

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 534 314**

51 Int. Cl.:

**B21B 23/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2010 E 10730544 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.02.2015 EP 2442923**

54 Título: **Planta de laminación de tubos**

30 Prioridad:

**19.06.2009 IT MI20091085**

**28.01.2010 IT MI20100113**

**19.04.2010 IT MI20100666**

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

**21.04.2015**

73 Titular/es:

**SMS INNSE S.P.A. (100.0%)**

**Via Milano 4**

**20097 San Donato Milanese (MI), IT**

72 Inventor/es:

**MARIN, PAOLO;**

**PALMA, VINCENZO;**

**GHISOLFI, MARCO;**

**ZANELLA, GUIDO EMILIO;**

**GRASSINO, JACOPO y**

**BREGANTE, ALBERTO VITTORIO MARIA**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 534 314 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

Planta de laminación de tubos

5 La presente invención se refiere a una planta para la laminación continua de tubos sin costura, en particular, la laminación continua de tubos sin costura con un diámetro de mediano a grande. La invención se refiere también a un método para realizar dicha laminación.

10 Se conoce la producción de tubos metálicos sin costura por medio de deformación plástica sucesiva de una palanquilla de partida. A modo de una primera etapa, la palanquilla se calienta en un horno a una temperatura de aproximadamente 1220-1280°C. A continuación, la palanquilla se perfora longitudinalmente con el fin de obtener un artículo semiacabado perforado con una pared de espesor y longitud de 1,5 a 4 veces mayor que la de la palanquilla de partida. A continuación, un mandril se introduce en este artículo semiacabado. Este artículo semiacabado se hace pasar después a través de un tren de laminación (denominado a continuación como "tren de laminación principal") capaz de afinar gradualmente la pared por medio de operaciones de reducción de diámetro adecuados y de aumentar la longitud del producto acabado. El tren de laminación comprende, como es bien sabido, una pluralidad de unidades de laminación. Cada unidad comprende una caja sobre la que se montan los rodillos con ranuras perfiladas. Por lo general, los rodillos perfilados son tres y los perfiles de las ranuras de los tres rollos, todos conectados juntos, definen el perfil exterior del tubo liberado por la unidad de laminación.

15 Como se ha mencionado anteriormente, el tren de laminación principal requiere la disposición de un mandril dentro del tubo que se está procesando, capaz de contrastar el empuje radial ejercido por los rodillos durante la laminación. Con el fin de ejercer esta acción contraste, el mandril debe ser extremadamente rígido en la dirección radial. Por otra parte, a fin de garantizar un acabado de alta calidad en la superficie interior del tubo, el mandril debe tener una superficie exterior que sea tan suave como sea posible. Debido a este requisito, sería extremadamente difícil la fabricación de mandriles que constan de diversas partes unidas entre sí. La zona de unión está, de hecho necesariamente caracterizada por una superficie irregular. Por otra parte, esta zona sería demasiado delicada para soportar adecuadamente la presión de laminación radial.

20 Se conoce también utilizar un mandril retenido: el mandril está axialmente limitado y se retiene para avanzar a una velocidad controlada. Esta solución tiene un inconveniente notable. La sección única del mandril de hecho, mientras está siendo frenado, se hace avanzar axialmente a lo largo del tren de laminación y, por lo tanto, se acopla en sucesión, durante condiciones de deformación completas, dentro de todas las estaciones de laminación. Dentro de las estaciones de laminación, el mandril se somete a altas tensiones térmicas y mecánicas debido a la energía de deformación y la fricción producida por el contacto de deslizamiento del material del tubo. El paso a través de más de una estación de laminación provoca, por lo tanto, un aumento significativo en la temperatura del mandril, lo que resulta en la necesidad de proporcionar diversos mandriles que sean idénticos entre sí de manera que cada uno de ellos pueda enfriarse adecuadamente al final de la laminación y lubricarse después para el siguiente ciclo de laminación.

25 Además de esto, hay que considerar que el mandril único se debe fabricar de un material especial de alta calidad con el fin de soportar las tensiones que normalmente surgen durante la laminación.

30 A partir de lo anterior, resultará evidente que se requiere un desembolso considerable en existencias de mandril para poder garantizar el funcionamiento del tren de laminación principal. Corriente abajo del tren de laminación principal, el tubo se extrae del mandril y a continuación se realizan las operaciones de acabado finales a fin de obtener un tubo que es capaz de cumplir con las normas de control de calidad adecuadas.

Los principales parámetros que deben verificarse son el espesor de pared y el diámetro exterior del tubo.

En la actualidad, se conocen dos tipos diferentes de plantas capaces de realizar las operaciones acabado final.

35 Un primer tipo de planta prevé de la disposición, corriente abajo del tren de laminación principal y en serie con el mismo, de un laminador de extracción capaz de extraer el tubo semiacabado del mandril. Este laminador de extracción se compone, por lo general, de tres cajas.

40 Durante las operaciones de procesamiento posteriores ya no es posible modificar directamente el espesor de pared del tubo. Por tanto, es aconsejable, en este tipo de planta, realizar un control del espesor de pared poco después del extractor. De esta manera, si el tubo semiacabado tiene un espesor de pared que es diferente del espesor deseado, es posible realizar el ajuste automático del tren de laminación principal a fin de corregir el espesor a lo largo de las siguientes secciones de tubo.

50 Un laminador de calibración se sitúa, fuera de línea, corriente abajo del extractor y en el punto de control de espesor. Este laminador de calibración comprende una pluralidad de cajas fijas (generalmente 10-12) que son capaces de

definir el diámetro final del tubo para que cumpla con el estándar requerido. Con el fin de obtener un buen resultado en términos de diámetro, es aconsejable garantizar una temperatura uniforme para el tubo dentro de un horno adecuado de forma que se logre también una contracción uniforme del tubo durante el enfriamiento posterior. Durante esta etapa de procesamiento, de hecho, el tubo que sale del tren de laminación principal puede tener diferentes temperaturas a lo largo de las diferentes secciones, en función de las condiciones geométricas del tubo y de factores transitorios durante el proceso. El horno que precede al laminador de calibración debe tener dimensiones tales como para poder alojar internamente todo el tubo de manera que pueda tener una temperatura uniforme de aproximadamente 950°C.

