

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 030**

51 Int. Cl.:

B21B 37/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2015** **E 15169819 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017** **EP 3097992**

54 Título: **Procedimiento para la laminación de una banda de metal con escalones**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.09.2017

73 Titular/es:

GIEBEL KALTWALZWERK GMBH (100.0%)
Im Ostfeld 1
58642 Iserlohn, DE

72 Inventor/es:

SCHARFENORTH, STEPHAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 633 030 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

Procedimiento para la laminación de una banda de metal con escalones

La invención de refiere a un procedimiento para la laminación de una banda de metal con escalones, según el preámbulo de la reivindicación 1.

5 La laminación en escalones es conocida ya de la práctica como un procedimiento para la fabricación de bandas de metal, conocido también como "laminación flexible". Este procedimiento posibilita la fabricación de bandas de metal que presentan distintos espesores de banda a lo largo de su longitud. Para ello se desplaza de forma dirigida, durante el proceso de laminación, la abertura entre cilindros formada entre un primer cilindro de trabajo y un
 10 segundo cilindro de trabajo. Así pueden laminarse secciones de diferente longitud, o bien variables a discreción, de la banda de metal conducida a través de la abertura entre cilindros, con distintos espesores de banda. A través de ello se originan, distribuidas a lo largo de la longitud de la banda de metal, secciones de banda con espesor mayor y secciones de banda con menos espesor. Además, estas secciones de banda de distintos espesores pueden estar unidas entre sí a través de diferentes pendientes, es decir, de secciones de transición.

15 Con el procedimiento de la laminación en escalones pueden fabricarse productos laminados con formas de sección transversal con carga y peso optimizados. Está dimensionado normalmente como laminar bandas con un dispositivo de bobinado de salida y un dispositivo de devanado de bobina a bobina. En general es también conocido que las tensiones de banda transmitidas a través de la bobinadora apoyan al proceso de laminación, y mejoran la planitud, o bien la alineación de la banda de metal fabricada. Del documento EP 1 908 534 A1 se conoce un procedimiento de laminación en escalones en el que se compensan las modificaciones de flujo de masa y los cambios de las
 20 tensiones de banda mediante regulaciones de accionamiento de los accionamientos de la bobinadora, y mediante parejas de rodillos S adicionales, a fin de evitar interferencias en el proceso de bobinado, y asegurar una tensión en la bobina, o bien una tensión en el bobinado uniformes.

25 De especial relevancia es que, al contrario que en la laminación convencional de bandas, en la laminación en escalones aparecen variaciones cada vez mayores de la fuerza de laminación durante el proceso de laminación, debidas a las variaciones de espesor de la banda de metal. No obstante, aunque se alcanza la modificación del espesor de la banda, esto tiene como consecuencia que aparecen considerables variaciones en la carga de los cilindros y de las cajas del tren de laminación, y con ello deformaciones elásticas asociadas. A través de esto se originan variaciones no deseadas en la abertura entre los cilindros y en la geometría de la banda, a través de lo cual se influye negativamente sobre la planitud de la banda laminada. Así, las variaciones de la fuerza de laminación
 30 durante el proceso de laminación conducen a deformaciones elásticas de todos los cilindros, como por ejemplo aplanamiento de los cilindros, flexión de los cilindros y empotrado en los mismos. Esto tiene como consecuencia una variación del perfil de la banda, lo cual conduce, en el caso de irregularidades, a errores de planitud. Hasta ahora se intenta, como publica el documento EP 1 074 317 B1, reducir esos efectos mediante una corrección de las líneas elásticas de los cilindros de trabajo. Sin una corrección de ese tipo, en el proceso de laminación descrito, se produciría un perfil no plano de la banda de metal, característico de esa alteración de carga.

35 Se forman ondulaciones de la banda de metal, como por ejemplo ondulaciones de los bordes u ondulaciones en el centro, dado que la variación específica de altura, y en consecuencia la variación específica de longitud, no son constantes sobre la anchura del material a laminar. A través de ello resultan espesores distintos sobre la anchura de la banda de metal, los cuales conducen a longitudes distintas dentro de la banda de metal, y con ello ocasionan los errores de banda mencionados.

Especialmente, la planitud de la banda de metal es decisiva para su tratamiento correcto subsiguiente, dado que solamente en el caso de una planitud buena o suficiente existen comportamientos homogéneos o iguales sobre toda la anchura de la banda de metal.

45 En un proceso convencional de laminación de banda, para la fabricación de bandas planas sencillas de metal con el espesor constante sobre su longitud, se vigila también en bucles de control, junto al espesor de banda, la planitud, y se regula en caso de desviaciones. Un inconveniente en una regulación de ese tipo es que para ello es necesario un tiempo de reacción y un tiempo de regulación hasta que una regulación así reaccione, y el efecto de una desviación se regule mediante el efecto de una corrección.

50 Especialmente para la laminación en escalones se plantea el problema de la reacción a la regulación, y el tiempo de regulación necesario hasta la corrección juega un papel importante. Se muestra como especialmente desventajoso el que los tiempos de regulación se acortan especialmente en el caso de transiciones cortas entre los escalones, y con velocidades de banda elevadas. Esto conduce a limitaciones geométricas de posibles bandas escalonadas, es decir, que no todas las transiciones deseadas de un espesor de banda a otro espesor de banda son realizables con la técnica de la laminación.

55 En el procedimiento conocido del estado de la técnica puede darse un problema. Así, la modificación de la abertura entre los cilindros en la laminación en escalones conduce a una fuerte modificación de la fuerza de laminación, y una regulación para la corrección de las modificaciones en la banda de metal, que resultan de ella, no es apropiada para

el cambio rápido del espesor de la banda en la laminación en escalones, debido a los tiempos de reacción y de regulación.

Ese problema se resuelve, según la invención, mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1.

