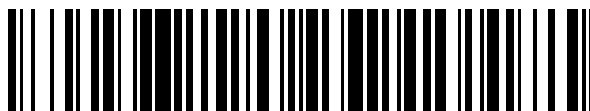


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 756 453**

51 Int. Cl.:

B21B 37/74 (2006.01)

B21B 45/02 (2006.01)

C21D 8/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.07.2014 PCT/EP2014/063955**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.01.2015 WO15000895**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.07.2014 E 14736716 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3016754**

54 Título: **Instalación y procedimiento para laminar en caliente flejes de acero**

30 Prioridad:

03.07.2013 DE 102013107010

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

27.04.2020

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (100.0%)
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg, DE**

72 Inventor/es:

**FISCHER, HERIBERT;
SCHMITT, CASPAR y
ZAUM, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 756 453 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

Instalación y procedimiento para laminar en caliente flejes de acero

5 La invención se refiere a una instalación y un procedimiento para laminar en caliente flejes de acero, véase, por ejemplo, el documento EP 1 038 978 A1. Una instalación de laminación en caliente del tipo que se trata en la presente memoria comprende habitualmente una línea de laminado en caliente con varias cajas de laminación recorridas sucesivamente en la dirección de transporte del fleje de acero que va a laminarse en caliente y un trayecto de enfriamiento para el enfriamiento intensivo del fleje de acero laminado en caliente que sale de la última
10 caja de laminación de la línea de laminado.

Instalaciones y procedimientos del tipo de acuerdo con la invención se utilizan para el laminado del así llamado "palastro", cuyo grosor es de al menos 15 mm. En la fabricación convencional de flejes de acero gruesos de este tipo, el fleje de acero respectivo se lamina de manera reversible en una caja cuarto de manera termomecánica. Este
15 proceso de laminación, sin embargo, dura mucho más tiempo que el laminado en caliente en un tren laminador de fleje en caliente. Por lo tanto se pretende laminar en caliente también flejes de acero gruesos en una instalación de laminación en caliente convencional.

Un reto particular representa la laminación de material plano de acero, que está determinada para la fabricación de tuberías de paredes gruesas, en las que se imponen las más altas exigencias en cuanto a tenacidad e insensibilidad frente a la formación de fisuras. Estas propiedades se evalúan habitualmente mediante los resultados del así
20 llamado ensayo de rotura por caída de peso "Drop Weight Tear Test", abreviado "DWTT". El ensayo DWTT está descrito en las directrices API 5L3 del American Petroleum Institutes 3. Edition, 02/1996, en la ASTM E436, en la norma DIN EN 10274 de 1999 y en la norma Stahl-Eisen-Prüfblatt SEP 1326. En este ensayo una probeta de un peso definido se deja caer desde una altura igualmente definida sobre una muestra de chapa en forma de banda, que en su lado apartado de la probeta de impacto en la zona de la rotura esperada está provista con una muestra a modo de ranura definida y con sus secciones de extremo sobre en cada caso en asiento. A este respecto se exige por regla general que a una temperatura predefinida determinada, por ejemplo -35 °C, en el caso de una rotura creada de este modo de la probeta respectiva, el porcentaje de rotura por deformación en el centro sea de 85 %.

30 Se han realizado ensayos para optimizar la tenacidad de flejes de acero gruesos, que se requieren para la fabricación de oleoductos o gaseoductos, mediante determinadas estrategias de laminado en caliente y enfriamiento. Por ejemplo, en el documento EP 1 038 978 B1 están resumidos distintos ejemplos para estos procedimientos. El procedimiento descrito como nuevo en el propio documento EP 1 038 978 B1 permite la fabricación asequible de fleje laminado en caliente de alta resistencia con excelente tenacidad. Para este propósito, a partir de un acero no aleado o de baja aleación con aditivos de elementos de microaleación se crea un material de partida, como desbastes planos, desbastes delgados o fleje colado, que a continuación recorre una línea de acabado formada a partir de varias cajas de laminación. El material de partida se introduce en la primera caja de laminación de la línea de acabado con una temperatura, que se sitúa en al menos 30 °C por encima de la temperatura de detención de
40 cristalización del acero respectivo. Después se realiza un laminado en caliente continuo del fleje previo para formar un fleje laminado en caliente en una o varias pasadas. El laminado en caliente se lleva a cabo a este respecto en un intervalo de temperatura, que comprende el intervalo de recristalización de la austenita. En dos cajas de laminación a continuación se realiza un enfriamiento del fleje laminado en caliente mediante un equipo de enfriamiento a una temperatura, que está situada al menos 20 °C por debajo de la temperatura de detención de cristalización, siendo la velocidad de enfriamiento del enfriamiento al menos de 10 °C/s. Después, la laminación continúa por debajo de la
45 temperatura de detención de cristalización con un grado de conformación total de al menos 30 % en el intervalo de temperatura por debajo de la temperatura de detención de cristalización, hasta que el fleje laminado en caliente acabado sale de la línea de laminado en caliente.

50 Tal como se expone asimismo en el documento EP 1 038 978 B1, los aceros para la fabricación de tubos de paredes gruesas se componen normalmente de una aleación, en la que además de hierro e impurezas inevitables (en porcentaje en peso están presentes C: ≤ 0,18 %, Si: ≤ 1,5 %, Mn: ≤ 2,5 %, P: 0,005 - 0,1 %, S: ≤ 0,03 %, N: ≤ 0,02 %, Cr: ≤ 0,5 %, Cu: ≤ 0,5 %, Ni: ≤ 0,5 %, Mo: ≤ 0,5 %, Al ≤ 2 %, hasta en total 0,3 % de uno o varios de los elementos B, Nb, Ti, V, Zr y Ca. A estos aceros pertenecen también las calidades de acero conocidas bajo la denominación "X70" y X80.

Las experiencias en la práctica muestran que, a pesar de las medidas comparativamente complejas en cada caso, que son necesarias para el control de la temperatura requerido en el estado de la técnica en cada caso, con los procedimientos conocidos por la práctica, aunque pueden crearse flejes laminados en calientes gruesos con
60 resistencia elevada. estos flejes laminados en caliente sin embargo no cumplen las exigencias impuestas en el ámbito de los oleoductos en cuanto a su tenacidad con la fiabilidad necesaria.

El objetivo de la invención ante este trasfondo consistía en crear, tomando como base una instalación de laminación en caliente convencional una instalación y un procedimiento para la laminación en caliente, con los que puedan crearse flejes laminados en caliente con funcionamiento seguro con un grosor final de más de 15 mm, que estén a la altura de las exigencias más altas en cuanto a su tenacidad.

Con respecto a la instalación de laminación en caliente este objetivo de acuerdo con la invención se ha conseguido diseñando dicha instalación de acuerdo con la reivindicación 1.

5 La solución para el objetivo anteriormente mencionado con respecto al procedimiento consiste, de acuerdo con la invención, en que durante la fabricación de fleje laminado en caliente grueso se recorran las etapas de trabajo indicadas en la reivindicación 9.

10 Las realizaciones ventajosas de la invención se especifican en detalle en las reivindicaciones dependientes y se explican a continuación como el concepto inventivo general.

