

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 229**

51 Int. Cl.:

| | | | |
|-------------------|-----------|-------------------|-----------|
| C21D 1/18 | (2006.01) | C22C 38/14 | (2006.01) |
| C21D 6/00 | (2006.01) | C23C 2/06 | (2006.01) |
| C21D 7/13 | (2006.01) | C23C 2/12 | (2006.01) |
| C21D 8/02 | (2006.01) | C23F 17/00 | (2006.01) |
| C21D 8/04 | (2006.01) | | |
| C21D 9/48 | (2006.01) | | |
| C22C 38/02 | (2006.01) | | |
| C22C 38/04 | (2006.01) | | |
| C22C 38/06 | (2006.01) | | |
| C22C 38/12 | (2006.01) | | |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08775621 .9**
- 96 Fecha de presentación: **03.03.2008**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2137327**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.12.2009**

54 Título: **Acero para la formación en caliente o al temple bajo herramienta, con ductilidad mejorada**

30 Prioridad:
14.03.2007 WO PCT/FR2007/000441

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
18.09.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
18.09.2012

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

72 Inventor/es:
**LAURENT, Jean-Pierre y
MALOT, Thierry**

74 Agente/Representante:
Lehmann Novo, Isabel

ES 2 387 229 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

Acero para la formación en caliente o al temple bajo herramienta, con ductilidad mejorada.

La invención se refiere a la fabricación de piezas de acero laminado en caliente o en frío que presentan, después de la formación en caliente o al temple bajo herramienta, propiedades de resistencia, de alargamiento y de resistencia a la corrosión, particularmente favorables y homogéneas.

Para algunas aplicaciones, se busca realizar piezas de acero que combinen una resistencia mecánica elevada, una gran resistencia a los golpes y un buen comportamiento a la corrosión. Este tipo de combinación es particularmente deseable en la industria del automóvil donde se busca un aligeramiento significativo de los vehículos. Esto puede obtenerse particularmente gracias a la utilización de piezas de acero con elevadas características mecánicas cuya microestructura es martensítica o bainito-martensítica: piezas anti-intrusión, de estructura o que participan en la seguridad de los vehículos automóviles tales como travesaños de paragolpes, refuerzos de puerta o de soporte central, que necesitan por ejemplo las calidades indicadas anteriormente.

La patente FR2780984 describe así una chapa de acero revestida de aluminio que presenta una resistencia muy elevada después del tratamiento térmico, comprendiendo este tratamiento un calentamiento entre Ac_3 y $1200^{\circ}C$ luego una conformación en caliente dentro de una herramienta. Los elementos de la composición del acero son los siguientes: C: 0,15-0,5%, Mn: 0,5%-3%, Si: 0,1%-0,5%, Cr: 0,01-1%, Ti < 0,2%, Al, P < 0,1%, S < 0,05%, B: 0,0005%-0,08%. El compuesto aleado formado por interdifusión del pre-revestimiento y del acero en curso de tratamiento térmico asegura una protección contra la decarburación y la corrosión.

En un ejemplo de realización, la utilización de un acero que comprende 0,231%C, 1,145%Mn, 0,239%Si, 0,043%Al, 0,020%P, 0,0038%S, 0,179%Cr, 0,009%Cu, 0,020%Ni, 0,032%Ti, 0,0042%N, 0,0051%Ca, 0,0028%B, permite obtener después de la conformación en caliente, una resistencia superior a 1500MPa, asociada con una estructura totalmente martensítica.

En contrapartida a este nivel de resistencia muy elevado, el alargamiento a la ruptura es relativamente bajo después del tratamiento térmico, del orden del 5%. Algunas aplicaciones estructurales no necesitan sin embargo un nivel de resistencia tan elevado sino que requieren por el contrario una capacidad de alargamiento a la ruptura superior al 15%. Estas aplicaciones requieren igualmente una buena protección de las piezas contra la corrosión.

Chapas de acero para la industria del automóvil se han propuesto en los documentos EP1.146.132 y EP 1.195.447. Los documentos EP 1.767.659, EP 1.143.029, FR 2.833.504 y EP 1.013.785 describen la formación en caliente al temple bajo herramienta de piezas o piezas en bruto.

Estas aplicaciones estructurales se refieren a piezas de refuerzo con un espesor comprendido entre 0,5 y 4 mm aproximadamente. Se busca disponer de un acero cuya resistencia y alargamiento a la ruptura, después del tratamiento térmico de las piezas, sean respectivamente superiores a 500 MPa y al 15%. La combinación de estas características mecánicas asegura, en caso de golpe, una energía de absorción elevada. Estas exigencias de resistencia y de alargamiento deben ser satisfactorias incluso si las velocidades de enfriamiento dentro de una herramienta puedan ser diferentes entre piezas de espesor 0,5 mm y las de espesor de 4 mm aproximadamente. Esto permitiría por ejemplo no cambiar los reglajes de una línea industrial que comprende un calentamiento y un enfriamiento cuando se tratan sucesivamente en la línea piezas de espesor diferente, dentro de la gama de espesores indicada anteriormente.

Por otro lado, se sabe que la embutición en caliente de una pieza o el temple entre herramientas pueden conducir a deformaciones locales más o menos importantes en algunas zonas. El contacto entre la pieza y la herramienta puede ser más o menos perfecto, si bien la velocidad de enfriamiento puede no ser idéntica en cualquier punto. Estas variaciones locales en términos de porcentaje de deformación o de velocidad de enfriamiento pueden tener por consecuencia una estructura y propiedades heterogéneas en la pieza después del tratamiento térmico.

