

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 182 761**

51 Int. Cl.:

C21D 8/04 (2006.01)

C21D 9/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA MODIFICADA
TRAS OPOSICIÓN

T5

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.06.2000 E 00401867 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **13.01.2016 EP 1065284**

54

Título: **Banda de acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio para envasado**

30

Prioridad:

01.07.1999 FR 9908413

45

Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente modificada:
13.04.2016

73

Titular/es:

**ARCELORMITTAL (100.0%)
24-26 boulevard d'Avranches
1160 Luxembourg, LU**

72

Inventor/es:

BOUZEKRI, MOHAMED

74

Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 182 761 T5

DESCRIPCIÓN

Banda de acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio para envasado

La presente invención se refiere al campo de los aceros para aplicar en el campo del envasado metálico, alimentario, no alimentario o industrial.

5 Los aceros elaborados para utilizations propios del envasado metálico se diferencian sobretodo de las chapas finas por sus características físicas.

10 Los espesores de las chapas de acero para envasado varían de 0,12 mm a 0,25 mm para la gran mayoría de utilizations, pero pueden alcanzar espesores más importantes, hasta 0,49 mm para aplicaciones muy particulares. Por ejemplo, este es el caso de ciertos envasados no alimentarios, como, por ejemplo, ciertos aerosoles, o el caso de ciertos envasados industriales. Igualmente, estos espesores pueden bajar hasta 0,08 mm, por ejemplo, en el caso de barquetas alimentarias.

Habitualmente las chapas de acero para envasado están revestidas de un revestimiento metálico (estaño, refundido o no refundido o cromo) sobre el cual se deposita generalmente un revestimiento orgánico (barniz, tinta o películas plásticas).

15 En el caso de envasados de dos piezas, éstos se realizan por embutición mediante placa de presión, o por embutición/repaso para botes de bebidas, y son generalmente botes asimétricos, cilíndricos o troncónicos. Sin embargo, los fabricantes de envasados muestran un interés cada vez más acentuado en aceros de espesores siempre más bajos, de 0,12 mm a 0,075 mm y, con la preocupación de diferenciarse de la competencia, buscan innovar en formas cada vez más complejas. También se puede encontrar botes de formas originales, fabricados de chapas de acero de bajo espesor que, aunque presentan las dificultades más importantes de conformación, deben responder a los criterios de utilización (resistencia mecánica del envasado, resistencia a la carga axial que se someten durante su almacenamiento en apilamiento, resistencia a la sobrepresión interna a que se someten durante el tratamiento térmico de esterilización y a la depresión interna a que se someten después del enfriamiento) y por lo tanto deben presentar una muy alta resistencia mecánica.

20 Así, la realización y las prestaciones de estos envasados dependen de un cierto número de características mecánicas del acero, que son:

- el coeficiente de anisotropía planar ΔC_{aniso} ,
- el coeficiente de Lankford,
- el límite de elasticidad R_e ,

30 - la resistencia máxima a la rotura R_m ,

- el alargamiento $A\%$, y
- el alargamiento repartido $A_g\%$.

Para conferir al envasado una resistencia mecánica equivalente al espesor del acero inferior, es indispensable que la chapa de acero presente una muy alta resistencia máxima a la rotura.

35 Para la realización de envasados, es conocido el uso de los aceros estándares de bajo contenido en carbono y de bajo contenido en manganeso, calmados con aluminio.

40 El contenido en carbono pretendido habitualmente para este tipo de acero está comprendido entre 0,020% y 0,040%, ya que contenidos superiores a 0,040% conducen a características mecánicas menos favorables para la embutición y contenidos inferiores a 0,020% inducen una propensión al envejecimiento natural de la chapa, a desecho de un envejecimiento al recocido.

El contenido en manganeso es reducido al máximo a causa de un efecto desfavorable de este elemento sobre el valor del coeficiente de Lankford para aceros no desgasificados a vacío. Así, el contenido en manganeso pretendido está comprendido entre 0,15 y 0,25%.

45 Estas chapas de acero se realizan por laminación en frío de una banda en caliente, con una tasa de laminación en frío comprendida entre 75% y más de 90%, seguida de un recocido en continuo a una temperatura comprendida entre 640 y 700°C, y de una segunda laminación en frío con una tasa de alargamiento durante esta segunda laminación en frío que varía entre 2% y 45% según el nivel pretendido de resistencia máxima a la rotura R_m .

Pero, para los aceros de bajo contenido en carbono calmados con aluminio, las altas características mecánicas se asocian a una baja capacidad de alargamiento. Esta baja ductilidad, además del hecho de que es desfavorable para

la conformación del envasado, implica en esta conformación un adelgazamiento de las paredes que va a ser desfavorable para las prestaciones del envasado.

Así, por ejemplo, un acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio que presenta una resistencia máxima a la rotura R_m del orden de 550 MPa, presentará una tasa de alargamiento $A\%$ solamente del orden de 1 a 3%.

5 La presente invención tiene como objetivo proponer una chapa de acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio para envasado que presente, en lo que se refiere a la resistencia máxima a la rotura equivalente a la de los aceros de bajo contenido en carbono calmados con aluminio del estado de la técnica, una tasa de alargamiento $A\%$ más elevada.

10 Para obtener estas características, la invención tiene como objeto un procedimiento de fabricación de una banda de acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio para envasado, en el cual:

- se abastece una banda de acero laminada en caliente que incluye, en peso, entre 0,022 y 0,035% de carbono, entre 0,15 y 0,25% de manganeso, entre 0,040 y 0,070% de aluminio, entre 0,0035 y 0,0060% de nitrógeno, siendo el resto hierro e impurezas residuales inevitables,

- se efectúa una primera laminación en frío de la banda,

15 - se somete la banda laminada en frío a un recocido,

- se efectúa eventualmente una laminación en frío secundaria,

caracterizado porque el recocido es un recocido continuo cuyo ciclo incluye:

- un aumento de temperatura hasta una temperatura superior a la temperatura de iniciación de la transformación perlítica Ac_1 ,

20 - un mantenimiento de la banda por encima de esta temperatura durante un tiempo superior a 10 segundos,

- un enfriamiento rápido de la banda hasta una temperatura inferior a 100°C a una velocidad de enfriamiento comprendida entre 100 y 500°C/s,

- un tratamiento térmico a baja temperatura comprendida entre 100°C y 300°C durante un tiempo superior a 10 segundos,

25 - y un enfriamiento hasta la temperatura ambiente.

