

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 805 067**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00	(2006.01) C22C 38/32	(2006.01)
C21D 7/13	(2006.01) C22C 38/38	(2006.01)
C21D 1/673	(2006.01)	
C22C 38/00	(2006.01)	
C22C 38/20	(2006.01)	
C22C 38/22	(2006.01)	
C22C 38/24	(2006.01)	
C22C 38/26	(2006.01)	
C22C 38/28	(2006.01)	
C22C 38/30	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.03.2017 PCT/IB2017/051636**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **26.10.2017 WO17182896**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.03.2017 E 17713465 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3445878**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de una pieza de acero inoxidable martensítico a partir de una chapa**

30 Prioridad:
22.04.2016 WO PCT/IB2016/052302

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.02.2021

73 Titular/es:
**APERAM (100.0%)
12C rue Guillaume Kroll
1882 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:
**SANTACREU, PIERRE-OLIVIER;
CAZES, CHRISTOPHE;
BADINIER, GUILLAUME y
MOREAU, JEAN-BENOIT**

74 Agente/Representante:
SALVÀ FERRER, Joan

ES 2 805 067 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 de fabricación de una pieza de acero inoxidable martensítico a partir de una chapa

- 5 **[0001]** La invención se refiere a la conformación en caliente de aceros inoxidables a partir de una chapa para conferirles una forma compleja y propiedades mecánicas notables, estando estos aceros destinados, por ejemplo, a la industria automovilística.
- 10 **[0002]** Con el fin de aligerar los vehículos para limitar su consumo de carburante y por tanto limitar sus emisiones de CO₂, los fabricantes usan hoy chapas de aceros al carbono o de aceros inoxidables de muy altas resistencias, que permiten reducciones de grosor de las chapas con respecto a los aceros empleados más clásicamente en el pasado.
- 15 **[0003]** Los aceros martensíticos (o, más en general, de estructura martensítica en más del 50%) presentan dichas características mecánicas, pero su capacidad de conformación en frío es limitada. Por tanto, se ha decidido someterlos a conformación en frío en el estado ferrítico, y después tratar térmicamente la pieza para obtener la estructura martensítica, o bien someterlos a conformación en caliente en el estado austenítico terminando el tratamiento con un templeado con el fin de obtener la estructura martensítica.
- 20 **[0004]** La realización de piezas de geometría compleja mediante este segundo procedimiento con los aceros conocidos (aceros al carbono que contienen boro, ...) se dificulta sin embargo por las restricciones derivadas de su templabilidad limitada, o la existencia de transformaciones metalúrgicas a alta temperatura que hacen difícil un buen control del desarrollo de la conformación y del templeado. Se incurre en un riesgo elevado de obtener una pieza compleja no mayoritariamente martensítica, y por tanto con características mecánicas que no corresponden a las pretendidas, con lo que es preciso conformarse con obtener una pieza martensítica de geometría simple, cuya forma se corregirá, por ejemplo, por medio de un corte láser.
- 25 **[0005]** Se podría pensar en realizar varias etapas de conformación en caliente en prensa de transferencias/herramientas sucesivas partiendo de los aceros conocidos clásicamente para estos usos, con el fin de hacer la conformación progresiva y de limitar los riesgos de aparición de defectos. Pero la pieza obtenida estará constituida por menos del 80% de martensita en volumen y sus propiedades mecánicas y su resiliencia estarán degradadas: al menos uno de los objetos pretendidos de resistencia a la tracción R_m, límite elástico R_{p0,2}, elongación a la ruptura A, facilidad de plegado o resiliencia no se alcanzará. El tiempo que es necesario para pasar por encima de la temperatura M_f de fin de transformación martensítica para realizar al menos dos etapas de conformación, dos etapas de transferencia y una etapa de templeado es demasiado largo, y la austenita se transforma entonces parcialmente en ferrita/carburos/perlita.
- 30 **[0006]** La obtención de una estructura compuesta al 80% en volumen por martensita como mínimo es posible con los aceros conocidos, pero la velocidad de enfriamiento durante el templeado debe ser superior a 30°C/s por segundo en promedio. Un procedimiento en múltiples pasadas que usa una prensa con herramientas sucesivas o dicha transferencia no podrá permitir realizar después de la austenización más que una etapa de transferencia, seguida de una etapa de conformación o de corte en caliente, antes del templeado en la herramienta para garantizar un mínimo de 30°C/s para la velocidad de enfriamiento.
- 35 **[0007]** La técnica anterior representada por los documentos EP 0 170 598 A1 o FR 2 920 784 A1 no parece iniciar sus tratamientos por una chapa compuesta por ferrita y/o martensita revenida rica (del 0,5 al 5% en volumen) en carburos. Normalmente, los aceros martensíticos (más del 50% M) presentan características mecánicas apropiadas, pero su capacidad de conformación en frío es limitada. Lo que se sabe es tratar las piezas o las chapas conformadas en frío en el estado ferrítico y después obtener la estructura martensítica, o conformarlas en caliente en el estado austenítico terminando el tratamiento por un templeado martensítico con o sin revenido. Los procedimientos de fabricación según los documentos citados anteriormente no son una excepción. El objeto de la invención es proponer un procedimiento de realización de una pieza de acero martensítico transformada en caliente que haga posible la fabricación de piezas de forma compleja a partir de una chapa, teniendo esta pieza final además propiedades mecánicas elevadas que la hacen apta, especialmente, para su uso en la industria automovilística.
- 40 **[0008]** A tal efecto, la invención tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una pieza de acero inoxidable martensítico a partir de una chapa, por conformación en caliente, caracterizado porque:
- 45 - se prepara una chapa de acero inoxidable de composición, en porcentajes en peso:
- 50
- 55
- 60
- 65
- * $0,005\% \leq C \leq 0,3\%$;
 - * $0,2\% \leq Mn \leq 2,0\%$;
 - * trazas $\leq Si \leq 1,0\%$;
 - * trazas $\leq S \leq 0,01\%$;
 - * trazas $\leq P \leq 0,04\%$;

- * $10,5\% \leq \text{Cr} \leq 17,0\%$; preferentemente $10,5\% \leq \text{Cr} \leq 14,0\%$;
- * trazas $\leq \text{Ni} \leq 4,0\%$;
- * trazas $\leq \text{Mo} \leq 2,0\%$;
- * $\text{Mo} + 2 \times \text{W} \leq 2,0\%$;
- 5 * trazas $\leq \text{Cu} \leq 3\%$; preferentemente trazas $\leq \text{Cu} \leq 0,5\%$;
- * trazas $\leq \text{Ti} \leq 0,5\%$;
- * trazas $\leq \text{Al} \leq 0,2\%$;
- * trazas $\leq \text{O} \leq 0,04\%$;
- * $0,05\% \leq \text{Nb} \leq 1,0\%$;
- 10 * $0,05\% \leq \text{Nb} + \text{Ta} \leq 1,0\%$;
- * $0,25\% \leq (\text{Nb} + \text{Ta})/(\text{C} + \text{N}) \leq 8$;
- * trazas $\leq \text{V} \leq 0,3\%$;
- * trazas $\leq \text{Co} \leq 0,5\%$;
- * trazas $\leq \text{Cu} + \text{Ni} + \text{Co} \leq 5,0\%$;
- 15 * trazas $\leq \text{Sn} \leq 0,05\%$;
- * trazas $\leq \text{B} \leq 0,1\%$;
- * trazas $\leq \text{Zr} \leq 0,5\%$;
- * $\text{Ti} + \text{V} + \text{Zr} \leq 0,5\%$;
- * trazas $\leq \text{H} \leq 5 \text{ ppm}$, preferentemente trazas $\leq \text{H} \leq 1 \text{ ppm}$;
- 20 * trazas $\leq \text{N} \leq 0,2\%$;
- * $(\text{Mn} + \text{Ni}) \geq (\text{Cr} - 10,3 - 80 \times [(\text{C} + \text{N})^2])$;
- * trazas $\leq \text{Ca} \leq 0,002\%$;
- * trazas $\leq$ tierras raras y/o $\text{Y} \leq 0,06\%$;
- *siendo el resto hierro e impurezas resultantes de la elaboración;
- 25 - siendo la temperatura de inicio de transformación martensítica (M_s) de la chapa $\geq 200^\circ\text{C}$;
- siendo la temperatura de fin de transformación martensítica (M_f) de la chapa $\geq -50^\circ\text{C}$;
- estando la microestructura de la chapa compuesta por ferrita y/o martensita revenida y del 0,5% al 5% en volumen de carburos;
- 30 - siendo el tamaño de los granos ferríticos de la chapa de 1 a 80 μm , preferentemente de 5 a 40 μm ;
- se procede opcionalmente a una o varias transformaciones en caliente y/o en frío de dicha chapa;
- se realiza una austenización de la chapa manteniéndola a una temperatura superior a A_{c1} , de manera que le - - confiera una microestructura que contiene como máximo el 0,5% de carburos en fracción en volumen y como máximo el 20% de ferrita residual en fracción en volumen;
- 35 - se transfiere la chapa austenizada a una primera herramienta de conformación o una herramienta de corte, teniendo dicha transferencia una duración t_0 , durante la cual la chapa permanece a una temperatura superior a M_s y conserva como máximo el 0,5% en volumen de carburos y como máximo el 20% en volumen de ferrita residual, encontrándose la chapa a una temperatura TP_0 a la salida de esta transferencia;
- se realiza una primera etapa de conformación o de corte de la chapa, en el curso de una duración t_1 , y durante la cual la chapa permanece a una temperatura superior a M_s y conserva como máximo el 0,5% en volumen de carburos y como máximo el 20% en volumen de ferrita residual;
- 40 - se realiza una transferencia de la chapa conformada o cortada en una segunda herramienta de conformación o de corte, o se modifica la configuración de la primera herramienta de conformación o de corte, en el curso de una duración t_2 , durante la cual la chapa permanece a una temperatura superior a M_s y conserva como máximo el 0,5% en volumen de carburos y como máximo el 20% en volumen de ferrita residual;
- 45 - se realiza una segunda etapa de conformación o de corte de la chapa, en el curso de una duración t_3 , y durante la cual la chapa permanece a una temperatura superior a M_s y conserva como máximo el 0,5% en volumen de carburos y como máximo el 20% en volumen de ferrita residual;
- opcionalmente, se realizan otras etapas de transferencia de la chapa cortada o conformada en otras herramientas de corte o de conformación, o de modificación de la configuración de la herramienta de conformación o de corte usada en la etapa anterior, siguiéndose cada una de una etapa de conformación o de corte, permaneciendo la chapa a una temperatura superior a M_s y conservando como máximo el 0,5% en volumen de carburos y como máximo el 20% en volumen de ferrita residual durante cada una de dichas etapas de transferencia de la chapa o de modificación de la configuración de la herramienta y cada una de las operaciones de conformación o de corte;
- 50 - si se designa por TP_n la temperatura alcanzada por la chapa conformada o cortada a la salida de la última etapa de corte o de conformación y por Σt_i la suma de las duraciones de las etapas de transferencia y/o de cambio de configuración de la herramienta y de las etapas de conformación o corte, la magnitud $(TP_0 - TP_n)/\Sigma t_i$ es de al menos $0,5^\circ\text{C/s}$;
- opcionalmente se efectúa una etapa suplementaria de conformación o de corte a una temperatura comprendida entre M_s y M_f , en un dominio en el que la microestructura está constituida por martensita, de al menos el 5% de austenita y como máximo el 20% de ferrita,
- 60 - y se deja que la chapa se enfríe hasta la temperatura ambiente para obtener la pieza final, teniendo dicha pieza final una microestructura que contiene como máximo el 0,5% de carburos en fracción en volumen y como máximo el 20% de ferrita residual en fracción en volumen.
- 65

