

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 613**

51 Int. Cl.:

C23C 8/02	(2006.01)
C23C 8/06	(2006.01)
C23C 8/20	(2006.01)
C23C 8/22	(2006.01)
C23C 8/24	(2006.01)
C23C 8/26	(2006.01)
C23C 8/80	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.09.2010 PCT/EP2010/005456**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.03.2011 WO11029565**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.09.2010 E 10757156 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.06.2017 EP 2475797**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el endurecimiento de piezas de trabajo**

30 Prioridad:

10.09.2009 DE 102009041041

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

27.10.2017

73 Titular/es:

**ALD VACUUM TECHNOLOGIES GMBH (100.0%)
Otto-von-Guericke-Platz 1
63457 Hanau, DE**

72 Inventor/es:

**HEUER, VOLKER;
LÖSER, KLAUS;
SCHMITT, GUNTHER y
WELZIG, GERHARD**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 639 613 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 y dispositivo para el endurecimiento de piezas de trabajo

La presente invención se refiere a un procedimiento para el endurecimiento de piezas de trabajo y un dispositivo para la llevar a cabo el procedimiento. El procedimiento de acuerdo con la invención comprende las etapas:

- 5 (a) calentamiento de las piezas de trabajo a una temperatura de 950 a 1200 °C;
- (b) solicitar las piezas de trabajo con un gas que contiene carbono y/o un gas que contiene nitrógeno con una temperatura de 950 a 1200 °C y una presión por debajo de 100 mbar;
- (c) mantener las piezas de trabajo en una atmósfera con una presión por debajo de 100 mbar a una temperatura de 950 a 1200 °C;
- 10 (d) dado el caso una o varias repeticiones de las etapas (b) y (c); y
- (e) enfriamiento de las piezas de trabajo 1.

Un dispositivo adecuado comprende dos o más cámaras de carburación, al menos una cámara de enfriamiento y un sistema de transferencia para manejar armazones de piezas de trabajo, pudiéndose unir cada una de las cámaras de carburación por uno o dos correderas de vacío o correderas de aislamiento térmicas con la cámara de enfriamiento y presentando cada cámara de carburación un alojamiento para un armazón, así como elementos de calefacción.

En el caso de las piezas de trabajo se trata sobre todo de piezas de máquinas y engranajes de piezas de trabajo metálicas, por ejemplo, ruedas huecas, ruedas dentadas, árboles o componentes de inyección de aleaciones de acero como 28Cr4 (de acuerdo con ASTM 5130), 16MnCr5, 18CrNi8 y 18CrNiMo7-6.

20 Se conocen procedimientos y dispositivos para el endurecimiento de piezas de trabajo por carburación en el estado de la técnica.

El documento DE 103 22 255 A1 revela un procedimiento para la carburación de piezas de acero a temperaturas por encima de 930 °C con un gas donante de carbono dentro de una cámara de tratamiento que se puede evacuar, añadiendo tanto durante la fase de calentamiento, como la fase de difusión gases que liberan nitrógeno, como amoníaco, a la cámara de tratamiento.

El documento DE 103 59 554 B4 describe un procedimiento para la carburación de piezas de trabajo metálicas en un horno de vacío, conteniendo la atmósfera del horno un portador de carbono, que se desintegra bajo las condiciones de proceso de la carburación emitiendo un carbono puro, teniendo lugar la adicción del portador de carbono por impulsos y conectándose a casa impulso de carbono una pausa de difusión y variando la cantidad de hidrocarburo que se debe añadir durante un impulso de carbono de tal manera, que está adaptada a la capacidad de alojamiento actual del material, para lo que se mide el flujo volumétrico de acetileno al principio de cada impulso de carbono y se mide la concentración de hidrógeno y/o acetileno y/o el carbono total que reina en la atmósfera del horno o en el gas de escape y después de baja de manera correspondiente el flujo volumétrico de acetileno.

El documento DE 10 2006 048 434 A1 se refiere a un procedimiento de carburación, que se lleva a cabo en una atmósfera de gas protector o de tratamiento en un horno de tratamiento térmico, introduciendo y tratando químicamente un alcohol o dióxido de carbono en el horno de tratamiento térmico. Se introducen etanol y dióxido de carbono en el horno de tratamiento térmico, ascendiendo la relación de etanol introducido al dióxido de carbono introducido preferentemente a 1:0.96. Una atmósfera de tratamiento térmico generada de esta forma es adecuada, en particular, para la carburación, así como calcinación neutral a carburación de materiales metálicos, como, por ejemplo, materiales de hierro.

El documento DE 10 2007 038 991 A1 describe un horno de solera giratoria para el tratamiento térmico de piezas de trabajo, en particular, para la carburación de gas de piezas de trabajo metálicas, con un espacio de horno, una solera giratoria que limita el espacio de horno por el lado del fondo, una pared exterior que rodea el espacio de horno lateralmente y una placa de techo que limita el espacio de horno por el lado del techo, estando el espacio de horno dividido con paredes interiores, que se extienden de manera radial con respecto al eje de giro del plato giratorio, en al menos dos zonas de tratamiento. Para el tratamiento de piezas de trabajo en el plato giratorio están dispuestos varios armazones que se pueden alimentar radialmente con respecto al eje de giro del plato giratorio alineado radialmente para el alojamiento de piezas de trabajo o portadores de piezas de trabajo, presentando cada pared interior un paso formado complementario a los armazones, por el que se pueden guiar los armazones en caso de plato giratorio que gira en dirección de perímetro con la respectiva pared interior.

El documento DE 10 2007 047 074 A1 describe un procedimiento para la carburación de piezas de trabajo de acero, en particular, de piezas de trabajo con superficies que se encuentran en el exterior e interior, manteniendo la pieza de trabajo a una temperatura en el intervalo de 850 a 1050 °C en una atmósfera que contiene hidrocarburo en forma de gas. Al menos se emplean dos hidrocarburos distintos en forma de gas y/o la pieza de trabajo se mantiene de forma alternativa durante un impulso de carburación en la atmósfera que contiene el hidrocarburo en forma de gas y durante la fase de difusión en una atmósfera, que está libre de hidrocarburo.

El documento DE202008010215U1 revela un horno industrial con varias cámaras, en particular, un horno de vacío de dos cámaras para el tratamiento térmico de hornadas (3.1) de piezas de trabajo metálicas, presentando al menos por cada cámara de calefacción (1.1) y una cámara de enfriamiento brusco (1.2), un equipo de enfriamiento (1.2.1), así como un equipo de transporte caracterizado porque la combinación de las siguientes características: a) La cámara de calefacción y la cámara de enfriamiento brusco están integradas en una carcasa (1) con una pared de separación (1.3) resistente a alta presión que separa en el espacio la cámara de calefacción (1.1) de la cámara de enfriamiento brusco (1.2) con abertura de hornada (1.4) para el transporte de hornada (3.1), b) una puerta de separación (2) que obtura la abertura de hornada (1.4) y que se puede desplazar de forma horizontal, que en estado obturado separa de manera resistente a vacío y alta presión la cámara de calefacción (1.1) de la cámara de enfriamiento brusco (1.2), c) un sistema de transporte de hornadas (3) desplazable de manera horizontal dispuesto en la cámara de enfriamiento brusco (1.2) para el transporte alterno de hornadas (3.1) entre la cámara de enfriamiento brusco (1.2) y la cámara de calefacción (1.1) y d) un sistema de solera de hornadas (4) dispuesto en la cámara de calefacción (1.1), presentando e) el sistema de solera de hornadas (4) de la cámara de calefacción (1.1) y el sistema de transporte de hornadas (3) cámara de enfriamiento brusco (1.2) medios para la entrega/acogida de hornada (3.1). (Véase D5, reivindicación 1 e ilustraciones 1-3). Los procedimientos conocidos en el estado de la técnica presentan una o varias de las siguientes desventajas:

- la temperatura necesaria para el endurecimiento de piezas de trabajo mediante carburación se encuentra por encima de 850 °C, necesiéndose para calentar habitualmente tiempo se más de 45 min. Para lograr una productividad suficiente o un rendimiento alto de piezas de trabajo, la carburación tiene lugar por ornadas con una cantidad grande de piezas de trabajo, que están dispuestas en varios niveles las unas sobre las otras en un armazón de hornadas. Por ejemplo, se carga un armazón de hornadas con 10 bandejas con en total 160 ruedas huecas de una aleación de 28Cr4 (de acuerdo con ASTM 5130), disponiendo sobre cada una de las 10 bandejas 16 ruedas huecas unas junto las otras. Las hornadas típicas o armazones de hornadas en cada una de las tres direcciones espaciales tienen una dimensión en el intervalo de 400 mm hasta 2000 mm. Aquí y a continuación se señala este tipo de hornada convencional también con el término "hornada 3D". En el proceso de fabricación la carburación en el sigue al mecanizado esencialmente mecánico en serie (el así llamado mecanizado suave). Para ello se colocan zonas de amortiguación, en las que se recogen las piezas de trabajo mecanizadas suave, hasta que se completa una hornada 3D para la carburación. La carburación de hornadas 3D requiere superficies considerables tanto para el horno, como también para la zona de amortiguación. Además, interrumpe el flujo casi continuo del mecanizado mecánico y causa gastos logísticos adicionales. De esta manera la amortiguación de hornadas 3D requiere el manejo manual de piezas de trabajo, porque para ello no se pueden emplear sistemas de robots adecuados debido a razones técnicas y económicas;
- en el caso de la carburación de hornadas 3D con frecuencia aparecen formaciones de residuos que contienen carbono, que pueden contaminar tanto las piezas de trabajo, como también la línea de producción circundante;
- las piezas de trabajo carburadas en hornadas 3D presentan por norma general demoras térmicas considerables, que hacen necesario un mecanizado posterior mecánico costoso (el así llamado mecanizado duro);
- las piezas de trabajo carburadas en hornadas 3D presentan en el caso de propiedades características, como profundidad de carbonización, el contenido de carbono superficial y la dureza del núcleo, una dispersión amplia, de modo que no es posible mejorar valores de calidad influenciados directa o indirectamente por ello, como, por ejemplo, el deslizamiento o pérdida de fricción de un engranaje mecánico formado por las piezas carburadas.

Un objetivo de la presente invención consiste en poner a disposición un procedimiento para el endurecimiento de piezas de trabajo, que presenta una alta productividad y puede evitar en gran medida las desventajas precedentes.

Este objetivo se resuelve por un procedimiento según la reivindicación 1, comprendiendo las etapas:

- (a) calentamiento de las piezas de trabajo a una temperatura de 950 a 1200 °C, calentando del 30 al 100 % de la superficie de cada pieza de trabajo con radiación térmica directa de un equipo de calefacción;
- (b) solicitar las piezas de trabajo con un gas que contiene carbono y/o un gas que contiene nitrógeno con una temperatura de 950 a 1200 °C y una presión por debajo de 100 mbar;
- (c) mantener las piezas de trabajo en una atmósfera con una presión por debajo de 100 mbar a una temperatura de 950 a 1200 °C;
- (d) dado el caso una o varias repeticiones de las etapas (b) y (c); y
- (e) enfriamiento de las piezas de trabajo.

El calentamiento de las piezas de trabajo en la etapa (a) del procedimiento de acuerdo con la invención se realiza porque las piezas de trabajo están dispuestas una junto a la otra en un nivel o fila en el dispositivo de calentamiento. Este tipo de disposición se señala aquí y a continuación también con el término "2D-Charge".

Otras conformaciones del procedimiento de acuerdo con la invención se caracterizan porque:

- en la etapa (a) se calienta cada una de las piezas de trabajo con radiación térmica desde dos o más direcciones espaciales;
- en la etapa (a) se calienta la zona cercana a la superficie de cada una de las piezas de trabajo en una tasa de 35 a 135 °C·min⁻¹, preferentemente de 50 a 110 °C·min⁻¹, y, en particular, de 50 a 75 °C·min⁻¹;

- en la etapa (a) se calienta el núcleo de cada una de las piezas de trabajo en una tasa de $18 \text{ a } 120 \text{ }^\circ\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$;
- en la etapa (e) se enfrían las piezas de trabajo en una tasa de temperatura de $800 \text{ a } 500 \text{ }^\circ\text{C}$ con un nivel de enfriado de $2 \text{ a } 20 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$;
- 5 - en la etapa (b) se solicitan las piezas de trabajo con acetileno (C_2H_2) y/o amoniaco (NH_3);
- en la etapa (e) se enfrían las piezas de trabajo con un gas, preferentemente con nitrógeno;
- las piezas de trabajo se enfrían mediante nitrógeno con una presión de $2 \text{ a } 20 \text{ bar}$, preferentemente de $4 \text{ a } 8 \text{ bar}$ y, en particular, de $5 \text{ a } 7 \text{ bar}$;
- en la etapa (e) se enfría la superficie de las piezas de trabajo con una temperatura en el intervalo de $900 \text{ a } 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ en $40 \text{ a } 100 \text{ s}$ a una temperatura de $300 \text{ }^\circ\text{C}$; y
- 10 - el tiempo de ciclo para llevar a cabo las es (a) a (e) con respecto a una pieza de trabajo asciende a de $5 \text{ a } 120 \text{ s}$, preferentemente de $5 \text{ a } 60 \text{ s}$, y en particular de $5 \text{ a } 40 \text{ s}$.