Según otras características del procedimiento según la invención:

- después del enfriamiento rápido de la banda y antes del tratamiento térmico a baja temperatura, se efectúa una operación de deformación plástica de alargamiento de la banda con una tasa de alargamiento comprendida entre 1 y 5%;

30 - se mantiene la banda durante el recocido a una temperatura comprendida entre Ac_1 y 800°C, durante un tiempo de 10 segundos a 2 minutos;

- se mantiene la banda durante el tratamiento térmico a baja temperatura comprendida entre 100°C y 300°C, durante un tiempo comprendido entre 10 segundos y 2 minutos;

35 - la operación de deformación plástica de alargamiento de la banda se efectúa por aplanamiento bajo tracción o por laminación.

Igualmente, la invención se refiere a una chapa de acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio para envasado, que incluye, en peso, entre 0,022 y 0,035% de carbono, entre 0,15 y 0,25% de manganeso, entre 0,040 y 0,070% de aluminio, entre 0,0035 y 0,0060% de nitrógeno, siendo el resto hierro e impurezas residuales inevitables, fabricada según el procedimiento citado anteriormente, caracterizada porque presenta en estado envejecido una

40 tasa de alargamiento $A\%$ que cumple la relación:

$$(670 - R_m)/14 \leq A\% \leq (720 - R_m)/17$$

siendo R_m la resistencia máxima a la rotura, del acero, expresada en MPa.

Las características y ventajas aparecerán más claramente en la descripción que sigue, dada únicamente a título de ejemplo, realizada haciendo referencia a las figuras adjuntas en anexo.

45 Según otras características de la chapa, el acero incluye atmósferas de COTTRELL y/o carburos épsilon precipitados a baja temperatura, y presenta un número de granos por mm^2 superior a 20.000.

Las Figuras 1 y 2 son diagramas que muestran la influencia de la temperatura de recocido sobre la resistencia máxima a la rotura Rm.

La Figura 3 es un diagrama que muestra la influencia de la velocidad de enfriamiento sobre la resistencia máxima a la rotura Rm.

5 La Figura 4 es un diagrama que muestra la influencia de la velocidad de enfriamiento sobre la resistencia máxima a la rotura Rm y sobre la tasa de alargamiento A%.

La Figura 5 es un diagrama que muestra la influencia de la velocidad de enfriamiento sobre la dureza HR30T.

La Figura 6 es un diagrama que muestra la influencia del tratamiento térmico a baja temperatura sobre la resistencia máxima a la rotura Rm.

10 La Figura 7 es un diagrama que muestra la influencia del tratamiento térmico a baja temperatura sobre la tasa de alargamiento A%.

La Figura 8 es un diagrama que muestra la influencia de la deformación plástica de alargamiento sobre la resistencia máxima a la rotura Rm.

15 Se han realizado varios ensayos, en primer lugar a nivel experimental y luego a niveles industriales, para validar las características de la invención. Los resultados completos de dos de estos ensayos se van a describir a continuación.

Estos ensayos se refieren a dos bobinas en frío de acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio, cuyas características se representan en la Tabla 1 siguiente.

TABLA 1

	Contenidos (10 ⁻³ %)				Laminación en caliente			Laminación en frío	
	C	Mn	Al	N	TFL (°C)	Tbob (°C)	Ep (mm)	Tred. (%)	Ep (mm)
A	23	186	50	3,6	860/880	530/565	1,97	89,8	0,20
B	25	203	58	4,6	860/880	530/565	2,00	87	0,28

20 En la primera columna, se identifica la bobina; en la segunda hasta la quinta columna, se indica en 10⁻³% en peso los contenidos de los constituyentes principales que tienen cierta importancia. De la sexta a la octava columna se refieren a las condiciones de laminación en caliente: en la sexta columna se indica la temperatura de fin de laminación en caliente; en la séptima columna se indica la temperatura de bobinado; en la octava columna se indica el espesor de la banda en caliente. Finalmente, las columnas novena y décima se refieren a las condiciones de laminación en frío: en la novena columna se indica la tasa de reducción de la laminación en frío y en la décima columna se indica el espesor final de la banda en frío.

25 Estas dos bandas estándares han sido objeto de recocidos diferenciados seguidos de segundas laminaciones en frío igualmente diferenciadas.

30 Las temperaturas de mantenimiento del recocido han variado de 650°C a 800°C, las velocidades de enfriamiento han variado de 40°C/s a 400°C/s, las temperaturas de recocido a baja temperatura han variado de 150 a 350°C, y las tasas de alargamiento en la segunda laminación han variado de 1% a 42%, con o sin deformación plástica de alargamiento intermedio.

35 Además de los exámenes micrográficos, la caracterización del metal procedente de estos diferentes ensayos ha consistido, por una parte, en realizar tracciones sobre probetas ISO 12,5x50 en la dirección de la laminación y en dirección transversal, en estado nuevo y en estado envejecido después del envejecimiento a 200°C durante 20 minutos y, por otra parte, en determinar la dureza HR30T igualmente en estado nuevo y en estado envejecido.

Estos ensayos han permitido demostrar que es posible aumentar considerablemente la resistencia máxima a la rotura Rm para el mismo acero con bajo contenido en carbono calmado con aluminio, con tasa de alargamiento en la segunda laminación en frío idéntica, si se practica entre las dos laminaciones en frío un recocido continuo según las condiciones de la invención.