15 La instalación de acuerdo con la invención para laminar en caliente flejes de acero comprende, por consiguiente, coincidiendo con el estado de la técnica indicado al principio, una línea de laminado en caliente, que presenta varias cajas de laminación recorridas sucesivamente en la dirección de transporte del fleje de acero que va a laminarse en caliente. Normalmente, dicha línea de laminado en caliente comprende de cinco a siete cajas de laminación, que están dispuestas en filas en la dirección de transporte unas detrás de otras y se recorren sucesivamente por en cada caso un fleje de acero que va a laminarse en caliente. Igualmente, en la instalación de acuerdo con la invención, como es habitual en instalaciones de laminado en caliente convencionales, está previsto un trayecto de enfriamiento para el enfriamiento intensivo del fleje de acero laminado en caliente que sale de la última caja de laminación de la línea.

20 De acuerdo con la invención, ahora el trayecto de enfriamiento, visto en la dirección de transporte del fleje de acero que va a laminarse en caliente, no comienza detrás de la última caja de laminación de la línea de laminado en caliente, sino ya antes del final de la línea de laminado en caliente. A este respecto, el comienzo del trayecto de enfriamiento está configurado de modo que el trayecto de enfriamiento comienza inmediatamente a continuación de la última caja de laminación recorrida activamente antes de la entrada en el trayecto de enfriamiento. "Activamente" significa en la presente memoria que en esta caja de laminación todavía tiene lugar una laminación en caliente. "Inactivas" por el contrario son las cajas de laminación, cuyo intersticio entre cilindros se abre a través de una regulación correspondiente de los cilindros de trabajo en tal medida que el fleje laminado en caliente al recorrer la caja de laminación ya no experimenta ninguna deformación. De acuerdo con la invención, por tanto el fleje laminado en caliente al abandonar la última caja de laminación en caliente en la dirección de transporte antes del comienzo del trayecto de enfriamiento, en la que todavía tiene lugar una laminación en caliente, es interceptada por el fluido de refrigeración distribuido por el trayecto de enfriamiento y se enfría de manera acelerada.

35 En el caso de una instalación de acuerdo con la invención para la laminación en caliente, por consiguiente el trayecto de enfriamiento y la línea de laminado en caliente coinciden de tal modo que la línea de laminado en caliente puede estar recortada en al menos una caja de laminación y el trayecto de enfriamiento esté prolongado al menos en el interior de la línea de laminado en tal medida que, en el caso de una inactivación de una o varias de las cajas de laminación recorridas en último lugar, en la dirección de transporte del fleje de acero que va a laminarse en caliente, el enfriamiento puede realizarse directamente detrás de la última caja de laminación, en la que todavía tiene lugar una conformación.

45 El procedimiento de acuerdo con la invención para la fabricación de fleje de acero laminado prevé por consiguiente que se lleve a cabo en una instalación configurada de acuerdo con la invención y, a este respecto, durante el laminado en caliente en el caso de cajas de laminación inactivas el intersticio entre cilindros se abre en tal medida que en esta caja de laminación en la línea de laminado en caliente ya no tiene lugar ninguna deformación del fleje de acero, enfriándose el fleje de acero a continuación de la salida de la última caja de laminación activa al someterse a un fluido de refrigeración de manera acelerada.

50 La invención se basa por tanto en la propuesta de hacer funcionar un tren de laminación de varias cajas convencional de modo que el grosor del fleje de acero no se reduzca en cada una de las cajas de laminación en caliente recorridas por él. En su lugar el fleje de acero solo se deforma en las cajas de laminación activas de la línea de laminado. En las cajas de laminación inactivas el intersticio entre cilindros se abre en tal medida que sus cilindros de trabajo ya no tienen contacto con el producto laminado, en él por lo tanto ya no tiene lugar ninguna conformación. Simultáneamente el comienzo del trayecto de enfriamiento se ha desplazado al interior de la línea de laminado en caliente, de modo que, por ejemplo, en caso de una línea de laminado en caliente con siete cajas de laminación en caliente el enfriamiento acelerado ya puede realizarse directamente después de la quinta caja de laminación y por encima de la penúltima, es decir, la sexta, y última, es decir, la séptima, caja de laminación ya no se realiza más ningún laminado en caliente.

60 Este modo de proceder se basa en el conocimiento de que entonces, cuando deben laminarse en caliente calidades de chapa de tubo con un grosor de más de 15 mm, en cuya tenacidad se imponen los requisitos más altos, en una línea de laminado en caliente, en el que recorren las cajas de laminación en una sucesión continua consecutivamente, solo deberían efectuarse un número limitado de deformaciones en caliente, para, por un lado, mediante las cajas de laminación activadas provocar una deformación suficiente para una buena estabilidad dimensional del fleje. Por otra parte, mediante el número limitado de pasadas de laminación con un enfriamiento que

se utiliza directamente después de la última deformación se consigue desplazar la temperatura de transición de la tenacidad a valores de temperatura más bajos. De este modo, sobre la base de instalaciones de laminado en caliente convencionales, reformadas de manera de acuerdo con la invención pueden crearse flejes de acero para tubos, que no solo presentan una resistencia elevada, como, por ejemplo, las calidades de acero "X70" o "X80", sino también a este respecto poseen además una temperatura de transición baja - 10 °C y menos y requisitos de tenacidad elevados hasta grosores de 25,4 mm.

En la creación de fleje laminado en caliente de acuerdo con la invención con un grosor de más de 18 mm pueden utilizarse preferentemente aceros bainíticos, para conseguir de manera segura las exigencias que van a cumplirse de acuerdo con el ensayo DWTT. Mediante la mejora de las temperaturas de transición a consecuencia del enfriamiento que se inicia de acuerdo con la invención en el menor tiempo posible, después de la última pasada de conformación activa, la zona de aplicación de aceros ferríticos /perlíticos puede ampliarse a grosores mayores.

Frente al enfriamiento convencional después de la última caja de una línea de acabado, mediante el enfriamiento de acuerdo con la invención que alcanza el interior de la línea, que se inicia de manera temprana en el laminado en grosores >15 mm se impide una entrada de oxígeno libre, y acompañada con ello una intensa oxidación posterior de las superficies de fleje.

En el funcionamiento de acuerdo con la invención de una instalación de laminación en caliente, las velocidades de laminado a consecuencia del final temprano de la conformación activa y de los bajos grados de conformación total alcanzados en la laminación en caliente son bajas. Normalmente se sitúan en el intervalo de menos de 3 m/s.

Mediante la prolongación del trayecto de enfriamiento hacia el interior de la línea de acabado se produce además la posibilidad de representar curvas de enfriamiento con tiempos de detención. La configuración de instalación debe estar diseñada únicamente de modo que, por ejemplo, en la laminación en un en una línea de laminado con siete cajas de laminación, de las cuales sin embargo solo están activadas las cinco primeras, el rociado comienza directamente detrás de la quinta, pudiendo ajustarse de forma óptima la cantidad de fluido de enfriamiento distribuida en cada caso delante o. detrás de las cajas de laminación no utilizadas. Unido a un rociado adicional detrás la séptima caja o / y un trayecto de enfriamiento adecuado detrás del compartimento de medición previsto según el estándar en instalaciones de laminado en caliente, del tipo que se trata en la presente memoria, pueden realizarse diferentes tiempos de detención en las curvas de enfriamiento deseadas.

