

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 310**

51 Int. Cl.:

**G05B 19/19** (2006.01)

**B21D 5/14** (2006.01)

**B21D 7/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.02.2009 E 09710267 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **10.11.2010 EP 2247396**

54 Título: **Método para comprobar y controlar una máquina de doblamiento por rodillos para doblar en continuo una pieza de trabajo alargada con radios de curvatura variables, y máquina controlada de esta forma**

30 Prioridad:

**12.02.2008 IT RM20080078**

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

**30.01.2013**

73 Titular/es:

**CML INTERNATIONAL S.P.A. (100.0%)**

**Località Annunziata**

**03030 Piedimonte San Germano Frosinone, IT**

72 Inventor/es:

**CAPORUSSO, ALESSANDRO;**

**SCHIARANTE, EUGENIO y**

**ROSO, GIUSEPPE**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 394 310 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**

Método para comprobar y controlar una máquina de doblamiento por rodillos para doblar en continuo una pieza de trabajo alargada con radios de curvatura variables, y máquina controlada de esta forma.

5 CAMPO TÉCNICO  
 La presente invención se refiere a un método para comprobar y controlar una máquina de doblamiento por rodillos para doblar de forma continua una pieza de trabajo alargada con radios de curvatura variable. Además, la invención se refiere a una máquina de doblamiento por rodillos así controlada.

10 TÉCNICA ANTERIOR  
 La Patente norteamericana N° 4.761.979, que fue concedida a la Mitsubishi Denki, de Tokio (Japón), describe un aparato de doblamiento por rodillos de un tipo piramidal, que tiene una unidad de medición de curvatura configurada para medir un radio de curvatura de una pieza de trabajo, la cual comprende al menos tres sondas montadas en un soporte de sondas, de tal manera que al menos una de las sondas es una sonda movable cuyo desplazamiento lineal produce una señal de salida eléctrica correspondiente, siendo las sondas restantes sondas estacionarias. Un cilindro de accionamiento de la unidad de medición de curvatura mueve el soporte de sonda hacia la pieza de trabajo hasta que todas las sondas contactan firmemente con la superficie de la pieza de trabajo, estado en el cual la señal de salida eléctrica es aplicada a una unidad de cálculo y presentación visual como un valor medido, que es proporcionado por un operario, como un valor de entrada, a una computadora. La computadora calcula una medida de la carrera de un rodillo superior de la máquina, que es necesaria para obtener un radio de curvatura deseado de la pieza de trabajo.

25 Por otra parte, la Patente Europea N° 477 752, que fue concedida a Promau s.r.l., de Cesena (Italia), describe una máquina de doblamiento por rodillos destinada a doblar láminas de hierro, que utiliza un dispositivo de detección mecánico de tres puntos para la pieza de trabajo que sale de la máquina de doblamiento por rodillos. Este dispositivo permite que se compruebe el radio que la máquina está confiriendo a la lámina de hierro, permitiendo la intervención de una persona para realizar las correcciones necesarias.

30 La Solicitud de Patente Europea EP 1 644 140, a nombre de ORTIC AB, de Borlänge (Suecia), describe un método para la supervisión y el control del procedimiento para el doblamiento en continuo de una pieza de trabajo alargada hasta un radio predeterminado, mediante el uso de tres medidores de distancia sin contacto paralelos, del tipo de transmisor de láser, y mediante la medición de las distancias a la superficie de doblamiento de la pieza de trabajo alargada, de manera que se calcula el radio de curvatura real basándose en las distancias fijas entre los medidores y las distancias medidas, y se ajusta la máquina de doblamiento en respuesta a la relación existente entre el radio real calculado y el radio deseado.

40 El documento US-A-4.232.540, a nombre de Cain Jack C et al., describe cómo doblar una lámina de metal con radios de curvatura variables, y cómo detectar, por medio de un codificador, la distancia que ha avanzado una lámina de metal a través del aparato, a fin de efectuar un cambio en la posición del rodillo de doblamiento para conseguir la curvatura de la lámina deseada para el siguiente segmento de la misma.

