



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 361 349**

⑫ Número de solicitud: 200803692

⑤① Int. Cl.:
G01N 3/18 (2006.01)
G01N 3/60 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫② Fecha de presentación: **24.12.2008**

⑫③ Fecha de publicación de la solicitud: **16.06.2011**

⑫③ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
16.06.2011

⑦① Solicitante/s: **ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN
METALÚRGICA DEL NOROESTE**
Relva, 27-A - Torneiros
36400 O Porriño, Pontevedra, ES

⑦② Inventor/es: **Otero Tranchero, Jacobo;**
Romero Romero, Pablo y
Iglesias Sánchez, Iván

⑦④ Agente: **Ungría López, Javier**

⑤④ Título: **Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos.**

⑤⑦ Resumen:

Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos.

Comprende fijar una probeta (1) en una máquina universal de ensayos e iniciar un ensayo a tracción de velocidad constante bajo un control de desplazamiento, de tener el ensayo a tracción y aplicar un calentamiento sobre una zona (3) de la probeta (1) durante un corto periodo de tiempo, reanudar el ensayo y obtener la curva de ensayo de fuerza (P) desplazamiento de la probeta (1) (D), calcular la reducción de la recuperación elástica que ha sufrido la probeta (1) en la zona calentada (3) a partir de la curva de ensayo para determinar el comportamiento del material de la probeta cuando sea sometido a un conformado por calentamiento rápido en procesos.

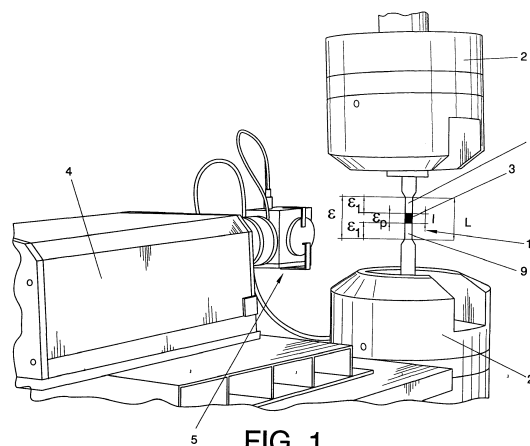


FIG. 1

ES 2 361 349 A1

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos.

Objeto de la invención

La presente invención, tal y como se expresa en el enunciado de esta memoria descriptiva, se refiere a un procedimiento de ensayo de materiales que tiene por objeto permitir predecir el comportamiento que tendrán los materiales cuando se sometan a un procedimiento de conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos.

La invención es aplicable en cualquier sector de la industria en el que se requiera determinar el comportamiento de un material en un proceso progresivo conformado por calentamiento rápido, y más particularmente en el sector del automóvil.

Antecedentes de la invención

El uso de materiales de alta resistencia permite fabricar componentes resistentes de bajo peso, que tienen además un comportamiento excelente en caso de impacto. Sin embargo acusan una conformabilidad limitada.

La conformabilidad está afectada por el elevado límite elástico de las aleaciones de ingeniería, al almacenar gran cantidad de energía en forma de campos elásticos, que más tarde liberan en forma de distorsiones. Por tanto, la geometría final de las piezas conformadas siempre se aleja de su geometría deseada. A esa relajación de energía almacenada se le llama "Spring Back" o efecto resorte que se debe a la recuperación elástica que se produce. La recuperación elástica se traduce en una imprecisión geométrica, inaceptable en términos de calidad de producto en muchas industrias.

Para paliar este problema es conocida una técnica para realizar el conformado asistido mediante la aplicación simultánea de un haz láser, una bobina de inducción, o cualquier técnica de calentamiento rápido al mismo tiempo que se aplica el esfuerzo mecánico.

El calentamiento debe producirse en las zonas de mayores tensiones principales de la chapa a conformar, y se basa en la interacción entre el campo de tensiones y el térmico, y en la dependencia de las propiedades mecánicas del material con la temperatura.

El método funciona mejor en un proceso progresivo, esto es, cuando la chapa va siendo deformada de manera progresiva y continua desde su forma original hasta la final mediante sucesivas etapas de deformación puntual. En comparación con los métodos de estampación o embutición, son procesos más lentos pero que requieren menos energía. Un calentamiento rápido puntual puede lograr hacer ceder el material, eliminar sus tensiones acumuladas y reducir la energía elástica acumulada, con lo que se permite extender la cantidad de deformación que soportará el material sin romperse, y sobre todo, reducir el efecto muelle (spring-back) debido a la recuperación elástica.

No existe en la actualidad ninguna forma precisa de prever los resultados de los procesos simultáneos de conformado y calentamiento rápido, tales como la recuperación elástica del material, la relación de tensiones experimentada por la pieza respecto al conformado en frío, o la cantidad de energía necesaria que se requiere para llevar a cabo el proceso.

Esta circunstancia es especialmente cierta en el caso del conformado asistido térmicamente en procesos progresivos, como el perfilado, laminación rotativa o la estampación progresiva, en la que el material ha sido sometido a una intensa deformación plástica cuando se le aplica el calentamiento intenso, y tras él se continúa la deformación.