5 Las ventajas que pueden conseguirse con la invención resultan de que la fuerza de laminación aplicada por los cilindros de trabajo durante el proceso de laminación se mantenga constante. A través de esto se evitan de forma sencilla los efectos negativos, como los errores dependientes de la fuerza de laminación, por ejemplo los defectos de planitud. Para alcanzar una fuerza de laminación constante han de adaptarse los otros parámetros del proceso, de forma que la fuerza de laminación no se modifique aunque varíe el cierre de los cilindros, es decir, que permanezca constante o casi constante. Para ello es especialmente adecuado el control de una tensión de banda aplicada sobre la banda de metal. Un control de la tensión de banda de ese tipo debería tener lugar de forma tan encauzada que la fuerza de laminación aplicada por los cilindros de trabajo sobre la banda de metal sea constante durante el proceso de laminación. Con la modificación encauzada de las tensiones de banda puede conseguirse que la fuerza de laminación se mueva en un nivel constante durante la modificación del cierre de los cilindros. En la laminación en escalones se ha demostrado que los inconvenientes asociados a una regulación, como el tiempo de reacción y el tiempo de regulación, son inadecuados para establecer satisfactoriamente las transiciones cortas definidas y los radios pequeños, recurrentes a discreción y con perfiles variables. Por ese motivo es ventajoso cuando las tensiones de banda son ajustadas y controladas en valores que se pueden predeterminar, y cuando la adaptación entre dos valores predeterminados tiene lugar asimismo de forma controlada. Una adaptación controlada de ese tipo de la tensión de banda posibilita compensar todos los efectos que influyen sobre la fuerza de laminación, como el aplanamiento de los cilindros, la flexión y el empotrado de la banda, y garantizar condiciones constantes para el proceso de laminación. Con una fuerza de laminación constante pueden limitarse de una forma muy sencilla y efectiva los errores dependientes de la variación de la fuerza de laminación, ya que las deformaciones elásticas de los cilindros permanecen iguales con una fuerza de laminación constante.

25 En una forma de ejecución de la invención está previsto que la fuerza constante de laminación solamente se modifique durante el proceso de laminación en la medida en que durante el proceso de laminación la deformación elástica de los cilindros de trabajo, como el aplanamiento de los cilindros, la flexión de los cilindros y el empotrado de la banda en los cilindros, sea constante o casi constante. A través de esto pueden limitarse de forma muy sencilla y efectiva los errores dependientes de la variación de la fuerza de laminación. Para ello se consideran las características de los cilindros de laminación durante la variación de la fuerza de laminación de tal manera que durante el proceso de laminación no tenga lugar ninguna variación de la deformación elástica digna de mención.

Una forma especial de ejecución de la invención prevé que se controle una tensión de avance de banda, aplicada por el dispositivo de bobinado, o bien una tensión de retroceso de banda, aplicada por la desbobinadora, durante el proceso de laminación. Además, es posible controlar tanto la tensión de avance de banda como también la tensión de retroceso de banda. El control de las tensiones de banda es una posibilidad adecuada para mantener constante de fuerza de laminación, incluso cuando se modifica la abertura entre cilindros formada entre los cilindros de trabajo.

40 Como una ejecución especialmente ventajosa se reconoció que, a través de un control encauzado de la tensión en la banda, es decir, una modificación encauzada de la tensión de avance de banda, o bien de la tensión de retroceso de banda, o bien una modificación encauzada de ambas tensiones, y un control encauzado de la velocidad de giro y de la velocidad de regulación de los cilindros de trabajo, y preferentemente una modificación de todos esos parámetros al mismo tiempo, se influye sobre la geometría de las transiciones, especialmente sobre su pendiente y sobre los radios de las zonas de transición entre los espesores de banda modificados escalonadamente de la banda de metal. A través de esto es posible una extensión de las geometrías que pueden alcanzarse mediante la laminación en escalones. Además, mediante la modificación de las geometrías pueden reducirse las modificaciones de la fuerza de laminación originadas, y los errores asociados a las mismas de la geometría de la banda, del perfil y de la planitud. Esto es de especial importancia, ya que en la laminación con escalones aparecen fácilmente picos de fuerza de laminación, las cuales repercuten negativamente sobre la estabilidad del proceso de laminación. En este contexto, como especialmente críticas se identificaron zonas de transición que se sitúan entre una pendiente negativa, la cual se configura mediante una reducción de la abertura entre cilindros, y una superficie siguiente más plana. En esas zonas de transición, sin otras medidas, la fuerza de laminación se eleva muy fuertemente, lo cual conduce a los problemas ya descritos.

55 Otra forma de ejecución de la invención prevé que, para la reducción del espesor de la banda, se reduzca la abertura entre cilindros, y se incrementen la tensión de avance de banda y la tensión de retroceso de banda, para la obtención de una fuerza constante de laminación. Sin el incremento de esas tensiones de la banda, una reducción de la abertura entre cilindros conduce regularmente a un incremento de la fuerza de laminación, a través de lo cual aparecen los problemas descritos anteriormente para el proceso de laminación. Especialmente ventajoso es el control simultáneo de las tensiones de la banda en la dirección de avance y de retroceso, es decir, tanto las tensiones de banda del dispositivo de bobinado, como también las tensiones de la desbobinadora, durante una reducción de la abertura entre cilindros, mediante una regulación de los cilindros de trabajo. Con un control encauzado de las tensiones de la banda puede evitarse o reducirse la variación de la fuerza de laminación durante la regulación de los cilindros de trabajo.

Más ventajoso es cuando, para el incremento del espesor de la banda, se aumenta la abertura entre cilindros y se disminuyen la tensión de avance de banda y la tensión de retroceso de banda, a fin de conseguir una fuerza constante de laminación. Con ese control puede mantenerse la fuerza de laminación en un nivel constante.

5 Como una ejecución especialmente ventajosa se ha demostrado que la velocidad de regulación de los cilindros de trabajo, o bien la velocidad de giro de los cilindros de trabajo, o bien tanto la velocidad de giro como la velocidad de regulación de los cilindros de trabajo son controladas según los datos calculados previamente. Preferentemente, también las velocidades de giro de la devanadora, o bien de la bobinadora, o bien también las velocidades de giro de ambos dispositivos han de controlarse según los datos calculados previamente. Con esos datos de velocidades, calculados previamente, pueden controlarse de forma encauzada los parámetros adecuados. De esa forma pueden evitarse los inconvenientes de una regulación a través del tiempo de reacción y del tiempo de regulación. A través de esto es posible configurar de forma óptima el proceso de laminación con escalones, y evitar las modificaciones de la fuerza de laminación que se producirían a partir de una variación de la abertura entre cilindros. Con los datos de velocidades, calculados previamente, podrían regularse y controlarse los parámetros necesarios para un proceso óptimo de laminación. En el cálculo de los datos de velocidad se tienen en cuenta las propiedades del material y la geometría deseada.