45 El documento US 2007/233422 A1, a nombre de Montanari, William, divulga un método para controlar el mecanizado de una pieza que rota dentro de una máquina de control numérico, que incluye la etapa de detectar valores instantáneos indicativos de las dimensiones de la pieza durante el mecanizado. El documento US 2007/233422 A1 tan solo describe cómo medir el desgaste de una pieza en contacto con una rueda de rectificado, y se sirve, esencialmente, de un medidor de arcos o arquímetro como el del documento EP 1 644 140, con la diferencia de que el detector descrito en el documento US 2007/233422 A1 es un detector de contacto.

50 Es evidente que en los documentos anteriormente citados, se mide el radio real de un tramo o sección de una pieza de trabajo alargada, pero la máquina es corregida o ajustada mientras se está doblando una sección de pieza de trabajo diferente de la que se ha medido. Sin embargo, si el doblado que se desea obtener es un doblado de un radio fijo predeterminado, el método puede resultar satisfactorio puesto que puede implicar que únicamente una primera sección de doblado de la pieza de trabajo es de un radio de doblado real diferente del que se desea. En este caso, el daño puede consistir en desechar la primera sección de doblado.

60 Por el contrario, cuando se desea doblar una pieza de trabajo alargada con radios de curvatura variables, por ejemplo, secciones de una pieza de trabajo con un radio fijo que están separadas por uniones de radio diferente o, generalmente, secciones de doblado que tienen un radio variable de forma continua, resulta más ventajoso medir un radio de la sección de la pieza de trabajo alargada que tiene un radio de curvatura cercano al radio de la sección de doblado que la máquina está trabajando en ese momento, o justamente después.

65 En consecuencia, un objeto principal de la invención es medir un radio de curvatura de una sección de doblado que no es el radio de curvatura real de una sección de doblado real que ya se ha formado, sino que es el radio de curvatura de una sección de doblado que está siendo formada por la máquina.

Otro objeto de la invención consiste en medir un radio de curvatura en un punto más cercano al punto de la deformación de doblamiento por parte de máquina, que es generalmente, el tercer rodillo para la pieza de trabajo que sale de la máquina.

5 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Por lo tanto, la invención, en un primer aspecto de la misma, proporciona un método para comprobar y controlar una máquina de doblamiento por rodillos destinada a doblar de forma continua una pieza de trabajo alargada con ángulos de curvatura variables, de tal manera que la máquina de doblamiento por rodillos utiliza una serie de rodillos de accionamiento para doblar, de modo que el método comprende las siguientes etapas de:

15 medir la distancia de la pieza de trabajo alargada en un punto que está situado aguas abajo con respecto a dicha serie de rodillos de accionamiento para el doblamiento, y que se extiende en la dirección de un medidor de distancia, de tal manera que la medición de la distancia se lleva a cabo con el fin de obtener la distancia entre dicho punto y una posición fija del medidor de distancia en instantes sucesivos;

20 calcular un radio de curvatura de cada tramo o sección de doblez de la pieza de trabajo alargada; comparar el radio de curvatura calculado con el radio de curvatura deseado en dicha sección de doblez, que tiene una posición y una longitud que se miden concéntricamente con la pieza de trabajo alargada por medio de un medidor de longitud, y determinar una diferencia entre dicho radio de curvatura calculado y dicho radio de curvatura deseado;

25 calcular el cambio de posición al que ha de ser sometido un rodillo de aguas arriba con el fin de anular dicha diferencia entre dicho radio de curvatura calculado y dicho radio de curvatura deseado;

30 hacer funcionar dicho rodillo de aguas abajo basándose en dicho cambio de posición calculado.

En una primera realización del método de la presente invención, el cálculo del radio de curvatura de cada sección de doblez de la pieza de trabajo alargada se lleva a cabo basándose en el cambio de posición, con respecto a la pieza de trabajo alargada que se ha de doblar, de al menos uno de los rodillos de dicha serie de rodillos para doblamiento, y en la distancia medida por el medidor de distancia. En particular, la curva a lo largo de la cual se dobla dicha pieza de trabajo alargada, se define por medio de una sucesión de funciones polinómicas de tercer orden, de tal manera que dichas funciones consisten en *splines* [funciones polinómicas suaves aproximativas por puntos] cúbicas naturales, las cuales necesitan que se definan matemáticamente al menos tres puntos, siendo dichos al menos tres puntos obtenidos basándose en el cambio de posición, con respecto a la pieza de trabajo alargada que se ha de doblar, del rodillo que es variable en su posición, y en la distancia medida por el medidor de distancia, ambos cuales constituyen dos puntos, de manera que el tercer punto resulta, en un diagrama cartesiano, como el cambio de la curvatura del coeficiente angular de la cuerda, según se mide con respecto a la detección precedente.

