

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 878 500**

51 Int. Cl.:

**B21D 7/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2019 E 19195309 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.04.2021 EP 3620242**

54 Título: **Máquina para el procesamiento de tubos provista de un sensor óptico para medir el desplazamiento hacia adelante del tubo que se está procesando y/o el desplazamiento rotatorio del mismo alrededor del eje longitudinal del mismo**

30 Prioridad:

**05.09.2018 IT 201800008356**

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

**19.11.2021**

73 Titular/es:

**BLM S.P.A. (100.0%)  
Via Selvaregina, 30  
22063 Cantù (CO), IT**

72 Inventor/es:

**GEMIGNANI, ROBERTO**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 878 500 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**

Máquina para el procesamiento de tubos provista de un sensor óptico para medir el desplazamiento hacia adelante del tubo que se está procesando y/o el desplazamiento rotatorio del mismo alrededor del eje longitudinal del mismo

5

**Campo de la invención**

La presente invención se refiere generalmente a una máquina para el procesamiento, por ejemplo, el doblado, de tubos, barras, secciones perfiladas y piezas en bruto alargadas similares.

10

En la siguiente descripción, se hará referencia por conveniencia al procesamiento de tubos, entendiéndose que la invención se puede aplicar al procesamiento de cualquier otra pieza en bruto alargada, sin importar si es una barra, una sección perfilada, etc.

15

Además, aún si la siguiente descripción está provista de una referencia particular a una máquina dispuesta para procesar (específicamente para doblar) un tubo devanado en una bobina, la invención no pretende limitarse a máquinas dispuestas para procesar tubos u otras piezas en bruto alargadas devanados en una bobina, sino que también se aplica a máquinas que operan en secciones de tubo recto.

20

**Antecedentes de la invención**

Se conocen máquinas las cuales, empezando desde un tubo devanado en una bobina, enderezan, doblan y entonces cortan el tubo a medida. Un ejemplo de una máquina de este tipo es la máquina dobladora de tubos producida y comercializada por el Solicitante bajo el nombre de 4-RUNNER. Esta máquina está ilustrada en las figuras 1 a 3 de los dibujos adjuntos, donde la figura 1 muestra la máquina como un todo, la figura 2 muestra la máquina sin devanadera, mientras que la figura 3 muestra en detalle la unidad de enderezado y la unidad de alimentación de la máquina.

25

El tubo que se va a procesar (indicado como T) se carga en la parte posterior de la máquina (la cual está indicada generalmente como 100) en la forma de una bobina C en una devanadera 10 y durante la operación se desdevana gradualmente desde la bobina C por medio de un movimiento rotatorio adecuado de la devanadera 10. Una vez desdevanado de la bobina C, el tubo T se endereza mediante una unidad de enderezado 12 y se alimenta a lo largo de su eje longitudinal (indicado como x) por una unidad de alimentación 14. En la máquina ilustrada en las figuras 1 a 3, la unidad de alimentación 14 está ubicada posterior a la unidad de enderezado 12, pero la disposición de las dos unidades también se puede revertir.

30

35

La unidad de enderezado 12 comprende un primer conjunto de rodillos guía 16, los cuales actúan en lados opuestos del tubo T en un primer plano de enderezado perpendicular al eje de la bobina C, y un segundo conjunto de rodillos guía 18, los cuales actúan en lados opuestos del tubo T en un segundo plano de enderezado perpendicular al primer plano de enderezado. La función de los dos conjuntos de rodillos guía 16 y 18 de la unidad de enderezado 12 es deformar de forma plástica el material del tubo T en más de una dirección con la finalidad de obtener finalmente un tubo enderezado.

40

La unidad de alimentación 14 comprende dos o más pares de rodillos motorizados 20, los cuales están dispuestos en lados opuestos del tubo T y, por rotación, transmiten movimiento al tubo T mediante fricción, lo que da lugar a que el tubo T se mueva hacia adelante a lo largo de su eje longitudinal x.

45

El tubo T enderezado de ese modo alcanza el área delantera de la máquina, donde un cabezal de doblado 22 que posee herramientas de doblado especiales dobla el tubo de acuerdo con una geometría definida previamente por el usuario. El cabezal de doblado 22 tiene los grados suficientes de libertad para rotar completamente alrededor del eje longitudinal x del tubo T y de esa forma es capaz de doblar el tubo T en diferentes planos.

50

Las operaciones de enderezado y de alimentación del tubo con frecuencia dan lugar a errores en el posicionamiento del tubo posterior a las unidades de enderezado y alimentación. De hecho, la sección transversal del tubo que devana en una bobina es frecuentemente irregular y no circular. El diseño del tubo por medio de rodillos puede producir presiones no homogéneas en el material del tubo y consecuentes desplazamientos rotatorios del tubo alrededor de su eje longitudinal, debido a un ajuste incorrecto de las presiones ejercidas por los rodillos en el tubo o debido a imperfecciones en la conformación geométrica de las superficies de los rodillos. Tales errores de posicionamiento afectan de forma inevitable la fase posterior de doblado del tubo.

55

60

Con el fin de asegurar que la fase de doblado del tubo se lleve a cabo de acuerdo con la geometría deseada, es necesario que el desplazamiento hacia adelante del tubo a lo largo de su eje longitudinal se mida correctamente y que se evite cualquier desplazamiento rotatorio del tubo alrededor de su eje longitudinal o, de forma alternativa, se mida y se compense de manera apropiada.