Para el endurecimiento de piezas de trabajo y piezas constructivas pequeñas como toberas de inyección para motores de combustión interna o pernos roscados con una masa de $50 \text{ a } 300 \text{ g}$ según el procedimiento de acuerdo con la invención se disponen aproximadamente $50 \text{ a } 400$ piezas constructivas en forma de un apilamiento de una a tres capas en un almacén configurado como o en un almacén fabricado de manera especial para una colocación ordenada de las piezas de trabajo. Condicionado por la gran cantidad de piezas de trabajo en el cesto para llevar a cabo las etapas (a) a (e) se puede lograr un corto tiempo de ciclo en el intervalo de $20 \text{ a } 5 \text{ s}$. La densidad aparente de las piezas de trabajo a este respecto se selecciona de tal manera, al menos se caliente el 30% de la superficie de cada pieza de trabajo con radiación térmica directa de un equipo de calefacción.

20 En particular, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende las siguientes etapas:

- (i) disponer en una capa las piezas de trabajo en/sobre un almacén;
- (ii) introducir el almacén con las piezas de trabajo en una cámara de enfriamiento, evacuar a una presión por debajo de 100 mbar ;
- 25 (iii) transferencia del almacén a una cámara de carburación, estando el almacén antes de introducirlo en la cámara de carburación dado el caso almacenado temporalmente en un alojamiento de aparcamiento;
- (iv) calentamiento de las piezas de trabajo a una temperatura de $950 \text{ a } 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ mediante radiación térmica, calentando del 30 al 100% de la superficie de cada pieza de trabajo con radiación térmica directa de una cámara de carburación;
- 30 (v) solicitar las piezas de trabajo con un gas que contiene carbono y/o gas que contiene nitrógeno con una temperatura de $950 \text{ a } 1200 \text{ }^\circ\text{C}$ y una presión por debajo de 100 mbar ;
- (vi) mantener las piezas de trabajo en una atmósfera con una presión por debajo de 100 mbar a una temperatura de $950 \text{ a } 1200 \text{ }^\circ\text{C}$;
- (vii) dado el caso una o varias repeticiones de las etapas (iv) y (v);
- 35 (viii) transferir el almacén con las piezas de trabajo a una cámara de enfriamiento;
- (ix) enfriar las piezas de trabajo con un gas, preferentemente nitrógeno; y
- (x) retirar el almacén con las piezas de trabajo de la cámara de enfriamiento.

Otro objetivo de la invención consiste en crear un dispositivo para el endurecimiento de piezas de trabajo de acuerdo con el procedimiento precedente.

40 Un dispositivo de acuerdo con la invención comprende dos o más cámaras de carburación, al menos una cámara de enfriamiento, una cámara de esclusa dispuesta entre las cámaras de carburación y la cámara de enfriamiento y un sistema de transferencia para manejar armazones para las piezas de trabajo, pudiéndose unir la cámara de enfriamiento por una corredera de vacío con la cámara de esclusa, pudiendo unir cada una de las cámaras de carburación por correderas de aislamiento térmicas con la cámara de esclusa y presentando cada una de las cámaras de carburación un alojamiento para un almacén y al menos dos elementos de calefacción, que están dispuestos de tal manera, que la radiación emitida por ellos irradia en la superficie de cada una de las piezas de trabajo bajo un ángulo espacial mediano de $0,5 \pi \text{ a } 2 \pi$.

Los perfeccionamientos del dispositivo de acuerdo con la invención están caracterizados porque:

- las correderas de aislamiento térmicas están confirmadas como correderas de vacío;
- la cámara de enfriamiento comprende dos correderas de vacío para introducir y retirar piezas de trabajo;
- 50 - los elementos de calefacción están configurados como radiadores de superficie;
- los elementos de calefacción se componen de grafito o carbono reforzado con fibra de carbono (CFC);
- los armazones están configurados como paletas a modo de rejilla;
- los armazones se componen de carbono reforzado con fibra de (CFC); y
- 55 - el sistema de transferencia comprende accionamientos de cadena dispuestos verticalmente con desvíos superiores o inferiores y cadenas, así como una horquilla telescópica desplazable horizontalmente para el alojamiento de paletas, estando la horquilla telescópica acoplada por un engranaje con una de las cadenas.

Por el procedimiento descrito anteriormente se pueden poner a disposición piezas de trabajo con propiedades mejoradas, en particular, con demora térmica reducida. Debido a la demora reducida se reduce considerablemente el coste para el mecanizado posterior mecánico (así llamado mecanizado duro).

La pieza de trabajo se caracteriza porque:

- la profundidad de dureza de aplicación (CHD) se encuentra dentro de un intervalo de $\pm 0,05$ mm, preferentemente $\pm 0,04$ mm, y en particular, $\pm 0,03$ mm alrededor de un valor nominal, ascendiendo el valor nominal de 0,3 a 1,4 mm;
 - 5 - el contenido de carbono superficial se encuentra dentro del intervalo del 0,025 % en peso, preferentemente $\pm 0,015$ % en peso, y en particular, $\pm 0,01$ % en peso de un valor nominal, ascendiendo el valor nominal del 0,6 al 0,85 % en peso; y
 - la dureza del núcleo se encuentra dentro de un intervalo de ± 30 HV, preferentemente ± 20 HV alrededor de un valor nominal, ascendiendo del valor nominal de 280 a 480 HV.
- 10 La divergencia del valor nominal o zona de dispersión (es decir, la diferencia entre el valor de medición más grande y más pequeño) de la profundidad de dureza de aplicación (CHD), el contenido de carbono superficial y la dureza del núcleo se determinan por mediciones de 1 a 5 piezas de trabajo en hornada.

En el caso de las piezas de trabajo se trata sobre todo de piezas de máquinas y engranajes de piezas de trabajo metálicas, por ejemplo, ruedas huecas, ruedas dentadas, árboles o componentes de inyección de aleaciones de acero como 28Cr4 (de acuerdo con ASTM 5130), 16MnCr5, 18CrNi8 y 18CrNiMo7-6.

15

La invención se explica con más detalle a continuación mediante figuras, mostrando

- la figura 1a una disposición de una pieza de trabajo con dos elementos de calefacción;
- la figura 1b un calentamiento por radiación de una pieza de trabajo;
- la figura 2 una paleta con piezas de trabajo;
- 20 la figura 3 un dispositivo para el endurecimiento con una cámara de enfriamiento que se puede desplazar verticalmente;
- la figura 3A un dispositivo con una cámara de transferencia;
- la figura 4 un dispositivo para el endurecimiento con una cámara de enfriamiento estacional y una cámara de esclusa central;
- 25 la figura 5 A-B sistema de transferencia para un dispositivo con una cámara de esclusa central;
- la figura 6 varias piezas de trabajo entre dos elementos de calefacción en disposición vertical;
- la figura 7 datos de medición en cuanto al calentamiento de piezas de trabajo;
- la figura 8 datos de medición en cuanto al perfil de dureza de piezas de trabajo;
- la figura 9 datos de medición en cuanto a la dureza del núcleo de piezas de trabajo;
- 30 la figura 10 datos de medición en cuanto al carbono superficial de piezas de trabajo; y
- la figura 11 datos de medición en cuanto a la ovalidad de piezas de trabajo.

En la figura 1a está representada una disposición para el calentamiento de piezas de trabajo 6 con dos elementos de calefacción (21, 22). Las piezas de trabajo 6 están colocadas sobre un armazón 5 configurado como paleta a modo de rejilla. Los elementos de calefacción (21, 22) están dispuestos relativamente a la paleta 5 o a las piezas de trabajo 6 de tal manera, que la radiación emitida por los elementos de calefacción (21, 22), que está simbolizada por flechas 8 en la figura 1, incide desde diferentes direcciones espaciales sobre la superficie de las piezas de trabajo 6. Preferentemente los elementos de calefacción (21, 22) están dispuestos en ambos lados de la paleta 5 y están opuestos uno a otro. La disposición de los elementos de calefacción (21, 22) está seleccionada de tal manera, que del 30 al 100 % de la superficie de cada pieza de trabajo 6 está expuesta a radiación térmica 8 directa, es decir, se encuentra en contacto visual directo con la superficie de los elementos de calefacción (21, 22). En otro perfeccionamiento adecuado de la invención los elementos de calefacción (21, 22) están configurados de tal manera y dispuestos relativamente a las piezas de trabajo 6, que un ángulo espacial, que alumbra en un punto (9, 9') de la superficie de la pieza de trabajo 6 la radiación térmica 8 que incide en el medio asciende de $0,5 \pi$ a 2π . Esta configuración, en la que se ilumina del 30 a 100 % de la superficie de cada pieza de trabajo 6 con radiación térmica 8 bajo un ángulo espacial medio de $0,5 \pi$ a 2π , hace posible un calentamiento rápido de las piezas de trabajo 6. La figura 1b muestra en vista en perspectiva un ángulo espacial Ω máximo de tamaño 2π para una radiación de un punto 9 sobre la superficie de una pieza de trabajo 6. De la figura 1a se reconoce, que las zonas parciales de la superficie de las piezas de trabajo 6 están asiladas por la paleta 5 y no tienen ningún contacto visual directo con los elementos de calefacción (21, 22). Lo mismo vale para las zonas, en las que la superficie de las piezas de trabajo 6 está configurada de manera cóncava. Las zonas de superficies anteriormente mencionadas se calientan indirectamente por conducción de calor dentro de las piezas de trabajo 6. Cuando de acuerdo con la invención al menos el 30 % de la superficie de lasa pieza de trabajo se encuentra en contacto visual directo con uno de los elementos de calefacción (21, 22), se garantiza un calentamiento rápido de las piezas de trabajo 6. Preferentemente se trata en el caso de los elementos de calefacción (21, 22) de "radiadores de infrarrojos activos" que se hacen funcionar con energía eléctrica. De acuerdo con la invención, sin embargo, también se usan "radiadores de infrarrojos pasivos", como, por ejemplo, la pared de una cámara de carburación, que se ha calentado mediante una calefacción radiante dispuesta en la cámara de carburación a una temperatura de más de 1000 °C, en particular, más de 1400 °C. Las paredes de la cámara de carburación preferentemente tienen una capacidad térmica, que asciende a un múltiplo de la capacidad térmica de las piezas de trabajo que se deben endurecer. Por ello se garantiza, que la temperatura de la cámara de carburación durante el tratamiento y la retirada de las piezas de trabajo solo descienda ligeramente. Los efectos de acuerdo con la invención se logran de la misma manera con

35

40

45

50

55

60

radiadores de infrarrojos eléctricos, como por paredes de una cámara de carburación calentada por calefacción radiante.

La figura 2 muestra en vista en perspectiva una disposición de una capa de acuerdo con la invención de piezas de trabajo 6, de las que se trata, por ejemplo, de ruedas dentadas, sobre una paleta 5 configurada a modo de rejilla. La relación de superficie abierta a rejilla, medida en el plano simétrico 7 transversal de la paleta 5 y con respecto a una normalidad de superficie 7' perpendicular al plano simétrico 7 transversal aquí y a continuación se calcula como relación de abertura y de acuerdo con la invención es más grande que el 60 %, preferentemente más grande que el 70 % y, en particular, más grande que el 80 %. De manera adecuada la paleta 5 se compone de carbono reforzado con fibra de carbono (CFC o Carbon Fiber Reinforced Carbon), de modo que presenta una alta estabilidad mecánica y térmica.

Un dispositivo 100 representado de manera esquemática en la figura 3 comprende una cámara de enfriamiento 190 que se puede desplazar de manera vertical y cuatro cámaras de carburación 110, 120, 130, 140 dispuestas verticalmente una sobre la otra. La cámara de enfriamiento 190 y cada una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) está unida con una bomba de vacío o con un nivel de bomba de vacío (no mostrado en la figura 3). Mediante las bombas de vacío se puede evacuar cada una de las cámaras (190; 110, 120, 130, 140) de manera independiente de las otras cámaras a una presión por debajo de 100 mbar, preferentemente por debajo de 20 mbar. La cámara de enfriamiento 190 además está unida con un conducto de gas con un recipiente de presión (no mostrado en la figura 3) para un gas de enfriamiento, como helio o nitrógeno. El gas de enfriamiento se mantiene en un recipiente de presión bajo una presión de 2 a 25 bar. Para la generación de presión el recipiente de presión está unido de manera conocida con un compresor o un suministro de gas de alta presión. El conducto de gas del recipiente de presión a la cámara de enfriamiento 190 está equipado con una válvula regulable. Para ventilar y evacuar la cámara de enfriamiento 190 la válvula regulable se lleva a una posición de cierre, de modo que no puede entrar ningún gas de enfriamiento del recipiente de presión a la cámara de enfriamiento 190.

