

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 780**

51 Int. Cl.:

C21D 7/10 (2006.01)
C21D 9/00 (2006.01)
C21D 8/02 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/08 (2006.01)
C22C 38/16 (2006.01)
C22C 38/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2013** **E 13181374 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.05.2017** **EP 2840159**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de un componente de acero**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.10.2017

73 Titular/es:

THYSSENKRUPP STEEL EUROPE AG (100.0%)
Kaiser-Wilhelm-Strasse 100
47166 Duisburg, DE

72 Inventor/es:

HAMMER, BRIGITTE;
HELLER, THOMAS;
HISKER, FRANK;
KAWALLA, RUDOLF y
KORPALA, GRZEGORZ

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 636 780 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 la fabricación de un componente de acero

La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un componente de acero, que exhibe una resistencia a la tracción R_m mayor a 1.200 MPa y una elongación de ruptura A50 de por lo menos 6 %.

- 5 Los componentes de acero fabricados de acuerdo con la invención se distinguen por una muy buena resistencia en combinación con buenas propiedades de elongación, y son como tal adecuados en particular como componentes para carrocería de automotores.

10 Bajo el concepto "productos planos de acero" se entienden aquí láminas de acero o bandas de acero generadas mediante un proceso de laminación, así como placas derivadas de ellas y similares. Los componentes de acero del tipo de acuerdo con la invención son fabricados mediante un proceso de conformación a partir de tales productos planos de acero.

En tanto aquí los contenidos de aleación se indican solamente en "%", significan siempre "% en peso", mientras no se indique expresamente de otro modo.

- 15 Cuando aquí se habla de "elongación de ruptura A50", "elongación de ruptura A80" o "resistencia a la tracción R_m ", se indican con ello las características mecánicas determinadas según DIN EN 6892-1.

A partir del documento US 6.364.968 B1 se conoce un procedimiento para la fabricación de una lámina de acero laminada en caliente, que para un espesor no mayor a 3,5 mm debería exhibir una distribución uniforme de sus propiedades mecánicas y un comportamiento particularmente bueno de ampliación de orificios. El procedimiento prevé al respecto que un lingote que exhibe (en % en peso) 0,05 - 0,30 % de C, 0,03 - 1,0 % de Si, 1,5 - 3,5 % de Mn, hasta 0,02 % de P, hasta 0,005 % de S, hasta 0,150 % de Al, hasta 0,0200 % de N así como de manera alternativa o en combinación 0,003 - 0,20 % de Nb o 0,005 - 0,20 % de Ti, se calienta hasta 1.200 °C y a continuación se lamina en caliente con una temperatura de laminación en caliente de por lo menos 800 °C, en particular 950 - 1.050 °C, hasta una lámina caliente. A continuación se enfría la lámina caliente obtenida, con una rata de enfriamiento de 20 - 150 °C/seg a una temperatura de rodillo de 300 - 550 °C, a la cual se enrolla en forma de bobina. Al respecto, el enfriamiento es aplicado dentro de 2 segundos después de la terminación del laminado en caliente. La lámina caliente así obtenida debería poseer una estructura fina de bainita con una fracción de bainita de por lo menos 90 %, cuyo promedio de tamaño de grano no debería superar 3,0 μm , en el que la relación de longitud del eje más largo a la longitud del eje más corto del grano no debería ser mayor a 1,5 y la longitud del eje más largo del grano no debería ser mayor a 10 μm . El resto de la estructura no ocupado por la bainita debería consistir en martensita recocida, que en relación con su aspecto y propiedades es muy similar a la bainita. Las bandas calientes generadas y suministradas de esta forma exhiben resistencias a la tracción de 850 - 1.103 MPa para una elongación de 15 - 23 %.

A partir del documento EP 2 546 382 A1 se conoce además un procedimiento para la fabricación de una lámina de acero con una resistencia a la tracción de por lo menos 1.470 MPa, para la cual la elongación de producto y resistencia a la tracción es por lo menos 29.000 MPa%. El acero del que consiste la lámina de acero contiene al respecto, aparte de hierro, e impurezas inevitables (en % en peso) 0,30 - 0,73 % de C, hasta 3,0 % de Si, hasta 3,0 % de Al, en el que la suma de los contenidos de Si y Al es por lo menos 0,7 %, 0,2 - 8,0 % de Cr, hasta 10,0 % de Mn, en el que la suma de los contenidos de Cr y Mn es por lo menos 1,0 %, hasta 0,1 % de P, hasta 0,07 % de S así como hasta de 0,010 % de N. La lámina de acero compuesta de esta forma es procesada de modo que la fracción superficial de martensita, referida a la microestructura total del acero, está en el intervalo de 15 - 90 % y el contenido residual de austenita de la estructura es 10 - 50 %. Al respecto, por lo menos 50 % de la martensita debería estar presente como martensita recocida y la fracción superficial de la martensita recocida debería ser por lo menos 10 %. En tanto esté presente en la estructura, simultáneamente la relación superficial de ferrita poligonal presente en la estructura debería ser de máximo 10 %.

45 Para lograr esto, de acuerdo con el documento EP 2 546 382 A1 primero se genera una lámina de acero laminado en caliente compuesta de la forma indicada, en el cual se calienta un material previo de acero, como un lingote, hasta 1.000 - 1.300 °C y a continuación de él se lamina una banda caliente a una temperatura de laminado en caliente que asciende a 870 - 950 °C. La lámina caliente obtenida es enrollada a continuación a una temperatura de rodillo de 350 - 720 °C hasta formar una bobina. Después de devanar, ocurre un decapado con subsiguiente laminado en frío para grados de deformación de 40 - 90 %. La lámina laminada en frío así obtenida es calcinada por 15 - 1.000 segundos a una temperatura, en la cual posee una estructura austenítica pura, y entonces con una velocidad de enfriamiento de por lo menos 3 °C/s se enfría a una temperatura, que está en un intervalo de temperatura que comienza por debajo de la temperatura de inicio de la martensita y se extiende hasta una temperatura inferior en 150 °C, para generar martensita recocida en la estructura de la lámina de acero. A

continuación se calienta la banda de acero laminada en frío por un periodo de 15 – 1.000 segundos a 340 - 500 °C, para estabilizar la austenita residual presente. La lámina de acero laminada en frío así generada alcanzó resistencias a la tracción mayores a 1.600 MPa para una elongación de hasta 27 %.