En una segunda realización del método de la presente invención, dicho cálculo del radio de curvatura de cada sección de doblez de la pieza de trabajo alargada consiste en el cálculo de un radio de curvatura intermedio de una sección de doblez que se forma durante dichos al menos tres instantes sucesivos, estando dicho radio intermedio comprendido entre el radio de doblez en uno primero de dichos al menos tres instantes y el radio de doblez en al menos uno de dichos al menos tres instantes.

En un segundo aspecto, la invención proporciona una máquina que es controlada para doblar en continuo una pieza de trabajo alargada con un radio de curvatura variable, máquina que utiliza una serie de rodillos de accionamiento para doblamiento y que comprende:

un medidor de distancia para medir la distancia de la pieza de trabajo alargada que está situada aguas abajo de dicha serie de rodillos para doblamiento;

50 una computadora que está conectada, entre otras cosas, al medidor de distancia con el fin de calcular, de acuerdo con la teoría de *splines*, un radio de un tramo o sección de doblamiento basándose en la medición de dicha distancia en instantes sucesivos, y comparar el radio de curvatura calculado con el radio de curvatura deseado en dicha sección de doblez;

estando también la computadora conectada a un medidor de longitud destinado a medir la longitud de dicha sección de doblez concéntricamente con la pieza de trabajo alargada;

55 estando también la computadora conectada a medios operativos configurados para hacer funcionar un rodillo de la serie de rodillos de accionamiento para doblamiento, a fin de ajustarlo, por medio de un medidor de longitud, basándose en una diferencia entre dicho radio de curvatura medido y el radio de curvatura deseado en dicha sección de doblez.

60 Además de la ventaja de obtener un valor de corrección más preciso, en particular con referencia a operaciones de doblamiento para obtener secciones de doblez con radios de curvatura variables, el método y la máquina de acuerdo con la presente invención tienen la ventaja, con respecto a la técnica anterior, de que no son necesarios tres medidores de distancia, tales como transmisores de láser, sino solo uno. De esta forma, se consigue la consiguiente reducción de costes.

Por otra parte, con respecto a los tres medidores de distancia de contacto puntual, existen diversas ventajas, la más importante de las cuales es una mayor precisión, ya que la medición se lleva a cabo en un único punto y en una única dirección.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La presente invención se describirá con referencia a realizaciones preferidas de la misma, tomadas en asociación con los dibujos adjuntos, en los cuales:

10 la Figura 1 muestra muy esquemáticamente y de forma parcial una vista lateral de una máquina de doblamiento por rodillos en la que se ha incorporado el método para comprobar y controlar una máquina de doblamiento por rodillos destinada a doblar en continuo una pieza de trabajo alargada con radios de curvatura variables, de acuerdo con la presente invención; y  
 15 la Figura 2 muestra, en particular, un detalle ampliado de la máquina de la Figura 1, en una modificación de la misma.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES DE LA INVENCION

Haciendo referencia, en primer lugar, a la Figura 1, la máquina en la que se ha incorporado la invención, a modo de ejemplo, es una máquina de doblamiento y conformación piramidal y comprende una serie de tres rodillos de accionamiento 1, 2 y 3, al menos uno de los cuales es un rodillo de deformación. Una pieza de trabajo que se va a doblar, por ejemplo, una tubería T, es impulsada a través de los rodillos de accionamiento, a lo largo de una dirección indicada por una flecha F. Por comodidad de descripción, los rodillos 1 y 3 están fijos en sus posiciones, en tanto que el rodillo 2 es ajustable en su posición vertical y puede ser controlado por la máquina para desplazarse basándose en un control retroactivo en la dirección vertical. Un codificador 4 está asociado con el rodillo ajustable verticalmente 2, y un codificador para medir el desplazamiento del tubo T a través de la serie de rodillos 1, 2 y 3, se ha indicado por la referencia 5.

