

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 182 762**

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 00401868 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea modificada tras oposición: **13.01.2016 EP 1065285**

54

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

30

Prioridad:

01.07.1999 FR 9908414

45

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

06.05.2016

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 2 182 762 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
20 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.

25 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 resistencia máxima muy alta 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 0,015% 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°C 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 solicitud de patente inglesa nº 2.086.425 muestra un procedimiento de fabricación de una chapa de acero laminada en frío que presenta una aptitud a la embutición profunda y una resistencia al envejecimiento excelente en el cual se fabrica un lingote aplastado que contiene de 0,01 a 0,03% de carbono, de 0,05 a 0,30% de manganeso, de 0,020 a 0,100% de aluminio soluble, no más de 0,0050% de nitrógeno siendo el resto hierro e impurezas inevitables; se lamina en caliente el lingote aplastado, se lamina en frío después del bobinado el acero laminado en caliente y, en una línea de recocido en continuo, se mantiene el acero a una temperatura comprendida entre los puntos de transformación A_1 y A_3 durante más de 10 segundos, se enfría a partir de temperaturas superiores a 650°C a una velocidad de enfriamiento superior a 200°C por segundo y se efectúa un envejecimiento acelerado manteniéndole a temperaturas comprendidas entre 300°C y 500°C durante más de 30 segundos.

15 La presente invención tiene como objetivo proponer una chapa de acero de bajo contenido en carbono calmado con aluminio para envasado que presenta, 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.

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:

20 - 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,

25 - 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 , un mantenimiento de la banda por encima de esta temperatura durante un tiempo superior a 10 segundos y un enfriamiento rápido de la banda hasta una temperatura inferior a 350°C a una velocidad de enfriamiento comprendida entre 100 y 500 °C/s.

30 Según otras características del procedimiento según la invención:

- 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;

- la banda se enfría a una velocidad superior a 100°C por segundo hasta la temperatura ambiente.

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

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

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

Según otras características de la chapa, el acero incluye carbono en estado libre y/o algunos carburos precipitados a baja temperatura, y presenta un número de granos por mm^2 superior a 20.000.

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

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

50 La Figura 4 es un diagrama que muestra la influencia de la velocidad de enfriamiento sobre la resistencia máxima a la rotura R_m 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.

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.

5 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) | T red. (%) | 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 |

10 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.

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

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 y las tasas de alargamiento en la segunda laminación han variado de 1% a 42%.

20 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.

25 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.

30 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 operación 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

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

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:

40 - 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;

45 - 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%.

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%.

5 Incidencia de las condiciones de desnaturalización en caliente

Los aceros de bajo contenido en carbono calmados con aluminio recocidos en continuo están 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:

10 - 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 reprobatorio tanto en chapa en caliente como en chapa en frío.

15 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%.

20 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.

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.

25 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».

30 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).

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

40 Durante el mantenimiento de la banda a una temperatura superior a 720°C, se forma austenita, rica en carbono. El enfriamiento rápido de esta austenita permite mantener una cierta cantidad de carbono y en estado libre y/o una precipitación de carburos a baja temperatura, finos y dispersos. Este carbono en estado libre y/o estos carburos formados a baja temperatura favorecen el bloqueo de las dislocaciones, lo que permite alcanzar altos niveles de características mecánicas sin necesitar una reducción importante durante la segunda laminación en frío que sigue.

45 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 350°C. Si el enfriamiento rápido se detiene antes de 350°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.

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.

50 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 .

Se constata en estas Figuras un claro aumento de Rm 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.

5 Sin embargo, esta influencia de la temperatura de recocido sobre la resistencia máxima a la rotura Rm 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.

10 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 Rm. 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 Rm entre la muestra recocida a 750°C y la muestra recocida a 800°C.

15 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 0,020 y 0,035% y un mantenimiento más allá de 2 minutos, aunque posible, es inútil y costoso.

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

20 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 Rm 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.

Por lo tanto, se puede realizar un acero de contenido bajo en carbono calmado con aluminio cuyo valor de Rm 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.

25 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 Rm 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.

30 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.

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.