5 Ante el fundamento del estado de la técnica previamente explicado, existió el objetivo de la invención de establecer un procedimiento que hiciera posible una forma fácil de fabricación de componentes moldeados complejos de productos planos de acero del tipo previamente explicado.

De acuerdo con la invención, para la fabricación de componentes de acero que exhiben propiedades de elongación buenas y de alta tensión, se logra este objetivo siguiendo las etapas de trabajo indicadas en la reivindicación 1.

10 En las reivindicaciones dependientes se indican acondicionamientos ventajosos de la invención y son explicados a continuación en detalle como la idea general de la invención.

El procedimiento de acuerdo con la invención es adecuado para la fabricación de un componente de acero, que posee una resistencia a la tracción R_m mayor a 1.200 MPa y una elongación de ruptura A_{50} de por lo menos 6 %. Con ese propósito, el procedimiento de acuerdo con la invención comprende las siguientes etapas de trabajo:

15 - preparación de un producto plano de acero, que aparte de hierro e impurezas inevitables, contiene (en % en peso):

C: 0,10 - 0,60 %,

Si: 0,4 - 2,5 %,

Al: hasta 3,0 %

Mn: 0,4 - 3,0 %,

20 Ni: hasta 1 %,

Cu: hasta 2,0 %,

Mo: hasta 0,4 %,

Cr: hasta 2 %,

Co: hasta 1,5 %,

25 Ti: hasta 0,2 %,

Nb: hasta 0,2 %,

V: hasta 0,5 %,

en el que la estructura del producto plano de acero consiste hasta por lo menos 10 % en volumen en austenita residual, la cual comprende islas globulares de austenita residual con un tamaño de grano de por lo menos 1 μm ,

30 -calentamiento del producto plano de acero a una temperatura de conformación que está en 150 - 400 °C,

- conformación del producto plano de acero calentado a la temperatura de conformación, hasta dar el componente con un grado de conformación que alcanza máximo hasta la elongación uniforme A_g , en la práctica también elongación de conformación o grado de deformación,

-enfriamiento del componente obtenido.

35 La invención proviene del conocimiento según el cual un componente, que es fabricado mediante conformación de un producto plano de acero caliente a 150 - 400 °C del tipo constituido de acuerdo con la invención, después de un enfriamiento subsiguiente a temperatura ambiente, posee una resistencia claramente aumentada frente a la resistencia del producto plano de acero original, casi sin modificación de las propiedades de elongación.

40 Como consecuencia del calentamiento en el intervalo de temperatura previamente indicado de acuerdo con la invención, aumenta claramente la capacidad de elongación del producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención, de modo que sin esfuerzo particular y con mínimo peligro se previene la aparición de fisuras y pueden generarse moldes de componentes, que poseen una forma particularmente compleja. Los resultados prácticos han dado como resultado aquí que los productos planos de acero del tipo preparado de acuerdo con la invención en el intervalo de temperatura en el cual debería ocurrir la conformación de acuerdo con la invención, alcanzan

regularmente una elongación de ruptura A50 de por lo menos 30 %, mientras la elongación de ruptura A50 del componente a temperatura ambiente, frente al producto plano de acero que sirve como producto de partida, típicamente permanece sin modificación en el intervalo de 22 %.

5 Con ello, de modo sorprendente no descienden las propiedades de elongación de un componente fabricado de acuerdo con la invención, a pesar de la elevada resistencia, en comparación con un componente moldeado a temperatura ambiente. Mediante una conformación previa a 150 - 400 °C, la invención da como resultado con ello un claro aumento de la resistencia, con capacidad de elongación no modificada del componente obtenido en cada caso.

10 Para el enfriamiento que ocurre después de la conformación, no tiene que ejercerse un esfuerzo particular. De este modo, el enfriamiento del producto plano de acero después de la conformación, puede ocurrir en aire en reposo.

15 El aumento alcanzado de la resistencia mediante la conformación realizado de acuerdo con la invención es considerable. De este modo pudo comprobarse que mediante una conformación de componente de 15 %, el cual había sido realizado a temperaturas elevadas de acuerdo con la invención, regularmente pudo elevarse la resistencia a la tracción en aproximadamente 80 - 120 MPa frente a la resistencia a la tracción de muestras, que habían sido conformadas así mismo con un grado de conformación de 15 %, aunque a temperatura ambiente. Simultáneamente, las propiedades de elongación del componente obtenido de acuerdo con la invención corresponden a las propiedades de elongación del componente conformado a temperatura ambiente, de modo que, debido su comportamiento de deformación, el componente generado de acuerdo con la invención es particularmente adecuado para el uso en carrocerías de automóviles.

20 La razón para la elevación de la resistencia alcanzada por la forma de operar de acuerdo con la invención consiste, según los conocimientos de la invención, en que la austenita residual globular presente en la estructura del producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención, que se caracteriza por un tamaño de grano de por lo menos 1 µm, bajo la carga de la conformación en el intervalo de temperatura de 150-400 °C preestablecido de acuerdo con la invención, se transforma en austenita residual de tipo película y ferrita bainítica, o por debajo de la temperatura de inicio de martensita se transforma en martensita. Durante la conformación en el intervalo pertinente de temperatura, contribuye con ello a la elevación de la elongación la austenita residual globular presente en el producto plano de acero. Después de la conformación y enfriamiento del componente, el acero procesado de acuerdo con la invención muestra entonces mayores resistencias a la tracción como consecuencia de la bainita ferrítica o martensita adicionales formadas. La cantidad de austenita residual tipo película que permanece sin modificación por el enfriamiento garantiza la buena elongación residual alcanzada después de la conformación. Este efecto se usa de modo particularmente seguro, cuando el producto plano de acero es calentado a 200 - 400 °C, en particular 200 - 300 °C para la conformación de acuerdo con la invención hasta dar el componente.