A raíz de la acción del laminador de calibración, el diámetro final del tubo está en conformidad con el estándar deseado. El espesor de pared, sin embargo, puede no cumplir con la norma porque la acción del laminador de calibración modifica de manera incontrolable y, a veces impredecible, el espesor de pared. Corriente abajo del laminador de calibración, una estación para controlar el espesor final del tubo se puede proporcionar también y puede, si es necesario, corregir el espesor del artículo semiacabado corriente arriba, dentro del tren de laminación principal. Está claro, sin embargo, que esta operación de control se realiza en una fase tardía y que las condiciones que causaron una desviación del espesor de la norma requerida pueden haber cambiado de nuevo en el interin, invalidando de este modo la eficacia de la operación de control.

Este primer tipo de planta, aunque ampliamente utilizado, no está exenta de inconvenientes. En primer lugar, el horno dispuesto entre el laminador de extracción y el laminador de calibración representa un desembolso adicional y, dado que debe permanecer constantemente en funcionamiento, genera altos costes de funcionamiento. Además, desde un punto de vista logístico, el laminador de calibración con rodillo fijo requiere grandes existencias de mandril con el fin de poder adaptarse a los diferentes diámetros requeridos, diferentes aceros utilizados y sus características. Finalmente, como se ha mencionado anteriormente, un control del espesor final de la pared del tubo se realiza solo de forma indirecta y es incapaz de asegurar valores de tolerancia pequeños.

Un segundo tipo de planta conocido prevé la disposición, corriente abajo del tren de laminación principal y en serie con el mismo, de un laminador de extracción/calibración. Este laminador de extracción/calibración comprende una pluralidad de cajas de laminación ajustables y es, por tanto, capaz de extraer el tubo del mandril y controlar el diámetro final del tubo. Un control del espesor de pared se realiza justo después del laminador de extracción/calibración. De esta manera, si el tubo final tiene un espesor de pared que es diferente del espesor deseado, es posible realizar el ajuste automático del tren de laminación principal a fin de corregir el espesor a lo largo de las siguientes secciones de tubo.

A pesar de que este tipo de planta es claramente más compacta que la planta descrita anteriormente, hay una serie de inconvenientes que hacen que el uso de la misma no sea particularmente ventajoso.

El laminador de extracción/calibración comprende, de hecho, muchas cajas ajustables (10-12) y, por lo tanto, es una máquina muy compleja y costosa.

Además, un control preciso del diámetro del tubo no se puede realizar en línea. Debe recordarse en efecto que, al final del proceso de laminación, el tubo se mueve a lo largo de la planta a una velocidad de aproximadamente 5-6m/s. Por tanto, es muy difícil implementar un control de retroalimentación que permita la comprobación de los parámetros de tubo y la modificación, en tiempo real, de los trenes de laminación. Esta dificultad aumenta cuando hay variaciones en la temperatura a lo largo del tubo. Estas variaciones de temperatura no se pueden compensar de manera efectiva y resultan en variaciones correspondientes en el diámetro final del tubo.

El documento EP0601932 D1 desvela tanto el primer como el segundo tipo de planta de laminación.

El objeto de la presente invención es, por tanto, superar al menos parcialmente los inconvenientes mencionados anteriormente con referencia a la técnica anterior.

En particular, una tarea de la presente invención es proporcionar una planta de laminación continua que permita un control más efectivo tanto con respecto al diámetro exterior como al espesor de pared del tubo acabado.

Por otra parte, una tarea de la presente invención es proporcionar una planta de laminación continua que requiera un desembolso inicial más pequeño y bajos costes de funcionamiento.

Por último, una tarea de la presente invención es proporcionar una planta de laminación continua que permita una gestión más sencilla desde el punto de vista logístico.

El objeto antes mencionado y las tareas se logran mediante una planta de acuerdo con la reivindicación 1 y mediante un método de acuerdo con la reivindicación 10.

Los rasgos característicos y otras ventajas de la invención se desprenderán de la descripción, proporcionada en lo que sigue, de un número de ejemplos de realización, proporcionados a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

- 5     – La Figura 1 muestra un diagrama de bloques que representa un primer tipo de planta de laminación de acuerdo con la técnica anterior;
- La Figura 2 muestra un diagrama de bloques que representa un segundo tipo de planta de laminación de acuerdo con la técnica anterior;
- La Figura 3 muestra un diagrama de bloques que representa una planta de laminación de acuerdo con la invención;
- 10    – La Figura 4 muestra esquemáticamente el tren de laminación principal continuo utilizado en la planta de acuerdo con la invención.

15     La planta para laminar un tubo sin costura de acuerdo con la invención comprende, de manera conocida *per se*, un tren de laminación principal, en el que la posición radial de los rodillos es ajustable, para laminar con mandril un tubo semiacabado. La planta de acuerdo con la invención comprende, por tanto, un laminador de extracción/reducción con rodillo fijo situado corriente abajo del tren de laminación principal y en serie con el mismo. Este laminador de extracción/reducción está diseñado para extraer el tubo semiacabado del mandril y reducir el diámetro del tubo semiacabado a un valor predeterminado próximo al deseado para el tubo acabado.

20     Por último, la planta de acuerdo con la invención comprende un laminador de calibración del tipo en que la posición radial de los rodillos es ajustable. Este laminador de calibración se posiciona corriente abajo del laminador de extracción/reducción y fuera de línea con respecto al mismo. Con referencia a la planta de laminación, es posible definir específicamente un eje de laminación, que es el eje longitudinal de un tubo que está siendo procesado. Por lo tanto, "Radial" indicará la dirección de media línea recta que es perpendicular al eje y tiene su origen en el mismo.