Para este fin, en una instalación de acuerdo con la invención para la laminación en caliente, el trayecto de enfriamiento puede comprender varios grupos de enfriamiento y en la dirección de transporte detrás de la última caja de laminación recorrida antes de la entrada en el trayecto de enfriamiento, y de cada caja de laminación adicional recorrida continuación a esta, puede estar dispuesto en cada caso un grupo de enfriamiento.

El enfriamiento que se realiza después de la última caja de laminación activa no se efectúa mediante enfriamiento laminar convencional, que se conoce por las instalaciones de laminado en caliente convencionales, sino que se utiliza un enfriamiento que se inicia de manera especialmente rápida con una tasa de enfriamiento superior de al menos 80 K/s. Se han acreditado a este respecto en particular tasas de enfriamiento de al menos 130 K/s, siendo en la práctica la tasa de enfriamiento normalmente de hasta 160 K/s. Mediante el enfriamiento rápido previsto de acuerdo con la invención se limita el crecimiento de grano en el fleje de acero laminado en caliente en cada caso y aumenta la tenacidad en frío del material, de modo que este alcanza de manera segura valores de tenacidad máximos a bajas temperaturas y por consiguiente posee las propiedades mecánicas más altas.

Para realizar el enfriamiento intensivo de acuerdo con la invención, pueden utilizarse, por ejemplo, enfriamientos intensivos o unidades de enfriamiento compacto. Estas deberían estar diseñadas de modo que el trayecto de enfriamiento sea capaz de efectuar una distribución de fluido de refrigeración de al menos 1000 m³/h, en particular hasta 1500 m³/h. A este respecto, preferentemente, se enfría tanto desde el lado superior como desde el lado inferior del fleje que va a enfriarse, con el fin de garantizar a lo largo de la sección transversal de fleje un enfriamiento rápido lo más uniforme posible. Después del enfriamiento intensivo respectivo puede rociarse agua que queda sobre el fleje laminado en caliente mediante rociado transversal a alta presión, antes de que el fleje laminado en caliente recorra la siguiente caja de laminación inactiva y seguidamente a esto se inicie un enfriamiento adicional. De este modo se impide que tras la etapa de enfriamiento respectiva haya agua sobre el fleje laminado en caliente y se garantiza que se consiga un enfriamiento gradual, por consiguiente controlado, del fleje laminado en caliente.

Para el enfriamiento acelerado de acuerdo con la invención anticipado a la línea de laminado son adecuados en particular grupos de enfriamiento compacto, que en cada caso distribuyen un chorro de fluido de enfriamiento concentrado en una determinada sección sobre el fleje laminado en caliente respectivo. En cambio, fuera de la línea de laminado los grupos de enfriamiento del trayecto de enfriamiento pueden estar configurados por ejemplo como grupos de enfriamiento intensivo convencionales.

En cuanto al modo controlado intencionadamente, en el cual se lleva a cabo el enfriamiento de acuerdo con la invención, ha resultado ser óptimo en este contexto, cuando la longitud medida en la dirección de transporte del fleje de acero que va a laminarse en caliente, a lo largo de la cual el grupo de enfriamiento dispuesto en la dirección de

transporte en cada caso detrás de una de las cajas de laminación dentro de la línea de laminado aplica fluido de refrigeración en cada caso al fleje de acero, es de como máximo 25 % de la distancia, en la que las cajas de laminación de la línea dispuestas en cada caso adyacentes entre sí están colocadas consecutivamente en la dirección de transporte. En particular, cuando la sección longitudinal, a lo largo de la cual se realiza la aplicación de fluido de refrigeración en cada caso, está limitada al 8 - 15 % de la distancia de los grupos de enfriamiento unos de otros, se producen en la práctica los mejores resultados.

De este modo el enfriamiento entre las cajas de laminación puede efectuarse de modo que, debido a la intensidad enfriamiento en cada caso ya no pueda tener lugar una deformación regulada en la zona austenítica del acero procesado en cada caso. En este aspecto los grupos de enfriamiento previstos de acuerdo con la invención, configurados en particular como grupos de enfriamiento compacto se diferencian de los equipos de enfriamiento, que en trenes de laminado en caliente convencionales se utilizan para el enfriamiento del fleje que va a laminarse en caliente en cada caso entre dos cajas de laminación. Los grupos de enfriamiento utilizados de acuerdo con la invención a partir de la última caja de laminación activa provocan de acuerdo con la invención un enfriamiento de fleje tan intenso que ya no puede realizarse ninguna deformación regulada en la zona austenítica.

Normalmente, en la realización del procedimiento de laminación en caliente de acuerdo con la invención la temperatura inicial de laminado en caliente del fleje de acero se sitúa por encima de 800 °C y por debajo de 1050 °C. La temperatura de salida con la que el fleje de acero al abandonar la última caja de laminación, a través de la cual se lamina en caliente, entra en el trayecto de enfriamiento, se sitúa en cambio normalmente entre 740 °C y 900 °C.

Para acentuar las propiedades de tenacidad deseadas del fleje de acero laminado en caliente de acuerdo con la invención puede ser conveniente, interrumpir el enfriamiento del fleje de acero a una temperatura de detención de enfriamiento, cuando el fleje de acero ha alcanzado una temperatura de detención de enfriamiento situada entre 500 °C y 700 °C. A este respecto, ha resultado ser ventajoso asimismo, en cuanto a la acentuación de las propiedades mecánicas deseadas, cuando el fleje de acero tras alcanzar esta temperatura de detención de enfriamiento se enfría por aire durante 2 - 12 segundos sin enfriamiento activo.

Después del enfriamiento llevado a cabo del modo explicado anteriormente el fleje de acero puede bobinarse a una temperatura de bobinadora, que se sitúa entre 450 °C y 650 °C.

Como producto previo para el laminado en caliente de acuerdo con la invención se consideran en particular desbastes delgados o fleje previo con un grosor, que es de 50 - 100 mm. En cambio, el grosor final del fleje de acero laminado en caliente de acuerdo con la invención normalmente es de más de 15 mm. A este respecto, los ensayos han demostrado que con el procedimiento de acuerdo con la invención pueden laminarse en caliente chapas gruesas en instalaciones de laminado en caliente reformadas de acuerdo con la invención en una sucesión de etapas de trabajo continua, que son de un grosor de hasta 25,4 mm y en el ensayo DWTT también cumplen los más altos requisitos en cuanto a su tenacidad.

El procedimiento de acuerdo con la invención es adecuado para aceros de alta resistencia, microaleados, y aceros de acuerdo con la norma DIN EN 10149. El procedimiento de acuerdo con la invención es especialmente adecuado para el procesamiento de flejes de acero de las calidades bainíticas X60, X65, X70, X80 y otros aceros comparables, que se utilizan habitualmente para la fabricación de palastros. Los aceros especialmente adecuados para el procedimiento de acuerdo con la invención pueden resumirse bajo el reglamento de aleación general (en % en peso) C: ≤ 0,18 %, Si: ≤ 1,5 %, Mn: ≤ 2,5 %, P: 0,005 - 0,01 %, S: ≤ 0,03 %, N: ≤ 0,02 %, Cr: ≤ 0,5 %, Cu: ≤ 0,5 %, Ni: ≤ 0,5 %, Mo: ≤ 0,5 %, Al ≤ 2 %, hasta en total 0,3 % de uno o varios de los elementos B, Nb, Ti, V, Zr y Ca, hierro residual e impurezas inevitables.