35 Debido a las temperaturas comparativamente bajas a las cuales es ejecutada la conformación de acuerdo con la invención, el procedimiento de acuerdo con la invención es particularmente adecuado para conformar productos planos de acero, que están dotados con un recubrimiento metálico protector, hasta dar los componentes. El calentamiento que ocurre de acuerdo con la invención influye mínimamente en el mejor de los casos sobre la capa metálica protectora. Al respecto, la capa protectora puede ser por ejemplo un recubrimiento convencional de zinc, aleaciones de zinc, aluminio o aleaciones de aluminio, magnesio o aleaciones de magnesio.

40 La composición de un producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención es elegida considerando los siguientes aspectos:

45 Carbono en contenidos de 0,1 - 0,6 % en peso retardan en el acero del producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención, la transformación hasta ferrita /perlita, reducen la temperatura de inicio de martensita MS y contribuyen al aumento de la dureza. Para usar esos efectos positivos, puede ajustarse el contenido de C del producto plano de acero de acuerdo con la invención a por lo menos 0,25 % en peso, en particular por lo menos 0,27 % en peso, por lo menos 0,28 % en peso o por lo menos 0,3 % en peso, en el que se usan entonces de modo particularmente seguro los efectos alcanzados por el comparativamente elevado contenido de carbono, cuando el contenido de C está en el intervalo de > 0,25 - 0,5 % en peso, en particular 0,27 - 0,4 % en peso o 0,28 - 0,4 % en peso.

50 Mediante la presencia de Si en contenidos de 0,4 - 2,5 % en peso y Al en contenidos de hasta 3 % en peso en el producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención, puede suprimirse la formación de carburo en la bainita y como una consecuencia de ello puede estabilizarse la austenita residual mediante carbono disuelto. Además, el Si aporta a la consolidación del cristal mixto. Para evitar las posibles influencias de Si, puede limitarse el contenido de Si a 2,0 % en peso. Para usar Si como formador de cristal mixto para el aumento de la resistencia, puede ser conveniente, cuando el producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención contiene por lo menos 1 % en peso de Si.

Al puede reemplazar parcialmente el contenido de Si en el acero procesado de acuerdo con la invención. Para ello puede proveerse un contenido mínimo de Al de 0,4 % en peso. Esto es válido en particular entonces cuando mediante la adición de Al debieran ajustarse a un valor más bajo la dureza o resistencia a la tracción del acero, en favor de una capacidad mejorada de conformación.

5 La influencia positiva de la presencia simultánea de Al y Si pueden aprovecharse entonces de manera particularmente efectiva, cuando los contenidos de Si y Al cumplen la condición dentro de los límites preestablecidos de acuerdo con la invención $\%Si + 0,8\%Al > 1,2$ % en peso o incluso la condición $\%Si + 0,8\%Al > 1,5$ % en peso (con %Si: respectivo contenido de Si en % en peso, %Al: respectivo contenido de Al en % en peso).

10 Mn en contenidos de por lo menos 0,4 % en peso y hasta 3,0 % en peso, en particular hasta 2,5 % en peso o 2,0 % en peso, promueven la formación de bainita en el acero procesado de acuerdo con la invención, en el que el contenido presente adicionalmente de modo opcional de Cu, Cr y Ni contribuye así mismo a la formación de bainita. Dependiendo de los respectivos otros componentes del acero procesado de acuerdo con la invención, puede ser al respecto conveniente limitar el contenido de Mn a máximo 1,6 % en peso o 1,5 % en peso.

15 Mediante la adición opcional de Cr puede reducirse la temperatura de inicio de martensita y suprimirse la tendencia de la bainita para transformarse en perlita o cementita. Además, el Cr en contenidos hasta el límite superior preestablecido de acuerdo con la invención de máximo 2 % en peso, promueve la transformación ferrítica, en lo cual resultan entonces efectos óptimos de la presencia de Cr en un producto plano de acero de acuerdo con la invención, cuando se limita el contenido de Cr a 1,5 % en peso.

20 Mediante la adición opcional de Ti, V o Nb puede apoyarse la formación de estructura de grano fino y promoverse la transformación ferrítica. Además, mediante la formación de excreciones estos elementos de microaleación aportan al aumento de la dureza. De modo particularmente efectivo se aprovechan los efectos positivos de Ti, V y Nb en el producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención, cuando su contenido está en el intervalo de 0,002 - 0,15 % en peso, en particular cuando no supera 0,14 % en peso.

25 La formación de la estructura prevista de acuerdo con la invención es garantizada en particular cuando el contenido en el producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención, de Mn, Cr, Ni, Cu y C satisface la siguiente condición

$$1 < 0,5\%Mn + 0,167\%Cr + 0,125\%Ni + 0,125\%Cu + 1,334\%C < 2$$

30 en la que con %Mn se denominan respectivo contenido de Mn en % en peso, con %Cr se denomina el respectivo contenido de Cr en % en peso, con %Ni se denomina el respectivo contenido de Ni en % en peso, con %Cu se denomina el respectivo contenido de Cu en % en peso y con %C se denomina el contenido respectivo de C en % en peso.

35 Como producto de partida para el procedimiento de acuerdo con la invención son adecuados básicamente productos planos de acero laminados en caliente o en frío, con una composición correspondiente a los estándares de acuerdo con la invención. Los productos planos de acero laminados en caliente que entran aquí en consideración y un procedimiento para su fabricación, son objetivo del documento europeo EP 12 17 83 30.2, cuyo contenido se incluye aquí expresamente en la divulgación de este documento.