10 El problema citado anteriormente se resuelve también con un dispositivo que trabaja tras el procedimiento, como se describe aquí y a continuación, y para ello contiene medios para la realización del procedimiento. Para ello, el dispositivo según la invención comprende al menos dos cilindros de trabajo, los cuales forman una abertura entre cilindros, una devanadora, una bobinadora, y medios de ajuste y de control, mediante los cuales pueden regularse y/o controlarse la regulación de los cilindros de trabajo, la velocidad de giro de los cilindros de trabajo, y la velocidad de giro de la devanadora y/o de la bobinadora.

20 Fundamentalmente, en la invención se reúne que, en una variación encauzada del espesor de la banda, la tensión de avance y de retroceso en la abertura entre cilindros se controle de tal manera que la fuerza de laminación permanezca constante, incluso con diferentes modificaciones de la forma. A través de esto no se modifican, o bien se modifican de forma irrelevante, los efectos que influyen en la planitud, como por ejemplo el aplanamiento de los cilindros, la flexión y el empotrado de la banda, de forma que con ello permanecen normalmente los errores de planitud ocasionados.

25 Para ello sirve un modelo cerrado del proceso, el cual describe las fuerzas actuantes y la cinemática en la abertura entre cilindros, especialmente bajo la acción de las tensiones de la banda, es decir, de las tensiones externas longitudinales. El proceso de laminación, y especialmente la laminación con escalones, es un proceso de conformación tridimensional, en el cual actúa en la abertura entre cilindros un sistema acoplado de fuerzas, en la dirección longitudinal y en la dirección de la anchura. Mediante esa actuación conjunta de las fuerzas, los cilindros son deformados tanto en la dirección radial como también en la dirección axial. Estas deformaciones, especialmente en la dirección axial, ocasionan distintas variaciones de altura en la dirección de la anchura, lo que conduce a errores de planitud en la banda. Mediante el modelo del proceso, el desarrollo de la laminación es controlado de tal forma que, con la ayuda de modificaciones encauzadas de las tensiones de la banda, se influye de tal manera en las fuerzas actuantes en la abertura entre cilindros, que, a través de la fuerza de laminación constante, permanecen casi constantes las deformaciones elásticas de los cilindros, y con ello no aparecen los errores de planitud debidos a las deformaciones incontroladas de los cilindros, y se consigue un proceso de laminación estable. En la laminación con escalones ha de tenerse en cuenta adicionalmente que, debido a las variaciones del espesor de la banda en función del tiempo, el proceso no es estacionario multidimensionalmente. El mantenimiento de las fuerzas de laminación en un valor constante, mediante la modificación controlada de las tensiones de la banda, tiene que tener en cuenta esas dependencias no estacionarias.

45 Otras características, detalles y ventajas de la invención resultan a causa de la siguiente descripción, así como según los dibujos. Un ejemplo de ejecución de la invención está representado, solamente de forma esquemática, en los dibujos, y se describe a continuación más detalladamente. Los objetos o elementos correspondientes entre sí están provistos de los mismos signos de referencia en todos los dibujos. Se muestran:

- Figura 1a representación esquemática de un dispositivo según la invención,
- Figura 1b representación esquemática de un dispositivo según la invención, con cilindros de apoyo y de trabajo
- 50 Figura 2 contorno del perfil en el proceso de laminación, sin la adaptación según la invención,
- Figura 3 transcurso de la fuerza de laminación en el proceso de laminación, sin la adaptación según la invención a lo largo del tiempo,
- Figura 4 tensión de banda generada por la devanadora, sin la adaptación según la invención a lo largo del tiempo,
- 55 Figura 5 tensión de banda generada por la bobinadora, sin la adaptación según la invención a lo largo del tiempo,
- Figura 6 contorno del perfil en el proceso de laminación, después de la adaptación según la invención,

- Figura 7 transcurso de la fuerza de laminación en el proceso de laminación, después de la adaptación según la invención a lo largo del tiempo,
- Figura 8 tensión de banda adaptada de la devanadora, después de la adaptación según la invención a lo largo del tiempo,
- 5 Figura 9 tensión de banda adaptada de la bobinadora, después de la adaptación según la invención a lo largo del tiempo.

La figura 1a muestra un dispositivo según la invención, representado esquemáticamente. En el ejemplo de ejecución representado, la banda 4 de metal es conducida, en la dirección longitudinal 7 y sobre toda la anchura de banda 8, a través de una abertura 3 entre cilindros, formada por un cilindro de trabajo superior 1 y un cilindro de trabajo inferior 10 2. En ello, la banda 4 de metal es devanada por la devanadora 5 y, tras el proceso de laminación, que tiene lugar entre los cilindros de trabajo 1, 2, es rebobinada por la bobinadora 6. A través de ello, la banda 4 de metal se mueve en la dirección longitudinal 7 a través de la abertura 3 entre cilindros, y es mecanizada en toda la anchura de banda 8 por los cilindros de trabajo 1, 2. Con una modificación de la abertura 3 entre cilindros, entre los cilindros de trabajo 1, 2, se modifica el espesor 4 de la banda de metal en escalones, en la dirección longitudinal 7, durante el proceso 15 de laminación, y se consigue así un contorno 11 del perfil (figuras 2 y 6). El contorno 11 del perfil (figuras 2 y 6) se ajusta sobre toda la anchura 8 de la banda, al regularse preferentemente la velocidad de regulación y la velocidad de giro de los cilindros de trabajo 1, 2, la velocidad de giro de la devanadora 5 y de la bobinadora 6, según los datos de velocidad calculados previamente, controlados mediante un control 9, y ajustados a través de medios de regulación (no representados).

20 En la figura 1b está representado esquemáticamente, desde la dirección de los ejes de los cilindros, un tren reversible de una caja de 4 cilindros. Los cilindros de trabajo 1, 2 son apoyados por dos cilindros de apoyo 23. Las flechas de línea discontinua representan las fuerzas, velocidades y momentos de giro, y han de ilustrar el proceso de laminación.