65

Normalmente, el desplazamiento del tubo hacia adelante a lo largo de su eje longitudinal se mide mediante el uso

de un dispositivo de medición por contacto que comprende una rueda medidora que, al enrollarse en el tubo, transmite el movimiento longitudinal del tubo a un decodificador óptico. Con el fin de asegurar contacto continuo de la rueda medidora con el material del tubo, lo cual es esencial para la operación correcta del dispositivo de medición, la rueda medidora normalmente tiene una superficie de contacto nudosa con el fin de evitar el deslizamiento entre la rueda y el tubo aún en el caso de altas velocidades y aceleraciones del tubo. Sin embargo, esto produce frecuentemente marcas indeseables en la superficie del tubo. Para superar este inconveniente, la rueda medidora (o, al menos, la parte radialmente más externa de la rueda, la cual se pretende que entre en contacto con el tubo) puede estar hecha de un material con un coeficiente de fricción más alto (por ejemplo, caucho). Esto, sin embargo, lleva a una deformabilidad mayor de la rueda medidora, lo que da como resultado una reducción de la exactitud de la medición.

Para impedir el desplazamiento rotatorio del tubo alrededor de su eje longitudinal, las máquinas conocidas están normalmente equipadas con un dispositivo antirrotación, indicado como 24 en las figuras 1 a 3. El dispositivo antirrotación 24 básicamente comprende un carro 26, el cual es móvil a lo largo del eje longitudinal x del tubo T, y dos dispositivos de sujeción neumáticos 28 y 30, los cuales están integrados al carro 26 y a la estructura de la máquina, respectivamente. El carro 26 es libre de deslizarse sobre una guía con zapatas de bolas recirculantes y su posicionamiento en la condición de reposo está controlado a alta velocidad por medio de un cilindro neumático 32. Cada uno de los dos dispositivos de sujeción 28 y 30 está equipado con dos bloques que tienen una hendidura con sección transversal redondeada con un radio nominal igual al radio del tubo T que se va a procesar. El tubo T siempre es alimentado mientras que el dispositivo de sujeción 28 (es decir, el dispositivo de sujeción móvil, integrado al carro 26) se mantiene cerrado, con el fin de evitar el desplazamiento rotatorio del tubo alrededor de su eje. En las carreras de vuelta del dispositivo de sujeción 28, el tubo T se mantiene en posición por el otro dispositivo de sujeción 30 (es decir, el dispositivo de sujeción fijo, integrado a la estructura de la máquina).

Un dispositivo antirrotación de este tipo, además de ser incómodo, también lleva a un aumento en el tiempo del ciclo general de la máquina.

La necesidad de medir el desplazamiento hacia adelante del tubo a lo largo de su eje longitudinal y/o el desplazamiento rotatorio del tubo alrededor de su eje longitudinal también existe en el caso de máquinas de procesamiento de tubos, en particular máquinas de doblado de tubos, que operan en secciones de tubo recto, no solo en máquinas que operan en tubos devanados en bobina. El documento WO 2016/092381 A1 da a conocer una máquina según el preámbulo de la reivindicación 1.

### Sumario de la invención

Es un objetivo de la presente invención proporcionar una máquina de procesamiento de tubos (o más en general, como se mencionó en la parte introductoria de la descripción, una máquina para el procesamiento de piezas en bruto alargadas), la cual es capaz de medir el desplazamiento hacia adelante del tubo que se está procesando a lo largo de su eje longitudinal y/o el desplazamiento rotatorio del tubo que se está procesando alrededor de su eje longitudinal de una manera precisa, rápida y confiable, sin dañar la superficie del material del tubo o aumentar el tiempo del ciclo de la máquina.

Este y otros objetivos se alcanzan completamente según la presente invención mediante una máquina para el procesamiento de tubos que tiene las características definidas en la reivindicación independiente 1 adjunta.

Realizaciones ventajosas de la invención se especifican en las reivindicaciones dependientes, cuya materia debe entenderse como que forma una parte integral de la siguiente descripción.

En resumen, la invención está basada en la idea de equipar la máquina con un sensor óptico dispuesto para medir de forma óptica, mientras el tubo se está procesando, el desplazamiento hacia adelante del tubo a lo largo de su eje longitudinal y/o el desplazamiento rotatorio del tubo alrededor de su eje longitudinal, en la que el sensor óptico comprende una fuente de luz (LED o láser) para iluminar una parte de superficie del tubo que se está procesando, una cámara para adquirir imágenes de dicha parte de superficie del tubo y una unidad de procesamiento digital para determinar en cada instante de tiempo, basándose en la comparación de la imagen de dicha parte de superficie del tubo adquirida por la cámara en ese instante de tiempo con la imagen adquirida en el instante de tiempo precedente, el desplazamiento hacia adelante del tubo a lo largo de su eje longitudinal y/o el desplazamiento rotatorio del tubo alrededor de su eje longitudinal. En virtud del uso de un sensor óptico de este tipo para medir el desplazamiento hacia adelante y/o el rotatorio del tubo que se está procesando, ya no es necesario utilizar una rueda medidora, como en la técnica anterior, y por lo tanto se evitan los inconvenientes anteriormente mencionados relacionados con el contacto entre la rueda medidora y el material del tubo.

Además, debido al hecho de que el sensor óptico también permite una medición precisa no solo del desplazamiento hacia adelante, sino también del desplazamiento rotatorio, del tubo que se está procesando, ya no es necesario proporcionar un sistema antirrotatorio para impedir la rotación del tubo, como sucede en el caso de la técnica anterior, y es más que suficiente, al conocer el desplazamiento rotatorio del tubo anterior del cabezal de trabajo, para compensar este desplazamiento rotatorio mediante el movimiento apropiado del cabezal de trabajo. Por lo

tanto no se aumenta el tiempo del ciclo de la máquina.