En consecuencia la invención proporciona un procedimiento de ensayo de materiales que simula exactamente lo que le sucede a un punto de la chapa sometida a un proceso progresivo, cuando sufre un calentamiento rápido entre dos etapas de deformación, y valora el efecto de ese calentamiento permitiendo predecir su efecto y ajustar los parámetros en el proceso real, evitando daños al material y su resistencia y maximizando el beneficio de la reducción de la recuperación elástica y la mayor precisión geométrica.

Descripción de la invención

Para conseguir los objetivos anteriormente indicados, la invención ha desarrollado un nuevo procedimiento de ensayo de materiales que permite predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos, en el que la primera fase es convencional y consiste en fijar una probeta de tracción, del material a ensayar en una máquina universal de ensayos, e iniciar un ensayo a tracción de velocidad constante bajo un control de desplazamiento o de fuerza.

La novedad de la invención reside en que además comprende una fase en la que se efectúa la detención del ensayo a tracción manteniendo el valor del desplazamiento total, es decir parando el desplazamiento de las mordazas de la máquina universal en la que se fija la probeta. A continuación se aplica un calentamiento sobre una zona de la superficie

de la probeta durante un corto periodo de tiempo comprendido entre 0,05 y 0,5 segundos, de forma que se provoca un nivel de deformación de la parte calentada mayor que el nivel de deformación provocado en la probeta antes de su calentamiento, y un nivel tensional en la parte no calentada menor que el nivel tensional provocado en la probeta antes del calentamiento, con lo que se reduce la deformación de la zona no calentada tras la realización del calentamiento.

A continuación se espera a que se produzca el equilibrio de reparto de los niveles tensionales a lo largo de la probeta tras efectuar el calentamiento.

Seguidamente se reanuda el ensayo a tracción de velocidad constante hasta que se produce la rotura de la pieza y se obtiene la curva de ensayo que relaciona los niveles de fuerza o carga con el desplazamiento o elongación de la probeta, de manera que a continuación sigue una fase en la que se efectúa el cálculo de la reducción de la recuperación elástica que ha sufrido la probeta en la zona calentada a partir de la curva de ensayo obtenida, para determinar el comportamiento del material cuando sea sometido a un conformado asistido por calentamiento rápido en procesos progresivos.

El procedimiento de la invención establece dos posibilidades para realizar el cálculo de la reducción de la recuperación elástica.

En una primera realización el procedimiento comprende efectuar el cálculo de la deformación y en nivel tensional de la zona no calentada tras el calentamiento realizado, así como calcular la deformación de la parte calentada tras finalizar dicho calentamiento, todo ello mediante algoritmos cuyos parámetros se obtienen a partir de la curva de ensayo obtenida.

En otra realización el cálculo de la reducción de la recuperación elástica comprende calcular la carga de la probeta en el momento en el que se detiene el ensayo de tracción y la carga de la probeta una vez que se ha producido el equilibrio de los niveles tensionales tras el calentamiento, todo ello a partir de la curva de ensayo obtenida de forma que se calcula la reducción de la recuperación elástica a partir de un algoritmo basado en dichas cargas calculadas.

La invención permite calcular las velocidades de deformación instantáneas bajo la acción del calentamiento a partir de la curva de ensayo obtenida y calcular la probabilidad de recristalización dinámica por deformación a alta velocidad y calentamientos simultáneos a partir de dicha curva de ensayo obtenida.

La máquina de ensayo universal está seleccionada entre una máquina hidráulica y una máquina electromecánica convencional del tipo de las que obtienen la curva de ensayo y a la que se aplican algoritmos para realizar los cálculos comentados.

En la realización preferente de la invención el calentamiento se realiza mediante un pulso láser con una potencia constante que calienta la superficie de la probeta a la temperatura requerida, de forma que dicha potencia permite establecer la cantidad de energía necesaria que se requeriría en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos.

El láser comprende una óptica que está dotada de un homogeneizador de haz para generar una mancha focal rectangular en la probeta que tiene un ancho igual al de dicha probeta y una altura comprendida entre 10 y 15 mm.

A continuación para facilitar una mejor comprensión de esta memoria descriptiva y formando parte integrante de la misma, se acompañan una serie de figuras en las que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado el objeto de la invención.

Breve descripción de las figuras

Figura 1.- Muestra una vista en perspectiva de unas mordazas de una máquina universal de ensayo en la que se retiene una probeta sobre la que se aplica el procedimiento de la invención que incluye efectuar un calentamiento de la probeta mediante un láser.

Figura 2.- Muestra la curva del ensayo realizado que relaciona la fuerza de tracción a la que se somete a la probeta respecto del desplazamiento o elongación que ésta sufre. En esta misma curva se representa la comparativa con el comportamiento en frío de la probeta y su comportamiento a la temperatura máxima de calentamiento.

Figura 3.- Muestra las curvas anteriores en mayor detalle para permitir explicar una forma en la que se efectúa el cálculo de la reducción de la regulación elástica de la probeta al aplicarle calor.

Figura 4.- Muestra una gráfica equivalente a la de la figura anterior, pero para permitir explicar otra forma de efectuar el cálculo de la reducción de la recuperación elástica que sufre la probeta al realizar su calentamiento.

Descripción de la forma de realización preferida

A continuación se realiza una descripción de la invención basada en las figuras anteriormente comentadas.