40 Como se explica en el documento europeo EP 12 17 83 30.2 mencionado, los productos planos de acero laminados en caliente generados de acuerdo con este documento, se distinguen por una combinación óptima de propiedades de elongación y resistencia. Esta combinación de propiedades puede ser alcanzada de modo particularmente seguro cuando la estructura de los productos planos de acero procesados de acuerdo con la invención, aparte de cantidades opcionalmente presentes de hasta 5 % en volumen de ferrita y hasta 10 % en volumen de martensita, consiste en por lo menos 60 % en volumen de bainita y que el resto en austenita residual, en el que el contenido de austenita residual es por lo menos 10 % en volumen, al menos una parte de la austenita residual está presente en forma de bloque y los bloques de la austenita residual presente en forma de bloque exhiben hasta por lo menos 98 % un promedio de diámetro inferior a 5 µm.

45 De acuerdo con ello, un producto plano de acero laminado en caliente, constituido de acuerdo con el documento EP 12 17 83 30.2 exhibe una estructura dominante de dos fases, cuyo primer componente dominante es bainita y cuyo segundo componente dominante es austenita residual. Aparte de estos dos componentes principales, pueden estar presentes pequeñas cantidades de martensita y ferrita, cuyo contenido sin embargo es muy pequeño, para tener una influencia sobre las propiedades del producto plano de acero laminado en caliente.

En esta relación, se habla de austenita residual "tipo bloque" entonces cuando en los componentes presentes en la estructura de austenita residual, la relación de longitud/anchura, es decir elongación más larga/espesor, es 1 a 5. Por

el contrario, la austenita residual es denominada, "tipo película", cuando en los conglomerados de austenita residual presentes en estructura, la relación longitud/ancho es mayor a 5 y el ancho de los respectivos componentes de estructura de austenita residual es inferior a 1 µm. De acuerdo con ello, la austenita residual tipo película está presente típicamente como laminillas distribuidas finamente.

5 Un procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero laminado en caliente adecuado como producto de partida para el procedimiento de acuerdo con la invención, comprende las siguientes etapas de trabajo:

-suministro de un producto previo en forma de un lingote, lingote delgado o una banda moldeada, que aparte de hierro e impurezas inevitables (en % en peso), contiene: 0,10 - 0,60 % de C, 0,4 - 2,0 % de Si, hasta 2,0 % de Al, 0,4 - 2,5 % de Mn, hasta 1 % de Ni, hasta 2,0 % de Cu, hasta 0,4 % de Mo, hasta 2 % de Cr, hasta 0,2 % de Ti, hasta 0,2 % de Nb y hasta 0,5 % de V;

-laminado en caliente del producto previo hasta una lámina caliente en una o varias pasadas de laminación, en el que al abandonar la última pasada de laminación, la banda caliente obtenida exhibe una temperatura de laminado en caliente de por lo menos 880 °C;

-enfriamiento acelerado de la banda caliente obtenida, con una rata de enfriamiento de por lo menos 5 °C/s hasta una temperatura de rodillo, que está entre la temperatura de inicio de martensita MS y 600 °C;

-devanado de la banda caliente hasta una bobina;

- enfriamiento de la bobina, en el que la temperatura de la bobina durante el enfriamiento para la formación de bainita es mantenida en un intervalo de temperatura, cuyo límite superior es igual a la temperatura de inicio de bainita BS, desde que surge la bainita en la estructura de la banda caliente, y cuyo límite inferior es igual a la temperatura de inicio de la martensita MS, desde que surge la martensita en la estructura de la banda caliente, por el tiempo necesario hasta que por lo menos 60 % en volumen de la estructura de la banda caliente consiste en bainita.

Un producto plano de acero laminado en caliente adecuado como producto de partida para la ejecución del procedimiento de acuerdo con la invención y un procedimiento para la fabricación de tal producto plano de acero laminado en caliente, son objetivos del documento europeo 12 17 83 32.8, cuyo contenido es incluido aquí así mismo expresamente en la divulgación del presente documento.

Para una aleación que cae dentro de la composición de acero indicada previamente de acuerdo con la invención, la estructura del producto plano de acero laminado en frío consiste preferiblemente en por lo menos 20 % en volumen de bainita, hasta 10 - 35 % en volumen de austenita residual y el resto en martensita. Al respecto, se entiende en sí mismo que en la estructura del producto plano de acero pueden estar presentes tras es técnicamente inevitables de otros componentes de la estructura. En consecuencia, un producto plano de acero así, laminado en frío adecuado para el procesamiento de acuerdo con la invención, exhibe una estructura de tres fases, cuyo componente dominante es bainita y que además consiste en austenita residual así como en residuos de martensita. De manera óptima, la fracción de bainita está en por lo menos 50 % en volumen, en particular por lo menos 60 % en volumen, y la cantidad de austenita residual está en el intervalo de 10 - 25 % en volumen, en el que también aquí el resto de la estructura se completa en cada caso con martensita. La fracción óptima de martensita es de por lo menos 10 % en volumen. Una estructura compuesta así causa, para la elevada resistencia a la tracción Rm de típicamente por lo menos 1.400 MPa y una elongación de ruptura A80 de por lo menos 5 %, requeridas para un producto plano de acero laminado en frío procesado de acuerdo con la invención, un producto óptimo Rm x A80 de elongación y resistencia a la tracción. Aparte de los componentes principales "bainita", "austenita residual" y "martensita" en el producto plano de acero laminado en frío, procesado de acuerdo con la invención pueden estar presentes contenidos de otros componentes estructurales, cuya cantidad es sin embargo muy baja para tener una influencia en las propiedades producto plano de acero laminado en frío. Para un producto plano de acero adecuado para el procesamiento de acuerdo con la invención constituido así, la austenita residual está presente de manera predominante en forma de película con pequeñas islas globulares de austenita residual en forma de bloque con un tamaño de grano < 5 µm, de modo que la austenita residual posee una elevada estabilidad y como consecuencia de ello una baja tendencia a la transformación indeseada en martensita. El contenido de C de la austenita residual es al respecto típicamente mayor a 1,0 % en peso.

