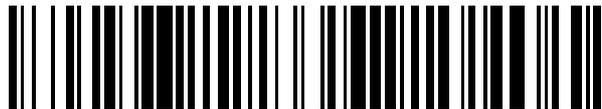


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 678**

51 Int. Cl.:

G01M 5/00 (2006.01)

G01M 99/00 (2011.01)

G01L 1/12 (2006.01)

G01L 1/22 (2006.01)

E01B 35/00 (2006.01)

B61K 9/08 (2006.01)

G01N 29/44 (2006.01)

G01N 29/07 (2006.01)

G01N 27/72 (2006.01)

G01L 1/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2017 E 17000353 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2019 EP 3217159**

54 Título: **Método para determinar la temperatura neutra de piezas de trabajo alargadas**

30 Prioridad:

08.03.2016 DE 102016002692

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.05.2020

73 Titular/es:

**GOLDSCHMIDT THERMIT GMBH (100.0%)
Am Schenkberg 20
04349 Leipzig, DE**

72 Inventor/es:

**KLEPEL, ANDRÉ y
PETERS, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 761 678 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

Método para determinar la temperatura neutra de piezas de trabajo alargadas

5 El invento se refiere a un método correspondiente con el preámbulo de la reivindicación 1.

10 La temperatura neutra de estas piezas de trabajo, puede tratarse por ejemplo de carriles, tubos u otros perfiles laminados, describe un estado libre de tensión en donde principalmente se piensa en tensiones térmicas. Por tanto, el sobrepasarse por arriba esta temperatura está ligado con tensiones de compresión, si se sobrepasa por debajo está ligado con tensiones de tracción. En el presente caso se trata principalmente de carriles.

15 En este contexto se conocen métodos invasivos en los cuales sobre la base de una sección de carril se calcula un estado de tensión en el carril por medio de cintas extensiométricas. Estos métodos son válidos a partir de resultados en verdad especialmente fiables, sin embargo exigen un gran coste, especialmente un cierre del tramo y por estos motivos no representan la solución preferida.

20 Métodos de medida absolutos como por ejemplo aquellos que sobre la base de un análisis por difracción de Roentgen suponen el conocimiento de los parámetros de material de los carriles, como por ejemplo, los parámetros de red dependientes de la aleación, los cuales a menudo no están disponibles fácilmente. Incluso por ese camino solo se detectan tensiones en la zona superficial, en donde debido a solapados de tensiones de carga con eventuales tensiones propias se obtienen inseguridades de medida considerables.

25 Para métodos de medida relativos sobre la base de cintas extensiométricas o también de ultrasonido siempre se necesitará un valor de referencia que supone un calibrado en un trozo de carril idéntico libre de tensiones, lo cual a menudo solo puede estar disponible en tramos de nueva construcción. Por tanto, la fiabilidad de los resultados de medida se ve influida de manera importante por inseguridades de la idoneidad del valor de referencia utilizado.

30 Por el documento WO 96/35947 A1 así como por la publicación de A.WEGNER: "Stress-Free temperatura monitoring using different measuring technologies- experiences and assessment", PROCEEDING OF 10TH INTERNATIONAL HEAVY HAUL ASSOCIATION CONFERENCE, NEW DEHLI, INDIA, FEBRUARY 2013, se conoce un método para determinar la temperatura neutra de vías en donde la vía es excitada magnética y longitudinalmente en un campo de frecuencia audible, sobre la base de en diferentes estados de una tensión longitud, se graba una curva de calibración, en concreto la dependencia funcional de una señal que describe un ruido de Barkhausen magnético, de la tensión longitudinal, en donde mediante esa curva de calibración en varios puntos de medida se graba una señal del ruido de Barkhausen y se calcula una tensión longitudinal mediante la formación de un valor medio y donde teniendo en cuenta un módulo de elasticidad, un factor de dilatación y la temperatura de la vía se calcula la temperatura neutra.

40 Este estado de la técnica anteriormente citado tiene siempre como base la grabación de las curvas de calibración, un proceso que emplea mucho tiempo y costes.

45 En los métodos conocidos por los documentos US 2015 0377 836 A1 y US 2014 0316 719 A1 sobra la necesidad de una calibración en donde se introduce una señal de ultrasonido en el cuerpo de carril que hay que probar por las tensiones longitudinales, en donde se valora una señal de respuesta, en donde a partir de una trayectoria de un parámetro de la señal de respuesta dependiendo de la temperatura del carril se calcula la temperatura neutra sobre la base de la trayectoria de esa dependencia. Desventaja en estos métodos conocidos es que las mediciones deben ser realizadas en un campo de temperaturas más o menos grande y solo entonces llevan a un éxito, cuando la temperatura neutra se encuentra dentro de ese campo de temperaturas. Esto puede llevar a tiempos de medida considerables, en donde se presenta el problema de que no se está seguro de si el estado de la construcción superior de la vía ha cambiado dentro de estos tiempos de medida. Además se presenta que mediciones con ondas superficiales solo detectan estados de tensión en la superficie de carril, de manera que un resultado de medida puede estar falseado por tensiones propias.

55 Por el documento US 5 386 727 se conoce un método no invasivo para calcular la temperatura neutra local de una unión de carriles que va a ser soldada, en donde se calculan las tensiones longitudinales en una vía mediante una señal pulsada de un emisor de ultrasonido la cual se recibe en forma modificada de acuerdo a las temperaturas longitudinales actuales de la vía, en donde la temperatura neutra se calcula analíticamente partiendo de esa señal recibida, de la correspondiente temperatura de los carriles así como de los finales de carril, especialmente de las rendijas existentes entre extremos de carril enfrentados uno con otro por la cara frontal.