### Breve descripción de las figuras

5 Características y ventajas adicionales de la presente invención se harán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, la cual se proporciona meramente a modo de ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

10 La figura 1 muestra una máquina para el procesamiento de tubos según la técnica anterior;  
la figura 2 muestra la máquina de la figura 1, sin devanadera;

15 la figura 3 muestra en detalle la unidad de enderezado, la unidad de alimentación y el dispositivo antirrotatorio de la máquina de la figura 1;

20 la figura 4 muestra una máquina para el procesamiento de tubos según una realización de la presente invención;  
la figura 5 muestra el sensor de la máquina de la figura 4, junto con su mecanismo de posicionamiento para posicionar el sensor óptico cerca del tubo que se está procesando; y

la figura 6 muestra de forma esquemática la estructura del sensor óptico de la figura 5.

### Descripción detallada de la invención

25 Con referencia a la figura 4, donde piezas y elementos idénticos o correspondientes a aquellos de las figuras 1 a 3 se indican con los mismos números de referencia, una máquina para el procesamiento de tubos según una realización de la presente invención se indica generalmente como 100.

30 La máquina que se describe a continuación con referencia a la figura 4 es una máquina dobladora de tubos, es decir, una máquina configurada para llevar a cabo operaciones de doblado de tubos, pero la invención no está limitada a este tipo de máquina, lo que se aplica a máquinas dispuestas para llevar a cabo cualquier otro tipo de operaciones de procesamiento en tubos (o en otras piezas en bruto alargadas). Además, a pesar de que la máquina que se describe e ilustra en el presente documento está diseñada para procesar tubos devanados en bobinas, la invención no está limitada a este tipo de máquina sino que también se aplica a máquinas diseñadas para procesar secciones de tubo recto.

35 Como en la técnica anterior descrita anteriormente con referencia a las figuras 1 a 3, la máquina 100 básicamente comprende:

40 - una devanadera 10, sobre la cual se coloca una bobina C del tubo T que se va a procesar (en este caso, se va a doblar);

45 - una unidad de enderezado 12 dispuesta para enderezar el tubo T a medida que se desdevana de la bobina C, comprendiendo la unidad de enderezado 12, por ejemplo, un primer conjunto de rodillos guía 16, los cuales actúan en lados opuestos del tubo T en un primer plano de enderezado perpendicular al eje de la bobina C, y un segundo conjunto de rodillos guía 18, los cuales actúan en lados opuestos del tubo T en un segundo plano de enderezado perpendicular al primer plano de enderezado;

50 - una unidad de alimentación 14 dispuesta para alimentar el tubo T desde la unidad de enderezado 12 a lo largo de su eje longitudinal x, comprendiendo la unidad de alimentación 14 por ejemplo dos pares de rodillos motorizados 20, los cuales están dispuestos en lados opuestos del tubo T y, por rotación, transmiten movimiento al tubo T mediante fricción;

55 - un cabezal de trabajo 22 (en este caso, un cabezal de doblado) que lleva herramientas de procesamiento adecuadas (en este caso, herramientas de doblado, las cuales son conocidas por sí mismas y por lo tanto no se describirán en detalle en el presente documento) y tiene grados adecuados de libertad para permitir operaciones de procesamiento (en este caso, operaciones de doblado, aún en planos diferentes, de acuerdo con una geometría que puede definirse previamente por el usuario) que se va a llevar a cabo en el tubo T; y

60 - una unidad de control programable (no se muestra) para gestionar los movimientos del cabezal de trabajo 22, así como la unidad de alimentación 14 y (cuando proceda, como en el presente caso) de la devanadera 10.

65 En el caso de una máquina que opera en secciones de tubo recto, la unidad de enderezado evidentemente no se proporcionará, mientras que la unidad de alimentación se proporcionará (la cual, sin embargo, tendrá una configuración diferente de la que se ilustra en el presente documento).

Los detalles constructivos y funcionales de la devanadera 10, de la unidad de enderezado 12, de la unidad de alimentación 14, del cabezal de trabajo 22 y de la unidad de control no son importantes para los fines de la presente invención y de ese modo no se describirán ni ilustrarán adicionalmente en el presente documento.

5 Según la invención, la máquina 100 además comprende, posterior a la unidad de alimentación 14 (y donde, como en el caso presente, también se proporciona una unidad de enderezado, posterior a la unidad de enderezado), un sensor óptico 34 para medir ópticamente el desplazamiento hacia adelante del tubo T que se está procesando a lo largo de su eje longitudinal x y/o el desplazamiento rotatorio del tubo T que se está procesando alrededor de su eje longitudinal x.

10 Con referencia a la figura 5, un mecanismo de posicionamiento 36 está asociado con el sensor óptico 34 para mantener el sensor óptico 34 cerca del tubo T que se está procesando, en particular en alineación con el eje longitudinal x del tubo T.

15 Con referencia a la figura 6, el sensor óptico 34 comprende una fuente de luz 38 (por ejemplo, un láser o fuente LED) para iluminar una parte de superficie S del tubo T, una cámara 40 para la adquisición de imágenes a alta frecuencia de la parte de superficie S y una unidad de procesamiento digital 42 para determinar en cualquier instante de tiempo, con base en la comparación entre la imagen de la parte de superficie S adquirida en ese instante de tiempo por la cámara 40 y la imagen adquirida en el instante de tiempo anterior, el desplazamiento hacia adelante del tubo T a lo largo del eje longitudinal x (de aquí en adelante simplemente denominado, para abreviar, desplazamiento hacia adelante) y/o el desplazamiento rotatorio del tubo T alrededor del eje longitudinal x (de aquí en adelante simplemente denominado, para abreviar, desplazamiento rotatorio).