Cada una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) está un propio conducto de gas con un recipiente (no mostrado en la figura 3 para un gas que contiene carbono, como acetileno. De manera opcional cada cámara de carburación está unida con otro recipiente para un gas que contiene nitrógeno. Los conductos de gas del/ de los recipiente/s a las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140, están equipados con válvulas regulables, preferentemente con reguladores de flujo de masa (MFC), para controlar de manera precisa el flujo de gas que se suministra a la respectiva cámara de carburación 110, 120, 130, 140.

Además, cada cámara de carburación (110, 120, 130, 140) comprende dos elementos de calefacción (21, 22, así como un alojamiento o soporte, no mostrado en la figura 3, para una paleta 5. Los elementos de calefacción (21, 22) se hacen funcionar de manera eléctrica, preferentemente, configurados en superficies y se componen de un material, como grafito o carbono reforzado con fibra de carbono (CFC o. Carbon Fiber Reinforced Carbon). En particular, los elementos de calefacción (21, 22) están configurados como calentadores de superficie en forma de meandros (véase la figura 6).

La cámara de enfriamiento 190 está equipada en los dos lados frontales opuestos con una o dos correderas de vacío 191 y 192. Cuando las correderas de vacío 191 y/o 192 están abiertas, la paleta 5 con piezas de trabajo 6 se puede introducir o retirad en la cámara de enfriamiento 190. Para la transferencia o para el manejo de la paleta 5, la cámara de enfriamiento 190 está equipada con un sistema de transferencia 153 acoplado automático, en particular, control de memoria serie-paralelo-serie (SPS). La cámara de enfriamiento 190 está montada sobre un soporte de un dispositivo de elevación 160 vertical. Mediante el dispositivo de elevación 160 la cámara de enfriamiento 190 se puede posicionar delante de cada una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140). Cada una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) está equipada con una corredera de vacío (111, 121, 131, 141). La cámara de enfriamiento 190 y las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) están configuradas de tal manera, que se pueden unir la una con las otras de manera estanca a vacío, cuando la cámara de enfriamiento 190 está posicionada delante de una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140). Para un acoplamiento de este tipo son conocidos los componentes de vacío (no mostrados en la figura 3) para el experto en la materia y están disponibles en el mercado. En la figura 3 está mostrado a modo de ejemplo el acoplamiento estanco al vacío entre la cámara de enfriamiento 190 y una cámara de carburación 120. A este respecto las correderas de vacío 192 y 121 de la cámara de enfriamiento 190 y la cámara de carburación 120 pueden estar abiertas al mismo tiempo, sin que se rompa el vacío en una de las cámaras. La conformación estanca al vacío de las cámaras (190; 110, 120, 130, 140) por lo tanto permite transferir una paleta 5 con piezas de trabajo 6 entre una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) y la cámara de enfriamiento 190 de un lado al otro, sin romper el vacío.

La figura 3A muestra una forma de realización 100A ventajosa del dispositivo con una cámara de enfriamiento 195 y una cámara de transferencia 196. La cámara de transferencia 196 está montada en el lado dirigido a las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) de la cámara de enfriamiento 195 y sirve como alojamiento de un sistema de transferencia 154 horizontal. Debido a su disposición en la cámara de transferencia 196 es sistema de transferencia 154 está a disposición independientemente del estado de funcionamiento de la cámara de enfriamiento 195, para cargar una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) con una paleta 5 con piezas de trabajo 6. El sistema de transferencia 154 de puede desplazar de manera horizontal a ambos lados, de modo que la paleta 5 se puede transferir entre la cámara de enfriamiento 195 y cada una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140). En el

dispositivo 100A en la cámara de carburación 140 más superior además está prevista una bandeja (no representada en la figura 3A) para aparcar una paleta 5 con piezas de trabajo 6 "frescas", es decir, que se deben endurecer. Para la separación estanca al vacío entre la cámara de enfriamiento 195 y la cámara de transferencia 196 está dispuesta una corredera de vacío 197. En un lado frontal dirigido a las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) la cámara de transferencia 196 presenta una abertura, cuyo borde se puede unir de manera estanca al vacío con las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140). Para ello el borde de la abertura está equipado con una obturación al vacío 198 circundante. La obturación al vacío 198, que por ejemplo, puede componerse de caucho, sirve para acoplar la cámara de transferencia 196 a una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) dispuestas verticalmente una sobre la otra. La cámara de transferencia 196, al igual que la cámara de enfriamiento 195 y carburación (110, 120, 130, 140) está unida con una bomba de vacío propia (no mostrada en la figura 3A) o con un nivel de bomba de vacío. De manera correspondiente a esto la cámara de transferencia 196 puede emplearse como esclusa al vacío entre la cámara de enfriamiento 195 y una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140). Mediante el dispositivo de elevación 160 se puede desplazar la cámara de transferencia 196 junto con la cámara de enfriamiento 195 en dirección vertical y cada una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) se puede posicionar. Para acoplar a las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) la cámara de transferencia 196 y la cámara de enfriamiento 195 están colocadas en un accionamiento lineal dispuesto horizontal (no mostrado en la figura 3A). El accionamiento lineal horizontal por su parte está montado sobre un soporte de un dispositivo de elevación 160 vertical. La forma de realización 100A descrita anteriormente con cámara de transferencia 196 corresponde al concepto de una instalación del tipo Typ ModulTherm de la empresa ALD Vacuum Technologies AG.

Cada una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) se puede calentar de manera eléctrica. Preferentemente la relación tiene lugar por dos elementos de calefacción 21, 22) configurados en superficies, accionados eléctricos, que se encuentran opuestos uno al otro respectivamente dispuestos en el lado inferior o superior de cada una de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140). Las paredes de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) se componen de un material metálico, en particular, de acero y dado el caso están realizadas de doble pared y están equipadas con conductos para un fluido de enfriamiento, como agua. En los lados dirigidos a su interior de cámara las paredes de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) están revestidas con un material aislante térmico, como fieltro de grafito (no representado en la figura 3). En una forma de realización especialmente preferente de la invención las paredes de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) en el lado interior además están equipadas con un material que almacena calor, como acero o grafito. Seleccionando de manera adecuada el grosor o relación de masa del material que almacena calor relativamente al material aislante térmico, por ejemplo, ocupación de masa (kg/m^2) de grosor en relación con la ocupación de masa (kg/m^2) de fieltro de grafito, se puede adaptar la capacidad térmica y la capacidad de pérdida de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140) a valores por defecto. De esta manera usando placas de grafito gruesas con alta capacidad térmica se puede reducir la caída de temperatura al introducir y al retirar las piezas de trabajo 6 a/de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140). Esto hace posible acortar la duración de calentamiento y aumentar el rendimiento o la productividad del dispositivo. Una cámara de carburación (110, 120, 130, 140) equipada con un revestimiento interior de este tipo que almacena calor se puede hacer funcionar según el tipo de un radiador de espacio hueco térmico, suministrando posteriormente la "capacidad de pérdida" irradiada a las piezas de trabajo 6 y/o al ambiente mediante una calefacción eléctrica dispuesta en cualquier posición de la cámara de carburación (110, 120, 130, 140). En el caso de esta forma de realización se calientan piezas de trabajo 6 por la radiación emitida por el revestimiento interior "pasivo" de las cámaras de carburación (110, 120, 130, 140).

La figura 4 muestra un dispositivo 200 inventivo con una cámara de enfriamiento 290 estacional, que está unida por una cámara de esclusa 280 con cuatro cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) dispuestas una sobre otra. La cámara de enfriamiento 290 está equipada con una o dos esclusas 291 y 292 para introducir o sacar una paleta 5 con piezas de trabajo 6. En la cámara de esclusa 290 está provisto un dispositivo de elevación 260 con un soporte 250 que se puede desplazar de manera vertical. Sobre el soporte 250 está montado un sistema de transferencia 253 automatizado, que se puede desplazar horizontalmente a ambos lados. El dispositivo de elevación 260 vertical junto con el sistema de transferencia 253 sirve para transferir una paleta 5 con piezas de trabajo 6 entre la cámara de enfriamiento 290 de las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240).

La cámara de esclusa 280 y la cámara de enfriamiento 290 están unidas con bombas de vacío o un nivel de bomba de vacío, no mostrados en la figura 4 y pueden evacuarse de manera independiente una de otra a una presión de debajo de 100 mbar. De manera opcional, además, cada cámara de carburación (210, 220, 230, 240) está unida con una bomba de vacío o un nivel de bomba de vacío y se puede evacuar de manera independiente a otras cámaras. De forma análoga al dispositivo 100 representado en la figura 3 la cámara de enfriamiento 290 está unida con un recipiente de presión para un gas de enfriamiento, por ejemplo, helio o nitrógeno, y cada una de las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) con un recipiente para gas que contiene carbono, como acetileno y/o un recipiente para gas que contiene nitrógeno.

Cada una de las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) está equipada con correderas (211, 221, 231, 241) móviles, que de forma primaria sirven para el flujo de entrada térmico y para el almacenaje de energía térmica en las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240). Las correderas de aislamiento (211, 221, 231, 241) térmicas solo se abren para introducir o retirar piezas de trabajo a o de cámaras de carburación (210, 220, 230, 240). De manera opcional las correderas de aislamiento (211, 221, 231, 241) térmicas pueden estar configuradas como correderas de vacío, de modo que las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) se pueden cerrar de manera estanca al vacío

contra la cámara de esclusa 280.

De forma análoga al dispositivo 100 representado en la figura 3, las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) del dispositivo 200 están equipadas con un revestimiento de varias capas de un material que acumula calor, como grafito o un material aislante térmico, como fieltro de grafito.

5 En un perfeccionamiento adecuado del dispositivo 200 la cámara de esclusa 280 comprende un alojamiento para una paleta 5, que hace posible "aparcarse" la paleta 5 con piezas de trabajo 6, para mantenerla lista para la carga de una de las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240), en cuanto se hayan descargado las últimas. Este "alojamiento de aparcamiento" preferentemente está dispuesto vertical por encima de las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240). Mediante el alojamiento de aparcamiento se puede reducir el tiempo de ciclo para la
10 carburación de una paleta y con ello se puede aumentar el rendimiento o la productividad que se puede lograr con el dispositivo 200.

Los dispositivos 100 y 200 mostrados en las figuras 3 y 4 tienen estructura modular, de modo que es posible añadir otras cámaras de carburación, para aumentar la productividad. Dependiendo de la duración de cada una de las etapas de procedimiento individuales mencionadas a continuación

- 15 - introducir la paleta en la cámara de enfriamiento
- vaciar por bombeo la cámara de enfriamiento
- transferencia a una cámara de carburación vacía, de manera opcional con un almacenamiento provisional en un alojamiento de aparcamiento,
- carburación o difusión
- 20 - transferencia a la cámara de enfriamiento
- enfriamiento
- retirada de la paleta de la cámara de enfriamiento

puede resultar ser adecuado emplear 6 en lugar de 4 cámaras de carburación, como está representado en las figuras 3 y 4. Cuando la capacidad de producción necesaria es reducida, se pueden usar por otro lado solo 2 o 3
25 cámaras de carburación para reducir los costes de invención iniciales.

Las figuras 5A-5B muestran una vista frontal o esquemática de un dispositivo de transferencia (260, 253) preferente de acuerdo con la invención para el dispositivo 200 con cámara de esclusa 280 representado en la figura 4.

El sistema de transferencia (260, 253) comprende dos accionamientos de cadena dispuestos verticales con desvíos (261, 263; 261', 263') superiores o inferiores y cadenas (262; 262 '). La cadena 262' está unida con una plataforma 254 horizontal. La plataforma 254 está guiada por uno o dos apoyos verticales 265. Sobre la plataforma 254 está montada una horquilla telescópica (255, 256) desplazable horizontal para el alojamiento de paletas 5). La horquilla telescópica (255, 256) se acciona por un engranaje 251, que está acoplado con la cadena 262. El acoplamiento entre la cadena 262 y el engranaje 251 tiene lugar por varios desvíos.

Los desvíos 263 y 263', de los que se trata preferentemente de ruedas dentadas, están acoplados por árboles 264 con motores dispuestos en el exterior de la cámara de esclusa 280 (no mostrado en las figuras 5A-5B). Para el paso de los árboles 264 la pared está equipada con la cámara de esclusa 280 con pasos giratorios estancos al vacío. Para el desplazamiento vertical de la plataforma 254 se ponen en funcionamiento accionamientos de cadena (261, 262, 263) y (261 ', 262', 263') de manera sincrónica, de modo que la colocación entre la cadena 262 y el engranaje 251 se mantiene sin cambios y la horquilla telescópica (255, 256) mantiene su posición horizontal. Por ello se pueden evitar colisiones de la horquilla telescópica (255, 256) con otras piezas del dispositivo 200 como, por ejemplo, cámaras de carburación.