[0009] Dicha chapa puede tener una temperatura de inicio de transformación martensítica (M_s) $\leq 400^\circ\text{C}$.

[0010] La temperatura de inicio de transformación martensítica (M_s) de la chapa puede estar comprendida entre 390 y 220°C .

[0011] El grosor de la chapa puede estar comprendido entre $0,1$ y 10 mm.

[0012] La temperatura de austenización puede ser de al menos 850°C .

[0013] La temperatura de austenización puede estar comprendida entre 925 y 1.200°C .

[0014] Se puede efectuar un recalentamiento de la chapa, durante al menos una de las etapas de transferencia y/o de cambio de configuración de la herramienta o de las etapas de conformación o corte de la chapa.

[0015] Se puede efectuar un tratamiento superficial en la pieza final, destinado a aumentar su rugosidad o sus propiedades de fatiga.

[0016] Se puede mantener la pieza final entre 90 y 500°C durante 10 s a 1 h, y después dejarla enfriar naturalmente al aire.

[0017] Como se habrá entendido, la invención se basa en la combinación:

- de la elección de una composición de acero inoxidable martensítico;
- y de la aplicación de un procedimiento de conformación en caliente particular a una chapa que presenta esta composición, así como las características estructurales iniciales precisas que hacen posible el uso de dicho procedimiento para la obtención de la pieza final, o de una pieza intermedia que a continuación se someterá a operaciones dirigidas a la optimización fina de algunas de sus propiedades mecánicas y/o superficiales.

[0018] Este procedimiento comienza con una austenización de la chapa, es decir, por una elevación de su temperatura por encima de la temperatura A_{c1} del acero de manera que se forme austenita en lugar de ferrita y de carburos que constituyen la microestructura de inicio, y en condiciones que limitan en lo posible la descarburación y la oxidación superficiales de la chapa.

[0019] Después se ejecutan sucesivamente varias etapas de conformación de la chapa (al menos dos) en condiciones de temperatura y de duración tales que la estructura ferrita + carburos obtenida después de la austenización se conserva durante toda la conformación. En caso necesario, se puede proceder a recalentamientos o a mantenimientos de temperatura entre las conformaciones, o durante las mismas por medio de herramientas de calentamiento, de forma que la temperatura de la chapa en curso de conformación y entre las conformaciones (durante las transferencias de la chapa de una herramienta a otra, en las que si la chapa permanece en la misma herramienta, durante los cambios de configuración de la herramienta) no desciende por debajo de M_s (temperatura de inicio de transformación martensítica).

[0020] Debe entenderse que en el término «etapa de conformación» se incluyen operaciones tan diversas de deformación o de levantamiento de material tales como, especialmente, embuticiones profundas, embuticiones en caliente, estampados, cortes y taladrados, pudiendo tener lugar estas etapas en cualquier orden a elección del fabricante.

[0021] Después de la conformación, la pieza obtenida se enfría sin restricciones en particular en el enfriamiento. Este enfriamiento puede estar precedido de una etapa de corte o de última conformación efectuada entre M_s y M_f (temperatura de fin de transformación martensítica), en condiciones en que la microestructura está constituida por al menos el 10% de austenita, como máximo el 20% de ferrita, siendo el resto martensita.

[0022] La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que aparece a continuación, dada en referencia a las figuras anexas siguientes.

- La figura 1 que muestra un esquema de fabricación de una pieza que usa el procedimiento según la invención, que usa un horno de rodillos clásico, así como la evolución de la temperatura del acero durante la fabricación;
- La figura 2 que muestra un esquema de fabricación de una pieza que usa el procedimiento según la invención, que usa un horno de inducción, así como la evolución de la temperatura del acero durante la fabricación.

[0023] La composición del acero inoxidable martensítico usado en el procedimiento según la invención es la siguiente. Todos los porcentajes son porcentajes en peso.

[0024] Su contenido de C está comprendido entre el $0,005\%$ y el $0,3\%$.

[0025] El contenido mínimo del 0,005% está justificado por la necesidad de obtener una austenización de la microestructura durante la primera etapa del procedimiento de conformación en caliente, de manera que se obtengan las propiedades mecánicas finales pretendidas. Por encima del 0,3%, la soldabilidad y, sobre todo, la resiliencia de la chapa se vuelven insuficientes, especialmente para una aplicación en la industria automovilística.

[0026] Su contenido de Mn está comprendido entre el 0,2 % y el 2,0%.

[0027] Se requiere un mínimo del 0,2% para obtener la austenización. Por encima del 2,0% han de temerse problemas de oxidación durante los tratamientos térmicos si estos no se efectúan en atmósferas neutras o reductoras, y además la obtención de las propiedades mecánicas deseadas ya no estará garantizada.

[0028] Su contenido de Si está comprendido entre trazas (es decir, simples impurezas resultantes de la elaboración, sin que se haya añadido Si) y el 1,0%.

[0029] Puede usarse Si como desoxidante durante la elaboración, al igual que Al, al que puede añadirse o sustituirse. Por encima del 1,0%, se considera que favorece excesivamente la formación de ferrita y hace así más difícil la austenización, y que debilita demasiado la chapa para que la conformación de una pieza compleja se efectúe de forma segura de manera satisfactoria.

[0030] Su contenido de S está comprendido entre trazas y el 0,01% (100 ppm), con el fin de garantizar una soldabilidad y una resiliencia convenientes en el producto final.

[0031] Su contenido de P está comprendido entre trazas y el 0,04%, con el fin de garantizar que el producto final no será excesivamente frágil. P es también muy perjudicial para la soldabilidad.

[0032] Su contenido de Cr está comprendido entre el 10,5 y el 17,0%, preferentemente entre el 10,5% y el 14,0% para tener una disolución más rápida de los carburos durante la austenización.

[0033] El contenido mínimo del 10,5% se justifica para asegurar la inoxidabilidad de la chapa. Un contenido superior al 17% haría difícil la austenización y aumentaría inútilmente el coste del acero.

[0034] Su contenido de Ni está comprendido entre trazas y el 4,0%.

[0035] No es indispensable la adición de Ni a la invención. Sin embargo, la presencia de Ni en el límite prescrito del 4,0% como máximo puede ser ventajosa para favorecer la austenización. Una superación del límite del 4,0% conduciría sin embargo a una presencia excesiva de austenita residual y a una presencia insuficiente de martensita en la microestructura después del enfriamiento.

[0036] Su contenido de Mo está comprendido entre trazas y el 2,0%.

[0037] La presencia de Mo no es indispensable. No obstante, favorece una buena resistencia a la corrosión. Por encima del 2,0%, la austenización se verá obstaculizada y el coste del acero aumentará inútilmente.

[0038] Asimismo, es posible la presencia de W, pero como W es un elemento muy endurecedor, esta presencia debe estar limitada y puesta en relación con el contenido de Mo. Se considera que es preciso que la suma $Mo + 2 \times W$ esté comprendida entre trazas y el 2,0%.

