

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 610 470**

51 Int. Cl.:

**B21D 22/02** (2006.01)

**B21D 22/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2014 E 14002786 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016 EP 2835187**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la fabricación de un componente endurecido en prensa**

30 Prioridad:

**09.08.2013 DE 102013013270**

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

**27.04.2017**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (100.0%)  
Hansastraße 27c  
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**WOLTER, BERND y  
BASTUCK, MATTHIAS**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 610 470 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 la fabricación de un componente endurecido en prensa

## 5 Campo técnico

La invención se refiere a un procedimiento, así como a un dispositivo para la fabricación de un componente endurecido en prensa de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 o 10.

10 En primer lugar es proporcionada una pletina que presenta una aleación de acero endurecible, que puede estar provista opcionalmente de un recubrimiento, que en el marco de una variante de procedimiento designada como "endurecimiento en prensa directo" es sometida a un calentamiento, preferentemente en un horno, en el que al menos una zona parcial de la estructura de partida de austenita de la aleación de acero es transformada en martensita. A continuación, en la etapa de calentamiento denominada típicamente como proceso de horno, la pletina calentada es introducida en una herramienta de prensa y por el cierre de la herramienta es conformada en caliente en un componente. Para el endurecimiento del material, a continuación del conformado en caliente se realiza en la herramienta cerrada un enfriamiento térmico rápido, en el que el componente conformado en caliente dentro de la herramienta de prensa experimenta un enfriamiento rápido, en el que al menos en zonas parciales de la aleación de acero tiene lugar una transformación en martensita que optimiza la dureza del componente.

20 En una segunda variante de procedimiento denominada "endurecimiento en prensa indirecto" se realiza un preconformado en frío de la pletina, es decir sin calentamiento de la pletina, para obtener un componente preconformado que a continuación es calentado y conformado finalmente en una herramienta de prensa. También en este caso, el componente conformado final es enfriado térmicamente de forma rápida, con lo que el componente, como ocurría también en el endurecimiento en prensa directo, experimenta dentro de la herramienta de prensa un enfriamiento rápido.

## Estado de la técnica

30 El endurecimiento en prensa, o también endurecimiento en molde, es un procedimiento para la fabricación de componentes metálicos de alta resistencia, tales como elementos de soporte y reforzamiento que son empleados preferentemente en la construcción de carrocerías de automóvil, por ejemplo en forma de soportes perpendiculares y longitudinales, pilares B, así como refuerzos del túnel, que sirven para la protección de los ocupantes en caso de choque.

35 Para el endurecimiento en prensa directo son adecuadas típicamente pletinas planas de un acero con aleación de boro endurecible, por ejemplo 22 MnB5. En virtud de las representaciones de imágenes en secuencia ilustradas en la Figura 2 se explicará en detalle el procedimiento del endurecimiento en prensa directo. En una primera etapa de procedimiento, que está ilustrada en la imagen I) de la secuencia, pletinas 2 separadas llegan a un horno 1, que está diseñado por ejemplo como horno de paso continuo, siendo movidas las pletinas 2 separadas a través del horno 1 por ejemplo mediante rodillos de transporte 20. Naturalmente, también se emplean hornos estacionarios, que con máquinas de manipulación adecuadas son provistos de pletinas separadas y son vaciados después de un tiempo de horno correspondiente. En la mayoría de los casos, las pletinas 2 están recubiertas, como se deduce de la figura 3a, para por un lado evitar que se quemara la superficie durante el calentamiento y por otra parte para proteger al componente que se forma frente a la corrosión. Sobre la pletina 2 hecha de una aleación de acero endurecible como material de base 9 está aplicada una capa 10, típicamente como recubrimiento de AlSi, Zn, ZnNi, Zn-Fe, ZnMg, ZnCr, o híbrido, formándose en primer lugar durante el calentamiento de las pletinas 2 en el horno 1 una capa de difusión 11 a partir de la aleación de acero en cuestión como material de base 9, así como del material del recubrimiento de la capa 10, véase la figura 3b. Si, por el contrario, las pletinas 2 separadas fueran calentadas sin un recubrimiento adicional en el marco del proceso de horno, siempre que el horno no estuviera inundado de un gas inerte se produciría fuego que después de la siguiente etapa de proceso del conformado, que se explicará a continuación, debe ser eliminado.

50 Después de la finalización del calentamiento en el marco del proceso de horno I), la pletina 2 es retirada del horno 1 por medio de una herramienta de transferencia 3, preferentemente en forma de un robot de manipulación, e introducida en la herramienta de prensa 4, véase para ello el proceso de retirada y la transferencia II). La pletina 2 es conformada ahora rápidamente en el marco de un proceso de conformado en caliente III) por el cierre de la herramienta de prensa para formar un componente 5. Dado que el proceso de conformación se lleva a cabo a altas temperaturas de material, las fuerzas de conformación requeridas son significativamente menores que a temperatura ambiente.

60 A continuación del conformado en caliente III) del componente con ayuda de la herramienta de prensa 4, se realiza con la herramienta de prensa 4 cerrada, el llamado endurecimiento por enfriamiento rápido IV), en el que el componente 5 agarrado dentro de la herramienta de prensa 4 es enfriado térmicamente de forma brusca a o por encima de una velocidad de enfriamiento crítica específica del material. El proceso térmico de enfriamiento rápido se realiza con ayuda de canales de refrigeración 7 colocados cerca del componente dentro de la herramienta de prensa 4, a través de los cuales es conducido el medio de refrigeración correspondiente, por lo general agua. En el componente 5 conformado se crea de esta manera, una estructura martensítica de alta resistencia que,

dependiendo de la historia de la temperatura tanto durante el calentamiento como durante el enfriamiento, es realizada o bien de forma homogénea o puede presentar zonas parcialmente más blandas con estructuras mixtas que comprenden martensita, bainita, ferrita, perlita, etc. El componente 5 enfriado, que presenta típicamente temperaturas por debajo de 150° C, es retirado de la herramienta de prensa 4 en la última etapa de proceso V) con ayuda de otra herramienta de transferencia 8 y conducido a procesos posteriores correspondientes.

En comparación con el endurecimiento en prensa directo, el endurecimiento en prensa indirecto se diferencia en que las pletinas 2 son preconformadas sin calentamiento o sin calentamiento significativo, es decir en estado "frío", al menos a una geometría intermedia que está más o menos próxima a la geometría final. Esto se hace con una herramienta de prensa típica de la cual es retirado el componente preconformado frío y es calentado en un horno para la austenización. A continuación, el componente preconformado calentado es conformado a la geometría final en una herramienta de prensa 4 correspondiente, así como endurecido por enfriamiento rápido por mantenimiento en la herramienta de prensa enfriada.

A pesar de la secuencia de proceso fácil de abarcar, los procesos específicos del material involucrados dentro de la pletina o del componente son altamente complejos y muy sensibles con respecto a las condiciones del proceso que reinan, a las que está sometida la pletina o el componente. La medida en que se forma por ejemplo la capa de difusión 11 durante el proceso del horno con un espesor de capa deseado y al mismo tiempo no gotea o se adhiere a los rodillos de transporte en el interior del horno de paso continuo 1 o en cualesquiera alojamientos en caso de un horno estacionario, depende de una pluralidad de factores que influyen. Lo mismo se aplica a la austenización que se desarrolla de forma homogénea o parcial en el horno, lo que a su vez afecta al resultado del posterior endurecimiento por enfriamiento rápido y, por tanto, es decisivo para lograr las propiedades mecánicas-tecnológicas deseadas del componente, como por ejemplo: dureza del componente, resistencia a la tracción, etc. En la etapa de proceso del conformado en caliente existe además para el componente el peligro de que se formen microgrietas en el recubrimiento o constricciones y grietas dentro del material de base, que hacen que el componente sea inutilizable. Durante el endurecimiento por enfriamiento rápido dentro de la herramienta de prensa bajo circunstancias desfavorables pueden formarse también porciones de estructura no deseadas, al menos localmente, como por ejemplo estructuras más blandas de ferrita y/o bainita. En este caso, el componente ha de ser considerado como desecho, ya que el componente no dispone en todas partes de las propiedades de material deseadas, como por ejemplo dureza, resistencia a la tracción, etc. La causa de la aparición local de estas porciones de estructura diferente es por lo general una temperatura de partida demasiado baja o demasiado alta del componente antes del proceso de endurecimiento por enfriamiento rápido y/o una velocidad de enfriamiento demasiado baja o demasiado alta durante el proceso del endurecimiento por enfriamiento rápido. Lo primero se puede atribuir de nuevo a una temperatura del componente demasiado baja o demasiado alta durante la retirada del horno o a un enfriamiento demasiado intenso durante el tiempo de transferencia desde el horno a la herramienta de prensa o durante el proceso de conformación. También las causas de una velocidad de enfriamiento insuficiente pueden ser diversas. Así, entre otros juegan un papel importante la disipación de calor a través del refrigerante, las conductividades térmicas de la superficie recubierta del componente y de la herramienta de prensa, así como la superficie de contacto térmico entre ambas, el espesor de la capa de difusión, así como el desgaste y la fuerza de compresión de la herramienta de prensa. Además, debe tenerse en cuenta que la temperatura Ac3, a la que se produce la austenización de la aleación de acero respectiva, así como la velocidad de enfriamiento crítica, son específicas del material y, por tanto, puede presentar ciertas fluctuaciones de cargas.