El desplazamiento horizontal de la horquilla telescópica (255, 256) tiene lugar, cuando la plataforma 254 está fija en posiciones verticales, poniendo en funcionamiento la cadena 262 por la rueda dentada 263 y el árbol 264 de un motor dispuesto en el exterior de la cámara de esclusa 280.

45 La figura 6 muestra una vista parcial en perspectiva de otra forma de realización de la invención, en la que las piezas de trabajo 61, como por ejemplo árboles de engranaje, están dispuestos en nivel vertical o fila entre elementos de calefacción 21 y 22 en una cámara de carburación. Las piezas de trabajo 61 se mantienen en su posición mediante un armazón (no mostrado en la figura 6). A este respecto el armazón está configurado como bastidor con suspensiones o como placa de soporte con equipos de sujeción mecánicos, como mandriles para colocar encima o perforaciones para introducir árboles. El dispositivo para el endurecimiento de piezas de trabajo en disposición vertical de acuerdo con la figura 6 está concebido de manera análoga a los dispositivos mostrados en las figuras 3 y 4 se diferencia de estos solo porque las cámaras de carburación están dispuestas en dirección horizontal una junto a otra en lugar de vertical una sobre otra. De manera correspondiente a esto la cámara de enfriamiento se puede desplazar de manera horizontal o la cámara de esclusa o el dispositivo de transferencia dispuesto horizontal. De acuerdo con la invención se incluyen tanto el almacenamiento horizontal de piezas de trabajo (por ejemplo, sobre una paleta) de acuerdo con las figuras 3 y 4, como también una sujeción o suspensión vertical según la figura 6. A las dos formas de realización mencionadas corresponde la característica esencial de la invención, de que las piezas de trabajo están dispuestas en un nivel o una fila, es decir, del tipo de una hornada 2D en el dispositivo de calentamiento, de modo que del 30 al 100 % de la superficie de cada pieza de trabajo está directamente expuesta a la radiación térmica emitida por el dispositivo de calentamiento.

Los elementos de calefacción (21, 22) mostrados en la figura 6 están realizados como calentadores de superficie en

forma de meandros de grafito o CFC. Tales calentadores de superficie (21, 22) se conocen del estado de la técnica y se ofrecen comercialmente por distintos fabricantes.

En un perfeccionamiento de la invención la cámara de enfriamiento está equipada con un equipo de fijación mecánico y/o un aparato conductivo para gas de enfriamiento. El equipo de fijación está adaptado a la geometría de las piezas de trabajo y a este respecto dispuesto de acuerdo con la invención en la cámara de enfriamiento por encima de las piezas de trabajo que se deben enfriar. Antes de comenzar la entrada de gas o bien se presiona la paleta con las piezas de trabajo con una fuerza definida desde abajo contra el equipo de fijación, o bien el equipo de fijación antes de comenzar la entrada de gas se presiona con una fuerza definida desde arriba contra las piezas de trabajo. Con ayuda del equipo de fijación se mejora notablemente la uniformidad de las piezas de trabajo después del enfriamiento y con ello la demora de las piezas de trabajo.

Además, la cámara de enfriamiento puede estar equipada con un aparato conductivo para el enfriamiento con demora de las piezas de trabajo. Este aparato de conducción a este respecto está dispuesto en la cámara de enfriamiento por encima de las piezas de trabajo que se deben enfriar u está conformado de tal manera, que las piezas constructivas son afluídas con una velocidad de gas local alta y además el enfriamiento tiene lugar de manera muy uniforme. Para provocar un enfriamiento lo más uniforme posible, a este respecto los segmentos de piezas constructivas con espesor de pared grande se solicitan con una velocidad de flujo alta y los segmentos de piezas constructivas con espesor de pared pequeño se solicitan con una velocidad de flujo pequeña. Además, es posible conformar el aparato de conducción de forma "tridimensional", de modo que las piezas de trabajo se pueden solicitar tanto desde arriba, como también lateralmente de forma precisa con gas de enfriamiento. Para ello antes de empezar la entrada de gas o bien se deben subir piezas de trabajo desde abajo al aparato de conducción o bien el aparato de conducción bajarse desde arriba a las piezas de trabajo.

Con ayuda del aparato conductivo se aumenta notablemente la velocidad de enfriamiento de las piezas de trabajo. Esto hace posible el endurecimiento de las piezas de trabajo de materiales poco conductivos. Además, se reducen los costes de gasto de gas, ya que se puede templar con puentes de gas más pequeños. Además, se reduce notablemente la demora de las piezas de trabajo, ya que el enfriamiento tiene lugar de manera uniforme y con ello se generan menos tensiones en la pieza de trabajo.

Solo debido al tratamiento térmico de una capa de acuerdo con la invención (hornada 2D) es posible emplear el equipo de fijación y/o el aparato conductivo. En el estado de la técnica con hornadas 3D de varias capas no es posible emplear estas opciones.

Procedimiento de medición para temperatura y contenido de carbono

Los procedimientos para la medición de temperatura de piezas de trabajo metálicas son conocidos para el experto en la materia. En el marco de la presente invención la temperatura de la superficie de pieza de trabajo se midió mediante termoelementos, pirómetro y cámara de formación de calor. Cada uno de los termoelementos se fijó mediante alambre en las piezas de trabajo de tal manera, que toda la superficie de sensor del termoelemento está en contacto con la superficie de pieza de trabajo. Para hacer posible un buen contacto entre sensor y pieza de trabajo, se introduce para ello una pequeña muesca en la superficie de pieza constructiva. El termoelemento, así como el alambre de fijación tiene en comparación con la pieza de trabajo una capacidad térmica menor.

La temperatura en el núcleo de las piezas de trabajo también se midió mediante termoelementos. Para ello se perforó en el lugar que se debía medir de la pieza de trabajo un orificio ciego con un diámetro de 0,5 a 1,5 mm y se introdujo el termoelemento en el orificio ciego. Mediante la temperatura en el núcleo de las piezas de trabajo se determina la tasa de enfriamiento específica en unidades de $[\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}]$. Para ello se integran el producto de la temperatura Y medida y la capacidad térmica C (unidad $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) específica de la pieza de trabajo en el intervalo de 800 a 500 °C, de acuerdo con la referencia $Q = \int C(T) dT$, y se divide por el tiempo necesario para el enfriamiento. En el caso de radiación la capacidad térmica específica a una temperatura de 800 °C asciende aproximadamente a $0,8 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ y aumenta en un estrecho intervalo de temperatura alrededor de 735 °C a un múltiplo de este valor.

El registro de las señales de los termoelementos tuvo lugar mediante un registro de valores de medición ("Furnace-Tracker") electrónico móvil que aísla el calor, que junto con las piezas de trabajo se introducen en el dispositivo de endurecimiento, es decir, tanto en la cámara de enfriamiento como también en las cámaras de carburación.

Mediante los termoelementos por un lado se determinó el transcurso de temperatura durante el calentamiento de las piezas de trabajo en las cámaras de carburación y durante el enfriamiento en la cámara de enfriamiento.

Para la determinación del contenido de carbono superficial se rebajó la superficie de pieza de trabajo por debajo de un ángulo plano de 10° hasta una profundidad de aproximadamente 1000 μm y la superficie rebajada se midió después de una limpieza cuidadosa con análisis espectral óptico, espectrometría de masas por iones secundarios (SIMS), así como análisis por microsonda electrónica (Electron Probe Micro Analysis, EP-MA) con una resolución de linterna de menos de 10 μm , es decir, con una resolución de profundidad menos que 3,5 μm ($= 10 \mu\text{m} \times \sin(10^\circ)$). El límite de detección químico logrado por SIMS para el carbono se encuentra en el intervalo de menos de 1 ppm.

Ejemplos**Ejemplo 1:**

De las ruedas satélites del material 20MoCr4 con diámetro exterior de 54 mm, El diámetro interior de 30 mm y altura de 35 mm se obtuvieron por una hornada 2D con un nivel de 5 filas a 8 partes, es decir, 40 partes con un peso total de 12,5 kg y una hornada 3D con 8 niveles con respectivamente 5 filas a 8 partes, es decir, 320 partes con un peso total de 100 kg. El armazón de hornadas para un nivel se empleó tanto para la hornada 2D como para la hornada 3D rejillas de mallas de igual construcción de CFC con medida de 450 mm x 600 mm.

Para el resultado del proceso de endurecimiento se predefinieron los siguientes valores objetivos:

- profundidad de dureza de aplicación de 0,3 a 0,5 mm con una dureza límite de 610 HV;
- dureza de superficie de 670 HV en la superficie frontal; y
- dureza del núcleo más grande de 280 HV10 en el centro del diente en círculo de pie.

La figura 7 muestra una comparación del transcurso de temperatura de las piezas de trabajo, se endurecen (hornada 2D, una capa) y de manera convencional (hornada 3D, varias capas). La medición de la temperatura tiene lugar en ambos casos mediante termoelementos que se colocaron las piezas de trabajo, que se posicionaron en el centro o borde de la respectiva hornada. Los datos de medición de los termoelementos se registraron mediante un Furnace-Tracker. En el caso de la hornada 2D la temperatura sube de forma rápida, reconociéndose entre una pieza de trabajo posicionada en el centro o en un borde lateral de la hornada una diferencia en el transcurso de temperatura. Con respecto a esto en el caso de la hornada 3D se diferencia el transcurso de temperatura de una pieza de trabajo posicionada en el medio de la hornada y en el borde de la hornada de manera considerable. Además, la temperatura de las piezas de trabajo sube en la hornada 2D más rápido que en el caso de piezas de trabajo en el lado del borde de hornada 3D. Esta diferencia es una consecuencia de la energía de radiación, que transmiten u otorgan las piezas de trabajo que se encuentran en el exterior en la hornada 3D a piezas de trabajo que se encuentran en el interior. Para atraer todas las piezas de trabajo en la hornada 3D, en particular, las piezas de trabajo que se encuentran en el interior, a una temperatura de 1050 °C, se necesita el tiempo de aproximadamente 130 min. Con respecto a esto la atracción tiene lugar en el caso de la hornada 2D en aproximadamente 15 min.

En la figura 8 está representado el transcurso de la dureza como duración de la distancia de la superficie de las piezas de trabajo. Mediante las curvas de medición se puede reconocer la profundidad de dureza de aplicación o así llamada "Case Hardening Depth" (CHD). La determinación de CHD tiene lugar de acuerdo con la norma DIN ISO 2639 (2002). Para ello se separa la pieza constructiva que se debe examinar evitando un desarrollo de calor de manera perpendicular a la superficie. Con distancia en aumento de la superficie entonces, en la regla con una carga de prueba de 9,8 N, se mide la dureza de Vickers HV1. La distancia de la superficie hasta el punto en el que la dureza corresponde a la dureza límite (Hs, en este caso 610 HV1), se denomina como CHD.

De la figura 8 se puede deducir que la dispersión (diferencia entre el valor de medición más grande y más pequeño) de los valores CHD en la hornada 2D con aproximadamente 0,06 mm es esencialmente menor que en la hornada 3D con aproximadamente 0,12 mm.

La figura 9 muestra una contraposición de los valores de medición para una dureza del núcleo. Para la determinación de la dureza del núcleo se separa una pieza de trabajo endurecida (aquí las ruedas satélites arriba descritas) de manera perpendicular al eje de simetría evitando una generación de calor. La superficie de separación se lija y se pule. Entonces en el núcleo de raíz del diente (=centro entre aproximaciones de raíz del diente) se determina la dureza según Vickers [HV10]. La medición se lleva a cabo de acuerdo con la norma DIN EN ISO 6507-1 (materiales metálicos - prueba de dureza según Vickers - Parte 1: Procedimiento de prueba ISO 6507-1: 2005; Versión alemana del documento EN ISO 6507-1: 2005). De la figura 9 se reconoce, que la dispersión de la dureza del núcleo en la hornada 2D es esencialmente menor que en la hornada 3D.

La figura 10 muestra en comparación la dispersión del contenido de carbono superficial de la h 2D tratada según el ejemplo 1 y de la hornada 3D carburizada de manera convencional. El contenido de carbono superficial, como se ha descrito anteriormente, se determinó mediante análisis espectral, SIMS y EPMA en un corte de superficie, en el que se ha integrado la señal de carbono por un intervalo de profundidad de 0 a 100 µm.

Ejemplo 2:

De las ruedas huecas del material 28Cr4 con diámetro exterior de 140 mm, altura 28 mm con 98 dientes se obtuvo una hornada 2D con un nivel de 8 partes con un peso total de 6,5 kg y una hornada 3D con 10 niveles con 8 partes, es decir, 80 partes con un peso total de 65 kg. El armazón de hornadas para un nivel se empleó tanto para la hornada 2D como para la hornada 3D rejillas de mallas de igual construcción de CFC con medida de 450 mm x 600 mm.