20 Las imágenes adquiridas por la cámara 40 son muy pequeñas, por ejemplo, quince píxeles por lado, pero contienen detalles e imperfecciones minúsculas de la parte de superficie S del tubo T frente a la cual está colocado el sensor óptico 34. Las imágenes adquiridas por la cámara 40 se procesan en pares por la unidad de procesamiento digital 42 y cada par de imágenes consecutivas se utiliza para calcular el desplazamiento del tubo T (hacia adelante y rotatorio) en el intervalo de tiempo entre los dos instantes de tiempo en los cuales se adquirieron estas imágenes.

25 Por ejemplo, el desplazamiento entre dos imágenes consecutivas se determina por correlación cruzada. Al indicar con  $I_A(i, j)$  la intensidad de gris (las imágenes se adquieren, de hecho, en escala de grises) de cada píxel de las coordenadas  $i, j$  de la primera imagen, con  $I_B(i, j)$  la intensidad de gris del mismo píxel de la segunda imagen, y con  $m$  y  $n$  el desplazamiento (en píxeles) de la segunda imagen con respecto a la primera en dos direcciones perpendiculares, la función de correlación  $\Phi(m, n)$  es igual a la suma total de los productos de las intensidades de cada píxel de las dos imágenes, según la siguiente ecuación:

$$\Phi(m, n) = \sum_{i,j} I_A(i, j) I_B(i + m, j + n)$$

30 La función de correlación  $\Phi$  toma su valor máximo cuando las dos imágenes están perfectamente superpuestas. Para determinar el desplazamiento entre dos imágenes consecutivas, se calculan los valores de desplazamiento  $m$  y  $n$  en las dos direcciones que maximizan la función. Sobre la base de estos valores de desplazamiento entre pares consecutivos de imágenes, el desplazamiento de la parte de superficie S del tubo T que se orienta hacia el sensor óptico 36 ambos a lo largo del eje longitudinal x y en la dirección perpendicular al eje longitudinal x se determina instante por instante. Al conocerse el diámetro del tubo T, el desplazamiento angular (rotación) alrededor del eje longitudinal x se deriva del desplazamiento de la porción de superficie S en una dirección perpendicular al eje longitudinal x.

35 Con referencia ahora de nuevo a la figura 5, los componentes del sensor óptico 34 anteriormente mencionado, es decir, la fuente de luz 38, la cámara 40 y la unidad de procesamiento digital 42, están alojados en una caja 44 con una ventana transparente 46 a través de la cual el haz de luz emitido por la fuente de luz 38 pasa y a través de la cual la cámara 40 adquiere imágenes de la porción de superficie S del tubo T.

40 La caja 44 se mantiene cerca del tubo T, con la ventana 46 orientada al tubo T y alineada con el eje longitudinal x del mismo, por el mecanismo de posicionamiento anteriormente mencionado 36. La figura 5 de los dibujos adjuntos muestra un ejemplo de realización del mecanismo de posicionamiento 36, entendiéndose que esta modalidad no es vinculante para los fines de la presente invención y que otras realizaciones de este mecanismo también son posibles, en la medida en que aseguran el posicionamiento de la caja 44 del sensor óptico 34 cerca del tubo T y en alineación con el eje longitudinal x de este último.

45 De acuerdo con la realización de la figura 5, el mecanismo de posicionamiento 36 comprende en primer lugar un cuerpo de soporte 48 sobre el cual se monta la caja 44 del sensor óptico 34. El cuerpo de soporte 48 tiene un par de aparatos enrolladores 50 los cuales están montados libremente rotatorios y están dispuestos sobre lados opuestos longitudinalmente de la caja 44, pero en el mismo lado del tubo T. Los aparatos enrolladores 50 sobresalen hacia el tubo T desde una cara delantera 44a de la caja 44 donde está provista la ventana 46, de forma

tal que durante la operación, con los aparatos enrolladores 50 mantenidos en contacto con el tubo T, mientras que el último se mueve hacia adelante a lo largo de su eje longitudinal x, la cara delantera 44a de la caja 44 está ubicada paralela al eje longitudinal x del tubo T y a una distancia fija dada desde la superficie del tubo T. El mecanismo de posicionamiento 36 además comprende un contra aparato enrollador 52, el cual está dispuesto en el lado opuesto del tubo T con respecto a los aparatos enrolladores 50 y está montado en una corredera 54 con el fin de rotar libremente. La corredera 54 está montada de forma deslizante, por ejemplo, a lo largo de un par de vástagos guía 56 en una dirección perpendicular a la cara delantera 44a de la caja 44 del sensor óptico 34. El mecanismo de posicionamiento 36 además comprende un muelle neumático 58 interpuesto de forma operativa entre el cuerpo de soporte 48 y la corredera 54 para empujar al contra aparato enrollador 52 hacia los aparatos enrolladores 50 y de ese modo asegurar el contacto de los aparatos enrolladores 50 con el tubo T.

