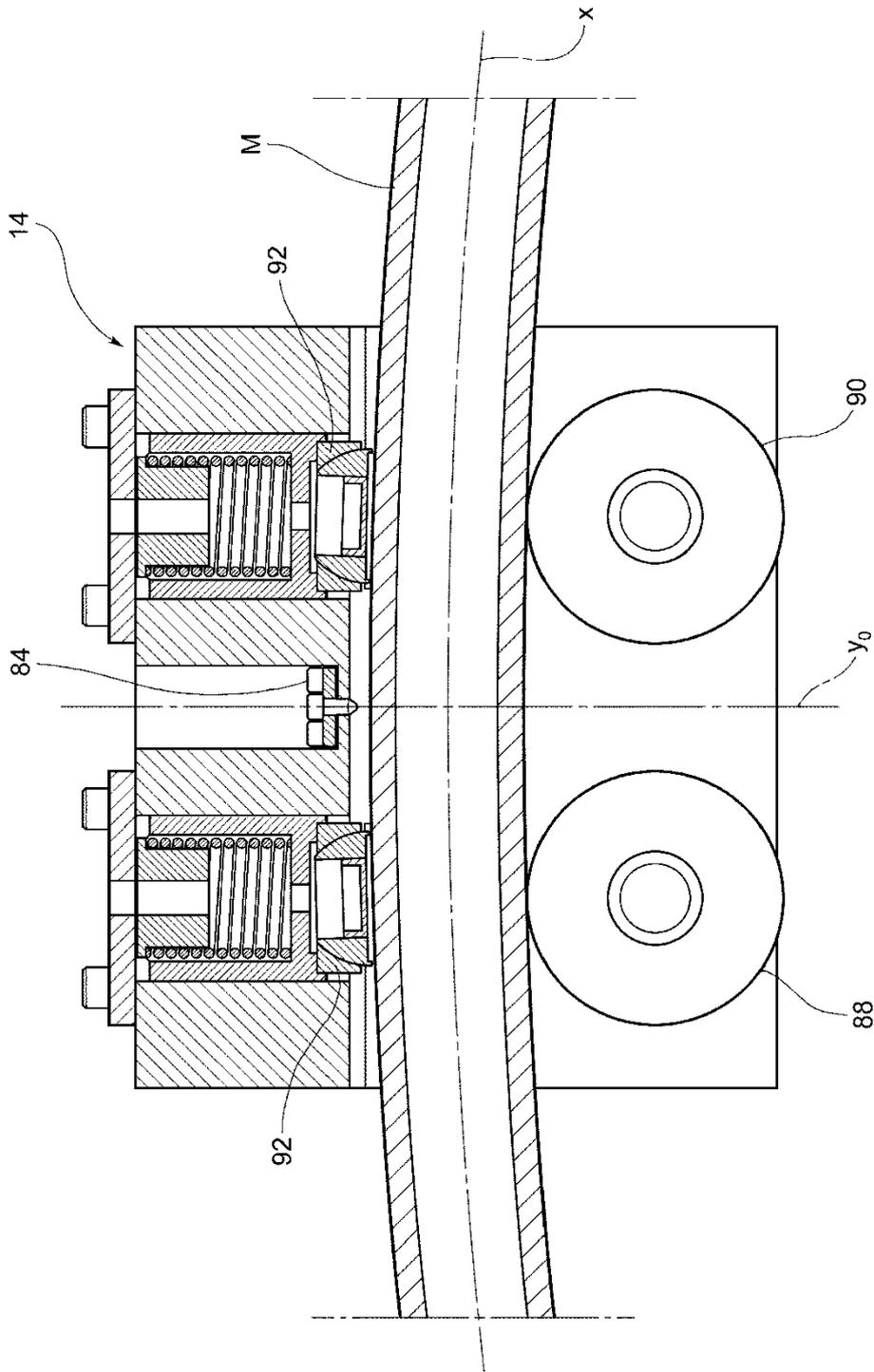


FIG. 9