25     De acuerdo con ciertas realizaciones de la planta de acuerdo con la invención, el tren de laminación principal se caracteriza por que utiliza un mandril lento. En la presente descripción, la expresión "mandril lento" se entiende en el sentido de un mandril que se retiene de manera que ninguna de sus secciones se ve sometida a la acción de dos estaciones de laminación sucesivas. Más particularmente, con referencia también a la Figura 4 adjunta, se obtiene la siguiente ecuación:

$$V_m < d/T_1$$

30     donde  $V_m$  es la velocidad del mandril 32;  $d$  es la distancia interaxial mínima entre dos cajas de laminación sucesivas 34; y  $T_1$  es el tiempo de laminación. También es aplicable la ecuación:

$$T_1 = L_t/V_t$$

donde  $L_t$  es la longitud del tubo 20 y  $V_t$  es la velocidad axial del tubo 20 a lo largo del tren de laminación 30.

35     De lo anterior se puede entender que el mandril 32, necesario para el funcionamiento del tren de laminación principal 30 utilizado en la planta de acuerdo con la invención, puede ser relativamente corto. La longitud mínima requerida será de hecho igual a la distancia interaxial  $D$  global (es decir, la distancia entre la primera y la última estación de laminación) aumentada por el desplazamiento  $S_m$  que el mandril 32 se realiza durante el tiempo de laminación:  $S_m = V_m T_1$ . Las ecuaciones anteriores arrojan también el siguiente valor:  $S_m < d$ .

40     En la realización mostrada esquemáticamente en la Figura 4, el tren de laminación principal 4 se simplifica y comprende solo cuatro cajas. A continuación se hará referencia, en aras de una mayor claridad descriptiva, a esta realización simplificada, pero el experto en la materia podrá comprender inmediatamente cómo los mismos conceptos se pueden aplicar a trenes de laminación con más de 4 cajas.

45     La velocidad del mandril  $V_m$  es extremadamente lenta y esto permite un desplazamiento limitado  $S_m$  del mandril 32. Teniendo en cuenta los valores medios normalmente asumidos por las variables indicadas anteriormente, la longitud mínima del mandril 32, equivalente a  $D + S_m$ , estará entre aproximadamente 5 y 6 metros. Esta longitud permite la fabricación de un mandril 32 a un coste decididamente más bajo que los mandriles retenidos convencionales.

Además, dado que cada sección individual del mandril se ve sometida a la acción de una sola caja de laminación, el calentamiento global del mandril durante el proceso es limitado. De este hecho se deriva la posibilidad de fabricar el mandril utilizando materiales que sean menos costosos que los utilizados para los mandriles más rápidos convencionales, sin ningún tipo de consecuencias negativas como resultado.

- 5 La temperatura inferior del mandril lento al final de la laminación permite también un enfriamiento más rápido. Esto permite una reducción sustancial en el número de especímenes de mandril que se requieren para la producción de un solo tipo de tubo. La reducción en el mandril de como un todo, obviamente, da lugar a considerables ventajas económicas y logísticas.

10 Además, como se puede observar en la Figura 4 adjunta, las tres distancias interaxiales que separan las cuatro cajas de laminación 34 no son todas iguales. La primera distancia interaxial  $d_1$ , que separa la primera caja de la segunda caja, y la tercera distancia interaxial  $d_3$ , que separa la tercera caja de la cuarta caja, son sustancialmente las mismas. Sin embargo, la segunda distancia interaxial, que separa la segunda caja de la tercera caja, es mayor que las otras dos distancias. Una mini caja de soporte 36 para el mandril 32 se sitúa, de hecho, entre la segunda caja de laminación y tercera caja de laminación puesto que de lo contrario el mandril sobresaldría en voladizo a lo largo del tren de laminación 30.

15 Se supone, como en la figura 4, que la segunda distancia interaxial es mayor en una distancia  $j$  que las otras dos; cada una de las secciones del mandril 32, durante todo el proceso de laminación, discurren a lo largo de una sección que tiene como máximo una longitud  $S_m < d$ . En relación con la segunda distancia interaxial es, por tanto, posible identificar una sección del mandril 32 con una longitud al menos igual a  $j$  que no experimente ninguna laminación ya sea por la segunda caja o por la tercera caja. Esta sección de longitud  $j$  está disponible, por tanto, para proporcionar una unión 33 entre dos porciones 32' y 32" del mandril 32. Todavía con referencia al ejemplo considerado anteriormente, las dos porciones 32' y 32" del mandril 32 tendrían cada una longitud de entre aproximadamente 2,5 y 3 metros. Con estas longitudes, es posible simplificar drásticamente la fabricación y la gestión del mandril 32.

20 Por otra parte, mediante el uso de un mandril compuesto, existe la opción de sustituir, en caso necesario, solo la porción gastada. En contraste, cuando se utilizan mandriles no compuestos convencionales, todo el mandril se debe reemplazar incluso si está sujeto a un desgaste local. Por otra parte, cuando se utiliza un mandril compuesto, existe la posibilidad de utilizar materiales de alta calidad solo para las porciones que se ven más sometidas a estrés (por lo general, aquellas porciones que se acoplan dentro de las primeras cajas de laminación) y se utilizar materiales menos costosos para las porciones que están menos sometidas a estrés. Estas posibilidades ofrecidas por el mandril compuesto reducen significativamente los costes de operación del tren de laminación.

25 Con la solución del mandril compuesto lento adoptada en el presente documento es, por tanto, posible proporcionar un tren de laminación principal que es extremadamente competitivo en el mercado.

30 De acuerdo con ciertas realizaciones, la planta de laminación de acuerdo con la invención comprende, corriente abajo del laminador de extracción/reducción, medios para medir el espesor de pared del tubo; en estas realizaciones, el tren de laminación principal es capaz de ajustar la posición radial de los rodillos en función de la medición del espesor de pared del tubo.

35 De acuerdo con ciertas realizaciones, el laminador de calibración comprende medios para medir la temperatura del tubo de entrada y medios para medir el diámetro del tubo de salida. En estas realizaciones, el laminador de calibración es capaz de ajustar la posición radial de los rodillos en función de las mediciones de la temperatura del tubo de entrada y el diámetro del tubo de salida.

40 De acuerdo con ciertas realizaciones, la planta de laminación de acuerdo con la invención comprende, corriente arriba del tren de laminación principal, un horno para calentar una palanquilla y un laminador de perforación capaz de perforar la palanquilla longitudinalmente con el fin de obtener un artículo semiacabado perforado con una pared de espesor y longitud de 1,5 a 4 veces mayor que la de la palanquilla de partida.

