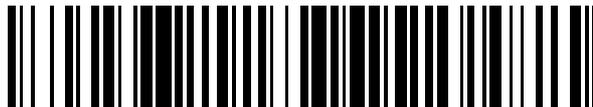


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 439 900**

51 Int. Cl.:

<b>C22C 38/02</b>	(2006.01)	<b>C21D 9/46</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/04</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/54</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/06</b>	(2006.01)	<b>C22C 38/00</b>	(2006.01)
<b>C22C 38/44</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/46</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/48</b>	(2006.01)		
<b>C22C 38/50</b>	(2006.01)		
<b>C21D 1/00</b>	(2006.01)		
<b>C21D 1/20</b>	(2006.01)		
<b>C21D 8/02</b>	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2006 E 06022284 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2013 EP 1780293**

54 Título: **Procedimiento para fabricar material de partida de acero a través de deformación en caliente**

30 Prioridad:

**28.10.2005 DE 102005052069**

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

**27.01.2014**

73 Titular/es:

**SAARSTAHL AG (100.0%)  
BISMARCKSTRASSE 57-59  
66333 VOLKLINGEN, DE**

72 Inventor/es:

**ROBERT, FRAUENDORFER y  
VOLKER, KINSINGER DR.**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 439 900 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 para fabricar material de partida de acero a través de deformación en caliente

La invención se refiere a un procedimiento para fabricar material de partida de acero a través de deformación en caliente, por ejemplo para fabricar alambre laminado y acero en barras con alta resistencia y tenacidad.

- 5 El estado de la técnica conoce una serie de procedimientos para fabricar piezas de construcción de acero con alta resistencia y elevada tenacidad. Partiendo de alambre laminado o acero en barras, son conocidos procedimientos de conformación en frío y conformación en caliente .

10 En la conformación en frío, las propiedades mecánicas se ajustan mediante un endurecimiento en frío en la conformación. A fin de conseguir un alta resistencia son necesarios alto grados de deformación. Esto es un gran inconveniente para la tenacidad, de forma que la conformación en frío alcanza unos límites donde la tenacidad de la pieza de construcción ya no es suficiente como resultado del endurecimiento en frío, y resulta en consecuencia una relación desfavorable entre la resistencia y la tenacidad.

15 A fin de alcanzar altas resistencias y elevadas tenacidades, la conformación en frío termina por ello a menudo con recocido, es decir, un calentamiento, un enfriamiento rápido y un revenido. Se utilizan aquí los llamados aceros de bonificación según DIN EN 10083, en los cuales pueden ajustarse, a través del tratamiento en caliente, resistencias de más de 1000 Mpa con estricciones de rotura de más del 45%, según el espesor de la pieza de construcción. La relación del límite de fluencia respecto a la resistencia puede ser aquí de al menos 0,8. Un inconveniente en este tipo de procedimientos son los altos costes para el tratamiento térmico, así como el perjuicio para el medio ambiente a través del consumo de energía y materiales adicionales.

20 Alternativamente respecto a los aceros de bonificación, los aceros de doble fase, sobre la base de manganeso/silicio para la producción de piezas de construcción deformadas en frío de alta resistencia a partir de material laminado, constituyen el estado de la técnica. Sin embargo, éstos aceros no son adecuados para una utilización con exigencia de resistencias mayores de 1000 Mpa y relación del límite de fluencia mayor de 0,8; estos requieren además, a fin de ajustar una determinada resistencia y tenacidad inicial en el material de partida, una laminación termomecánica en caliente y una deformación en frío, o bien un endurecimiento en frío ajustado a esa resistencia inicial, a fin de  
25 ajustar de esa manera una estructura de matriz de ferrita con islas de martensita y de perlita intercaladas.

Piezas de construcción de acero de alta resistencia pueden fabricarse, partiendo de material de partida laminado en caliente, por ejemplo alambre laminado o acero en barras, además de a través de deformación en frío y en su caso de bonificado, también mediante conformación en caliente.