Un procedimiento para la fabricación de un producto plano de acero procesado de acuerdo con la invención, constituido de esta forma, comprende las siguientes etapas de trabajo:

-suministro de un producto previo en forma de un lingote, lingote delgado o una banda fundida los cuales, aparte de hierro e impurezas inevitables, contienen (en % en peso) C: 0,10 - 0,60 %, Si: 0,4 - 2,5 %, Al: hasta 3,0 %, Mn: 0,4 - 3,0 %, Ni: hasta 1,0 %, Cu: hasta 2,0 %, Mo: hasta 0,4 %, Cr: hasta 2 %, Co: hasta 1,5 %, Ti: hasta 0,2 %, Nb: hasta 0,2 %, V: hasta 0,5 %;

-laminado en caliente del producto previo hasta dar una banda caliente en una o varias pasadas de laminación, en las que al abandonar la última pasada de laminación, la lámina caliente obtenida exhibe una temperatura de laminado en caliente de por lo menos 830 °C;

5 -devanado de la banda caliente obtenida a una temperatura de rodillo, que está entre la temperatura de laminado en caliente y 560 °C;

-laminado en frío de la lámina caliente hasta dar una lámina fría con un grado de laminado en frío de por lo menos 30 %;

-tratamiento con calor de la banda fría obtenida, en el que en el curso del tratamiento en caliente de la banda fría:

-se calienta a una temperatura de cocimiento que asciende a por lo menos 800 °C,

10 -opcionalmente se mantiene a la temperatura de cocimiento durante una duración de cocimiento de 50 - 150 seg,

-partiendo de la temperatura de cocimiento con una velocidad de enfriamiento que asciende a por lo menos 8 °C/s, se enfría hasta una temperatura de retención que está en un intervalo de temperatura de retención cuyo límite superior es 470 °C y cuyo límite inferior es superior a la temperatura de inicio de martensita MS, desde la cual surge martensita en la estructura de la banda fría, y

15 - mantenimiento en el intervalo de temperatura de retención por un intervalo de tiempo, que es suficiente para formar en la estructura de la banda fría, por lo menos 20 % en volumen de bainita.

La temperatura de inicio de martensita mencionada previamente, es decir la temperatura desde la cual se forma martensita en acero procesado de acuerdo con la invención, puede ser calculada en cada caso según los procedimientos explicados en el artículo "Thermodynamic Extrapolation and Martensite-Start-Temperature of Substitutionally Alloyed Steels" de H. Bhadeshia, publicado en Metal Science 15 (1981), páginas 178 -180.

20

A continuación se explica la invención mediante ejemplos de realización. Se muestran:

Fig. 1: un diagrama en el cual se hace una gráfica de elongación de ruptura A50 contra la resistencia a la tracción Rm para cuatro componentes B1,B2,B3,B4, generados de forma acorde con la invención de productos planos de acero de la misma composición S1 laminados en caliente;

25 Fig. 2 una ilustración de una muestra de estructura del componente B4;

Fig. 3a,3b ilustraciones de una muestra de estructura del producto plano de acero, a partir del cual se ha moldeado el componente B4, en magnificación de 20.000 veces y concretamente antes (Fig. 3a) y después (Fig. 3b) de la conformación;

30 Fig. 4a,4b ilustraciones de una muestra de estructura del producto plano de acero, a partir del cual se ha moldeado el componente B4, en magnificación de 50.000 veces y concretamente antes (Fig. 4a) y después (Fig. 4b) de la conformación.

Se fundió un acero con la composición indicada en la tabla 1.

El producto fundido de acero fue vertido de manera convencional hasta dar lingotes, los cuales a continuación de manera así mismo convencional se calentaron a una temperatura de nuevo calentamiento OT.

35 Los lingotes calientes fueron laminados en caliente en un escalonado así mismo convencional hasta bandas W1 - W4 calientes con un espesor de 2,0 mm en cada caso.

Las bandas W1 - W4 calientes que salían del escalonado caliente exhibieron en cada caso una temperatura ET de laminado en caliente, partiendo de la cual fueron enfriadas de manera acelerada con una rata KR de enfriamiento hasta una temperatura HT de rodillo. A esta temperatura HT de rodillo las bandas W1 - W4 calientes fueron enrolladas hasta bobinas.

40

A continuación las bobinas fueron enfriadas en cada caso a un intervalo de temperatura cuyo límite superior fue determinado en cada caso por las respectivas temperaturas HT de rodillo y cuyo límite inferior fue determinado por la temperatura de inicio de martensita MS calculada para el acero S1. El cálculo de la temperatura de inicio de martensita MS ocurrió al respecto según el procedimiento explicado en el artículo "Thermodynamic Extrapolation and Martensite-Start-Temperature of Substitutionally Alloyed Steels" de H. Bhadeshia, publicado en Metal Science 15 (1981), páginas 178 -180.

45

La duración en la que la bobina fue enfriada en el intervalo de temperatura definido en la forma descrita

anteriormente, fue medida de modo que la banda caliente así obtenida exhibía en cada caso una estructura consistente en bainita y austenita residual, en la cual la cantidad de otros componentes estructurales en el mejor de los casos estaban presentes en cantidades ineficaces, que tienden hacia "0"

5 En la tabla 2 se indican los respectivos parámetros de operación, de temperatura OT de calentamiento repetido, temperatura ET de laminado en caliente, rata de enfriamiento KR, temperatura de HT de rodillo y temperatura de inicio de martensita MS.

Además, en la tabla 3 se indican las propiedades mecánicas determinadas para las bandas W1 - W4 calientes individuales, de resistencia a la tracción Rm, límite de estiramiento Rp, elongación de ruptura A80, buen Rm*A80 así como el respectivo contenido de austenita residual RA.

10 A continuación se calientan muestras de los productos planos de acero así obtenidos, presentes en forma de bandas W1 - W4 calientes, hasta una temperatura UT de conformación que está en el intervalo de 200 - 250 °C y en cada caso se moldean con un grado de conformación de hasta 15 %, hasta dar un componente. A la temperatura UT la elongación de ruptura A50 de las muestras fue > 30 %, de modo que en el intervalo de temperatura de conformación de acuerdo con la invención fue posible también la ilustración de elementos
15 moldeados complejos sin el peligro de una formación de fisuras.