Dado que con el endurecimiento en prensa son fabricados componentes relevantes para la seguridad, hay que asegurar estrictamente la ausencia de defectos y la conformidad de las propiedades del material de los productos finales. Esto es a menudo difícil de realizar, una vez que el endurecimiento en prensa representa una secuencia de etapas de proceso tecnológicamente costosas, que requieren tiempo y son críticas en cuanto a la temperatura, que deben ser coordinadas exactamente entre sí para obtener un producto con propiedades óptimas en cuanto a forma, superficie, ausencia de defectos y parámetros de material. Por la bibliografía son conocidos ya algunos enfoques para la monitorización y regulación del proceso, así como el aseguramiento de la calidad de los componentes durante el endurecimiento en prensa, que serán esbozados brevemente a continuación.

Para evaluar las propiedades del material, así como la calidad de los cantos de corte provocados por la fabricación de una pletina que es separada de una capa presente como genero por metros de una chapa hecha de aleación de acero, se dispone de una pluralidad de procedimientos destructivos y metalográficos. En un artículo de Clobes, J. et al., "Strategies for Press Hardening of Products with Tailored Properties" 2º Internacional Seminar on Hot Sheet Metal Forming of High-Performances Steel, de Hannover, 14-10-2012 se describe la aplicación de termoelementos sobre una pletina antes de la secuencia de procesos explicada en la Figura 2. De esta forma, se puede detectar aunque de forma locamente muy limitada el ciclo de temperatura completo desde el calentamiento hasta el enfriamiento rápido. Después del calentamiento, así como antes del conformado en caliente, sistemas de cámaras termográficas permiten la detección de una distribución de temperaturas por toda la superficie sobre la superficie de la pletina, indicando ya las fluctuaciones locales de temperatura que el endurecimiento en prensa subsiguiente en el curso de la conformación en caliente y del endurecimiento por enfriamiento rápido posterior han tenido como consecuencia propiedades del material no homogéneas. También el uso de elementos de sensor térmicos táctiles dentro del dispositivo de transferencia necesario para la transferencia de la pletina calentada en el horno a la herramienta de prensa es una de las medidas conocidas.

5 Durante el conformado en caliente, así como el endurecimiento por enfriamiento rápido, son detectadas en general magnitudes de proceso, tales como la temperatura del proceso que reina o la presión de proceso que actúa sobre el componente a ser deformado. Del documento DE 10 2011 111 212 A1 según el preámbulo se deduce en este contexto una herramienta de prensa en la que está integrado un sensor de temperatura que funciona de forma táctil. Un sensor de temperatura que funciona de forma táctil comparable, que igualmente está integrado dentro de una herramienta de prensa, está descrito en el documento EP 2 500 112 A1. Una posibilidad para influir en una regulación exacta de la temperatura, así como en la velocidad de enfriamiento durante el endurecimiento por enfriamiento rápido, está descrita en el documento EP 2 289 694 B1, en el que se explica una monitorización de la temperatura del agua de refrigeración que fluye a través de los canales de refrigeración que discurren dentro de la herramienta de prensa.

15 Inmediatamente después del endurecimiento en prensa, la distribución de la temperatura en la superficie del componente es detectada termográficamente para detectar posiciones del componente con temperaturas localmente elevadas, ya que obviamente estas zonas han experimentado un enfriamiento demasiado pequeño, de modo que la dureza del componente en estas zonas está reducida localmente. Del documento DE 10 2010 049 802 A1 se desprenden, a este respecto, un procedimiento, así como un dispositivo, para la determinación de la dureza de un componente endurecido en prensa, en el que la distribución de la temperatura sobre la superficie del componente es rastreada con ayuda de sensores táctiles. En el documento EP 2 455 741 A2 se describe el uso de una cámara de infrarrojos, con la que puede ser llevada a cabo la captación de una distribución de la temperatura por toda la superficie del componente endurecido en prensa inmediatamente después del endurecimiento por enfriamiento rápido, con lo cual se pueden sacar conclusiones sobre las diferencias entre los valores reales y teóricos de la dureza del componente. En el documento DE 10 2009 060 388 A1 se describe un endurecimiento en molde directo multietapa de una pieza de chapa hecha de acero endurecible, que es conformada a una temperatura predeterminada constante deseada. Para ello están integrados en las herramientas de prensa sensores de temperatura adecuados, cuyas señales de sensor sirven para una regulación constante de la temperatura.

25 Típicamente, las propiedades de un componente endurecido en prensa con respecto a la ausencia de defectos, propiedades del material, recubrimientos existentes, etc. son monitorizadas sobre la base de ensayos de tipo muestral en el marco del control estadístico de procesos clásico. Para este fin se utilizan habitualmente procedimientos de ensayo destructivos, tales como ensayo de tracción, ensayo de dureza y metalografía, véase, por ejemplo, Kurz, T. et al., "Crashperformance und Duktilität von pressgehärteten Stählen reicht der Zugversuch zur Beschreibung?", Tagungsband 4; Erlanger Workshop Warmblechumformung, 2009, página 107.

35 Además, se deduce de un artículo de Wolter, B., et al., "Zerstörungsfreie Prüfung pressgehärteter Karosserieteile mit 3MA", DGZFP-Jahrestagung 2013 Dresde, 05-07-2013, el ensayo de tipo muestral de las características de calidad de un componente endurecido en prensa mediante procedimientos de ensayo micromagnéticos. Las señales proporcionan informaciones de medición sobre la microestructura del material y permiten el análisis cuantitativo por sus propiedades tecnológicas-mecánicas. En este contexto, hay que mencionar en particular la técnica de ensayo 3MA (análisis de microestructura y tensión micromagnético multiparamétrico), que representa una combinación de varios procedimientos de ensayo micromagnéticos, con los que es posible la detección del ruido de Barkhausen, del análisis armónico, de la intensidad de campo magnético tangencial, de la permeabilidad incremental, así como de la corriente parásita multifrecuencia. En este contexto, hay que hacer referencia además a las siguientes publicaciones: Dobmann, G. Altpeter, I., Wolter, B. Kern, R. "Industrial Applications of 3MA - Micromagnetic Multiparameter Microstructure and Stress Analysis ", Romanian Welding Society, 5ª International Conference Structural Integrity of Welded Structures, ISCS 2007, Timisoara, 2008, así como Altpeter, I., Kopp, M, Kröning, M., Milch, M., Schaffner, C., Behrens, B.-A., " Influences on the part quality in conventional Deep drawing process", Proc. 9ª European Conference on NDT, ECNDT Berlín 2006, DGZIP Proceedings BB 103. En particular, del documento mencionado en último lugar se deduce la aplicación de la técnica de ensayo 3MA para la inspección de tensiones y dilataciones propias y de carga.

40 Además, para la inspección de defectos de componentes de chapa de acero es conocido emplear transductores ultrasónicos electromagnéticos, en abreviatura transductores EMAT, con los que, por ejemplo, es posible la excitación de ondas de Lamb dentro de componentes de chapa conformados en frío, como en el artículo de Wolter, B., Bastuck M., Conrad, C., Herrmann, H.-G., Kern, R. Valeske, B. "Non-destructive Testing for Quality Assurance and Process Control of Presshardened Steel", 2º International Seminar on Hot Sheet Metal Forming of High-Performance Steel, Hannover, 25-12-2012.

50 Durante el endurecimiento en prensa, los ensayos de tipo muestral realizados que acompañan a la fabricación, descritos en relación a las propiedades de producto de los componentes que van a ser endurecidos en prensa o endurecidos en prensa pueden ser realizados siempre solo en un grado limitado por motivos de tiempo, así como de costes. Sin embargo, si no son inspeccionados todos los componentes, siempre existe el riesgo de que sigan siendo desconocidos componentes con características de calidad no conformes. El ensayo fuera de línea conocido hasta ahora y que acompaña a la fabricación empleado debido al sistema conduce siempre a un desfase de tiempo entre la fabricación y el ensayo de un componente endurecido en prensa respectivo. Si es identificado un componente defectuoso, sin embargo, no se puede excluir que componentes producidos con anterioridad fueran ya igualmente

defectuosos. Por seguridad, en tal caso, cargas enteras de productos son asumidas como defectuosas y desechadas y esto eventualmente sin mayor conocimiento de forma innecesaria. Perturbaciones de proceso que se producen dentro de las etapas individuales del proceso de endurecimiento en prensa y que, por tanto, pudieran conducir a componentes defectuosos, no pueden ser reconocidas en el curso del ensayo fuera de línea y, por tanto, no pueden ser contrarrestadas inmediatamente. Especialmente problemático resulta el desfase de tiempo entre la fabricación y el ensayo en el muestreo para el proceso de fabricación y liberación del producto, ya que a continuación del ensayo puede realizarse una liberación, cuya presencia es un prerrequisito para la admisión de la producción en serie. En el ensayo fuera de línea, el ensayo se lleva a cabo normalmente en el producto final, es decir, en el componente endurecido en prensa. Si el producto intermedio ya era defectuoso, esto no es detectado por el ensayo en el producto final, por lo que de esta manera no se puede evitar un valor añadido adicional innecesario tras la presencia de una pieza de desecho.

Descripción de la Invención

La invención se propone el objeto de perfeccionar un procedimiento, así como un dispositivo, para la fabricación de un componente endurecido en prensa que es fabricado en el curso del endurecido en prensa directo o indirecto, de tal manera que sea posible una inspección en gran medida sin lagunas de la calidad del componente ya durante todo el proceso del endurecimiento en prensa. Por la inspección de la calidad sin lagunas debe reducirse por un lado la tasa de rechazos de componentes endurecidos en prensa, así como mejorarse la verificación de la calidad de los componentes de este tipo.