Gracias a la presencia del sensor óptico 34, la unidad de control de la máquina recibe, en tiempo real, información precisa sobre el desplazamiento hacia adelante del tubo T a lo largo de su eje longitudinal x, sobre la base de la cual controla el proceso de trabajo. Además, gracias al hecho de recibir, en tiempo real, datos precisos sobre los desplazamientos rotatorios, de haber alguno, del tubo T anterior al cabezal de trabajo 22 alrededor de su eje longitudinal x, la unidad de control de la máquina es capaz de compensar, de ser necesario, este desplazamiento rotatorio al controlar de forma adecuada los movimientos del cabezal de trabajo 22, sin tener por lo tanto la necesidad de utilizar un mecanismo antirrotación complejo y costoso para impedir el desplazamiento rotatorio del tubo T que se está procesando alrededor de su eje longitudinal x y sin aumentar el tiempo del ciclo de la máquina.

Dependiendo de la aplicación específica, por supuesto es posible medir solo uno de los dos componentes del movimiento del tubo, es decir, solo el desplazamiento hacia adelante o solo el desplazamiento rotatorio, permaneciendo la estructura del sensor óptico sin cambios.

Naturalmente, el principio de la invención permanece sin cambios, las modalidades y los detalles de construcción pueden variarse ampliamente con respecto a aquellos descritos e ilustrados en el presente documento meramente a modo de ejemplo no limitativo, sin alejarse en consecuencia del alcance de la invención, como se define en las reivindicaciones adjuntas.

30

**REIVINDICACIONES**

1. Máquina para el procesamiento de tubos (T) y forjas cilíndricas alargadas similares, tales como por ejemplo barras y secciones perfiladas, que comprende un cabezal de trabajo (22) que posee herramientas de procesamiento adecuadas para llevar a cabo una o más operaciones de procesamiento en el tubo (T), una unidad de alimentación del tubo (14) para alimentar el tubo (T) a lo largo de su eje longitudinal (x) hacia el cabezal de trabajo (22) y una unidad de control programable dispuesta para controlar la unidad de alimentación del tubo (14) y el cabezal de trabajo (22),  
 5  
 10 comprendiendo además dicha máquina, posterior a la unidad de alimentación del tubo (14), un sensor óptico (34) dispuesto para medir de forma óptica, mientras que se está procesando el tubo (T), el desplazamiento hacia adelante del tubo (T) a lo largo de su eje longitudinal (x) y/o el desplazamiento rotatorio del tubo (T) alrededor de su eje longitudinal (x), en la que el sensor óptico (34) comprende una fuente de luz (38) para iluminar una porción de superficie (S) del tubo (T), una cámara (40) para adquirir imágenes de esa porción de superficie (S) del tubo (T),  
 15  
 estando dicha máquina caracterizada porque comprende además una unidad de procesamiento digital (42) para determinar en cada instante de tiempo, con base en la comparación de la imagen de dicha porción de superficie (S) del tubo (T) adquirida por la cámara (40) en ese instante de tiempo con una imagen de dicha porción de superficie (S) del tubo (T) adquirida por la cámara (40) en el instante de tiempo precedente, el desplazamiento hacia adelante del tubo (T) a lo largo de su eje longitudinal (x) y/o el desplazamiento rotatorio del tubo (T) alrededor de su eje longitudinal (x).  
 20
2. Máquina según la reivindicación 1, en la que la unidad de control está conectada al sensor óptico (34) para recibir datos del sensor óptico (34) con relación al desplazamiento hacia adelante del tubo (T) a lo largo de su eje longitudinal (x) y/o al desplazamiento rotatorio del tubo (T) alrededor de su eje longitudinal (x) y para controlar, durante el procesamiento, la unidad de alimentación del tubo (14) y el cabezal de trabajo (22) con base en esos datos.  
 25
3. Máquina según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, que además comprende un mecanismo de posicionamiento (36) para mantener al sensor óptico (34) cerca del tubo (T) que se está procesando y alineado con el eje longitudinal (x) de dicho tubo (T).  
 30
4. Máquina según la reivindicación 3, en la que el sensor óptico (34) comprende una caja (44) en la que la fuente de luz (38), la cámara (40) y la unidad de procesamiento digital (42) están acomodadas, teniendo dicha caja (44) una cara delantera (44a), que se orienta de forma operativa al tubo (T) que se está procesando, en cuya cara delantera (44a) está provista una ventana transparente (46) a través de la cual el haz de luz emitido por la fuente de luz (38) pasa y a través de la cual la cámara (40) adquiere imágenes de esa porción de superficie (S) del tubo (T), y en la que el mecanismo de posicionamiento (36) está configurado para mantener dicha cara delantera (44a) de la caja (44) a una distancia fija dada desde la superficie del tubo (T) que se está procesando y en paralelo al eje longitudinal (x) del tubo (T).  
 35  
 40
5. Máquina según la reivindicación 4, en la que el mecanismo de posicionamiento (36) comprende un primer cuerpo (48) sobre el cual está montada la caja (44) del sensor óptico (34), primeros medios de aparatos enrolladores (50) llevados por ese primer cuerpo (48), un segundo cuerpo (54) que se orienta a ese primer cuerpo (48) y móvil con relación a este último en una dirección perpendicular a dicha cara delantera (44a) de la caja (44) del sensor óptico (34), segundos medios de aparatos enrolladores (52) llevados por ese segundo cuerpo (54) y medios del activador (58) interpuestos de forma operativa entre ese primer cuerpo (48) y el segundo cuerpo (54) para impulsar a ese primer cuerpo (48) y segundo cuerpo (54) entre sí a lo largo de dicha dirección perpendicular y para mantener esos primeros y segundos medios de aparatos enrolladores (50, 52) en contacto con la superficie del tubo (T) en lados opuestos del eje longitudinal (x) del tubo (T).  
 45  
 50
6. Máquina según la reivindicación 5, en la que dichos medios de activación (58) comprenden un muelle neumático.  
 55
7. Máquina según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el cabezal de trabajo (22) lleva herramientas de doblado para llevar a cabo operaciones de doblado en el tubo (T).
8. Máquina según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la máquina (100) está dispuesta para trabajar en tubos (T) que se devanan en bobina (C) y además comprende una devanadera (10) para desdevanar la bobina (C) del tubo (T) que se va a procesar y una unidad de enderezado (12) para enderezar el tubo (T) mientras que el tubo (T) se desdevana de la bobina (C), y en la que el sensor óptico (34) está dispuesto posterior a la unidad de enderezado (12).  
 60  
 65

