

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 467**

51 Int. Cl.:

C21D 8/06 (2006.01)

C21D 9/02 (2006.01)

C21D 1/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.03.2004 PCT/EP2004/002281**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.10.2004 WO04087968**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.03.2004 E 04717575 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 1613783**

54 Título: **Procedimiento para el tratamiento termomecánico del acero**

30 Prioridad:

04.04.2003 DE 10315418

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

03.11.2017

73 Titular/es:

**THYSSENKRUPP FEDERN UND
STABILISATOREN GMBH (100.0%)
Oeger Strasse 85
58119 Hagen, DE**

72 Inventor/es:

**VONDRACEK, HANS;
DZIEMBALLA, HANS;
MANKE, LUTZ;
BOROWIKOW, ALEXANDER;
UHRICH, REINHARD y
HÜTTNER, MATTHIAS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 640 467 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 el tratamiento termomecánico del acero

La invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento termomecánico del acero según el preámbulo de la reivindicación 1.

5 El documento DE 43 40 568 C2 debe deducir un procedimiento para templar de forma continuada alambre de acero que incluye los siguientes pasos:

- Calentamiento rápido del alambre a una temperatura en el intervalo de austenita a una velocidad de entre 85 y 100 °C/s;
- Mantenimiento del alambre de acero en el intervalo de austenita durante un tiempo de 10 a 60 s;
- 10 - Enfriamiento rápido del alambre de acero hasta la temperatura ambiente a una velocidad superior a 80 °C/s;
- Calentamiento rápido a la temperatura de revenido a una velocidad de 85 a 95 °C/s;
- Mantenimiento a la temperatura de revenido durante un tiempo de 60 a 100 s;
- Enfriamiento del alambre a una velocidad superior 50 °C/s habitual para un enfriamiento con agua;

15 Entre el paso 2 y el 3 el alambre se puede laminar justo por encima de la temperatura Ac3. A este respecto el alambre se hace ovalado en un primer punto, se lamina de forma redondeada en el segundo punto y, a continuación, se saca por una tobera de calibrado.

20 En el documento DE 195 46 204 C1 se describe un procedimiento para la fabricación de objetos altamente resistentes de un acero para temple y la aplicación de este procedimiento para la producción de resortes. El acero con (en % de masa) un 0,4 hasta un 0,6 % de C, hasta un 1 % de Si, hasta un 1,8 % de Mn, un 0,8 hasta un 1,5 % de Cr, un 0,03 hasta un 0,10 % de Nb, un 0 hasta un 0,2 % de V, remanente de hierro debe tratarse de la siguiente forma:

- La materia prima se recuece por disolución en la región de austenita a temperaturas de 1050 a 1200 °C;
- Justo a continuación la materia prima se deforma por calor a una temperatura por encima de la temperatura de recristalización en una primera fase;
- 25 - Justo a continuación la materia prima se deforma por calor a una temperatura por debajo de la temperatura de recristalización pero por encima de la temperatura Ac3 en una segunda fase;
- A continuación, el producto laminado se mantiene a una temperatura superior a la temperatura Ac3 para la ejecución de otros procesos de deformación y elaboración, y después
- se enfría hasta por debajo de la temperatura de martensita, después de lo cual
- 30 - finalmente se reviene.

El documento DE 196 37 968 C2 debe deducir un procedimiento para la fabricación termomecánica a alta temperatura de láminas de resorte para resortes de láminas y/o guías de resortes de láminas que se basa en una fabricación termomecánica de resortes parabólicos en dos fases. En el procedimiento se basan los siguientes pasos:

- El material de partida se tiempla a una velocidad de calentamiento de entre 4 °C/s y 30 °C/s a una temperatura de austenización;
- 35 - La temperatura de austenización asciende a 1100 ± 100 °C,
- el material se enfría desde la temperatura de austenización a la temperatura de la primera fase de laminado a una velocidad de enfriamiento de entre 10 °C/s y 30 °C/s.
- En primer lugar, en la primera fase se prelamina a una temperatura de 1050 ± 100 °C con una variación de forma no constante por la longitud de la lámina de resorte de entre el 15 % y el 80 % en uno o varios puntos.
- 40 - Se enfría desde la temperatura de la primera fase de laminado a la temperatura de la segunda fase de laminado a una velocidad de enfriamiento de entre 10 °C/s y 30 °C/s.
- En la segunda fase de laminado se termina de laminar a una temperatura de 880 ± 30 °C con una variación de forma constante de entre el 15 % y el 45 % por la longitud de la lámina de resorte en uno o varios puntos
- 45 con cilindros puestos en marcha bajo carga.