60 Por el documento WO 2005/044504 A1 se conoce un método para soldar dos extremos de carril de una vía en donde ambos extremos de carril sujetos cada uno mediante un par de mordazas de apriete de una máquina de soldar se mueven en la dirección longitudinal de la vía y son soldados uno con otro, en donde para el caso de que la temperatura de carril actual se desvíe de una temperatura neutra local y de acuerdo con esa desviación se introducen tensiones mecánicas en los extremos de carril que se van a soldar y en donde mediante un dispositivo de

compresión de carriles se introduce una fuerza de compresión para generar una tensión de compresión en el extremo de uno de ambos extremos de carril opuesto al lugar de soldadura. De esta manera se debe conseguir que sea posible una soldadura también por encima de una temperatura neutra.

5 Por el documento US 5 099 097 se conoce un grupo de soldadura con el que mediante la introducción de fuerzas de tracción en los extremos de carril que van a ser soldados también es posible una soldadura por debajo de la temperatura neutra.

10 Desventaja de estos métodos hasta ahora conocidos es que hacen necesaria una calibración, no pueden ser realizados sin destrucción, presuponen un conocimiento de los parámetros del material de los carriles investigados, se comportan muy alargados en el tiempo con el riesgo añadido de cambios de temperatura durante el periodo de la medición o son falseados por tensiones propias y por ello no son utilizables.

15 La misión del invento es simplificar un método del tipo mencionado al comienzo, por lo que se refiere a su realización, en comparación con el estado de la técnica previamente presentado, especialmente profundizar en que éste puede ser realizado sin un conocimiento de los parámetros del material, sin calibración, sin valores de referencia, sin una influencia ocasionada por las tensiones propias, sin una limitación a las zonas superficiales así como en comparativamente un tiempo más corto. Esta misión se resuelve con un método alternativo como este mediante las características de la parte caracterizante de las reivindicaciones 1 y 2.

20 Según esto, es esencial del invento la valoración de una señal o secuencia de señales influidas por el valor de una tensión longitudinal en la pieza de trabajo, la cual/ las cuales ha recorrido el tramo de carril investigado, esencialmente en transversal a su extensión longitudinal, sometido de manera definida a tensiones longitudinales, y la asunción de una función la cual describe la dependencia entre un parámetro de esa señal y la tensión longitudinal. Se trata por ello de un parámetro tal que depende de la tensión longitudinal, en donde a partir del recorrido de esta función es posible determinar el estado libre de tensión. Fundamentalmente, para esto se puede utilizar cualquier parámetro de la señal que se modifique dependiendo de la tensión longitudinal. Una ventaja con respecto al estado de la técnica presentado al comienzo hay que verla en que solo se debe modificar la tensión longitudinal introducida en la pieza de trabajo sobre una zona determinada que contiene literalmente el estado libre de tensión y no solo la temperatura medida una vez. Por estos motivos el método acorde con el invento puede ser realizado en un tiempo esencialmente más corto puesto que de hecho se organiza solamente sobre los valores de la tensión longitudinal introducida en la pieza de trabajo y en aquellos parámetros considerados de la señal desacoplada. Por ello no se necesitan largos periodos de tiempo para medida. Para el método no son necesarios una calibración y en igual medida los valores de referencia, y el resultado del método no es influido por las tensiones propias en la pieza de trabajo. Finalmente se prescinde también de conocer los parámetros del material.

35 Respecto de la señal mencionada, se trata según la parte caracterizante de la reivindicación 1, de una señal magnética o de una secuencia de señales magnéticas, de manera las propiedades magnéticas de la pieza de trabajo investigada forman la base del método, en concreto una interdependencia funcional entre tensiones longitudinales y propiedades magnéticas. Se calcula un estado libre de tensión sobre la base de una función que describe la interdependencia entre una señal de respuesta recibida a la señal de entrada magnética y la tensión longitudinal introducida en la pieza de trabajo.

40 Para el método puede aprovecharse la circunstancia de que la dirección principal de un campo magnético excitante exterior y la dirección principal de una magnetización inducida por éste, de la pieza de trabajo al alcanzarse un estado libre de tensión coinciden pero por lo demás son diferentes. En este caso la valoración del método depende de la señal recibida en la bobina de recepción, señal que puede ser representada en una función visual que describe esa dependencia, en donde el resultado del método, concretamente la confirmación del estado libre de tensión es deducido de esta función. La señal recibida en la bobina de recepción es procesada según un modelo matemático y evaluada en una función. Como alternativa a una bobina de recepción también se puede realizar un receptor mediante otros sensores de campo magnético. Se pueden considerar entre otros, por ejemplo sensores GMR (sensores magnetoresistivos gigantes), sensores de efecto Hall o sensores AMR (sensores anisótropos magnetoresistivos).

55 Para la realización del método, en el volumen representativo se aplican ondas transversales, por ejemplo en forma de paquetes de ondas. Estos pueden en la práctica, ser preparados por difracción y rotura de ondas acústicas, por conversión de modos, por transformador piezo o por sistemas de la tecnología EMAT (transductor electromagnético acústico). Estos últimos presentan la ventaja de que entre un cabezal de prueba y la pieza de trabajo que va a ser investigada no es necesario ningún medio de contacto.

