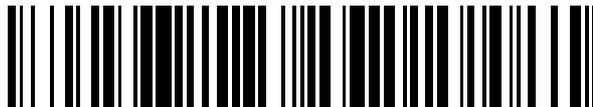


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 375 429**

51 Int. Cl.:
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
C21D 9/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08830766 .5**
96 Fecha de presentación: **09.07.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2171112**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.04.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE CHAPAS DE ACERO CON ELEVADAS CARACTERÍSTICAS DE RESISTENCIA Y DE DUCTILIDAD, Y CHAPAS ASÍ PRODUCIDAS.**

30 Prioridad:
19.07.2007 EP 07290908

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
29.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
29.02.2012

73 Titular/es:
**ARCELORMITTAL FRANCE
1-5, RUE LUIGI CHERUBINI
93200 SAINT DENIS, FR**

72 Inventor/es:
**DRILLET, Pascal y
ORMSTON, Damien**

74 Agente: **Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 375 429 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).

DESCRIPCION

Procedimiento de fabricación de chapas de acero con elevadas características de resistencia y de ductilidad, y chapas así producidas.

5 La invención se refiere a la fabricación de chapas o de piezas laminadas en caliente de aceros denominados « multifásicos », que presentan simultáneamente una resistencia muy elevada y una capacidad de deformación que permiten realizar operaciones de conformación en frío o atemperadas. La invención se refiere más precisamente a
10 aceros con microestructura mayoritariamente bainítica que presentan una resistencia superior a los 800 MPa y un porcentaje de alargamiento a la ruptura superior al 10%.

La industria del automóvil constituye en particular un ámbito privilegiado de aplicación de estas chapas de aceros laminadas en caliente.

15 Existe en particular en esta industria una necesidad continua de aligeramiento de los vehículos y de aumento de la seguridad. Es así como se han propuesto diferentes familias de aceros para responder a las necesidades crecientes: En primer lugar se han propuesto aceros que comprenden elementos de microaleación cuyo endurecimiento se obtiene simultáneamente por precipitación y por afinado del tamaño de los granos. El desarrollo de estos aceros ha
20 sido seguido por el de aceros « Dual-Phase » (de doble fase) donde la presencia de martensita en el seno de una matriz ferrítica permite obtener una resistencia superior a 450MPa asociada con un buen comportamiento en la formación en frío.

Para obtener niveles de resistencia superiores, se han desarrollado aceros que presentan un comportamiento «
25 TRIP » (Transformation Induced Plasticity) con combinaciones de propiedades (resistencia-comportamiento a la deformación) ventajosas: estas propiedades están relacionadas con la estructura de estos aceros constituida por una matriz ferrítica que comprende bainita y austenita residual. Bajo el efecto de una deformación, la austenita residual de una pieza de acero TRIP se transforma progresivamente en martensita, lo cual se traduce por una consolidación importante y retraso de la aparición de una estricción.

30 Para conseguir simultáneamente una relación límite de elasticidad/resistencia elevada, una resistencia aún más importante, es decir un nivel superior a los 800 MPa, se han desarrollado aceros multifase con estructura mayoritariamente bainítica; en la industria del automóvil o en la industria general, estos aceros se utilizan ventajosamente para la fabricación de piezas estructurales.

35 El comportamiento en la conformación de estas piezas requiere sin embargo simultáneamente un alargamiento suficiente. Esta exigencia puede igualmente ser requerida cuando las piezas son soldadas y luego conformadas: en este caso, las juntas soldadas deben presentar un comportamiento suficiente en la conformación y no conducir a rupturas prematuras a nivel de los montajes.

40 El documento JP 2003 321739 A describe una chapa de acero con altas características de resistencia y de ductilidad y el procedimiento de fabricación de esta chapa. La composición de chapa comprende, expresándose los contenidos en peso: 0,03-0,1% C, 0,5-1,7% Mn, 0-0,1% Al, 0-2% Si, 0,1-0,5% Mo, 0-0,01% S, 0-0,06% P, 0-0,006% N, 0,01-0,15% V, 0,007-0,2% Ti, 0,005-0,02% Nb, resto Fe e impurezas inevitables resultantes de la elaboración. La
45 microestructura está compuesta por 5-70% de bainita, siendo el resto esencialmente ferrita.

La presente invención tiene por objeto resolver los problemas mencionados anteriormente. La invención trata de poner a disposición una chapa de acero laminado en caliente que presenta una resistencia mecánica superior a 800 MPa conjuntamente con un porcentaje de alargamiento a la ruptura superior al 10%, tanto en sentido longitudinal como en sentido transversal con relación al laminado.

50 La invención se refiere igualmente a poner a disposición una chapa de acero poco sensible al dañado en el corte por un procedimiento mecánico.

La invención se refiere igualmente a poner a disposición una chapa de acero que presente un buen comportamiento
55 para la conformación de ensamblados soldados fabricados a partir de este acero, en particular de ensamblados obtenidos por soldadura LASER.

La invención se refiere igualmente a poner a disposición un procedimiento de fabricación de una chapa de acero en estado no revestido, electrozincado o galvanizado, o aluminado. Esto necesita por consiguiente que las
60 características mecánicas de este acero sean poco sensibles a los ciclos térmicos asociados a los procedimientos de revestimiento de zinc con temple en continuo.

La invención se refiere igualmente a la disposición de una chapa o pieza de acero laminado en caliente disponible
65 incluso con poco espesor, es decir por ejemplo entre 1 y 5 mm. La dureza en caliente del acero no debe por consiguiente ser demasiado elevada para facilitar el laminado.