Los dibujos según la figura 2 y la figura 6 muestran, como diagrama a título de ejemplo, tras un proceso de laminación, el contorno 11 del perfil de una banda 4 de metal (figura 1a) con una longitud L, alcanzando el diagrama desde 0 L hasta 1,12 L. „L“ representa aquí un valor, elegible a discreción, para la longitud representada del perfil. La altura h del perfil, esbozada en el diagrama, se mide desde el centro de la banda 4 de metal (figura 1a) en la dirección de la altura, por lo cual la banda 4 de metal (figura 1a) presenta, tras el proceso de laminación, un espesor de la banda de metal de doble altura. En los ejemplos observados a continuación, se utiliza una banda 4 de metal 30 (figura 1a) con un espesor de entrada H_0 , siendo „ H_0 “ un valor discrecional para el espesor de entrada, situado preferentemente entre 1,2 mm y 5 mm. Durante ese proceso de laminación se reduce el espesor de la banda hasta una altura h del perfil de 0,425 H_0 , es decir, un espesor de la banda de metal de 0,85 H_0 , siendo ejecutado a continuación otro ajuste escalonado de los cilindros de trabajo 1, 2 (figura 1a), y la banda 4 de metal (figura 1a) es reducida por secciones hasta una altura h del perfil de 0,2875 H_0 , es decir, un espesor de la banda de metal de 0,575 H_0 . Entre las secciones planas, plano 16, plano 18, plano 20, del perfil 11 de la banda de metal, se encuentran zonas de transición, que presentan una pendiente con signos de referencia 17 y 19. El contorno 11 del perfil, representado en la figura 2 y en la figura 6, presenta entre las secciones planas, plano 16, plano 18, plano 20, y las 35 pendientes 17, 19, las zonas de transición 12, 13, 14 y 15, que se utilizan para una aclaración adicional. En la figura 2 puede observarse que el contorno 11 del perfil, que puede alcanzarse mediante la regulación del cilindro, se diferencia del contorno 11 del perfil según la figura 6, especialmente en la zona 13 de transición, en el sentido de que el radio que puede alcanzarse en la zona 13 de transición es claramente menor, o bien casi irreconocible en la figura 2.

En la figura 3 puede observarse, como un diagrama, el transcurso de la fuerza 21 de laminación del proceso de laminación representado en la figura 2, en un intervalo de tiempo T. La fuerza W de laminación empieza con W_0 kN, 45 siendo „ W_0 “ un valor a ajustar para la fuerza de laminación, y se incrementa tras la zona de transición 12 durante la regulación de los cilindros de trabajo 1, 2 (figura 1a). La fuerza W de laminación alcanza su máximo en la zona 13 de transición, con 2,32 W_0 kN. A continuación, la fuerza W de laminación permanece constante en 2,0 W_0 kN durante la sección plana, plano 18, entre las zonas de transición 13 y 14, antes de que, tras la zona de transición 14, disminuya nuevamente como consecuencia de la nueva regulación de los cilindros de trabajo 1, 2 (figura 1a), y alcance 50 nuevamente un valor de W_0 kN tras la zona de transición 15.

En el mismo intervalo T de tiempo observado, las figuras 4 y 5 muestran, como diagramas, los transcurros de los esfuerzos de las tensiones de banda. En la figura 4 se observa el transcurso 22 de la tensión de retroceso σ_0 de banda de la desbobinadora 5 (figura 1a), la cual se sitúa en un valor constante de σ_0^* Mpa durante todo el proceso de laminación. En cambio, la tensión 22 de la tensión de avance σ_1 de banda de la bobinadora 6 (figura 1a) se modifica durante el intervalo T de tiempo observado. El esfuerzo de esa tensión de banda se incrementa, como se desprende de la figura 5, en el proceso de laminación entre la zona 12 y 13 de transición, hasta un máximo de 1,23 σ_1^* Mpa, antes de que la tensión disminuya nuevamente tras la zona 14 de transición. σ_0^* y σ_1^* representan valores de tensión que se sitúan en el rango del 15% hasta el 60% de la tensión de deformación permanente en la posición observada del perfil de la banda.

La figura 6 muestra, a título de ejemplo, el contorno 11 del perfil de la banda 4 de metal (figura 1a) tras un proceso de laminación. Como ya se ha citado anteriormente, el espesor de la banda se reduce hasta una altura h del perfil de $0,425 H_0$, es decir, hasta un espesor de la banda de metal de $0,85 H_0$, siendo ejecutado a continuación otro ajuste escalonado de los cilindros de trabajo 1, 2 (figura 1a), y la banda 4 de metal (figura 1a) es reducida por secciones hasta una altura h del perfil de $0,2875 H_0$, es decir, un espesor de la banda de metal de $0,575 H_0$. Entre las secciones planas, plano 16, plano 18, plano 20, del perfil 11 de la banda de metal, se encuentran zonas de transición, que presentan una pendiente con signos de referencia 17 y 19. En la figura 6 se observa que el contorno 11 del perfil que puede alcanzarse mediante la regulación de los cilindros 1, 2 (figura 1a), se diferencia del contorno 11 del perfil según la figura 2, especialmente en la zona 13 de transición, en el sentido de que el radio que puede alcanzarse en la zona 13 de transición es claramente mayor, y se corresponde con el radio en la zona 14 de transición. Este contorno 11 del perfil es solamente posible mediante una regulación encauzada de las tensiones de la banda, de la velocidad de giro de los cilindros, y de la velocidad de regulación durante el proceso de laminación.

El diagrama visible en la figura 7 muestra transcurso de la fuerza 21 de laminación a través del intervalo de tiempo T del proceso de laminación representado en la figura 6. La fuerza de laminación W comienza con W_0 kN y se incrementa mínimamente tras la zona 12 de transición durante el ajuste de los cilindros de trabajo 1, 2 (figura 1a). La fuerza de laminación W alcanza su máximo en la zona de transición 13, con solamente $1,14 W_0$ kN. A continuación, la fuerza de laminación W permanece constante durante las secciones plana, plano 18, entre las zonas de transición 13 y 14, antes de que, tras la zona de transición 14, y como consecuencia de la nueva regulación de los cilindros de trabajo 1, 2 (figura 1a), disminuya de nuevo, y tras la zona de transición 15 alcance nuevamente un valor de W_0 kN.