60 La secuencia de señales es guiada en el tramo de carril por medio de una bobina emisora y una bobina receptora cuyos ejes se extienden en un ángulo de 90° uno respecto a otro y en un ángulo de 45° respecto del eje longitudinal del tramo de carril.

- 5 Las características de la parte caracterizante de la reivindicación 2 están orientadas sobre un enfoque de solución alternativo, en el que la señal mencionada está representada por una señal de ultrasonido o por una secuencia de señales de ultrasonido, de manera que como señal de respuesta del tramo de prueba se desacopla una señal de ultrasonido que es dependiente de la tensión longitudinal de manera que el método se construye sobre el cálculo de una función la cual describe la interdependencia entre esta señal y la tensión longitudinal introducida.
- En la solución alternativa anteriormente presentada se desprenden también ventajas comparables respecto del estado de la técnica anteriormente presentado.
- 10 Para la realización del método se toman en consideración cadenas de elementos compuestas por emisores de ultrasonido y receptores de ultrasonido que están situados enfrentados unos a otros transversalmente a la extensión longitudinal de la pieza de trabajo, de manera que forman el volumen representativo entre este tramo de la pieza de trabajo .
- 15 De hecho la señal de ultrasonido desacoplada es influida en numerosos parámetros por la correspondiente tensión longitudinal dominante de manera son posibles diferentes parámetros construyendo sobre diferentes enfoques de solución.
- 20 Correspondiendo con las características de las reivindicaciones 3 y 4, por ejemplo el ángulo de polarización de los emisores de ultrasonido y los receptores de ultrasonido puede ser ajustado fijo respecto de la dirección longitudinal de la pieza de trabajo o puede ser variable en definidos rangos de ángulo.
- 25 El método acorde con el invento puede ser utilizado especialmente en la forma de variante magnética especialmente en piezas de trabajo ferromagnéticas, en concreto piezas de trabajo perfiladas como carriles para ferrocarril, chapas, tubos y alambres, en general en piezas de trabajo metálicas con una estructura extendida, por ejemplo estructura longitudinal fabricada por laminado en frío y piezas de trabajo enrolladas o trenzadas como cables de acero.
- 30 La variante de método organizada sobre la base de ultrasonido puede ser utilizada además también en general en piezas de trabajo con una estructura de fibra como por ejemplo vigas de madera, materiales compuestos etc.
- El invento será explicado con detalle a continuación sobre la base de los dibujos adjuntos. Se muestra:
- 35 La Figura 1, una representación esquemática de una disposición de medida acorde con el invento sobre la base de ultrasonido;
 la Figura 2, una representación esquemática de una construcción de sensor magnético;
 la Figura 3, una representación gráfica para el cálculo del estado libre de tensión del carril, sobre la base de una medición de un periodo de tiempo con ondas de ultrasonido;
 40 la Figura 4, una representación gráfica para el cálculo del estado libre de tensión del carril, sobre la base de su magnetización;
 las Figuras 5 hasta 11, disposiciones alternativas de determinados módulos emisores y receptores para desacoplar un campo magnético en el perfil de carril que va a ser investigado así como una señal de respuesta.
 45 La Figura 12, representaciones parciales aisladas de la construcción de sensor magnético según la figura 2.
- En la figura 1 está representado con el 1 un tramo de carril que con la utilización del método acorde con el invento debe ser investigado sobre las tensiones longitudinales existentes, en especial una temperatura neutra.
- 50 En el dibujo no está representado un dispositivo que está determinado y configurado para introducir en ese tramo de carril 1 tensiones longitudinales exteriores en la dirección de la flecha 2. Sin embargo este tipo de dispositivos, como tales, son conocidos, de manera que sobra introducirse más en detalle sobre su adquisición. Estas tensiones longitudinales son introducidas por ambos lados de igual manera.
- 55 Con el 3 está identificado un aparato para la medida de la tensión longitudinal exterior introducida, el cual está unido con el tramo de carril 1 mediante mordazas de apriete 4, 5.
- A continuación se describen, a modo de ejemplo, dos formas de realización de disposiciones de sensor 6 para determinar el estado libre de tensión, en concreto una sobre la base de campos magnéticos variables según la reivindicación 1 y otra sobre la base de ondas de ultrasonido según la reivindicación 2.
- 60 Con el 7 está identificado un emisor de ultrasonido el cual introduce paquetes transversales con una frecuencia central de 1 MHz hasta 10 MHz en una posición de polarización definida respecto del eje longitudinal del tramo de carril 1, los cuales se extienden en el interior de un volumen representativo del material del carril perpendicularmente a su superficie y finalmente son detectadas por un receptor de ultrasonido 8. El volumen de material de carril

irradiado por este camino es confirmado por el posicionamiento del emisor de ultrasonido 7 así como el receptor de ultrasonido 8 y se encuentra dentro del tramo de carril 1.

5 Se prescinde de la representación de un aparato para medir la temperatura del carril. Una medición como esta solo es necesaria una vez.

10 Las figuras 2 a 11 muestran posibles posiciones del emisor de ultrasonido 7 así como del receptor de ultrasonido 8 respecto de un perfil de sección transversal 9 del tramo de carril 1. Entonces es esencial que el emisor de ultrasonido 7 y el receptor de ultrasonido 8 se encuentren en una disposición de uno frente a otro. Los receptores pueden estar dispuestos fundamentalmente también a ambos lados del volumen representativo. De esta manera se pueden recibir también porcentajes de señal reflejada. Finalmente ambos emisores pueden estar configurados para la recepción de ondas transversales diferentemente polarizadas.