La presente invención tiene por objeto resolver los problemas mencionados anteriormente. La misma se refiere en particular en poner a disposición piezas de acero laminadas en caliente o en frío que presentan simultáneamente después de la conformación en caliente o al temple bajo herramienta una resistencia superior a 500 MPa, un alargamiento a la ruptura superior al 15%, para una gama de espesor que va del 0,5 a 4 mm aproximadamente. La invención se refiere igualmente a poner a disposición piezas con una excelente homogeneidad de estructura y de características mecánicas, es decir cuya resistencia y alargamiento no varían en las diferentes partes de las piezas, incluso si el porcentaje de deformación local o la velocidad de enfriamiento local no fuesen uniformes en ellas durante la fabricación.

La invención se refiere igualmente a poner a disposición piezas de acero fácilmente soldables por los procedimientos de ensamblado usuales (soldadura por resistencia, arco, LASER) pudiendo la soldadura de las piezas ser realizada bien sea antes, o después de la conformación en caliente o al temple bajo herramienta.

Con este fin, la invención tiene por objeto una pieza de acero cuya composición comprende, expresándose los contenidos en peso: $0,040\% \leq C \leq 0,100\%$, $0,80\% \leq Mn \leq 2,00\%$, $Si \leq 0,30\%$, $S \leq 0,005\%$, $P \leq 0,030\%$, $0,010\% \leq Al$

5 $\leq 0,070\%$, $0,015\% \leq Nb \leq 0,100\%$, $0,030\% \leq Ti \leq 0,080\%$, $N \leq 0,009\%$, $Cu \leq 0,100\%$, $Ni \leq 0,100\%$, $Cr \leq 0,100\%$, $Mo \leq 0,100\%$, $Ca \leq 0,006\%$, estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración, estando la microestructura del acero constituida por al menos un 75% de ferrita equiaxial, martensita en cantidad superior o igual al 5% e inferior o igual al 20%, y bainita en cantidad inferior o igual al 10%.

10 La invención tiene igualmente por objeto una pieza de acero según las características indicadas anteriormente, caracterizada porque la composición del acero comprende, expresándose los contenidos en peso: $0,050\% \leq C \leq 0,080\%$, $1,20\% \leq Mn \leq 1,70\%$, $Si \leq 0,070\%$, $S \leq 0,004\%$, $P \leq 0,020\%$, $0,020\% \leq Al \leq 0,040\%$, $0,030\% \leq Nb \leq 0,070\%$, $0,060\% \leq Ti \leq 0,080\%$, $N \leq 0,009\%$, $Cu \leq 0,100\%$, $Ni \leq 0,100\%$, $Cr \leq 0,100\%$, $Mo \leq 0,100\%$, $Ca \leq 0,005\%$, estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración.

Según un modo particular, el tamaño medio de grano ferrítico del acero de la pieza es inferior a 6 micrómetros.

Según un modo particular, la pieza de acero está revestida por una capa aleada sobre la totalidad del espesor de esta capa. Esta capa aleada resulta de al menos un tratamiento térmico de aleación entre el acero y un pre-revestimiento, siendo este último una aleación a base de zinc o de aluminio.

15 Según un modo preferido, la resistencia de la pieza de acero es superior o igual a 500 MPa y su alargamiento a la ruptura es superior al 15%.

La invención tiene igualmente por objeto un elemento soldado del cual una al menos de las partes es una pieza según una cualquiera de las características indicadas anteriormente.

20 La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación de una pieza de acero revestido, que comprende las etapas según las cuales se aprovisiona una chapa de acero laminada en caliente o laminada en frío con la composición indicada anteriormente, luego se realiza un pre-revestimiento de la chapa, siendo el pre-revestimiento una aleación a base de zinc o de aluminio. Se corta la chapa para obtener una pieza y luego se suelda eventualmente esta pieza. Se deforma eventualmente en frío la pieza y luego se la calienta a una temperatura T_R en un horno con el fin de formar, por aleación entre el acero y el pre-revestimiento, una capa aleada en la superficie de la pieza, siendo la aleación realizada por la totalidad de la capa, y con el fin de conferir una estructura totalmente austenítica en el acero. Se extrae la pieza del horno y luego se la deforma eventualmente en caliente para obtener una pieza que se enfría en condiciones adecuadas para conferir las características mecánicas consideradas para ésta.

25 La invención tiene igualmente por objeto un procedimiento de fabricación de una pieza, que comprende las etapas según las cuales se aprovisiona una chapa de acero laminada en caliente o laminada en frío, con la composición según la reivindicación mencionada anteriormente, luego se corta la chapa para obtener una pieza. Se suelda eventualmente la pieza y luego se deforma eventualmente en frío esta pieza. Se calienta ésta a una temperatura T_R en un horno con el fin de conferir una estructura totalmente austenítica al acero y luego se extrae la pieza del horno. Se realiza eventualmente una deformación en caliente para obtener una pieza y luego se enfría esta pieza en condiciones adecuadas para conferir las características mecánicas consideradas para ésta, y luego se realiza eventualmente un revestimiento de la pieza.

30 Según un modo particular, la temperatura T_R se encuentra comprendida entre los 880 y los 950°C y el tiempo de mantenimiento t_R a esta temperatura está comprendido entre 3 y 10 minutos.

35 Según un modo particular, la velocidad media de enfriamiento V_R entre la temperatura T_R y los 400°C, está comprendida entre 30 y 80°C/s.

La velocidad media de enfriamiento V_R entre la temperatura T_R y los 400°C, se encuentra preferentemente comprendida entre los 35 y los 60°C/s.

45 La invención tiene igualmente por objeto la utilización de una pieza o de un objeto anteriormente indicado, o fabricado según uno de los procedimientos descritos anteriormente, para la fabricación de piezas de estructuras o de seguridad para vehículo terrestre motorizado, para el ámbito de la maquinaria agrícola o de la construcción naval.

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

La figura 1 presenta la microestructura de un acero según la invención después del tratamiento térmico.