A través del mismo intervalo de tiempo T observado, las figuras 8 y 9 muestran en diagramas los transcurros de los esfuerzos de las tensiones de la banda. En la figura 8 se observa el transcurso del esfuerzo 22 de la tensión de retroceso σ_0 de banda de la devanadora 5 (figura 1a), la cual es adaptada durante el proceso de laminación. La tensión de la banda es adaptada durante la regulación de los cilindros de trabajo 1, 2 (figura 1a), entre las zonas de transición 12 y 13, hasta una tensión de tracción de $6,7 \sigma_0^*$ Mpa. Esa tensión de tracción se mantiene para el proceso de laminación hasta la zona de transición 14, antes de que la tensión de banda de la devanadora 5 (figura 1a) sea reducida nuevamente. El esfuerzo 22 de la tensión de avance σ_1 de la bobinadora 6 (figura 1a) se modifica asimismo durante el intervalo de tiempo T observado. Así, el esfuerzo 22 de esa tensión de banda se incrementa, durante el proceso de laminación entre las zonas de transición 12 y 13, hasta una tensión de tracción de $8 \sigma_1^*$ Mpa, antes de que el esfuerzo 22 vuelva a disminuir tras la zona de transición 14.

La invención se puede resumir como sigue: un incremento de la fuerza de laminación W (figura 1a) se impide de forma efectiva al modificar el estado de la deformación, o bien de la tensión en la abertura 3 entre cilindros (figura 1a), mediante las tensiones de banda σ_0 y σ_1 , aplicadas sobre la banda de metal 4 (figura 1a). Usualmente, la tensión vertical se incrementa mediante una reducción de la abertura entre cilindros, de lo que resulta una fuerza de laminación W (figura 1a) más elevada. En cambio, con la adaptación de las tensiones de banda σ_0 y σ_1 se consigue que, para alcanzar condiciones de fluencia en la abertura 3 entre cilindros (figura 1a), se necesite una menor tensión vertical resultante.

El control de las tensiones de banda σ_0 y σ_1 tiene lugar a través de la modificación de las velocidades de giro de las bobinadoras, debiendo tenerse en cuenta el diámetro de la bobina para el control encauzado de las tensiones de banda σ_0 y σ_1 , a fin de que se alcance un momento deseado de bobinado a través de la modificación de las velocidades de giro de las bobinadoras, el cual actúe sobre las tensiones de banda σ_0 y σ_1 . Así, con el control de las tensiones de banda σ_0 y σ_1 se alcanza y se mantiene, de forma encauzada, la condición de fluencia en la abertura 3 entre cilindros (figura 1a), sin que las tensiones verticales, y con ello la fuerza de laminación W (figura 1a), se modifiquen sustancialmente.

Lista de signos de referencia:

- 45 1 cilindro superior de trabajo (cilindro superior)
- 2 cilindro inferior de trabajo (cilindro inferior)
- 3 abertura entre cilindros
- 4 banda de metal
- 5 bobinadora
- 50 6 devanadora
- 7 dirección longitudinal
- 8 anchura de la banda
- 9 control
- 10 rodillo de medición de la tracción de banda

ES 2 633 030 T3

	11	contorno del perfil
	12	zona de transición 12
	13	zona de transición 13
	14	zona de transición 14
5	15	zona de transición 15
	16	plano 16
	17	pendiente 17
	18	plano 18
	19	pendiente 19
10	20	plano 20
	21	trcurso de la fuerza de laminación
	22	trcurso de la tensión
	23	cilindros de apoyo
	W	fuerza de laminación en kN
15	W ₀	valor de partida para la fuerza de laminación
	h	altura del perfil en mm
	H ₀	espesor de entrada de la banda de metal
	l	longitud laminada del perfil en mm
	L	valor de la longitud total del perfil
20	t	tiempo en seg.
	T	intervalo de tiempo
	σ_0	tensión de retroceso de la banda en MPa
	σ_0^*	valor de partida para la tensión de retroceso de la banda
	σ_1	tensión de avance de la banda en MPa
25	σ_1^*	valor de partida para la tensión de avance de la banda

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la laminación con escalones de una banda de metal (4), siendo devanada la banda de metal (4) por una devanadora (5), y siendo bobinada por una bobinadora (6), siendo conducida la banda de metal (4), durante el proceso de laminación, a través de una abertura (3) entre cilindros, formada por dos cilindros de trabajo (1, 2), y siendo modificada la abertura (3) entre cilindros durante el proceso de laminación, de forma encauzada, modificándose a través de ello, durante el proceso de laminación, un espesor de banda de la banda de metal (4), de forma escalonada en su dirección longitudinal (7), **caracterizado por que** una tensión de banda, aplicada sobre la banda de metal (4), se controla de manera encauzada de tal forma que la fuerza de laminación (W), aplicada por los cilindros de trabajo (1, 2) sobre la banda de metal (4), permanece constante o aproximadamente constante durante el proceso de laminación.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la fuerza constante W de laminación solamente se modifica durante el proceso de laminación en tanto que la deformación elástica de los cilindros de trabajo (1, 2) durante el proceso de laminación sea constante o aproximadamente constante.
- 15 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** una tensión σ_1 de avance de la banda, aplicada por la bobinadora (6), y/o una tensión σ_0 de retroceso de la banda, aplicada por la devanadora (5), es controlada durante el proceso de laminación.
- 20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** mediante un control encauzado de la tensión de la banda, y un control encauzado de la velocidad de giro y de la velocidad de regulación de los cilindros de trabajo (1, 2), es influenciada la geometría de las transiciones, especialmente su pendiente y los radios de las zonas (12,13,14,15) de transición, entre el espesor de banda de la banda de metal (4) modificada escalonadamente.
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes 3 a 4, **caracterizado por que** para la reducción del espesor de la banda se disminuye la abertura (3) entre cilindros, y se incrementan la tensión σ_1 de avance de la banda y la tensión σ_0 de retroceso de la banda.
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes 3 a 5, **caracterizado por que** para el incremento del espesor de la banda se aumenta la abertura (3) entre cilindros, y se disminuyen la tensión σ_1 de avance de la banda y la tensión σ_0 de retroceso de la banda.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** la velocidad de regulación de los cilindros de trabajo (1, 2), y/o la velocidad de giro de los cilindros de trabajo (1, 2), de la bobinadora (6), y/o de la devanadora (5), son controladas según datos de velocidad calculados previamente.
8. Dispositivo para la realización de un procedimiento, según una de las reivindicaciones precedentes, comprendiendo al menos dos cilindros de trabajo (1, 2) que forman una abertura (3) entre cilindros, una devanadora (5), una bobinadora (6), y medios (9) de regulación y de control, mediante los cuales puede regularse y/o controlarse la regulación de los cilindros de trabajo (1, 2), la velocidad de giro de los cilindros de trabajo (1, 2), y la velocidad de giro de la devanadora (5) y/o de la bobinadora (6).