[0039] Al contrario de lo habitual cuando se considera en una clase de acero se tiene en cuenta la acumulación de las influencias de Mo y W, no en la relación $Mo + W/2$ sino en la relación $Mo + 2 \times W$. La relación $Mo + W/2$ debe tenerse en cuenta cuando se desea controlar la influencia de estos dos elementos en la formación de precipitados, para la cual W es dos veces más eficaz que Mo para la misma cantidad añadida. No obstante, en el caso de la invención, se priman las influencias respectivas de Mo y W en la dureza del acero. Y como W es un elemento más endurecedor que Mo, para cantidades añadidas iguales, debe tenerse en cuenta la relación $Mo + 2 \times W$ según la invención. Esta suma $Mo + 2 \times W$ debe estar comprendida entre trazas y el 2,0%. Por encima, la dureza se vuelve excesiva y, si todo lo demás permanece sin cambios, las propiedades mecánicas que deben primarse en el marco de la invención están disminuidas, en particular la capacidad de ángulo de plegado y la resiliencia.

[0040] Su contenido de Cu está comprendido entre trazas y el 3,0%, preferentemente entre trazas y el 0,5%.

[0041] Estas exigencias en Cu son clásicas para este tipo de aceros. En la práctica, esto quiere decir que una adición de Cu no es útil y que la presencia de este elemento no se debe a las materias primas usadas. Un contenido superior al 0,5%, que correspondería a una adición voluntaria, no se desea para las aplicaciones en el automóvil, ya que degradaría la soldabilidad. Sin embargo, Cu puede ayudar a la austenización, y si se aplica el acero de la invención a un dominio que no necesita soldadura, el contenido de Cu puede ir hasta el 3,0%.

[0042] Su contenido de Ti está comprendido entre trazas y el 0,5%.

[0043] Ti es un desoxidante, como Al y Si, pero su coste y su menor eficacia que la del Al hace su empleo en general poco interesante desde este punto de vista. Puede tener un interés en que la formación de nitruros y carbonitruros de Ti puede limitar el crecimiento de los granos e influir favorablemente en determinadas propiedades mecánicas y en la soldabilidad. Sin embargo, esta formación puede ser un inconveniente en el caso del procedimiento según la invención, ya que Ti tiende a obstaculizar la austenización debido a la formación de carburos, y los TiN degradan la resiliencia. Por tanto, no debe superarse un contenido máximo del 0,5%.

10 **[0044]** V y Zr son también elementos susceptibles de formar nitruros que degradan la resiliencia, y de manera general, es preciso que la suma Ti + V + Zr no supere el 0,5%.

[0045] Su contenido de Al está comprendido entre trazas y el 0,2%.

15 **[0046]** Al se usa como desoxidante durante la elaboración. Es preciso que después de la desoxidación no subsista en el acero una cantidad superior al 0,2%, ya que existiría el riesgo de formar una cantidad excesiva de AlN que degrada las propiedades mecánicas, y además de tener dificultades para obtener la microestructura martensítica.

[0047] Su contenido de O está comprendido entre trazas y el 0,04% (400 pm).

20 **[0048]** Las exigencias en el contenido de O son las clásicas de los aceros inoxidables martensíticos, en función de la aptitud para su conformación sin que se celebren fisuras a partir de inclusiones y de la calidad de las propiedades mecánicas buscadas en la pieza final, y que la presencia excesiva de inclusiones oxidadas es susceptible de alterar. Por el contrario, si se busca una maquinabilidad mínima de la chapa, puede ser ventajoso tener inclusiones oxidadas en número significativo, si su composición los hace suficientemente maleables para que sirvan de lubricante para la herramienta de corte. Esta técnica de control del número y de la composición de las inclusiones oxidadas es clásica en siderurgia. El control de la composición de óxidos puede obtenerse ventajosamente por una adición controlada de Ca y/o un ajuste de la composición de la escoria con que el acero líquido está en contacto y en equilibrio químico durante la elaboración.

30 **[0049]** Es esencialmente la adición de desoxidantes Al, Si, Ti, Zr durante la elaboración, la posible adición de Ca, los cuidados aportados después de la decantación de las inclusiones oxidadas dentro del acero líquido y la subsistencia de estos desoxidantes en el acero solidificado los que determinan el contenido final de O. Aun cuando cada uno de estos elementos, tomado de forma aislada, puede estar ausente o presente solo muy débilmente, es preciso no obstante que uno al menos de entre ellos (con la máxima frecuencia Al y/o Si) esté presente en una cantidad suficiente para garantizar que el contenido de O de la chapa final no será demasiado elevado para una conformación sin incidentes de la pieza, y para las aplicaciones futuras de la pieza. Estos mecanismos que gobiernan la desoxidación de los aceros y el control de la composición y de la cantidad de sus inclusiones oxidadas son bien conocidos por el experto en la materia, y se aplican en el marco de la invención de forma perfectamente clásica.

40 **[0050]** Su contenido de Nb está comprendido entre el 0,05% y el 1,0%.

[0051] Su contenido total en Nb + Ta está comprendido entre el 0,05% y el 1,0%.

45 **[0052]** Nb y Ta son elementos importantes para la obtención de una buena resiliencia, y Ta mejora la resistencia a la corrosión por picadura. Pero como pueden obstaculizar la austenización, no deben estar presentes en cantidades que superen la que acaba de describirse. Igualmente, Nb y Ta captan C y N formando carbonitruros que impiden un crecimiento demasiado fuerte de los granos de austenita durante la austenización. Esto es favorable a la obtención de una muy buena resiliencia en frío, entre -100°C y 0°C. Por el contrario, si el contenido de Nb y/o Ta es demasiado elevado, C y N estarán totalmente sumidos en los carbonitruros y no quedarán en suficiente cantidad en forma disuelta para que se alcancen las propiedades mecánicas pretendidas, en particular la resiliencia y la resistencia mecánica.

50 **[0053]** Por tanto, se exige que $0,25 \leq (Nb + Ta)/(C + N) \leq 8$ para obtener una resiliencia del orden de 50 J/cm² a 20°C o más.

55 **[0054]** Su contenido de V está comprendido entre trazas y el 0,3%.

[0055] Como Ti, V es un elemento debilitante que puede formar nitruros, y no debe estar presente en cantidad demasiado alta. Como se ha dicho anteriormente, es preciso que Ti + V + Zr no supere el 0,5%.

60 **[0056]** Su contenido de Co está comprendido entre trazas y el 0,5%. Este elemento es, como Cu, susceptible de ayudar a la austenización. Pero es inútil incluir más del 0,5%, ya que la austenización puede verse asistida por medios menos costosos.

65 **[0057]** El total de los contenidos de Cu, Ni y Co debe estar comprendido entre trazas y el 5,0%, para no dejar

subsistir demasiada austenita residual después de la transformación martensítica y no degradar la soldabilidad en las aplicaciones que lo exigen.

5 [0058] Su contenido de Sn está comprendido entre trazas y el 0,05% (500 ppm). Este elemento no se desea ya que es muy perjudicial para la soldabilidad y la capacidad del acero de transformarse en caliente. El límite del 0,05% es una tolerancia.

[0059] Su contenido de B está comprendido entre trazas y el 0,1%.

10 [0060] B no es obligatorio, pero su presencia es ventajosa para la templabilidad y para la forjabilidad de la austenita. Por tanto, facilita las conformaciones. Su adición por encima del 0,1% (1.000 ppm) no aporta una mejora suplementaria significativa.

15 [0061] Su contenido de Zr está comprendido entre trazas y el 0,5%, ya que disminuye la resiliencia y obstaculiza la austenización. Se recuerda también que el contenido total en Ti + V + Zr no debe superar el 0,5%.

20 [0062] Su contenido de H está comprendido entre trazas y 5 ppm, preferentemente no más de 1 ppm. Un contenido excesivo de H tiende a debilitar la martensita. Por tanto, será preciso elegir un modo de elaboración del acero en estado líquido que pueda asegurar esta baja presencia de H. Normalmente, están indicados tratamientos que aseguren una desgasificación impulsada del acero líquido (por inyección masiva de argón en el acero líquido, procedimiento bien conocido y llamado «AOD», o por un paso al vacío en el curso del cual el acero se descarburiza por desprendimiento de CO, procedimiento conocido como «VOD»).

25 [0063] Su contenido de N está comprendido entre trazas y el 0,2% (2.000 ppm). N es una impureza en la que los mismos tratamientos que permiten reducir el contenido de H contribuyen a limitar la presencia, e incluso a reducirla sustancialmente. No siempre es necesario tener un contenido de N especialmente bajo, pero por los motivos que se han dado es preciso que su contenido, considerado conjuntamente con los de los elementos con los cuales puede combinarse para formar nitruros o carbonitruros, obedece a la relación $8 \geq (\text{Nb} + \text{Ta}) / (\text{C} + \text{N}) \geq 0,25$.

30 [0064] Igualmente, se favorece una buena austenización del acero durante la etapa inicial del tratamiento termomecánico si se respeta la relación $(\text{Mn} + \text{Ni}) \geq (\text{Cr} - 10,3 - 80 \times [(\text{C} + \text{N})^2])$. Se obtiene una resiliencia suficiente si se respeta esta condición por encima de otras que se han definido. Se necesita un nivel suficiente de elementos gammagénicos para contrarrestar el efecto alfaagénico del Cr y asegurar una austenización correcta, es decir, de al menos el 80%, y desde este punto de vista la eficacia de la suma C + N no es lineal.

35 [0065] Su contenido de Ca es $\leq 0,002\%$ (20 ppm).

[0066] Su contenido total en tierras raras y en Y está comprendido entre trazas y el 0,06% (600 ppm). Estos elementos pueden mejorar la resistencia a la oxidación durante las austenizaciones a temperaturas muy elevadas.

40 [0067] El resto del acero está constituido por hierro e impurezas resultantes de la elaboración.