45 De acuerdo con una realización, la planta de laminación de acuerdo con la invención comprende, corriente abajo del laminador de calibración, un aparato para enfriar el tubo hasta la temperatura ambiente y una estación de corte capaz de cortar el tubo en longitudes predeterminadas.

50 La planta de acuerdo con la invención es particularmente adecuada para la laminación de tubos sin costura con un diámetro de mediano a grande. Esta última expresión se refiere a diámetros mayores de 168,3 mm (6 5/8 pulgadas) y típicamente se refiere a diámetros de entre 168,3 mm y 508 mm (20 pulgadas).

De acuerdo con la invención, el laminador de extracción/reducción comprende de 8-12 cajas de laminación con rodillo fijo. Este laminador se conoce como un laminador de extracción/reducción, ya que es capaz de extraer el tubo que está siendo procesado desde el mandril y reducir el diámetro del tubo semiacabado a un valor predeterminado

próximo al valor final.

5 Como se ha mencionado anteriormente, corriente abajo del laminador de extracción/reducción, medios para medir el espesor de pared del tubo se proporcionan opcionalmente, siendo estos capaces de ajustar la posición radial de los rodillos del tren de laminación principal. La posibilidad de modificar directamente el espesor de pared del tubo está, de hecho, limitada por el tren de laminación principal que opera con mandril. El siguiente laminador de extracción/reducción en lugar de operar sin mandril y es capaz de modificar directamente el diámetro del tubo. La modificación del diámetro por el laminador de extracción/calibración implica, por medio de un efecto secundario, una variación en el espesor. Esta variación, sin embargo, no se puede determinar de manera precisa.

10 De acuerdo con la invención, el laminador de calibración comprende 2-3 cajas de laminación del tipo con rodillos radialmente ajustables. Estas cajas de laminación con rodillos ajustables pueden, por ejemplo, ser similares a las descritas en la patente EP 0921873 concedida al mismo solicitante. El laminador de calibración es capaz de reducir el diámetro del tubo al valor predeterminado requerido para el tubo acabado.

15 Mediante el empleo de rodillos ajustables en el laminador de calibración, es posible obtener diferentes diámetros finales, para una variación de diámetro de hasta aproximadamente 3,5mm, utilizando el mismo conjunto de rodillos; el desgaste de los rodillos puede compensarse, aumentando su vida útil; y la diferente contracción térmica de los materiales y espesores producidos se pueden controlar. Por lo tanto, para una variación totalmente aceptable, se consigue una importante reducción en las existencias de rodillos suministrados con el tren de laminación. Esta reducción puede estimarse en al menos 30%, con referencia a las existencias generales de rodillos (laminador de extracción/reducción y laminador de tamaño).

20 Como se ha mencionado anteriormente, el laminador de calibración no está dispuesto en serie con las partes de la planta anteriormente descritas. Esto significa que el tubo se puede mover, durante esta etapa de procesamiento, a una velocidad axial que es decididamente más lenta que la que se alcanza al final de las etapas de procesamiento anteriores. Típicamente, al salir del tren de laminación principal, dentro del que se somete a un mayor aumento en la velocidad, el tubo se desplaza a una velocidad de aproximadamente 5-6m/s. La velocidad de laminación óptima para la calibración del diámetro exterior del tubo se ha establecido, en cambio, como estando comprendida en el intervalo entre aproximadamente 1,2m/s y aproximadamente 2,5m/s. De acuerdo con una realización de la planta de acuerdo con la invención, el tubo se desplaza de aproximadamente 1,5 a 2m/s en el laminador de calibración.

25 A estas velocidades de alimentación, el control de la posición radial de los rodillos de calibración puede tomar opcionalmente en consideración, en tiempo real, la medición de la temperatura de las siguientes secciones del tubo de entrada y el diámetro del tubo de salida.

30 La posibilidad de controlar en tiempo real el movimiento de los rodillos en función de la temperatura del tubo significa, por tanto, que las diferencias de temperatura a lo largo de dicho tubo se pueden gestionar. De esta manera, ya no es necesario proporcionar un horno para asegurar una temperatura uniforme del tubo.

35 Con esta planta es posible lograr un acabado óptimo del tubo y obtener, por tanto, el diámetro deseado dentro de tolerancias muy pequeñas.

40 Cabe señalar aquí que, en contraste con lo establecido para el primer tipo de planta de la técnica anterior, la calibración final del diámetro del tubo no tiene sustancialmente ningún efecto sobre el espesor de pared. De hecho, se realiza la calibración, en la planta de acuerdo con la invención, por medio de un pequeño número de cajas de laminación con rodillos ajustables. Por otro lado, en la planta del tipo conocido, la calibración final se realiza por medio de una docena o así de cajas con rodillo fijo.

45 Se debe considerar a este respecto que la tolerancia con respecto al espesor de pared nominal obtenida por medio de la planta de acuerdo con la invención es por lo general 20% mejor que la conseguida en la técnica anterior con el primer tipo de planta. En particular, se puede considerar que la tolerancia para el espesor de acuerdo con la invención está limitada, incluso en los casos más críticos con espesor de pared fino o aceros de alta aleación, dentro de  $\pm 7\%$  ( $3\sigma$ ). Por otra parte, la tolerancia en relación con el espesor nominal obtenido en las plantas conocidas del primer tipo está generalmente en el intervalo de hasta  $\pm 9\%$ . En cuanto a las plantas conocidas del segundo tipo, sin embargo, la tolerancia en relación con el espesor nominal es relativamente pequeña, pero la tolerancia en relación con el diámetro tiene en cambio una muy amplia difusión.

50 Cabe que recordar aquí que los tubos de diámetro grande, especialmente si tienen una pared fina, se ven generalmente sometidos a una ovalización debido a su propio peso. De hecho, en algunas condiciones de temperatura, los materiales metálicos están sujetos a una deformación permanente por fatiga, es decir, un aumento de la deformación bajo tensión constante. Se puede considerar que este fenómeno se produce a temperaturas situadas por encima de la mitad de la temperatura de fusión del material, medida en grados Kelvin. Estas condiciones se presentan para el tubo de reciente construcción en la planta conocida del segundo tipo. De hecho, al

salir del laminador de extracción/calibración con rodillo fijo, el tubo tiene todavía una temperatura bastante elevada de aproximadamente 1000°C.