Con este fin, la invención tiene por objeto una chapa o una pieza de acero laminada en caliente de resistencia superior a los 800 MPa, de alargamiento a la ruptura superior al 10%, cuya composición comprende, expresándose los contenidos en peso:

5 0,050% ≤ C ≤ 0,090%, 1% ≤ Mn ≤ 2%, 0,015% ≤ Al ≤ 0,050%, 0,1% ≤ Si ≤ 0,3%, 0,10% ≤ Mo ≤ 0,40%, S ≤ 0,010%,
 P ≤ 0,025%, 0,003% ≤ N ≤ 0,009%, 0,12% ≤ V ≤ 0,22%, Ti ≤ 0,005%, Nb ≤ 0,020% y a título opcional, Cr ≤ 0,45%,
 10 estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración, comprendiendo la microestructura de la chapa o de la pieza de acero, en fracción superficial, al menos un 80% de bainita superior, estando el complemento eventual constituido por bainita inferior, martensita y austenita residual, siendo la suma de contenidos en martensita y en austenita residual inferior al 5%.

La composición del acero comprende preferentemente, expresándose el contenido en peso: 0,050% ≤ C ≤ 0,070%

15 A título preferido, la composición comprende, expresándose el contenido en peso: 0,070% < C ≤ 0,090%.

Según un modo preferido, la composición comprende: 1,4% ≤ Mn ≤ 1,8%.

A título preferido, la composición comprende: 0,020% ≤ Al ≤ 0,040%.

20 La composición del acero comprende preferentemente: 0,12% ≤ V ≤ 0,16%.

Según un modo preferido, la composición del acero comprende 0,18% ≤ Mo ≤ 0,30%.

A título preferido, la composición comprende: Nb ≤ 0,005%

25 Preferentemente, la composición comprende: 0,20% ≤ Cr ≤ 0,45%.

Según un modo particular, la chapa o la pieza se reviste con un revestimiento a base de zinc o a base de aluminio.

30 La invención tiene igualmente por objeto una pieza de acero con una composición y una microestructura definida anteriormente, caracterizada porque se obtiene por calentamiento a una temperatura T comprendida entre los 400 y los 690°C luego una embutición templada en un ámbito de temperaturas comprendido entre los 350°C y (T-20°C), luego una refrigeración ulterior hasta la temperatura ambiente.

35 La invención tiene igualmente por objeto un ensamblado soldado por haz con elevada densidad de energía realizado a partir de una chapa o pieza de acero según uno de los modos indicados anteriormente.

La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación de una chapa o de una pieza de acero laminada en caliente de resistencia superior a los 800 MPa, de alargamiento a la ruptura superior al 10%, según el
 40 cual se proporciona un acero con la composición indicada anteriormente, se vierte un semi-producto que se lleva a una temperatura superior a los 1150°C. Se lamina en caliente el semi-producto hasta una temperatura T_{FL} en un ámbito de temperaturas donde la microestructura del acero sea completamente austenítica con el fin de obtener una chapa. Se refrigera seguidamente ésta a una velocidad de refrigeración V_R comprendida entre 75 y 200°C/s, luego se bobina la chapa a una temperatura T_{bob} comprendida entre 500 y 600°C. Según un modo preferido, la
 45 temperatura de final de laminado T_{FL} está comprendida entre los 870 y los 930°C.

A título preferencial, la velocidad de refrigeración V_R se encuentra comprendida entre 80 y 150°C/s.

50 Preferentemente, la chapa se decapa, luego opcionalmente se la somete a una laminación de endurecimiento (skin-passée) y, luego se reviste con zinc o una aleación de zinc.

Según un modo preferido, el revestimiento se realiza en continuo por baño en caliente.

La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación de una pieza embutida atemperada, según
 55 el cual se proporciona una chapa de acero según una de las características indicadas anteriormente, o fabricada por un procedimiento según una de las características indicadas anteriormente, luego se corta la indicada chapa para obtener una pieza. Se calienta parcial o totalmente la pieza a una temperatura T comprendida entre los 400 y los 690°C donde se realiza un mantenimiento por un tiempo inferior a 15 minutos con el fin de obtener una pieza calentada, luego se estampa la pieza calentada a una temperatura comprendida entre los 350 y T-20°C, para
 60 obtener una pieza que se refrigera hasta la temperatura ambiente con una velocidad V'_R. Según un modo particular, la velocidad V'_R está comprendida entre 25 y 100°C/s.

La invención tiene igualmente por objeto la utilización de una chapa de acero laminada en caliente según uno de los
 65 modos indicados anteriormente, o fabricada por un procedimiento según uno de los modos indicados anteriormente para la fabricación de piezas de estructura o de elementos de refuerzo, en el ámbito automóvil.

Otras características y ventajas de la invención aparecerán en el transcurso de la descripción dada a continuación, facilitada a título de ejemplo y realizada con referencia a las figuras aquí adjuntas según las cuales:

- 5 - La figura 1 ilustra la influencia del contenido en carbono sobre el alargamiento en sentido longitudinal de soldaduras de empalme realizadas por haz LASER.
- La figura 2 ilustra la microestructura de una chapa o pieza de acero según la invención.
- 10 - La figura 3 ilustra la microestructura de una pieza de acero embutida en temple según la invención.

En lo que respecta a la composición química del acero, el carbono juega un papel importante en la formación de la microestructura y sobre las propiedades mecánicas.

15 Según la invención, el contenido en carbono está comprendido entre 0,050 y 0,090% en peso: Por debajo de 0,050%, una resistencia suficiente no puede ser obtenida. Más allá del 0,090%, la microestructura formada está constituida mayoritariamente por bainita inferior, caracterizándose esta estructura por la presencia de carburos precipitados en el seno de los listones de ferrita bainítica: la resistencia mecánica así obtenida es elevada pero el alargamiento se reduce entonces notablemente.