[0068] Otras exigencias en la composición del acero se refieren a las temperaturas de inicio de transformación martensítica Ms y de fin de transformación martensítica Mf.

45 [0069] Ms debe ser preferentemente como máximo 400°C. Si Ms es más elevada, existe el riesgo de que las diferentes operaciones de transferencia y de conformación de la pieza no se sucedan con suficiente rapidez y que no se tenga tiempo de realizar todas las conformaciones a una temperatura superior a Ms. Sin embargo, se puede limitar o evitar este riesgo previendo que la pieza experimente recalentamientos o mantenimientos de temperatura entre las conformaciones, y/o durante estas si se usan herramientas de calentamiento de tipos conocidos que integran, por ejemplo, resistencias eléctricas. Esta condición $\text{Ms} \leq 400^\circ\text{C}$ no siempre es imperativa, sino tan solo aconsejada para una aplicación económica y sencilla del procedimiento según la invención en condiciones industriales.

55 [0070] Ms debe ser superior o igual a 200°C para evitar la subsistencia en la pieza final de un contenido demasiado elevado de austenita residual, que especialmente degradaría Rp0,2 llevando su valor por debajo de 800 MPa.

[0071] Preferentemente, Ms está comprendida entre 390 y 320°C.

60 [0072] Mf debe ser superior o igual a -50°C para garantizar que no habrá demasiada austenita residual en la pieza final.

65 [0073] Ms y Mf se determinan, preferentemente, de forma experimental, por ejemplo, por medidas dilatométricas como es bien conocido, véase por ejemplo el artículo «Uncertainties in dilatometric determination of martensite start temperature», Yang and Badeshia, Materials Science and Technology, 2007/5, pág. 556-560.

[0074] Unas fórmulas aproximativas permiten también evaluarlas a partir de la composición del acero, pero es más segura una determinación experimental.

5 **[0075]** Debe entenderse que los tratamientos termomecánicos que se van a describir pueden efectuarse en una chapa desnuda que opcionalmente podrá revestirse posteriormente o bien en una chapa ya revestida, por ejemplo, por una aleación a base de Al y/o de Zn. Este revestimiento, de grosor normalmente de 1 a 200 μm y presente en una o dos caras de la chapa, puede haber sido depositado mediante cualquier técnica usada clásicamente para este fin, es preciso simplemente que, si se ha depositado antes de la austenización, no se evapore durante la permanencia de la chapa a las temperaturas de austenización y de deformación, y no se deteriore durante las deformaciones.

[0076] La elección y la optimización de las características del revestimiento y de su modo de deposición para que se cumplan estas condiciones no van más allá de lo que sabe hacer el experto en la materia, cuando se trata de conformación de forma clásica de chapas de acero inoxidable ya revestidas. Sin embargo, si el revestimiento tiene lugar antes de la austenización, se podrán primar los revestimientos a base de Al con respecto a los hechos a base de Zn, ya que Al tiene menor tendencia que Zn a evaporarse a las temperaturas de austenización.

[0077] El procedimiento según la invención es el siguiente, aplicado a la fabricación y a la conformación de una chapa.

20 **[0078]** En primera instancia, se prepara de manera clásica una chapa de acero inoxidable inicial, desnuda o revestida, que tiene la composición que acaba de describirse y un grosor que es normalmente de 0,1 a 10 mm. Esta preparación puede incluir operaciones de transformación en caliente y/o en frío y de corte del semiproducto obtenido de la colada y de la solidificación del acero líquido. Es preciso que esta chapa inicial presente una microestructura constituida por ferrita y/o martensita revenida y del 0,5% al 5% en volumen de carburos. El tamaño de los granos ferríticos, medido según la norma NF EN ISO 643, está comprendido entre 1 y 80 μm , preferentemente entre 5 y 40 μm . Se aconseja un tamaño de grano ferrítico de 40 μm como máximo para favorecer la austenización que se producirá a continuación y obtener así el 80% al menos de austenita deseado. Se aconseja al menos un tamaño de grano ferrítico de 5 μm para obtener una buena capacidad de conformación en frío.

30 **[0079]** En primer lugar, se procede a una austenización de la chapa, por paso por un horno que la lleva a una gama de temperaturas superiores a A_{c1} (temperatura de inicio de la aparición de austenita), y por tanto normalmente superiores a aproximadamente 850°C para las composiciones en cuestión). Debe entenderse que esta temperatura de austenización debe hacer referencia al conjunto del volumen de la chapa, y que el tratamiento debe ser suficientemente largo para que, teniendo en cuenta el grosor de la chapa y la cinética de la transformación, la austenización esté completa en todo este volumen.

[0080] La temperatura máxima de esta austenización no es una característica específica de la invención. Simplemente debe ser tal que la chapa permanece en un estado totalmente sólido (la temperatura debe ser por tanto inferior, en cualquier caso, a la temperatura de solidus del acero) y no se ablande demasiado para soportar sin daño la transferencia entre el horno y la herramienta de conformación que seguirá a la austenización. Asimismo, la temperatura no debe ser elevada hasta el punto de provocar una oxidación y/o una descarburación superficiales importantes de la chapa en la atmósfera de calentamiento. Una oxidación superficial conduciría a la necesidad de descalaminar la chapa mecánica o químicamente antes de su conformación para evitar una incrustación de calamina en la superficie de la chapa, y conllevaría una pérdida de material. Una descarburación excesiva (grosor de la superficie descarburada $\geq 100 \mu\text{m}$) reduciría la dureza y la resistencia a la tracción de la chapa. Los riesgos de observar una oxidación y/o una descarburación significativas dependen, de manera conocida, no solo de la temperatura y de la duración de austenización, sino también de la atmósfera de tratamiento del horno. Una atmósfera no oxidante, y por tanto neutra o reductora (normalmente: argón, CO y mezclas de los mismos), preferentemente al aire, permite aumentar sin daños la temperatura de tratamiento, lo que permite asegurar una austenización completa en un mínimo de tiempo. Si se usa nitrógeno puro o una atmósfera fuertemente hidrogenada en un horno que necesita un tiempo de permanencia elevado para la austenización, existe un riesgo de nitruración superficial o de recaptación de hidrógeno por el acero. Por tanto, deberá tenerse en cuenta en la elección de la atmósfera de tratamiento, y a veces se habrán de evitar atmósferas de nitrógeno puro o que tengan un contenido de hidrógeno relativamente elevado.

55 **[0081]** Normalmente, la austenización tiene lugar a una temperatura comprendida entre 925 y 1.200°C en el curso de una duración t_m de 10 s a 1 h (esta duración es aquella en que la chapa pasa por encima de A_{c1}), preferentemente entre 2 min y 10 min para un calentamiento en un horno clásico y entre 30 s y 1 min para un horno de inducción. Un horno de inducción presenta la ventaja, conocida de por sí, de procurar un recalentamiento rápido hasta la temperatura nominal de austenización. Por tanto, hace posible un tratamiento más corto que un horno clásico para llegar al resultado buscado. Estas temperaturas y duraciones permiten asegurar que la continuación de los tratamientos conducirá a una formación suficiente de martensita, y en una duración razonable que permite una buena productividad del procedimiento.

65 **[0082]** El objeto de esta austenización es hacer pasar el metal de la estructura ferrita + carburos inicial a una

estructura austenítica que contiene como máximo el 0,5% de carburos en fracción en volumen, y como máximo el 20% de ferrita residual en fracción en volumen. Un objeto de esta austenización es, especialmente, conducir a una disolución de al menos la mayoría de los carburos presentes inicialmente, de forma que se liberen átomos de C para formar la estructura austenítica después la estructura martensítica durante las etapas siguientes del procedimiento. El contenido máximo de ferrita residual del 20%, que debe subsistir hasta el producto final, está justificado por la resiliencia y el límite elástico convencional que se desea obtener.

[0083] La chapa austenizada se transfiere a continuación a una herramienta de conformación adecuada (tal como una herramienta de embutición o de estampado) o una herramienta de corte. Esta transferencia tiene una duración t_0 lo más breve posible, y durante esta transferencia la chapa debe permanecer a una temperatura superior a M_s y conservar una microestructura austenítica al 0,5% como máximo de carburos y al 20% como máximo de ferrita residual. Después de esta transferencia, la chapa está a una temperatura TP_0 , que es lo más cercana posible a la temperatura nominal de austenización por motivos evidentes de ahorro de energía.

[0084] A continuación, se ejecuta una primera etapa de conformación o de corte, de duración t_1 comprendida normalmente entre 0,1 y 10 s. La duración precisa de esta etapa (como las de las otras etapas) no es sí misma una característica fundamental de la invención. Es preciso que sea suficientemente breve para que la temperatura de la chapa no descienda por debajo de M_s , para que no se asista a una descarburación y/o una oxidación significativas de la superficie de la chapa, y que al final de la operación esté siempre presente una microestructura austenítica, del 0,5% como máximo de carburos y el 20% como máximo de ferrita residual. Si fuera necesario, se puede usar una herramienta de conformación provista de medios de calentamiento de la chapa para que se cumplan estas condiciones de temperatura y de microestructura, ya que el contacto de una herramienta de conformación no calefactora con la chapa provoca un enfriamiento de la chapa que a menudo es superior a 100°C/s.

[0085] La ausencia de descarburación y de oxidación superficiales significativas puede obtenerse ajustando la composición del acero si se demuestra necesario a la luz de la experiencia y, si es posible, por el mantenimiento de una atmósfera neutra o reductora alrededor de la chapa durante su conformación.