15 El principio básico para la medición consiste en que la señal detectada por el receptor de ultrasonido 8 es dependiente de los ángulos entre el eje longitudinal del carril y las direcciones de polarización de emisor y receptor así como de una tensión longitudinal de carril, sin embargo es independiente de un calibrado y en igual medida de los parámetros de material. Entre el ángulo que forma el eje longitudinal de carril con las direcciones de polarización y el valor de una tensión longitudinal en el tramo de carril existe una dependencia no lineal. A esto se añade que las mediciones no son influidas por un porcentaje de tensión propia, en donde la necesidad de tiempo se limita a pocos minutos dependiendo del rango de tensión medido y de acuerdo con el dispositivo utilizado para la introducción de tensiones mecánicas en el tramo de carril.

20 Las mediciones pueden ser realizadas con ángulos regulados fijos entre las direcciones de polarización y el eje longitudinal del carril. Sin embargo hay que considerar mediciones con ángulos fijos de por ejemplo 0°, 45°, 90° o un recorrido de un campo de ángulo entre 0° hasta 90°.

25 La figura 3 muestra el cálculo de la temperatura neutra o del estado libre de tensión dependiendo del cálculo analítico del máximo de la función 10 allí mostrada, sobre cuya abscisa 11 está registrada la fuerza introducida en el tramo de carril. Sobre la ordenada 12 está registrado un parámetro que depende de la tensión longitudinal, por ejemplo un desplazamiento del tiempo entre la señal emitida y la señal recibida, en donde también pueden ser utilizadas otras diferencias en parámetros entre ambas señales. El máximo de la función 10 muestra la posición del estado libre de tensión y con ello la temperatura neutra.

30 En lugar de una disposición compuesta por emisores de ultrasonido 7 y receptores de ultrasonido 8 se puede utilizar también una disposición magnético – inductiva. El fundamento para esta disposición es que casi todas las propiedades magnéticas de materiales ferromagnéticos pueden ser influidas por una tensión mecánica exterior. Aquí se hace referencia a las figuras 2 y 12 en las que elementos funcionales que coinciden con aquellos de las figuras 1 y 3 hasta 11, tienen una identificación correspondiente.

35 Con el 13 está identificada una bobina de emisión cuyo eje se extiende con un ángulo de 45° respecto del eje longitudinal de carril del tramo de carril 1. Mediante ella, el tramo de carril 1 es sometido a un campo magnético alterno mediante el cual, como respuesta a esta excitación magnética, se induce en ella una magnetización cuya dirección e intensidad es influida por el campo magnético exterior excitador así como por la tensión mecánica, aquí tensión longitudinal, existente en el tramo de carril.

40 Con el 14 está identificada una bobina de recepción cuyo eje se extiende bajo 90° respecto del de la bobina de emisión 13.

45 Tanto la bobina de emisión 13 como la bobina de recepción 14 están integradas en un circuito magnético que identifica el cabezal de carril del perfil de sección transversal del tramo de carril 1, de manera que se influye en el cabezal de carril mediante una señal recibida mediante la bobina de recepción 14.

50 En la figura 12 se muestran dos circuitos 15, 16 magnéticos que funcionan como portadores de la bobina de emisión 13 o de la bobina de recepción 14. Y cada uno presenta un agujero 19, 20 que está acondicionado para el alojamiento del cabezal de carril del tramo de carril 1 que sirve para completar estos circuitos. En estado introducido, los planos de base de los circuitos magnéticos se extienden bajo un ángulo de 45° respecto del eje longitudinal de carril y de 90° uno respecto del otro.

55 En servicio, esta disposición de medida inductiva – magnética evalúa la señal acoplada por la bobina de recepción 14 y en concreto, especialmente, respecto a desviaciones entre la magnetización y el campo magnético exterior. El estado libre de tensión del tramo de carril está presente si magnetización y campo magnético exterior coinciden.

60 La evaluación de la señal recibida a través de la bobina de recepción 14 puede realizarse mediante un modelo matemático cuyo resultado de la valoración está representado gráficamente en la figura 3. Sobre la abscisa 17 están registradas las fuerzas introducidas en el tramo de carril 1, mientras que sobre las ordenadas 18 está registrada

65

la señal de respuesta de la bobina de recepción 14. La secuencia de los puntos de medida calculados describe una función 21 cuyo mínimo describe la posición del estado libre de tensión, y con ello la temperatura neutra.

5 También esta variante de método puede ser realizada en pocos minutos, en donde no se necesitan ni calibración ni un conocimiento de los parámetros de material del tramo de carril 1.

Lista de símbolos de representación.

- | | | |
|----|-----|-------------------------------|
| | 1. | tramo de carril |
| | 2. | flecha |
| 10 | 3. | aparato |
| | 4. | mordaza de apriete |
| | 5. | mordaza de apriete |
| | 6. | disposición de sensor |
| | 7. | emisor de ultrasonido |
| 15 | 8. | receptor de ultrasonido |
| | 9. | perfil de sección transversal |
| | 10. | función |
| | 11. | abscisas |
| | 12. | ordenadas |
| 20 | 13. | bobina de emisión |
| | 14. | bobina de recepción |
| | 15. | circuito magnético |
| | 16. | circuito magnético |
| | 17. | abscisas |
| 25 | 18. | ordenadas |
| | 19. | agujero |
| | 20. | agujero |
| | 21. | función |