La figura 2 presenta la microestructura de un acero no conforme a la invención, después del tratamiento térmico.

50 En lo que se refiere a la composición química del acero, el carbono juega un papel importante sobre la templeabilidad y sobre la resistencia mecánica obtenida después del enfriamiento que sigue al tratamiento de austenitización. Por debajo de un contenido del 0,040% en peso, no es posible obtener una resistencia superior a 500 MPa en todas las condiciones de enfriamiento. Más allá de un contenido del 0,100% existe el riesgo de formar una proporción

demasiado importante de martensita en las condiciones de enfriamiento más rápidas, por ejemplo cuando las piezas se mantienen dentro de una herramienta enfriada. El alargamiento a la ruptura puede ser entonces inferior al 15%. Un contenido en carbono comprendido entre 0,050 y 0,080% permite obtener una gran estabilidad de las características de resistencia y de alargamiento en función de las condiciones de fabricación sí como una soldabilidad muy buena en los procedimientos de ensamblado usuales.

- Además de su papel desoxidante, el manganeso tiene igualmente un efecto importante sobre la templabilidad en particular cuando su contenido en peso es al menos del 0,80%. Más allá del 2,00%, su carácter gammágeno conduce sin embargo a la formación de una estructura en bandas demasiado marcada. Una gama de 1,20-1,70% de Mn es preferida con el fin de obtener una templabilidad satisfactoria sin riesgo de segregación. Además, se obtiene así una tenacidad muy buena en condiciones de sollicitación mecánica estática o dinámica.

- El silicio participa en la desoxidación del acero líquido y contribuye al endurecimiento del acero. Su contenido debe sin embargo limitarse para evitar la formación excesiva de óxidos superficiales y para favorecer la revestibilidad y la soldabilidad. Una adición de más del 0,30% en peso de silicio conduciría a una estabilización eventual de la austenita después del enfriamiento en la herramienta, lo que no se busca aquí. Un contenido en silicio inferior al 0,070% es preferido para obtener los resultados indicados anteriormente.

- En cantidades excesivas, el azufre y el fósforo reducen la ductilidad. Es por lo que su contenido está limitado respectivamente al 0,005 y al 0,030% en peso. Un contenido respectivamente inferior al 0,004 y al 0,020% permite aumentar más particularmente la ductilidad y la tenacidad.

- En cantidad comprendida entre 0,010 y 0,070% en peso, el aluminio permite la desoxidación del acero líquido. Una cantidad comprendida preferentemente entre el 0,020 y el 0,040% permite evitar una estabilización eventual de la austenita.

El titanio y el niobio forman parte de la categoría de los elementos de microaleación, elementos que son eficaces incluso para pequeñas cantidades que van de unos 10^{-3} a unos 10^{-2} %:

- Cuando el contenido en niobio del acero se encuentra comprendido entre 0,015 y 0,100%, se forman finos precipitados endurecedores de carbonitruros Nb(CN) en la austenita o en la ferrita durante el laminado en caliente. Estos precipitados permiten igualmente limitar el crecimiento del grano austenítico en una soldadura eventual. Un contenido en niobio comprendido entre 0,030 y 0,070% permite obtener un endurecimiento apreciable incrementando moderadamente las características mecánicas a temperatura elevada, lo cual permite limitar las fuerzas en el laminado en caliente sobre trenes de bandas.

- Cuando el contenido en titanio se encuentra comprendido entre 0,030 y 0,080% en peso, un precipitado tiene lugar en forma de nitruros TiN a temperatura muy elevada, luego a temperatura más baja en la austenita en forma de finos carburos TiC que conducen a un endurecimiento. Los precipitados de TiN permite limitar eficazmente el crecimiento del grano austenítico en eventuales operaciones de soldadura. Un contenido en titanio comprendido entre un 0,060 y un 0,080% permite obtener una precipitación más intensa de TiC de carbosulfuros de titanio.

- El contenido en nitrógeno es inferior al 0,009% para evitar una precipitación de TiN que se produciría a partir de la solidificación bajo una forma tosca.

Después del laminado en caliente o laminado en frío y recocido, el niobio y el titanio se encuentran en forma precipitada. En el procedimiento según la invención, se realiza ulteriormente una austenitización completa del acero seguida de un temple dentro de una herramienta. Los inventores han evidenciado que los precipitados, en particular de titanio, frenan efectivamente el desarrollo del grano austenítico en el calentamiento y limitan la formación de constituyentes secundarios de gran dureza que reducen la ductilidad. Este control del tamaño del grano austenítico permite obtener una baja sensibilidad en la variación de la velocidad de enfriamiento.

- La composición del acero puede igualmente comprender elementos tales como el cobre, el cromo, el níquel o el molibdeno que contribuyen al aumento de la resistencia por endurecimiento en solución sólida o por su influencia sobre la templabilidad. Sin embargo, su contenido individual debe limitarse al 0,1%, so pena de formar estructuras bainíticas después de la austenitización en horno, siendo estas estructuras sensibles a una variación de la velocidad de enfriamiento.

El acero puede igualmente comprender una adición de calcio que llega hasta el 0,006%, y preferentemente hasta el 0,005%, con el fin de globulizar los sulfuros y mejorar la resistencia a la fatiga.

El procedimiento de fabricación según la invención es el siguiente:

- Se aprovisiona una chapa o una pieza cortada a partir de una chapa con una de las composiciones indicadas anteriormente. La microestructura inicial de esta chapa juega un papel relativamente secundario en la medida en que una austenitización total se produce ulteriormente. Es preciso sin embargo que los elementos de micro-aleación se encuentren en forma precipitada: se podrán por ejemplo fabricar las chapas y las piezas por colada de acero líquido seguida de un calentamiento a 1100°C. Un laminado en caliente se realizará con una temperatura de final de

laminado inferior a los 940°C. Se realizará seguidamente un enfriamiento hasta los 500-700°C con una velocidad comprendida entre los 20 y los 100°C/s. Después del enfriamiento ulterior con aire, la chapa se bobinará seguidamente a una temperatura comprendida entre los 450 y los 680°C. Estas condiciones permiten obtener una precipitación fina y dispersada de los elementos de micro-aleación.