ES 2 361 349 A1

El procedimiento de la invención comprende fijar una probeta 1 de tracción, con medidas standard del material a ensayar, en las mordazas 2 de una máquina universal de ensayos, e iniciar un ensayo a tracción de velocidad constante bajo control de desplazamiento de las mordazas 2 provocando la tracción de la probeta 1, tal y como se efectúa convencionalmente en los ensayos de materiales que se realizan en el estado de la técnica.

Para ello, la máquina universal, aparte de las mordazas 2, debe incluir medios de control en lazo cerrado de control de fuerza y desplazamiento, medios de medición de desplazamiento de las mordazas, medios de medición de la fuerza aplicada mediante célula de carga, medios de obtención de la gráfica fuerza-desplazamiento del ensayo, y medios de programación de diferentes rampas y estadios de carga.

La máquina universal puede ser hidráulica o electromecánica indistintamente.

Una vez iniciado el ensayo, se realiza la detención del mismo manteniendo el valor de la deformación o elongación de la probeta 1, para lo que se efectúa la parada del desplazamiento de las mordazas 2, y a continuación se aplica un calentamiento sobre una zona 3 de la superficie de la probeta 1 durante un corto periodo de tiempo comprendido entre 0,05 y 0,5 segundos.

Como fuente de calentamiento se utiliza una fuente láser 4 de diodo directo, con potencia suficiente para alcanzar la temperatura requerida en la probeta 1 durante el corto periodo de tiempo. A modo de ejemplo, puede citarse que en el caso del acero se requiere que éste alcance una temperatura de 400°C en un tiempo del orden de 0,2 segundos. La potencia necesaria depende de las propiedades ópticas del material, pero para el caso de aceros sin revestir pueden requerirse aproximadamente 1,5 kW por cada milímetro de espesor de probeta 1.

La radiación láser se focaliza sobre la probeta 1 con una óptica 5, que está dotada de un homogeneizador de haz, para generar una mancha focal rectangular 3 del ancho de la probeta y de una altura comprendida entre 10 y 15 mm.

El calentamiento se efectúa mediante un pulso láser a potencia constante de forma que los parámetros a controlar en el láser 4 son la duración del pulso y la temperatura máxima que se aplica sobre la superficie de la probeta 1.

Una vez efectuado el calentamiento, se espera un tiempo hasta que se produce el equilibrio de la redistribución de las fuerzas o tensiones en la probeta 1. Un tiempo superior a 1,5 segundos es suficiente para este equilibrio. La fuerza redistribuida es P_1 en las gráficas.

Una vez transcurrido el tiempo hasta que se obtiene el equilibrio comentado, se reanuda el ensayo a tracción hasta que se produce la rotura de la probeta 1.

Con este ensayo se simula la aplicación de un calentamiento flash en una fase intermedia de un proceso de conformado, y el efecto de la deformación consecuente sobre el material tras haber sido calentado por láser.

Cuando el pulso de la radiación láser llega a la probeta 1, el calentamiento local provoca una disminución del límite elástico, con lo que se localiza en la zona calentada una mayor deformación plástica. Como el lazo de control de la máquina mantiene la deformación total de la probeta 1 durante el calentamiento, la tensión es redistribuida en la probeta para mantener el esfuerzo homogéneo, por lo que se debe de esperar el tiempo hasta que se produzca el equilibrio del reparto de dicho esfuerzo.

Seguidamente se obtiene la curva que relaciona la fuerza o tensión con la distancia o elongación del ensayo, curva que se muestra en la figura 2 con la referencia 6.

Tal y como se aprecia en dicha figura 2 se utiliza menor fuerza para mantener la misma deformación global, ya que una parte es absorbida como deformación plástica en la zona 3 calentada. Este comportamiento se refleja en la gráfica del ensayo como una disminución en la fuerza P_0 - P_1 , con lo que se puede observar una reducción de la energía de conformado. Al continuar el ensayo, la probeta 1 tiene dos regiones diferentes 3 y 9 debido a las transformaciones metalúrgicas en la zona 3 afectada por láser, la disminución en la carga de rotura o la rotura localizada en la zona calentada muestra que el ciclo de calentamiento-enfriamiento no es adecuado para el material. En caso contrario, si se produce una caída de esfuerzo y a continuación una recuperación de las propiedades resistentes, se indica un buen comportamiento del material.

Además en la gráfica 2 con la referencia 7 se muestra la curva del ensayo aplicado a un acero de alta resistencia en su comportamiento en frío, en tanto que con la referencia 8 se muestra la curva del comportamiento para la temperatura máxima de calentamiento por el láser, y la referencia 6, como ya ha sido comentado, representa la curva de ensayo para este mismo acero cuando se utiliza el procedimiento de la invención, de manera que se establece una comparativa.

A partir de la curva obtenida se puede determinar el comportamiento de la probeta 1 en un procedimiento conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos, de la forma que a continuación se describe.

En el momento de aplicar el láser, el lazo cerrado de control mantiene la deformación total de la probeta 1.

Al tener distintas temperaturas, las zonas calentada 3 y no calentada 9 de la probeta 1 tienen también distintos valores de deformación en equilibrio ante la misma carga.