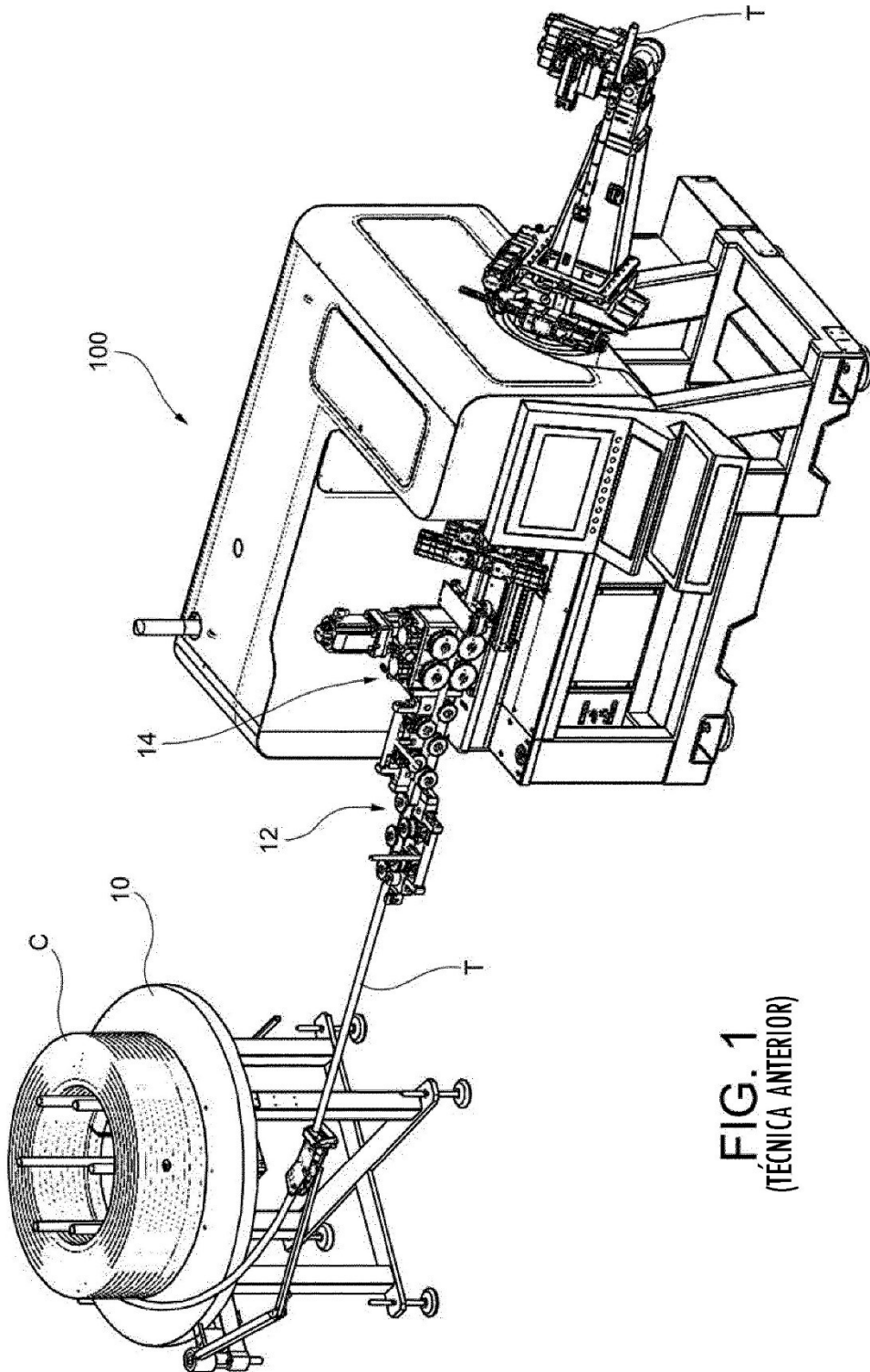


FIG. 1  
(TÉCNICA ANTERIOR)