Con la invención se facilitan una instalación y un procedimiento, que permiten de manera versátil, fabricar tomando como base una instalación de laminación en caliente convencional fleje de acero laminado en caliente de gran grosor, que no solo posea valores de resistencia elevados, sino que también posea una tenacidad óptima. Los flejes de acero creados de este modo debido a su perfil de propiedad son adecuados en particular para la construcción de oleoductos. A este respecto una instalación de laminación en caliente diseñada de acuerdo con la invención puede utilizarse también para otras tareas de laminación en caliente. Para este propósito únicamente deben desactivarse o hacerse funcionar los grupos de enfriamiento previstos de acuerdo con la invención en la zona coincidente de trayecto de enfriamiento y línea de laminado en caliente de modo que corresponden a las exigencias planteadas en la laminación en caliente convencional en cuanto al enfriamiento.

La invención se explicará con más detalle por medio de ejemplos de realización. Muestran en cada caso esquemáticamente:

la figura 1 una instalación 1 para laminar en caliente flejes de acero S con un grosor final D de más de 15 mm con enfriamiento desde arriba y abajo;

la figura 2 dos cajas de laminación previstas en la instalación 1 en vista lateral;

la figura 3 las dos cajas de laminación de acuerdo con la figura 2 en una vista desde arriba;

la figura 4 un diagrama, en el que para distintas variantes de un enfriamiento del fleje de acero llevado a cabo en la instalación 1 está representada la evolución de temperatura a lo largo del tiempo.

5 La instalación 1 comprende una línea de laminado en caliente 2, que de manera convencional está formado por siete cajas de laminación F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, que están colocadas de forma consecutiva en la dirección de transporte F del fleje de acero S que va a laminarse en caliente en la instalación 1, un camino de rodillos 3, que en la dirección de transporte F sigue a la línea de laminado en caliente 2, un equipo de bobinado 4, que está colocado visto en la dirección de transporte F al final del camino de rodillos 3, un compartimento de medición M, que está dispuesto en la zona del camino de rodillos 3 adyacente al final de la línea de laminado en caliente 2, y un trayecto de enfriamiento 5.

15 El trayecto de enfriamiento 5 está formado por varios grupos de enfriamiento K1, K2, K3 dispuestos en filas unos detrás de otros en la dirección de transporte F, configurados como aparatos de enfriamiento compacto y como unidades de enfriamiento K4, K5, K6 Kn convencionales, configuradas opcionalmente como unidades de enfriamiento laminar, que se alimentan a través de un depósito de reserva de fluido de refrigeración no mostrado en este caso, y su distribución de fluido de refrigeración puede ajustarse en cada caso individualmente. El fluido de refrigeración se aplica en cada caso mediante los respectivos grupos de enfriamiento K1 - Kn desde abajo y desde arriba hacia el lado inferior y lado superior asociado en cada caso del fleje de acero S. Para garantizar la distribución de fluido de refrigeración necesaria, por ejemplo el fluido de refrigeración que fluye hacia los grupos de enfriamiento K1 - K3 puede solicitarse con presión en caso necesario mediante bombas tampoco mostradas en este caso.

25 El primer grupo de enfriamiento K1 del trayecto de enfriamiento 5 en la dirección de transporte F está dispuesto entre la quinta caja de laminación F5 y la sexta caja de laminación F6 y la segunda grupo de enfriamiento K2 del trayecto de enfriamiento 5 está dispuesto entre la sexta caja de laminación F6 y la séptima caja de laminación F7 de la línea 2, de modo que el trayecto de enfriamiento 5 alcanza el interior de la línea 2 y por consiguiente la sección final 6 de la línea 2 y la sección inicial 7 del trayecto de enfriamiento 5 se solapan entre sí. La sección longitudinal a, a lo largo de la cual los grupos de enfriamiento K1, K2 y K3 dispuestos en la línea de laminado en cada caso distribuyen fluido de refrigeración sobre el fleje de acero S, está limitada en cada caso a aproximadamente. 10 % de la distancia A, en la que, tal como está representado en las figuras 2 y 3 mediante las cajas de laminación F5 y F6 dispuestas unas detrás de otras en la dirección de transporte F, están dispuestas en cada caso las cajas de laminación F1 - F7 adyacentes entre sí.

35 Entre el grupo de enfriamiento K1 y K2 dispuesto en la línea de laminado 2 y la caja de laminación F6,F7 colocada la siguiente en cada caso en la dirección de transporte F y detrás del grupo de enfriamiento K3 previsto después de la caja de laminación F7 está previsto en cada caso un equipo de rociado Q1,Q2,Q3, que dirige un chorro de alta presión O orientado en perpendicular a la dirección de transporte F y en la dirección del grupo de refrigeración K1,K2,K3 respectivo al menos hacia el lado superior del fleje de acero S, para expulsar de la superficie en cuestión el fluido de refrigeración allí situado.

45 En principio, es posible de las cajas de laminación F1 - F7 desactivar también cajas de laminación F1 - F7 dispuestas más adelante en la línea de laminado en caliente 2. No obstante, la práctica muestra que en cada caso al menos cinco de las cajas de laminación F1 - F7 deben estar activas, en donde de acuerdo con la invención en cualquier caso después de la última caja de laminación activa en cada caso en la dirección de transporte F, pero como muy tarde después de la última caja de laminación F7 de la línea de laminado en caliente 2 se inicia el enfriamiento compacto intensivo.

50 El grupo de enfriamiento K1 dispuesto entre la quinta caja de laminación F5 y la sexta caja de laminación F6 de línea de laminado en caliente 2 está orientado para, mientras el grupo de enfriamiento K1 esté conectado, dirigir los chorros de líquido de refrigeración disipativo por él, dirigidos en perpendicular hacia arriba hasta la salida de la caja de laminación F5. De igual modo el grupo de enfriamiento K2 dispuesto entre la sexta caja de laminación F6 y la séptima caja de laminación F7 de la línea de laminado en caliente 2 está orientado de modo que los chorros de líquido de refrigeración distribuidos por él, mientras el grupo de enfriamiento K2 esté conectado, lleguen hasta la salida de la caja de laminación F6. Asimismo el grupo de enfriamiento K3 dispuesto en la dirección de transporte F detrás la séptima caja de laminación F7 está orientado de modo que, mientras el grupo de enfriamiento K3 esté conectado, los chorros de líquido de refrigeración distribuidos por él lleguen hasta la caja de laminación F7.

60 En los ejemplos de realización descritos en la presente memoria en cada caso al menos uno de los grupos de enfriamiento K1 - K3 está en funcionamiento. En la zona del grupo de enfriamiento inactivo en cada caso puede tener lugar un enfriamiento de aire. Mediante los grupos de enfriamiento K4 - Kn convencionales, situados en la dirección de transporte F detrás de la línea de laminado en caliente 2, el fleje laminado en caliente se enfría a la temperatura de bobinadora HT exigida en cada caso.