20 Según un modo particular de la invención, el contenido en carbono se encuentra comprendido entre 0,050 y 0,070%. La figura 1 ilustra la influencia del contenido en carbono sobre el alargamiento en el sentido longitudinal de soldaduras de empalme por haz LASER: un alargamiento a la ruptura particularmente elevado, del orden del 17 al 23% está asociado con un contenido en carbono que va del 0,050 al 0,070%. Estos valores de alargamiento elevados permiten asegurar que chapas soldadas por LASER podrán ser embutidas de forma satisfactoria, incluso
25 teniendo en cuenta eventuales imperfecciones locales tales como singularidades geométricas de cordones de soldadura que producen concentraciones de tensiones, o microporosidades en el seno del metal fundido. Con relación a los aceros con un 0,12%C de la técnica anterior, se entendía que la reducción del carbono mejoraba la soldabilidad. Sin embargo, se ha evidenciado que una reducción importante del contenido en carbono permite no solamente obtener un alargamiento a la ruptura elevado, sino también mantener simultáneamente la resistencia
30 mecánica a un nivel superior a los 800MPa, lo cual no se esperaba para contenidos tan bajo como los de 0,050%C.

Según otro modo preferido, el contenido en carbono es superior al 0,070% e inferior o igual al 0,090%: incluso si esta gama no condujese a una ductilidad tan elevada, el alargamiento a la ruptura de las soldaduras LASER es superior al 15% y es comparable con el de la chapa de acero de base.

35 En la cantidad comprendida entre un 1 y un 2% en peso, el manganeso aumenta la templabilidad y permite evitar la formación de ferrita en la refrigeración después del laminado. El manganeso contribuye igualmente a desoxidar el acero en la elaboración en fase líquida. La adición de manganeso participa igualmente en un endurecimiento eficaz en solución sólida y en la obtención de una resistencia incrementada. Preferentemente, el manganeso está
40 comprendido entre un 1,4 y un 1,8%: se forma de este modo una estructura totalmente bainítica sin riesgo de aparición de estructura en bandas nefasta.

En una gama de contenidos comprendidos entre 0,015% y 0,050%, el aluminio es un elemento eficaz para la desoxidación del acero. Esta eficacia se obtiene de forma particularmente económica y estable cuando el contenido
45 en aluminio se encuentra comprendido entre 0,020 y 0,040%.

En cantidad superior o igual al 0,1%, el silicio contribuye a la desoxidación en fase líquida y al endurecimiento en solución sólida. Una adición de silicio más allá del 0,3% provoca sin embargo la formación de óxidos fuertemente adherentes y la aparición eventual de defectos superficiales, debidos particularmente a una falta de humectabilidad
50 en las operaciones de galvanización en baño caliente.

En cantidad superior o igual al 0,10%, el molibdeno retrasa la transformación bainítica en la refrigeración después del laminado, contribuye al endurecimiento por solución sólida y afina el tamaño de los listones bainíticos.

55 Según la invención, el contenido en molibdeno es inferior o igual al 0,40% para evitar la formación excesiva de estructuras de temple. Este contenido limitado en molibdeno permite igualmente reducir el coste de fabricación.

Según un modo preferido, el contenido en molibdeno es superior o igual al 0,18% e inferior o igual al 0,30%. De este modo, el nivel se ajusta idealmente para evitar la formación de ferrita o de perlita en la chapa de acero sobre la
60 mesa de refrigeración después del laminado en caliente.

En cantidad superior al 0,010%, el azufre tiende a precipitar en cantidad excesiva en forma de sulfuros de manganeso que reducen fuertemente el comportamiento en la conformación.

65 El fósforo es un elemento conocido por segregar en las juntas granos. Su contenido debe limitarse al 0,025% con el fin de mantener una ductilidad en caliente suficiente.

A título opcional, la composición puede comprender cromo en cantidad inferior o igual al 0,45%. Gracias a los demás elementos de la composición y al procedimiento según la invención, su presencia no es sin embargo absolutamente necesaria, lo cual presenta la ventaja de evitar adiciones costosas.

5 Una adición de cromo entre 0,20 y 0,45% puede ser realizada como complemento de los demás elementos aumentado la templabilidad: por debajo del 0,20%, el efecto sobre la templabilidad no es bastante acusado. Más allá del 0,45%, la revestibilidad puede disminuirse.

10 Según la invención, el acero contiene menos de un 0,005%Ti y menos de 0,020%Nb. En el caso contrario, estos elementos fijan una cantidad demasiado importante de nitrógeno en forma de nitruros o de carbonitruros. No queda entonces suficiente nitrógeno disponible para precipitar con el vanadio. Además, una precipitación excesiva de niobio aumentaría la dureza en caliente y no permitiría de forma cómoda la realización de chapas laminadas en caliente de poco espesor.

15 Según un modo particularmente económico, el contenido en niobio es inferior al 0,005%.

20 El vanadio es un elemento importante según la invención: el acero contiene un contenido en vanadio comprendido entre 0,12 y 0,22%. Con relación a un acero sin vanadio, el aumento de la resistencia gracias a una precipitación endurecedora de carbonitruros puede llegar hasta los 300 MPa. Por debajo del 0,12%, no se nota efecto significativo en las características mecánicas de tracción. Más allá del 0,22% de vanadio, en las condiciones de fabricación según la invención, se aprecia una saturación del efecto sobre las características mecánicas. Un contenido inferior al 0,22% permite por consiguiente obtener características mecánicas elevadas de forma muy económica con relación a aceros que comprenderían contenidos más elevados en vanadio.