Finalmente, el documento DE 198 39 383 C2 publica un procedimiento para el tratamiento termomecánico del acero para elementos de resorte sometidos a torsión, deformándose el material de partida a una temperatura por encima de la temperatura de recristalización y, a continuación, a tal temperatura por encima de la temperatura de recristalización en al menos dos pasos de deformación, de tal manera que da como resultado una recristalización dinámica y/o estática de la austenita. La austenita del producto deformado recristalizada de esta forma se enfría rápidamente y se reviene. Para el empleo se debe emplear un acero cromo-silicio con un contenido de carbono de un 0,35 a un 0,75 % que está microaleado con vanadio u otro elemento de aleación.

55 Los procedimientos que se deben deducir para el tratamiento termomecánico de objetos que constan de acero se basan en esencia en pasos de deformación de varias fases, siendo necesario enfriar/calentar el material de partida varias veces para generar los parámetros que se ajustan más tarde en el producto final.

La invención se basa en el objetivo de facilitar un procedimiento para el tratamiento termomecánico del acero de

acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, que hace posible una mejora buscada de los parámetros característicos orientada al perfil de carga del producto final.

Este objetivo se soluciona mediante un procedimiento con las características de la reivindicación de patente 1.

5 En las reivindicaciones dependientes están descritos configuraciones y perfeccionamientos ventajosos del procedimiento. El documento EP0974676 publica un procedimiento para el tratamiento termomecánico del acero para elementos de resorte sometidos a torsión. El procedimiento de acuerdo con la invención prevé que el material de partida se caliente en primer lugar a una temperatura por encima de la temperatura de recristalización y, a continuación, se efectúe una compensación de temperatura por toda la longitud de barra. Además, la temperatura de calentamiento de la barra se mantiene constante casi hasta la entrada en la abertura entre cilindros. Con estos pasos de trabajo se persigue una microestructura de la barra lo más homogénea posible tanto por su longitud como por su sección transversal antes de la entrada en la abertura entre cilindros que es ventajosa para el proceso de deformación siguiente. De forma condicionada por las particularidades específicas del proceso del laminado oblicuo y por la determinación buscada de los parámetros de laminado en el proceso de deformación de una fase se ajustan una torsión predeterminada del material en la zona marginal de la barra y un gradiente de deformación por la sección transversal de barra. Como la dirección de deformación al laminar de forma oblicua oblicuamente respecto al eje de objeto laminado y el máximo de la deformación se encuentran en la zona marginal de las barras, la extensión estructural condicionada por la deformación es marcada de forma especialmente fuerte en esta zona marginal y la orientación estructural tiene su recorrido correspondientemente a la dirección de deformación también oblicuamente respecto al eje de objeto laminado. Después de sobrepasar el grado de deformación crítico el proceso de recristalización dinámico se desarrolla de forma especialmente intensiva en esta zona marginal, de forma que se debe observar una caída del grado de recristalización por la sección transversal de barra desde fuera hacia dentro. En el recalentamiento por encima de Ac₃ que sigue al proceso de deformación se completa la recristalización estática que, especialmente en la zona marginal, da como resultado la formación de austenita de grado fino. Después del endurecimiento y, a continuación, revenido la zona marginal está caracterizada por estructura fina de martensita de alta resistencia.

La invención presenta ventajas considerables respecto a las soluciones conocidas por el estado de la técnica. Como resultado de la combinación de una deformación buscada de una fase mediante laminado oblicuo y un tratamiento por calor compaginado con este, las barras tratadas presentan un perfil de resistencia por su sección transversal que alcanza sus valores máximos en la zona marginal. La dirección de torsión de la estructura en la zona marginal de las barras redondas, generada mediante el laminado oblicuo, se corresponde con la dirección de tensión principal de una pieza sometida a torsión y las características particulares de las barras que resultan de ello revelan, con ello, condiciones previas óptimas para su empleo, especialmente en la industria de resortes. La distribución estructural generada por el procedimiento de acuerdo con la invención por la sección transversal de barra da como resultado en las barras redondas acabadas un perfil particular que es adecuado al perfil de tensión por la sección transversal con carga de flexión y torsión.