- 5 Se puede realizar la invención con una chapa o una pieza, sin o pre-revestida. En este último caso, se realiza un pre-revestimiento de la chapa, siendo el pre-revestimiento una aleación a base de zinc o de aluminio. Se puede particularmente realizar este pre-revestimiento mediante un procedimiento al temple en caliente, por electrodeposición o por un procedimiento de depósito bajo vacío. El depósito puede ser realizado en una sola etapa o por combinación de etapas sucesivas. El depósito se realiza preferentemente en continuo. El espesor de este pre-revestimiento puede estar comprendido entre 5 y 35 micrómetros con el fin de obtener un revestimiento resistente a las condiciones de realización.

La aleación del pre-revestimiento puede ser de aluminio o una aleación a base de aluminio: se puede realizar por ejemplo el pre-revestimiento por temple en caliente en un baño a base de aluminio comprendiendo además de un 8 a un 11% en peso de silicio y de un 2 a un 4% de hierro.

- 15 La aleación del pre-revestimiento puede ser igualmente zinc o una aleación a base de zinc. Esta aleación de zinc puede igualmente contener aluminio, por ejemplo en cantidad que llega hasta el 5% en peso. La aleación a base de zinc puede igualmente contener a título opcional uno o varios elementos tales como el silicio, el plomo, el antimonio, el bismuto, el lantano o el cerio.

- 20 - La chapa pre-revestida es seguidamente cortada para obtener una pieza de geometría relacionada con la de la pieza final a obtener.

- Según una variante de la invención, se suelda opcionalmente la pieza pre-revestida a otros elementos de acero. Se sabe, en efecto, que algunas aplicaciones no requieren el mismo nivel de características mecánicas en cualquier punto de las piezas. De este modo se asiste a un desarrollo de piezas unidas, que son ensamblados a partir de chapas de acero que presentan eventualmente composiciones o espesores diferentes. La pieza pre-revestida según la invención puede así incorporarse por soldadura dentro de un conjunto más complejo. La soldadura puede realizarse por un procedimiento continuo, por ejemplo por haz LASER, por arco eléctrico, o por un procedimiento discontinuo tal como por ejemplo la soldadura por resistencia por puntos. La pieza puede ensamblarse con una o varias piezas de acero cuya composición y espesor pueden ser idénticos o diferentes, con el fin de obtener en la fase final piezas cuyas características mecánicas, después de la conformación y tratamiento térmico, varíen en su seno y están adaptadas localmente a las solicitaciones ulteriores. Además del hierro y las inevitables impurezas, la composición en peso de las piezas de acero ensambladas a la pieza según la invención comprenderá por ejemplo: C: 0,040-0,25%, Si ≤ 0,4%, Al ≤ 0,1%.

- 35 - Según otra variante de la invención, se deforma eventualmente en frío la pieza pre-revestida. Esta deformación puede realizarse de forma que se aproxime en un grado más o menos grande a la geometría final de la pieza que se desea obtener. En el caso de una pequeña deformación en frío, esta podrá completarse mediante una deformación realizada en caliente, como se expondrá más adelante. En el caso en que la deformación en frío conduzca prácticamente a la geometría final, se calienta seguidamente la pieza y luego se hace experimentar a ésta una etapa de conformación dentro de una herramienta. Esta última etapa trata de evitar las deformaciones eventuales de las piezas en el enfriamiento y de asegurar un ciclo de enfriamiento particular gracias a un contacto adaptado entre la pieza y la herramienta. Esta etapa de conformación se caracteriza por consiguiente por una fuerza aplicada mínima del utillaje sobre la pieza.

- 40 - Después de estas etapas opcionales de soldadura y de formación en frío, se calienta la pieza en un horno de tratamiento térmico. Este tratamiento tiene por objeto realizar una austenitización completa del acero. En el caso en que la pieza esté pre-revestida, este tratamiento tiene igualmente por objeto formar un revestimiento apto para proteger su superficie durante el tratamiento y durante la utilización ulterior de la pieza.

- 45 El papel del pre-revestimiento a base de aluminio o de zinc es el siguiente: durante el calentamiento en el horno, una reacción de aleación entre el sustrato de acero y el pre-revestimiento se produce y se forma una capa aleada en la superficie de la pieza. La aleación interviene en la totalidad del espesor del pre-revestimiento. En función de la composición del pre-revestimiento, se forma una o varias fases intermetálicas en esta capa aleada. La temperatura de fusión de estas fases al ser superior a la temperatura a la cual es llevada la pieza, el revestimiento no se funde a temperatura elevada. Se designa por el término de « pre-revestimiento » la aleación antes del calentamiento, y por « revestimiento » la capa aleada formada durante el calentamiento. El tratamiento térmico modifica por consiguiente la naturaleza del pre-revestimiento y su geometría, ya que el espesor del revestimiento es superior al del pre-revestimiento debido a reacciones de difusión hacia el sustrato de acero. Como se ha visto, el tratamiento térmico forma una capa resistente a la temperatura. Esta capa protege el sustrato evitando el contacto con la atmósfera del horno. Consecuentemente, se evitan los problemas de decarburación o de oxidación que intervendrían si el calentamiento fuese realizado sobre una pieza sin pre-revestimiento. Los revestimientos formados presentan igualmente la ventaja de ser adherentes y de adaptarse a las operaciones eventuales de conformación en caliente que seguirán.