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para calcular la temperatura neutra o el estado libre de tensión de un tramo de carril (1), en donde el tramo de carril (1) está sometido a tensión longitudinal exteriores, en donde el estado de tensión del tramo de carril (1) es detectado mediante un aparato (3) que está unido con el tramo de carril (1) mediante dos mordazas (4, 5) de apriete y es utilizado como base para el cálculo de la temperatura neutra, **caracterizado por que** una bobina de emisión (13) y una bobina de recepción (14) son utilizadas en el tramo de carril (1) con la premisa de que sus ejes se extienden bajo un ángulo de 90° entre ellos y se extienden bajo un ángulo de 45° respecto del eje longitudinal del tramo de carril (1), porque el tramo de carril (1) que es un elemento de un circuito magnético que comprende como mínimo la bobina de emisión (13) y la bobina de recepción (14) completado por la cabeza de rail del tramo de rail (1) está sometido a un campo alterno magnético mediante el cual se induce una magnetización del tramo de rail , cuya dirección e intensidad son influidas por el campo magnético exterior de excitación así como por la tensión longitudinal que existe en el tramo de rail (1), porque la temperatura solamente se mide una vez, porque en el tramo de rail (1) se introducen tensiones longitudinales que son modificadas sobre una zona que contiene la zona libre de tensión, porque una señal influida por el valor de la tensión longitudinal o una secuencia de señales son acopladas esencialmente de manera transversal respecto a la dirección longitudinal del tramo de rail (1) atravesándolo, en donde se valora una señal desacoplada del tramo de rail (1), en donde se calcula una función (21) que describe la dependencia funcional de un parámetro de señal magnética desacoplada de la respectiva tensión longitudinal , y en donde, sobre la base de un valor extremo de esta función (21) se calculan el estado libre de tensión así como la temperatura neutra teniendo en cuenta la temperatura que solamente se mide una vez, y teniendo en cuenta la temperatura presente durante la medición.
- 10 2. Método para el cálculo de la temperatura neutra o del estado libre de tensión de un tramo de carril (1), en donde el tramo de carril (1) está sometido a tensiones longitudinales exteriores, en donde el estado libre de tensión en el tramo de carril (1) es detectado mediante un aparato (3) que está unido con el tramo de carril (1) mediante dos mordazas (4, 5) de apriete, y es utilizado para el cálculo de la temperatura neutra, **caracterizado por que** en el tramo de carril (1) en concreto entre un emisor (7) y un receptor (8) enfrentado a éste en dirección transversal a la dirección longitudinal del tramo de carril (1), se acopla una señal de ultrasonido o una secuencia de señales de ultrasonido, porque se modifica una tensión longitudinal introducida en el tramo de carril (1) sobre una zona que contiene el estado libre de tensión donde se mide la temperatura solamente una vez, porque se calcula una función (10) que describe la dependencia funcional de un parámetro de la señal de ultrasonido desacoplada, de la correspondiente tensión longitudinal, porque sobre la base del máximo de esta función (10) se calcula el estado libre de tensión así como la temperatura neutra, en donde en el tramo de carril (1) se utilizan señales de ultrasonido en la forma de ondas transversales y donde se realiza la valoración de la señal de ultrasonido desacoplada teniendo en cuenta los ángulos de polarización del emisor (7) y receptor (8) con respecto al eje longitudinal del tramo de carril (1).
- 15 3. Método según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el cálculo de la temperatura neutra se realiza con ángulos de polarización ajustados fijos.
- 20 4. Método según la reivindicación 2, **caracterizado por que** el cálculo de la temperatura neutra se realiza con ángulos de polarización variables dentro de un campo de ángulo de 0° hasta 90°.
- 25
- 30
- 35
- 40