La solución del objeto que se propone la invención se indica en la reivindicación 1. Un dispositivo según la invención para el endurecimiento en prensa es el contenido de la reivindicación 10. Las características que perfeccionan de forma ventajosa la idea de la invención son el contenido de las reivindicaciones subordinadas, así como se deducen de la siguiente descripción con referencia a los ejemplos de realización.

La idea en la que se basa la invención parte de una monitorización por sensores del componente endurecido en prensa o que va ser endurecido en prensa integrada en la fabricación, que es perseguida por un concepto integral para la detección y monitorización de los estados del material que resultan o se ajustan durante el proceso del endurecimiento en prensa y las propiedades del material del componente y las características de calidad que se derivan de ellas. La detección por sensores, que se lleva a cabo mediante sensores electromagnéticos y/o acústicos, permite generar magnitudes de estado del componente respectivo, que se basan en una evaluación cualitativa y no solo en la monitorización de la calidad, y que sirven además para la participación activa en la etapa de proceso respectiva a la que está sometido el componente. Para ello, los parámetros de proceso que determinan la etapa de proceso respectiva son influidos en el marco de una regulación o control apropiados.

El procedimiento según la solución para la fabricación de un componente endurecido en prensa comprende de una manera conocida al menos las siguientes etapas de proceso que se suceden, respectivamente, directa o indirectamente.

En una primera etapa de proceso a) es proporcionada una pletina que presenta una aleación de acero endurecible que es separada mediante técnicas de separación conocidas en sí de una capa de chapa presente como producto por metros de una aleación de acero, por ejemplo en el curso de un proceso de troquelado o corte. La pletina es recubierta, preferiblemente al menos por un lado, como fue explicado anteriormente en relación con las figuras 3a, 3b.

En el marco del endurecimiento en prensa directo, la pletina es calentada preferiblemente en un proceso de horno según la etapa b1), y posteriormente en el marco de la etapa de proceso c1) mediante el cierre de la herramienta de prensa es conformada en una herramienta de prensa en un componente conformado en caliente. El componente conformado en caliente experimenta inmediatamente después del conformado en caliente todavía dentro de la herramienta de prensa cerrada un enfriamiento d1), por el cual el componente conformado en caliente es enfriado térmicamente de forma rápida, con lo que se forma el componente endurecido en prensa.

Alternativamente al endurecimiento en prensa directo explicado anteriormente, es posible igualmente preconformar la pletina proporcionada según la etapa a) sin calentamiento previo de la pletina en el curso de una etapa de proceso alternativa b2), habitualmente esta etapa de proceso es denominada también "conformación en frío". Después de obtener el llamado componente preconformado en frío, este es calentado preferentemente en un proceso de horno c2) y a continuación es conformado en caliente a la geometría final con ayuda de una herramienta de prensa, de acuerdo con la etapa de proceso d2). Por último, el componente conformado en caliente en la herramienta de prensa cerrada es enfriado térmicamente de forma rápida para obtener el componente endurecido en prensa final según la etapa de proceso e2).

Indiferentemente de que se trate del endurecimiento en prensa directo o indirecto de un componente, las etapas de proceso individuales explicadas anteriormente pueden referirse a la pletina en cuestión o al componente en cuestión, de manera integral o solo en zonas parciales, es decir que las etapas de procedimiento del calentamiento de acuerdo con la etapa del proceso b1) o c2) son aplicadas en cada caso a la totalidad de la pletina o, al menos, solo a una zona parcial de la pletina. En el caso del conformado en caliente de acuerdo con las etapas de proceso c1) y

d2), respectivamente, todo el componente preconformado o al menos únicamente una zona parcial del componente preconformado son conformados en caliente. Lo mismo se refiere también a la etapa de proceso del endurecimiento por enfriamiento rápido según d1) y e2) en la que, respectivamente, todo el componente conformado en caliente o al menos solo una zona parcial del componente conformado en caliente es sometida a un enfriamiento térmico rápido específico.

Para facilitar la posterior explicación del procedimiento según la solución se supone que la pletina respectiva o el componente respectivo es abarcado en su realización espacial completa por la etapa de proceso respectiva.

De acuerdo con la solución se propone que la pletina al menos durante la etapa de proceso del calentamiento b1) o del conformado en frío b2, así como el componente que se forma a partir de la pletina durante la etapa de proceso del conformado en caliente c1), endurecimiento por enfriamiento rápido d1) o calentamiento del componente preconformado en frío c2) hasta el endurecimiento por enfriamiento rápido e2), sean inspeccionados continuamente por sensores electromagnéticos y/o acústicos, es decir con ayuda de un procedimiento de ensayo no destructivo para obtener magnitudes de estado atribuibles a la pletina, así como al componente que se forma a partir de la pletina. De forma particularmente ventajosa, la inspección por sensores es realizada además también antes e inmediatamente después de las etapas de proceso individuales. Las magnitudes de estado obtenidas por sensores electromagnéticos y/o acústicos son sometidas durante el proceso, respectivamente, a una evaluación basada en tolerancias, en la que en caso de detectarse que al menos una de las magnitudes de estado supera una tolerancia predeterminada durante una etapa de proceso determinada, es generada una señal de control o regulación, que influye en al menos un parámetro de proceso que caracteriza al menos la etapa de proceso determinada o excluye la pletina en cuestión o el componente en cuestión de la siguiente secuencia de etapas de proceso.

Para someter a la pletina que se va a endurecer en prensa o al componente que se va a endurecer en prensa que se forma a partir de ella a una inspección por sensores integral en su configuración geométrica, así como de forma continua, es decir, sin interrupción desde el inicio de la secuencia de etapas de proceso hasta la obtención del componente endurecido en prensa, para obtener en cualquier instante de la secuencia de etapas de proceso conocimiento de las propiedades físicas, geométricas, así como también de las propiedades de calidad que resultan de ello de la pletina o del componente que se forma a partir de ella, se requiere la integración de sensores electromagnéticos y/o acústicos en las herramientas que determinan las etapas de proceso individuales, así en particular del horno necesario para el calentamiento de la pletina o del componente preconformado en frío, de la herramienta de prensa necesaria en el marco del endurecimiento en prensa indirecto para el conformado en frío de la pletina, así como de la herramienta de prensa para la realización del conformado en caliente, así como del endurecimiento por enfriamiento rápido, dentro de la cual permanece el componente conformado en caliente.

Así, preferentemente con ayuda de la sensórica que está integrada en las herramientas respectivas son detectadas las propiedades eléctricas, magnéticas y acústicas de la pletina, así como del componente que se forma a partir de la pletina, con los medios o con la condición de un ensayo no destructivo, es decir, la inspección por sensores se realiza con referencia a la pletina que va a ser inspeccionada o con referencia al componente que va a ser inspeccionado sin degradación.

Como sensores que van a ser integrados en las herramientas descritas anteriormente, que preferiblemente también comprenden las herramientas de transferencia con las que se realizan tanto la colocación, como la retirada y la transferencia de la pletina o del componente respectivo de una herramienta a otra herramienta, son adecuados sensores electromagnéticos, así como sensores acústicos. En particular, los sensores electromagnéticos, tales como los sensores 3MA mencionados permiten detectar sin contacto las siguientes propiedades electromagnéticas de la pletina y/o del componente respectivo: el ruido de Barkhausen, armónicos de una intensidad de campo magnético tangencial que reina en una superficie de la pletina o del componente, permeabilidad incremental, así como corrientes parásitas multifrecuencia. Para la indagación de las propiedades acústicas son adecuados en particular sensores EMAT, con los que pueden ser detectados: tiempos de propagación del sonido, oscilaciones del sonido, así como también emisiones de sonido que salen de la pletina o del componente

Puesto que la estructura básica de un transductor ultrasónico electromagnético, en abreviatura transductor EMAT, y de un sensor 3MA conocido en sí son muy similares, ya que ambas técnicas se basan en las interacciones electromagnéticas con el componente que va a ser examinado, en una forma de realización particularmente preferida del procedimiento según la solución, así como del dispositivo según la solución que se va a describir a continuación, es adecuado el uso de un denominado sensor híbrido que combina entre sí las dos técnicas de medición y las magnitudes de ensayo detectables en cada caso con este. El componente principal de un sensor híbrido de este tipo consiste en un electroimán como dispositivo de magnetización, que induce en la pletina o dentro del componente un campo magnético estático o casi estático, orientado paralelamente a la superficie, así como un sistema de bobinas de alta frecuencia. El sistema de bobinas de alta frecuencia contiene una bobina de emisión o recepción para la conversión electromagnética de los ultrasonidos, así como una bobina separada para la medición de la corriente parásita y la permeabilidad incremental, como parte del llamado procedimiento 3MA. Además, está prevista una cavidad para la fijación de una sonda Hall, que es necesaria para la medición de la intensidad de campo magnético tangencial en el procedimiento 3MA. Sobre la base de un sensor híbrido concebido de esta forma se puede detectar cuantitativamente con las técnicas de medición una pluralidad de magnitudes de estado

características de la pletina o del componente durante las respectivas etapas de proceso, que permiten una conclusión acerca de las propiedades de calidad de la pletina o del componente. Así, pueden ser obtenidos datos precisos sobre las propiedades actuales del material de la aleación de acero endurecible con respecto a su dureza, resistencia a la tracción, límite de elasticidad, alargamiento a la rotura, así como la elongación uniforme. Magnitudes de geometría de la pletina, así como del componente, con respecto a las dimensiones de espesor y/o longitud pueden ser determinadas en el curso del examen acústico. Además, es posible detectar cuantitativamente espesores de capa de al menos una capa de material aplicada sobre la pletina o el componente o de una capa de material que se forma en el curso de las etapas de proceso. Tanto el grado de austenización, como de formación de martensita, dentro de la aleación de acero pueden ser determinados en función de la temperatura que reina en el proceso en cada caso, ya sea en el curso del calentamiento o del enfriamiento térmico rápido. Del mismo modo, son posibles también afirmaciones relativas a las tensiones mecánicas y dilataciones dentro de la aleación de acero. Además, es posible la detección con la técnica de medición de la conductibilidad eléctrica, así como de la conductividad térmica de la aleación de acero, así como de la conductividad térmica de una capa de material aplicada opcionalmente sobre la pletina o el componente o de una capa de material que se forma en el curso de las etapas de proceso. Tanto la temperatura de la aleación de acero, como las temperaturas al principio y al final de una transformación en martensita que se forma en la aleación de acero, pueden ser determinadas con exactitud.