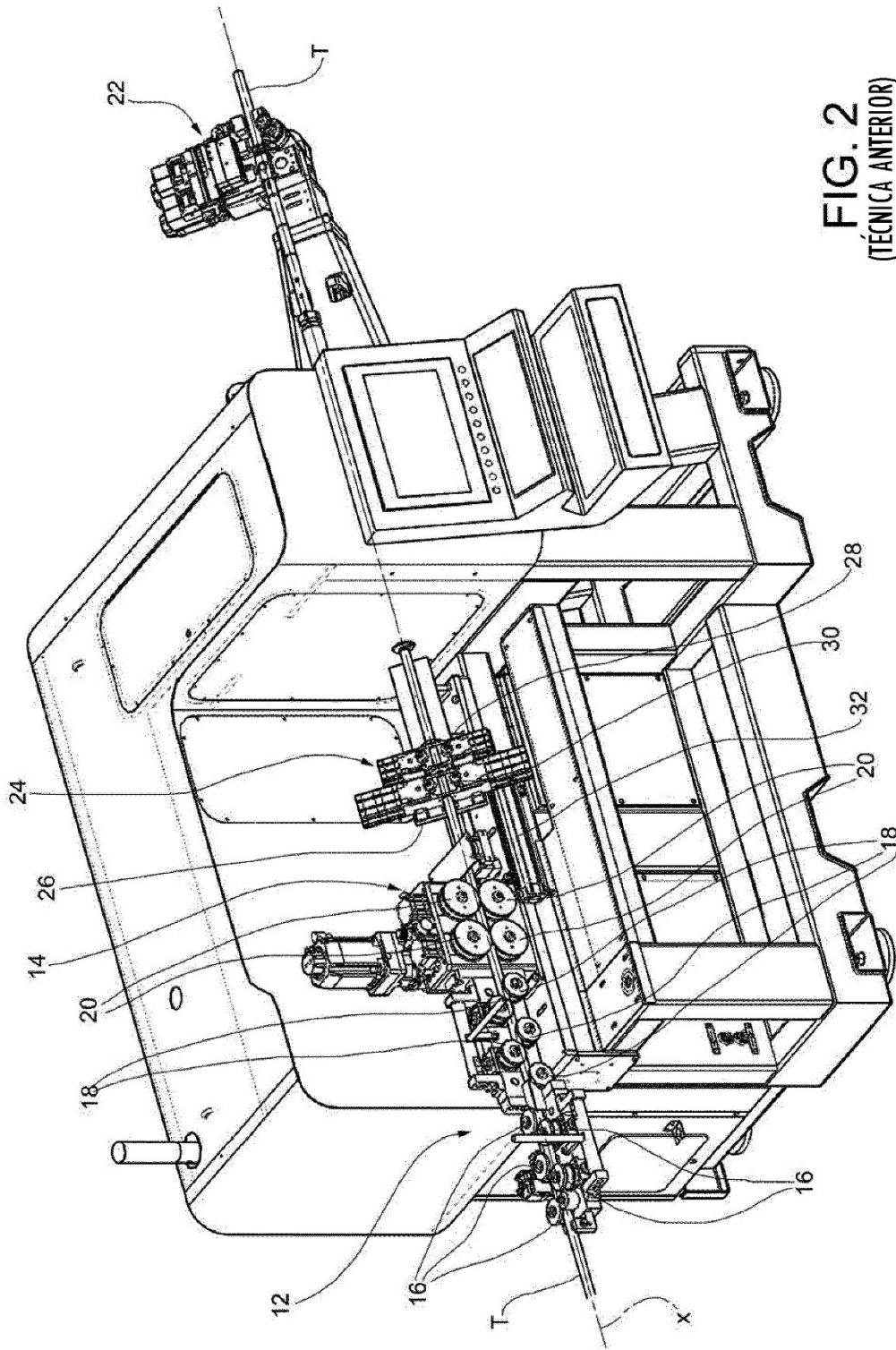
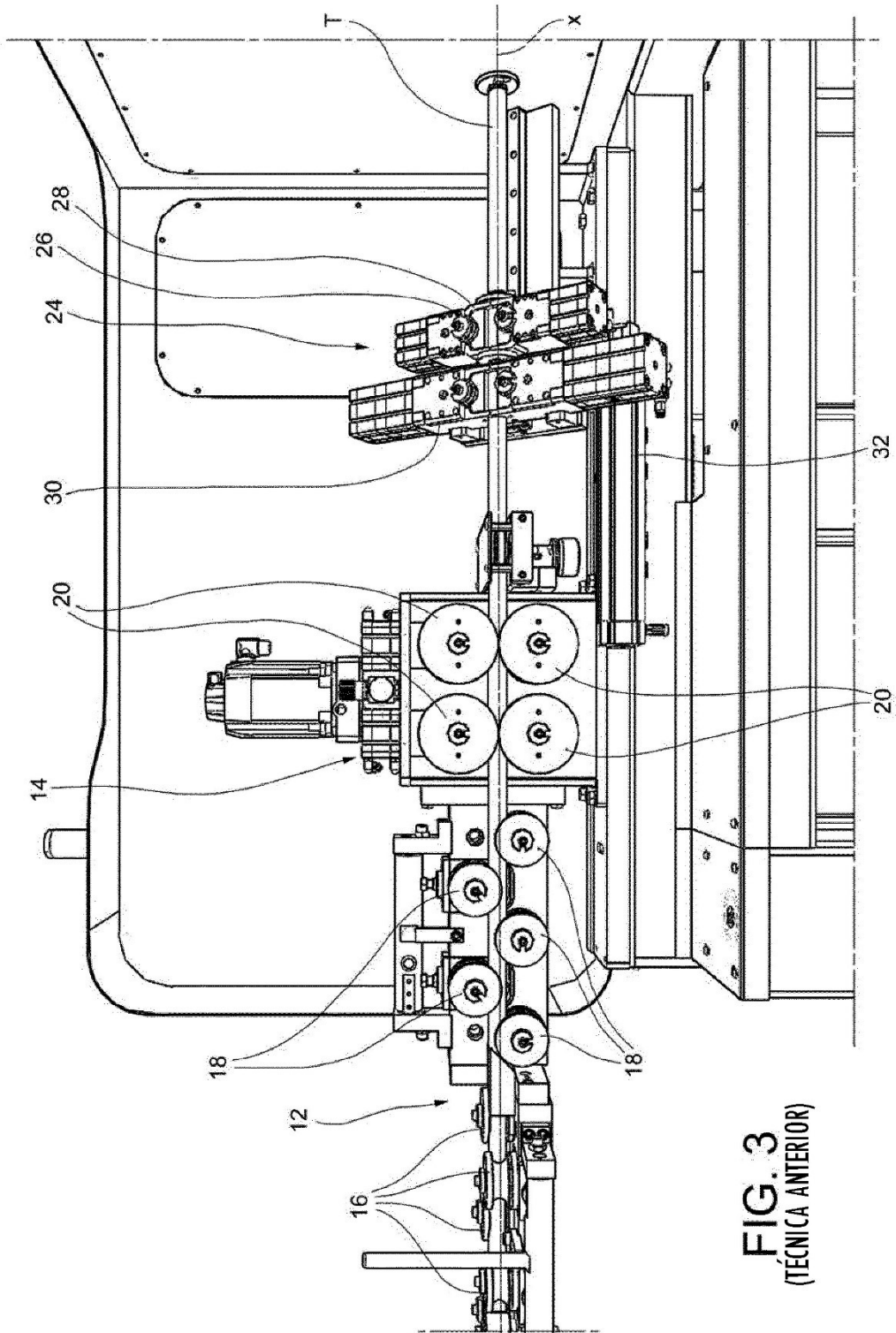