25 Para un contenido en vanadio comprendido entre un 0,13 y un 0,15%, se obtiene un afinamiento de la microestructura y un endurecimiento estructural muy particularmente eficaces.

30 Según la invención, el contenido en nitrógeno es superior o igual al 0,003% para obtener una precipitación de carbonitruros de vanadio en cantidad suficiente. Sin embargo, el contenido en nitrógeno es inferior o igual al 0,009% para evitar la presencia de nitrógeno en solución sólida o la formación de carbonitruros de tamaño más importante, que reducirían la ductilidad.

35 El resto de la composición está constituido por impurezas inevitables resultantes de la elaboración, tales como por ejemplo Sb, Sn, As.

La microestructura de la chapa o pieza de acero según la invención está constituida:

- por al menos un 80% de bainita superior, estando esta estructura constituida por listones de ferrita bainítica y carburos situados entre estos listones, produciéndose la precipitación en la transformación bainítica. Esta matriz presenta propiedades de resistencia elevadas combinadas con una ductilidad importante. Muy preferentemente, la microestructura está constituida por al menos un 90% de bainita superior: la microestructura es entonces muy homogénea y permite evitar una localización de las deformaciones.
- como complemento eventual, la estructura contiene:
- bainita inferior, cuya precipitación de carburos se produce en el seno de los listones ferríticos; con relación a la bainita superior, la bainita inferior presenta una resistencia un poco más importante pero una ductilidad menos grande.
- Eventualmente martensita. Esta se asocia frecuentemente con austenita residual en forma de compuestos «M-A» (martensita-austenita residual). El contenido total en martensita y en austenita residual debe limitarse al 5% para no disminuir la ductilidad.

50 Los porcentajes microestructurales indicados anteriormente corresponden a las fracciones superficiales que se pueden medir en cortes pulidos y atacados.

55 La microestructura no comprende por consiguiente ferrita primaria o proeutectoide: la misma presenta entonces una gran homogeneidad ya que la diferencia de propiedades mecánicas entre la matriz (bainita superior) y los demás constituyentes eventuales (bainita inferior y martensita) es bajo. En una sollicitación mecánica, las deformaciones se reparten de manera homogénea. Una acumulación de dislocaciones no se produce a nivel de las superficies intermedias entre los constituyentes y se evita un daño prematuro, contrariamente a lo que puede apreciarse en estructuras que comprenden una cantidad significativa de ferrita primaria, fase cuyo límite de fluidez es muy bajo, o de martensita con nivel de resistencia muy elevado. De este modo, la chapa de acero según la invención presenta un comportamiento particular a ciertos modos de deformación exigentes tales como la expansión de orificios, la sollicitación mecánica de bordes cortados, el plegado.

60 La realización del procedimiento de fabricación de una chapa o pieza de acero laminada en caliente según la invención es la siguiente:

- Se proporciona un acero de composición según la invención, luego se procede a la colada de un semi-producto a partir de este acero. Esta colada puede realizarse en lingotes, o en continuo en forma de

paquetes con un espesor del orden de los 200mm. Se puede igualmente realizar la colada en forma de paquetes finos de algunas decenas de milímetros de espesor, o de bandas finas, entre cilindros de acero contra-rotativos.

5 Los semi-productos colados son primeramente llevados a una temperatura superior a los 1150°C para alcanzar en cualquier punto una temperatura favorable a las deformaciones elevadas que experimentará el acero durante el laminado.

10 Naturalmente, en el caso de una colada directa de paquetes finos o de bandas finas entre cilindros contra-rotativos, la etapa de laminado en caliente de estos semi-productos que empieza a más de 1150°C puede realizarse directamente después de la colada si bien una etapa de recalentamiento intermedia no es necesaria en este caso.

15 Se lamina en caliente el semi-producto en un ámbito de temperaturas donde la estructura del acero es totalmente austenítica hasta una temperatura de final de laminado T_{FL} . La temperatura T_{FL} está comprendida preferentemente entre los 870 y los 930°C para obtener un tamaño de grano adaptado a la transformación bainítica que sigue.

20 Se realiza seguidamente una refrigeración a una velocidad V_R comprendida entre los 75 y 200°C/s: una velocidad mínima de 75°C/s permite evitar la formación de ferrita proeutectoide y de perlita, mientras que una velocidad V_R inferior o igual a 200°C/s permite evitar la formación excesiva de martensita.

25 De forma óptima, la velocidad V_R está comprendida entre los 80 y los 150°C/s: Una velocidad mínima de 80°C/s conduce a la formación de bainita superior con un tamaño de listones muy reducido, asociada con excelentes propiedades mecánicas. Una velocidad inferior a los 150°C/s permite evitar muy mayoritariamente la formación de martensita.

La gama de velocidad de refrigeración según la invención puede obtenerse por medio de una pulverización de agua o por una mezcla de aire-agua, en función del espesor de la chapa, a la salida del laminador de acabado.

30 - Después de esta fase de refrigeración rápida, la chapa laminada en caliente se bobina a una temperatura T_{bob} comprendida entre los 500 y los 600°C. La transformación bainítica se produce durante esta fase de bobinado; de este modo se evita la formación de ferrita proeutectoide o de perlita motivada por una temperatura de bobinado demasiado elevada y se evita igualmente la formación de constituyentes de temple que sería causada por una temperatura de bobinado demasiado baja. Además, la precipitación de carbonitruros que interviene en esta gama de temperaturas de bobinado permite obtener un endurecimiento suplementario.