En la figura 11 se reproducen los resultados de medición para la demora térmica o el cambio de ovalidad de 8 ruedas huecas de la hornada 2D y 8 ruedas huecas de la hornada 3D. Las posiciones de las 8 ruedas huecas de la hornada 2D y de las 8 ruedas huecas de la hornada 3D a este respecto estaban distribuidas de forma uniforme por

la superficie o el volumen de las hornadas 2D y 3D. La ovalidad se midió en el contorno exterior de las ruedas huecas antes y después de la carburación mediante un sistema de coordenadas 3D y se formó la diferencia de valores de ovalidad antes y después de la carburación.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el endurecimiento de piezas de trabajo (6) que comprende las etapas de:

- 5 (a) calentamiento de las piezas de trabajo (6) a una temperatura de 950 a 1200 °C, calentándose del 30 al 100 % de la superficie de cada pieza de trabajo (6) con radiación térmica directa de una cámara de carburación (210, 220, 230, 240);
- (b) sometimiento de las piezas de trabajo (6) a un gas que contiene carbono y/o a un gas que contiene nitrógeno a una temperatura de 950 a 1200 °C y una presión por debajo de 100 mbares;
- (c) mantener las piezas de trabajo (6) en una atmósfera con una presión por debajo de 100 mbares a una temperatura de 950 a 1200 °C;
- 10 (d) dado el caso, una o varias repeticiones de las etapas (b) y (c); y
- (e) enfriamiento de las piezas de trabajo (6); usándose

un dispositivo (200) que comprende dos o más cámaras de carburación (210, 220, 230, 240), al menos una cámara de enfriamiento (290), una cámara de esclusa (280) dispuesta entre las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) y la cámara de enfriamiento (290) y un sistema de transferencia (260, 253) para manejar armazones (5) para las piezas de trabajo (6), pudiéndose unir la cámara de enfriamiento (290) a través de una corredera de vacío (292) a la cámara de esclusa (280), pudiéndose unir cada una de las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) a través de correderas de aislamiento térmicas (211, 221, 231, 241) a la cámara de esclusa (280) y presentando cada una de las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) un alojamiento para un armazón (5) y al menos dos elementos de calefacción (21, 22); y

15

20 ascendiendo el tiempo de ciclo para llevar a cabo las etapas (a) a (e) con respecto a una pieza de trabajo (6) a de 5 a 120 s.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa (a) se calienta cada una de las piezas de trabajo (6) con radiación térmica desde dos o más direcciones espaciales.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa (a) se calienta la zona cercana a la superficie de cada una de las piezas de trabajo (6) a una velocidad de 35 a 135 °C·min⁻¹, preferentemente de 50 a 110 °C·min⁻¹ y, en particular, de 50 a 75 °C·min⁻¹.

25

4. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa (a) se calienta el núcleo de cada una de las piezas de trabajo (6) a una velocidad de 18 a 120 °C·min⁻¹.

5. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa (e) se enfrían las piezas de trabajo (6) en un intervalo de temperatura de 800 a 500 °C a una velocidad de enfriamiento específica de 2 a 20 kJ·kg⁻¹·s⁻¹.

30

6. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa (b) se someten las piezas de trabajo (6) a acetileno y/o amoniaco.

7. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa (e) se enfrían las piezas de trabajo (6) con un gas, preferentemente con nitrógeno.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado porque** las piezas de trabajo (6) se enfrían mediante nitrógeno con una presión de 2 a 20 bares, preferentemente de 4 a 8 bares y, en particular, de 5 a 7 bares.

35

9. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en la etapa (e) se enfría la superficie de las piezas de trabajo (6) desde una temperatura en el intervalo de 900 a 1200 °C en 40 a 100 s a una temperatura de 300 °C.

10. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el tiempo de ciclo para llevar a cabo las etapas (a) a (e) con respecto a una pieza de trabajo (6) asciende a de 5 a 60 s, preferentemente a de 5 a 40 s.

40

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por** las etapas de:

- (i) disponer en una capa las piezas de trabajo (6) en/sobre un armazón (5);
- 45 (ii) introducir el armazón (5) con las piezas de trabajo (6) en una cámara de enfriamiento (290), evacuar a una presión por debajo de 100 mbares;
- (iii) transferir el armazón (5) a una cámara de carburación (210, 220, 230, 240), almacenándose temporalmente el armazón antes de introducirlo en la cámara de carburación (210, 220, 230, 240) dado el caso en un alojamiento de aparcamiento;
- 50 (iv) calentar las piezas de trabajo (6) a una temperatura de 950 a 1200 °C mediante radiación térmica, calentándose del 30 al 100 % de la superficie de cada pieza de trabajo (6) con radiación térmica directa de la cámara de carburación (210, 220, 230, 240);
- (v) someter las piezas de trabajo (6) a un gas que contiene carbono y/o a un gas que contiene nitrógeno a una temperatura de 950 a 1200 °C y una presión por debajo de 100 mbares;
- (vi) mantener las piezas de trabajo (6) en una atmósfera con una presión por debajo de 100 mbares a una

temperatura de 950 a 1200 °C;

(vii) dado el caso, una o varias repeticiones de las etapas (iv) y (v);

(viii) transferir el armazón (5) con las piezas de trabajo (6) a una cámara de enfriamiento (290);

(ix) enfriar las piezas de trabajo (6) con un gas, preferentemente nitrógeno; y

5 (x) retirar el armazón (5) con las piezas de trabajo (6) de la cámara de enfriamiento (290).

10 12. Dispositivo (200) para el endurecimiento de piezas de trabajo (6) de acuerdo con un procedimiento según las reivindicaciones 1 a 11, que comprende dos o más cámaras de carburación (210, 220, 230, 240), al menos una cámara de enfriamiento (290), una cámara de esclusa (280) dispuesta entre las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) y la cámara de enfriamiento (290) y un sistema de transferencia (260, 253) para manejar armazones (5) para las piezas de trabajo (6), pudiéndose unir la cámara de enfriamiento (290) a través de una corredera de vacío (292) a la cámara de esclusa (280), pudiéndose unir cada una de las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) a través de correderas de aislamiento térmicas (211, 221, 231, 241) a la cámara de esclusa (280) y presentando cada una de las cámaras de carburación (210, 220, 230, 240) un alojamiento para un armazón (5) y al menos dos elementos de calefacción (21, 22), que están dispuestos de tal manera que la radiación emitida por ellos irradia la superficie de cada una de las piezas de trabajo (6) con un ángulo espacial medio de $0,5 \pi$ a 2π .

15 13. Dispositivo (200) según la reivindicación 12, **caracterizado porque** las correderas de aislamiento térmicas (211, 221, 231, 241) están conformadas como correderas de vacío.

14. Dispositivo (200) según las reivindicaciones 12 a 13, **caracterizado porque** la cámara de enfriamiento (290) comprende dos correderas de vacío (291, 292) para introducir y retirar piezas de trabajo (6).

20 15. Dispositivo (200) según las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado porque** los elementos de calefacción (21, 22) están configurados como radiador de superficie.

16. Dispositivo (200) según las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado porque** los elementos de calefacción (21, 22) se componen de grafito o carbono reforzado con fibra de carbono (CFC).

25 17. Dispositivo (200) según las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado porque** los armazones (5) están configurados como paletas a modo de rejilla.

18. Dispositivo (200) según las reivindicaciones 12 a 17, **caracterizado porque** los armazones (5) se componen de grafito o carbono reforzado con fibra de carbono (CFC).

30 19. Dispositivo (200) según la reivindicación 12, **caracterizado porque** en sistema de transferencia (260, 253) comprende accionamientos de cadena dispuestos verticales con desvíos superiores e inferiores (261, 263; 261', 263') y cadenas (262; 262'), así como una horquilla telescópica (255, 256) desplazable horizontalmente para el alojamiento de paletas (5), estando la horquilla telescópica (255, 256) acoplada por medio de un engranaje (251) a una de las cadenas (262).