Como para la configuración de estos efectos de resistencia ventajosos solo es necesario un paso de deformación y las siguientes fases de elaboración se implementan en esencia en calor, también en consecuencia solo es necesario un proceso de calentamiento para el material de partida, lo que de forma condicionada por el procedimiento da como resultado un ahorro de energía y tiempo considerable. Por ello, el procedimiento de acuerdo con la invención se caracteriza, respecto al procedimiento conocido, no solo por una mejora de las particularidades de resistencia y dureza del producto acabado orientadas a cargas, sino además también por ventajas económicas a causa del mínimo número de pasos de proceso.

De forma ventajosa el material de partida se calienta de forma inductiva en la forma de barras redondas a una velocidad de calentamiento de 100 a 400 K/s a una temperatura de entre 700 y 1100 °C. A continuación, se efectúa una compensación de la temperatura de calentamiento de la barra por su longitud en un período de tiempo de al menos 10 segundos. Con ello se garantiza que la diferencia de temperatura por la longitud de barra no sobrepase los 5 K. Mediante un equipo de recalentamiento adecuado la temperatura de calentamiento de la barra se mantiene constante hasta la entrada en la abertura entre cilindros. La deformación como tal se efectúa mediante un laminado oblicuo en un paso en el que las barras, que permanecen rectas, pasan por la abertura entre cilindros. Independientemente del material del material de partida se deforma preferentemente en un intervalo de temperatura de 700 a 1150 °C. La relación de diámetros diámetro de partida / diámetro final se elige de forma que el laminado de las barras se efectúe con una razón de estirado λ superior a 1,3 y el máximo de la deformación ascienda a al menos $\psi=0,3$. Por un ajuste buscado de los parámetros de laminado, como, por ejemplo, número de giros de cilindros y velocidad de avance, y mediante una selección especial de contornos de la barra con relaciones angulares se consigue que el máximo de la deformación en la zona marginal se encuentre entre un 0,65 y un 1,0 del diámetro de las barras y que se ajuste un gradiente de deformación deseado por la sección transversal de barra. Preferentemente el proceso de laminado oblicuo se controla de forma que en el objeto laminado no se sobrepase un aumento de temperatura local máximo de 50 K.

De forma condicionada por la deformación después de sobrepasar un grado de deformación crítico se desarrollan procesos de recristalización dinámica que a causa de la deformación máxima están marcados más fuertemente en la zona marginal que en la zona central de las barras. La influencia buscada en la configuración de un gradiente de

deformación por la sección transversal de barra conlleva que ya en el curso de la recristalización dinámica aparezcan primeros indicios de una distribución estructural diferenciada por la sección transversal de objeto laminado. Así los estudios metalográficos en barras laminadas de acuerdo con la invención en estado recristalizado muestran una clara reducción de la parte de cristalita de austenita fina de la zona marginal en dirección a la zona central.

La configuración estructural diferenciada por la sección transversal de objeto laminado se refuerza además adicionalmente mediante una particularidad del laminado oblicuo. Como al laminar oblicuamente la dirección de deformación tiene su recorrido oblicuamente respecto al eje de objeto laminado, determina una extensión estructural llamativa especialmente en las zonas marginales del objeto laminado a causa de la alta deformación. Según la dirección de deformación la extensión estructural también tiene su recorrido oblicuamente respecto al eje de objeto laminado y da como resultado una torsión del material en las zonas marginales. En un desarrollo de procedimiento de acuerdo con la invención la dirección de torsión de la estructura en la zona marginal de las barras asciende, en referencia al eje longitudinal de la barra a 35 hasta 65 grados de ángulo y se corresponde, con ello, con la dirección de tensión principal de una pieza sometida a torsión.

En el modo de procedimiento representado del laminado oblicuo de una fase la barra que se debe laminar pasa en toda su longitud por una abertura entre cilindros con geometría de abertura entre cilindros constante. Este modo de procedimiento se elige cuando se deben fabricar barras con un diámetro que permanece igual por toda la longitud de barra. El procedimiento de acuerdo con la invención hace posible además una variante de procedimiento alternativa, en la que la geometría de abertura entre cilindros en estado de funcionamiento es variada durante el recorrido de la barra que se debe laminar por la abertura entre cilindros. Este modo de trabajo flexible se realiza con una caja de laminado oblicuo, cuyos cilindros se pueden ajustar durante la deformación en dirección axial y/o radial cuando sea necesario. De este modo el procedimiento de acuerdo con la invención hace posible la fabricación de barras redondas con diámetro variable por la longitud de barra.