35 La chapa puede ser utilizada en estado tal cual o revestida. En este último caso, el revestimiento puede ser por ejemplo un revestimiento a base de zinc o de aluminio. Según la utilización considerada, se decapa la chapa después del laminado según un procedimiento conocido en sí, con el fin de obtener un estado superficial adecuado para favorecer la realización del revestimiento ulterior.

40 Con el fin de hacer desaparecer el soporte observado en un ensayo mecánico de tracción, la chapa puede ser eventualmente sometida a una ligera deformación en frío, usualmente inferior al 1% («skin-pass»). La chapa se reviste seguidamente con zinc o una aleación a base de zinc, por ejemplo por electrozincado o por galvanización en continuo por baño en caliente. En este último caso, se ha evidenciado que la microestructura particular del acero, compuesta mayoritariamente por bainita superior, es poco sensible a las condiciones térmicas del tratamiento ulterior de galvanización, tanto que las características mecánicas de las chapas revestidas en continuo en remojo presentan una gran estabilidad incluso en caso de fluctuación intempestiva de estas condiciones. La chapa en el estado galvanizado presenta por consiguiente características mecánicas muy similares a las del estado desnudo.

45 Se cortan seguidamente las chapas mediante procedimientos conocidos en si mismos con el fin de obtener piezas aptas para la conformación.

50 Los inventores han evidenciado igualmente que era posible sacar partido de la microestructura según la invención para realizar piezas embutidas de forma particularmente ventajosa según el procedimiento siguiente:

55 - Se calientan primeramente las piezas definidas anteriormente a una temperatura T comprendida entre los 400 y los 690°C. El tiempo de mantenimiento a esta temperatura puede llegar hasta los 15 minutos sin que exista riesgo de que la resistencia R_m de la pieza final disminuya por debajo de los 800MPa. La temperatura de calentamiento debe ser superior a los 400°C para disminuir lo suficientemente el límite de fluidez del acero y permitir la embutición que seguirá con fuerzas poco importantes, y hacer de forma que el retorno elástico de la pieza embutida sea igualmente mínimo lo cual permite la fabricación de piezas con una buena precisión geométrica. Esta temperatura se limita a 690°C por una parte para evitar una transformación parcial al calentamiento en austenita, que conduciría a la formación de constituyentes de temple en el enfriamiento, por otra parte para evitar un aduzamiento de la matriz que conduciría a una resistencia inferior a los 800MPa en la pieza embutida.

- Se realiza seguidamente una embutición de estas piezas calentadas a una gama de temperaturas que van de los 350°C a (T-20°C) para formar una pieza que se refrigera hasta la temperatura ambiente. Se realiza de este modo una embutición «atemperada» con los efectos siguientes:
- Se disminuye la tensión de fluidez del acero. Esto permite utilizar prensas de embutición menos potentes y/o fabricar piezas más difíciles de realizar que por embutición en frío.
- La gama de temperaturas de la embutición atemperada tiene en cuenta la ligera disminución de temperatura cuando la pieza se saca del horno y se transfiere a la prensa de embutición: para una temperatura de calentamiento de T°C, la embutición puede comenzar a una temperatura de (T-20°C). La temperatura de embutición debe sin embargo ser superior a los 350°C con el fin de limitar el retorno elástico y el nivel de tensiones residuales en la pieza final. Con relación a una embutición en frío, esta disminución del retorno elástico permite la fabricación de piezas con una mejor tolerancia geométrica final.
- De forma sorprendente, se ha descubierto que la microestructura particular de los aceros según la invención presenta una gran estabilidad de propiedades mecánicas (resistencia, alargamiento) en la embutición atemperada: en efecto, una variación de la temperatura de embutición o de la velocidad de refrigeración después de la embutición, no conducen a una modificación importante de la microestructura y de los precipitados tales como los carbonitruros.
- Dentro del límite de condiciones de la invención, una modificación inesperada o una fluctuación de los parámetros de calentamiento (temperatura o tiempo de mantenimiento) o de refrigeración (contacto más o menos perfecto de la pieza con el utillaje) no conducen entonces a un desecho de las piezas así producidas.
- En el calentamiento y la embutición atemperada, una modificación de los compuestos M-A eventualmente presentes en pequeña cantidad inicial no se traduce por una degradación de las propiedades mecánicas. No se nota por ejemplo influencia negativa relacionada con una desestabilización de la austenita residual.
- La microestructura después de la embutición atemperada es muy parecida a la microestructura antes de la embutición. De este modo, si se calienta y se realiza la embutición atemperada no de la totalidad de una pieza, sino solamente de una parte (calentándose la parte a embutir localmente por un medio apropiado, por ejemplo por inducción) la microestructura y las propiedades de la pieza final serán bastante homogéneas en sus diferentes partes.

Ejemplo 1

Se han elaborado aceros cuya composición figura en la tabla dada a continuación, expresada en porcentaje ponderal. Además el acero I-1 que ha servido para la fabricación de chapas según la invención, se ha indicado a título de comparación la composición de aceros R-1 y R-2 que han servido para la fabricación de chapas de referencia.

Acero	C (%)	Mn (%)	Si (%)	Al (%)	S (%)	P (%)	Mo (%)	Cr (%)	N (%)	V (%)	Nb (%)
I-1	0,070	1,604	0,218	0,028	0,002	0,014	0,313	0,400	0,006	0,150	-
I2	0,072	1,592	0,204	0,031	0,003	0,024	0,200	0,414	0,006	0,211	0,017
R1	<u>0,125</u>	1,670	0,205	0,030	0,002	0,025	0,307	0,414	0,004	<u>0,105</u>	-
R2	<u>0,102</u>	1,680	0,204	0,023	0,002	<u>0,028</u>	0,315	0,408	0,007	0,205	-

Tabla 1 Composiciones de aceros (% en peso). I= Según la invención. R= referencia

Valores subrayados: No conformes a la invención.