Se ha indicado generalmente por la referencia 6 un medidor de distancia sin contacto, el cual está fijado en su posición e incluye, por ejemplo, un transmisor de láser que proporciona una distancia d con respecto al doblado que sale de la máquina. Una dirección de apuntamiento y del medidor por láser 6, que es como se denominará en adelante el medidor de distancia sin contacto, se ha mostrado, por comodidad, vertical con respecto al plano del dibujo. Sin embargo, la dirección de apuntamiento puede también seleccionarse dependiendo del radio de la tubería que sale del rodillo 3, preferiblemente con el fin de aproximarse tan cerca como sea posible al punto de salida desde el rodillo 3, por ejemplo, a lo largo de la línea que se ha indicado por la referencia y' en la Figura 1.

35 La máquina de acuerdo con el diagrama descrito comprende, de manera adicional, una computadora central 7 para el control y el tratamiento de los datos, cuyo cometido es crear una correspondencia entre los movimientos de la máquina y el trazado del doblado, que puede insertarse gráficamente por medio de un dispositivo de vídeo 8, posiblemente también del tipo de "pantalla táctil". Esta correspondencia se produce por medio de una E/S [entrada / salida ("I/O -input / output")] de digital a analógica y un acondicionador de señal, el cual tiene la función de filtrar y  
 40 estabilizar las señales analógicas digitales que llegan desde diversos componentes mecánicos, hidráulicos y electrónicos de la máquina. Estos componentes son conocidos y, por consiguiente, no se describen, o bien se describen de forma muy general.

45 Un cilindro hidráulico 9 y una válvula proporcional 10 son partes de un sistema para el desplazamiento del rodillo 2, sistema que es controlado por la computadora 7 dependiendo de una detección del codificador 4 frente al movimiento horizontal de la tubería, que es proporcionada por el codificador 5, y dependiendo de una detección del doblado que es proporcionada por el codificador 4, por el codificador 5 y por el medidor por láser 6.

50 La máquina puede funcionar sin ninguna comprobación ni retroacción, de un modo manual.

En este caso, a partir de un diseño gráfico / numérico, por ejemplo, mediante un dibujo de una curva por medio de curvas geométricas originales conocidas, tales como un círculo, una elipse, etc., se obtiene una función que describe un doblado determinado para obtenerse en una pieza de trabajo alargada, tal como una tubería o una barra. A partir de esta función se obtiene toda la longitud del doblado y la longitud de pequeñas secciones o arcos de curva y el valor correspondiente del radio de curvatura.

60 Por ejemplo, para el elipse, el perímetro se calcula por la fórmula Y NEGADA ("YNOT") (Roger Maertens, 2000):  $P = 4 (a^y + b^y)^{1/y}$ , con  $y = \log_2(2)/\log_2(\pi/2)$ . Para otras curvas originales, el cálculo es más complejo, tal como para las funciones *spline*, en las que el cálculo tiene que realizarse para los intervalos de definición de cada polinomio. A partir de aquí puede determinarse la longitud de la barra de material, lo que es necesario, por ejemplo, para obtener una pieza de trabajo doblada de la forma deseada. Se utilizará la elipse en lo que sigue como ejemplo de factibilidad, ya que es un compromiso entre la exagerada simplicidad del círculo y la complejidad de cálculo para las otras curvas originales.

## ES 2 394 310 T3

En lo que sigue, se calculan las longitudes de los arcos que constituyen las partes del doblez deseado. Estas longitudes reciben el nombre de “puntos de control”. Se asocia a cada punto de control un valor del radio del círculo osculador. A la hora de realizar el ejemplo de la elipse (en este caso, se ha escogido un cálculo de los arcos comprendidos entre dos ángulos mediante el uso del método de Simpson para resolver la integral):

5

R = semieje mayor

R = semieje menor

10

$$\Delta\phi = (\phi_2 - \phi_1) \div 20;$$

$$y_1 = \sqrt{[(R \operatorname{sen} \phi_1)^2 + (r \operatorname{cos} \phi_1)^2]}$$

15

$$y_2 = \sqrt{[(R \operatorname{sen} (\phi_1 + \Delta\phi))^2 + (r \operatorname{cos} (\phi_1 + \Delta\phi))^2]}$$

$$y_3 = \sqrt{[(R \operatorname{sen} (\phi_1 + 2 \times \Delta\phi))^2 + (r \operatorname{cos} (\phi_1 + 2 \times \Delta\phi))^2]}$$

...