Las barras laminadas de forma oblicua se someten a un recalentamiento a una temperatura por encima de Ac3 inmediatamente después de la salida de la caja de laminado. El recalentamiento se efectúa de modo que la diferencia de temperatura por la longitud de una barra se limite a 5 K.

Según la finalidad de utilización las barras laminadas de forma oblicua y recalentadas a temperatura de recristalización en calor, o se bobina respecto a un resorte helicoidal o se dobla respecto a un estabilizador.

A continuación, las piezas bobinadas o dobladas se endurecen y después se revienen.

Barras que están previstas para la fabricación de resortes de barras de torsión se elaboran mecánicamente en sus extremos en estado frío después del recalentamiento, a continuación, se calientan por encima de Ac3, se enfrían rápidamente y se revienen.

Estudios macroscópicos en las barras acabadas presentan una distribución estructural típica por la sección transversal como consecuencia de la combinación de laminado oblicuo y tratamiento por calor de acuerdo con la invención. La zona marginal inmediata presenta estructuras de martensita de grado fino de alta resistencia. La zona marginal presenta una extensión estructural continua que tiene su recorrido oblicuamente respecto al eje de barra, cuya dirección de torsión se corresponde con la dirección de tensión principal de una pieza sometida a torsión. La estructura mixta perlítica-martensítica de la zona central es de grano más grueso que la estructura en la zona marginal y no presenta indicios de torsión.

Para el ajuste de parámetros de dureza y resistencia óptimos en el producto acabado, en el procedimiento de acuerdo con la invención se utilizan como material de partida barras redondas de acero para resortes, preferentemente aceros silicios-cromos con contenidos de carbono inferiores al 0,8 %. Como alternativa estos aceros pueden estar microaleados con vanadio o níobe.

El objeto de invención está representado en el dibujo mediante un ejemplo de realización y se describe de la siguiente forma.

La única figura muestra la estructura principal de una línea de recorrido para el tratamiento termomecánico de barras de acero redondas de un acero silicio-cromo de acuerdo con la invención.

Las barras que se deben tratar se calientan en un dispositivo de inducción 1 a una temperatura por encima de la temperatura de recristalización, austenizándose su estructura. En el presente ejemplo las barras de acero redondas se calientan a una velocidad de calentamiento de 130 K/s a una temperatura de 900 °C. En uno de los hornos de compensación 2 conectado a continuación del dispositivo de inducción 1 se efectúa durante un tiempo de 15 s una compensación de la temperatura de calentamiento s de las barras, de forma que el perfil de temperatura por la longitud de las barras presente un gradiente de 4K.

En este estado las barras de acero redondas templadas ahora uniformemente se introducen en un horno de mantenimiento para mantener constante su temperatura hasta la entrada en la abertura entre cilindros. Las barras calentadas se transportan mediante caminos de rodillos 6 o 7 tanto en el horno de compensación como en el horno de mantenimiento 3.

En una caja de laminado oblicuo 4 las barras de acero redondas calentadas a 980 °C se deforman en un paso de

laminado. A este respecto la relación de diámetros diámetro de partida / diámetro final se elige de forma que se trabaje con una razón de estirado media de $\lambda = 1,5$ y que el máximo de la deformación ascienda a al menos $\Psi = 0,3$. Mediante el ajuste buscado de parámetros de laminado, como, por ejemplo, el número de giros de cilindros o la velocidad de avance y mediante una selección especial de contornos de cilindros con relaciones angulares específicas se realiza el máximo de la deformación en la zona marginal entre 0,65 y 1,0 del diámetro de las barras y, con ello, se ajusta un gradiente de deformación deseado por la sección transversal de barra. Los parámetros de laminado se compaginan mutuamente de forma que a causa del proceso de deformación no se sobrepase un aumento de temperatura local máximo de 50 K en el objeto laminado. La dirección de deformación que tiene su recorrido oblicuamente respecto al eje de laminado al laminar de forma oblicua causa una extensión estructural marcada en las zonas marginales del objeto laminado a causa de la deformación más alta. Según la dirección de deformación esta extensión estructural tiene su recorrido también oblicuamente respecto al eje de objeto laminado y da como resultado una torsión del material en las zonas marginales de las barras. En el desarrollo de procedimiento de acuerdo con la invención la dirección de torsión de la estructura asciende, en referencia al eje longitudinal de las barras, a 35 hasta 65 grados de ángulo y se corresponde, con ello, con la dirección de tensión principal de una pieza sometida a torsión.