5 En la planta de acuerdo con la invención, a la salida del laminador de calibración, las temperaturas decididamente inferiores se obtienen para el tubo acabado (aproximadamente 850°C), con una considerable reducción en el fenómeno de ovalización, debido a la deformación permanente por fatiga.

La invención se refiere también a un método para la laminación de tubos sin costura, tubos típicamente de diámetro grande.

El método de laminación de acuerdo con la invención comprende las siguientes etapas:

- 10 – laminar con mandril un artículo semiacabado perforado en un tren de laminación principal con rodillos ajustables hasta obtener un tubo semiacabado;
- extraer el tubo semiacabado del mandril;
- reducir el diámetro del tubo semiacabado a un valor predeterminado; en el que las etapas de extraer el mandril y reducir el diámetro del tubo semiacabado se consiguen por medio de un solo laminador de extracción/reducción con rodillo fijo situado corriente abajo del tren de laminación principal y en serie con el mismo;
- 15 – calibrar el diámetro del tubo a un valor predeterminado; en el que la calibración del diámetro del tubo se obtiene:
  - por medio de un laminador de calibración en el que la posición radial de los rodillos es ajustable;
  - corriente abajo del laminador de extracción/reducción;
  - fuera de línea con respecto al laminador de extracción/reducción.

20 De acuerdo con ciertas realizaciones, el método de laminación de acuerdo con la invención comprende también las etapas de medir el espesor de pared del tubo corriente abajo del laminador de extracción/reducción y, en función de esta medición, ajustar la posición radial de los rodillos del tren de laminación principal.

25 De acuerdo con ciertas realizaciones del método de laminación de acuerdo con la invención, la etapa de calibrar el diámetro del tubo se realiza mediante el ajuste de la posición radial de los rodillos en función de medición de la temperatura del tubo que entra en el laminador de calibración y en función de medición del diámetro del tubo que sale del laminador de calibración.

30 De acuerdo con ciertas realizaciones, el método de laminación de acuerdo con la invención puede comprender otras etapas antes de la etapa de laminar con mandril un artículo semiacabado perforado. En particular, el método de laminación de acuerdo con la invención puede comprender las etapas de calentar una palanquilla en un horno y perforar longitudinalmente la palanquilla a fin de obtener el artículo semiacabado perforado, con una pared de espesor.

De acuerdo con ciertas realizaciones, el método de laminación de acuerdo con la invención puede comprender otras etapas después de la etapa de calibración del diámetro del tubo. En particular, el método de laminación de acuerdo con la invención puede comprender las etapas de enfriar el tubo hasta la temperatura ambiente y cortarlo en longitudes predefinidas.

35 Como se ha mencionado anteriormente, la etapa de calibración del diámetro del tubo no se realiza en serie con las etapas anteriores del método. Esto significa que el tubo se puede mover, durante esta etapa de procesamiento, a una velocidad axial que es decididamente más lenta que la que se alcanza al final de las etapas de procesamiento anteriores. Típicamente, al final de la etapa de laminación con mandril, donde está sujeto al mayor aumento en la velocidad, el tubo se desplaza a una velocidad de aproximadamente 5-6m/s. La velocidad de laminación óptima para la calibración del diámetro exterior del tubo se ha establecido, en cambio, en el intervalo de entre aproximadamente 1,2m/s y aproximadamente 2,5m/s. De acuerdo con una realización del método de acuerdo con la invención, durante la etapa de calibración, el tubo se desplaza a aproximadamente 1,5-2m/s.

45 A estas velocidades de alimentación, el control de la posición radial de los rodillos de calibración es capaz opcionalmente se tomar en consideración, en tiempo real, las mediciones de la temperatura de las siguientes secciones del tubo de entrada y el diámetro del tubo de salida.

La posibilidad de controlar, en tiempo real, el movimiento de los rodillos de calibración dependiendo de la temperatura del tubo también significa que las diferencias de temperatura a lo largo de dicho tubo se pueden gestionar. De esta manera, ya no es necesario proporcionar un horno para asegurar una temperatura uniforme del tubo.

- 5 Con este método es posible lograr un acabado óptimo del tubo y obtener, por tanto, el diámetro deseado dentro de tolerancias muy pequeñas.

10 Cabe señalar que, con la planta de laminación y el método de acuerdo con la invención, es posible obtener, en comparación con la técnica anterior, una mejor distribución de la deformación posterior necesaria para la producción del tubo acabado. En particular, con referencia a la deformación global que se requiere para convertir la palanquilla en el tubo acabado, la planta de laminación y el método de acuerdo con la técnica anterior emplean 60% de la deformación dentro del tren de laminación principal, 10% de la deformación dentro del laminador de extracción, y el 30% de la deformación restante en el laminador de calibración. En contraste, la planta de laminación y el método de acuerdo con la invención emplean 60% de la deformación dentro del tren de laminación principal, 30% de la deformación dentro del laminador de extracción/reducción, y el 10% de la deformación restante en el laminador de calibración. Esta redistribución de la deformación es particularmente conveniente porque aumenta significativamente (de 10% a 30%) la deformación que se produce inmediatamente corriente abajo del tren de laminación principal, donde el tubo está todavía muy caliente. Como será evidente para el experto en la materia, la planta de laminación y el método de acuerdo con la invención superan al menos en parte los inconvenientes descritos con referencia a la técnica anterior.