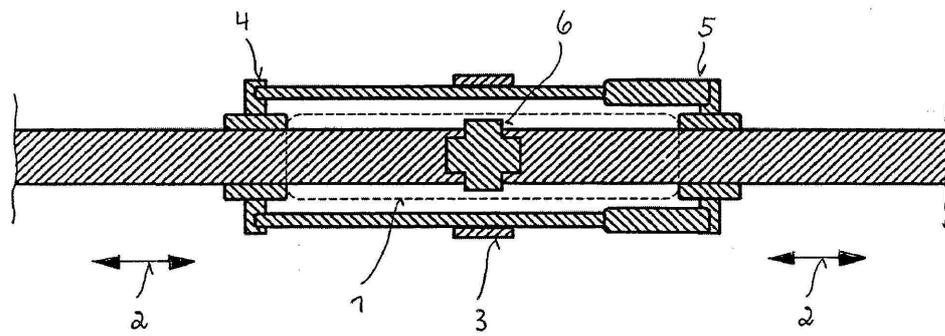


Fig. 1

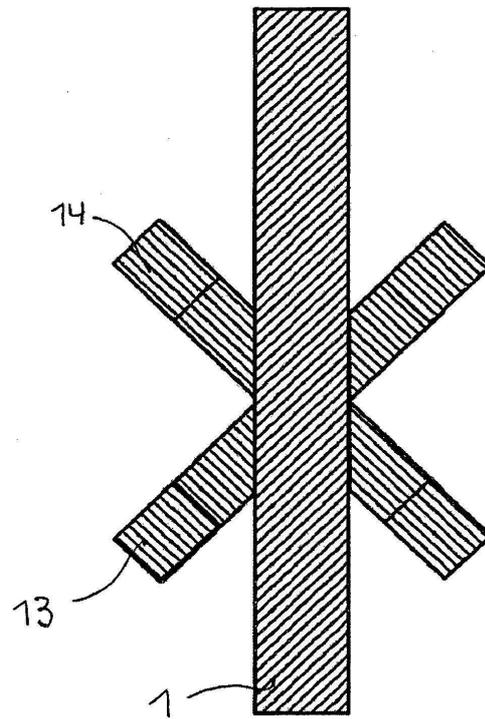


Fig. 2

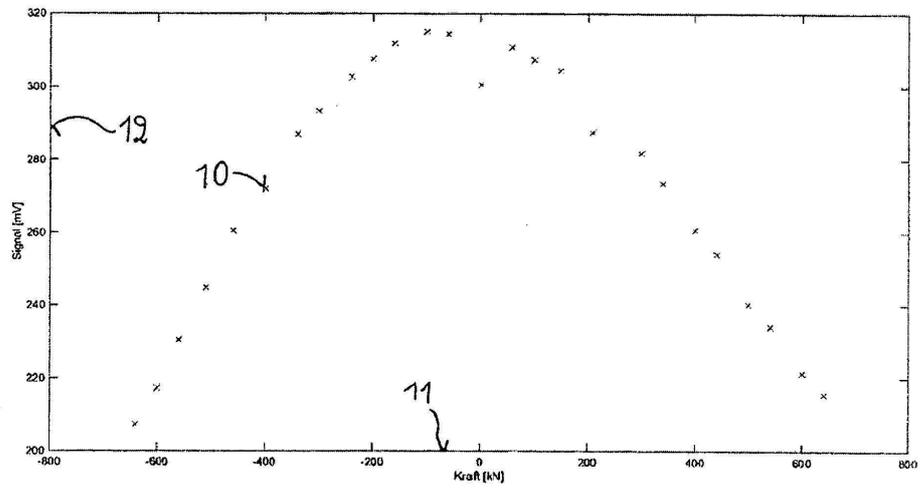


Fig. 3

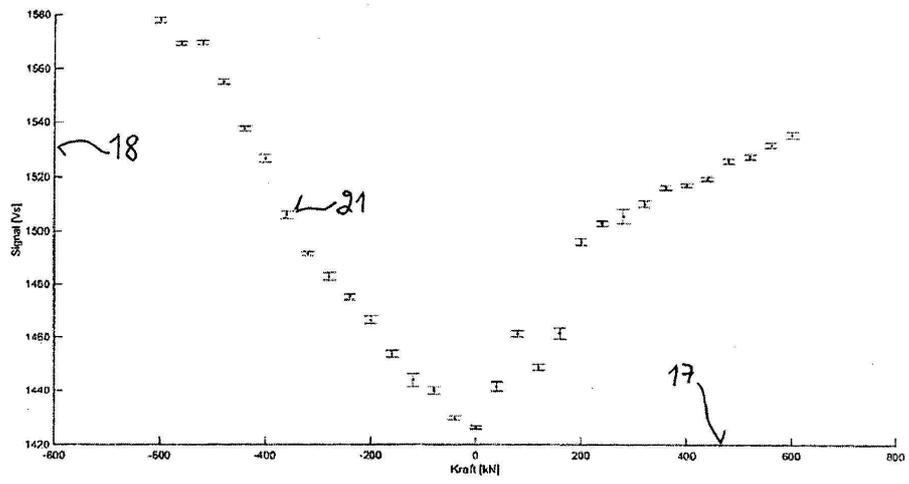


Fig. 4