Los semi-productos correspondientes a las composiciones indicadas anteriormente fueron recalentados a 1220°C y laminados en caliente hasta un espesor de 2,3 mm en un ámbito donde la estructura es completamente austenítica. Las condiciones de fabricación de estos aceros (temperatura de final de laminado T_{FL}, velocidad de refrigeración V_R, temperatura de bobinado T_{bob}) se indican en la tabla 2.

Acero	T _{FL} (°C)	V _R (°C/s)	T _{bob} (°C)
I1	910	80	520
I2	875	80	600
R1	880	80	520
R2	885	100	<u>450</u>

Tabla 2 Condiciones de fabricación
Valores subrayados: no conformes a la invención

Las propiedades mecánicas de tracción obtenidas (límite de elasticidad Re, resistencia Rm, alargamiento a la ruptura A) han sido llevadas a la tabla 3 dada a continuación.

Acero	Re(MPa)	Rm (MPa)	Alargamiento a la ruptura A (%)
I1	820	880	11
I2	767	831	16
R1	740	835	<u>8</u>
R2	870	927	<u>7,5</u>

Tabla 3: Características mecánicas (sentido longitudinal con relación al laminado)

Valores subrayados: no conformes a la invención .

Los valores elevados de las características mecánicas se obtienen tanto en sentido longitudinal como en sentido transversal con relación al laminado para los aceros según la invención.

La microestructura del acero I1 ilustrada en la figura 2 comprende más de un 80% de bainita superior, estando el resto constituido por bainita inferior y compuestos M-A. El contenido total en martensita y en austenita residual es inferior al 5%. El tamaño de los antiguos granos austeníticos y de los paquetes de listones bainíticos es de aproximadamente 10 micrómetros. La limitación del tamaño de los paquetes de listones y la fuerte desorientación entre los paquetes adyacentes tiene por consecuencia una gran resistencia a la propagación de eventuales microfisuras. Gracias a la pequeña diferencia de dureza entre los diferentes constituyentes de la microestructura, el acero es poco sensible al dañado en el corte por un procedimiento mecánico.

La chapa de acero R1, que presenta un contenido en carbono demasiado elevado y un contenido en vanadio demasiado bajo, presenta un alargamiento a la ruptura insuficiente. El acero R2 presenta un contenido en carbono y en fósforo demasiado elevado, su temperatura de bobinado es igualmente demasiado baja. Consecuentemente, su alargamiento a la ruptura es igualmente claramente inferior al 10%.

Juntas soldadas autógenas LASER fueron realizadas en las condiciones siguientes: potencia: 4,5kW, velocidad de soldadura: 2,5 m/mn. El alargamiento en sentido longitudinal de las soldaduras LASER del acero I-1 es del 17%, mientras que es del 10 y del 13% respectivamente para los aceros R-1 y R-2. Estos valores conducen, particularmente para el acero R1, a dificultades en la embutición de juntas soldadas.

Chapas de acero I1 según la invención fueron igualmente galvanizadas en las condiciones siguientes: después del calentamiento a 680°C, las chapas se refrigeraron a 455°C luego se revistieron en remojo en continuo en un baño de Zn a esta temperatura y finalmente refrigeradas a temperatura ambiente. Las características mecánicas de las chapas galvanizadas fueron las siguientes: Re=824MPa, Rm=879MPa, A=12%. Estas propiedades son prácticamente idénticas a las de la chapa no revestida, lo cual indica que la microestructura de los aceros según la invención es muy estable respecto a los ciclos térmicos de galvanización.

Ejemplo 2

5 Una chapa de acero I-1, fabricada por medio de los parámetros definidos en la tabla 2 para este acero, se cortó con el fin de obtener piezas. Después del calentamiento a temperaturas T de 400 o de 690°C, mantenimiento a estas temperaturas durante 7 o 10 minutos y embutición atemperada a las temperaturas respectivas de 350°C o 640°C, las piezas obtenidas se refrigeraron a una velocidad V_R de 25°C/s o de 100°C/s hasta la temperatura ambiente. La velocidad V_R designa la velocidad media de refrigeración entre la temperatura T y la temperatura ambiente. La resistencia mecánica R_m de las piezas así obtenidas se indica en la tabla 4:

	Refrigeración 25°C/s	Refrigeración 100°C/s
Calentamiento: 400°C – 7 minutos	880 MPa	875MPa
Calentamiento: 400°C – 10 minutos	875 MPa	885MPa
Calentamiento: 690°C-10 minutos	810 MPa	810 MPa

10 Tabla 4: Resistencia R_m obtenida después de la embutición atemperada en diversas condiciones

15 Las piezas embutidas según las condiciones de la invención presentan por consiguiente una baja sensibilidad a una variación de las condiciones de fabricación: después del calentamiento a 400°C, la resistencia final varía poco (10 MPa) cuando el tiempo de calentamiento y/o la velocidad de refrigeración se modifican.

Incluso para un calentamiento a 690°C, la resistencia de la pieza obtenida es superior a 800MPa.

20 Con relación a la microestructura inicial, se aprecia una baja precipitación suplementaria de carburos. La estructura permanece prácticamente idéntica a la de la chapa no embutida atemperada, como lo ilustra la figura 3 relativa a una pieza recalentada a 400°C durante 7 minutos y luego embutida a 380°C.

25 Así, la invención permite la fabricación de chapas o de piezas de aceros con matriz bainítica sin adición excesiva de elementos costosos. Estas alían una elevada resistencia y una ductilidad elevada. Las chapas de aceros según la invención se utilizan ventajosamente para la fabricación de piezas de estructura o de elementos de refuerzo en el ámbito del automóvil y de la industria general.