- 20 Con respecto a las realizaciones de la planta y el método para la laminación de tubos sin costura de diámetro grande de acuerdo con la invención, la persona experta en la materia puede, con el fin de satisfacer requisitos específicos, hacer modificaciones y/o reemplazar elementos descritos con elementos equivalentes, sin apartarse por ello del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Planta para laminar un tubo sin costura, que comprende:
- un tren de laminación principal (30), en el que la posición radial de los rodillos es ajustable, para la laminación con mandril de un tubo semiacabado (20);
- 5
- un laminador de extracción/reducción con rodillo fijo situado corriente abajo del tren de laminación principal (30) y en serie con el mismo, comprendiendo el laminador de extracción/reducción 8-12 cajas de laminación (34) y diseñándose para extraer el tubo semiacabado (20) del mandril (32) y definir el diámetro del tubo semiacabado (20) en un valor predeterminado próximo al del tubo de acabado;
- 10
- un laminador de calibración del tipo en el que la posición radial de los rodillos es ajustable, comprendiendo el laminador de calibración 2-3 cajas de laminación y situándose corriente abajo del laminador de extracción/reducción y fuera de línea con respecto al mismo.
- 15
2. Planta de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además, corriente abajo del laminador de extracción/reducción, medios para medir el espesor de pared del tubo semiacabado (20), estando el tren de laminación principal (30) diseñado para ajustar la posición radial de los rodillos dependiendo de la medición del espesor de pared del tubo que sale del laminador de extracción/reducción.
- 20
3. Planta de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que el laminador de calibración comprende medios para medir la temperatura del tubo de entrada (20) y medios para medir el diámetro del tubo de salida, y está diseñado para ajustar la posición radial de los rodillos en función de la medición de la temperatura del tubo que entra en el laminador de calibración y en función de la medición del diámetro del tubo acabado que sale del laminador de calibración.
- 25
4. Planta de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, corriente arriba del tren de laminación principal (30), un horno para calentar una palanquilla y un laminador de perforación capaz de perforar la palanquilla longitudinalmente.
- 30
5. Planta de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además, corriente abajo del laminador de calibración, un aparato para enfriar el tubo hasta la temperatura ambiente y una estación de corte capaz de cortar el tubo en longitudes predeterminadas.
- 35
6. Planta de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el tubo es un tubo sin costura con un diámetro de mediano a grande, es decir, con un diámetro superior a 168,3 mm (6 5/8 pulgadas).
- 40
7. Planta de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que, en el laminador de extracción/reducción, el tubo se mueve a aproximadamente 5-6 m/s, mientras que en el laminador de calibración el tubo se mueve a aproximadamente de 1,2 a 2,5 m/s.
- 45
8. Planta de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el mandril (32) del tren de laminación principal (30) es retenido de manera que ninguna de sus secciones se ve sometida a la acción de dos estaciones de laminación sucesivas (34).
- 50
9. Planta de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el mandril (32) del tren de laminación principal (30) está compuesto al menos de dos porciones (32', 32'') y en la que la unión (33) entre las dos porciones (32', 32'') no se acopla dentro de ninguna estación de laminación (34) durante la laminación.
- 55
10. Método para la laminación de un tubo sin costura, que comprende las etapas de:
- laminar con mandril un artículo semiacabado perforado en un tren de laminación principal (30) con rodillos ajustables hasta obtener un tubo semiacabado (20);
  - extraer el mandril (32) del tubo semiacabado (20);
  - reducir el diámetro del tubo semiacabado a un valor predeterminado, próximo al deseado para el tubo acabado; en el que las etapas de extraer el mandril y reducir el diámetro del tubo semiacabado se realizan por medio de un laminador de extracción/reducción con rodillo fijo único que comprende 8-12 cajas de laminación y está situado corriente abajo del tren de laminación principal (30) y en serie con el mismo; y
  - calibrar el diámetro del tubo a un valor predeterminado para el tubo acabado; en el que la calibración del diámetro

del tubo se obtiene:

- por medio de un laminador de calibración en el que la posición radial de los rodillos es ajustable y que comprende 2-3 cajas de laminación;

- corriente abajo del laminador de extracción/reducción; y

5 - fuera de línea con respecto al laminador de extracción/reducción.

11. Método de acuerdo con la reivindicación anterior, que comprende además la etapa de medir el espesor de pared del tubo corriente abajo del laminador de extracción/reducción y, en función de esta medición, ajustar la posición radial de los rodillos del tren de laminación principal (30).

10 12. Método de acuerdo con la reivindicación 10 u 11, en el que la etapa de calibrar el diámetro del tubo se realiza mediante el ajuste de la posición radial de los rodillos del laminador de calibración en función de la medición de la temperatura del tubo que entra en el laminador de calibración y en función de la medición del diámetro del tubo que sale del laminador de calibración.

15 13. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, que comprende además, antes de la etapa de laminar con mandril un artículo semiacabado perforado, las etapas de calentar una palanquilla en un horno y perforar la palanquilla longitudinalmente a fin de obtener el artículo semiacabado perforado.

14. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, que comprende además, después de la etapa de calibrar el diámetro del tubo, las etapas de enfriar el tubo hasta la temperatura ambiente y cortarlo en longitudes predeterminadas.