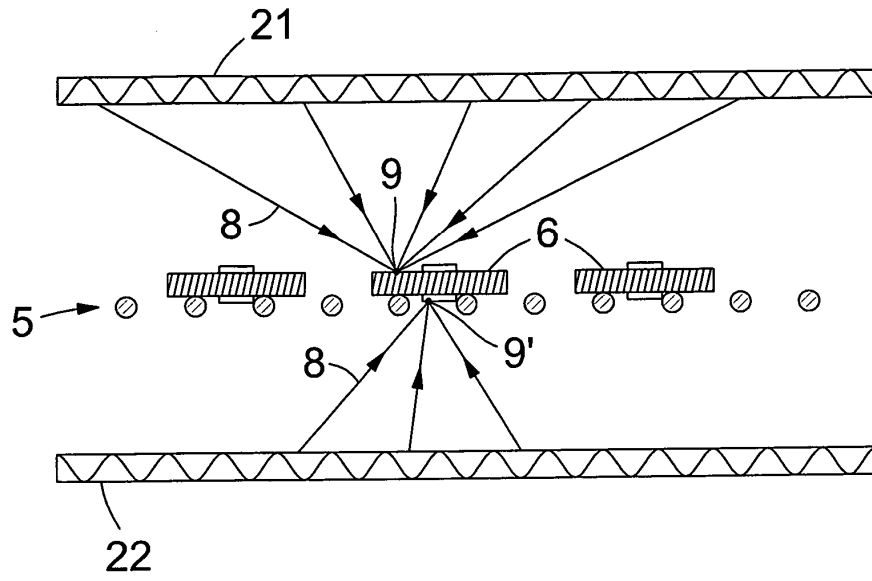


Fig. 1a

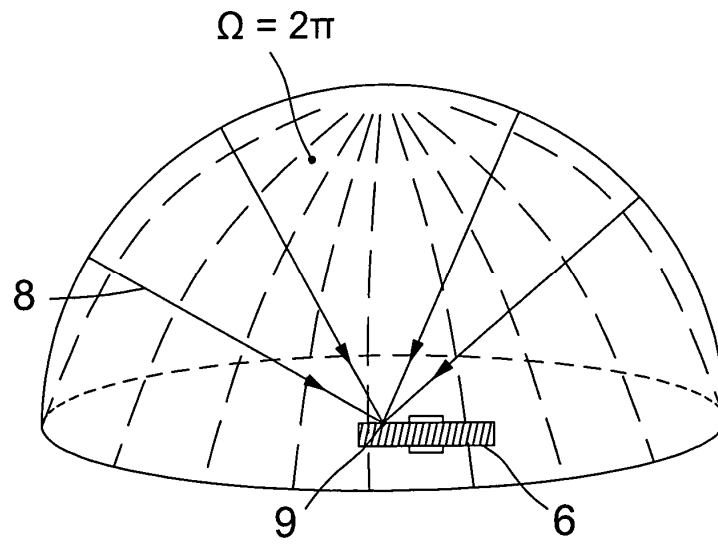


Fig. 1b

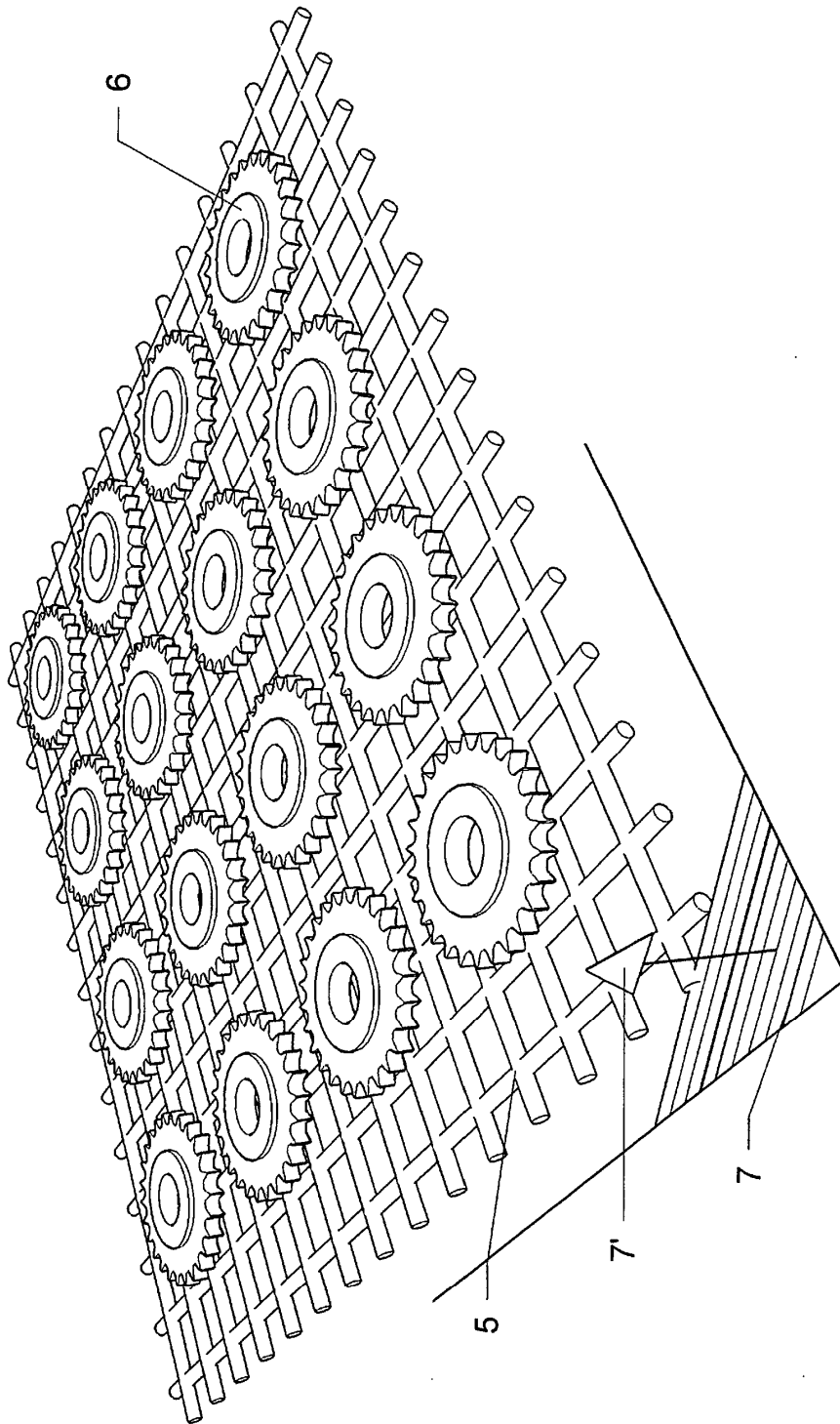


Fig. 2

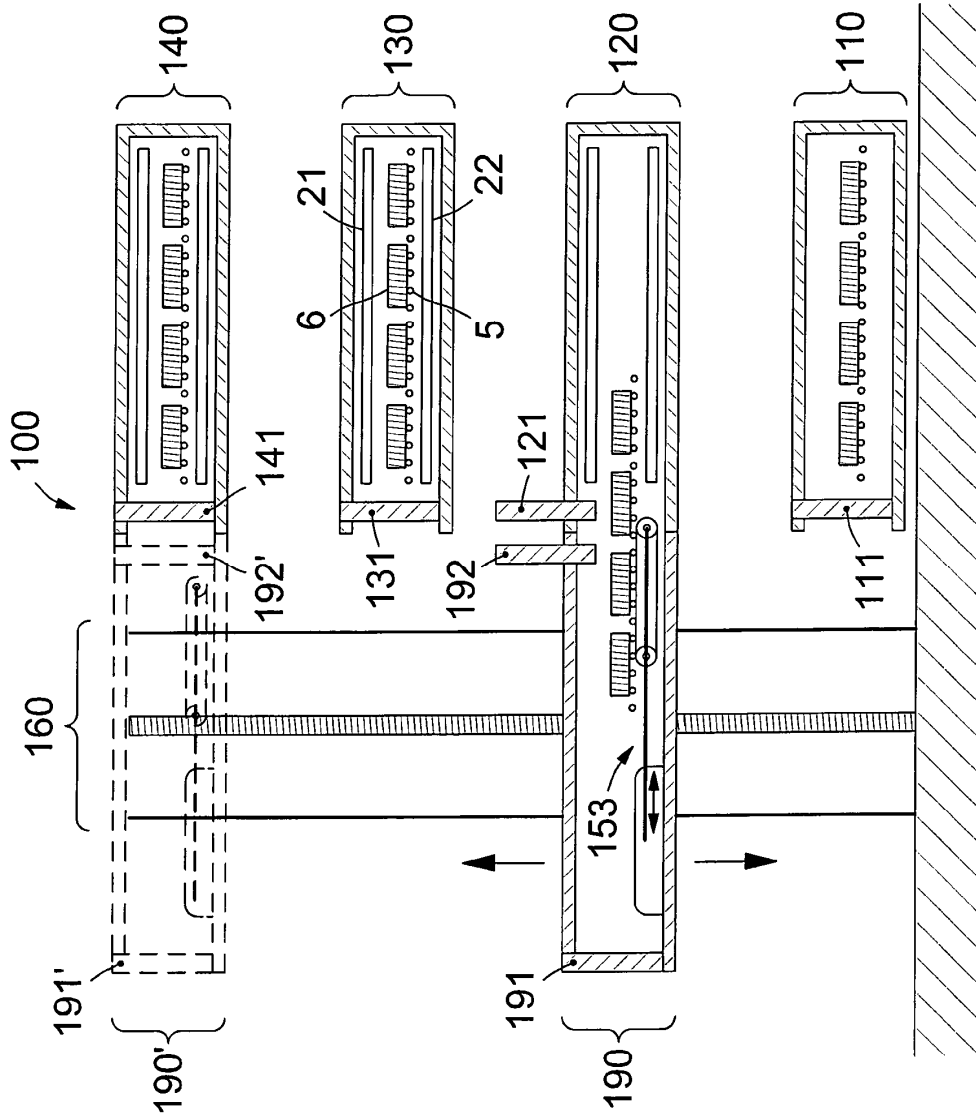


Fig. 3

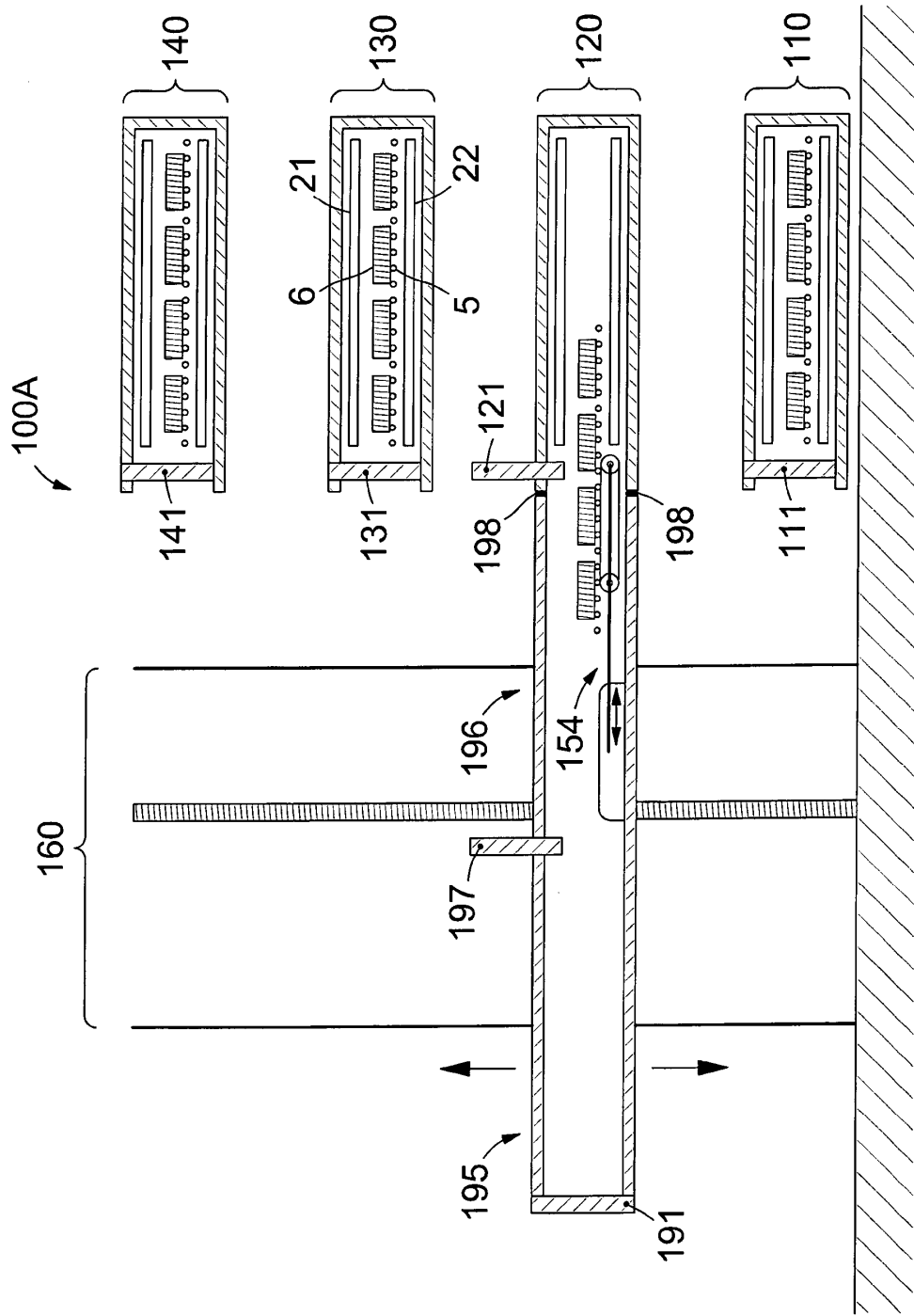