30 También las piezas fabricadas por conformación en caliente pueden recibir un tratamiento térmico tras la conformación, a fin de ajustar las características mecánicas. Este es el clásico campo de aplicación de los aceros para bonificar. No obstante, dado que los mismos requieren un tratamiento térmico adicional, resultan los elevados costes citados anteriormente, y el perjuicio para el medio ambiente. A fin de evitar ese tratamiento térmico, es conocido el templado desde el calor de la forja. El mismo ahorra el calentamiento hasta la temperatura de austenitización y el enfriamiento brusco. Los aceros de baja aleación requieren no obstante un recocido final, a fin de  
35 garantizar las características exigidas de resistencia, especialmente la tenacidad necesaria.

Otra variante de material que se originan con el templado desde el calor de la forja son los llamados aceros blandos martensíticos de templado directo, con contenido de carbono hasta 0,1%, y contenidos adaptados de cromo, boro y manganeso, los cuales pueden pasar sin un revenido. Estos aceros contienen un 0,05% de carbono, o también  
40 0,10% de carbono en ausencia de cromo. Un inconveniente de esos aceros es que para ajustar la estructura martensítica se requiere una gran velocidad de enfriamiento. Esto requiere instalaciones adicionales en la unidad de conformado, para el templado con aceite o con agua, las cuales consumen una parte del ahorro de costes. Además, una velocidad alta de enfriamiento conduce a que las piezas complejas, o bien aquellas con grandes diferencias de espesor en las paredes, tiendan a la deformación, y la estructura, así como las características mecánicas, no sean  
45 homogéneas a lo largo de la sección transversal.

Un desarrollo similar se orientó en el pasado a fabricar también piezas de construcción con estructura bainítica directamente desde calor de la forja. La estructura bainítica ha de evitar el peligro de la deformación y de diferencias de dureza como en el ajuste de una estructura martensítica blanda, ya que para una estructura bainítica son suficientes las velocidades de enfriamiento más reducidas. Así, el documento alemán de publicación 36 28 264 A1 describe un procedimiento para la fabricación de piezas de construcción con alta resistencia y tenacidad, por  
50 ejemplo muñones de ejes de camiones, mediante la utilización de un acero de bajo contenido en carbono con un contenido de carbono por debajo del 0,3%, en el que las piezas constructivas, por ejemplo piezas forjadas, son enfriadas desde la temperatura de deformación hasta una estructura bainítica. No obstante, el inconveniente de ello es que la velocidad de enfriamiento ha de ser controlada de forma precisa en dependencia de la sección transversal, que generalmente es diferente localmente. Para ello son necesarios complicados dispositivos de enfriamiento adaptados respectivamente a la pieza constructiva. Además, es problemático que esos aceros alcanzan elevadas resistencias, pero solamente un bajo límite elástico. De aquí que para los casos de utilización que requieran una  
55

## ES 2 439 900 T3

elevada relación del límite de fluencia respecto a la resistencia a la tracción, esos aceros no sean adecuados.

A fin de sustituir los aceros para bonificación, y el tratamiento térmico ligado a los mismos, se desarrollaron los llamados „aceros AFP“, es decir, aceros ferríticos-perlíticos de templado por precipitación (por ejemplo según DIN EN 10267). Estos reciben sus características mecánicas a través de un enfriamiento regulado desde la temperatura de conformación en caliente, y de la precipitación de carbonitruros de los elementos titanio, vanadio y niobio. Esos aceros tienden en menor medida a la deformación que los aceros de forja martensíticos o bainíticos. No obstante, en comparación con los aceros para bonificación, poseen un menor límite elástico y una menor tenacidad. En tenacidades de 800 a 1000 Mpa se alcanzan solamente límites de elasticidad de un máximo de 600 Mpa. De aquí, para la utilización en el rango de elevadas cargas, las cuales requieren tenacidades de alrededor de 1000 Mpa con límites de elasticidad por encima de 750 Mpa, los aceros AFP convencionales no son adecuados.

Un perfeccionamiento de los aceros AFP va en la dirección de aceros para bonificación con resistencias más elevadas y mayores límites de elasticidad, junto a una buena tenacidad. Son actuales hoy en día los conceptos de aleación mejorados con vistas a una precipitación óptima de los nitruros de carbono según tamaño y composición.

Así el documento europeo de patente 1 408 131 A1 describe un acero ferrítico-perlítico bajo en carbono y templado por precipitación con 0,12 a 0,45% de carbono, 0,10 a 1,00% de silicio, 0,50 a 1,95% de manganeso, 0,005 a 0,060% de azufre, 0,004 a 0,050% de aluminio, 0,004 a 0,050% de titanio, hasta 0,60% de cromo, hasta 0,60% de niobio, 0,10 hasta 0,40% de vanadio y 0,015 a 0,040% de nitrógeno, el resto de hierro, incluidas impurezas debidas a la fundición.