Después de la conformación en el intervalo de temperatura de 200 - 250 °C se enfrían al aire hasta temperatura ambiente los componentes moldeados 15 % a partir de las muestras de las bandas W1 - W4 calientes y se determina su elongación de ruptura A50 así como su resistencia a la tracción Rm.

20 Para comparación, se laminan otras muestras de las bandas W1 - W4 calientes a temperatura RT ambiente, es decir frías, hasta los respectivos componentes. También se determinaron la elongación de ruptura A50 y la resistencia a la tracción Rm en los componentes así moldeados.

Se mostró que después del enfriamiento a temperatura ambiente, para valores esencialmente constantes de elongación de ruptura A50, la resistencia a la tracción Rm de las muestras conformadas de acuerdo con la invención, estuvo en cada caso 80 - 120 MPa más alto que para las muestras conformadas a temperatura
25 ambiente.

En la Fig. 2 se presenta un extracto de una muestra de estructura, que fue tomada del componente a temperatura ambiente, el cual fue moldeado de manera acorde con la invención a temperaturas de 200 - 250 °C a partir de la banda W2 caliente consistente en el acero S1. Claramente se reconoce allí la austenita residual RAf presente en forma de película, que surgió por la conformación en el intervalo mencionado de temperatura a partir de las islas
30 previas de austenita residual globular.

En las Fig. 3a,3b se reproducen en cada caso extractos magnificados 20.000 veces de una muestra de estructura del componente de acero consistente en el acero S1, antes (Fig. 3a) y después (Fig. 3b) de la conformación de acuerdo con la invención.

35 En las Fig. 4a,4b se encuentran, en magnificación de 50.000 veces, tomas correspondientes de las muestras de estructura del componente de acero consistente en el acero S1 antes (Fig. 4a) y después (Fig. 4b) de la conformación de acuerdo con la invención.

También la comparación de la figura 3a con la figura 3b y la figura 4a con la figura 4b muestra claramente las modificaciones provocadas con una deformación de acuerdo con la invención.

40 El procedimiento de acuerdo con la invención permite con ello una forma fácil para la fabricación de un componente moldeado, complejo de acero con una resistencia a la tracción Rm > 1.200 MPa y una elongación de ruptura A50 > 6 %. Para ello se suministra un producto plano de acero de acuerdo con la invención el cual, aparte de hierro e impurezas inevitables contiene (en % en peso) C: 0,10 - 0,60 %, Si: 0,4 - 2,5 %, Al: hasta 3,0 % Mn: 0,4 - 3,0 %, Ni: hasta 1 %, Cu: hasta 2,0 %, Mo: hasta 0,4 %, Cr: hasta 2 %, Co: hasta 1,5 %, Ti: hasta 0,2 %, Nb: hasta 0,2 %, V: hasta 0,5 %, en el que la estructura del producto plano de acero consiste hasta por lo menos 10 %
45 en volumen de austenita residual, que comprende islas de austenita residual globular, con un tamaño de grano de por lo menos 1 µm. El producto plano de acero es calentado a una temperatura de conformación que asciende a 150 - 400 °C y es conformado a la temperatura de conformación con un grado de conformación, que como máximo es igual a la elongación uniforme Ag, hasta dar el componente. A continuación se enfría el producto plano de acero así obtenido. Un componente moldeado así a elevadas temperaturas posee, frente a componentes
50 moldeados sin embargo a temperatura ambiente, del mismo producto plano de acero, una resistencia claramente mayor.

ES 2 636 780 T3

Tabla 1

Acero	C	Si	Al	Mn	Ni	Cu	Cr	Otros
S1	0,48	1,5	0,02	1,48	0,034	1,51	0,9	
Datos en % en peso,								

Tabla 2

Lámina caliente	OT [°C]	ET [°C]	KR [°C/s]	HT [°C]	MS [°C]
W1	1.150	970	20	350	245
W2	1.200	1.000	10	400	315
W3	1.200	1.000	20	450	270
W4	1.150	1.000	20	500	230

Tabla 3

Lámina caliente	Rm [MPa]	Rp [MPa]	A80 [%]	RM*A80 [MPa*%]	RA [% en volumen]
W1	1.357	807	22,2	27.387	36
W2	1.318	751	17,8	21.328	17
W3	1.217	821	25,8	28.544	32
W4	1.345	889	21,0	25.677	30

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de un componente de acero, que exhibe una resistencia a la tracción R_m mayor a 1.200 MPa y una elongación de ruptura A_{50} mayor a 6 %, que comprende las siguientes etapas de trabajo:

- 5 -suministro de un producto plano de acero con la siguiente composición (en % en peso):
C: 0,10 - 0,60 %,
Si: 0,4 - 2,5 %,
Al: hasta 3,0 %,
Mn: 0,4 - 3,0 %,
 - 10 Ni: hasta 1 %,
Cu: hasta 2,0 %,
Mo: hasta 0,4 %,
Cr: hasta 2 %,
Co: hasta 1,5 %,
 - 15 Ti: hasta 0,2 %,
Nb: hasta 0,2 %,
V: hasta 0,5 %,

hierro residual e impurezas inevitables,

en el que la estructura del producto plano de acero consiste en por lo menos 10 % en volumen de austenita residual, la cual comprende islas de austenita residual globular con un tamaño de grano de por lo menos 1 μm ,

-calentamiento del producto plano de acero a una temperatura de conformación de 150 - 400 °C,

- conformación del producto plano de acero caliente a la temperatura de conformación, hasta dar el componente con un grado de conformación que alcanza máximo a la elongación uniforme A_g ,