Después de su salida de la caja de laminado oblicuo 4 las barras laminadas llegan a un horno de recalentamiento 5 conectado a continuación de la estructura, en el que para garantizar una recristalización estática completa se someten a un recalentamiento por encima de la temperatura Ac3. El transporte de las barras por el horno de recalentamiento 5 se efectúa mediante un camino de rodillos 8. Después de salir del horno de recalentamiento 5 las barras laminadas de forma oblicua se siguen transportando mediante un camino de rodillos de entrega 9. Desde este camino de rodillos de entrega 9 las barras se suministran a los demás pasos de elaboración previstos.

En la figura 1 está representada esquemáticamente una línea de producción para la fabricación de resortes helicoidales bobinados. Después las barras se traspasan a una mesa elevadora 10 por el camino de rodillos de entrega 9 y llegan de ahí a un banco de bobinado CNC 11, en el que se efectúa el bobinado hasta llegar a resortes helicoidales en calor después de la recristalización. A continuación del proceso de bobinado las barras bobinadas a partir de ahora hasta llegar a resortes helicoidales se trasladan a una pila de endurecimiento 12 en la que se enfrían rápidamente y se transforma su estructura hasta llegar a martensita. A continuación, los resortes helicoidales endurecidos se someten a un tratamiento de revenido no representado.

Lista de referencias

- 30 1. Dispositivo de inducción
- 2. Horno de compensación
- 3. Horno de mantenimiento
- 4. Estructura de laminado oblicuo
- 5. Horno de recalentamiento
- 35 6. Camino de rodillos
- 7. Camino de rodillos
- 8. Camino de rodillos
- 9. Camino de rodillos de entrega
- 10. Mesa elevadora
- 40 11. Banco de bobinado CNC
- 12. Pila de endurecimiento

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el tratamiento termomecánico del acero, calentándose el material de partida a una temperatura por encima de la temperatura de recrystalización, austenizándose, manteniéndose con compensación de temperatura, deformándose después y finalmente enfriándose rápidamente hasta llegar a martensita y reviniéndose, **caracterizado porque** se parte de barras de acero redondas, cuya temperatura de calentamiento se compensa a lo largo de la longitud de las barras, que después se deforman mediante cilindros oblicuos, manteniéndose rectas de tal forma que se consiga una torsión del material en la zona marginal y un gradiente de deformación a lo largo de la sección transversal y desarrollándose procesos dinámicos de recrystalización después de sobrepasar el grado de deformación crítico, sometiéndolas a continuación a un recalentamiento por encima de Ac3 para ser finalmente endurecidas y revenidas.
- 10 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el material se calienta a una velocidad de entre 100 y 400 K/s.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, **caracterizado porque** el material de partida se calienta a una temperatura de entre 700 y 1100 °C.
- 15 4. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el calentamiento se efectúa de forma inductiva.
5. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la compensación de la temperatura de calentamiento de la barra se efectúa durante al menos 10 segundos.
- 20 6. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la diferencia de temperatura a lo largo de la longitud de barra no sobrepasa los 5 K.
7. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 o 6, **caracterizado porque** la temperatura de calentamiento de la barra se mantiene constante hasta su entrada en la abertura entre cilindros.
8. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la deformación por cilindros oblicuos se realiza en una fase.
- 25 9. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** el laminado oblicuo de la barra se efectúa con una razón de estirado media de al menos $\lambda = 1,3$.
10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado porque** el máximo de la deformación en la zona marginal se encuentra entre 0,65 y 1,0 del diámetro de la barra y Ψ asciende a al menos 0,3.
- 30 11. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** durante el laminado oblicuo no se sobrepasa un aumento de temperatura local máximo de 50 K.
12. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado porque** la dirección de torsión de la estructura en la zona marginal de la barra redonda respectiva se corresponde con la dirección de tensión principal de una pieza sometida a torsión.
- 35 13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** la dirección de torsión de la estructura en la zona marginal, en referencia al eje de la barra redonda, asciende a 35 hasta 65° grados de ángulo.
14. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado porque** la distribución estructural a lo largo de la sección transversal de la barra redonda acabada presenta una zona marginal inmediata con estructura de martensita de grano fino, una zona marginal con una extensión estructural continua que tiene su recorrido oblicuamente respecto al eje de barra y una zona central con una estructura mixta perlítica-martensítica.
- 40 15. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizado porque** el laminado oblicuo se realiza en un intervalo de temperatura de 700 a 1150 °C.
16. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 15, **caracterizado porque** los cilindros de la caja de laminado oblicuo se orientan en dirección axial y/o radial durante la deformación y las barras redondas se fabrican con un diámetro variable a lo largo de su longitud de barra.
- 45 17. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizado porque** en un recalentamiento por encima de Ac3 que sigue al laminado oblicuo la diferencia de temperatura a lo largo de la longitud de barra se limita a 5 K como máximo.
18. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizado porque** se parte de acero para resortes.
- 50 19. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizado porque** se parte de un