El calentamiento se realiza a una temperatura T_R superior a Ac_3 , designando esta última temperatura la temperatura de final de transformación austenítica del acero en el calentamiento. La temperatura T_R se encuentra comprendida de preferencia entre los 880 y los 950°C. Un mantenimiento t_R de 3 a 10 minutos a T_R puede ser realizado con el fin de homogeneizar la temperatura de la pieza. En estas condiciones, un grano austenítico final se forma en esta gama de temperaturas ligeramente por encima de Ac_3 . La templabilidad se modera a partir de una estructura de este tipo, lo cual permite evitar la formación de constituyentes microestructurales de baja ductilidad. Una variación de temperatura dentro de este intervalo no lleva consigo una gran variabilidad de las propiedades mecánicas finales.

La pieza calentada se extrae seguidamente del horno y se transfiere dentro de una herramienta donde se realiza bien sea una deformación en caliente con miras a obtener la geometría deseada para la pieza, o una simple conformación como se ha descrito más arriba. Bien entendido, si la pieza no ha sido deformada previamente, es en la fase de la deformación en caliente cuando la deformación será completamente realizada. En los dos casos, la presencia de la pieza dentro de una herramienta conduce a un enfriamiento que interviene esencialmente por conducción térmica. La velocidad de enfriamiento depende de parámetros tales como el tiempo de transferencia entre el horno y la herramienta, el espesor y la temperatura de la pieza, el enfriamiento eventual de la herramienta propiamente dicha por un fluido caloportador, lo mantiene más o menos largo de la pieza en la herramienta. Según una variante, la pieza puede ser transferida a otra herramienta, llamada herramienta «secundaria» que permite controlar el fin del ciclo de enfriamiento.

Los inventores han evidenciado que la obtención de las propiedades mecánicas deseadas estaba relacionada con el control de un parámetro particular V_R : este parámetro designa la velocidad media de enfriamiento entre la temperatura T_R de la pieza a la salida del horno y la temperatura de 400°C. Esta gama de temperaturas entre T_R y los 400°C cubre un intervalo particular donde se producen las transformaciones alotrópicas que conducen a las microestructuras deseadas para las composiciones de aceros según la invención.

La velocidad V_R está comprendida entre los 30 y los 80°C/s: cuando V_R es inferior a 30°C/s, la estructura de las piezas es mayoritariamente muy ferrítica y un nivel de resistencia superior a 500 MPa no puede siempre ser alcanzado. Cuando la velocidad V_R está comprendida entre 35 y 60°C/s, la variabilidad de las propiedades mecánicas obtenidas es particularmente reducida.

Cuando la velocidad es superior a 80°C/s, se observa la presencia excesiva de bainita en el seno de la microestructura: las propiedades de este constituyente son sensible a una pequeña variación de V_R . Consecuentemente, una variación local de las condiciones de contacto entre la pieza y la herramienta, una variación inesperada de las condiciones de tratamiento con relación a los parámetros nominales, tendrán por efecto una variabilidad de las propiedades mecánicas bien sea en el seno de una pieza dada, o de una pieza a otra.

La microestructura según la invención está constituida por al menos un 75% de ferrita fina equiaxial, correspondiendo este porcentaje a la fracción superficial que puede ser medida por ejemplo en un corte pulido y atacado. El calificativo equiaxial designa una estructura cuya relación media entre la mayor longitud de los granos ferríticos y la menor longitud, no excede del 1,2. Preferentemente, el tamaño medio de grano ferrítico es inferior a 6 micrómetros, con el fin de obtener simultáneamente una elevada resistencia y un alargamiento a la ruptura muy superior al 15%.

La estructura comprende igualmente martensita, cuya fracción superficial está comprendida entre un 5 y un 20%. Este constituyente se presenta en forma de islotes dispersados en el seno de la matriz ferrítica, siendo el tamaño de estos islotes generalmente inferior o igual al de los granos ferríticos. Bajo esta forma fina y dispersada, la presencia de 5 a 20% de martensita permite aumentar la resistencia mecánica sin disminución demasiado acusada de la ductilidad.

La estructura puede igualmente comprender bainita en cantidad limitada al 10%. En efecto, se ha mostrado que la presencia de este constituyente no era deseable para la fabricación de piezas que deben presentar una gran homogeneidad de las características mecánicas.

Las piezas formadas así obtenidas pueden ser seguidamente eventualmente ensambladas por soldadura a otros elementos, de espesor o de composición idénticas o diferentes, con el fin de constituir por ejemplo una estructura más compleja.

En el caso en que la chapa o la pieza inicial no lleven pre-revestimiento, las piezas formadas pueden naturalmente ser revestidas después del tratamiento térmico mediante un revestimiento apropiado si se requieren exigencias contra la corrosión para éstas.

A título de ejemplo, los modos de realización siguientes ilustrarán otras ventajas conferidas por la invención.

Ejemplo 1:

. Se han considerado chapas de acero laminadas en caliente o en frío de espesor que va de 1,2 a 2 mm, con la composición ponderal siguiente:

| Acero | C | Mn | Si | S | P | Al | Nb | Ti | N | Otros |
|-------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|--------------|--------------|-------|---|
| A | 0,059 | 1,646 | 0,022 | 0,004 | 0,016 | 0,024 | 0,048 | 0,067 | 0,005 | Cu:0,009 Mo: 0,003 Ni: 0,016 Cr: 0,027 Ca:0,003 |
| B | 0,063 | 1,677 | 0,018 | 0,003 | 0,018 | 0,030 | 0,050 | 0,071 | 0,005 | Cr: 0,023 |
| C | <u>0,125</u> | 1,444 | <u>0,384</u> | 0,002 | 0,020 | 0,030 | <u>0,003</u> | <u>0,011</u> | 0,005 | Cr: 0,189 |
| D | 0,057 | <u>0,626</u> | 0,074 | <u>0,008</u> | 0,018 | 0,030 | 0,066 | <u>0,001</u> | 0,005 | Cr: 0,021 |

Tabla 1: Composición del acero (% en peso)

5 Los valores subrayados indican características fuera de la invención

Los aceros A y B son aceros de composición de acuerdo con la invención. Los aceros C y D son aceros de referencia. La chapa de acero A laminada en caliente tiene un espesor de 2mm. El acero B ha sido objeto de ensayos en forma de chapas laminadas en caliente de 2 mm de espesor, y de chapas laminadas en frío y recocidas de 1,5 y 1,2 mm de espesor.