Este acero necesita solamente, para el desarrollo de sus características mecánicas, ser enfriado desde su temperatura de conformación de 950 a 1250°C, con una velocidad de enfriamiento de al menos 0,2°C/seg, por ejemplo en aire estático. No obstante, a fin de controlar de forma óptima la precipitación de los nitruros de carbono, han de mantenerse exactamente las directrices de los análisis, así como los parámetros definidos en el calentamiento hasta la temperatura de conformado y en el enfriamiento.

El documento japonés de patente 09 263 884 A describe un acero con 0,05 a 0,25% de carbono, 1 a 3% de manganeso, 0,01 a 2% de silicio, 0,01 a 0,1% de aluminio, 0,0004 a 0,01% de calcio, 0,1 a 2% de cromo, 0,05 a 1% de cobre, 0,1 a 1 % de molibdeno, 0 a 0,01% de nitrógeno, 0,005 a 0,05 de niobio, 0,05 a 1 % de níquel, 0,01 a 0,12% de fósforo, 0 a 0,01% de azufre, 0,0003 a 0,006% de boro, 0,02 a 0,5% de titanio, 0 a 0,005% de vanadio, 0,01 a 2% de wolframio, 0,005 a 0,05% de circonio, 0,0004 a 0,01% REM y 95 a 98,9% de hierro, el cual es laminado hasta una banda en caliente a al menos 800 °C de temperatura final, y después enfriado hasta al menos 650°C con una velocidad de enfriamiento de al menos 30 °C/seg, y posteriormente bobinado, y es adecuado como material para galvanizado.

Además, el documento estadounidense de patente 4 812 182 describe un acero bainítico con 0,08 a 0,25% de carbono, 0,30 a 1,5% de silicio, 2,0 a 3,2% de manganeso, hasta 0,20% de azufre, hasta 1,5% de cromo, hasta 0,025% de aluminio, 0,0005 a 0,05% de boro, hasta 0,04% de titanio, hasta 0,10% de vanadio, el cual está desprovisto, no obstante, de molibdeno y de níquel.

Además, el documento chino de patente 1 451 776 describe un acero ferrítico-bainítico con 0,06 a 0,13% de carbono, 0,6 a 1,5% de silicio, 1,9 a 2,6% de manganeso, hasta 2% de cromo, hasta 0,8% de molibdeno, hasta 1,2% de níquel, hasta 0,25% de aluminio, hasta 0,015% de boro, hasta 0,1% de titanio, hasta 0,1% de nitrógeno y hasta 0,15% de vanadio y hasta 0,15% de niobio.

Por último, el documento chino de patente 1 477 226 describe un acero bainítico o bainítico-martensítico con 0,15 a 0,34% de carbono, 0,20 a 2,50% de silicio, 1,80 a 3,00% de manganeso, hasta 2,0% de cromo, hasta 0,50 % de molibdeno, hasta 1,0 % de níquel, hasta 0,0040 de aluminio, hasta 0,0040 % de boro, hasta 0,12 % de titanio y hasta 0,12 de niobio, hasta 0,5 % de cobre, el resto hierro.

La invención está orientada a un procedimiento con el que se pueda alcanzar, sin un tratamiento térmico, una alta resistencia con una alta tenacidad al mismo tiempo, así como una elevada proporción del límite elástico respecto a la resistencia.

Según la invención, esto se puede alcanzar con un acero con 0,08 a 0,25% de carbono, menos de 0,6% de silicio, 0,5 a 1,7% de manganeso, hasta 0,035% de fósforo, hasta 0,055% de azufre, 0,1 a 1,5% de cromo, 0,1 a 0,5% de molibdeno, 0,2 a 1,5% de níquel, hasta 0,06% de aluminio, 0,0010 a 0,006% de boro, respectivamente hasta 0,04% de vanadio, de niobio y de titanio, hasta 0,5% de cobre y hasta 0,010% de nitrógeno, el resto de hierro, incluidas impurezas debidas a la fundición, a través del ajuste de una estructura martensítica-bainítica mediante un simple conformado en caliente y un enfriamiento controlado.