[0086] Todas estas condiciones relativas a la temperatura de conformación y a su evolución, y a la atmósfera que rodea a la chapa durante su conformación, son válidas también para las etapas de conformación siguientes.

[0087] La chapa así conformada es transferida a continuación a otra herramienta para una segunda etapa de conformación en el sentido extenso del término. Como variante, se usa la misma herramienta en las dos etapas, pero modificando su configuración en el intervalo (por ejemplo, por sustitución del punzón en el caso en que se proceda a una embutición en cada una de las dos etapas). La duración t_2 de esta transferencia es normalmente de 1 a 10 s, con el objeto de que sea suficientemente rápida para que la temperatura de la chapa se mantenga por encima de M_s durante la transferencia y que la microestructura siga siendo austenítica, con el 0,5% como máximo de carburos y el 20% como máximo de ferrita residual.

[0088] A continuación, se ejecuta la segunda etapa de conformación, de duración t_3 comprendida normalmente entre 0,1 y 10 s. La temperatura de la chapa se mantiene por encima de M_s y la microestructura se mantiene austenítica, con el 0,5% como máximo de carburos y el 20% como máximo de ferrita residual.

[0089] A esta segunda etapa de conformación pueden seguirle otras etapas de conformación (en el sentido amplio definido anteriormente), y sus transferencias correspondientes.

[0090] Lo esencial es que durante la ejecución de estas transferencias y de estas conformaciones/cortes, la temperatura del acero ya no descienda por debajo de M_s , y que una microestructura austenítica, con el 0,5% como máximo de carburos y el 20% como máximo de ferrita residual se conserve hasta el fin de la última etapa n , de temperatura final TP_n . Si fuera necesario, como se ha dicho, pueden usarse herramientas de conformación de calentamiento, así como medios de recalentamiento de la chapa entre las conformaciones.

[0091] La velocidad de enfriamiento media entre TP_0 y TP_n , definida por la magnitud $(TP_0 - TP_n) / \sum t_i$, $\sum t_i$ que constituye la suma de las duraciones de las transferencias y las conformaciones, debe ser de al menos 0,5°C/s.

[0092] La consecuencia de esta velocidad de enfriamiento entre el inicio y el fin de las operaciones de conformación que acaban de describirse, combinada con la composición del acero y con el modo operativo usado durante la conformación, es que durante el enfriamiento, el acero no penetra en la «nariz» del diagrama TRC que corresponde a la transformación bainítica, sino que permanece en el dominio austenítico antes de pasar directamente al dominio en el que puede tener lugar la transformación martensítica. La composición del acero se elige justamente para que, con respecto a los aceros al carbono cuyo empleo es más corriente en la industria automovilística para la realización de chapas con capacidad de ser soldadas, esta nariz se desplace hacia las duraciones más elevadas, haciendo así posible en las herramientas de conformación habituales evitar el dominio bainítico, y a fortiori los dominios ferrítico y perlítico, y por tanto una ejecución lo más completa posible de la transformación de la austenita en martensita. No obstante, debe recordarse que, como se ha dicho, cada etapa tomada individualmente debe permitir

conservar una microestructura austenítica con el 0,5% como máximo de carburos y el 20% como máximo de ferrita residual. Por tanto, el par duración/velocidad de enfriamiento de cada etapa debe elegirse en consecuencia, y, si fuera necesario, se ejecutarán recalentamientos de la chapa entre y/o durante las conformaciones o cortes para que esta microestructura pueda mantenerse durante todas las etapas.

[0093] Opcionalmente se puede realizar al menos una etapa suplementaria de conformación en el sentido amplio a una temperatura comprendida entre Ms y Mf, en un dominio en que la microestructura incluye al menos el 5% en volumen de austenita. Si esta etapa suplementaria es un corte, la forma final de la pieza podrá alcanzarse con un menor desgaste de las herramientas, y si esta etapa suplementaria es una deformación, los 5% al menos de austenita procurarán una ductilidad suficiente para que esta deformación sea posible incluso a pesar de la presencia a veces ya importante de martensita.

[0094] Finalmente se deja enfriar la chapa, por ejemplo, al aire libre, hasta la temperatura ambiente, obteniendo así la pieza final según el procedimiento de la invención. No es necesario imponer una velocidad mínima durante este enfriamiento, dado que la composición del acero asegura que la chapa permanecerá de todos modos en el dominio en que puede operarse la transformación martensítica por igual durante este enfriamiento hasta temperatura ambiente, al menos si no se usan medios que ralenticen sustancialmente el enfriamiento con respecto a un enfriamiento natural al aire libre, como un vuelco de la chapa. Por supuesto, no está excluido acelerar este enfriamiento, por medio de aire pulsado o de una proyección de agua o de otro fluido.

[0095] La posibilidad de usar al menos dos etapas para obtener la forma final de la pieza da acceso, gracias al uso de un acero que tiene la composición precisada y tratada según la invención, a formas complejas para la pieza final que los procedimientos conocidos que hacen uso de una única conformación de la chapa inicial no permiten alcanzar, o en todo caso no con una calidad suficiente.

[0096] Opcionalmente, se puede aplicar un tratamiento superficial a la pieza final tal como un granallado o un enarenado, con el fin de aumentar la rugosidad de su superficie para mejorar la adherencia de un revestimiento que se aplicaría posteriormente, tal como una pintura, o para crear restricciones residuales que mejoran la resistencia a la fatiga de la chapa. Este tipo de operación es conocido de por sí.

[0097] Asimismo, puede efectuarse un último tratamiento térmico sobre la pieza final, por tanto, después del enfriamiento a la temperatura ambiente, para mejorar su elongación a la ruptura y llevarla a un valor de más del 8% según las normas ISO, lo que corresponde sustancialmente a más del 10% según las normas JIS. Este tratamiento consiste en mantener la pieza final entre 90 y 500°C durante 10 s a 1 h, y después en efectuar un enfriamiento natural al aire.

[0098] La pieza así obtenida por el procedimiento según la invención posee propiedades mecánicas elevadas a temperatura ambiente, debido especialmente a su contenido elevado en martensita de al menos el 80%. Normalmente, Rm es de al menos 1.000 MPa, Re de al menos 800 MPa, la elongación a la ruptura A medida según la norma ISO 6892 es de al menos el 8% y la capacidad de ángulo de plegado para un grosor de 1,5 mm es de al menos 60°, medido según la norma VDA 238-100.

[0099] La figura 1 representa esquemáticamente un ejemplo de esquema operativo para un procedimiento según la invención, ejecutado sobre un acero de composición de acuerdo con la del ejemplo 2 de la tabla 1 que se ofrece a continuación, en la que Ms es de 380°C y Mf de 200°C, y que incluye las etapas siguientes:

- calentamiento en un horno de rodillos 1 clásico durante 2 min de una chapa 2 de grosor 1,5 mm, entre la temperatura ambiente y una temperatura TPi igual a 950°C;
- mantenimiento en el horno 1 de la chapa 2 a dicha temperatura TPi en el curso de una duración tm de 3 min;
- transferencia de la chapa 2 entre el horno 1 y una herramienta de embutición en caliente 3, en el curso de una duración t0 de 1 s; la temperatura del acero disminuye hasta TP0 = 941°C;
- primera etapa de conformación (deformación), ejecutada en la herramienta de embutición en caliente 3 en el curso de una duración t1 de 0,5 s para obtener una chapa conformada 4; la temperatura del acero disminuye hasta TP1 = 808°C;
- transferencia de la chapa conformada 4 entre la herramienta de embutición en caliente 3 y una herramienta de taladrado 5, en el curso de una duración t2 de 0,5 s; la temperatura del acero disminuye hasta TP2 = 799°C;
- segunda etapa de conformación, que consiste en un taladrado efectuado en la herramienta de taladrado 5 en el curso de una duración t3 de 1 s para obtener una chapa conformada y taladrada 6; la temperatura del acero disminuye hasta TP3 = 667°C;
- transferencia de la chapa 6 conformada y taladrada hacia una herramienta de corte 7 para ejecutar un corte de los bordes de la chapa 6 con el fin de conferirle sus dimensiones definitivas para obtener un producto 8;
- ejecución de un granallado del producto 8 en una máquina de granallado 9 para optimizar su resistencia a la fatiga o la adherencia de una posible capa de revestimiento futura.

[0100] La figura 2 representa esquemáticamente otro ejemplo de esquema operativo para un procedimiento

ES 2 805 067 T3

según la invención, ejecutado en una chapa 2 de un acero de composición de acuerdo con la del ejemplo 7 de la tabla 1 que se ofrece a continuación, en la que Ms es de 380°C y Ms de 200°C, y que incluye las etapas siguientes:

- 5 - calentamiento en un horno de inducción 10 clásico durante 20 s de una chapa 2 de grosor 1,5 mm, entre la temperatura ambiente y una temperatura TPi = 950°C;
- cantenimiento en el horno de inducción 10 de la chapa 2 a dicha temperatura TPi en el curso de una duración tm de 30 s;
- transferencia de la chapa 2 entre el horno de inducción 10 y una herramienta de embutición en caliente 3, en el curso de una duración t0 de 1 s; la temperatura del acero disminuye hasta TP0 = 941°C;
- 10 - primera etapa de conformación (deformación), ejecutada en la herramienta de embutición en caliente 3 en el curso de una duración t1 de 0,5 s para obtener una chapa conformada 4; la temperatura del acero disminuye hasta TP1 = 808°C;
- transferencia de la chapa conformada 4 entre la herramienta de embutición en caliente 3 y una herramienta de taladrado 5, en el curso de una duración t2 de 1 s; la temperatura del acero disminuye hasta TP2 = 799°C;
- 15 - segunda etapa de conformación, que consiste en un taladrado efectuado en la herramienta de taladrado 5 en el curso de una duración t3 de 0,5 s para obtener una chapa conformada y taladrada 6; la temperatura del acero disminuye hasta TP3 = 667°C;
- transferencia de la chapa 6 conformada y taladrada hacia una herramienta de corte 7 en el curso de una duración t4 de 1 s, para ejecutar un corte de los bordes de la chapa 6; la temperatura de la chapa disminuye hasta TP4 = 658°C;
- 20 - tercera etapa de conformación que consiste en un corte de los bordes de la pieza 6 con el fin de conferirle sus dimensiones definitivas y obtener un producto 8, en el curso de una duración t5 de 0,5 s; la temperatura de la pieza disminuye hasta TP5 = 525°C;
- 25 - ejecución de un granallado 9 del producto 8 para optimizar su resistencia a la fatiga o la adherencia de una posible capa de revestimiento futura.