10 Los aceros C y D son aceros de referencia laminados en frío y recocidos de 1,2 mm de espesor.

Chapas de estos diferentes acero fueron pre-revestidas al temple en un baño fundido de una aleación de aluminio que comprende un 9,3% de silicio y un 2,8% de hierro, estando el resto constituido por aluminio e impurezas inevitables. El espesor del pre-revestimiento es de 25 micrómetros por superficie aproximadamente. Las chapas fueron seguidamente cortadas en forma de piezas.

15 Las piezas fueron seguidamente calentadas hasta una temperatura T_R durante un tiempo de mantenimiento t_R indicado en la tabla 2. Algunos aceros han sido objeto de varias condiciones de ensayo tal como el acero B en condiciones señaladas B1 a B3. Las condiciones de calentamiento conducen todas a una transformación austenítica completa de los aceros. Durante esta fase de calentamiento y de mantenimiento, el pre-revestimiento se transforma en una capa aleada, en la totalidad de su espesor. Este revestimiento aleado, con punto de fusión elevado y de elevada dureza, presenta una gran resistencia a la corrosión y evita la oxidación y la descarburación del acero de base subyacente durante y después de la fase de calentamiento.

20 Después de la austenitización, las piezas fueron extraídas del horno a la temperatura T_R , y luego deformadas en caliente. Se hizo variar la velocidad media de enfriamiento V_R en las condiciones indicadas en la tabla 2. Las características mecánicas medidas en las piezas (límite de elasticidad R_e , resistencia mecánica R_m , alargamiento a la ruptura A) han sido igualmente indicadas en la tabla 2.

| Acero, condición | $T_R(^{\circ}C)$ | t_R (mn) | V_R ($^{\circ}C/s$) | R_e (MPa) | R_m (MPa) | R_e/R_m | A(%) |
|------------------|------------------|------------|-------------------------|-------------|-------------|-----------|-------------|
| A1 | 900 | 6 | 45 | 380 | 600 | 0,63 | 22 |
| A2 | 950 | 6 | 45 | 370 | 597 | 0,62 | 22 |
| B1 | 920 | 7 | 30 | 366 | 562 | 0,65 | 22,5 |
| B2 | 930 | 10 | 45 | 409 | 618 | 0,66 | 21,5 |
| B3 | 920 | 7 | <u>100</u> | 470 | 703 | 0,67 | <u>13</u> |
| C1 | 920 | 5 | 35 | 499 | 819 | 0,61 | <u>14,5</u> |
| C2 | 920 | 5 | 50 | 543 | 831 | 0,65 | <u>10</u> |
| C3 | 920 | 5 | <u>90</u> | 1069 | 1358 | 0,78 | <u>5,5</u> |
| D1 | 920 | 6 | 35 | 410 | <u>455</u> | 0,90 | 23,5 |

Tabla 2: Condiciones de austenitización y de enfriamiento

Características mecánicas obtenidas

Los valores subrayados indican características fuera de la invención

Las microestructuras obtenidas después del tratamiento térmico fueron examinadas en cortes pulidos y atacados. El tamaño medio de grano ferrítico se determinó por medio de análisis de imágenes.

5 Los ensayos realizados sobre el acero A indican que las características mecánicas dependen poco de la temperatura de austenitización en la gama del procedimiento de la invención. Una producción industrial será por consiguiente poco sensible a una modificación imprevista de este parámetro. Un ejemplo de microestructura se presenta en la figura 1. La estructura, relativa al ensayo B1, está compuesta por un 93% de ferrita equiaxial que presenta un tamaño medio de 5 micrómetros, y un 7% de martensita.

10 Los ensayos A1, A2, B1, B2, conducen todos a estructuras constituidas por más del 75% de ferrita equiaxial, martensita en cantidad comprendida entre un 5% y un 20% y menos de un 10% de bainita.

Una velocidad de enfriamiento demasiado importante (100°C/s, ensayo B3) conduce a una proporción de martensita ligeramente superior al 20%. La martensita está presente en forma de islotes que pueden exceder los 5 micrómetros. El alargamiento es entonces inferior al 15%.

15 El acero C presenta un contenido en carbono y en silicio demasiado importante, y no contiene suficientemente elementos de microaleación para un control eficaz del grano: incluso para condiciones de enfriamiento de 35°C/s, la estructura no es ferrítica sino mayoritariamente bainítica como lo ilustra la figura 2 relativa al ensayo C1. El alargamiento es entonces inferior al 15%. Cuando la velocidad de enfriamiento aumenta (ensayos C2 y C3), la estructura se vuelve mayoritariamente martensítica con trazas de bainita. El alargamiento experimenta una
20 reducción notable.

El acero D presenta un contenido insuficiente en manganeso y en titanio y contiene una cantidad excesiva de azufre. Consecuentemente, la resistencia es insuficiente, inferior a los 500 MPa en la condición de ensayo D1.