Tratándose de un medio continuo cargado uniaxialmente por los extremos la carga es la misma a lo largo de toda la probeta 1, con lo que la deformación inicial ε_0 se redistribuye entre las dos partes 3 y 9 mencionadas.

En el gráfico de la figura 3 se muestra la evolución por separado de cada una de las partes: partiendo de la probeta 1 en su situación inicial, en que toda ella está sometida a una carga P_0 , y toda ella sufre un nivel de deformación $\varepsilon_0 = D_0/L$, a continuación se aplica el láser. Entonces la parte laseada evoluciona extendiéndose según el tramo de línea 6b hasta un nivel de deformación unitario ε_p , verificándose que $\varepsilon_p > \varepsilon_0$. Por su parte la zona sin lasear 9 se relaja elásticamente hasta un nivel tensional σ_1 menor que el original σ_0 correspondiente al momento antes de aplicar el calentamiento, reduciendo la deformación de forma que $\varepsilon_1 < \varepsilon_0$.

Hay tres condiciones que se verifican en el momento en que el láser está influyendo sobre la probeta 1, y que se emplean en el cálculo para determinar la distribución de la deformación.

La carga es igual en ambas secciones: $\sigma_p = \sigma_1 < \sigma_0$

- El desplazamiento original D_0 se mantiene:

$$\varepsilon_0 \cdot L = \varepsilon_0 \cdot (L - \ell) + \varepsilon_0 \cdot \ell \quad [\text{Eq. 1}]$$

- Además la relajación de carga en la zona no laseada se produce a lo largo de una línea recta de pendiente conocida E (descarga elástica):

$$E = \frac{\sigma_0 - \sigma_1}{\varepsilon_0 - \varepsilon_1} \quad [\text{Eq. 2}]$$

Lo que sucede se representa en la figura 3.

La referencia 6a representa el comportamiento antes del pulso láser, la 6b el comportamiento de la zona calentada por el láser (fluencia), la 6c el comportamiento de la zona sin calentar durante el pulso láser (descarga elástica).

Si definimos la curva a temperatura de tratamiento del material como la ecuación de Hollomon $\sigma = K \cdot \varepsilon^n$ que modeliza cómo fluye un metal bajo esfuerzos a alta temperatura se tiene que

$$\varepsilon_p = K \cdot \sigma_1^n, \quad k, n = f(T, \dot{\varepsilon}) \quad [\text{Eq. 3}]$$

donde T es la temperatura, σ la tensión, K es una propiedad del material que representa la componente elástica de su comportamiento y n también es una propiedad del material que representa la fluencia plástica. Por tanto K y n son las constantes en el modelo de fluencia de Hollomon.

Entonces se tienen tres ecuaciones para obtener las tres incógnitas σ_1 , ε_1 y ε_p . El valor de σ_0 , ε_0 es conocido y procede de la gráfica, y los valores de K , n y E pueden ser conocidos por caracterización del material.

Los cálculos realizados son los siguientes; de Eq. 2 se obtiene:

$$\sigma_1 = \sigma_0 - E \cdot (\varepsilon_0 - \varepsilon_1) \quad [\text{Eq. 4}]$$

Aplicando Eq. 3. a la Eq. 1.:

$$\varepsilon_0 \cdot L = \varepsilon_1 \cdot \ell + \varepsilon_p \cdot (L - \ell) = \varepsilon_1 \cdot \ell + (K \cdot \sigma_1^n) \cdot (L - \ell) \quad [\text{Eq. 5}]$$

Aplicando la recta de descarga elástica (Eq.4) a la anterior:

$$\varepsilon_0 \cdot L = \varepsilon_1 \cdot \ell + \left[K \cdot [\sigma_0 - E(\varepsilon_1 - \varepsilon_0)]^n \right] \cdot (L - \ell) \quad [\text{Eq. 6}]$$

Por tanto (reubicando términos):

$$\varepsilon_1 \cdot \ell - KE \cdot (L - \ell) \varepsilon_1^n = \varepsilon_0 \cdot L - KE \cdot (L - \ell) \varepsilon_0^n - K \cdot (L - \ell) \sigma_0^n \quad [\text{Eq. 7}]$$

$$\boxed{\varepsilon_1 \cdot \ell - A \varepsilon_1^n = \varepsilon_0 \cdot L - A \varepsilon_0^n - \frac{A}{E} \sigma_0^n}, \text{ con } A = KE \cdot (L - \ell), \text{ una constante que depende de las propiedades del}$$

material. Es por tanto posible calcular la deformación de la potencia calentada ε_1 a partir de los valores conocidos σ_0 , ε_0 , K , n y E .

Dado que el calentamiento tiene una cinética inferior a la de deformación, pues los desplazamientos incrementales son pequeños y la difusión de calor exige un tiempo mayor que la deformación incremental, puede aproximarse la

velocidad de deformación a $\dot{\varepsilon} = \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_1}{t}$, siendo t el tiempo del pulso láser.

Con ello pueden estimarse las velocidades de deformación instantáneas bajo la acción del láser en el proceso real, y la posibilidad de recristalización dinámica por deformación a alta velocidad y calentamiento simultáneos, así como cualquier otro efecto dependiente de la velocidad instantánea de deformación.

Puede emplearse este ensayo a su vez para calcular la reducción de la recuperación elástica experimentada por el material al ser conformado mediante calentamiento flash simultáneo a la aplicación de la deformación progresiva.