40 Dicho de otro modo, estos ensayos han permitido demostrar que es posible aumentar considerablemente la ductilidad A% para el mismo acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio, con resistencia máxima a la rotura Rm idéntica, si se practica entre las dos laminaciones en frío un recocido continuo según las condiciones de la invención, ya que el mismo nivel de Rm es alcanzado con una tasa de alargamiento más baja durante la segunda laminación. Así, sería posible realizar calidades de acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio con un nivel de Rm del orden de 380 MPa sin necesitar segunda laminación después del recocido, salvo tal vez una opera-

ción de batido en frío ligera denominada "skin-pass" que permite suprimir la meseta del límite de elasticidad presente sobre el metal a la salida del recocido.

Incidencia de la composición del acero

5 Tal como se indica anteriormente, la invención no se ubica en la composición del acero, que es un acero estándar de bajo contenido en carbono calmado con aluminio.

Como todos los aceros de bajo contenido en carbono calmados con aluminio, estos son esencialmente los contenidos en carbono y en manganeso los que son importantes:

10 - el contenido en carbono pretendido habitualmente para este tipo de acero está comprendido entre 0,022% y 0,040%, ya que contenidos superiores a 0,040% conducen a características mecánicas menos favorables para la embutición. Para contenidos inferiores a 0,022%, no hay transformación perlítica con el enfriamiento, y esta transformación perlítica es necesaria y buscada;

- el contenido en manganeso se reduce al máximo a causa de un efecto desfavorable de este elemento sobre el valor del coeficiente de Lankford para aceros no desgasificados a vacío; así el contenido en manganeso pretendido está comprendido entre 0,15 y 0,25%.

15 El nitrógeno y el aluminio son igualmente dos elementos que conviene controlar.

El nitrógeno se pone en exceso si se desea obtener un acero duro y envejecido. Generalmente, está comprendido entre 0,0035 y 0,0060%.

El aluminio se utiliza para calmar el acero. Generalmente, está comprendido entre 0,040 y 0,070%.

Incidencia de las condiciones de desnaturalización en caliente

20 Los aceros de bajo contenido en carbono calmados con aluminio recocidos en continuo están generalmente laminados a una temperatura superior a A_{r3} .

El parámetro esencial es la temperatura de bobinado, y se prefiere un bobinado en frío, entre 500 y 620°C. En efecto, el bobinado en caliente, a una temperatura superior a 650°C presenta dos inconvenientes:

25 - genera heterogeneidades de características mecánicas en relación con las diferencias de velocidades de enfriamiento entre el núcleo y los extremos de la banda;

- induce un riesgo de crecimiento anormal de los granos, el cual puede producirse para ciertas parejas (temperatura de fin de laminación, temperatura de bobinado) y puede constituir un defecto redhibitorio tanto en chapa en caliente como en chapa en frío.

30 Sin embargo un bobinado en caliente se puede efectuar practicando, por ejemplo, un bobinado selectivo: la temperatura es más elevada en los extremos de la banda.

Incidencia de las condiciones de laminación en frío

Por los bajos espesores finales a realizar, el campo de la tasa de reducción en frío se extiende de 75% a más de 90%.

35 Los factores principales que intervienen en la definición de la tasa de reducción en frío son, bien evidentemente, el espesor final del producto, y en este punto se puede jugar con el espesor del producto en caliente, así como unas consideraciones metalúrgicas.

40 Las consideraciones metalúrgicas están basadas sobre la incidencia de la tasa de reducción en frío sobre el estado microestructural, y por consiguiente sobre las características mecánicas después de la recristalización y recocido. Así cuanto más aumenta la tasa de reducción en frío, más baja es la temperatura de recristalización, más pequeños son los granos y más altos están R_e y R_m . En particular, la tasa de reducción puede tener una incidencia muy grande sobre el coeficiente de Lankford.

En el caso de exigencias en términos de pliegues de embutición, conviene, por ejemplo, optimizar la clase de acero y sobretodo el contenido en carbono, y la tasa de reducción de la laminación en frío con la dureza o las características mecánicas deseadas para obtener un metal denominado «metal sin pliegues».

Incidencia del recocido

Una característica importante de la invención reside en la temperatura de recocido. Es importante que la temperatura de recocido sea superior al punto de iniciación de la transformación perlítica Ac_1 (del orden de 720°C para este tipo de acero).

Otra característica importante de la invención reside en la velocidad de enfriamiento que debe estar comprendida entre 100 y 500°C/s.

5 Durante el mantenimiento de la banda a una temperatura superior a A_{c1} , se forma austenita, rica en carbono. El enfriamiento rápido de esta austenita permite mantener una cierta cantidad de carbono y de nitrógeno en estado libre.

Por lo tanto, es importante la realización de un enfriamiento rápido, comprendido entre 100 y 500°C/s al menos hasta una temperatura inferior a 100°C. Si el enfriamiento rápido se detiene antes de 100°C, los átomos de carbono y de nitrógeno libres van a poder combinarse y el efecto buscado no será alcanzado. Es bien evidente que es posible un enfriamiento rápido hasta la temperatura ambiente.

10 Igualmente, es posible efectuar un enfriamiento a una velocidad superior a 500°C/s, pero la firma solicitante ha constatado que más allá de 500°C/s, la influencia de un aumento de la velocidad de enfriamiento no es muy significativa.

Este recocido a alta temperatura con enfriamiento rápido es seguido por un tratamiento térmico a baja temperatura, que se podría calificar de tratamiento térmico de pseudo-sobreenvejecimiento.

15 La característica esencial de este tratamiento térmico a baja temperatura reside en la temperatura de mantenimiento de la banda, que debe estar comprendida entre 100 y 350°C. Las velocidades de aumento de temperatura y de enfriamiento durante este tratamiento térmico a baja temperatura tienen poca importancia.

20 Este tratamiento térmico a baja temperatura tiene como objetivo hacer que se precipiten los átomos de carbono libres en forma de precipitados finos y dispersados de carburos a baja temperatura y/o de carburos épsilon. Igualmente, permite la segregación de los átomos de carbono y de nitrógeno libres a nivel de las dislocaciones para formar atmósferas de COTTRELL.