Ejemplo 2: Se consideró una chapa de acero B, con la composición según la invención y detallada en la tabla 1. La chapa de 2 mm de espesor se pre-revistió con una aleación a base de aluminio como se ha expuesto en el ejemplo
25 1. La chapa se calentó a 900°C durante 8 minutos luego se estampó en caliente con el fin de fabricar una pieza. La velocidad de enfriamiento V_R fue de 60°C/s. Habida cuenta de la morfología de la pieza, la deformación equivalente ϵ varía según las diferentes zonas: algunas partes no han sido prácticamente deformadas localmente ($\epsilon=0\%$) mientras que otras han experimentado una deformación del 20%. Observaciones micrográficas, de las mediciones de dureza y de las piezas de ensayo de tracción fueron obtenidas en estas zonas deformadas de modo muy diferente. El límite de elasticidad se situó entre 430 y 475 MPa, la resistencia entre 580 y 650 MPa, el alargamiento a la ruptura entre
30 17 y 22%.

Así, no obstante del hecho de que el grano austenítico se deforme en caliente de modo más o menos intenso según el lugar considerado, el acero y el procedimiento según la invención se caracterizan por el hecho de que las propiedades permanecen muy homogéneas en el seno de una misma pieza. En particular, la resistencia y el
35 alargamiento a la ruptura permanecen superiores respectivamente a 500 MPa y al 15% sea cual fuere el porcentaje de deformación considerado.

La invención permite así la fabricación de piezas revestidas con elevadas características de resistencia y de ductilidad, presentando estas características de forma homogénea en el conjunto de piezas. Los aceros según la invención son poco sensibles a una modificación de los parámetros de fabricación, lo cual presenta una ventaja en
40 caso de un acontecimiento imprevisto en la línea de fabricación, o en caso de cambio de fabricación (piezas de diferentes espesores que pasan sucesivamente por el seno de un mismo horno por ejemplo).

Estas piezas se utilizarán ventajosamente para la fabricación de piezas de seguridad, y particularmente piezas estructurales o de refuerzo, para la construcción de vehículos automóviles, y en el ámbito de la maquinaria agrícola o de la construcción naval.

45

REIVINDICACIONES

1. Pieza obtenida por deformación y enfriamiento dentro de una herramienta, de una chapa o de una pieza de acero, pre-revestida a título opcional, cuya composición comprende, expresándose los contenidos en peso:

5
 10
 15

$$0,040\% \leq C \leq 0,100\%$$

$$0,80\% \leq Mn \leq 2,00\%$$

$$Si \leq 0,30\%$$

$$S \leq 0,005\%$$

$$P \leq 0,030\%$$

$$0,010\% \leq Al \leq 0,070\%$$

$$0,015\% \leq Nb \leq 0,100\%$$

$$0,030\% \leq Ti \leq 0,080\%$$

$$N \leq 0,009\%$$

$$Cu \leq 0,100\%$$

$$Ni \leq 0,100\%$$

$$Cr \leq 0,100\%$$

$$Mo \leq 0,100\%$$

$$Ca \leq 0,006\%$$

20 estando el resto de la composición constituido por hierro e impurezas inevitables que resultan de la elaboración, estando la microestructura de dicho acero constituida por al menos un 75% de ferrita equiaxial, martensita en cantidad superior o igual al 5% e inferior o igual al 20%, y bainita en cantidad inferior o igual al 10%.

- 25 2. Pieza de acero según la reivindicación 1, caracterizada porque la composición de dicho acero comprende, expresándose los contenidos en peso:

30
 35
 40

$$0,050\% \leq C \leq 0,080\%$$

$$1,20\% \leq Mn \leq 1,70\%$$

$$Si \leq 0,070\%$$

$$S \leq 0,004\%$$

$$P \leq 0,020\%$$

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

$$0,030\% \leq Nb \leq 0,070\%$$

$$0,060\% \leq Ti \leq 0,080\%$$

$$N \leq 0,009\%$$

$$Cu \leq 0,100\%$$

$$Ni \leq 0,100\%$$

$$Cr \leq 0,100\%$$

$$Mo \leq 0,100\%$$

$$Ca \leq 0,005\%$$

estando constituido el resto de la composición por hierro e impurezas inevitables resultantes de la elaboración.

- 45 3. Pieza de acero según la reivindicación 1 ó 2, caracterizada porque el tamaño medio de grano ferrítico de dicho acero es inferior a 6 micrómetros.

- 50 4. Pieza de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque la indicada pieza está revestida con una capa aleada en la totalidad del espesor de la indicada capa, resultando la indicada capa aleada de al menos un tratamiento térmico de aleación entre el indicado acero y un pre-revestimiento, siendo el indicado pre-revestimiento una aleación a base de zinc o de aluminio.

- 55 5. Pieza de acero según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada porque su resistencia es superior o igual a 500 MPa y su alargamiento a la ruptura es superior al 15%.

- 60 6. Objeto soldado, del cual una al menos de las partes es una pieza según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.

7. Procedimiento de fabricación de una pieza de acero revestido, estando la microestructura de dicho acero constituida por al menos un 75% de ferrita equiaxial, martensita en cantidad superior o igual al 5% e inferior o igual al 20%, y bainita en cantidad inferior o igual al 10%, que comprende las etapas según las cuales:

- se aprovisiona una chapa de acero laminada en caliente o laminada en frío, con la composición según la reivindicación 1 ó 2, luego