Fig. 3A

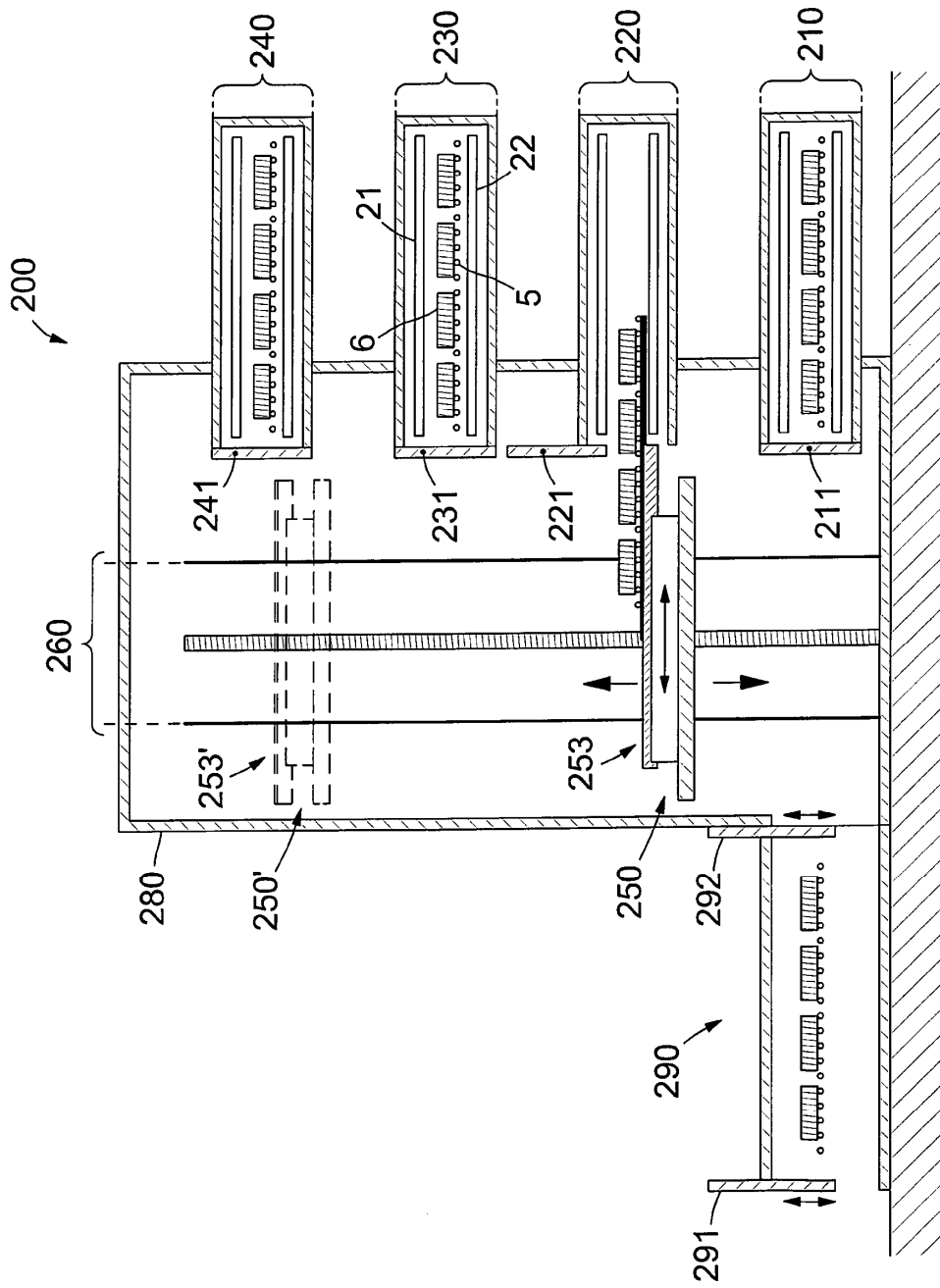


Fig. 4

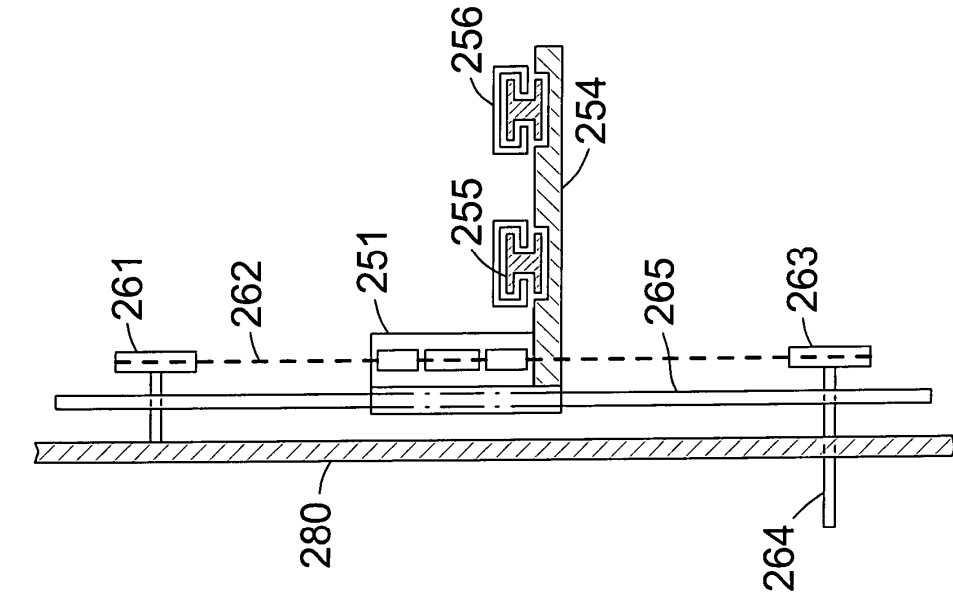


Fig. 5A

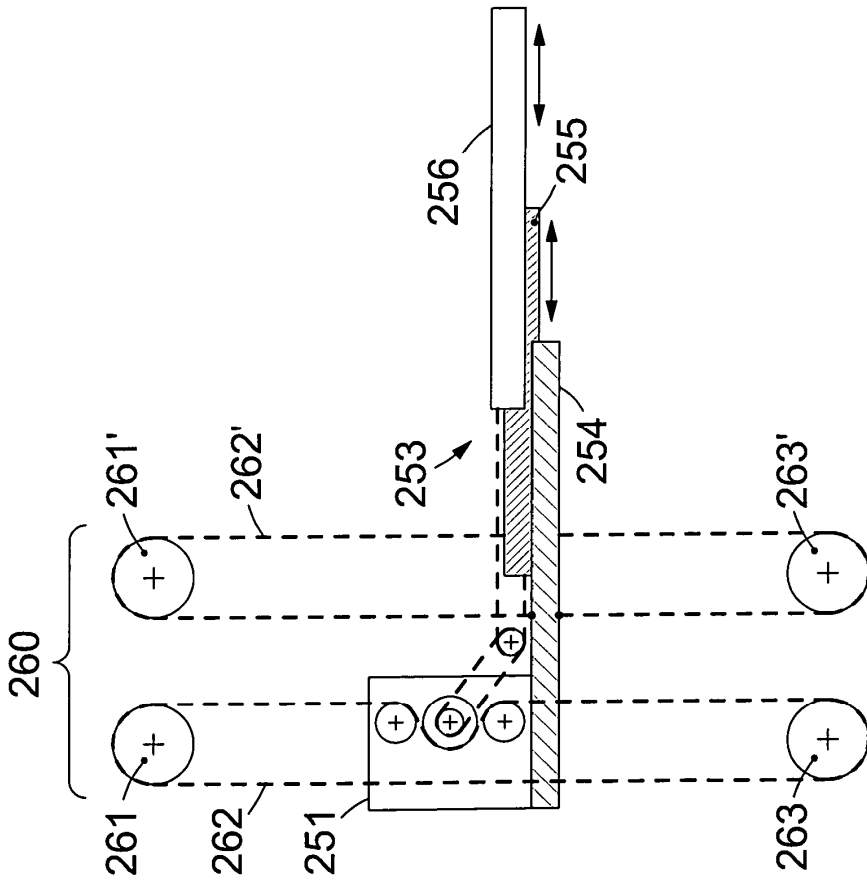


Fig. 5B

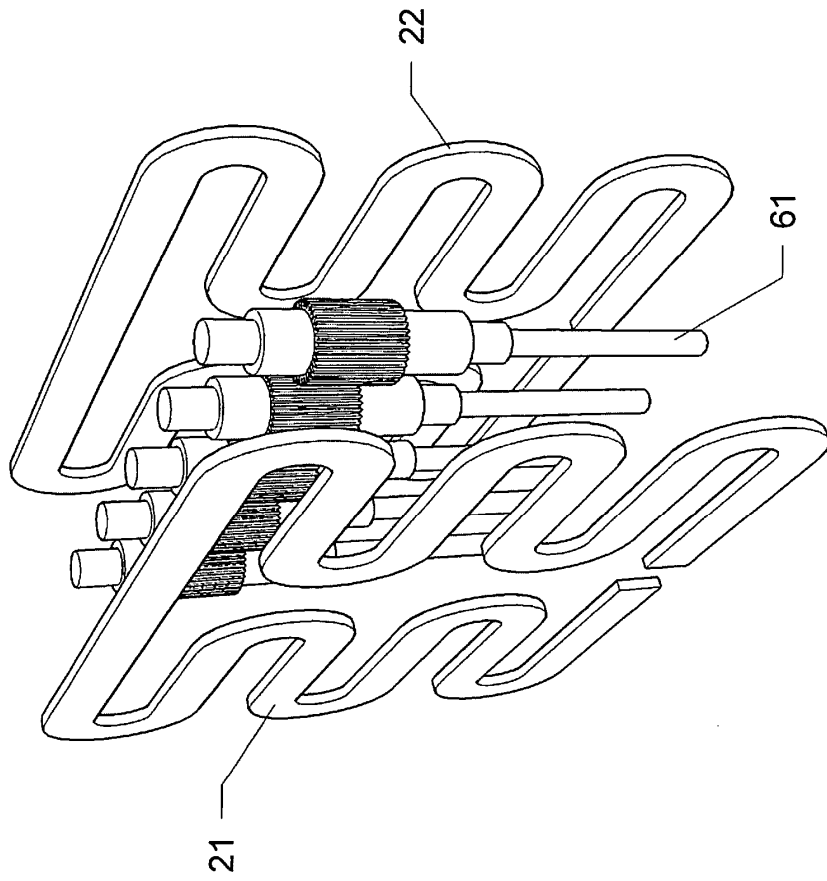


Fig. 6