[0101] Por tanto, los procedimientos de la figura 1 y de la figura 2 no difieren fundamentalmente. La única diferencia es que el horno de inducción 10 permite un calentamiento más rápido y a una velocidad más regular que el horno de rodillos clásico

1. Por lo tanto, la duración de calentamiento y la duración de mantenimiento tm se acortan, lo que resulta ventajoso para la productividad de la instalación. El calentamiento en inducción garantiza también con mayor seguridad una homogeneidad de la temperatura de la chapa en todo su volumen, lo que resulta ventajoso para el éxito de las etapas de conformación y la obtención de las propiedades finales pretendidas.

La tabla 1 que se muestra a continuación contiene las composiciones de ejemplos de aceros a los que se ha aplicado el procedimiento según la invención tal como se describe anteriormente y se representa en la figura 1. Los elementos no mencionados están presentes solo en estado de trazas resultantes de la elaboración.

	Ej.	C	Mn	P	S	Si	Al	Ni	Cr	Cu	Mo	W	Sn	Nb	Ta	V	Ti
		%	%	%	ppm	%	%	%	%	%	%	%	ppm	%	%	%	%
Invención	1	0,102	0,35	0,022	6	0,40	0,002	0,093	12,0	0,044	0,01	0,007	2	0,11	trazas	0,10	0,007
	2	0,06	0,51	0,019	40	0,38	0,002	0,41	11,2	trazas	trazas	trazas	1	0,10	trazas	trazas	trazas
	3	0,06	0,51	0,019	40	0,38	0,002	0,41	11,2	0,600	trazas	trazas	1	0,10	trazas	trazas	trazas
	4	0,055	0,40	0,020	40	0,42	0,002	0,35	11,3	0,030	0,20	0,10	1	0,05	0,10	0,10	0,005
	5	0,055	0,40	0,020	40	0,42	0,002	0,35	11,3	0,030	0,20	0,50	1	0,10	trazas	0,10	0,005
	6	0,006	1,14	0,016	9	0,38	0,030	0,88	12,0	0,011	0,001	trazas	10	0,11	trazas	0,027	0,077
	7	0,14	0,45	0,020	5	0,35	0,001	0,40	11,1	0,091	0,027	trazas	320	0,14	trazas	trazas	0,004
	8	0,10	0,30	0,020	10	0,40	0,002	3,0	12,0	0,020	1,90	trazas	50	0,10	trazas	0,08	0,004
	9	0,10	0,30	0,020	10	0,40	0,002	2,5	12,0	0,020	1,65	trazas	50	0,10	trazas	0,08	0,004
	10	0,10	0,30	0,020	10	0,40	0,002	2,5	12,0	0,020	1,65	trazas	50	0,10	0,50	0,08	0,004
	11	0,10	0,30	0,020	10	0,40	0,002	2,0	12,0	0,020	1,35	trazas	50	0,10	trazas	0,08	0,004
	12	0,10	0,30	0,020	10	0,40	0,002	2,0	15,0	0,020	1,35	trazas	50	0,10	trazas	0,08	0,004
	13	0,10	0,30	0,020	10	0,40	0,002	1,5	12,0	0,020	1,05	trazas	50	0,10	trazas	0,08	0,004
Referencias	14	0,10	0,30	0,020	10	0,40	0,002	1,5	12,0	0,020	1,05	0,60	50	0,10	trazas	0,08	0,004
	15	0,102	0,35	0,022	6	0,40	0,002	0,09	12,0	0,044	0,01	0,007	2	0,11	trazas	0,10	0,007
	16	0,055	0,40	0,020	40	0,42	0,002	0,35	11,3	0,030	0,20	0,007	1	0,02	0,0002	0,10	0,50
	17	0,395	0,34	0,027	18	0,28	0,002	0,19	14,1	0,044	0,63	trazas	2	0,001	0,001	0,001	0,001
	18	0,41	0,20	0,027	18	0,28	0,002	0,30	13,9	0,050	0,70	trazas	2	0,001	0,001	0,001	0,001
	19	0,125	0,41	0,033	10	0,36	0,001	0,29	12,32	0,110	0,02	trazas	trazas	0,006	trazas	0,08	0,009
	20	0,23	1,16	0,017	6	0,28	0,057	0,025	0,17	0,025	0,006	trazas	1	0,001	trazas	0,004	0,04

ES 2 805 067 T3

(continuación)

	Ej.	C	Mn	P	S	Si	Al	Ni	Cr	Cu	Mo	W	Sn	Nb	Ta	V	Ti
		%	%	%	ppm	%	%	%	%	%	%	%	ppm	%	%	%	%
	21	0,23	0,37	0,024	10	0,51	trazas	0,15	13,2	0,080	0,014	trazas	trazas	0,005	trazas	0,077	0,004
	22	0,461	0,33	0,024	19	0,33	trazas	0,094	13,7	0,080	0,011	trazas	trazas	0,005	trazas	0,077	0,004
	23	0,345	0,377	0,024	15	0,29	trazas	0,52	16,2	0,091	0,027	trazas	trazas	0,005	trazas	0,077	0,004
	24	0,107	0,59	0,020	20	0,56	0,001	0,38	11,4	0,091	0,027	trazas	90	0,006	trazas	0,077	0,001
	25	0,009	0,20	0,030	100	0,55	0,030	0,20	11,1	0,300	0,30	trazas	500	0,001	trazas	trazas	0,175
	26	0,033	0,30	0,018	17	0,27	trazas	0,12	16,1	0,023	0,004	trazas	40	0,48	trazas	0,08	0,007
	27	0,009	0,25	0,018	17	0,58	trazas	0,12	14,8	0,023	0,004	trazas	40	0,48	trazas	0,08	0,007
	28	0,021	0,41	0,021	30	0,16	0,002	1,4	16,8	0,050	0,15	trazas	20	0,003	trazas	0,12	0,005
	29	0,015	0,313	0,029	11	0,42	0,004	0,20	16,5	0,120	0,024	trazas	67	0,15	trazas	0,11	0,106
	30	0,05	0,35	0,021	80	0,30	0,0006	0,12	12,6	0,031	0,01	trazas	50	0,003	trazas	0,097	0,007
	31	0,0463	0,914	0,019	14	0,37	0,012	1,61	13,9	0,073	0,027	trazas	54	0,006	trazas	0,108	0,362
	32	0,10	0,30	0,020	10	0,40	0,002	3,1	12,0	1,50	1,90	trazas	50	0,10	trazas	0,08	0,004
	33	0,10	0,30	0,020	10	0,40	0,002	2,5	12,0	0,020	1,65	trazas	50	0,50	0,70	0,03	0,004