20

$$y_{21} = \sqrt{[(R \operatorname{sen} (\phi_1 + 20 \times \Delta\phi))^2 + (r \operatorname{cos} (\phi_1 + 20 \times \Delta\phi))^2]}$$

$$P = (\Delta\phi \div 3) \times (y_1 + 4y_2 + 2y_3 + 4y_4 + 2y_5 + \dots + 2y_{19} + 4y_{20} + y_{21}) = \text{longitud de arco entre } \phi_1 \text{ y } \phi_2.$$

25

Se asocia a cada arco, es decir, un tramo o sección de curva, un radio que se ha de obtener por la siguiente fórmula, aún con referencia al ángulo:

$$(R^2 \operatorname{sen}^2(\phi) + r^2 \operatorname{cos}^2(\phi))^{3/2} / (R \cdot r).$$

30

A continuación, en la dirección de la longitud de la barra que se ha de doblar, se trazan intervalos iguales a las secciones de doblez o arcos de elipse que se desean obtener de la misma barra. El radio de la sección de curva correspondiente de la elipse se asocia a cada intervalo de la barra. Durante el funcionamiento, la máquina hará que el rodillo central 2 se descienda y que la barra se desplace de un modo tal, que cada intervalo de la barra llega a una altura relevante para el radio de curvatura correspondiente. De esta forma, el procedimiento se proseguirá hasta que se cubra todo el perímetro de la elipse.

35

Cuando se emplea la retroacción de acuerdo con la presente invención, basándose tanto en el cambio de altura del rodillo central 2 como en la medición del medidor por láser 6, se construye una sucesión de puntos pertenecientes al doblez en la detección sucesiva.

40

La doblez se define a través de una sucesión de funciones polinómicas de tercer orden. Tales funciones, que consisten en *splines* [funciones polinómicas suaves aproximativas por puntos] cúbicas naturales, necesitan al menos tres puntos para quedar definidas matemáticamente. Los puntos se obtienen tanto del cambio de posición del rodillo central como de la medición por láser. Seguidamente, dados dos puntos, el tercer punto dará como resultado un diagrama cartesiano como un cambio de la curvatura o del coeficiente angular de la cuerda según se mide con respecto a la detección precedente. El procedimiento de cálculo de las funciones *spline* garantiza una solución unívoca al fijar una restricción de un valor cero para la segunda derivada en los puntos extremos de la sucesión de puntos (entre otras cosas, es relevante que las conexiones de la tubería se encuentren en esos puntos). El método de medición utilizado permite que se midan arcos de radio variable y se comprueben con precisión comenzando desde un punto individual de comprobación. (Sírvese hacer referencia a: [http://en.wikipedia.org/wiki/Spline\\_interpolation](http://en.wikipedia.org/wiki/Spline_interpolation), en particular a los párrafos sobre “cubic spline interpolation” (interpolación de *spline* cúbica), “minimality of the cubic splines” (minimización de las *splines* cúbicas) e “interpolation using natural cubic splines” (interpolación utilizando *splines* cúbicas naturales).

50

55

Por supuesto, de la misma manera que para cualquier otra curva, el procedimiento precisa de al menos tres puntos que se proporcionan por sucesivas mediciones, además de las dos restricciones sobre la segunda derivada. Al final del procedimiento de trabajo, la curva se construye por completo en n puntos con extrema precisión. Así, pues, este método no debe confundirse con el método de medición que utiliza un medidor de arcos o arquímetro de tres puntos.

60

A partir de los polinomios que se construyen gradualmente, pueden calcularse los radios de curvatura en puntos determinados x de la curva. En cada sección, el radio de curvatura o radio del círculo osculador se calcula por medio de la fórmula:

$$\rho[x] = \frac{(1 + (f'[x])^2)^{3/2}}{f''[x]}$$

5 Por otra parte, al ser conocidos los valores del radio de curvatura con respecto a los valores x, puede definirse unívocamente una curva cuya segunda derivada no cambie de signo, pero de tal manera que, durante el funcionamiento de la máquina, no pueda producirse un cambio en la concavidad / convexidad.

De esta forma, puede obtenerse un resultado que es comparable con el trabajo obtenido por el diseño gráfico inicial.

10 Esto es posible tanto durante el trabajo como en el resultado final. Basta con comparar los valores de los radios según se obtienen sobre la barra que se está trabajando, con los radios de las secciones de curva del diseño gráfico inicial. Si estos valores coinciden, se va a trazar una curva exactamente como si se partiera del diseño, y en caso contrario, se calcula una diferencia y se calcula de nuevo una nueva altura para una acanaladura del rodillo central, dependiendo de dicha diferencia.