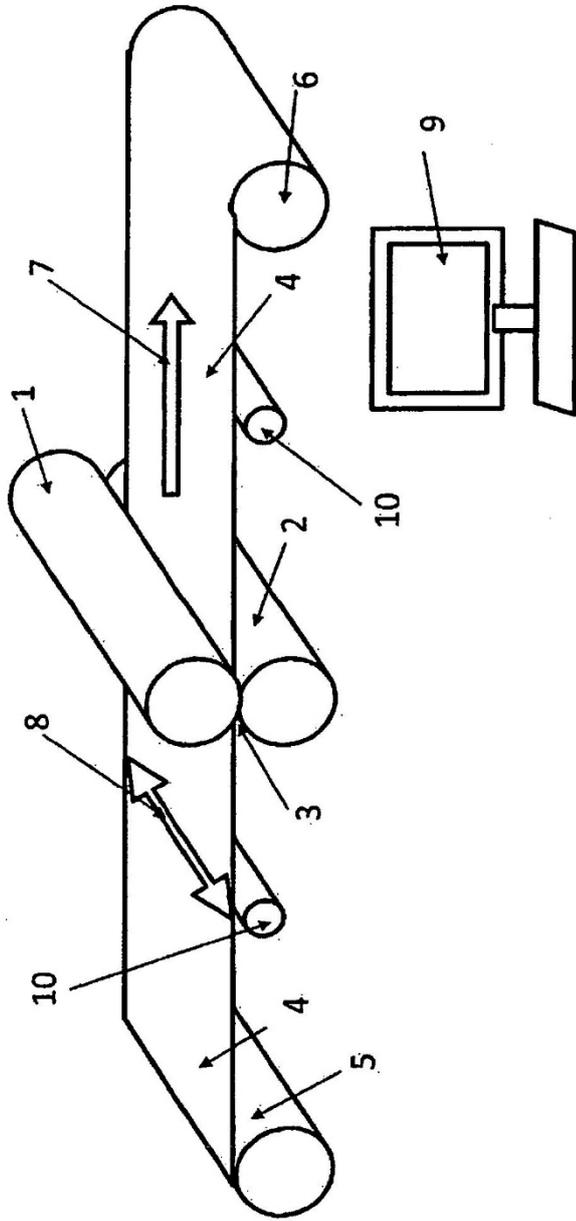


Fig. 1a

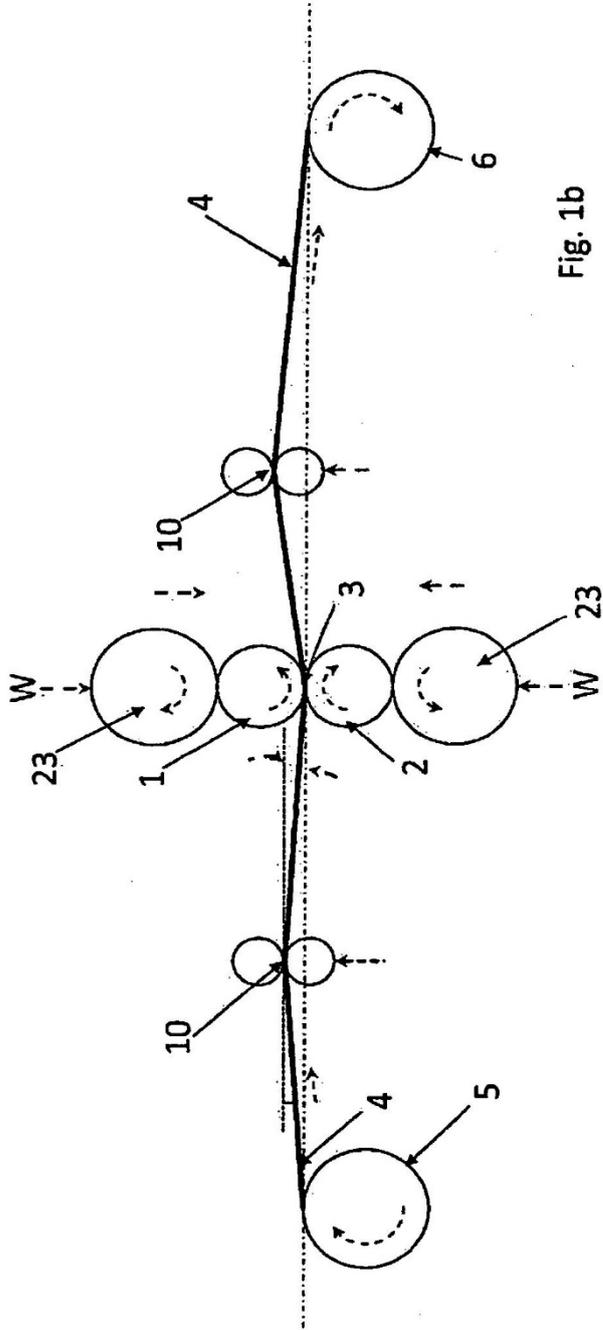


Fig. 1b

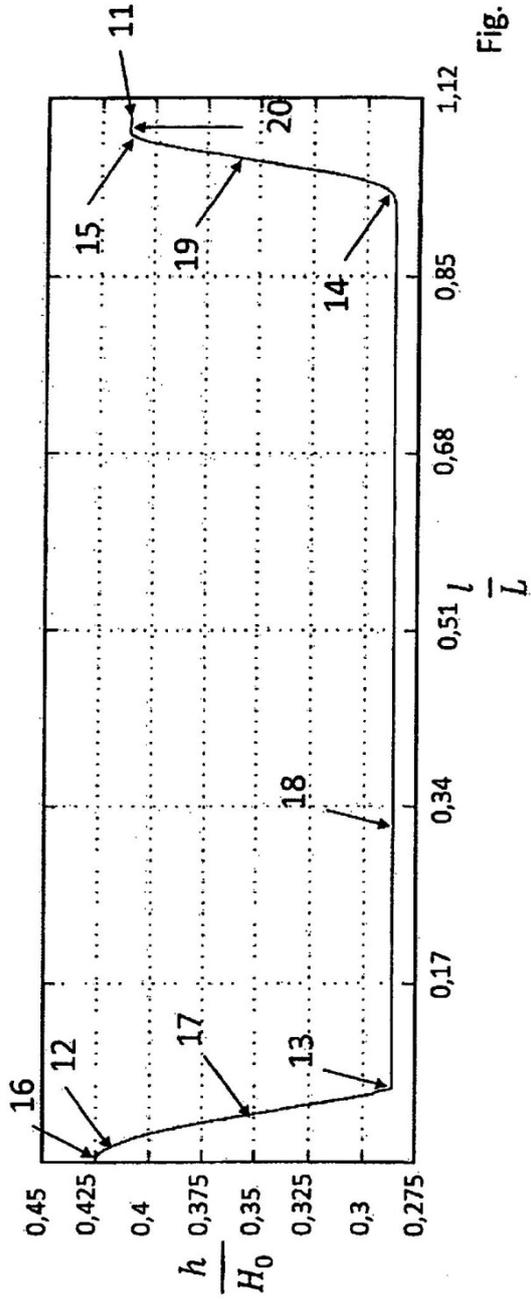


Fig. 2