Lo que sucede en el ensayo (almacenamiento de energía elástica en forma de deformación plástica en el material leaseado, y tal vez en forma de energía de recristalización, como ha sido propuesto) puede entenderse como una reducción de la energía disponible para producir la recuperación elástica, que es un trabajo mecánico.

Llamemos W al trabajo realizado por la zona 9 no leaseada de la probeta 1 al relajarse, y que consideraremos que es el trabajo que no podrá luego ser empleado en la recuperación elástica.

Dado que se descarga a lo largo de una recta, es muy sencillo calcular el trabajo realizado:

$$W = \frac{(\sigma_0 - \sigma_1) \cdot (\varepsilon_0 - \varepsilon_1)}{2} = \frac{E \cdot (\varepsilon_0 - \varepsilon_1)^2}{2}$$

La reducción de la recuperación elástica estará relacionada con la relación entre la energía total. Ésta puede obtenerse de la anterior ecuación, o bien de operar sobre las áreas bajo S_1 y S_2 la curva directamente según se muestra en la figura 4 este cálculo se trata de la energía de deformación acumulada en la probeta. S_1 es la energía elástica almacenada antes del pulso láser, y S_2 la liberada al aplicar el calentamiento. Se calcula la energía como área bajo la curva del ensayo, representado en el eje de ordenadas la tensión y en el eje de abscisas la deformación.

El valor de la reducción de recuperación elástica (SBR) es adimensional, y puede obtenerse según cualquiera de las expresiones siguientes:

$$\%SBR = \frac{S_1 - S_2}{S_1} = \frac{\sigma_0^2 - \Delta\sigma^2}{\sigma_0^2} = \frac{P_0^2 - \Delta P^2}{P_0^2}$$

En definitiva, se puede predecir el %SBR directamente a partir de la caída de cargas en el diagrama P-D del ensayo.

Los cálculos anteriores demuestran que:

- El ensayo es significativo y proporciona información útil para comprender y cuantificar el proceso de conformado, incluso para simularlo y predecir su funcionamiento antes de ponerlo en práctica.

ES 2 361 349 A1

- Existe posibilidad de recrystalización dinámica y otros efectos por la alta velocidad de deformación en la zona calentada, y puede estimarse la velocidad de deformación de la zona laseada cuando esta está sometida a condiciones de desplazamiento constante, típicas de la laminación y perfilado.

- 5
- El ensayo es sencillo de realizar y emplea una máquina convencional de ensayos, tan sólo deben obtenerse los cálculos comentados para interpretar los resultados.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos, que comprende fijar una probeta (1) de tracción, del material a ensayar en una máquina universal de ensayos, e iniciar un ensayo a tracción de velocidad constante bajo un control seleccionado entre un control de fuerza y un control de desplazamiento; se **caracteriza** porque además comprende:

10 - Detener el ensayo a tracción manteniendo el valor del parámetro de desplazamiento fijo y aplicar un calentamiento sobre una zona (3) de la superficie de la probeta (1) durante un corto periodo de tiempo comprendido entre 0,05 y 0,5 segundos, para provocar un nivel de deformación (ε_p) de la parte calentada (3) mayor que el nivel de deformación (ε_0) provocado en la probeta antes de su calentamiento y un nivel tensional (σ_1) en la parte no calentada (9) menor que el nivel tensional (σ_0) provocado en la probeta (1) antes del calentamiento reduciendo la deformación (ε_1) de la zona no calentada tras el calentamiento;

15 - esperar a que se produzca el equilibrio de reparto de los niveles tensionales a lo largo de la probeta (1) tras el calentamiento;

- reanudar el ensayo a tracción de velocidad constante hasta rotura de la probeta (1).

20 - obtener la curva fuerza (P) - desplazamiento (D) del ensayo

- calcular la reducción de la recuperación elástica que ha sufrido la probeta (1) en la zona calentada (3), a partir de la curva de ensayo para determinar el comportamiento del material de la probeta (1) si se somete a un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos.

25 2. Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende calcular la deformación (ε_1) y el nivel tensional (σ_1) de la zona no calentada (9) tras el calentamiento realizado y calcular la deformación (ε_p) de la parte calentada tras finalizar dicho calentamiento, a partir de la curva de ensayo obtenida para calcular la reducción de la recuperación elástica.

30 3. Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende calcular la carga de la probeta (1) en el momento en que se detiene el ensayo de tracción y la carga de la probeta (1) una vez que se ha producido el equilibrio de los niveles tensionales tras el calentamiento, a partir de la curva de ensayo obtenida, para calcular la reducción de la recuperación elástica a partir de las cargas calculadas.