Las Figuras 1 y 2 presentan la influencia de la temperatura de recocido a velocidad de enfriamiento constante (pretendida 100°C/s y realizada 73 a 102°C/s en la Figura 1; pretendida 300°C/s y realizada 228 a 331°C/s en la Figura 2) con respecto a la resistencia máxima a la rotura R_m .

25 Se constata en estas Figuras un claro aumento de R_m con tasa de alargamiento de la segunda laminación idéntica para los aceros recocidos a 740°C y a 780°C con respecto a los mismos aceros recocidos a 650°C y a 680°C.

Sin embargo, esta influencia de la temperatura de recocido sobre la resistencia máxima a la rotura R_m no es muy perceptible para tasas de alargamiento en la segunda laminación en frío inferiores a 3%. No será verdaderamente significativo más que a partir de 5% de alargamiento en la segunda laminación en frío.

30 Una temperatura muy elevada, superior a 800°C, implica una precipitación, al menos parcial del nitrógeno en forma de nitruros de aluminio. Este nitrógeno precipitado no participa más en el endurecimiento del acero, lo que tiene como efecto una disminución de la resistencia máxima a la rotura R_m . Este fenómeno se entrevé en la Figura 2 sobre la cual se destaca, para tasas de alargamiento superiores a 10%, una disminución del aumento de la resistencia máxima a la rotura R_m entre la muestra recocida a 750°C y la muestra recocida a 800°C.

35 El tiempo de mantenimiento de la banda entre 720°C y 800°C debe ser lo suficiente para volver a poner en solución todo el carbono correspondiente al equilibrio. Un mantenimiento durante 10 segundos es suficiente para asegurar esta reposición en solución de la cantidad de carbono correspondiente al equilibrio para los aceros cuyo contenido en carbono está comprendido entre 0,022 y 0,035% y un mantenimiento más allá de 2 minutos, aunque posible, es inútil y costoso.

40 Las Figuras 3 y 4 presentan la influencia de la velocidad de enfriamiento a temperatura de recocido constante (750°C) mantenida durante 20 segundos.

Tal como se puede observar en la Figura 3, a 10% de alargamiento en la segunda laminación en frío, la resistencia máxima a la rotura R_m del acero es igual a aproximadamente 520 MPa si la velocidad de enfriamiento es igual a 100°C/s, mientras que no alcanza más de 440 MPa si la velocidad de enfriamiento es igual a 50°C/s.

45 Por lo tanto, se puede realizar un acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio cuyo valor de R_m es igual a 520 MPa con solamente 10% de alargamiento en la segunda laminación en frío si la velocidad de enfriamiento es igual a 100°C/s, mientras que se debe efectuar una segunda laminación en frío con una tasa de alargamiento de 25% si la velocidad de enfriamiento no es más que 50°C/s.

50 Esta tan baja tasa de alargamiento en la segunda laminación en frío permite degradar menos la ductilidad del acero. Así, se observa en la Figura 4 que el acero cuya R_m es igual a 520 MPa presenta una ductilidad A% igual a 14 cuando la velocidad de enfriamiento es igual a 100°C/s, mientras que es igual a 3,5 cuando la velocidad de enfriamiento es igual a 50°C/s.

Esta constatación es igualmente válida para la dureza del acero. Tal como se observa en la Figura 5, para la misma tasa de alargamiento en la segunda laminación en frío, la dureza del acero aumenta si la velocidad de enfriamiento

es igual a 100°C/s. Este aumento de la dureza es debido a un contenido en carbono libre más elevado y/o a la presencia de precipitados finos y dispersos.

Tal como se puede observar en la Figura 6, para un acero recocido durante 20 segundos a 750°C y enfriado con una velocidad de enfriamiento igual a 100°C/s luego laminado en frío con una tasa de alargamiento igual a 10%, la resistencia máxima a la rotura Rm aumenta si se efectúa un tratamiento térmico a baja temperatura después del recocido a alta temperatura. Así, por ejemplo, para el acero A, el tratamiento térmico a 150°C permite aumentar el valor de Rm en aproximadamente 50 MPa con una tasa de laminación en frío secundaria igual a 10% con respecto al mismo acero que no haya sido sometido a tratamiento térmico a baja temperatura y que haya sido sometido a una laminación en frío secundaria con una tasa de alargamiento igual a 18% (Rm = 520 MPa sin tratamiento térmico a baja temperatura después del recocido a alta temperatura, y Rm = 490 MPa después del tratamiento térmico a 150°C).

Se constata en esta Figura que la resistencia máxima a la rotura Rm disminuye cuando la temperatura del tratamiento térmico supera 300°C. Por ejemplo, después del tratamiento térmico a 350°C, el valor de Rm es solamente igual a una media de 450 MPa, lo que representa una disminución de 20 MPa con respecto al mismo acero obtenido sin tratamiento térmico a baja temperatura, a diferencia de la tasa de alargamiento durante la laminación en frío secundaria que es parecida. Esta disminución de Rm con la temperatura del tratamiento térmico es debida a una precipitación del carbono en forma de cementita.

Tal como se observa en la Figura 7, el tratamiento térmico a baja temperatura permite igualmente aumentar la tasa de alargamiento A%, que pasa así de 4,8% a una media de 9%, y en iguales condiciones por lo demás.

Incidencia de la deformación plástica de alargamiento

Es posible desarrollar aún más el fenómeno de endurecimiento del acero efectuando, después del enfriamiento rápido de la banda y antes del tratamiento térmico a baja temperatura, una operación de deformación plástica de alargamiento de la banda con una tasa de alargamiento comprendida entre 1 y 5%.