Sobre la base de las magnitudes de estado cuantitativas que pueden ser detectadas con las técnicas de medición anteriores es posible una valoración cualitativa de la calidad actual de la pletina o del componente respectivo por una evaluación basada en tolerancias, en la que se determina si al menos una de las magnitudes de estado detectadas con la técnica de medición excede o no una tolerancia predeterminada. Si se ha superado una tolerancia correspondiente, entonces la calidad de la pletina o del componente no cumple los requisitos de calidad predeterminados. En este caso son generadas señales de control con las que se influye sobre las condiciones de proceso que reinan actualmente en cada caso a las que está sometida la pletina o el componente en la etapa de proceso respectiva, de acuerdo con el llamado "control de retroalimentación". Si, por ejemplo, en la etapa de proceso del calentamiento en una zona parcial de la pletina que se calienta o del componente que es preconformado se detectan temperaturas que están por encima de una temperatura teórica predeterminada, entonces son generadas señales de regulación por las cuales se reduce de forma adecuada la temperatura del horno. Si en el caso de la conformación en caliente se detecta por sensores al menos en una zona parcial un espesor de pared del componente demasiado grande, entonces la presión de prensado dentro de la herramienta de prensa es aumentada de forma adecuada. Si, por el contrario, una determinada magnitud de estado detectada por sensores excede de un rango de tolerancias ampliado fijado anteriormente, que al ser superado por influencia de la regulación en la etapa de proceso que reina en cada caso no es posible una corrección deseada y restablecimiento de las propiedades de calidad de la pletina o del componente dentro de un rango de calidad tolerable, entonces la pletina o el componente inspeccionado es excluido de la siguiente secuencia de etapas de proceso.

Si, por el contrario, después de la finalización, por ejemplo del calentamiento de la pletina o del componente preconformado o de la conformación en caliente con ayuda de la herramienta de prensa, se detecta que al menos una magnitud de estado está fuera de un intervalo de tolerancias predeterminado, entonces es generada una señal de control con la que se influye en la siguiente etapa de proceso en un esfuerzo para optimizar la calidad del componente que va a ser endurecido en prensa en la siguiente etapa de proceso. Si, por ejemplo, ya al inicio del procedimiento de endurecimiento en prensa, inmediatamente después de proporcionar la pletina y antes del inicio de la etapa de proceso denominada anteriormente b1 o b2), es decir el calentamiento de la pletina o el conformado en frío correspondiente de la pletina, es detectado por la inspección por sensores que al menos una de las magnitudes de estado atribuibles a la pletina en la evaluación basada en tolerancias se sitúa fuera de un rango de tolerancias predeterminado, pero aún dentro de un rango de tolerancias ampliado que no hace necesaria una exclusión de la pletina inspeccionada de la secuencia de las etapas de proceso, entonces es generada una señal de control que influye en al menos la etapa de proceso inmediatamente precedente del calentamiento de la pletina según la etapa de proceso b1) o del conformado en frío de la pletina según la etapa de proceso b2), de manera que los parámetros del proceso que se refieren a la etapa del proceso son ajustados previamente de forma adecuada. En particular, esto se refiere a la especificación de la temperatura, así como al tiempo de permanencia dentro del horno de la pletina que se calienta o del componente que se calienta, para de esta manera influir en el grado de austenización, la distribución de la temperatura, así como eventualmente la estructura de capas o la estructura de capas que se forma durante el calentamiento.

De forma ventajosa la pletina calentada en el marco del proceso de horno de acuerdo con la etapa de proceso b1) o el componente preconformado calentado de acuerdo con la etapa de proceso c2), con ayuda de una herramienta de transferencia es retirado del horno y transferido a la herramienta de prensa, de modo que durante la transferencia, la pletina o el componente es inspeccionado por sensores para la obtención de magnitudes de estado atribuibles a la pletina o al componente. Para ello, en la herramienta de transferencia está integrada una sensórica realizada de forma especial, por ejemplo por la provisión de una pluralidad de los sensores híbridos anteriormente descritos. Durante la transferencia pueden ser detectados de esta forma: el grado de formación de martensita, la distribución de temperaturas, tensiones mecánicas, dilataciones y constricciones, así como la formación de grietas de manera integral o local. Las magnitudes de estado atribuibles a la pletina o al componente obtenidas con ayuda de los sensores híbridos integrados son sometidas durante la transferencia a una evaluación basada en tolerancias, con la que se detecta si al menos una magnitud de estado sobrepasa una tolerancia prefijable. En caso de sobrepasarse

una tolerancia, es generada una señal de control que influye sobre al menos un parámetro de proceso que caracteriza al menos las etapas de proceso del conformado en caliente según c1) o c2) o del endurecimiento por enfriamiento rápido según b1) o e2) de acuerdo con un "control de retroalimentación". Por ejemplo, la señal de control en el marco del proceso de conformación puede influir de antemano en la fuerza de prensado, la velocidad de prensado, así como el tiempo de retención dentro de la herramienta de prensa. Igualmente es posible que la señal de control descrita anteriormente influya en el proceso de enfriamiento rápido según las etapas de proceso b1) o e2), influyendo en las magnitudes de ajuste del circuito del medio de refrigerante que determinan la velocidad de enfriamiento. Si debe comprobarse que la desviación de tolerancia de al menos una variable de estado es demasiado grande, entonces la herramienta de transferencia puede excluir al componente o a la pletina precalentada retirada del horno de la siguiente secuencia de proceso.

De la misma forma en la que es realizada la transferencia de la pletina o del componente desde el horno a la herramienta de prensa con ayuda de una herramienta de transferencia dotada de sensores, está también prevista una herramienta de transferencia que retira el componente endurecido por enfriamiento rápido de la herramienta de prensa y lo conduce a otro uso o evaluación. Durante la retirada y conducción el componente endurecido en prensa es igualmente inspeccionado por sensores para obtener magnitudes de estado atribuibles al componente que, como se ha descrito anteriormente, son sometidas a una evaluación basada en tolerancias. Si en esta evaluación se constata que al menos una variable de estado excede la tolerancia predeterminada, entonces es generada igualmente una señal de control que influye al menos en la etapa de proceso inmediatamente precedente del endurecimiento por enfriamiento rápido relativa al procesamiento de un componente subsiguiente. Si no fuera posible un procesamiento posterior del componente endurecido por enfriamiento rápido inspeccionado para cumplir con los requisitos de calidad requeridos del componente endurecido en prensa, entonces el componente endurecido en prensa inspeccionado es excluido de un uso o secuencia de proceso posterior.

En todos los casos en los que son generadas señales de control y regulación para influir en los parámetros de proceso que determinan las etapas de proceso individuales, esto se hace bajo la condición de optimización de la calidad del componente atribuible al componente que va a ser endurecido en prensa. En el caso de la generación de señales de regulación, hay que ajustar o comprobar aquel parámetro del proceso de una etapa del proceso al que está sometida in situ la pletina o el componente correspondiente, es decir precisamente en su lugar, de acuerdo con el principio de retroalimentación. Si, por el contrario, son generadas señales de control, entonces estas influyen en aquel parámetro de proceso de una etapa del proceso, a la que es conducida la pletina o el componente en la secuencia del proceso como la siguiente etapa de proceso. Del mismo modo, es posible con ayuda de las señales de control generadas influir también en aquellos parámetros de proceso de una etapa de proceso a la que está sometida una pletina o componente siguiente en la secuencia de proceso.

El procedimiento según la solución explicado anteriormente para el endurecimiento en prensa de una pletina que presenta una aleación de acero endurecible para la fabricación de un componente endurecido en prensa puede ser realizado con un dispositivo que dispone de un horno, una herramienta de prensa, así como una unidad de refrigeración, caracterizándose el dispositivo de acuerdo con la solución porque en el horno, así como en la herramienta de prensa está integrada, respectivamente, una sensorica electromagnética y/o acústica que genera continuamente señales del sensor que se derivan directa o indirectamente de una pletina que se encuentra en el horno y/o en la herramienta de prensa o de un componente que se encuentra en el horno y/o en la herramienta de prensa. Las señales del sensor generadas de forma continua son transmitidas a una unidad de evaluación y control por cable o de forma inalámbrica, que evalúa las señales de los sensores teniendo en cuenta al menos una medida de tolerancia o una condición de tolerancia y en caso de no conformidad de la al menos una condición de la tolerancia general al menos una señal de regulación y/o control. Además, está prevista una unidad de control, que establece y monitoriza los parámetros de funcionamiento para el funcionamiento del horno, así como de la herramienta de prensa y a la que puede ser transmitida la al menos una señal de regulación y/o control para influir en los parámetros de funcionamiento.