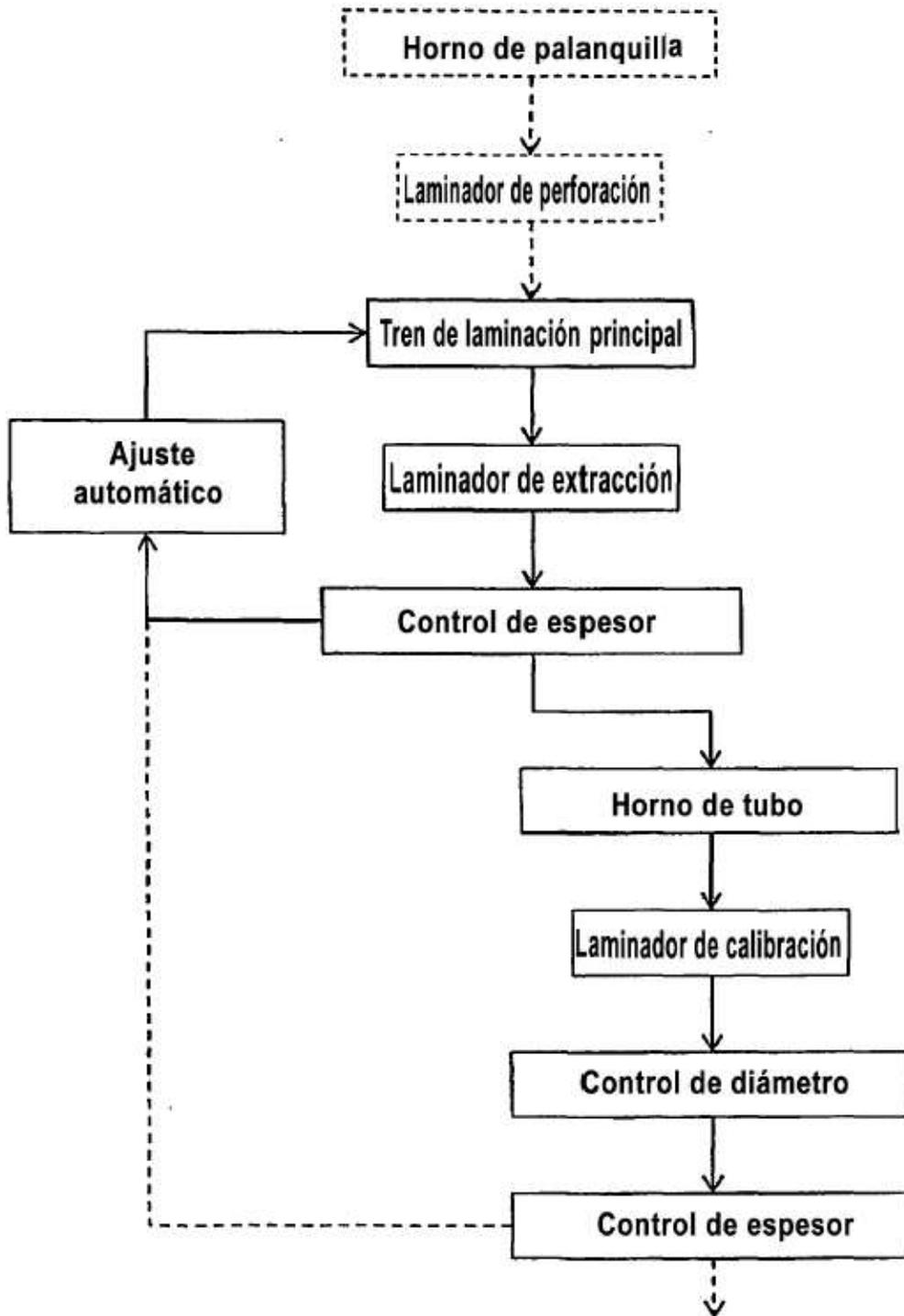


Fig. 1

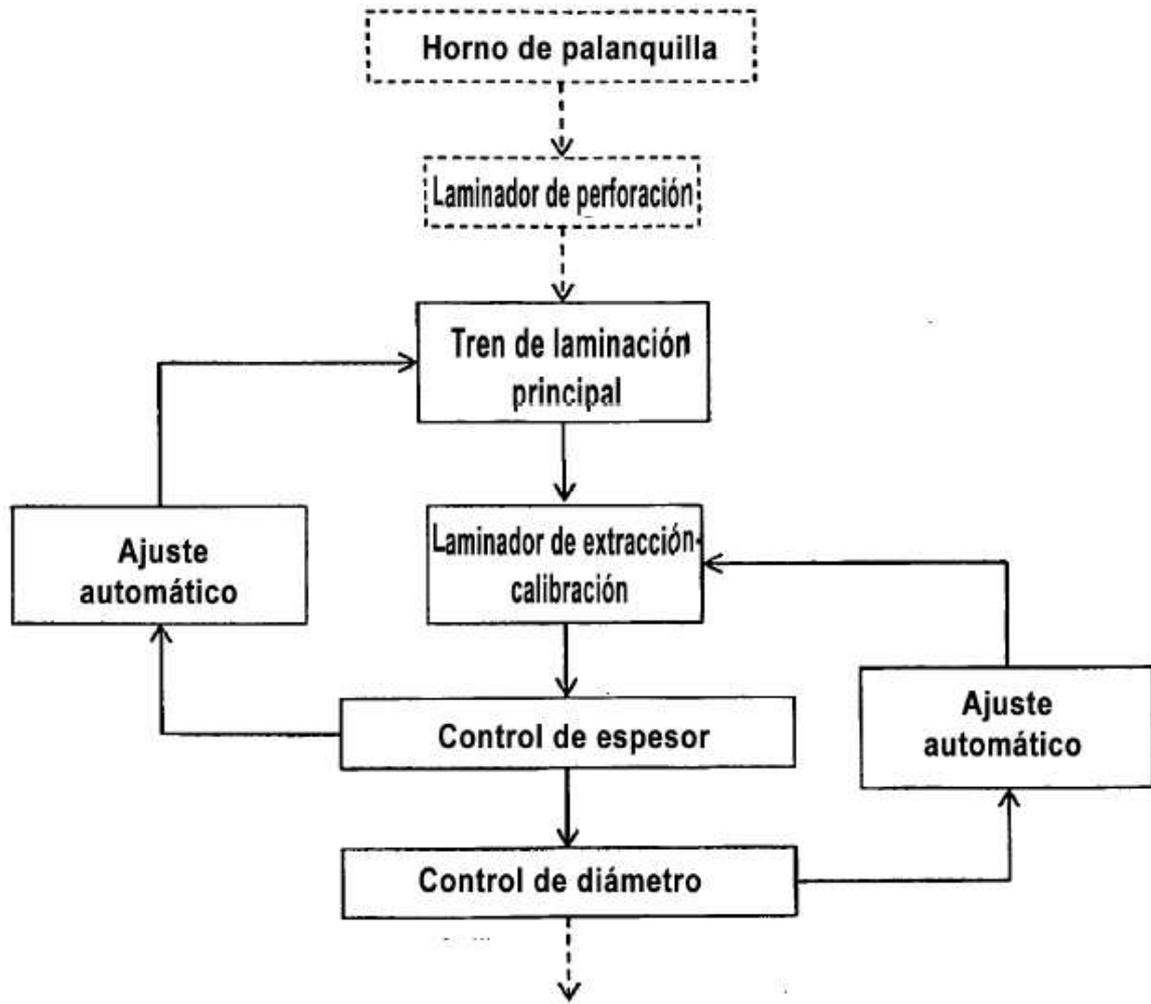


Fig. 2