65 El grosor de los desbastes planos de acero procesados en la línea de laminado 2 se sitúa en la práctica normalmente en el intervalo de 180 - 270 mm. En concreto, en los ejemplos de realización descritos en la presente

memoria, de los aceros 1 E1, E2, E3 indicados en la tabla se han creado desbastes planos de 255 mm de grosor, que con una temperatura inicial de laminado en caliente WAT situada normalmente en el intervalo de 800 - 1050 °C se ha introducido en la línea de laminado de laminado en caliente 2 y allí en una sucesión continua se han laminado en caliente en las cinco primeras cajas de laminación F1, F2, F3, F4, F5 para formar en cada caso un fleje de acero S. El grosor D de los flejes de acero S laminados en caliente a partir de los aceros E1, E2, E3 era a este respecto en cada caso de 23 mm o 18 mm. Las temperaturas iniciales de laminación en caliente WAT ajustadas en cada caso concretamente en los ejemplos de realización explicados en la presente memoria están indicadas en la tabla 3. Allí, además para el fleje laminado en caliente procesado en cada caso, generado a partir del acero respectivo E1, E2, E3 están indicadas asimismo la temperatura TAF5 en la salida de la quinta caja de laminación F5, la temperatura WET en la salida del tren de acabado y la temperatura de bobinadora HT.

Los flejes de acero S que salen de la quinta caja de laminación F5 han recorrido asimismo las dos últimas cajas de laminación F6 y F7 de la línea de laminado en caliente 2. Sin embargo, en estas cajas de laminación F6,F7 los cilindros de trabajo se han alejado unos de otros en tal medida que la altura del intersticio entre cilindros limitado por ellos era mayor que el grosor D del fleje de acero S que sale de la quinta caja de laminación F5. En consecuencia, en el caso de los ejemplos de realización explicados en la presente memoria, a través de las últimas cajas de laminación F6 y F7 de la línea 2, vistas en la dirección de transporte F ya no tuvo lugar ninguna deformación del fleje de acero S.

Dado que las cajas de laminación F6 y F7 se desactivaron y por tanto la caja de laminación F5 era la última de las cajas de laminación F1 - F7 en la dirección de transporte F, en la que tuvo lugar una conformación en caliente del fleje de acero S, los grupos de enfriamiento K1 y K2, así como todos los grupos de enfriamiento K3 - Kn siguientes del trayecto de enfriamiento 5 estaban activos. Por consiguiente el fleje de acero S que sale de la última caja de laminación F5 activa en la dirección de transporte F después de su salida del espacio de trabajo A5 se ha interceptado por el chorro de fluido de refrigeración del grupo de enfriamiento K1 y en su camino hacia la siguiente caja de laminación F6 se ha enfriado de manera intensiva, hasta que haya alcanzado la entrada E6 de la caja de laminación F6. Tan pronto como el fleje de acero S haya pasado por el espacio de trabajo A6 de la caja de laminación inactiva F6, ha sido interceptado de igual manera directamente por el chorro de fluido de refrigeración del grupo de enfriamiento K2 y se ha enfriado asimismo de forma intensiva adicionalmente, hasta que haya alcanzado la entrada E7 de la caja de laminación F7 inactiva. Asimismo, directamente entonces, cuando ha pasado por el espacio de trabajo A7 de la caja de laminación F7, el fleje de acero S ha sido interceptado por el chorro de fluido de refrigeración del grupo de enfriamiento K3 y ha salido hacia el camino de rodillos 3, sobre el que mediante los grupos de enfriamiento K4 - Kn adicionales allí dispuestos se ha enfriado de manera acelerada y controlada, hasta que se ha alcanzado una temperatura de detención de enfriamiento de 500 - 700 °C.

Al alcanzar la temperatura de detención de enfriamiento se ha interrumpido el enfriamiento activo y el fleje de acero S sale sobre el camino de rodillos 3, hasta que se haya bobinado con una temperatura de bobinadora de 450 - 650 °C en el equipo de bobinado 4 formando una bobina.

Los grupos de enfriamiento K1 - Kn del trayecto de enfriamiento 5 en el caso de una presión de fluido de enfriamiento de más de 3 bar, en concreto 3,2 bar, y una temperatura de fluido de enfriamiento de menos de 40 °C, en concreto 25 °C, a lo largo del trayecto de enfriamiento 5 han alcanzado una distribución total de hasta 1500 m³/h, en concreto 1400 m³/h, de fluido de refrigeración.

En los ejemplos de realización descritos en la presente memoria se ha empleado agua como fluido de refrigeración. Naturalmente pueden utilizarse también otros fluidos de refrigeración, para alcanzar la velocidad de enfriamiento necesaria.

En la figura 4 en cada caso para una muestra de fleje laminado en caliente fabricado a partir del acero E1, de 23 mm de grosor a lo largo del tiempo t como línea continua T1 está representada la evolución de la temperatura, que se alcanza en el funcionamiento de la instalación 1 de acuerdo con la invención explicado anteriormente.

En comparación, en la figura 4, mediante la línea discontinua T2 se reproduce la evolución de temperatura, que se alcanza en la creación de una muestra de fleje laminado en caliente fabricado a partir del acero E1, de 23 mm de grosor, cuando el enfriamiento ya ha comenzado en la línea de laminado 2 del modo de acuerdo con la invención, sin embargo la tasa de enfriamiento es inferior a 80 K/s.

Por el contrario, en el caso de una instalación de laminación en caliente convencional, equipada con siete cajas de laminación, en la que el fleje laminado en caliente de 23 mm de grosor, que se compone del acero E1 tras abandonar la última caja de laminación activa hasta después del compartimento de medición M se enfría por aire y después mediante un enfriamiento compacto que se utiliza solo después del compartimento de medición M, se alcanza la evolución de temperatura representada en la figura 4 mediante la línea de puntos y rayas T3.

Finalmente mediante la línea T4 de puntos trazada asimismo en la figura 4 está representada la evolución de temperatura, que se alcanza en una instalación de laminación en caliente convencional, que está equipada con siete cajas de laminación y en la que el fleje laminado en caliente después de abandonar la última caja de laminación

activa F5 hasta el compartimento de medición M se enfría por aire y después del compartimento de medición M se enfría mediante un enfriamiento laminar convencional.

5 En el diagrama de acuerdo con la figura 4 adicionalmente para cada evolución de temperatura T1 - T4 la temperatura respectiva TAF5, que presenta el fleje laminado en caliente en la salida de la última caja de laminación activa F5, está simbolizada mediante triángulos rellenos, la temperatura respectiva TAF6, que presenta el fleje laminado en caliente en la salida de la primera caja de laminación inactiva F6, está simbolizada mediante triángulos sin rellenar, la temperatura correspondiente WET, que presentaba el fleje de acero respectivo S al final de la línea 2, está simbolizada mediante un cuadrado y la temperatura de bobinadora respectiva mediante un círculo.

10 Se muestra que solo en el funcionamiento de acuerdo con la invención se ajusta una evolución de temperatura del enfriamiento (línea T1), en el que de forma segura se alcanza la estructura de bainita necesaria para la tenacidad deseada.