Además de la provisión de sensores electromagnéticos y acústicos separados, al menos dentro del horno y de la herramienta de prensa, una forma de realización particularmente preferida del dispositivo prevé el uso de sensores híbridos que son adecuados debido a su forma de construcción compacta y que ahorra de espacio, especialmente para la integración en el horno y en la herramienta de prensa. Para evitar sobrecalentamientos, los sensores están dispuestos lo más cerca posible de canales de refrigeración que atraviesan el horno, así como la herramienta de prensa cerca de la superficie, por lo que es posible una regulación de la temperatura específica de la herramienta respectiva, así como también en particular un enfriamiento de los sensores híbridos.

El procedimiento según la solución, en particular el dispositivo diseñado según la solución, para la realización del procedimiento se explicará a continuación con referencia a los ejemplos de realización preferidos ilustrados.

#### Breve descripción de la Invención

La invención se describirá ejemplarmente a continuación, sin limitar la idea general de la invención, en virtud de ejemplos de realización con referencia a los dibujos. Muestran:



Las Figuras 1a, b, c: representación de la aplicación y la zona de interacción de un sensor híbrido en una pletina,  
 la Figura 2: representación de un flujo de proceso esquemático en el endurecimiento en prensa directa según el estado de la técnica,  
 las Figuras 3a, b: representación de la estructura de capas de una pletina, así como de un componente precalentado,  
 la Figura 4: representación del horno con sensores integrados,  
 la Figura 5: representación de una herramienta de transferencia con sensores,  
 las Figuras 6a, b: representación de una herramienta de prensa con sensores integrados para la conformación en caliente, así como para la monitorización del endurecimiento por enfriamiento rápido y  
 las Figuras 7a, b: representación de una herramienta de transferencia con sensores integrados para la retirada del componente endurecido en prensa de la herramienta de prensa.

Formas de realización de la Invención, aplicabilidad industrial

Las figuras 1a-c muestran la aplicación, así como la zona de interacción de un sensor híbrido 12 en una pletina 2 hecha de una aleación de acero endurecible o en un componente 5 correspondiente. El sensor híbrido 12 combina los procedimientos de ensayo no destructivo, concretamente la técnica de ensayo 3MA (análisis de microestructura y tensión micromagnético multiparamétrico), que se basa en interacciones electromagnéticas, con la técnica de ensayo EMAT para la generación y detección de ondas ultrasónicas generadas electromagnéticamente. Dado que el sensor híbrido 12 puede ser realizado compacto y con una construcción pequeña, es adecuado de forma particular para una integración lo más cerca posible de la pletina o del componente en el horno, la herramienta de prensa, así como en las herramientas de transferencia para la realización del procedimiento de endurecimiento en prensa, como se puede deducir de la figura 4 y siguientes.

El sensor híbrido 12 es aplicado tan cerca como sea posible en un lado de la pletina 2 o del componente 5. Dado que las interacciones electromagnéticas del sensor híbrido actúan con el componente 5 también a través de un resquicio de aire, la medición puede ser realizada con una pequeña elevación 13 de unos pocos milímetros entre el sensor 12 y el componente 5. Esto tiene la ventaja de que ni es desgastado el sensor híbrido 12 ni es dañada la pletina 2 o el componente 5.

En el modo micromagnético del sensor híbrido, la zona de interacción 14 dentro de la pletina o del componente está limitada a unos pocos milímetros cuadrados, como se puede deducir de las figuras 1 a y b. La figura 4c, sin embargo, muestra el modo de medición EMAT, en el que son generadas ondas de Lamb 15 dentro de la pletina 2 o del componente 5 que se extienden hasta el canto izquierdo de la pletina 2 o del componente 5 y allí son reflejadas, véase el símbolo de referencia 16. En la llamada imagen A de la señal de ultrasonido, que representa la amplitud del ultrasonido recibida resuelta en el tiempo, se forma claramente el eco del canto en el lugar de la reflexión 16. Con ayuda de la diferencia de tiempo entre la señal de acoplamiento 15 y el eco del canto 16 pueden sacarse conclusiones sobre la velocidad del sonido de la onda ultrasónica dentro del material. Si existe una irregularidad 17, por ejemplo en forma de una grieta en la superficie en la trayectoria de la onda ultrasónica 15, entonces son reflejadas partes de las ondas ultrasónicas, véase el símbolo de referencia 18, que en la imagen A de la señal ultrasónica recibida representa un eco de defecto.

También las profundidades de interacción de ambos modos de medición son diferentes. En el caso de procedimiento de ensayo micromagnético, la profundidad de interacción 14 puede ser ajustada de forma individual, es decir, o bien pueden ser detectados de la profundidad de interacción todo el espesor de la chapa, como en el caso de la figura 1a, o solo recubrimientos cerca de la superficie, como en el caso de la figura 1b. Por el contrario, la onda de Lamb 15 generada mediante el procedimiento de ensayo EMAT suministra constantemente informaciones de medición sobre todo el espesor o longitud de la pletina. Debido a las informaciones de medición en parte redundantes que son obtenidas con dos procedimientos de ensayo, las diferentes profundidades de interacción pueden ser utilizadas para detectar las informaciones de medición de forma selectiva en profundidad.

Así, pueden ser detectadas la estructura y las propiedades del material de la aleación de acero endurecible, así como una posible estructura de capas en la pletina 2 o en el componente 5, siendo detectados los espesores de capa de la capa de difusión, así como de la capa residual (véanse para ello las aclaraciones a las figuras 3a, b) con ayuda del procedimiento micromagnético. El grado de austenización, así como de la posterior formación de martensita que se forma durante el endurecimiento por enfriamiento rápido, resulta de la dependencia de las señales del sensor micromagnético, así como del sensor EMAT del estado magnético del material. Estados de tensión y dilatación, que se ajustan durante los procesos de conformación dentro del componente, dan lugar a variaciones en las señales detectables en ambos sensores, es decir, tanto dentro del sensor micromagnético como del sensor EMAT. Las señales ultrasónicas del sensor EMAT pueden además ser utilizadas para detectar grietas y constricciones en la chapa debidas al conformado. La posibilidad de monitorizar la temperatura resulta de la dependencia de la temperatura de las señales de ambos sensores. Además, la temperatura puede ser determinada selectivamente en el recubrimiento o en el material de base, es decir, dentro de la aleación de acero endurecible. Por la observación selectiva de la evolución de la temperatura en el recubrimiento y en la aleación de acero endurecible durante la fase de calentamiento o calefacción puede hacerse una afirmación sobre la conductividad térmica del recubrimiento.

Por la integración del sensor híbrido descrito anteriormente en el horno se pueden detectar continuamente durante el proceso de calentamiento: la formación de la capa de difusión, la austenización, así como la temperatura durante la fase de calentamiento de la pletina o del componente, de manera que las desviaciones que se produzcan en cualquier caso de las especificaciones de los valores teóricos correspondientes del proceso de horno pueden ser influidas de forma adaptativa mediante la generación de señales de regulación (control de retroalimentación). Además, es posible sobre la base de las magnitudes de estado detectadas continuamente por sensores generar señales de control correspondientes a través del componente calentado dentro del horno respectivo para las siguientes etapas de proceso (control de prealimentación).

La figura 4 muestra para ello un horno 1 en el que cerca de la superficie hacia la pletina 2 que va a ser calentada están integrados sensores híbridos 12. Los sensores híbridos 12 están integrados a lo largo del tramo de calentamiento longitudinalmente al horno 1 realizado como un horno de paso continuo. Para proteger a los sensores híbridos 12 de sobrecalentamiento debido a la temperatura del horno, está integrada una refrigeración activa 19, que puede enfriar los sensores híbridos 12 a través de un circuito de aire o de agua correspondiente. Preferentemente, los sensores híbridos 12 integrados en el horno de paso continuo están implementados, respectivamente, entre los rodillos de transporte 20 sobre los que son transportadas de izquierda a derecha las pletinas 2 con una velocidad  $v$  predeterminable en la representación de la imagen según la figura 4.

Especialmente en el caso de un horno de paso continuo, de acuerdo con representación de la imagen en la figura 4, los sensores híbridos 12 colocados a la entrada del horno suministran informaciones sobre el material de partida de la pletina 2, por lo que el proceso de calentamiento que tiene lugar dentro del horno 1 puede ser ajustado en consecuencia. Por el contrario, los sensores híbridos 12 a la salida del horno proporcionan informaciones sobre el estado final de la pletina, por ejemplo con respecto a la formación de capas, aquí en particular, la capa de difusión, así como la conductividad térmica del recubrimiento y el grado de austenización, lo que hace posible evaluar las relaciones entre las variables de entrada y de salida de esta etapa de proceso en el marco de una unidad de evaluación y control 21. Así, las señales de sensor detectadas por los sensores híbridos 12 son transmitidas centralmente por cable o de forma inalámbrica a la unidad de evaluación y control 21, allí son reunidas y procesadas. En la unidad de evaluación y control 21, las señales de los sensores son evaluadas bajo la especificación de al menos una medida de tolerancia o una condición de la tolerancia y en caso de no conformidad de la al menos una condición de la tolerancia es generada al menos una señal de regulación y/o control. Además, está prevista una unidad de control 22 que establece y monitoriza los parámetros de funcionamiento para el funcionamiento del horno, es decir, el tiempo de mantenimiento  $t$  en el horno o la velocidad de avance  $v$  en el caso de un horno de paso continuo, así como las velocidades de calentamiento,  $dT/dt$ , y la temperatura máxima  $T$ . A la unidad de control 22, es transmitida la al menos una señal de regulación y/o control desde la unidad de evaluación y control 21 para influir en los parámetros de funcionamiento. De esta forma, por medio de un circuito de regulación cerrado se puede influir en las magnitudes de ajuste del proceso de horno. Además, se pueden reconocer las irregularidades dentro de la pletina 2, por ejemplo en forma de grietas inducidas por el calor en el recubrimiento, y excluidas posibles piezas de desecho en el primer momento posible.