FIG. 2  
(TÉCNICA ANTERIOR)



**FIG. 3**  
(TÉCNICA ANTERIOR)

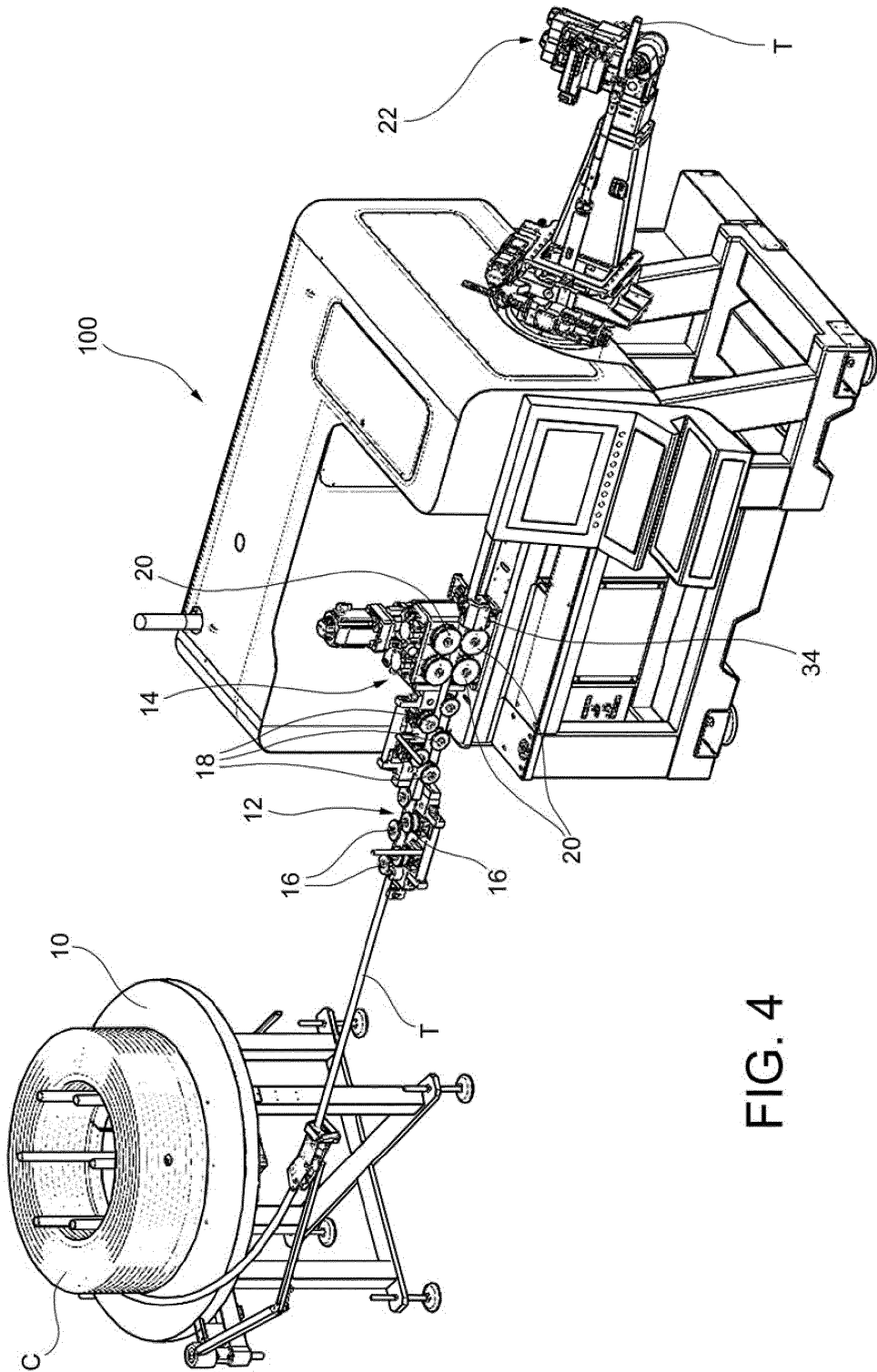


FIG. 4