Esta deformación plástica crea dislocaciones sobre las cuales se van a formar, durante el tratamiento térmico a baja temperatura, atmósferas de COTTRELL, es decir, acumulaciones de átomos de carbono y de nitrógeno libres alrededor de las dislocaciones provocadas por la deformación plástica, y/o carburos épsilon. Así, a continuación del tratamiento térmico a baja temperatura, las dislocaciones provocadas por la deformación del material serán inmovilizadas o ancladas por estas atmósferas de COTTRELL lo que tiene como efecto un endurecimiento del acero.

Tal como se observa en la Figura 8, con tasa de alargamiento total idéntica, la resistencia a la rotura Rm del acero A aumenta significativamente si se efectúa una pequeña deformación plástica de alargamiento, entre el recocido a alta temperatura y el tratamiento térmico a baja temperatura. Por ejemplo, se observa que para una tasa de alargamiento total igual a 15% realizada en una sola vez después del tratamiento térmico a baja temperatura, el valor Rm es igual a 645 MPa. En cambio, si se efectúa una deformación plástica intermedia con una tasa de alargamiento igual a 3%, la tasa de alargamiento total permanece igual a 15% (lo que significa que se disminuye la tasa de alargamiento durante la laminación en frío secundaria), el valor de Rm es igual a 675 MPa.

Esta deformación plástica intermedia de alargamiento se puede efectuar por aplanamiento bajo tracción o por laminación.

Los análisis micrográficos de las muestras han permitido la constatación de que el número de granos por mm² es más alto (superior a 20.000), y que los carburos, cuando se forman son cementita intergranular.

Así, este procedimiento de fabricación permite la realización de un acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio para envasado, que incluye, en peso, entre 0,022 y 0,035% de carbono, entre 0,15 y 0,25% de manganeso, entre 0,040 y 0,070% de aluminio, entre 0,0035 y 0,0060% de nitrógeno, siendo el resto hierro e impurezas residuales inevitables, que presenta en estado envejecido una tasa de alargamiento A% que cumple la relación:

$$(670 - Rm)/14 \leq A\% \leq (720 - Rm)/17$$

siendo Rm la resistencia máxima a la rotura, del acero, expresada en MPa.

Los efectos del procedimiento según la invención (tratamiento térmico a baja temperatura después del enfriamiento rápido) son igualmente visibles para aceros cuyo contenido en carbono es superior a 0,040%. Típicamente, este es el caso de los aceros utilizados para aplicaciones que no necesitan una embutición severa, por ejemplo, para realizar cuerpos de botes de tres piezas o fondos de botes. El contenido en carbono de estos aceros está generalmente comprendido entre 0,040 y 0,080%.

REIVINDICACIONES

- 1.- Procedimiento de fabricación de una banda de acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio para envasado, en el cual:
- 5 - se abastece una banda de acero laminada en caliente que incluye, en peso, entre 0,022 y 0,035% de carbono, entre 0,15 y 0,25% de manganeso, entre 0,040 y 0,070% de aluminio, entre 0,0035 y 0,0060% de nitrógeno, siendo el resto hierro e impurezas residuales inevitables,
- se efectúa una primera laminación en frío de la banda,
- se somete la banda laminada en frío a un recocido,
- se efectúa eventualmente una laminación en frío secundaria,
- 10 caracterizado porque el recocido es un recocido continuo cuyo ciclo incluye:
- un aumento de temperatura hasta una temperatura superior a la temperatura de iniciación de la transformación perlítica A_{c1} ,
- un mantenimiento de la banda por encima de esta temperatura durante un tiempo superior a 10 segundos,
- un enfriamiento rápido de la banda hasta una temperatura inferior a 100°C a una velocidad de enfriamiento comprendida entre 100°C por segundo y 500°C por segundo,
- 15 - un tratamiento térmico a baja temperatura comprendida entre 100°C y 300°C durante un tiempo superior a 10 segundos,
- y un enfriamiento hasta la temperatura ambiente.
- 20 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque, después del enfriamiento rápido de la banda y antes del tratamiento térmico a baja temperatura, se efectúa una operación de deformación plástica de alargamiento de la banda con una tasa de alargamiento comprendido entre 1 y 5%.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se mantiene la banda durante el recocido a una temperatura comprendida entre A_{c1} °C y 800°C, durante un tiempo de 10 segundos a 2 minutos.
- 25 4.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se mantiene la banda durante el tratamiento térmico a baja temperatura comprendida entre 100°C y 300°C, durante un tiempo comprendido entre 10 segundos y 2 minutos.
- 5.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la operación de deformación plástica de alargamiento de la banda se efectúa por aplanamiento bajo tracción.
- 30 6.- Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque la operación de deformación plástica de alargamiento de la banda se efectúa por laminación.
- 7.- Chapa de acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio para envasado, que incluye, en peso, entre 0,022 y 0,035% de carbono, entre 0,15 y 0,25% de manganeso, entre 0,040 y 0,070% de aluminio, entre 0,0035 y 0,0060% de nitrógeno, siendo el resto hierro e impurezas residuales inevitables, fabricada según el procedimiento de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque presenta en estado envejecido una tasa de alargamiento A% que cumple la relación:
- 35
$$(670 - R_m)/14 \leq A\% \leq (720 - R_m)/17$$
- siendo R_m la resistencia máxima a la rotura, del acero, expresada en MPa.
- 8.- Chapa de acero según la reivindicación 7, caracterizada porque el acero incluye atmósferas de COTTRELL y/o de carburos épsilon precipitados a baja temperatura, y presenta un número de granos por mm^2 superior a 20.000.