La integración de los sensores híbridos 12 es también posible en la herramienta de transferencia 3 con la cual es retirada la pletina 2 calentada del horno 1 y transferida para su posterior procesamiento a la herramienta de prensa. La figura 5 muestra, en una representación esquemática, una herramienta de transferencia 3 de este tipo que está realizada en forma de un brazo de robot con múltiples articulaciones, que dispone de una pinza 23 para recoger la pletina 2. Dentro de la pinza 23 están integrados los sensores híbridos 12, que debido a la alta temperatura de la pletina 2 están acoplados térmicamente a un sistema de refrigeración 19 igual que en el horno 1. Las señales de sensor obtenidas con ayuda de los sensores híbridos integrados en herramienta de soporte 3, a las que pueden ser asignadas magnitudes de estado de la pletina 2, son asimismo evaluadas en la unidad de evaluación y control 21 (véase la figura 4) y sirven igualmente para la generación de señales de control que son suministradas al siguiente proceso de conformación, en el sentido de un control de prealimentación. También es posible utilizar señales de control correspondientes para el reajuste del proceso del horno para el calentamiento de la pletina inmediatamente posterior en el sentido de un denominado control de retroalimentación.

La Figura 6a muestra una vista en sección esquemática a través de una herramienta de prensa 4, en la que es conformado en caliente un componente 5. La herramienta de prensa 4 dispone de un macho de prensa 24, así como de una matriz de prensa 25, en las que están introducidos, respectivamente, canales de refrigeración 7 para el enfriamiento de la superficie. Adicionalmente, tanto en el macho de prensa 24, como en la matriz de prensa 25, están integrados sensores híbridos 12, de tal manera que durante la conformación son aplicados en contacto con el componente 5 o a una corta distancia del mismo. Los canales de refrigeración 7 integrados sin más dentro de la herramienta de prensa 4 sirven además para enfriar los sensores híbridos 12, de modo que para el propósito del enfriamiento de los sensores, no es necesario un gasto de sistema adicional. Las magnitudes de ajuste que caracterizan el proceso de conformación relativas a la velocidad de conformación  $v$ , así como a la fuerza de conformación  $F$ , son reguladas de forma adaptativa para evitar la aparición de tensiones y dilataciones inaceptablemente altas, o la aparición de constricciones, así como de formaciones de grietas, y prevenir un enfriamiento excesivo durante la conformación.

Los sensores híbridos 12 mostrados en la Figura 6 se emplean también en la etapa de proceso del endurecimiento por enfriamiento rápido, que está ilustrado en la figura 6b. El componente 5 conformado en caliente permanece sujeto en la herramienta de prensa 6 entre el macho de prensa 24 y la matriz de prensa 25. Después de la terminación de la conformación en caliente, los sensores híbridos 12 proporcionan informaciones de ensayo sobre el grado formación de martensita (grado de formación de bainita), así como la temperatura en el componente. Al mismo tiempo puede ya ser inspeccionado dentro de la herramienta de prensa 4, si el componente conformado en caliente cumple la conformidad de todas las características de calidad, es decir, si las propiedades del material de la aleación de acero, la estructura del recubrimiento, así como la presencia de grietas y constricciones cumplen las especificaciones teóricas pertinentes. Los parámetros de proceso que determinan el proceso de endurecimiento por enfriamiento rápido que sigue al conformado en caliente son el tiempo de retención  $t$ , la fuerza de retención  $F$ , así como el flujo volumétrico del refrigerante  $dV/dt$ . En caso de desviaciones correspondientes de las magnitudes de estado detectadas por los sensores con respecto de las especificaciones teóricas pueden ser reajustados igualmente los parámetros de proceso anteriores en el curso de una regulación o control. También con ayuda de los sensores híbridos es posible detectar la aparición de magnitudes de ajuste, como por ejemplo suciedad intensa o daños en la propia herramienta de prensa.

Para la extracción del componente 5 endurecido por enfriamiento rápido de la herramienta de prensa 4 después de la etapa del proceso de endurecimiento por enfriamiento rápido sirve una herramienta de transferencia 8 realizada igualmente como brazo de robot, que está ilustrada en las figuras 7a, 7b. En la figura 7a está ilustrada una pinza 23 de la herramienta de transferencia 8, en la que están integrados los sensores híbridos 12 que pueden inspeccionar el componente 5 retirado de la herramienta de prensa 4 o 6 inmediatamente después de agarrarlo. El componente 5 tiene típicamente temperaturas menores de 200° C, por lo que no es necesario un enfriamiento activo para los sensores híbridos 12 dentro de la pinza 23.

Alternativamente a ello, para la retirada del componente 5 endurecido por enfriamiento rápido de la herramienta de prensa 4 o 6, puede ser empleada una herramienta de transferencia 8 realizada convencionalmente según la representación de la imagen en la Figura 7b, cuya pinza 23 no presenta sensores híbridos 12. En este caso está previsto un dispositivo de ensayo 26 después del endurecimiento por enfriamiento rápido, en el que están integrados sensores híbridos 12 correspondientes, sobre el que es colocado el componente 5 con la ayuda de la herramienta de transferencia 8 para poder llevar a cabo una inspección de calidad final del componente 5 endurecido en prensa.

En ambos casos, el ciclo de ensayo para la inspección de la calidad del componente endurecido en prensa es igual o menor que el ciclo de producción del proceso de endurecimiento en prensa, con lo que es posible un ensayo al 100 % de todos los componentes 5.

Con ayuda del procedimiento según la solución descrito anteriormente, así como del dispositivo según la solución que lo acompaña, resultan una serie de mejoras con respecto al estado de la técnica, que son enumeradas sucesivamente a continuación:

- monitorización y regulación o control continuo del proceso en base a magnitudes de estado detectadas por sensores y características de calidad derivadas de ellas del producto intermedio endurecido en prensa, así como del producto final endurecido en prensa,
- se evitan o reducen las piezas de rechazo,
- posibilidad de regulación y optimización del proceso de horno en cuanto a calidad y costes, en particular, minimización del tiempo de permanencia en el horno,
- posibilidad de regulación y optimización de la conformación en caliente y del endurecimiento por enfriamiento rápido en cuanto a calidad y costes, aquí en particular, minimización del tiempo de mantenimiento, reducción del tiempo de ciclo, así como de la demanda de refrigerante,
- inspección directa de defectos automatizada al 100 % de todos los componentes producidos, en particular constricciones, grietas, etc., tensiones propias y propiedades tecnológicas mecánicas, tales como por ejemplo: dureza, resistencia a la tracción, y
- determinación de la temperatura en el interior del componente y no solo en una superficie del componente.

55 Lista de símbolos de referencia

- 1 horno
- 2 pletina
- 3 herramienta de transferencia para la retirada de la pletina del horno
- 4 herramienta de prensa
- 5 componente
- 6 herramienta de prensa en el endurecimiento por enfriamiento rápido
- 7 canales de refrigeración
- 8 herramienta de transferencia para la retirada del componente de la herramienta de prensa
- 9 material de base, aleación de acero
- 65 10 recubrimiento de partida, recubrimiento residual
- 11 capa de difusión

## ES 2 610 470 T3

	12	sensor híbrido
	13	elevación
	14	campo de visión del sensor de micromagnético
	15	onda de Lamb de ultrasonido que va hacia delante
5	16	onda de Lamb de ultrasonido que va hacia atrás
	17	grieta, constricción
	18	onda ultrasónica reflejada en la grieta o en la constricción
	19	refrigeración activa adicional para el enfriamiento de los sensores
	20	rodillo en el horno de paso continuo
10	21	unidad de evaluación y control
	22	unidad de control
	23	pinza
	24	macho de prensa
	25	matriz de prensa
15	26	dispositivo de ensayo

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de un componente endurecido en prensa que comprende al menos las siguientes etapas de proceso que se suceden una tras otra, respectivamente, directa o indirectamente.

- a) provisión de una pletina que presenta una aleación de acero endurecible y
- b1) calentamiento de la pletina,
- c1) conformación en caliente de la pletina calentada en una herramienta de prensa para formar un componente conformado en caliente y
- d1) endurecido por enfriamiento rápido del componente conformado en caliente en la herramienta de prensa para obtener el componente endurecido en prensa o
- b2) preconformado de la pletina sin calentamiento de la pletina en un componente preconformado,
- c2) calentamiento del componente preconformado,
- d2) conformación en caliente del componente preconformado calentado en una herramienta de prensa en un componente conformado en caliente y
- e2) endurecido por enfriamiento rápido del componente conformado en caliente en la herramienta de prensa para obtener el componente endurecido en prensa,

**caracterizado por que** la pletina durante las etapas de proceso b1) y b2), así como el componente que se forma a partir de la pletina durante las etapas de proceso c1), d1), así como c2) a e2), son inspeccionados continuamente por medio de sensores para obtener magnitudes de estado que pueden ser atribuidas a la pletina, así como al componente que se forma a partir de la pletina,

**por que** las magnitudes de estado obtenidas mediante sensores son sometidas a una evaluación basada en tolerancias, en la que en caso de que al menos una magnitud de estado detectada durante una etapa de proceso determinada sobrepase una tolerancia predeterminada es generada una señal de control o regulación que influye sobre al menos uno de los parámetros de proceso que caracterizan al menos la etapa de proceso determinada o excluye la pletina en cuestión o el componente en cuestión de la siguiente secuencia de etapas de proceso, y

**por que** la detección por sensores es realizada mediante sensores electromagnéticos y/o acústicos para obtener magnitudes de estado que pueden ser atribuidas a la pletina, así como al componente que se forma a partir de la pletina en el curso de un procedimiento de ensayo no destructivo.