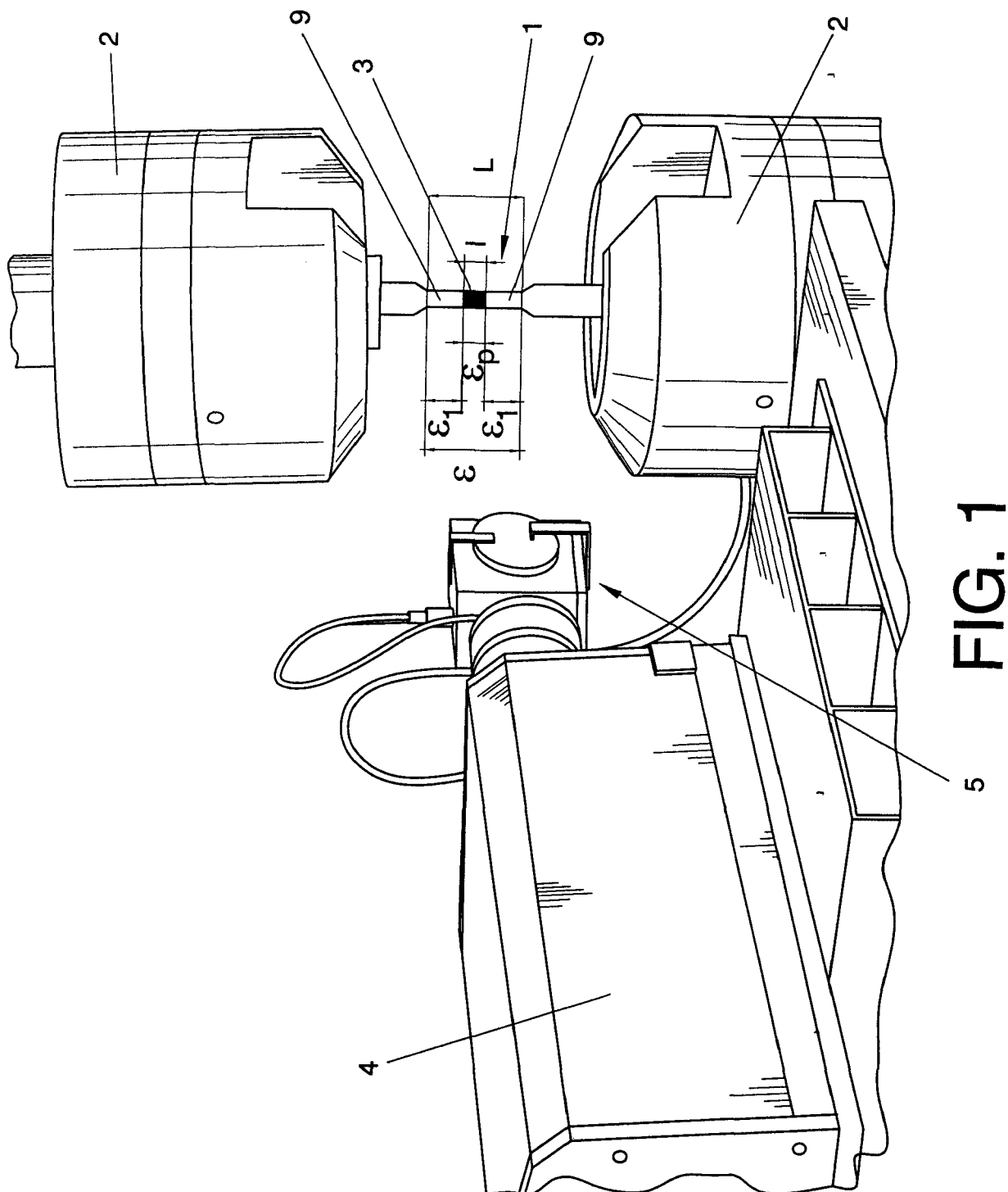
40 4. Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende calcular las velocidades de deformación instantáneas bajo la acción del calentamiento a partir de la curva de ensayo obtenida.

45 5. Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque comprende calcular la probabilidad de recristalización dinámica por deformación a alta velocidad y calentamiento simultáneo a partir de la curva de ensayo obtenida.

50 6. Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos, según reivindicación 1, **caracterizado** porque la fase de calentamiento se realiza mediante un dispositivo seleccionado entre un dispositivo láser (4), un dispositivo de inducción y una fuente de potencia.

55 7. Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos, según reivindicación 6, **caracterizado** porque la fase de calentamiento se realiza mediante un pulso láser con una potencia constante.

60 8. Procedimiento de ensayo de materiales para predecir su comportamiento en un conformado por calentamiento rápido en procesos progresivos, según reivindicación 6, **caracterizado** porque la fase de calentamiento mediante láser comprende generar una mancha focal rectangular en la probeta del ancho de la probeta y de una altura comprendida entre 10 y 15 mm.