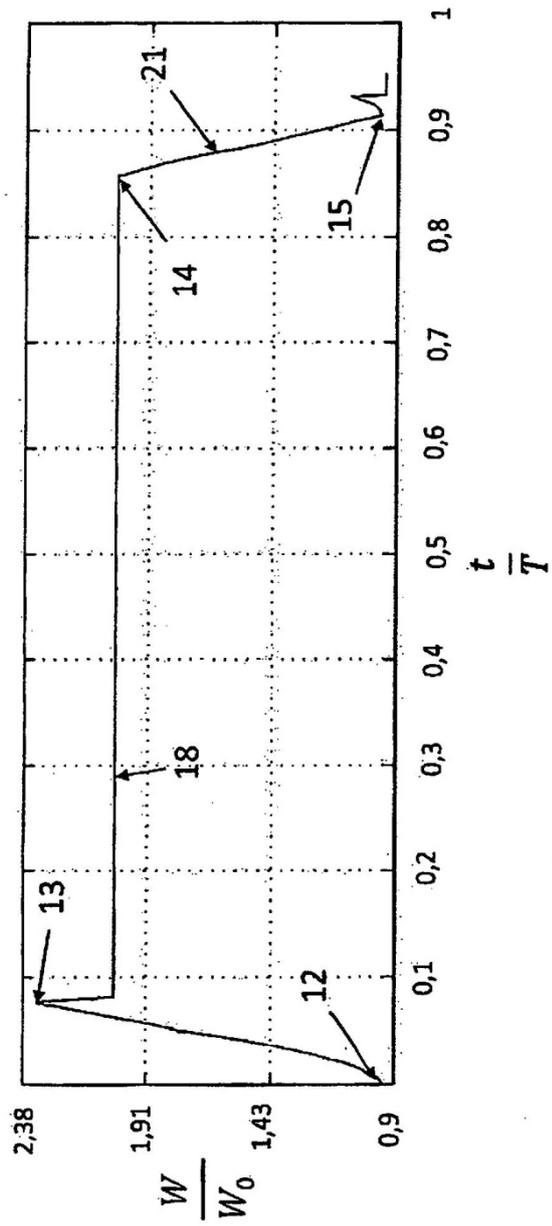


Fig. 3

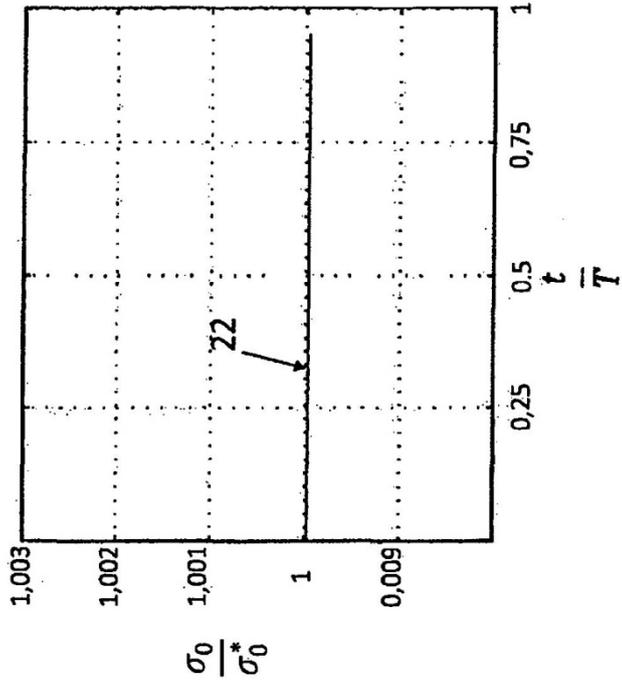


Fig. 4

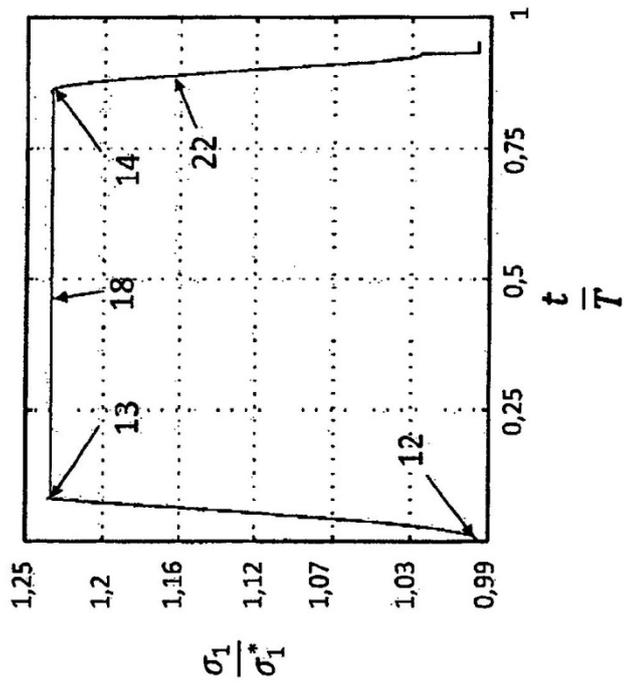


Fig. 5

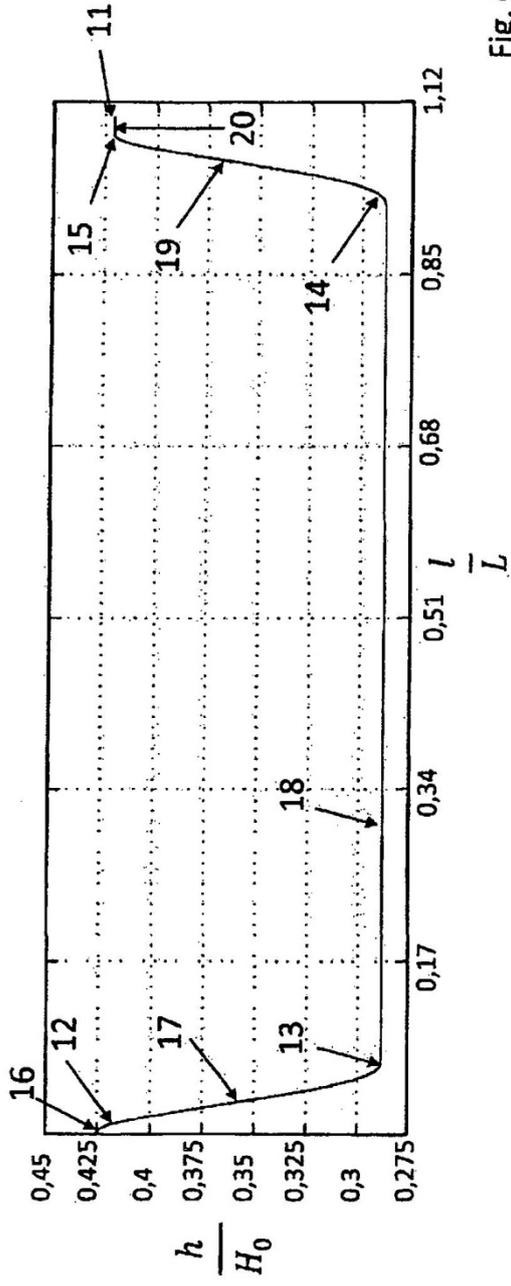