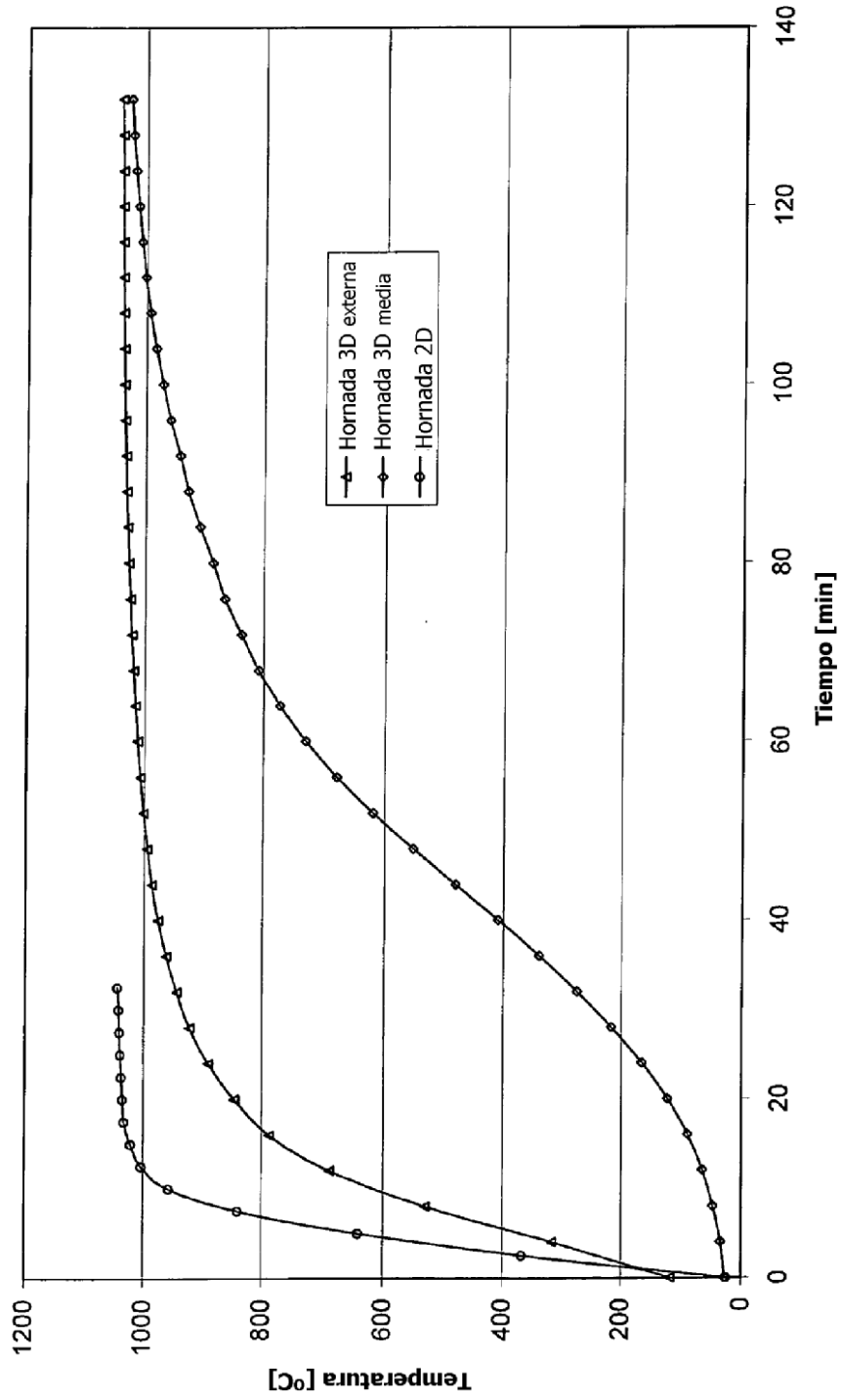


Fig. 7

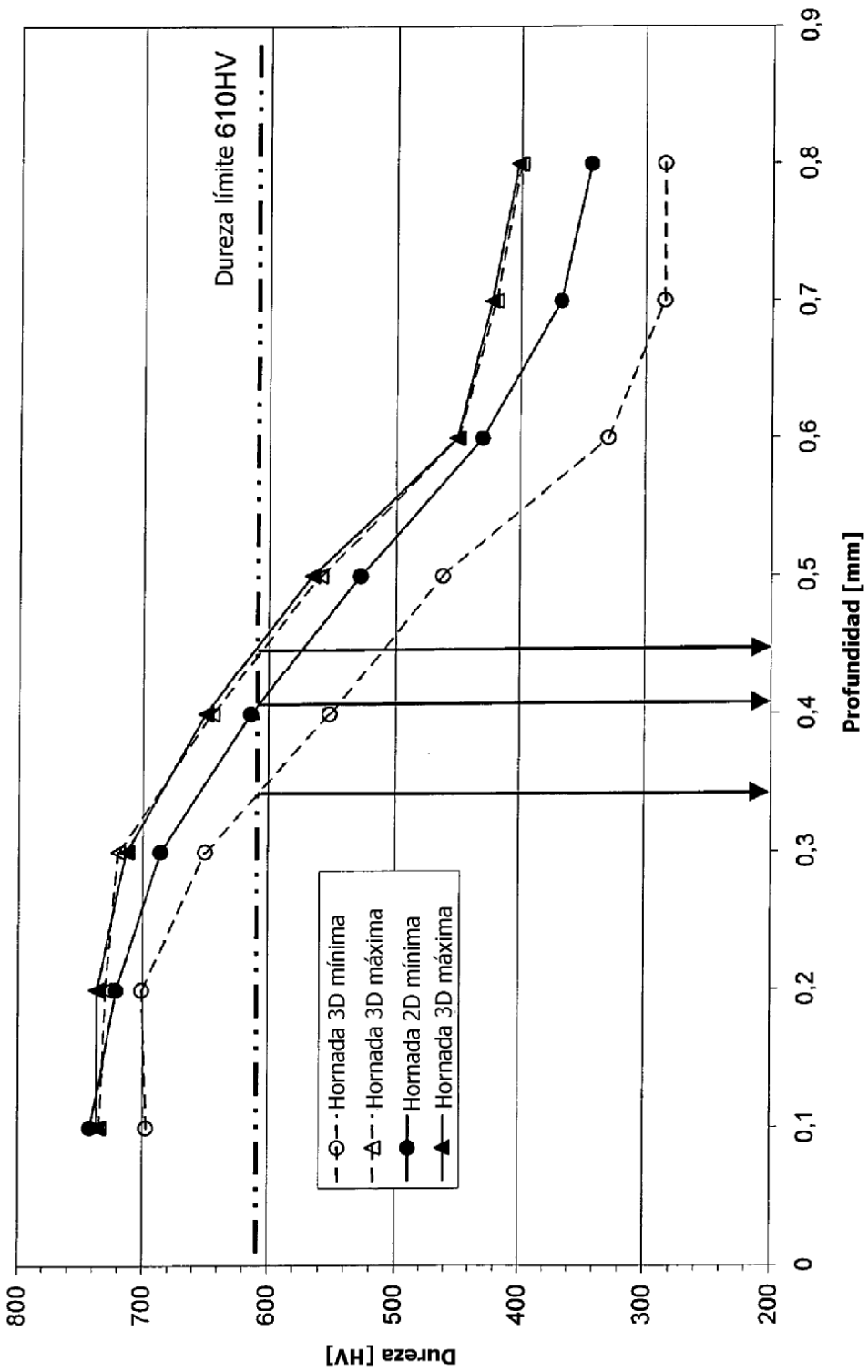


Fig. 8

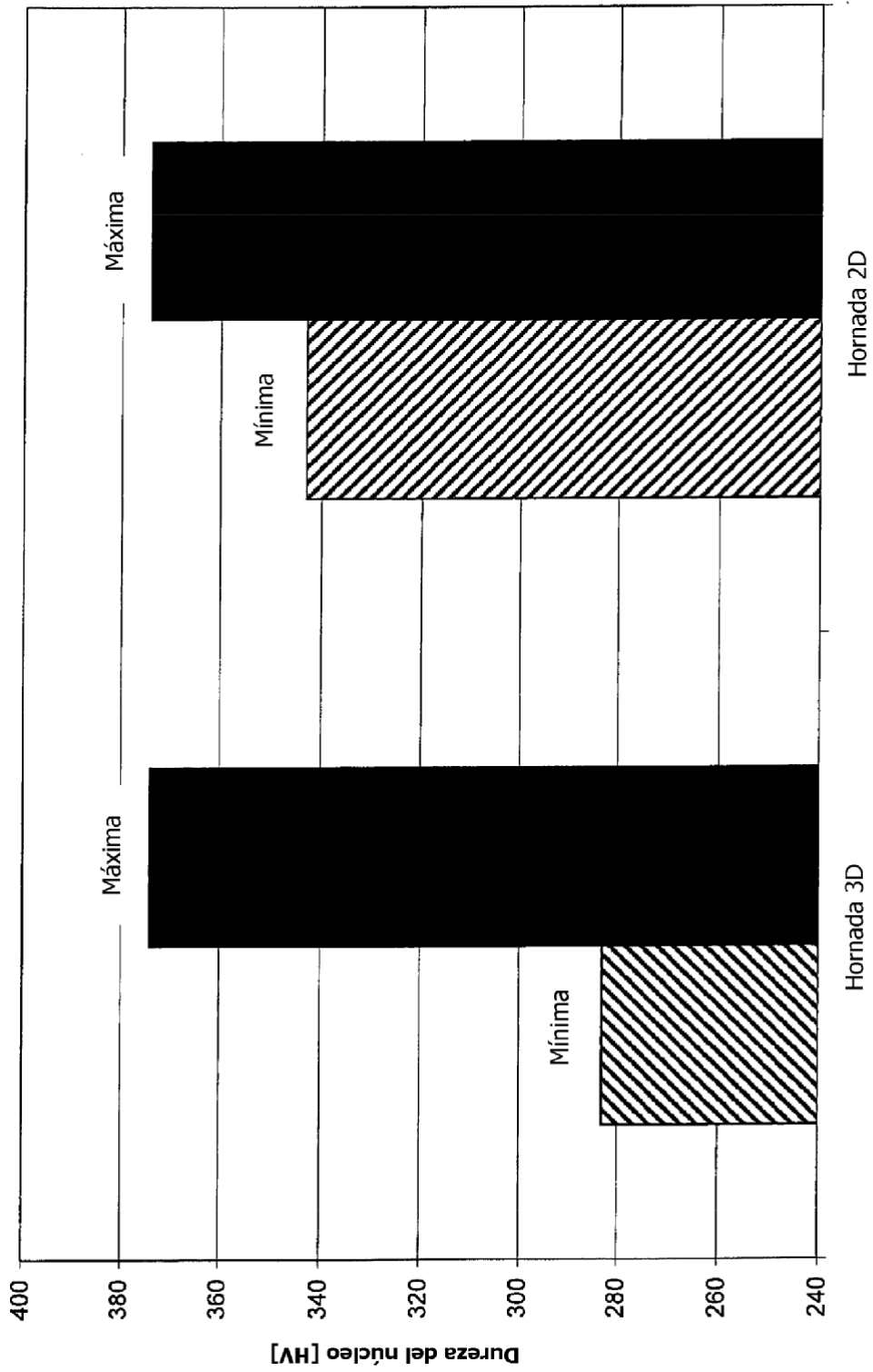


Fig. 9

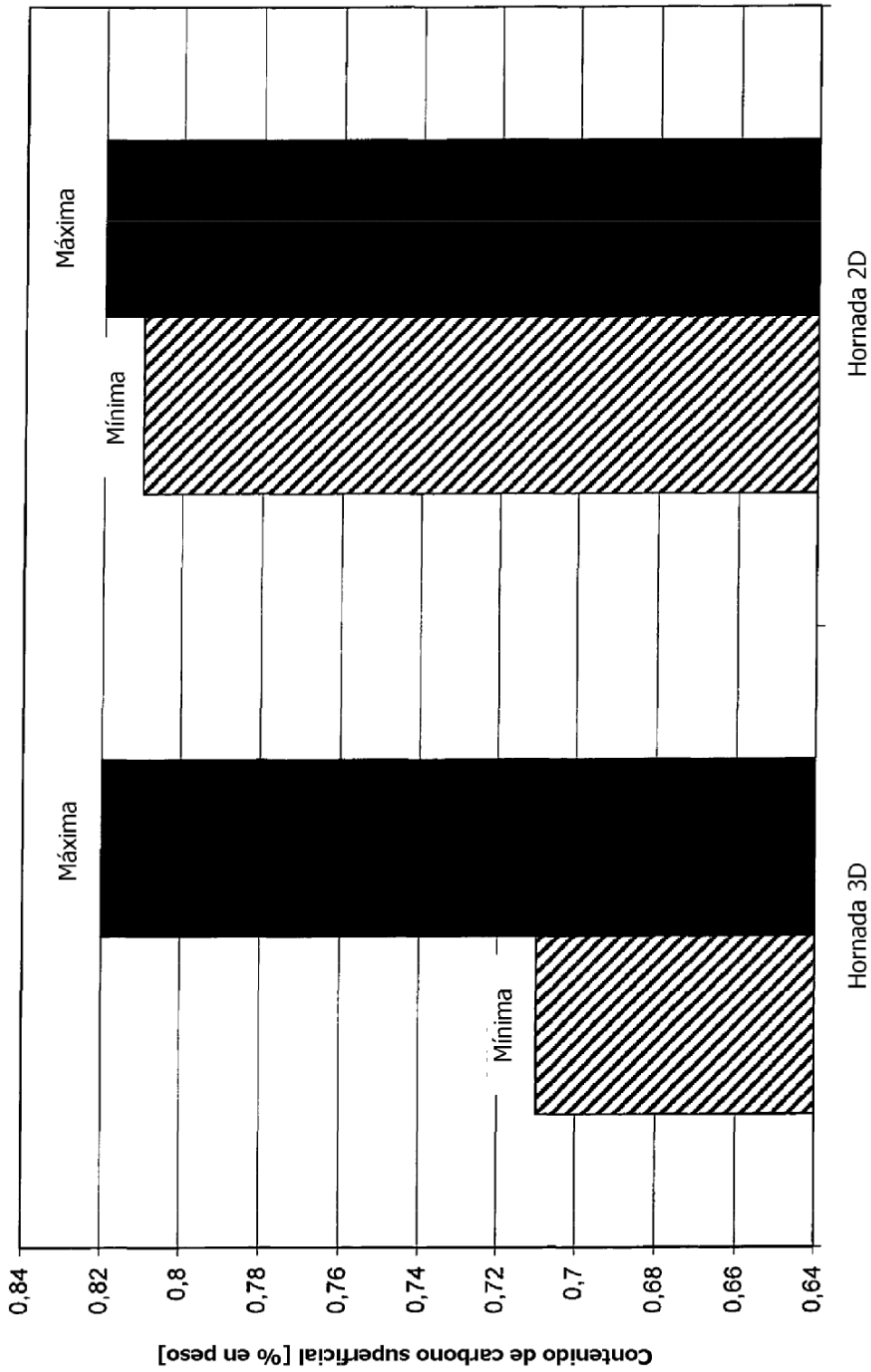


Fig. 10

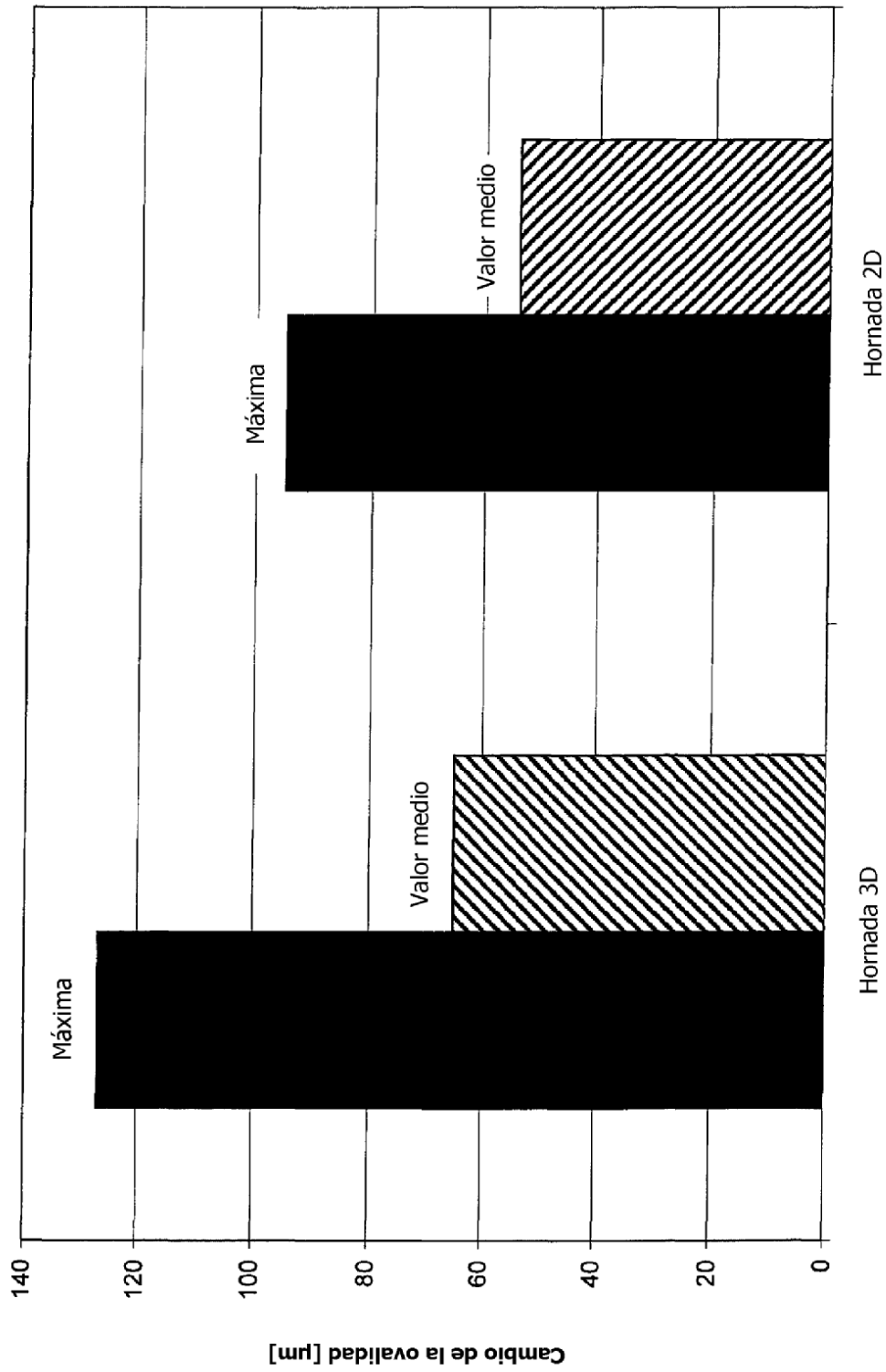


Fig. 11