15 Haciendo referencia a la Figura 2, se ilustra en ella, en detalle, una parte de la máquina de la Figura 1, de acuerdo con una modificación constructiva de la misma. En lugar del medidor de distancia sin contacto 6, se utiliza un medidor de distancia con contacto 11. Este medidor de distancia con contacto puede ser de cualquier tipo conocido, por ejemplo, de punto trazador o un codificador, u otros, siempre y cuando pueda utilizarse para medir de forma  
20 continua la distancia de la tubería T que se está trabajando aguas abajo de la serie de rodillos de accionamiento. Es suficiente con que el medidor con contacto 11 sea capaz de detectar la distancia de la tubería T con respecto a un punto fijo a lo largo de una única dirección. Esta dirección puede ser seleccionada del modo más adecuado, por ejemplo, a lo largo de las direcciones y o y', como se muestra.

25 La máquina de acuerdo con la invención que se ha descrito e ilustrado en esta realización o en una modificación de la misma, puede funcionar de acuerdo con una variación del método de la presente invención. De acuerdo con esta variación, se lleva a cabo el cálculo del radio de curvatura de cada sección de doblez de la pieza de trabajo alargada, a fin de obtener un radio de curvatura intermedio de una sección de doblez que se está formando durante al menos tres instantes sucesivos, de manera que el radio de curvatura intermedio se encuentra entre el radio de curvatura en uno primero de al menos tres instantes y el radio de curvatura en al menos uno de dichos al menos tres  
30 instantes. Este método es similar al que utiliza un medidor de arcos, pero se ha materializado como un único medidor por láser o un medidor de puntos trazadores en una dirección.

El método de medición y retroacción anteriormente descrito puede ser aplicado como sigue.

35 Conociendo un único punto de medición, pueden medirse con precisión tanto una orientación del doblez según es producido como cualquier corrección que se haya de realizar a la hora de reemplazar el material utilizado o cuando se produzcan modificaciones mecánicas en las fases de trabajo.

40 El método permite la compensación tanto de los errores debidos a la característica elástica del material utilizado como de los debidos a cualquier variación electromecánica que se produzca cuando se utilizan componentes diferentes.

45 Utilizando un coeficiente de proporcionalidad que depende del comportamiento elástico, coeficiente que se calcula en una etapa de preajuste, se incrementa la precisión general del sistema.

50 Un procedimiento de ajuste de la pieza de trabajo alargada, según se controla por el medidor de láser, permite que el desperdicio de material en la producción se reduzca automáticamente. El mismo procedimiento permite a una persona decidir de forma autónoma la longitud de ajuste del material. Queda claro que todos los errores debidos a la colocación del material que se ha de trabajar en la máquina son anulados.

Por otra parte, la consecuencia de un solo punto de trabajo es aumentar más la facilidad de funcionamiento de la máquina.

55 El método permite que se trabajen una pluralidad de tuberías consecutivas con el fin de obtener arcos muy largos.

En la descripción precedente, la máquina que se está considerando para incorporar el método es una de rodillos en anillo piramidal en la que el rodillo de accionamiento superior es el anillo de deformación. Alternativamente, el rodillo de deformación es el rodillo de salida de la máquina.

60 Debe comprenderse que pueden proporcionarse otras modificaciones y cambios, todos los cuales caen dentro del ámbito de la invención, de acuerdo con las reivindicaciones que se acompañan.

**REIVINDICACIONES**

1.- Un método para comprobar y controlar una máquina de doblamiento por rodillos para doblar en continuo una pieza de trabajo alargada (T) con radios de curvatura variables, de tal manera que la máquina de doblamiento por rodillos utiliza una serie de rodillos de accionamiento para doblar (1, 2, 3), estando el método **caracterizado por que** las siguientes etapas de:

- medir la distancia de la pieza de trabajo alargada en un punto que está situado aguas abajo con respecto a dicha serie de rodillos de accionamiento para doblamiento (1, 2, 3), y que se extiende en una dirección de un medidor de distancia (6, 11), de manera que dicha medición de distancia se lleva a cabo para obtener la distancia entre dicho un punto y una posición fija del medidor de distancia en instantes sucesivos;
- calcular un radio de curvatura para cada tramo o sección de doblez de la pieza de trabajo alargada (T) basándose en el cambio de posición, con respecto a la pieza de trabajo alargada (T) que se ha de doblar, de al menos un rodillo de dicha serie de rodillos para doblamiento (1, 2, 3), y en la distancia medida por el medidor de distancia (6, 11).
- comparar el radio de curvatura calculado con el radio de curvatura deseado en dicha sección de doblamiento, que tiene una posición y una longitud que son medidas concéntricamente con la pieza de trabajo alargada (T) por medio de un medidor de longitud (5), y determinar una diferencia entre dicho radio de curvatura calculado y dicho radio de curvatura deseado;
- calcular el cambio de posición al que ha de someterse un rodillo de aguas arriba (2) con el fin de anular dicha diferencia entre dicho radio de curvatura calculado y dicho radio de curvatura deseado; y
- hacer funcionar dicho rodillo de aguas arriba (2) basándose en dicho cambio de posición calculado.

2.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el cálculo del radio de curvatura de cada sección de doblez de la pieza de trabajo alargada (T) se lleva a cabo basándose en el cambio de posición, con respecto a la pieza de trabajo alargada (T) que se ha de doblar, de al menos un rodillo de dicha serie de rodillos para doblamiento (1, 2, 3), y en la distancia medida por el medidor de distancia (6, 11).

3.- El método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** la curva a lo largo de la cual se dobla dicha pieza de trabajo alargada, se define por medio de una sucesión de funciones polinómicas de tercer orden, de tal manera que dichas funciones son *splines* [funciones polinómicas suaves aproximativas por puntos] cúbicas naturales, que necesitan al menos tres puntos para quedar matemáticamente definidas, siendo obtenidos dichos al menos tres puntos basándose en el cambio de posición, con respecto a la pieza de trabajo alargada (T) que se ha de doblar, del rodillo variable en su posición, y en la distancia medida por el medidor de distancia (6, 11), constituyendo ambos dos puntos, de manera que el tercer punto resulta en un diagrama cartesiano como un cambio de la curvatura del coeficiente angular de la cuerda, según se mide con respecto a la detección precedente.

4.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el cálculo del radio de curvatura de cada sección de doblez de la pieza de trabajo alargada (T) consiste en el cálculo de un radio de curvatura intermedio de una sección de doblez que se forma durante dichos al menos tres instantes sucesivos, estando dicho radio intermedio comprendido entre el radio de doblez en un primero de dichos al menos tres instantes y el radio de doblez en al menos uno de dichos al menos tres instantes.

5.- Una máquina controlada para doblar en continuo una pieza de trabajo alargada (T) con radios de curvatura variables, máquina que utiliza una serie de rodillos de accionamiento para doblamiento (1, 2, 3), estando la máquina **caracterizada por que** comprende:

- un medidor de distancia (6, 11), para medir la distancia de un punto de la pieza de trabajo alargada (T) que está situado aguas abajo con respecto a dicha serie de rodillos para doblamiento y se extiende en una dirección de un medidor de distancia, de tal modo que la medición de distancia se lleva a cabo para obtener la distancia entre dicho un punto y una posición fija del medidor de distancia en instantes sucesivos;
- una computadora (7) que está conectada, entre otras cosas, al medidor de distancia (6, 11) para calcular, de acuerdo con la teoría de *splines*, un radio de un tramo o sección de doblez basándose tanto en la medición de dicha distancia en instantes sucesivos como en la comparación del radio de curvatura calculado con el radio de curvatura deseado en dicha sección de doblez;

estando la computadora (7) también conectada a un medidor de longitud (5) para medir la longitud de dicha sección de doblez concéntricamente con la pieza de trabajo alargada (T); de manera que la computadora (7) está también conectada a unos medios operativos (9, 10) configurados para hacer funcionar un rodillo (2) de una serie de rodillos de accionamiento para doblamiento (1, 2, 3), a fin de ajustarlo por medio de un medidor de longitud (4) basándose en una diferencia entre dicho radio de curvatura medido y el radio de curvatura deseado en dicha sección de doblez.

6.- La máquina de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada por que** dicho medidor de distancia (6) es un medidor sin contacto.

7.- La máquina de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizada por que** dicho medidor sin contacto es un medidor que comprende un único transmisor de láser en una única dirección.