15 Cada uno de los flejes de acero S producidos de este modo a partir de los aceros E1, E2 y E3 alcanzó los valores nominales predeterminados para el acero respectivo con respecto a la resistencia (acero E1: Rm al menos 570 MPa, Rt0,5 al menos 485 MPa; acero E2: Rm al menos 570 MPa, Rt0,5 al menos 485 MPa; acero E3: Rm al menos 625 MPa, Rt0,5 al menos 555 MPa).

20 Las temperaturas de transición Tue promedio averiguadas en el ensayo DWTT para los flejes de acero S creados del modo de acuerdo con la invención descrito anteriormente a partir de los aceros E1, E2, E3, en los que se presentaba un porcentaje de rotura por cizallamiento en mate de un promedio de más de 85 %, así como las resistencias a la tracción Rm medidas en cada caso en concreto y límites de estricción Rp0,5 están indicadas en la tabla 2. Por lo tanto cada uno de los flejes de acero S creados de acuerdo con la invención cumplía también las exigencias impuestas en cuanto a su tenacidad.

acero	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Mo	N	Ni	Nb	Ti	V	Sn	B	Ca	Ceq ¹⁾	PCM ²⁾
E1	0,054	0,297	1,528	0,014	0,0013	0,036	0,221	0,026	0,103	0,0054	0,2053	0,0657	0,0191	0,0006	0,005	0,0004	0,0012	0,389	0,165
E2	0,075	0,388	1,633	0,014	0,0014	0,032	0,044	0,023	0,008	0,0063	0,0296	0,0564	0,0044	0,0826	0,0065	0,0004	0,0007	0,378	0,184
E3	0,046	0,290	1,690	0,012	0,001	0,035	0,280	0,040	0,110	0,0054	0,0500	0,0770	0,0130	0,0030	0,0030	0,0005	0,0011	0,412	0,167

Datos en % en peso, Hierro residual e impurezas inevitables

30 ¹⁾Ceq = C + Mn/6 + (Ni + Cu)/15 + (Cr + Mo + V)/5 (de acuerdo con el Instituto Internacional de Soldadura (I.I.W. por sus siglas en inglés))

²⁾PCM = C + Si/30 + (Mn + Cu + Cr)/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B (de acuerdo con ITO y col.: Weldability Formula of High Steels, Related to Heat-Affected Zone Cracking, Sumintomo Search, 1 (1969), H. 5, p. 59-70)

35 Tabla 1

Tabla 2

acero	grosor de fleje de acero [mm]	Tue [°C]	Rp0,5 [MPa]	Rm [MPa]	porcentaje de rotura por cizallamiento en mate [%]
E1	18	-20	530	630	>90
E1	23	0	530	630	>85
E2	18	-10	530	630	>85
E3	18	-20	650	650	>87

Tabla 3

acero	grosor de fleje de acero [mm]	WAT [°C]	TAF5 [°C]	WET [°C]	HT [°C]
E1	18	900	820	730	550
E1	23	880	820	700	550
E2	18	900	820	730	550
E3	18	880	820	730	550

40

Lista de referencias

- 1 instalación para laminar en caliente flejes de acero S
- 2 línea de laminado en caliente
- 3 camino de rodillos
- 4 equipo de bobinado
- 5 trayecto de enfriamiento

ES 2 756 453 T3

6	sección final de la línea 2
7	sección inicial del trayecto de enfriamiento 5
A	distancia entre dos cajas de laminación F1 - F7 dispuestas adyacentes
a	sección longitudinal, a lo largo de la cual los grupos de enfriamiento K1-K3 distribuyen en cada caso fluido de refrigeración sobre el fleje de acero S
A5	espacio de trabajo de la caja de laminación F5
A6	espacio de trabajo de la caja de laminación F6
A7	espacio de trabajo de la caja de laminación F7
D	grosor del fleje de acero S
E6	entrada de la caja de laminación F6
E7	entrada de la caja de laminación F7
F	dirección de transporte fleje de acero S
F1 - F7	cajas de laminación de la línea de laminado en caliente 2
K1 - K3	grupos de enfriamiento en la zona de la línea de laminado en caliente 2
K4 - Kn	grupos de enfriamiento en la dirección de transporte F detrás caseta de medición M
M	compartimento de medición
O	chorro de fluido distribuido por los equipos de rociado Q1,Q2 en cada caso
Q1,Q2,Q3	equipos de rociado
S	fleje de acero
T1-T4	evoluciones de temperatura en el funcionamiento de acuerdo con la invención
T	temperatura en °C
t	tiempo en s

REIVINDICACIONES

1. Instalación para laminar en caliente flejes de acero (S), con una línea de laminado en caliente (2), que comprende varias cajas de laminación (F1 - F7) recorridas sucesivamente en la dirección de transporte (F) del fleje de acero (S) que va a laminarse en caliente, y con un trayecto de enfriamiento (5) para el enfriamiento intensivo del fleje de acero (S) laminado en caliente que sale de la última caja de laminación (F7) de la línea de laminado (2), en la que el comienzo del trayecto de enfriamiento (5), visto en la dirección de transporte (F) del fleje de acero (S) que va a laminarse en caliente, se ha desplazado antes del final de la línea de laminado en caliente (2), comenzando el trayecto de enfriamiento (5) a continuación de la última caja de laminación (F5) recorrida activamente antes de la entrada hacia el trayecto de enfriamiento (5), en la que se realiza en cada caso una laminación en caliente del fleje de acero (S) que va a laminarse en caliente, comprendiendo el trayecto de enfriamiento (5) varios grupos de enfriamiento (K1 - Kn) y por que en la dirección de transporte (F), detrás de la caja de laminación (F5) última recorrida antes de la entrada en el trayecto de enfriamiento (5) y de cada caja de laminación (F6,F7) adicional recorrida a continuación de esta está dispuesto en cada caso un grupo de enfriamiento (K1,K2,K3), **caracterizada por que** el primer grupo de enfriamiento K1 en la dirección de transporte F del trayecto de enfriamiento 5 está dispuesto entre la quinta caja de laminación F5 y la sexta caja de laminación F6, y el segundo grupo de enfriamiento K2 del trayecto de enfriamiento 5 está dispuesto entre la sexta caja de laminación F6 y la séptima caja de laminación F7 de la línea de laminado 2.
2. Instalación según la reivindicación 1, **caracterizada por que** al menos los grupos de enfriamiento (K1 - K3) dispuestos dentro de la línea de laminado (2) están configurados como grupos de enfriamiento compactos.
3. Instalación según la reivindicación 2, **caracterizada por que** la longitud medida en la dirección de transporte (F) del fleje de acero (S) que va a laminarse en caliente, a lo largo de la cual el grupo de enfriamiento (K1, K2, K3) dispuesto en la dirección de transporte (F) detrás de cada una de las cajas de laminación (F5, F6, F7) aplica en cada caso un fluido de refrigeración sobre el fleje de acero, es de como máximo el 25 % de la distancia respectiva (A), en la que las cajas de laminación (F1 - F7) de la línea de laminado (2) dispuestas cada una de ellas adyacentes entre sí están dispuestas consecutivamente en la dirección de transporte (F).
4. Instalación según la reivindicación 3, **caracterizada por que** en la dirección de transporte (F) detrás de al menos uno de los grupos de enfriamiento (K1, K2) dispuestos en cada caso entre dos cajas de laminación (F5, F6; F6, F7) dispuestas adyacentes una a la otra o en la dirección de transporte (F) detrás del grupo de enfriamiento (K3) dispuesto después de la última caja de laminación (F7) está dispuesto un equipo de rociado (8), que dirige un chorro de líquido (Q) hacia el fleje de acero (S), para eliminar fluido de refrigeración situado sobre el fleje de acero (S) antes de la entrada en la caja de laminación (F6,F7) recorrida en siguiente lugar.
5. Instalación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** los grupos de enfriamiento (K4 - Kn) dispuestos fuera de la línea de laminado (2) están configurados como grupos de enfriamiento intensivo.
6. Instalación según una de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizada por que** los grupos de enfriamiento (K1 - Kn) del trayecto de enfriamiento (5) pueden regularse de manera separada unos de otros.
7. Instalación según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** el trayecto de enfriamiento (5) presenta una distribución de fluido de refrigeración de en total al menos 1000 m³/h.
8. Procedimiento para laminar en caliente flejes de acero para la fabricación de tubos de paredes gruesas, **caracterizado por que**, se lleva a cabo en una instalación (1) configurada de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7 y **por que** durante el laminado en caliente en el caso de la última caja de laminación (F6, F7) vista en la dirección de transporte (F) el espacio de trabajo (A6,A7) se abre hasta que a partir de esta caja de laminación (F6, F7) en la línea de laminado en caliente (2) ya no tenga lugar ninguna deformación del fleje de acero (S), y **por que** el fleje de acero (S), a continuación de la salida de la caja de laminación (F5, F6) recorrida antes de la primera caja de laminación (F6,F7) abierta en cada caso, se enfría de forma acelerada mediante la aplicación de un fluido de refrigeración con una tasa de enfriamiento de al menos 80 K/s.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado por que** el grosor final (D) del fleje de acero (S) en la salida de la línea de laminado en caliente (2) es de al menos 15 mm.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado por que** la velocidad final de laminado en caliente es de menos de 3 m/s.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado por que** la temperatura inicial de laminado en caliente del fleje de acero (S) es de más de 800 °C y de menos de 1050 °C.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado por que** la temperatura de salida, con la que el fleje de acero (S) al abandonar la última caja de laminación (F5), a través de la cual se lamina en caliente, entra en el trayecto de enfriamiento (5), se encuentra entre 740 °C y 900 °C.