-enfriamiento del producto plano conformado de acero.
- 25 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el producto plano de acero suministrado está provisto de un recubrimiento metálico protector.
 3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** el producto plano de acero suministrado es una banda o lámina de acero laminado en caliente.
 - 30 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** la estructura de producto plano laminado en caliente de acero contiene por lo menos 60 % en volumen de bainita y por lo menos 10 % en volumen de austenita residual así como opcionalmente hasta 5 % en volumen de ferrita y hasta 10 % en volumen de martensita y **porque** al menos una parte de la austenita residual está presente en forma de bloque y por lo menos 98 % de los bloques de la austenita residual presente en forma de bloque exhibe un promedio de diámetro inferior a 5 μm .
 - 35 5. Producto plano de acero de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** su contenido en Mn, Cr, Ni, Cu y C satisface la siguiente condición:

$$1 < 0,5\% \text{Mn} + 0,167\% \text{Cr} + 0,125\% \text{Ni} + 0,125\% \text{Cu} + 1,334\% \text{C} < 2$$

con %Mn: respectivo contenido de Mn en % en peso,

%Cr: respectivo contenido de Cr en % en peso,

%Ni: respectivo contenido de Ni en % en peso,

%Cu: respectivo contenido de Cu en % en peso,

%C: respectivo contenido de C en % en peso.

- 5 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el producto plano de acero suministrado es una banda o lámina de acero laminada en frío.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** la estructura el producto plano laminado en frío de acero contiene por lo menos 20 % en volumen de bainita, 10 - 35 % en volumen de austenita residual y por lo menos 10 % en volumen de martensita.
- 10 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** el producto plano laminado en frío de acero contiene por lo menos 50 % en volumen de bainita.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la suma de los contenidos de Al y Si del producto plano de acero suministrado es de por lo menos 1,5 % en peso.
- 15 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el enfriamiento que ocurre después de la conformación del producto plano de acero, ocurre en aire en reposo.