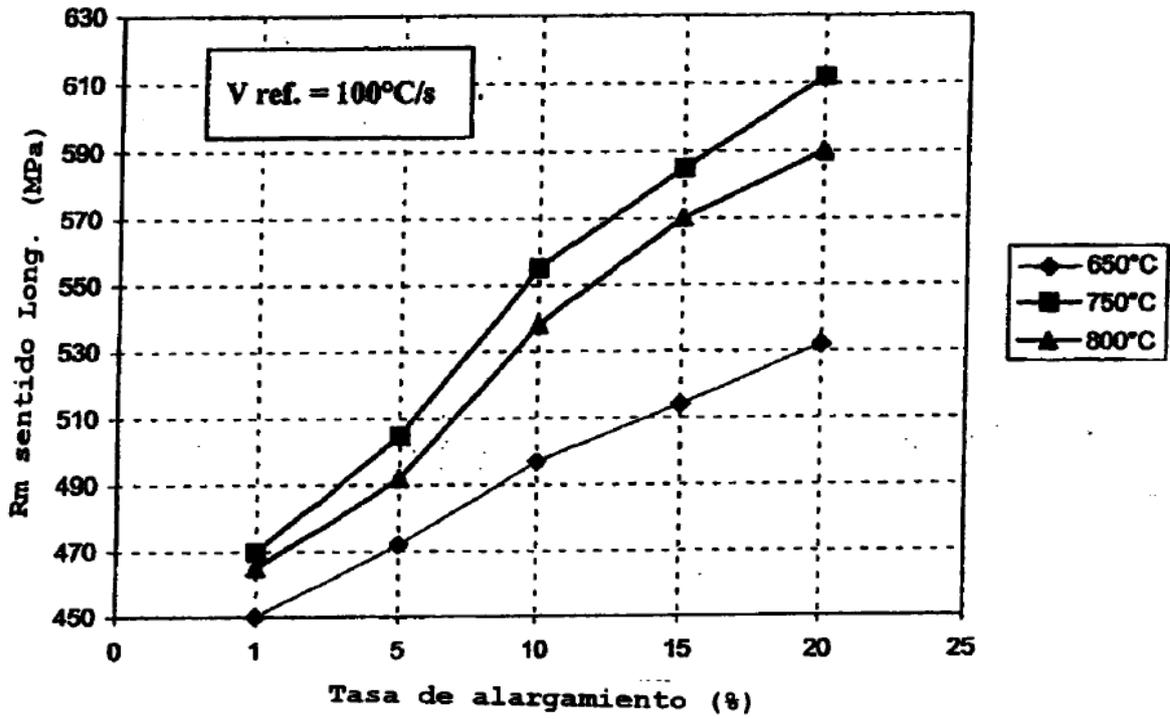


FIG. 1

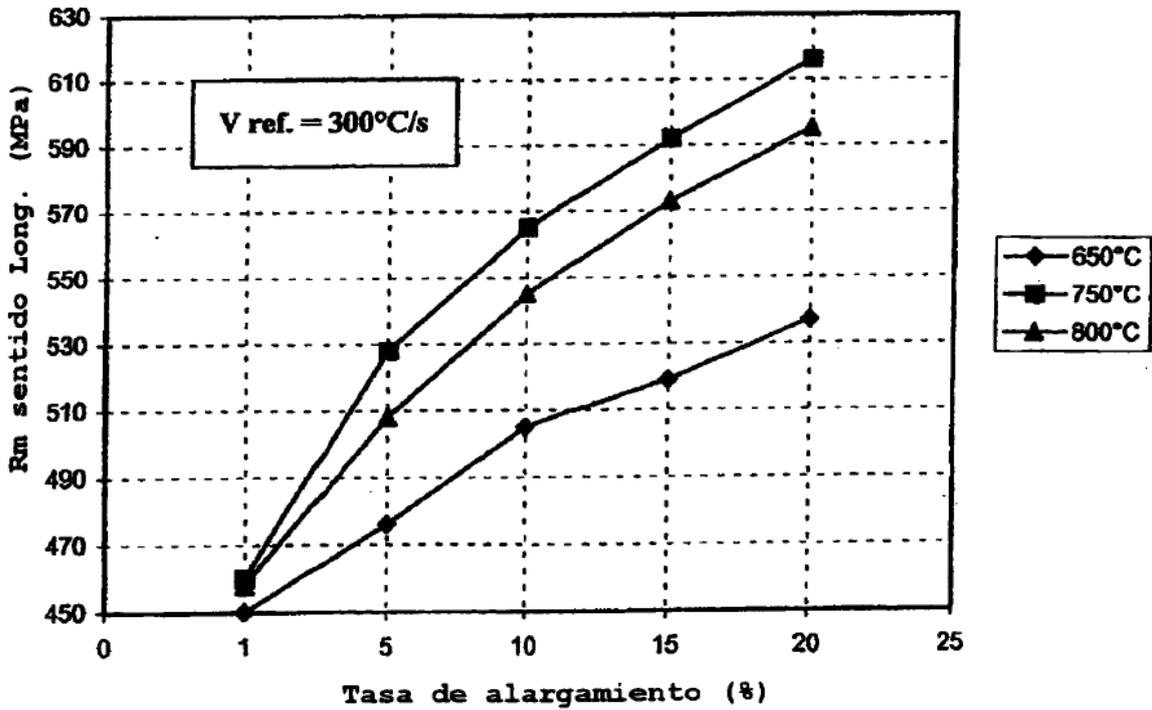


FIG. 2

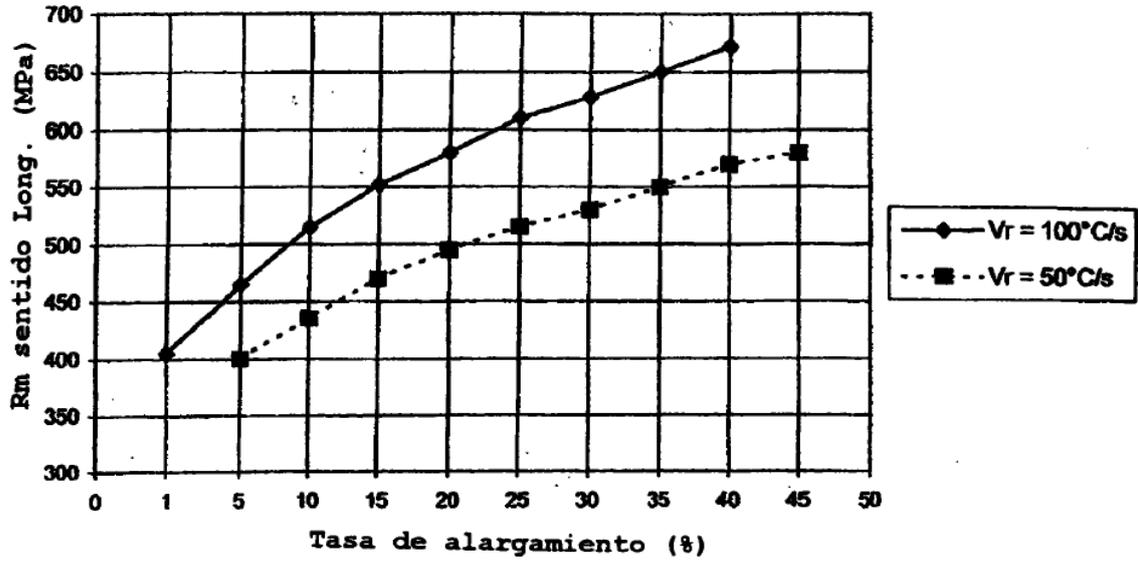