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizado por que** el enfriamiento del fleje de acero (S) se interrumpe a una temperatura de detención de enfriamiento, que se encuentra entre 500 °C y 700 °C.
- 5 14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado por que** el fleje de acero (2) al alcanzar la temperatura de detención de enfriamiento se mantiene durante 2 - 12 segundos en la temperatura respectiva.
15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 14, **caracterizado por que** el fleje de acero (S) se bobina a una temperatura de bobinadora que se encuentra entre 450 °C y 650 °C.
- 10 16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 15, **caracterizado por que** el grosor (D) del fleje de acero (S) en su entrada en la línea de laminado en caliente es de 50 - 100 mm y al abandonar la línea de laminado en caliente es de >15 - 25,5 mm.
- 15 17. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 16, **caracterizado por que** el fleje de acero (S) está fabricado de un acero, que además de hierro e impurezas inevitables (en porcentaje en peso) se compone de C: ≤ 0,18 %, Si: ≤ 1,5 %, Mn: ≤ 2,5 %, P: 0,005 - 0,1 %, S: ≤ 0,03 %, N: ≤ 0,02 %, Cr: ≤ 0,5 %, Cu: ≤ 0,5 %, Ni: ≤ 0,5 %, Mo: ≤ 0,5 %, Al ≤ 2 %, hasta en total 0,3 % de uno o varios de los elementos B, Nb, Ti, V, Zr, Ca.