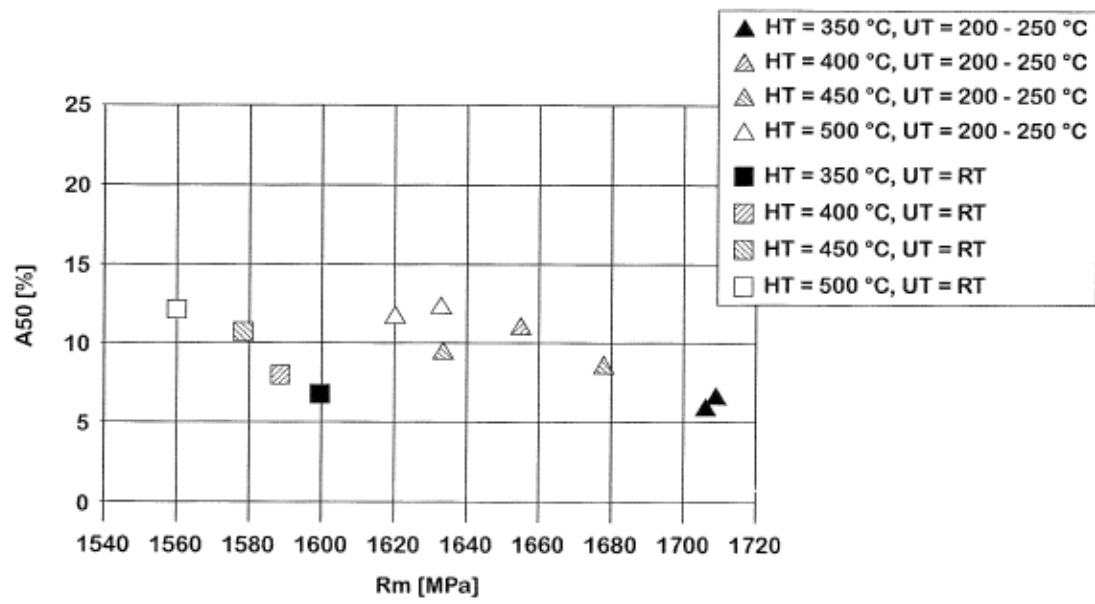


Fig. 1

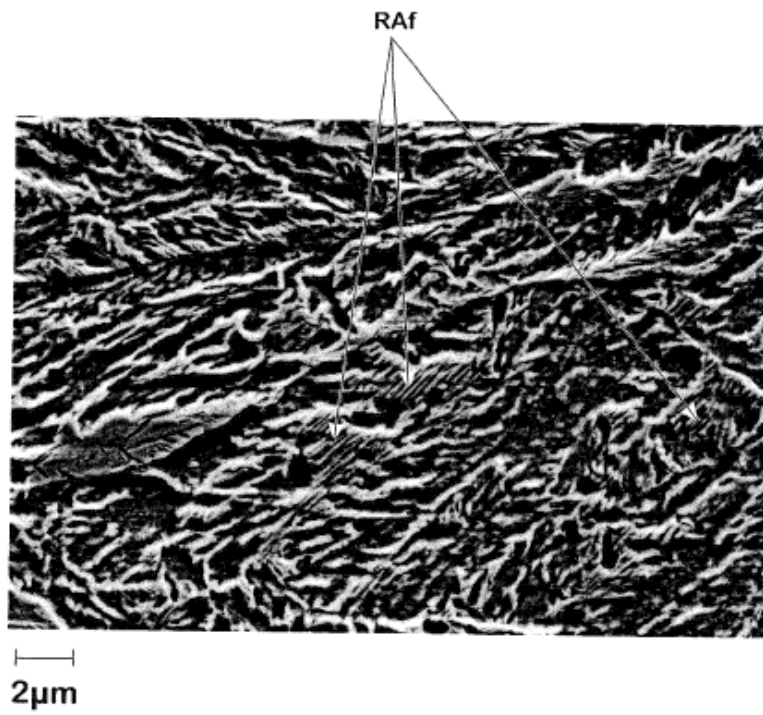


Fig. 2

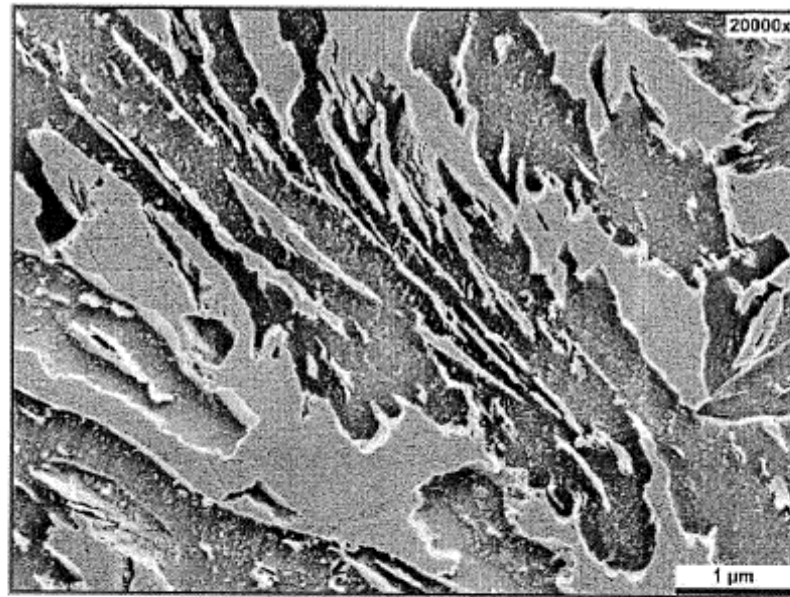


Fig. 3a

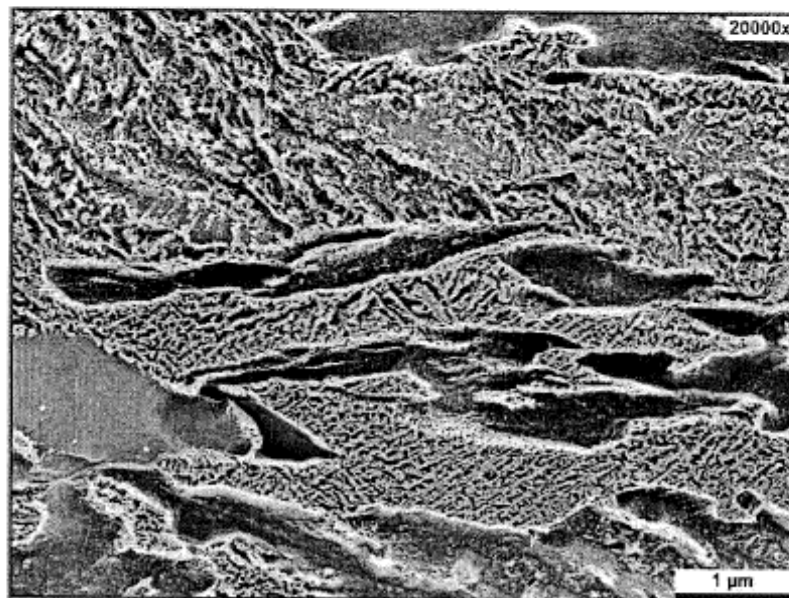


Fig. 3b

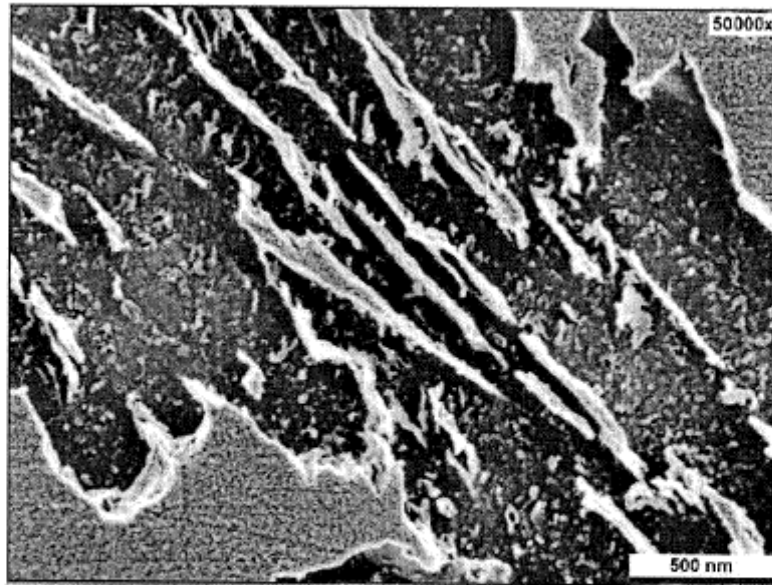


Fig. 4a

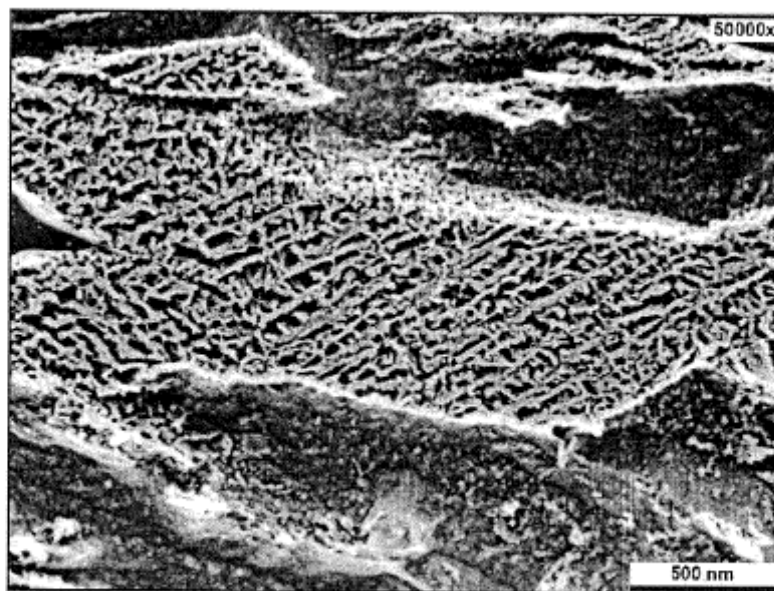


Fig. 4b