2. Procedimiento según la reivindicación 1,

**caracterizado por que** las etapas de procedimiento de calentamiento según b1), y c2) son aplicadas, respectivamente, a la pletina completa o al menos a una zona parcial de la pletina,

de conformado en caliente según c1) y d2) son aplicadas, respectivamente, a todo el componente preconformado o al menos a una zona parcial del componente preconformado,

así como de endurecimiento por enfriamiento rápido según d1) y e2) es aplicada, respectivamente, a todo el componente conformado en caliente o al menos a una zona parcial del componente conformado en caliente.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado por que** la pletina antes y/o después de las etapas de proceso b1) y b2), así como el componente que se forma a partir de la pletina antes y/o después de las etapas de proceso c1), d1), así como c2) a e2), son cada uno de ellos inspeccionados continuamente por sensores para obtener magnitudes de estado que pueden ser atribuidas a la pletina, así como al componente que se forma a partir de la pletina, y

por que las magnitudes de estado obtenidas mediante sensores son sometidas a una evaluación basada en tolerancias, en la que en caso de que al menos una de las magnitudes de estado detectadas antes y/o después de una etapa de proceso determinada sobrepase una tolerancia predeterminada es generada una señal de control que influye en al menos uno de los parámetros de proceso que caracterizan al menos la etapa de proceso determinada o excluye la pletina en cuestión o el componente en cuestión de la siguiente secuencia de etapas de proceso.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3,

**caracterizado por que** la detección por sensores en las etapas de proceso individuales es realizada, de tal manera que son detectadas las siguientes magnitudes de estado y características de calidad (parámetros) que pueden ser atribuidos a la pletina, así como al componente:

- propiedades del material que caracterizan a la aleación de acero endurecible, que incluyen al menos: la dureza, la resistencia a la tracción, el límite de elasticidad, la elongación a la rotura y la elongación uniforme,
- magnitudes de geometría, que comprenden al menos una dimensión de espesor o longitud atribuible a la pletina o al componente,
- espesor de capa de al menos una capa de material aplicada sobre la pletina o el componente o una capa de material que se forma en el curso de las etapas de proceso,
- grado de formación de austenita o martensita en la aleación de acero en función de una temperatura del proceso que reina en cada caso,

- tensiones mecánicas y dilataciones en la aleación de acero,
- conductividad eléctrica y térmica de la aleación de acero, así como de una capa de material aplicada sobre la pletina o el componente o una capa de material que se forma en el curso de las etapas de proceso,
- temperatura de la aleación de acero
- las temperaturas al principio y al final de una transformación en martensita que se tiene lugar en la aleación de acero.

5  
10  
15

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4,  
**caracterizado por que** la pletina proporcionada en la etapa de proceso a) es inspeccionada por sensores antes de la etapa de proceso b1) o b2) para obtener magnitudes de estado atribuibles a la pletina y por que las magnitudes de estado obtenidas por los sensores son sometidas a una evaluación basada en tolerancias, en la que en caso de que al menos una magnitud de estado sobrepase una tolerancia predeterminada, es generada una señal de control que influye sobre al menos un parámetro de proceso que caracteriza al menos la etapa de proceso b1) o b2) o excluye la pletina inspeccionada de la siguiente secuencia de etapas de proceso.

20  
25

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5,  
**caracterizado por que** el calentamiento de la pletina en la etapa de proceso b1), así como el calentamiento del componente preconformado en la etapa de proceso c2), es realizado en un proceso de horno, en el que la pletina o el componente es llevado a un horno y tras la finalización del proceso del horno es transferido con una herramienta de transferencia desde del horno a la herramienta de prensa, y por que durante la transferencia la pletina o el componente son inspeccionados por sensores para obtener magnitudes de estado que pueden ser atribuidas a la pletina o al componente y por que las magnitudes de estado obtenidas por sensores son sometidas a una evaluación basada en tolerancias, en la que en caso de que al menos una de las magnitudes de estado sobrepase una tolerancia predeterminada es generada una señal de control que influye sobre al menos un parámetro de proceso que caracteriza al menos la etapa de proceso c1 o d2) o excluye la pletina inspeccionada o el componente inspeccionado de la siguiente secuencia de etapas de proceso.

30  
35  
40

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6,  
**caracterizado por que** después de la finalización del endurecimiento por enfriamiento rápido del componente conformado en caliente en la herramienta de prensa para obtener el componente endurecido en prensa según las etapas de proceso d1) o e2), el componente endurecido en prensa es retirado con una herramienta de transferencia de la herramienta de prensa y conducido a un procesamiento posterior, y por que durante la retirada y conducción el componente endurecido en prensa es inspeccionado por sensores para obtener magnitudes de estado que pueden ser atribuidas al componente y por que las magnitudes de estado obtenidas por los sensores son sometidas a una evaluación basada en tolerancias, en la que en caso de que al menos una magnitud de estado sobrepase una tolerancia predeterminada es generada una señal de control que influye sobre al menos un parámetro de proceso que caracteriza al menos la etapa de proceso d1) o e2) y/o excluye el componente endurecido en prensa inspeccionado de la siguiente secuencia de etapas de proceso.

45

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7,  
**caracterizado por que** la evaluación de las magnitudes de estado detectadas por sensores, la generación de cualesquiera señales de control y regulación, así como la influencia sobre el al menos un parámetro de proceso que caracteriza al menos una etapa de proceso se realizan con la condición de una optimización de una calidad del componente atribuible al componente que va a ser endurecido en prensa.

50

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8,  
**caracterizado por que** las señales de regulación generadas influyen en aquellos parámetros de proceso de una etapa de proceso, a la que es sometida in situ la pletina o el componente, y por que las señales de control generadas influyen en aquellos parámetros de proceso de una etapa de proceso, a la que es conducida la pletina o el componente en la secuencia de proceso como siguiente etapa de proceso.

55  
60  
65

10. Dispositivo para el endurecimiento en prensa de una pletina que presenta una aleación de acero endurecible para la fabricación de un componente endurecido en prensa, con un horno, así como con una herramienta de prensa que dispone de una unidad de refrigeración,  
**caracterizado por que** en el horno, así como en la herramienta de prensa, está integrada, respectivamente, una sensorica que comprende al menos un sensor electromagnético y/o acústico que generan continuamente señales de sensor que son detectadas directa o indirectamente por una pletina que se encuentra en el horno y/o en la herramienta de prensa o por un componente que se encuentra en el horno y/o en la herramienta de prensa, por que está prevista una unidad de evaluación y control que evalúa las señales de los sensores teniendo en cuenta al menos una medida de tolerancia y en caso de no satisfacerse la al menos una medida de tolerancia, genera al menos una señal de regulación y/o control, así como al menos una unidad de control, que predetermina y monitoriza los parámetros de funcionamiento para el funcionamiento del horno, así como de la herramienta de prensa, y a la que puede ser transmitida la al menos una señal de regulación y control para influir en los parámetros de funcionamiento.

11. Dispositivo según la reivindicación 10,

**caracterizado por que** en cada caso el sensor electromagnético puede detectar las siguientes propiedades electromagnéticas de la pletina y/o del componente:

5 ruido de Barkhausen, armónicos de una intensidad de campo magnético tangencial que reina en una superficie de la pletina o del componente, permeabilidad incremental y corrientes parásitas multifrecuencia.

10 12. Dispositivo según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado por que** cada uno de los sensores acústicos puede detectar las siguientes propiedades acústicas de la pletina y/o del componente:

tiempos de propagación del sonido, atenuación del sonido y emisiones de sonido.

15 13. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado por que** la sensórica está realizada, respectivamente, como sensor híbrido que puede detectar las siguientes propiedades electromagnéticas y acústicas de la pletina y/o del componente:

20 ruido de Barkhausen, armónicos de una intensidad de campo magnético tangencial que reina en una superficie de la pletina o del componente, permeabilidad incremental, corriente parásita multifrecuencia y tiempos de propagación del sonido, atenuación del sonido y emisiones de sonido de la pletina o del componente.

25 14. Dispositivo según la reivindicación 13, **caracterizado por que** al menos un sensor híbrido está integrado, respectivamente, en el horno, así como en la herramienta de prensa, en una superficie del horno o de la herramienta de prensa que da a la pletina o al componente, y por que en el horno y en la herramienta de prensa están introducidos, respectivamente, medios que enfrían el al menos un sensor híbrido.

30 15. Dispositivo según una de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado por que** al menos una herramienta de transferencia está dispuesta y realizada de tal manera que la herramienta de transferencia agarra una pletina o un componente que se encuentra en el horno y lo transfiere para la colocación de la pletina o del componente en la herramienta de prensa, por que en la herramienta de transferencia está integrada al menos una sensórica que genera continuamente señales de sensor de la pletina o componente agarrado, y  
35 por que las señales de sensor pueden ser transmitidas por cable o de forma inalámbrica a la unidad de evaluación y control.

40 16. Dispositivo según la reivindicación 15, **caracterizado por que** al menos otra herramienta de transferencia está dispuesta y realizada de tal manera que la herramienta de transferencia agarra un componente que se encuentra en la herramienta de prensa y lo transfiere a un procesamiento posterior, por que en la herramienta de transferencia está integrada al menos una sensórica que genera continuamente señales de sensor desde el componente, y  
45 por que las señales del sensor pueden ser transmitidas por cable o de forma inalámbrica a la unidad de evaluación y control.