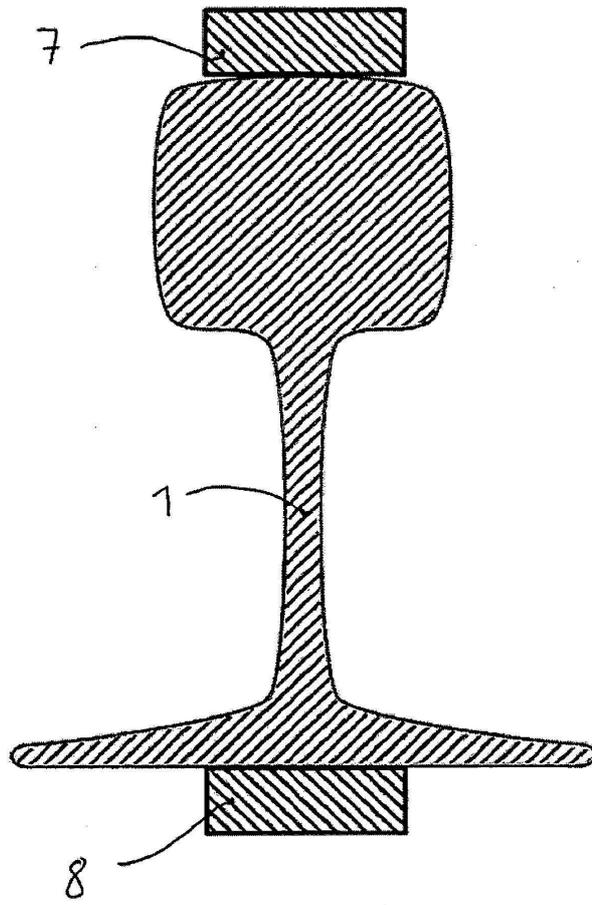


Fig. 5

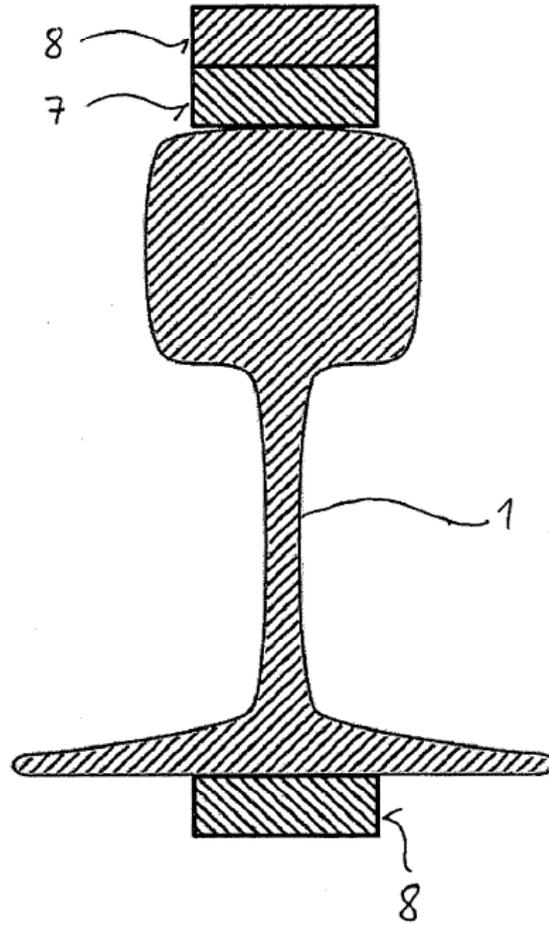


Fig. 6

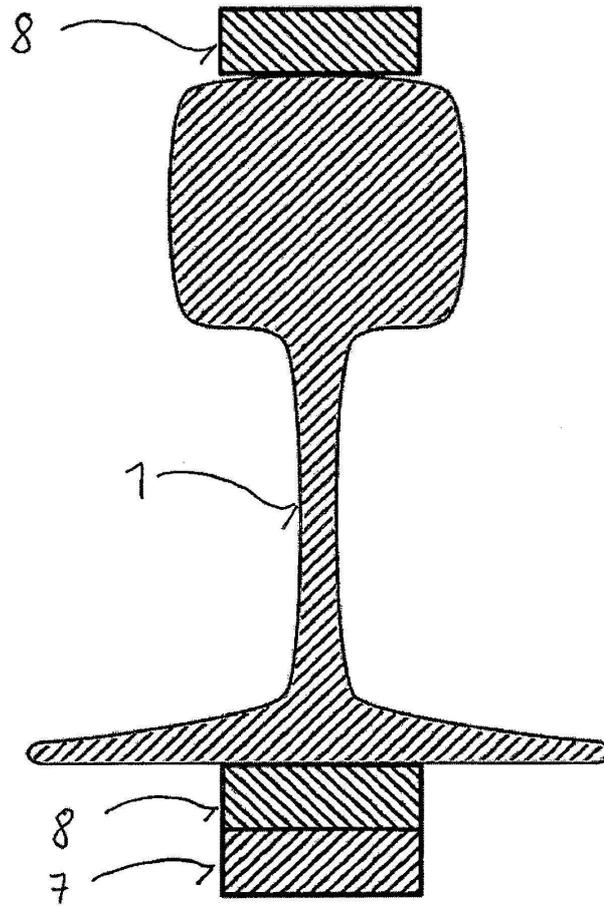


Fig. 7

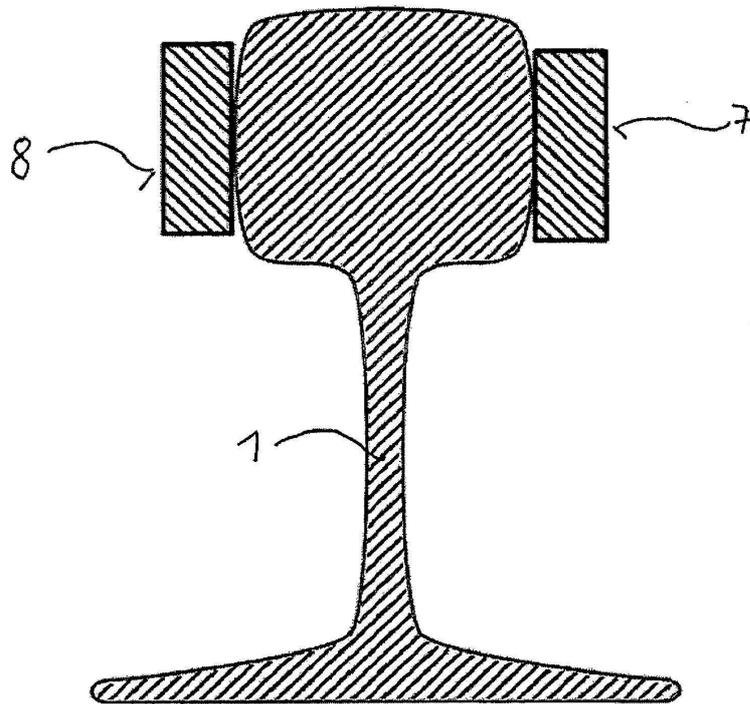


Fig. 8