FIG. 3

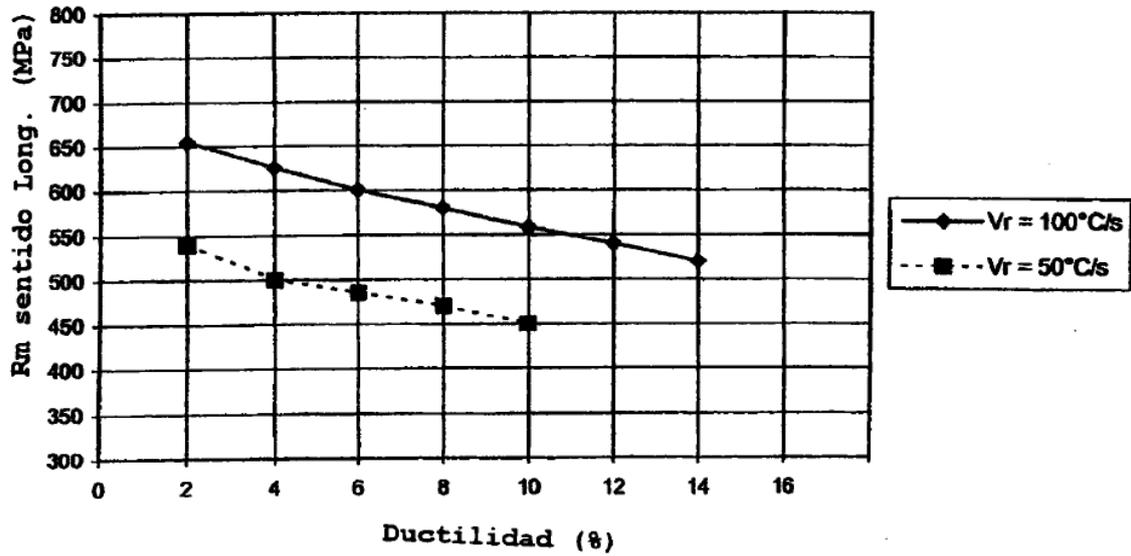


FIG. 4

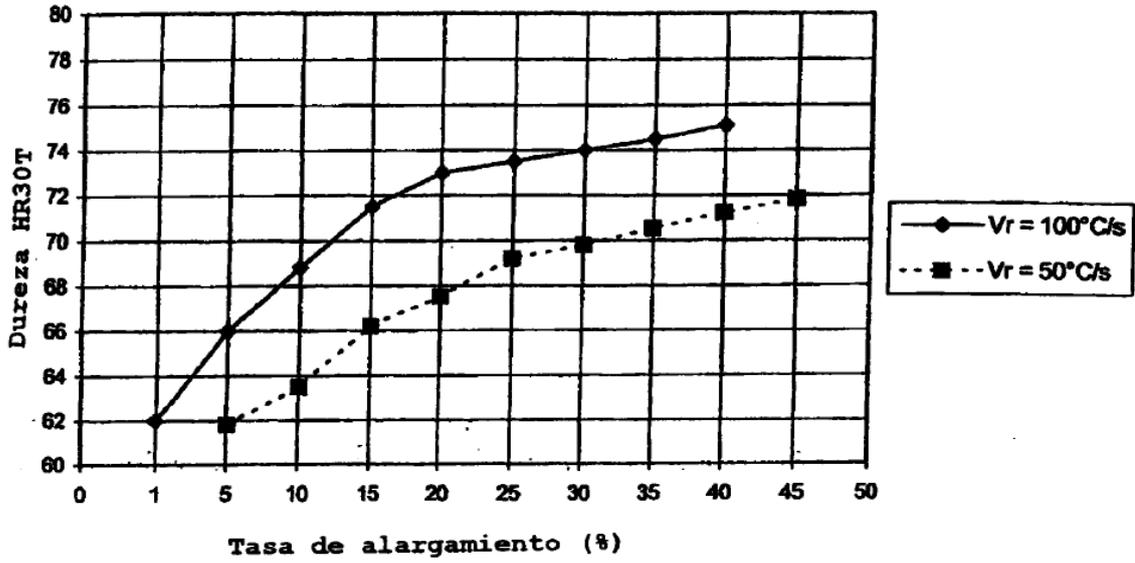
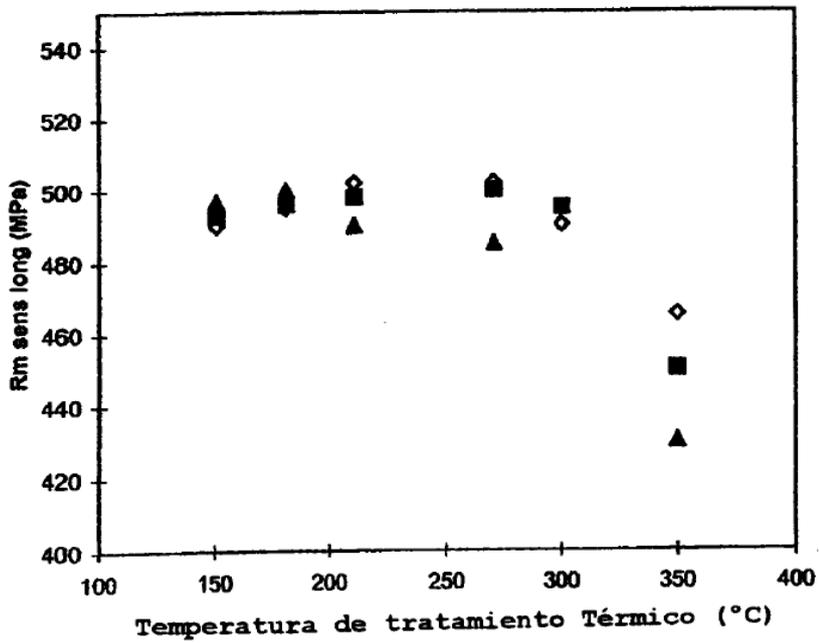