5 8.- La máquina de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada por que** dicho medidor de distancia (11) es un medidor con contacto en un único punto y en una única dirección.

9.- La máquina de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada por que** dichos medidores de longitud (4, 5) son codificadores.

10 10.- La máquina de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizada por que** dicho medidor de distancia (6, 11) está fijado en su posición de un modo tal, que su dirección de medición cruza la pieza de trabajo alargada tan cerca como sea posible del rodillo de salida de la máquina.

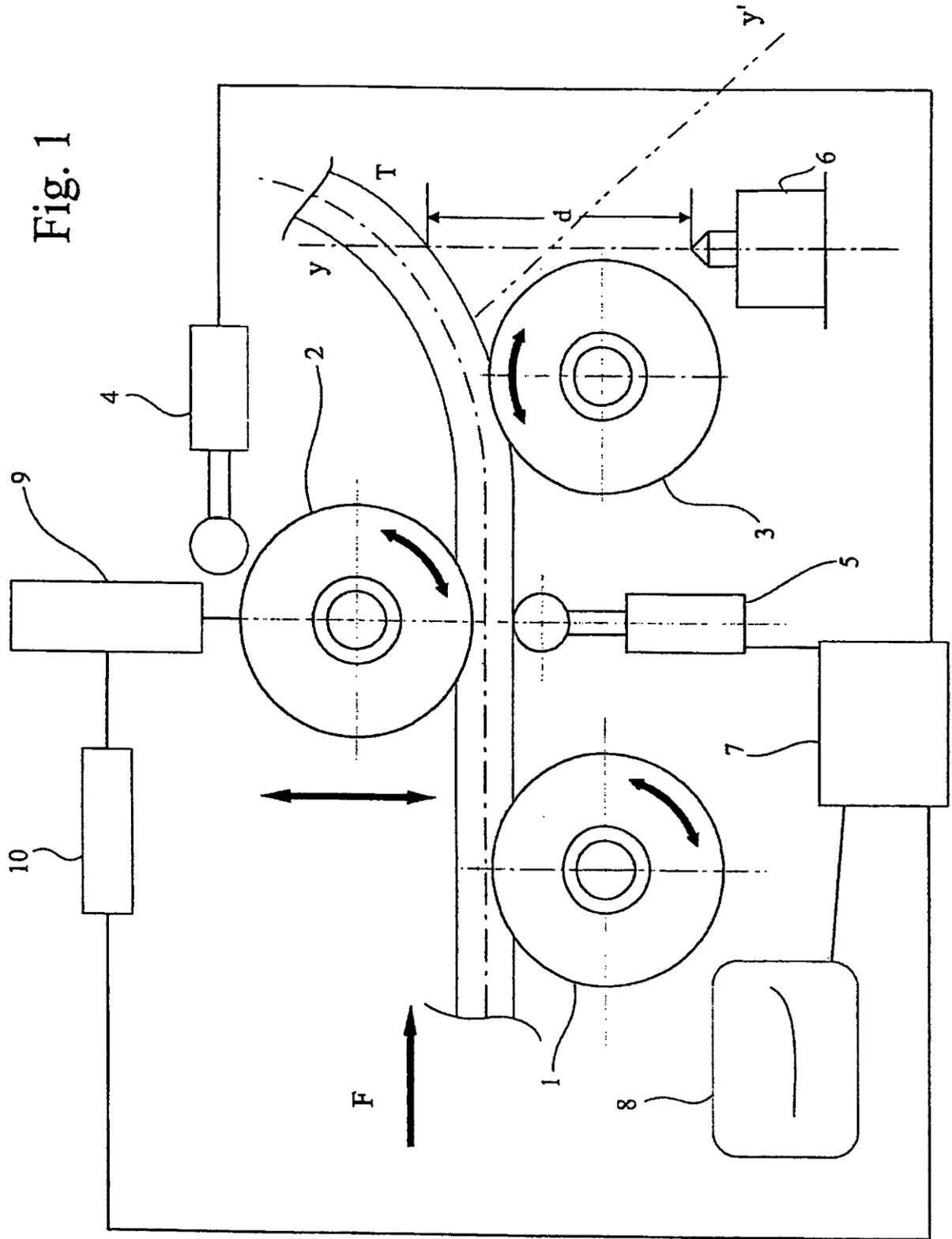


Fig. 1