Fig. 6

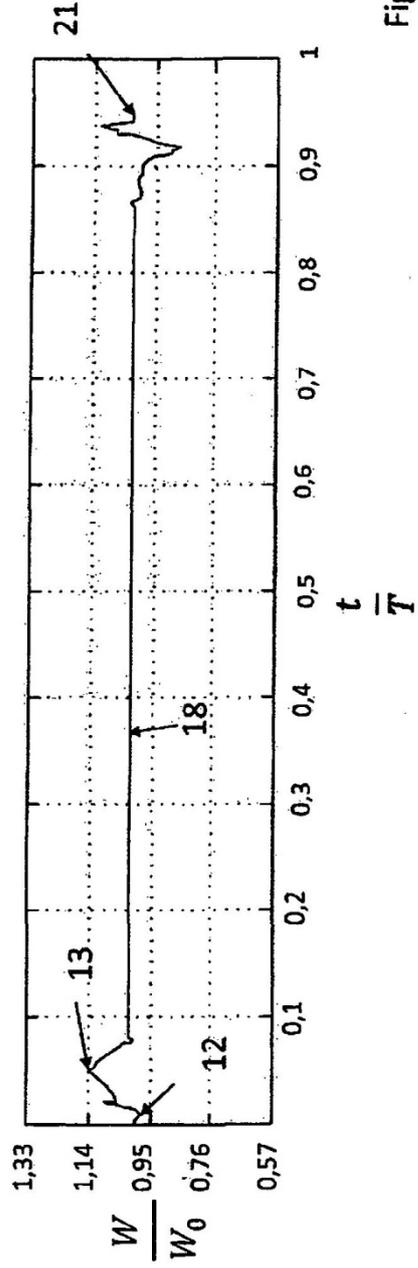


Fig. 7

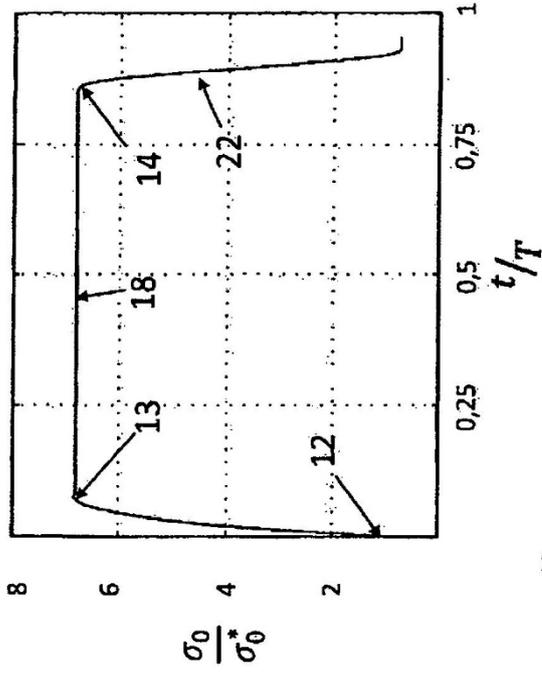


Fig. 8

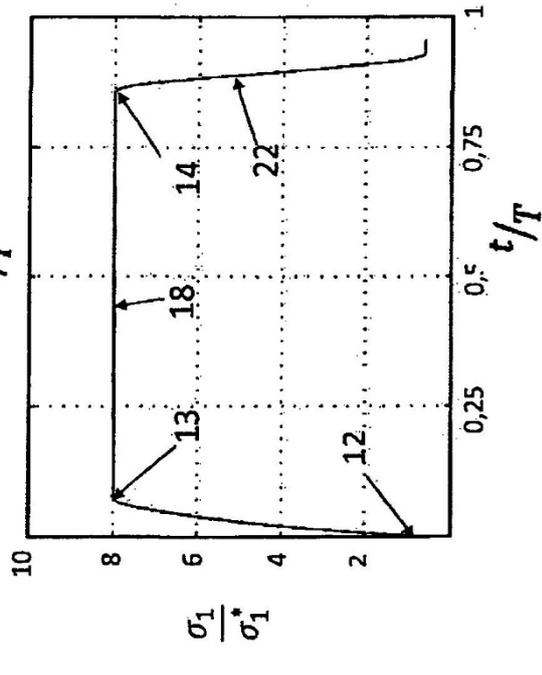


Fig. 9