Aquí, para los contenidos de titanio, vanadio y niobio debería ser suficiente la condición:

$$(\% \text{ Ti}) + (\% \text{ V}) + (\% \text{ Nb}) = 0.001 \text{ hasta } 0,2\%$$

Los citados elementos, preferentemente el titanio, son necesarios para la fijación de nitrógeno. Esto es necesario

para que el boro sea efectivo para elevar la templabilidad.

A través de la composición de la aleación y de la velocidad de enfriamiento se ajustan las propiedades mecánicas. Al enfriar desde la temperatura de deformación, de unos 1000 a 1300 °C, se origina una estructura mixta bainítica-martensítica, cuyo contenido en ferrita y perlita no debería sobrepasar un 10% en total. Es posible un enfriamiento con gas, aceite o agua desde el calor de conformado, pero no es necesario; para ajustar la estructura mixta bainítica-martensítica basta un enfriamiento al aire, o bien con aire. Aquí ha de darse preferencia a un enfriamiento con aire movido, ya que ello garantiza la mínima velocidad de enfriamiento requerida, de 0,3°C/seg. La utilización de aire estático o de aire movido ha de preferirse a otros medios de refrigeración, ya que el medio ambiente no es contaminado con vapores, y no son necesarias ningunas sustancias auxiliares adicionales, como aceite o gas, ni ningún aparato de eliminación, como filtros, tanques y depósitos colectores. La velocidad de enfriamiento debería ser, en un rango de temperaturas entre unos 1000 y 610 °C, al menos de 0,3°C/seg. El acero posee entonces, tras el enfriamiento desde la temperatura final del conformado en caliente hasta la temperatura ambiente, no solo una elevada tenacidad, sino también una alta resistencia. La relación del límite de elasticidad respecto a la tenacidad es asimismo elevada.

El material de partida, enfriado según la invención desde el calor de la deformación, es adecuado sin más para una conformación en frío. A través de un endurecimiento por deformación en frío se consiguen resistencias a la tracción de más de 1200 Mpa, con límites de elasticidad de más de 1050 Mpa. La relación del límite de elasticidad respecto a la tenacidad es de más de 0,85. La alta tenacidad se muestra con valores de estricción de rotura de más de un 40%, y alargamientos de rotura de más del 12%. Las propiedades mecánicas son por tanto mejores que las de los aceros usuales, o bien de los aceros de doble fase.

Así resultan aproximadamente las propiedades de los aceros de bonificación, sin la necesidad de un tratamiento térmico de alto coste.

El material de partida, enfriado según la invención desde el calor de la deformación, es adecuado también por otra parte como material de partida para un conformado en caliente. En un conformado en caliente de ese tipo – el segundo – resultan por otra parte las propiedades mecánicas originales, sin la necesidad de un templado rápido en aceite o en agua, cuando se respetan las condiciones de enfriamiento según la invención. En comparación con las martensitas de la forja, la tendencia a la deformación es menor, debido a la condiciones más suaves del templado rápido. En comparación con los aceros bainíticos, y los aceros AFP usuales, resultan resistencias más elevadas, y especialmente límites de elasticidad considerablemente más elevados. Ya que para el material de partida según la invención un temple por precipitación mediante carbonitruros no es determinante para la resistencia, resulta un rango mayor en el ajuste de los análisis, y especialmente en las condiciones del conformado en caliente en comparación con los aceros AFP nuevos.

Para el procedimiento según la invención es especialmente adecuado un acero que contenga al menos 0,10% de carbono, 0,3% de silicio, 1% de manganeso, 0,2% de cromo, 0,2% de níquel, 0,2% de molibdeno, 0,0015% de boro, 0,014% de titanio, por separado o coexistiendo.

Además, el acero puede contener también respectivamente - por separado o coexistiendo – como máximo 0,24% de carbono, 2% de manganeso, 0,020% de fósforo, 0,045% de azufre, 1,4% de cromo, 1,4% de níquel, 0,4% de molibdeno, 0,05% de aluminio, 0,038% de titanio, 0,02% de vanadio, 0,02% de niobio, 0,3% de cobre, 0,005% de boro y 0,010% de nitrógeno.