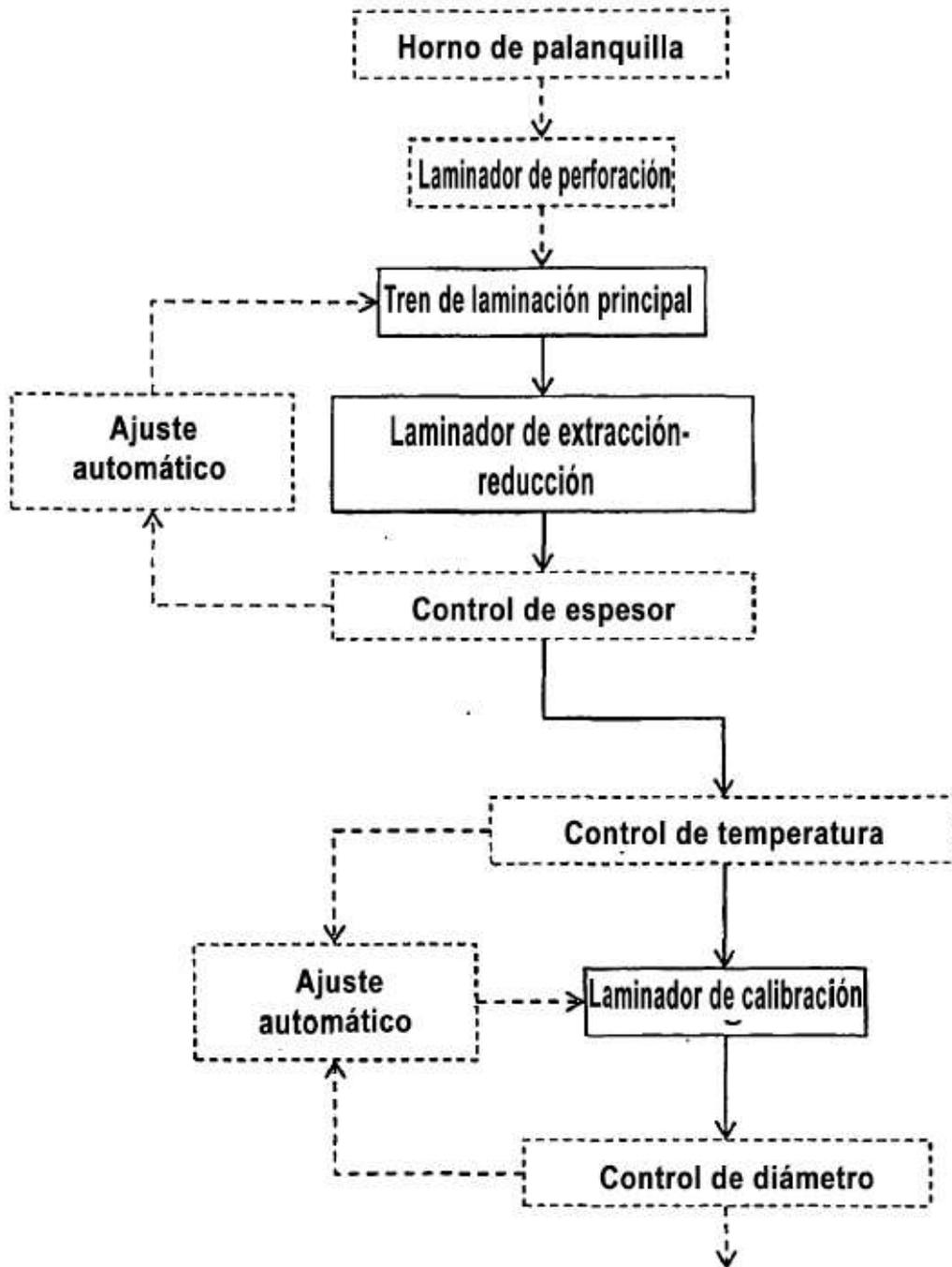


Fig. 3

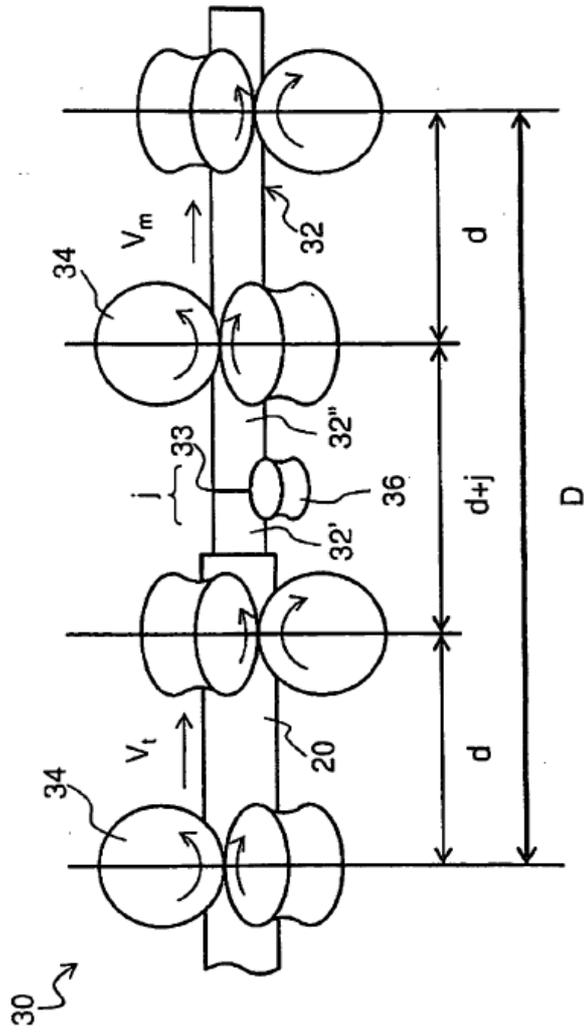


Fig.4