REIVINDICACIONES

1. Chapa o pieza de acero laminada en caliente de resistencia superior a los 800 MPa, de alargamiento a la ruptura superior al 10%, cuya composición comprende, expresándose los contenidos en peso:

- 5
 10
 15
- $$0,050\% \leq C \leq 0,090\%,$$
- $$1\% \leq Mn \leq 2\%,$$
- $$0,015\% \leq Al \leq 0,050\%,$$
- $$0,1\% \leq Si \leq 0,3\%,$$
- $$0,10\% \leq Mo \leq 0,40\%,$$
- $$S \leq 0,010\%,$$
- $$P \leq 0,025\%,$$
- $$0,003\% \leq N \leq 0,009\%,$$
- $$0,12\% \leq V \leq 0,22\%,$$
- $$Ti \leq 0,005\%,$$
- $$Nb \leq 0,020\%$$
- y a título opcional,

$$Cr \leq 0,45\%,$$

20 estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración, comprendiendo la microestructura de la mencionada chapa o de la indicada pieza, en fracción superficial, al menos un 80% de bainita superior, estando el complemento eventual constituido por bainita inferior, martensita y austenita residual, siendo la suma de los contenidos en martensita y en austenita residual inferior al 5%.

25 2. Chapa de acero o pieza según la reivindicación 1, caracterizada porque la composición de dicho acero comprende, expresándose el contenido en peso:

$$0,050\% \leq C \leq 0,070\%.$$

30 3. Chapa de acero o pieza según la reivindicación 1, caracterizada porque la composición de dicho acero comprende, expresándose el contenido en peso:

$$0,070\% < C \leq 0,090\%.$$

35 4. Chapa de acero o pieza según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque la composición de dicho acero comprende, expresándose el contenido en peso:

$$1,4\% \leq Mn \leq 1,8\%.$$

40 5. Chapa de acero o pieza según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque la composición de dicho acero comprende, expresándose el contenido en peso:

$$0,020\% \leq Al \leq 0,040\%.$$

45 6. Chapa de acero o pieza según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada porque la composición de dicho acero comprende, expresándose el contenido en peso:

$$0,12\% \leq V \leq 0,16\%.$$

50 7. Chapa de acero o pieza según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada porque la composición de dicho acero comprende, expresándose el contenido en peso:

$$0,18\% \leq Mo \leq 0,30\%.$$

55 8. Chapa de acero o pieza según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada porque la composición de dicho acero comprende, expresándose el contenido en peso:

$$Nb \leq 0,005\%.$$

60 9. Chapa de acero o pieza según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque la composición de dicho acero comprende, expresándose el contenido en peso:

$$0,20\% \leq Cr \leq 0,45\%.$$

65 10. Chapa o pieza de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada porque la indicada chapa o la mencionada pieza está revestida con un revestimiento a base de zinc o a base de aluminio.

11. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en caliente de resistencia superior a 800 MPa, de alargamiento a la ruptura superior al 10%, según el cual:
- se proporciona un acero de composición según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9,
 - se procede a la colada de un semi-producto a partir de este acero,
 - 5 - se lleva el indicado semi-producto a una temperatura superior a 1150°C
 - se lamina en caliente el indicado semi-producto hasta una temperatura T_{FL} , a una gama de temperaturas donde la microestructura del acero es completamente austenítica con el fin de obtener una chapa, y luego
 - se refrigera la indicada chapa de tal forma que la velocidad de refrigeración V_R se encuentra comprendida entre 75 y 200°C/s, y luego
 - 10 - se bobina la indicada chapa a una temperatura T_{bob} comprendida entre 500 y 600°C.
12. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 11, caracterizado porque la temperatura de final de laminado T_{FL} está comprendida entre los 870 y los 930°C.
- 15 13. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en caliente según la reivindicación 11 ó 12, caracterizado porque la velocidad de refrigeración V_R está comprendida entre 80 y 150°C/s.
14. Procedimiento de fabricación según el cual una chapa fabricada según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13 se decapa, luego opcionalmente se realiza una laminación de endurecimiento (skin-passée), luego se reviste con zinc o aleación de zinc, o bien con aluminio o aleación de aluminio.
- 20 15. Procedimiento de fabricación de una chapa de acero según la reivindicación 14, caracterizado porque el indicado revestimiento se realiza en continuo en baño en caliente.
- 25 16. Procedimiento de fabricación de una pieza embutida atemperada, caracterizado porque:
- se proporciona una chapa de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, o fabricada por un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, luego,
 - se corta la indicada chapa para obtener una pieza, luego
 - 30 - se calienta parcial o totalmente la indicada pieza a una temperatura T comprendida entre los 400 y los 690°C, donde se realiza un mantenimiento por un tiempo inferior a 15 minutos, con el fin de obtener una pieza calentada, luego
 - se embuticiona la indicada pieza calentada a una temperatura comprendida entre los 350 y $T-20$ °C, para obtener una pieza, luego
 - 35 - se refrigera la indicada pieza hasta la temperatura ambiente con una velocidad V'_R .
17. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 16, caracterizado porque la velocidad V'_R está comprendida entre 25 y 100°C/s.
- 40 18. Utilización de una chapa de acero laminada en caliente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, o fabricada por un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, para la fabricación de piezas de estructura o de elementos de refuerzo, en el ámbito del automóvil.