En el marco de un ejemplo de ejecución, se laminó en caliente un acero refrescado según el procedimiento LD hasta alambre con un diámetro de 15 mm, se enfrió desde el calor de la laminación con aire acelerado, y se estiró a continuación en frío hasta un diámetro final de 14 mm.

El acero se componía de:

0,205% de carbono

0,56% de silicio

1,62% de manganeso

0,011% de fósforo

0,01% de azufre

0,54% de cromo

0,32% de molibdeno

0,22% de níquel

0,03% de aluminio

## ES 2 439 900 T3

- 0,0038% de boro
- 0,036% de titanio
- 0,002% de vanadio
- 0,002% de niobio
- 5 0,0044% de nitrógeno
- Resto hierro

Incluidas las impurezas debidas a la fundición.

- 10 La estructura y las propiedades mecánicas del alambre tras el enfriamiento desde el calor de la laminación con una velocidad de enfriamiento de 2°C/seg, mediante la utilización de aire acelerado, así como tras el estiramiento en frío, se desprenden de la siguiente tabla.

<b>Propiedades</b>	<b>Temple de laminado</b>	<b>Estirado</b>
Resistencia a la tracción $R_m$ [MPa]	1180	1230
Límite elástico $R_{p\ 0.2}$ [MPa]	805	1070
Estricción de rotura Z [%]	53,6	42
15 Alargamiento de rotura A5 [%]	14	14
Relación fluencia / tracción	0,72	0,86
Proporciones en estructura [%]	borde	núcleo
martensita	35 a 50	30 a 55
bainita	resto	resto

- 20 Los presentes datos muestran que el procedimiento según la invención produce un material que se caracteriza, tanto en el estado de conformado en caliente como en el estado de conformado en frío, a través de una elevada resistencia y tenacidad, así como de una alta resistencia a la tracción, y puede fabricarse de forma económica y no contaminante debido a la supresión de un tratamiento térmico.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para la fabricación de material de partida a través de conformado en frío, en el que un acero con los siguientes componente en porcentaje en peso: 0,08 a 0,25% de carbono, menos de 0,6% de silicio, 0,5 a 1,7% de manganeso, hasta 0,035% de fósforo, hasta 0,055% de azufre, 0,1 a 1,5% de cromo, 0,1 a 0,5% de molibdeno, 0,2 a 1,5% de níquel, hasta 0,06% de aluminio, 0,0010 a 0,006% de boro, hasta 0,04% de vanadio, hasta 0,04% de niobio, hasta 0,04%de titanio, hasta 0,5% de cobre y hasta 0,010% de nitrógeno, el resto de hierro, incluidas impurezas debidas a la fundición, a es ajustado hasta una estructura martensítica-bainítica desde la temperatura de conformado a través de un enfriamiento controlado.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por** la utilización de un acero con un máximo respectivo de 0,24% de carbono, 0,020% de fósforo, 0,045% de azufre, 1,4% de cromo, 1,4% de níquel, 0,4% de molibdeno, 0,05% de aluminio, 0,038% de titanio, 0,02% de vanadio, 0,02% de niobio, 0,3% de cobre y 0,005% de boro, por separado o coexistiendo.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por** la utilización de un acero con al menos 0,10% de carbono, 0,3% de silicio, 1% de manganeso, 0,2% de cromo, 0,2% de níquel, 0,2% de molibdeno, 0,0015% de boro y 0,014% de titanio, por separado o coexistiendo.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** los contenidos de titanio, vanadio y niobio cumplen la condición:
 
$$(\% \text{ Ti}) + (\% \text{ V}) + (\% \text{ Nb}) = 0.001 \text{ bis } 0,2\%$$
- 20 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el acero es ajustado en el enfriamiento hasta una estructura martensítica-bainítica con un máximo de un 10% de ferrita y perlita.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el acero es enfriado en el rango entre la temperatura de conformado y 610°C con una velocidad de al menos 0,3°C/seg.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el material de partida es conformado en frío.
- 25 8. Utilización de un material de partida, según las reivindicaciones 1 a 7, para la fabricación de alambre, piezas de chasis de automóvil y bastidores de automóvil, soportes de ruedas, brazos de suspensión, pivotes de dirección y de ruedas, de cigüeñales, bielas, cojinetes, estabilizadores y elementos de unión.
9. Utilización de un material de partida, según el procedimiento de las reivindicaciones 1 a 8, para la fabricación de piezas forjadas.