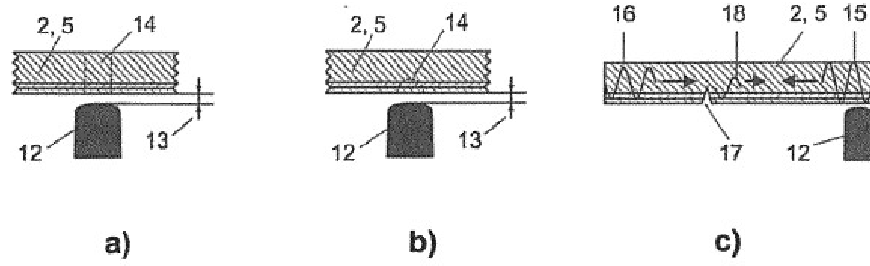


Fig. 1

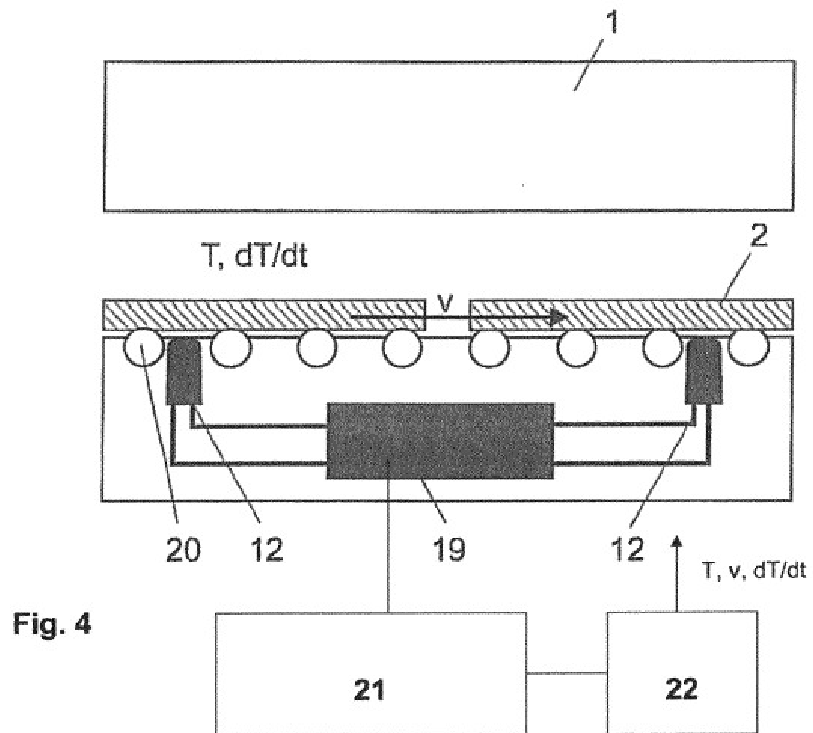


Fig. 4



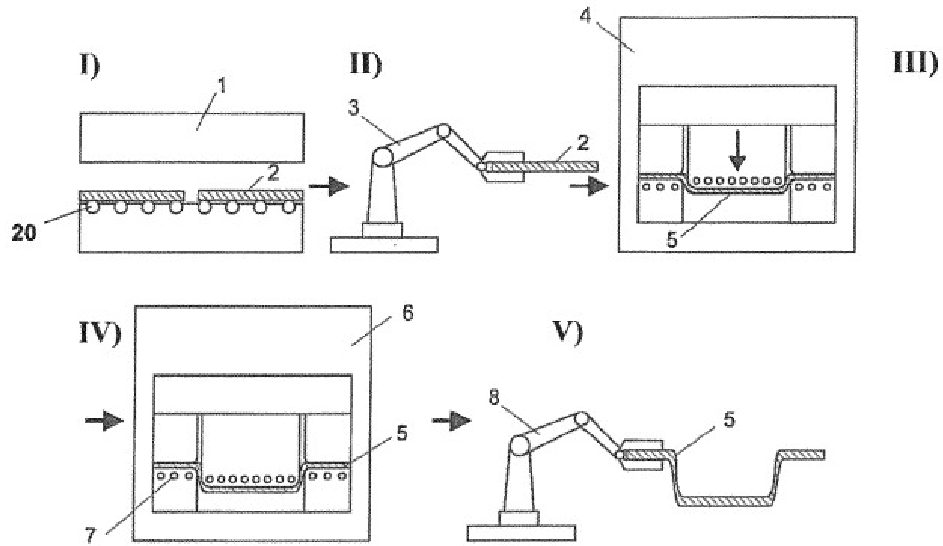


Fig. 2 (Estado de la técnica)

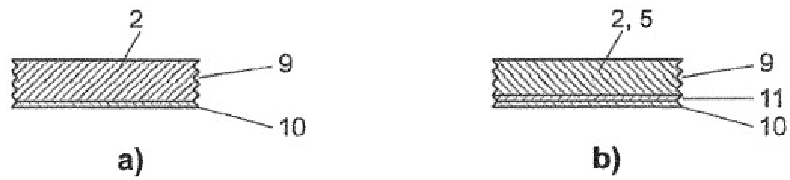


Fig. 3 (Estado de la técnica)

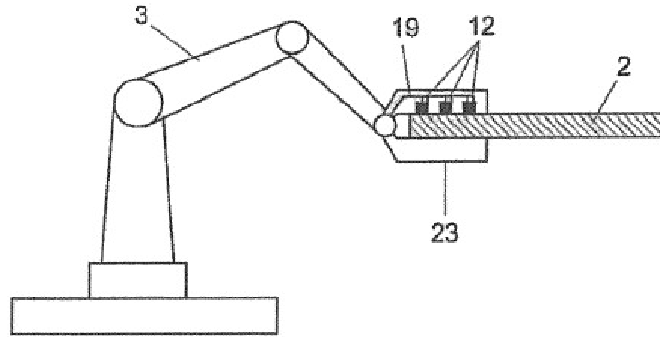


Fig. 5

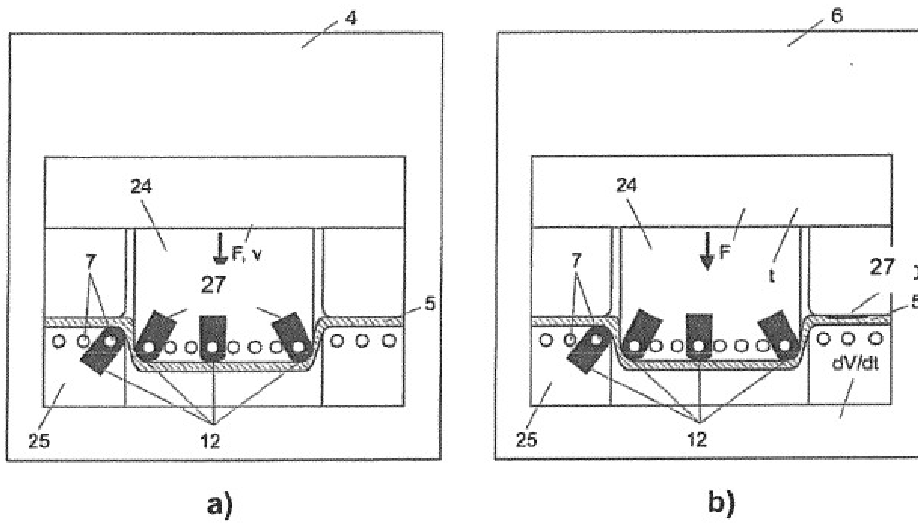


Fig. 6

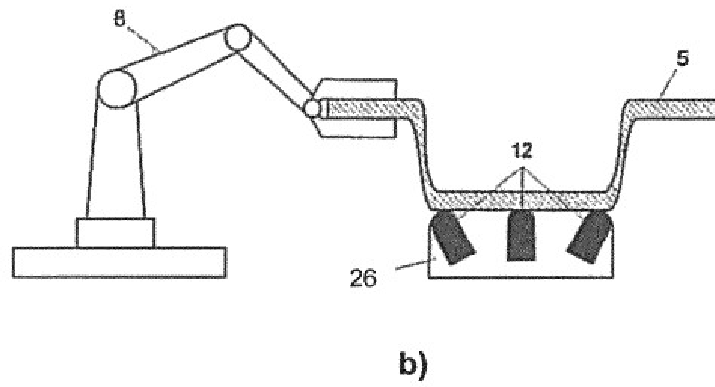
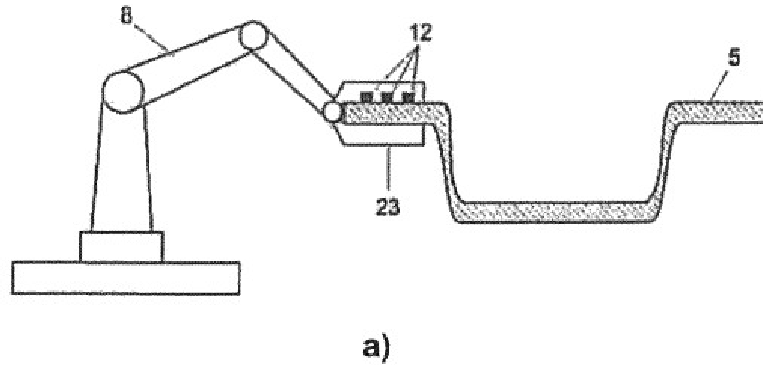


Fig. 7