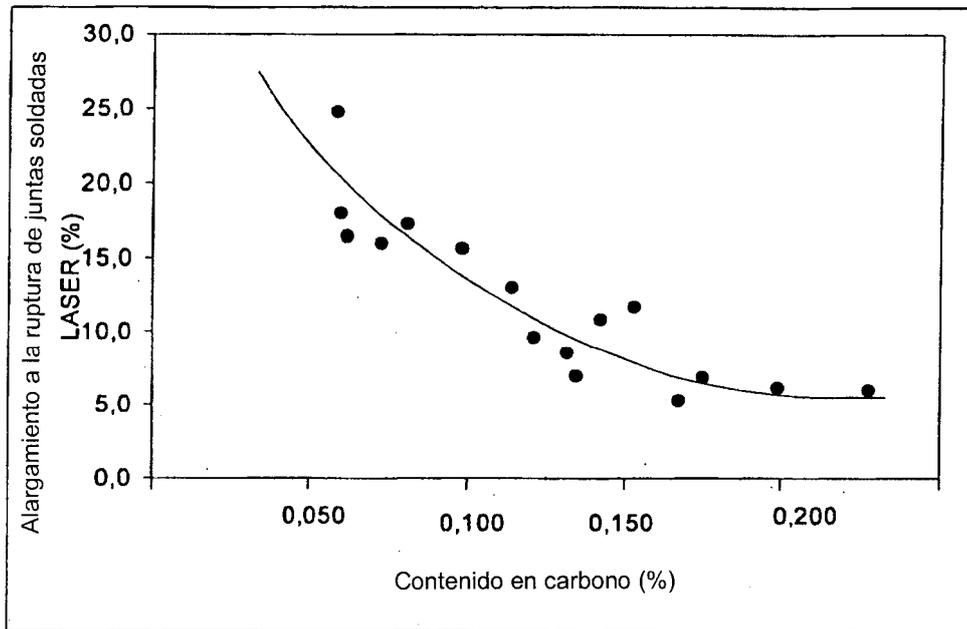


Fig.1

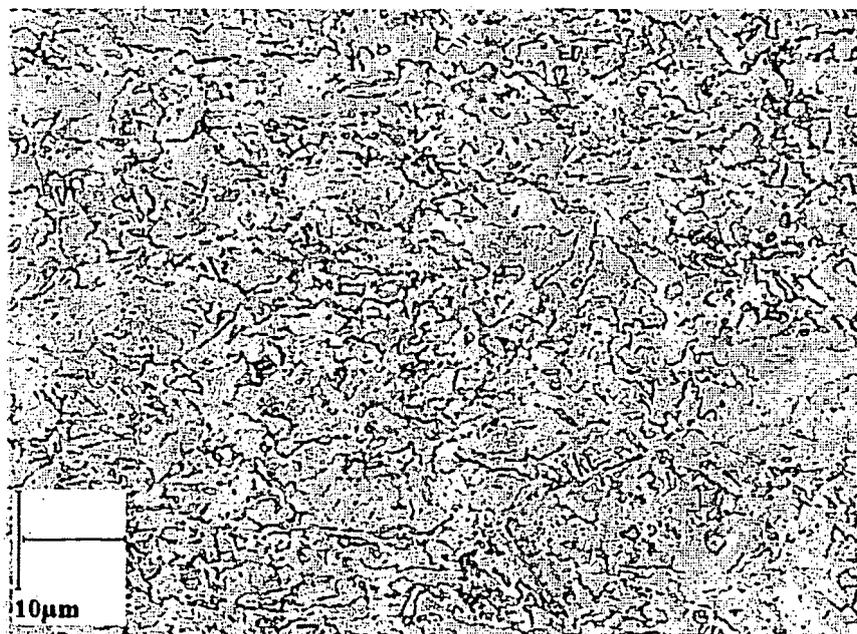


Fig.2

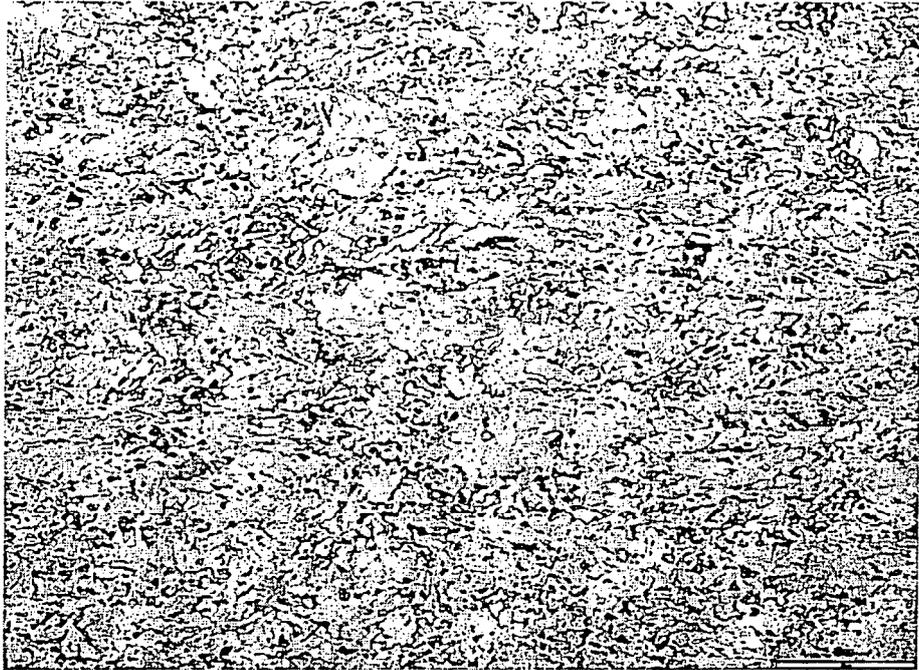


Fig.3

20 μm