- se realiza un pre-revestimiento de la indicada chapa, siendo el mencionado pre-revestimiento una aleación a base de zinc o de aluminio, luego
- se corta la indicada chapa para obtener una pieza, luego
- se suelda eventualmente la mencionada pieza, luego
- 5 - se deforma eventualmente en frío la indicada pieza, luego
- se calienta la indicada pieza a una temperatura T_R en un horno con el fin de formar, mediante aleación entre el indicado acero y el mencionado pre-revestimiento, una capa aleada en la superficie de dicha pieza, realizándose la aleación sobre la totalidad de la indicada capa, y con el fin de conferir una estructura totalmente austenítica al indicado acero, luego
- 10 - se extrae la indicada pieza del horno, luego
- se deforma eventualmente la indicada pieza en caliente para obtener una pieza, luego
- se enfría la indicada pieza dentro de una herramienta en condiciones adecuadas para conferir una resistencia mecánica superior a 500 MPa y un alargamiento a la ruptura superior al 15% en la indicada pieza de acero.
- 15
- 8. Procedimiento de fabricación de una pieza de acero, estando la microestructura de dicho acero constituida por al menos un 75% de ferrita equiaxial, martensita en cantidad superior o igual al 5% e inferior o igual al 20%, y bainita en cantidad inferior o igual al 10%, incluyendo las etapas según las cuales:
 - 20 - se aprovisiona una chapa de acero laminada en caliente o laminada en frío, con la composición según la reivindicación 1 ó 2, luego
 - se corta la indicada chapa para obtener una pieza, luego
 - se suelda eventualmente la indicada pieza, luego
 - se deforma eventualmente en frío la indicada pieza, luego
 - 25 - se calienta la indicada pieza a una temperatura T_R en un horno con el fin de conferir una estructura totalmente austenítica al indicado acero, luego
 - se extrae la indicada pieza del horno, luego
 - se deforma eventualmente la indicada pieza en caliente para obtener una pieza, luego
 - se enfría la indicada pieza dentro de una herramienta en condiciones adecuadas para conferir: una
 - 30 resistencia mecánica superior a 500 MPa y un alargamiento a la ruptura superior al 15% a la indicada pieza de acero, luego
 - se realiza eventualmente un revestimiento de la indicada pieza.
- 35
- 9. Procedimiento de fabricación según la reivindicación 7 u 8, caracterizado porque la indicada temperatura T_R se encuentra comprendida entre los 880 y los 950°C, estando el tiempo de mantenimiento t_R a la indicada temperatura comprendido entre 3 y 10 minutos.
- 40
- 10. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado porque la velocidad media de enfriamiento V_R entre la indicada temperatura T_R y los 400°C, se encuentra comprendida entre 30 y 80°C/s.
- 45
- 11. Procedimiento de fabricación según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado porque la velocidad media de enfriamiento V_R entre la temperatura T_R y los 400°C, se encuentra comprendida entre los 35 y 60°C/s.
- 12. Utilización de una pieza o de un objeto según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, o fabricada según una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, para la fabricación de piezas de estructuras o de seguridad para vehículo terrestre a motor, para el ámbito de la maquinaria agrícola o de la construcción naval.

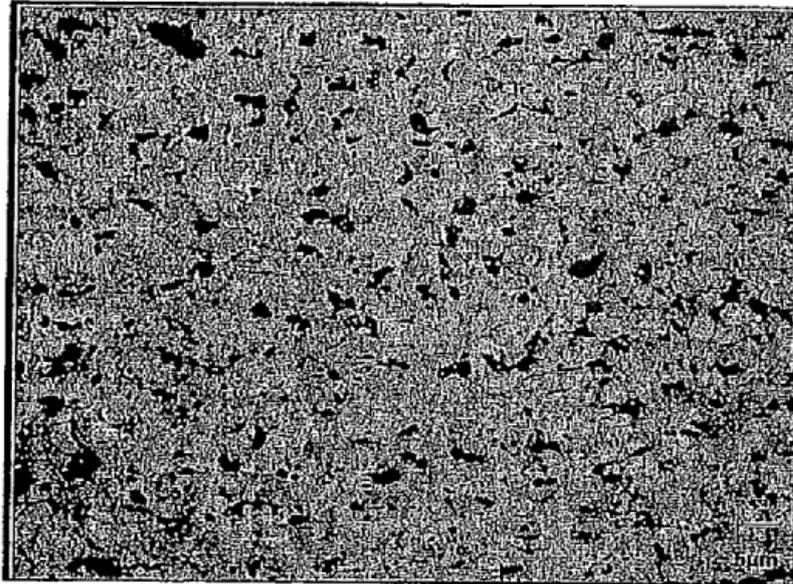


Figura 1

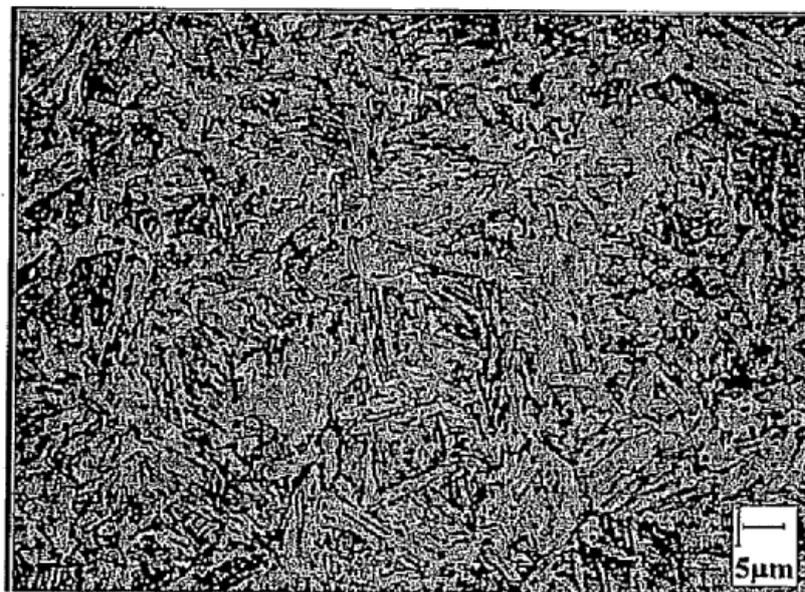


Figura 2