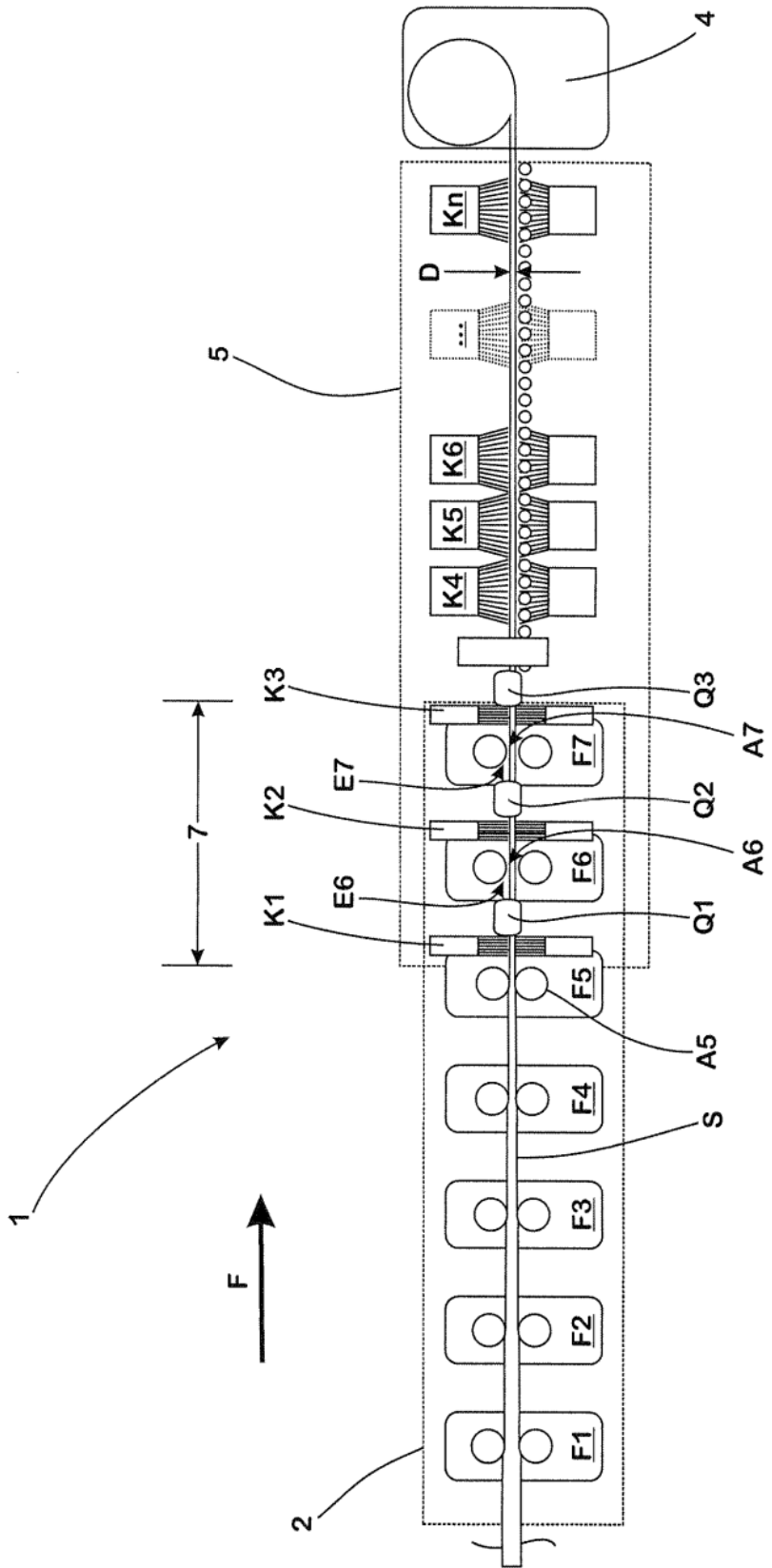


Fig. 1

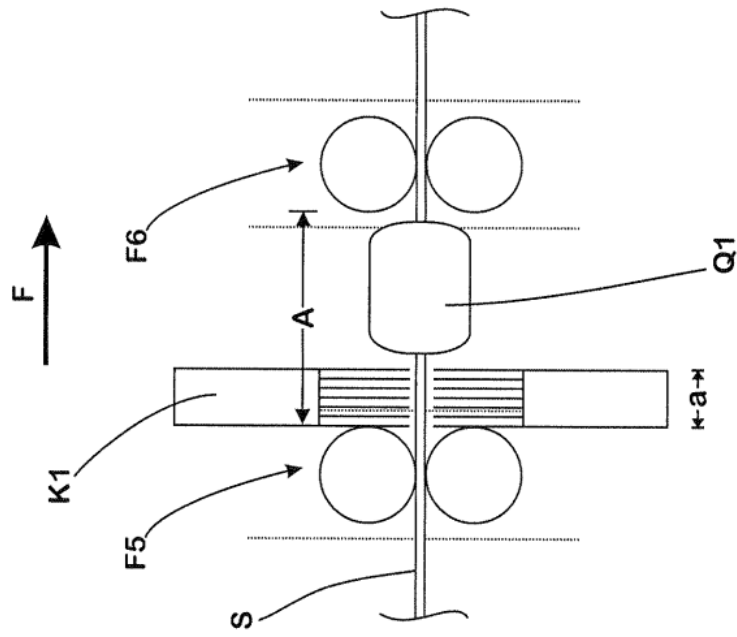


Fig. 2

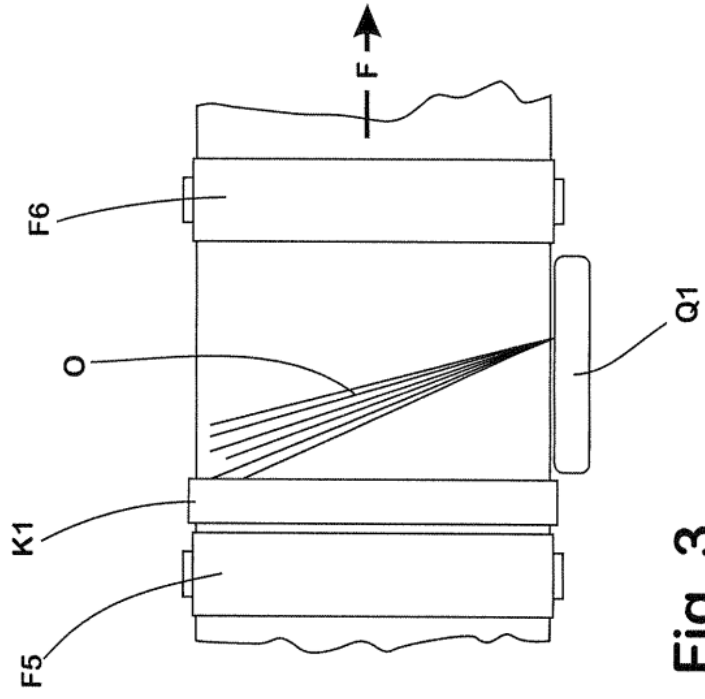


Fig. 3

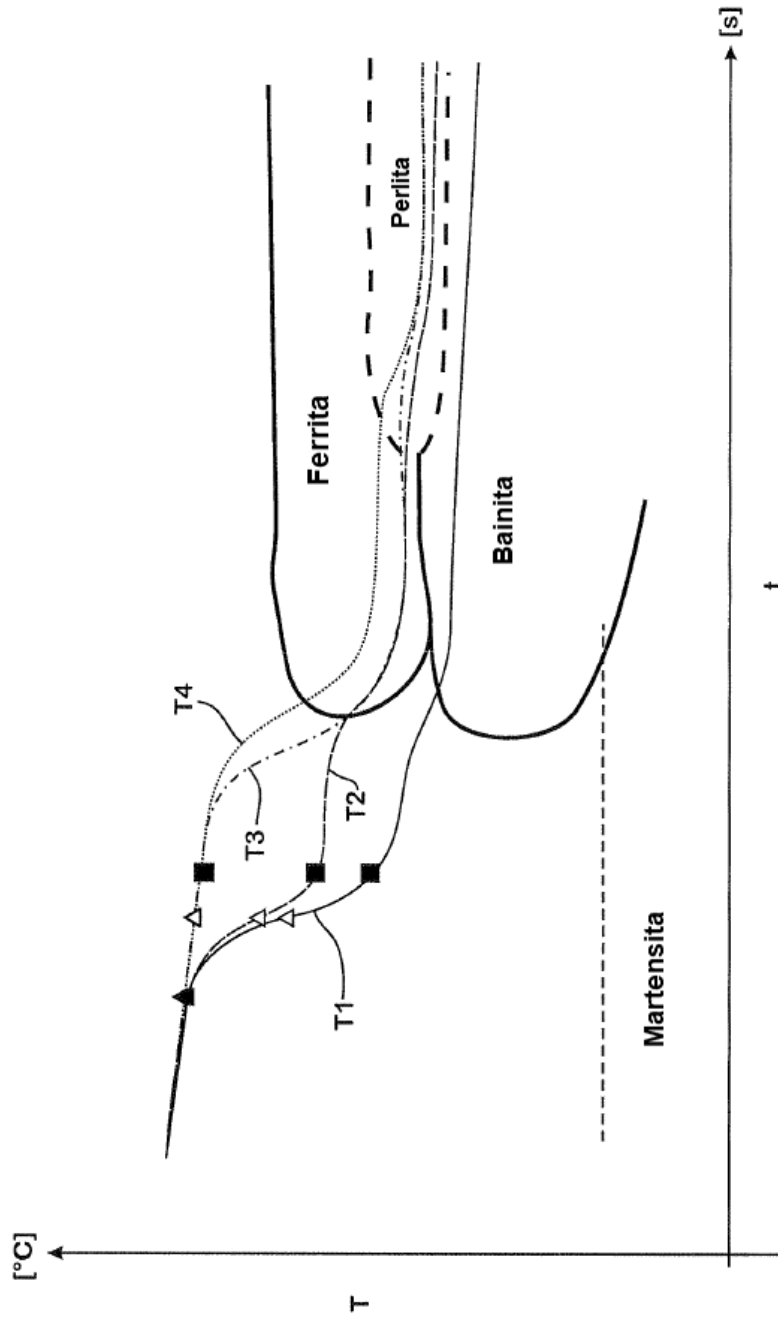


Fig. 4