	Ej.	Zr	Co	B	N	H	O	Ca	Y	(Mn+Ni)- [Cr-10,3- 80(C+N) ²] %	Cu+Ni +Co %	M0+2xW %	(Nb+T a)/(C+ N)	Nb+Ta %	Ti+Zr+V %
Invencción	1	0,005	0,019	4	250	0,2	10	5	0,1	0,03	0,156	0,024	0,835	0,106	0,112
	2	trazas	0,036	trazas	100	<0,1	10	5	0,1	0,41	0,446	trazas	1,4289	0,100	trazas
	3	trazas	0,036	trazas	100	<0,1	10	5	0,1	0,41	1,046	trazas	1,429	0,100	trazas
	4	0,002	0,036	trazas	110	<0,1	10	5	0,1	0,10	0,416	0,400	2,273	0,150	0,107
	5	0,002	0,036	trazas	110	<0,1	10	5	0,1	0,10	0,416	1,200	1,515	0,100	0,107
	6	trazas	0,021	trazas	110	0,2	10	5	0,1	0,38	0,912	0,001	6,471	0,110	0,104
	7	trazas	0,037	trazas	500	0,2	10	5	0,1	2,93	0,528	0,027	0,737	0,140	0,004
	8	trazas	0,050	trazas	1.000	0,2	10	5	0,1	4,80	3,070	1,900	0,500	0,100	0,084
	9	trazas	0,050	trazas	1.000	0,2	10	5	0,1	4,30	2,570	1,650	0,500	0,100	0,084
	10	trazas	0,050	trazas	1.000	0,2	10	5	0,1	4,30	2,570	1,650	3,000	0,600	0,084
	11	trazas	0,050	trazas	1.000	0,2	10	5	0,1	3,30	2,070	1,350	0,500	0,100	0,084
	12	trazas	0,050	trazas	1.000	0,2	10	5	0,1	0,80	2,070	1,350	0,500	0,100	0,084
	13	trazas	0,050	trazas	1.000	0,2	10	5	0,1	3,30	1,570	1,050	0,500	0,100	0,084
Referencias	14	trazas	0,050	trazas	1.000	0,2	10	5	0,1	3,30	1,570	2,250	0,500	0,100	0,084
	15	0,005	0,019	4	250	10	10	5	0,1	0,03	0,156	0,024	0,835	0,106	0,112
	16	0,05	0,036	trazas	110	<0,1	10	5	0,1	0,10	0,416	0,400	0,306	0,020	0,650
	17	0,001	trazas	4	900	0,2	10	5	0,1	15,56	0,234	0,644	0,004	0,002	0,003
	18	0,001	trazas	4	900	0,2	10	5	0,1	16,90	0,350	0,714	0,004	0,002	0,003
	19	trazas	0,020	trazas	270	0,2	18	5	0,1	0,53	0,420	0,020	0,039	0,006	0,089
	20	trazas	0,008	2	37	0,2	10	5	0,1	15,68	0,058	0,006	0,004	0,001	0,044
	21	trazas	0,020	trazas	200	0,2	10	5	0,1	2,62	0,250	0,014	0,020	0,005	0,081
	22	trazas	0,020	trazas	298	0,2	10	5	0,1	16,27	0,194	0,011	0,010	0,005	0,081
	23	trazas	0,020	trazas	1.600	0,2	10	5	0,1	15,40	0,634	0,027	0,010	0,005	0,081
	24	trazas	0,020	3	140	0,2	10	5	0,1	-0,10	0,491	0,027	0,193	0,006	0,079
	25	trazas	0,020	trazas	180	0,2	10	5	0,1	-0,34	0,520	0,300	0,037	0,001	0,175
	26	trazas	0,018	trazas	400	0,2	10	5	0,1	-5,00	0,161	0,004	6,575	0,480	0,087
	27	trazas	0,018	trazas	186	0,2	10	5	0,1	-4,09	0,161	0,004	17,391	0,480	0,087

(continuación)

Ej.	Zr %	Co %	B ppm	N ppm	H ppm	O ppm	Ca ppm	Y ppm	(Mn+Ni)- [Cr-10,3- 80(C+N) ²] %	Cu+Ni +Co %	M0+2xW %	(Nb+T a)/(C+ N) %	Nb+Ta %	Ti+Zr+V %
28	trazas	0,046	trazas	270	0,2	10	5	0,1	-4,49	1,496	0,150	0,062	0,003	0,125
29	trazas	0,026	5	244	0,2	10	5	0,1	-5,68	0,346	0,024	6,254	0,153	0,216
30	trazas	0,016	2	200	0,2	10	5	0,1	-1,47	0,167	0,010	0,043	0,003	0,104
31	trazas	0,052	2	99	0,2	10	5	0,1	-0,87	1,732	0,274	0,114	0,006	0,470
32	trazas	0,50	trazas	1.000	0,2	10	5	0,1	4,90	5,100	1,900	0,500	0,100	0,084
33	trazas	0,050	trazas	1.000	0,2	10	5	0,1	4,30	2,570	1,650	6,000	1,200	0,084

Tabla 1: Tabla 1: Composiciones de las muestras de ensayos

5

[0102] La tabla 2 muestra las estructuras metalúrgicas intermedias (durante las etapas del tratamiento en que la temperatura del acero está por encima de Ms) y finales de estos mismos ejemplos, con las propiedades mecánicas de la pieza final: resistencia a la tracción Rm, límite elástico Rp0,2, elongación A, resiliencia KCU, capacidad de ángulo de plegado. En las columnas relativas a la estructura intermedia, MC designa la proporción de carburos.

10

	Ej.	Estructura metalúrgica intermedia	Estructura metalúrgica final	Pieza final	
				Rm (MPa)/ Rp0,2 (MPa) /A (%)	KCU (J/cm ²)/ángulo de plegado (°)
Invencción	1	MC=0,1%; ferrita = 17%	Martensita = 82,90%	1.170/810/8,2	65/80
	2	MC=0,02% ; ferrita = 3%	Martensita = 96,98%	1.130/850/9,4	75/100
	3	MC=0,02% ; ferrita = 1%	Martensita = 98,98%	1.150/870/9,3	80/110
	4	MC=0,02%; ferrita = 5%	Martensita = 94,98%	1.145/840/9,1	75/110
	5	MC=0,02%; ferrita = 6%	Martensita = 93,98%	1.180/870/9,0	65/90
	6	MC=0,12%; ferrita = 19%	Martensita = 80,88%	1.175/810/9,7	70/80
	7	MC=0,05%; ferrita = 1%	Martensita = 98,95%	1.550/1.150/8,4	55/70
	8	MC=0,05%; ferrita = 0%	Martensita = 88%	1.570/1.100/9,1	55/65
	9	MC=0,05%; ferrita = 0%	Martensita = 95%	1.560/1.110/9,0	55/70
	10	MC=0,05%; ferrita = 0%	Martensita = 93%	1.550/1.130/9,3	60/80
	11	MC=0,05%; ferrita = 0%	Martensita = 97%	1.500/1.050/9,5	70/80
	12	MC=0,1%; ferrita = 0%	Martensita = 84%	1.600/1.200/8,5	60/70
	13	MC=0,05%; ferrita = 0%	Martensita = 95%	1.510/1.110/9,2	65/75
Referencias	14	MC=0,05%; ferrita = 0%	Martensita = 98%	1.200/810/8,1	30/55
	15	MC=0,05%; ferrita = 15%	Martensita = 84,95%	1.210/820/8,3	10/50
	16	MC=0,01%; ferrita = 80%	Martensita = 19,99%	1.010/700/10,5	60/70
	17	MC=0,35%; ferrita = 0%	Martensita = 75%	1.600/1.000/4	30/10
	18	MC=0,40%; ferrita = 0%	Martensita = 72%	1.620/1.010/4,2	30/15
	19	MC=0,05%; ferrita = 15%	Martensita = 84,95%	1.230/900/9,0	25/70
	20	MC=0%; ferrita = 0%	Martensita = 100%	1.500/1.050/4,5	70/45
	21	MC=0,1%; ferrita = 5%	Martensita = 94,90%	1.800/1.100/7,5	30/50
	22	MC=1%; ferrita = 0%	Martensita = 70%	1.700/1.000/3,2	20/15
	23	MC=1%; ferrita = 0%	Martensita = 73%	1.750/1.050/3	25/10
	24	MC=0,01%; ferrita = 15%	Martensita = 84,99%	950/720/6	90/130
	25	MC=0,01%; ferrita = 95%	Martensita = 4,99%	460/320/27	80/130

26	MC=0,01%; ferrita = 80%	Martensita = 19,99%	750/520/12	50/110
27	MC=0,01%; ferrita = 99,99%	Martensita = 0%	540/350/29	80/130
28	MC=0,005%; ferrita = 99,995%	Martensita = 0%	800/700/13	60/120
29	MC=0,003%; ferrita = 99,997%	Martensita = 0%	500/350/20	65/120
30	MC=0,01%; ferrita = 18%	Martensita = 81,99%	1.000/780/8,5	20/105
31	MC=0,01%; ferrita = 45%	Martensita = 54,99%	850/650/5	40/90
32	MC=0,05%; ferrita = 25%	Martensita = 74,95%	1.600/1.050/8,5	35/65
33	MC=0,05%; ferrita = 65%	Martensita = 34,95%	900/700/12	60/110

Tabla 2: Estructuras metalúrgicas intermedias y finales y propiedades mecánicas finales de los ejemplos de la tabla 1.

5

[0103] En esta tabla se observa que los ejemplos según la invención son los únicos que permiten alcanzar todos los objetivos pretendidos en términos de propiedades mecánicas.

10 **[0104]** Por supuesto, si una aplicación privilegiada de la invención es la conformación de chapas destinadas a la industria automovilística, esta no es exclusiva, y las chapas así conformadas pueden tener cualquier otra aplicación para la cual se mostrarían ventajosas, especialmente todas las piezas de función estructural relevantes de los campos aeronáutico, de la edificación y ferroviario.