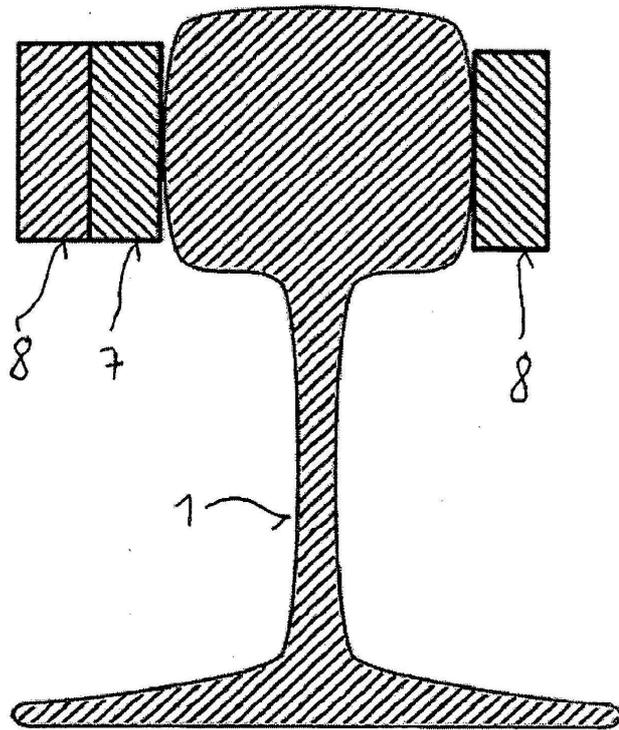


Fig. 9

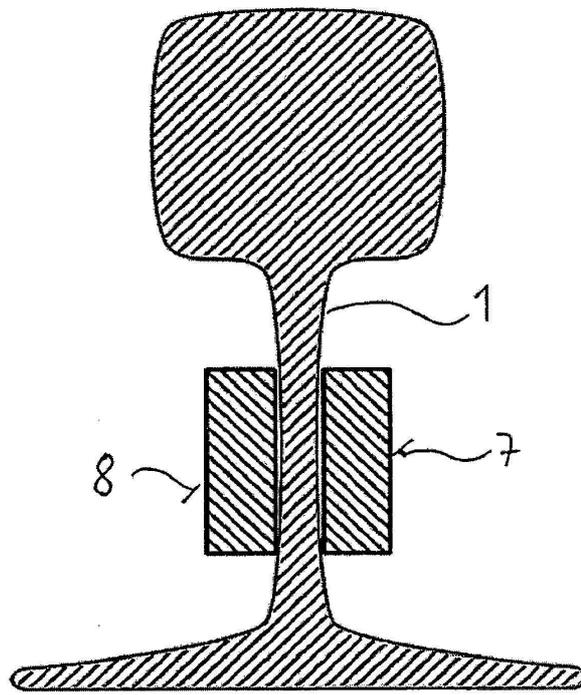


Fig. 10

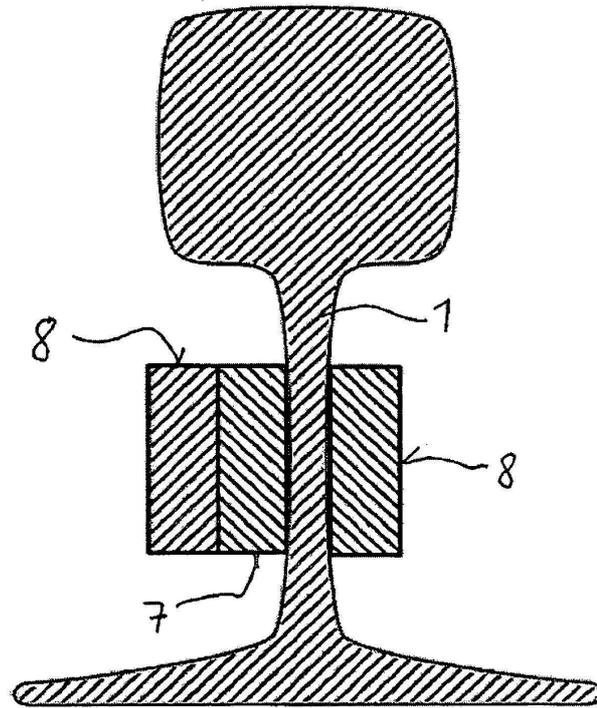


Fig. 11

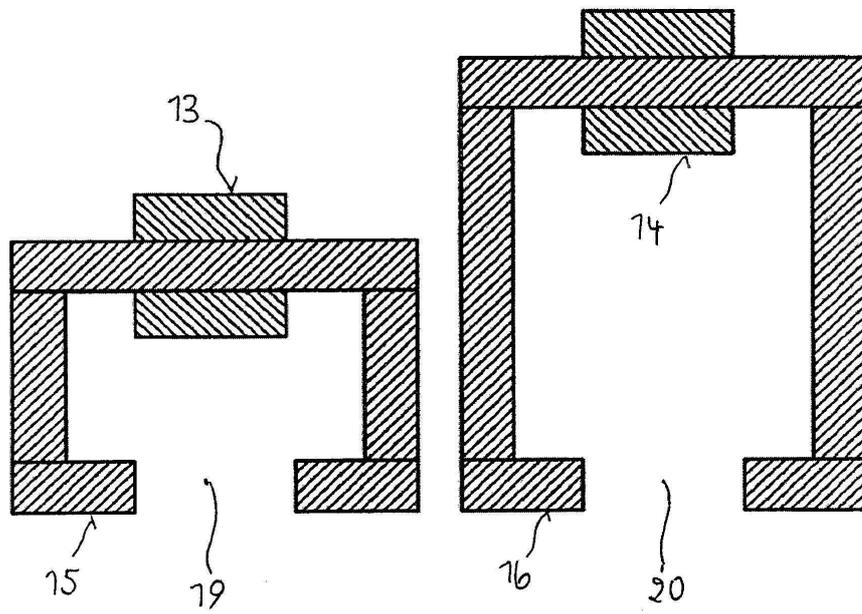


Fig. 12