FIG. 5



◇ Mantenimiento: 15 s
 ■ Mantenimiento: 30 s
 ▲ Mantenimiento: 60 s

FIG. 6

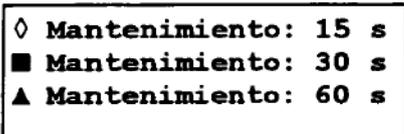
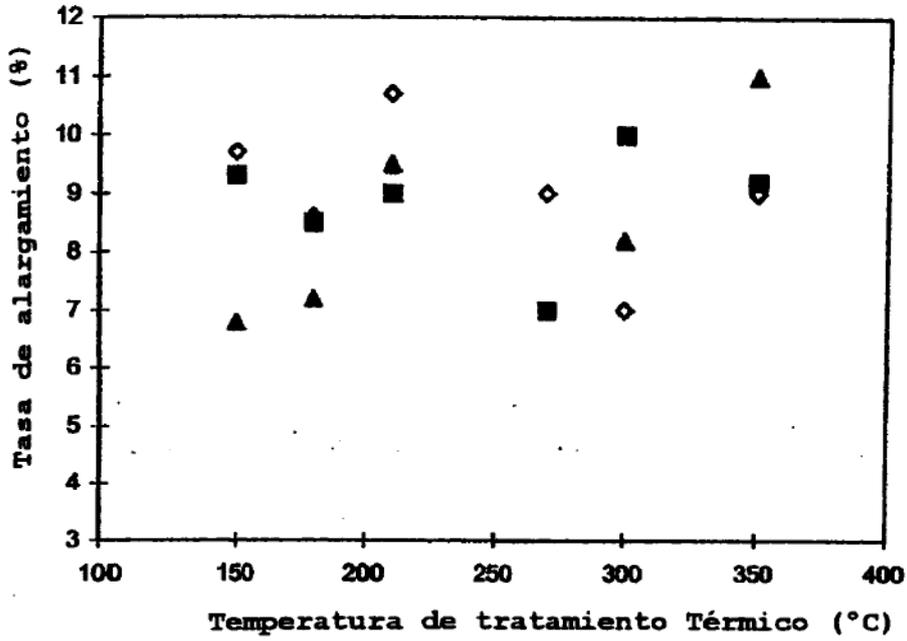


FIG. 7

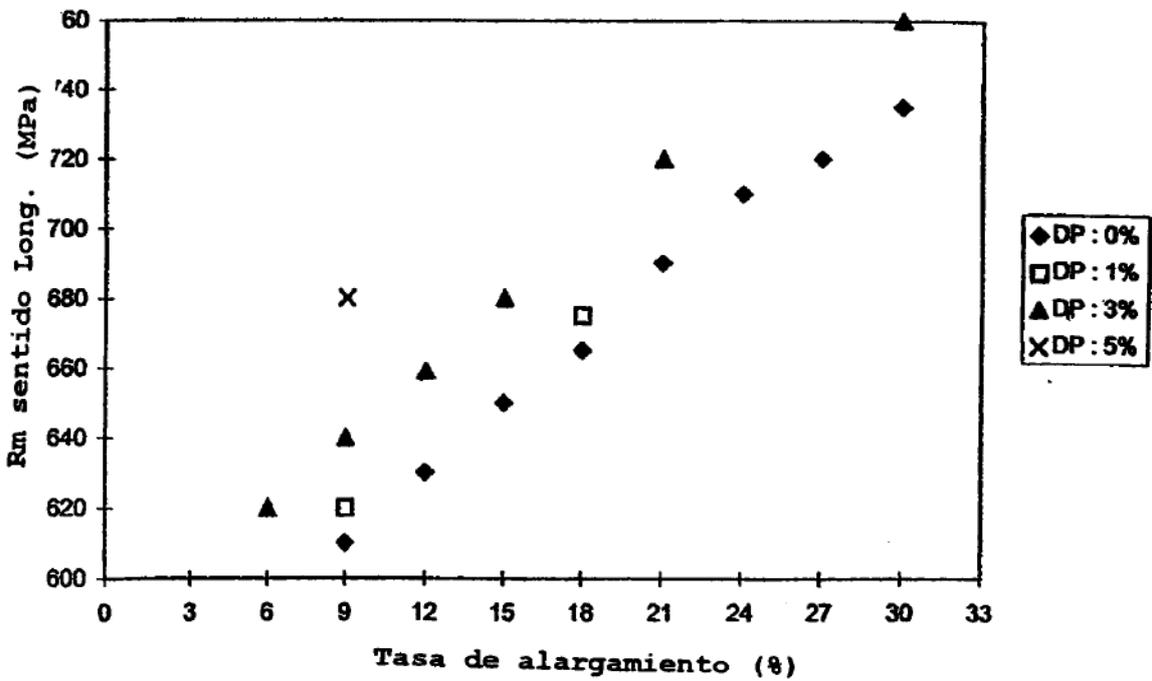


FIG. 8