15 **[0105]** La invención incluye también los casos en que una chapa que tiene la composición requerida por la invención forma parte solidaria con una chapa que tiene otra composición, y en la que el conjunto así obtenido es deformado por el procedimiento que acaba de describirse. Por supuesto, las estructuras y propiedades según la invención se obtendrán normalmente solo en la parte del conjunto que tiene la composición de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de una pieza de acero inoxidable martensítico a partir de una chapa, por conformación en caliente, **caracterizado porque:**

5

- se prepara una chapa de acero inoxidable de composición, en porcentajes ponderados:

- 10 * $0,005\% \leq C \leq 0,3\%$;
 * $0,2\% \leq Mn \leq 2,0\%$;
 * trazas $\leq Si \leq 1,0\%$;
 * trazas $\leq S \leq 0,01\%$;
 * trazas $\leq P \leq 0,04\%$;
 * $10,5\% \leq Cr \leq 17,0\%$; preferentemente $10,5\% \leq Cr \leq 14,0\%$;
 * trazas $\leq Ni \leq 4,0\%$;
 15 * trazas $\leq Mo \leq 2,0\%$;
 * $Mo + 2 \times W \leq 2,0\%$;
 * trazas $\leq Cu \leq 3\%$; preferentemente trazas $\leq Cu \leq 0,5\%$;
 * trazas $\leq Ti \leq 0,5\%$;
 * trazas $\leq Al \leq 0,2\%$;
 20 * trazas $\leq O \leq 0,04\%$;
 * $0,05\% \leq Nb \leq 1,0\%$;
 * $0,05\% \leq Nb + Ta \leq 1,0\%$;
 * $0,25\% \leq (Nb + Ta)/(C + N) \leq 8$;
 * trazas $\leq V \leq 0,3\%$;
 25 * trazas $\leq Co \leq 0,5\%$;
 * trazas $\leq Cu + Ni + Co \leq 5,0\%$;
 * trazas $\leq Sn \leq 0,05\%$;
 * trazas $\leq B \leq 0,1\%$;
 * trazas $\leq Zr \leq 0,5\%$;
 30 * $Ti + V + Zr \leq 0,5\%$;
 * trazas $\leq H \leq 5$ ppm, preferentemente trazas $\leq H \leq 1$ ppm;
 * trazas $\leq N \leq 0,2\%$;
 * $(Mn + Ni) \geq (Cr - 10,3 - 80 \times [(C + N)^2])$;
 * trazas $\leq Ca \leq 0,002\%$;
 35 * trazas $\leq$ tierras raras y/o $Y \leq 0,06\%$;
 *siendo el resto hierro e impurezas resultantes de la elaboración;
- siendo la temperatura de inicio de transformación martensítica (M_s) de la chapa $\geq 200^\circ C$;
 - siendo la temperatura de fin de transformación martensítica (M_f) de la chapa $\geq -50^\circ C$;
 40 - estando la microestructura de la chapa compuesta por ferrita y/o martensita revenida y del 0,5% al 5% en volumen de carburos;
 - siendo el tamaño de los granos ferríticos de la chapa de 1 a 80 μm , preferentemente de 5 a 40 μm ;
 - se procede opcionalmente a una o varias transformaciones en caliente y/o en frío de dicha chapa;
 - se realiza una austenización de la chapa manteniéndola a una temperatura superior a A_{c1} , de manera que le confiera una microestructura que contenga como máximo el 0,5% de carburos en fracción en volumen y como máximo el 20% de ferrita residual en fracción en volumen;
 45 - se transfiere la chapa austenizada a una primera herramienta de conformación o una herramienta de corte, teniendo dicha transferencia una duración t_0 , durante la cual la chapa permanece a una temperatura superior a M_s y conserva como máximo el 0,5% en volumen de carburos y como máximo el 20% en volumen de ferrita residual, encontrándose la chapa a una temperatura TP_0 a la salida de esta transferencia;
 - se realiza una primera etapa de conformación o de corte de la chapa, en el curso de una duración t_1 , y durante la cual la chapa permanece a una temperatura superior a M_s y conserva como máximo el 0,5% en volumen de carburos y como máximo el 20% en volumen de ferrita residual;
 - se realiza una transferencia de la chapa conformada o cortada en una segunda herramienta de conformación o de corte, o se modifica la configuración de la primera herramienta de conformación o de corte, en el curso de una duración t_2 , durante la cual la chapa permanece a una temperatura superior a M_s y conserva como máximo el 0,5% en volumen de carburos y como máximo el 20% en volumen de ferrita residual;
 55 - se realiza una segunda etapa de conformación o de corte de la chapa, en el curso de una duración t_3 , y durante la cual la chapa permanece a una temperatura superior a M_s y conserva como máximo el 0,5% en volumen de carburos y como máximo el 20% en volumen de ferrita residual;
 - opcionalmente, se realizan otras etapas de transferencia de la chapa cortada o conformada en otras herramientas de corte o de conformación, o de modificación de la configuración de la herramienta de conformación o de corte usada en la etapa anterior, estando cada una seguida de una etapa de conformación o de corte, permaneciendo la chapa a una temperatura superior a M_s y conservando como máximo el 0,5% en volumen de carburos y como máximo el 20% en volumen de ferrita residual durante cada una de dichas etapas de transferencia de la chapa o
 60
 65

- de modificación de la configuración de la herramienta y cada una de las operaciones de conformación o de corte;
 - si se designa por TPn la temperatura alcanzada por la chapa conformada o cortada a la salida de la última etapa de corte o de conformación y por Σt_i la suma de las duraciones de las etapas de transferencia y/o de cambio de configuración de la herramienta y de las etapas de conformación o corte, la magnitud $(TP0-TPn)/\Sigma t_i$ es de al menos 0,5°C/s;
 - opcionalmente se efectúa una etapa suplementaria de conformación o de corte a una temperatura comprendida entre Ms y Mf, en un dominio en el que la microestructura está constituida por martensita, de al menos el 5% de austenita y como máximo del 20% de ferrita.
 - y se deja que la chapa se enfríe hasta alcanzar la temperatura ambiente para obtener la pieza final, teniendo dicha pieza final una microestructura que contiene como máximo el 0,5% de carburos en fracción en volumen y como máximo el 20% de ferrita residual en fracción en volumen.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha chapa tiene una temperatura de inicio de transformación martensítica (Ms) $\leq 400^\circ\text{C}$.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** la temperatura de inicio de transformación martensítica (Ms) de la chapa está comprendida entre 390 y 220°C.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el grosor de la chapa está comprendido entre 0,1 y 10 mm.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** la temperatura de austenización es de al menos 850°C.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado porque** la temperatura de austenización está comprendida entre 925 y 1.200°C.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** se efectúa un recalentamiento de la chapa, durante al menos una de las etapas de transferencia y/o de cambio de configuración de la herramienta o de las etapas de conformación o corte de la chapa.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** se efectúa un tratamiento superficial en la pieza final, destinado a aumentar su rugosidad o sus propiedades de fatiga.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** se mantiene la pieza final entre 90 y 500°C durante 10 s a 1 h, y después se la deja enfriar naturalmente al aire.

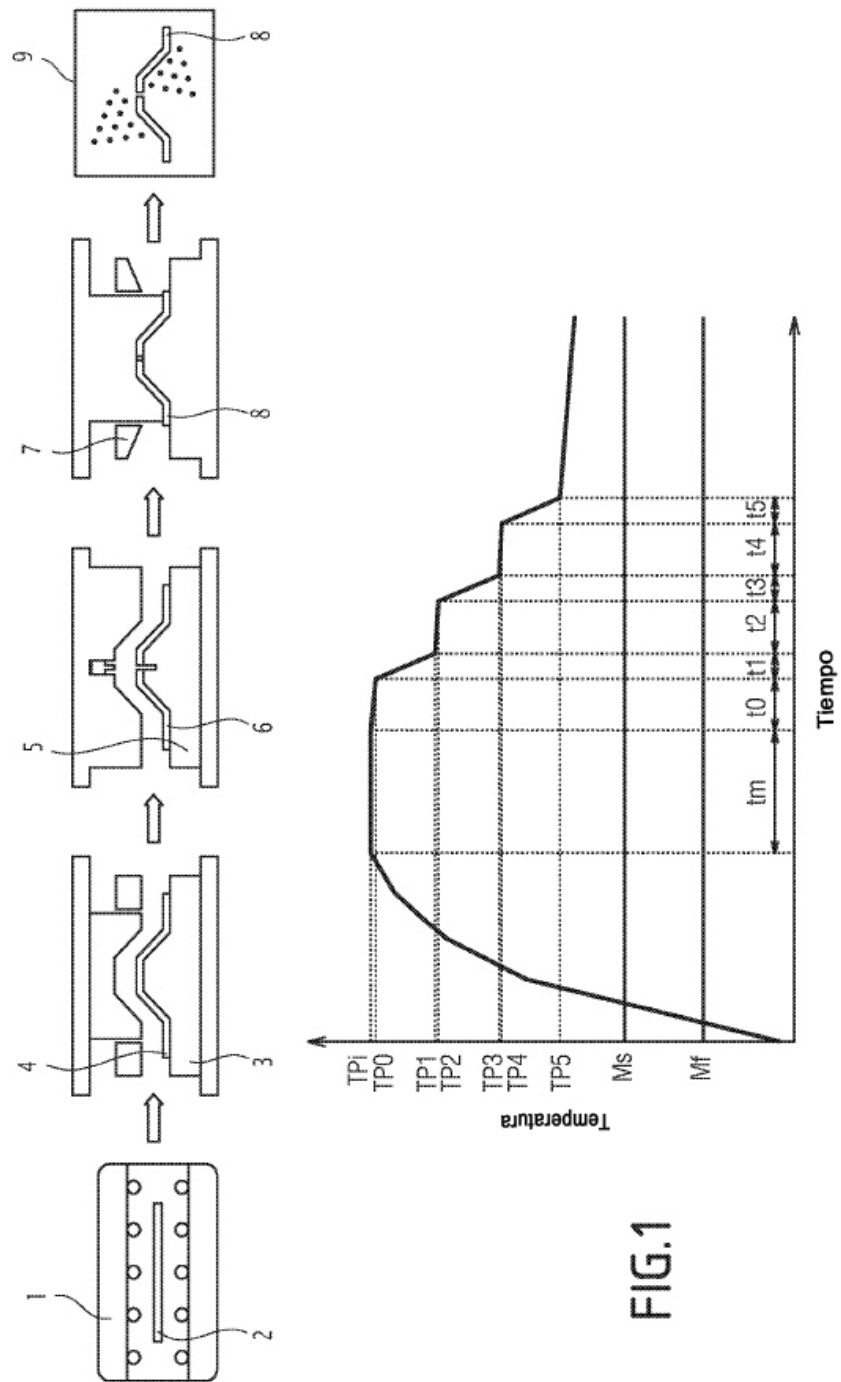


FIG.1