acero cromo-silicio.

20. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 17, **caracterizado porque** se parte de un acero microaleado.

5 21. Procedimiento de acuerdo con una o varias de las reivindicaciones 1 a 20, **caracterizado porque** la barra laminada de forma oblicua como barra de torsión permanece recta y se trabajan sus extremos.

22. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 20, **caracterizado porque** un bobinado y/o un doblado de la barra laminada de forma oblicua se efectúa en calor después de la recristalización y antes del endurecimiento y el revenido.

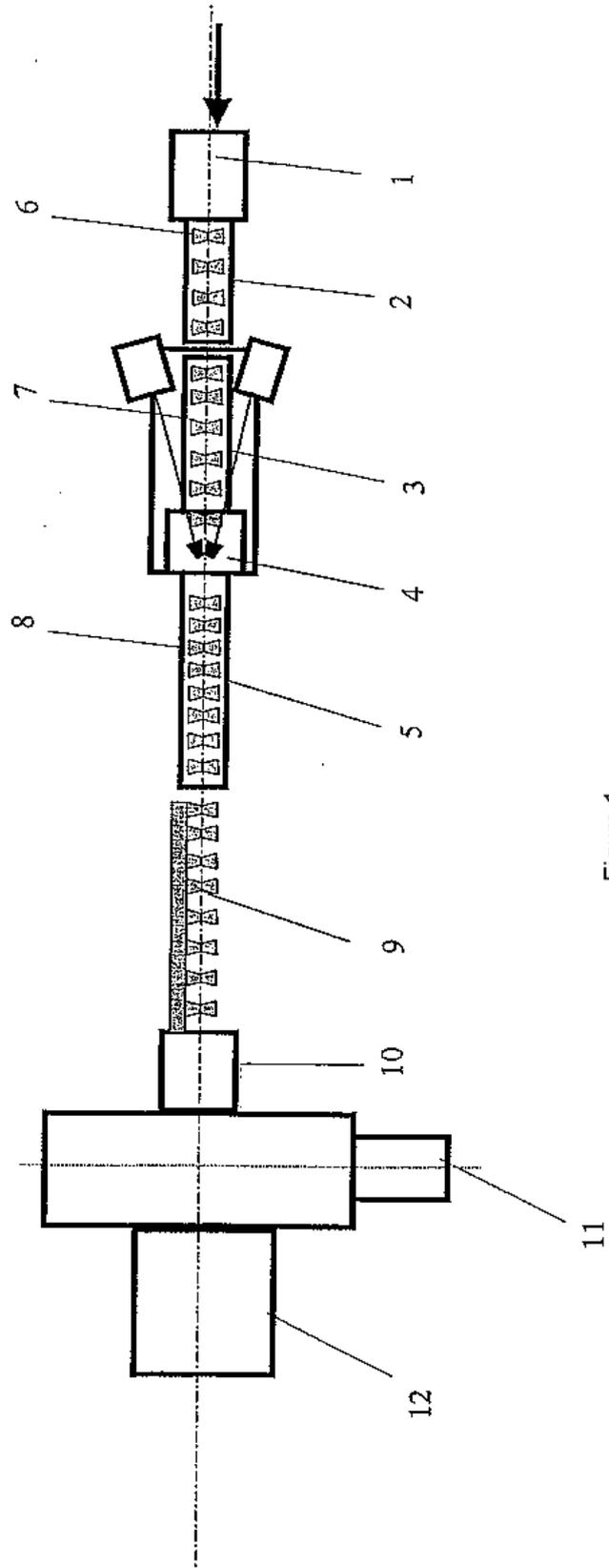


Figura 1