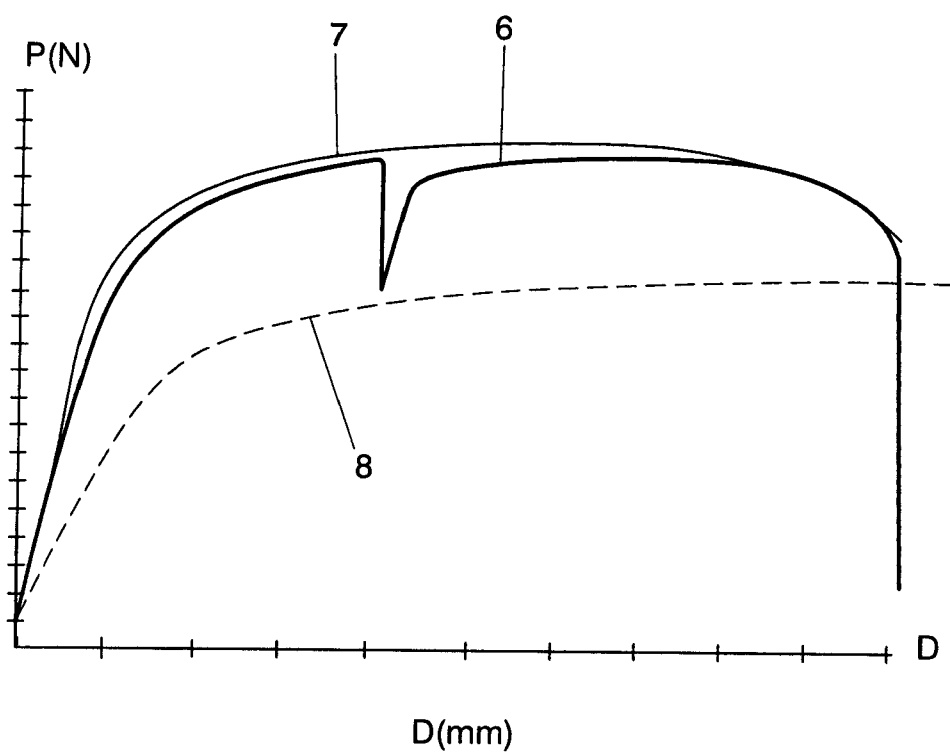


FIG. 2

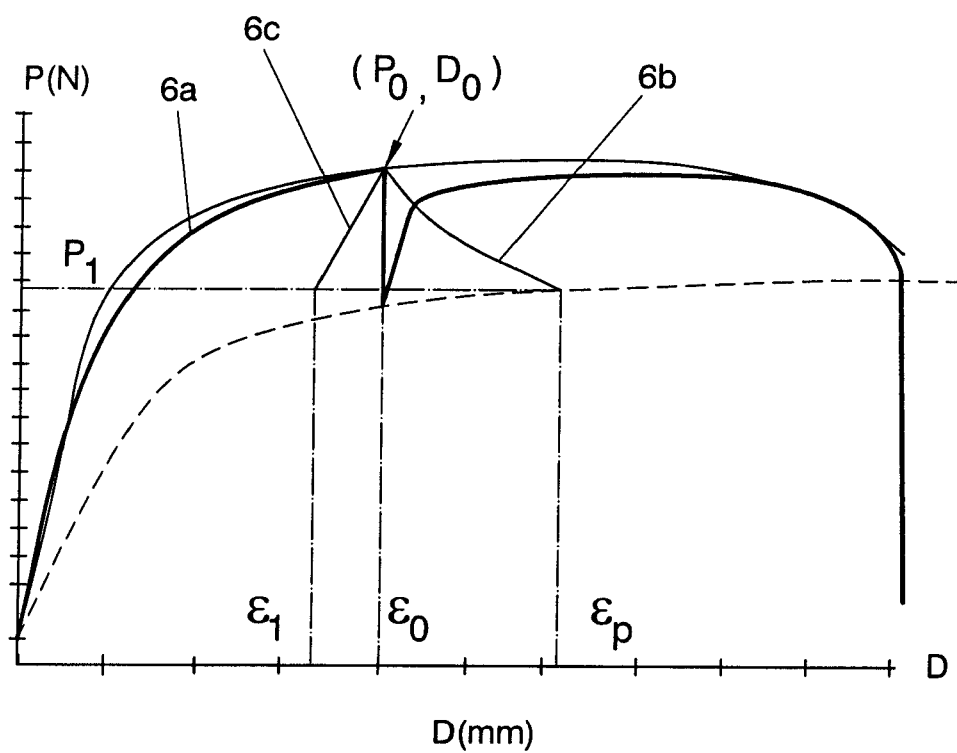


FIG. 3

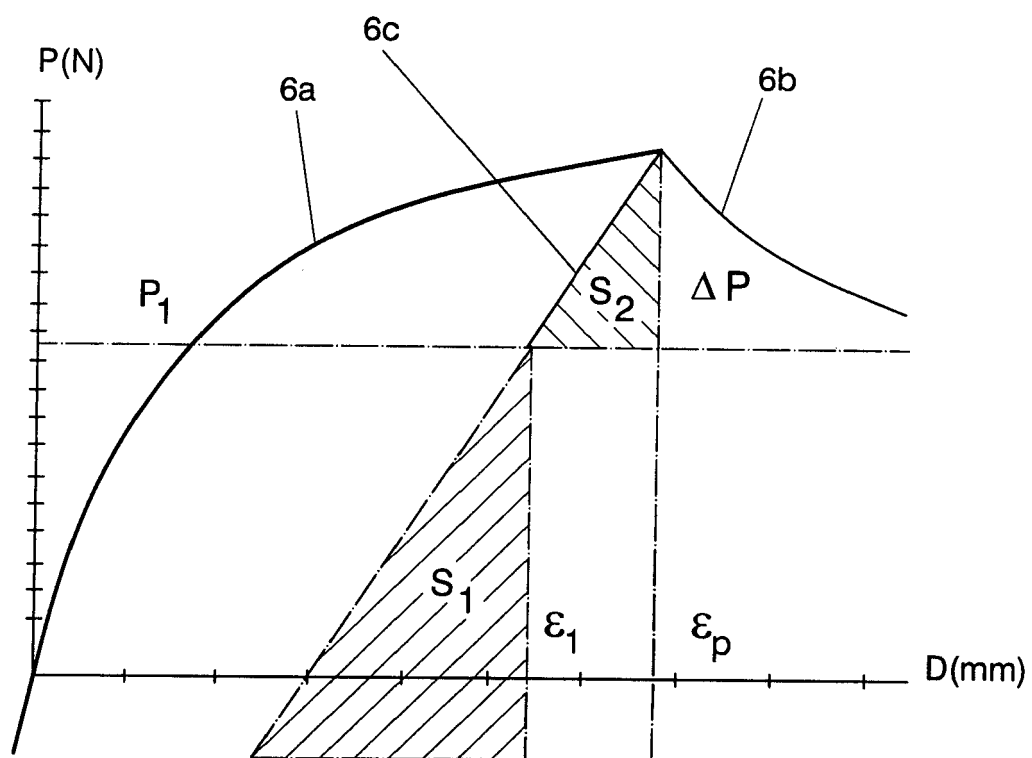


FIG. 4



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200803692

②② Fecha de presentación de la solicitud: 24.12.2008

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **G01N3/18** (2006.01)
G01N3/60 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	JP 7260654 A (TANAKA PRECIOUS METAL IND et al.) 13.10.1995, Resumen y figuras de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE.	1-8
A	US 7409869 B1 (KOTECKI DAMIAN J et al.) 12.08.2008, resumen; columna 1, línea 53 – columna 6, línea 27; reivindicaciones 1-4,7; figuras 5,7.	1-8
A	JP 2007278779 A (SHIMADZU CORP et al.) 25.10.2007, Resumen y figuras 1 y 3 de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE.	1-8
A	JP 3152441 A (SAGINOMIYA SEISAKUSHO INC) 28.06.1991, Resumen y figura 1 de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE.	1-8

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

☒ para todas las reivindicaciones

☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 01.06.2011	Examinador B. Tejedor Miralles	Página 1/4
--	-----------------------------------	---------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, NPL, INTERNET

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 01.06.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-8	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-8	SI
	Reivindicaciones	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	JP 7260654 A (TANAKA PRECIOUS METAL IND et al.)	13.10.1995
D02	US 7409869 B1 (KOTECKI DAMIAN J et al.)	12.08.2008
D03	JP 2007278779 A (SHIMADZU CORP et al.)	25.10.2007
D04	JP 3152441 A (SAGINOMIYA SEISAKUSHO INC)	28.06.1991

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

El documento D01 divulga un método para realizar un ensayo a tracción a alta temperatura en el que previamente a la realización del ensayo se calienta únicamente la parte central de la probeta en un pequeño horno. De esta forma, la fractura tiene lugar en el centro de la probeta y así miden la resistencia de la misma a alta temperatura. Se diferencia de la primera reivindicación en que principalmente, no se aplica en primer lugar una carga y se detiene el ensayo para calentar la muestra y posteriormente reanudarlo, sino que se calienta la parte central de la muestra antes de iniciar el ensayo. El efecto técnico que se consigue es un equilibrio de reparto de los niveles tensionales a lo largo de la probeta tras efectuar el calentamiento. El problema técnico a resolver es como reproducir un proceso progresivo de conformación de una chapa cuando sufre un calentamiento rápido entre dos etapas de deformación. No se ha encontrado en el estado de la técnica ningún documento que resuelva el problema técnico planteado, por lo que dicha reivindicación presenta novedad y actividad inventiva según los artículos 6 y 8.1 de la ley de patentes 11/1986.

El documento D02 divulga un método para evaluar la resistencia a la fatiga térmica, que consiste en situar una muestra en una máquina de ensayos de comprensión-tracción, calentar la muestra hasta una cierta temperatura a la vez que se aplica una carga de compresión, enfriar la muestra a la vez que se aplica una carga en tracción. Se diferencia de la primera reivindicación en que principalmente, no se aplica en primer lugar una carga y se detiene el ensayo para calentar la muestra y posteriormente reanudarlo, además de no calentar una única parte de la muestra.

El documento D03 describe un ensayo de fatiga térmica sin perturbar la distribución de temperaturas entre los puntos de referencia de la muestra, evitando el calentamiento por inducción de las mordazas de la probeta, utilizando una máquina de ensayos servo hidráulica máquina de ensayos con una bobina de calentamiento por inducción.

El documento D04 muestra un ensayo de fatiga térmica en el que se alternan ciclos de calentamiento y enfriamiento y donde un circuito de control mide la deformación que va sufriendo la muestra.

En ninguno de los documentos citados, que reflejan el estado de la técnica anterior más próximo al objeto de la solicitud, se han encontrado presentes todas las características técnicas que se definen en la reivindicación 1 de la solicitud. Asimismo, se considera que la principal característica diferencial no parece derivarse de una manera evidente de ninguno de los documentos citados, ni de manera individual ni mediante una combinación evidente entre ellos. Por tanto, la reivindicación 1, y por consiguiente, todas sus dependientes, satisfarían los requisitos de novedad y actividad inventiva según el artículo 6 y 8.1 de la ley de patentes 11/1986.