35 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:

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

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

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 que corresponde al eutectoide del acero, un mantenimiento de la banda por encima de esta temperatura durante un tiempo superior a 10 segundos y un enfriamiento rápido de la banda hasta una temperatura inferior a 350°C a una velocidad de enfriamiento comprendida entre 100°C por segundo y 500°C por segundo.
- 15 2.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se mantiene la banda durante el recocido a una temperatura comprendida entre 720°C y 800°C, durante un tiempo de 10 segundos a 2 minutos.
- 3.- Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se enfría la banda a una velocidad superior a 100°C por segundo hasta la temperatura ambiente.
- 20 4.- 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 3, caracterizado porque presenta en estado envejecido una tasa de alargamiento A% que cumple la relación:
- $$(670 - R_m)/14 \leq A\% \leq (720 - R_m)/17$$
- 25 siendo R_m la resistencia máxima a la rotura, del acero, expresada en MPa.
- 5.- Chapa de acero según la reivindicación 4, caracterizada porque el acero incluye carbono en estado libre y/o algunos carburos precipitados a baja temperatura, y presenta un número de granos por mm² superior a 20.000.

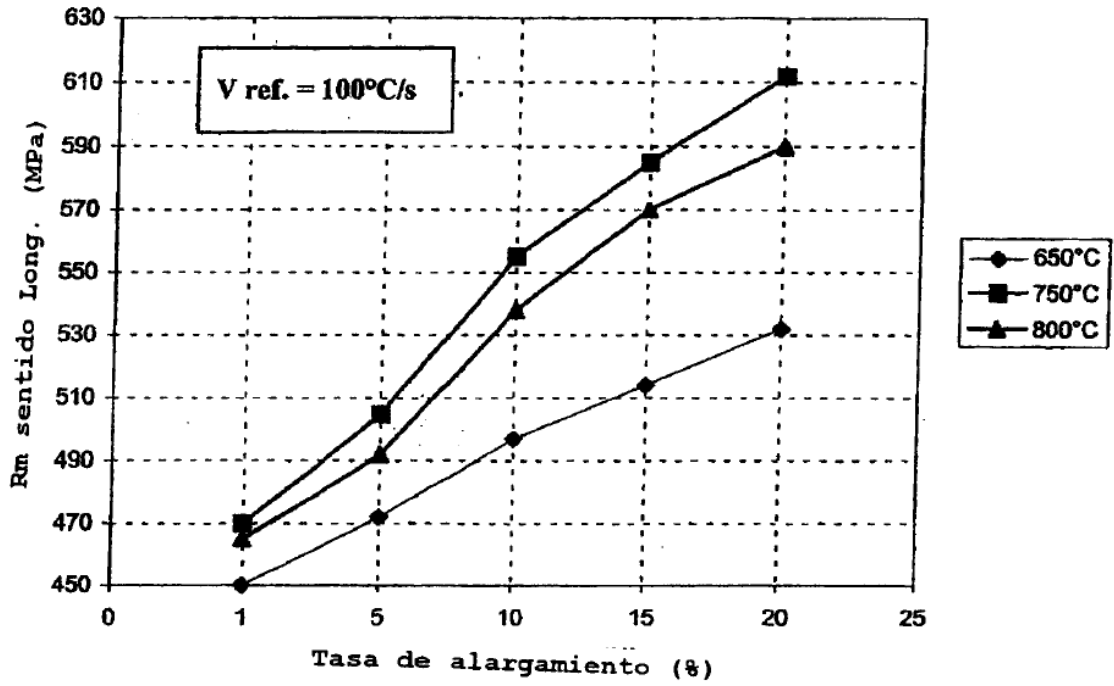


FIG. 1

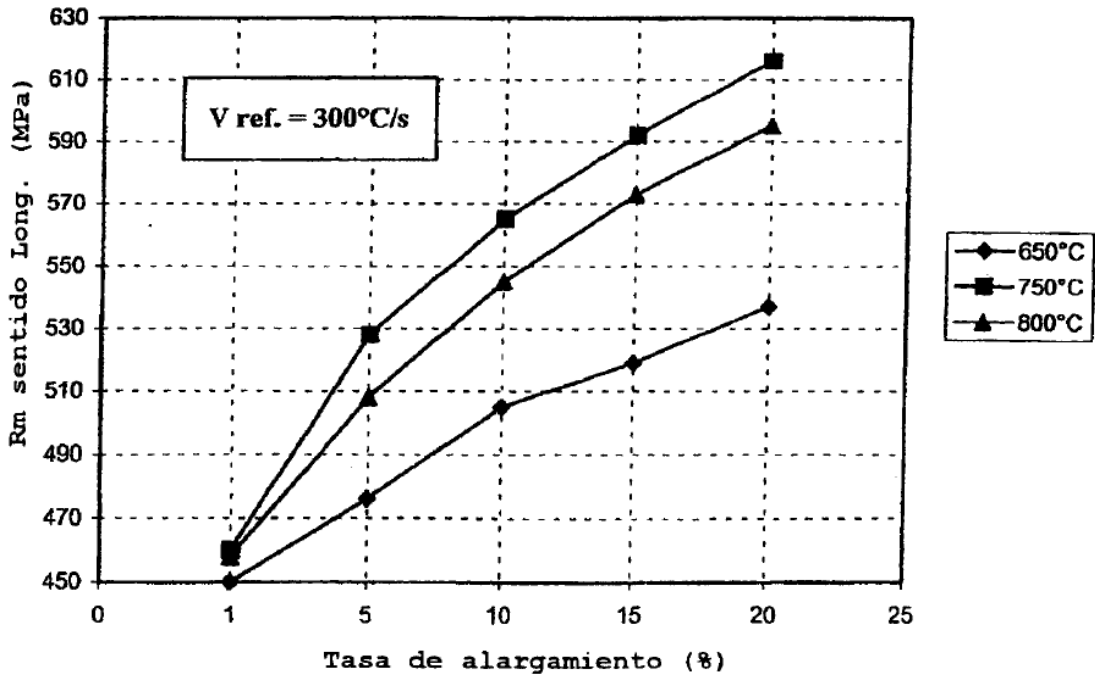


FIG. 2

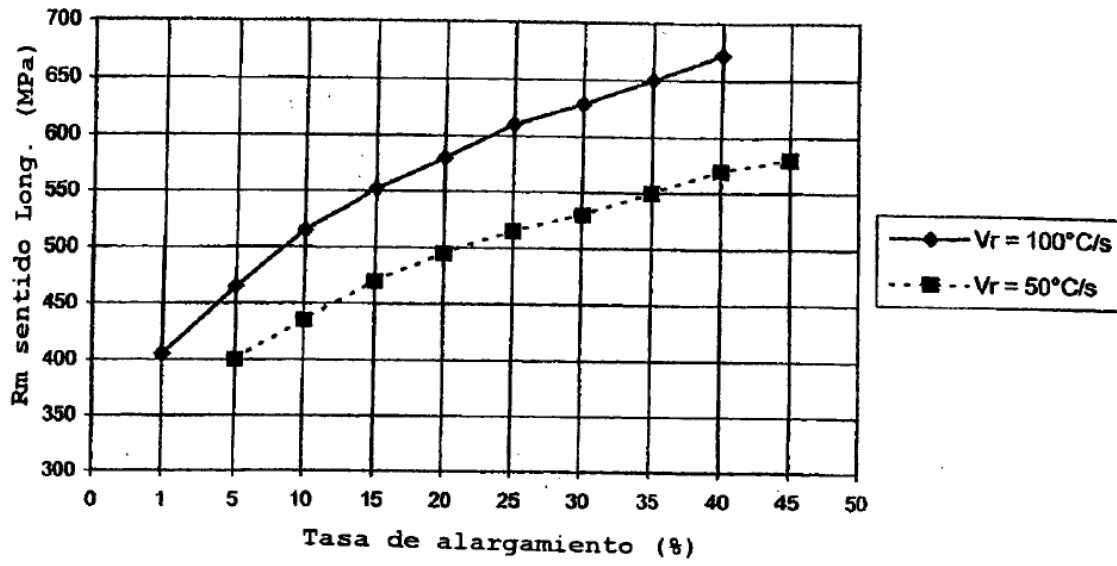


FIG. 3

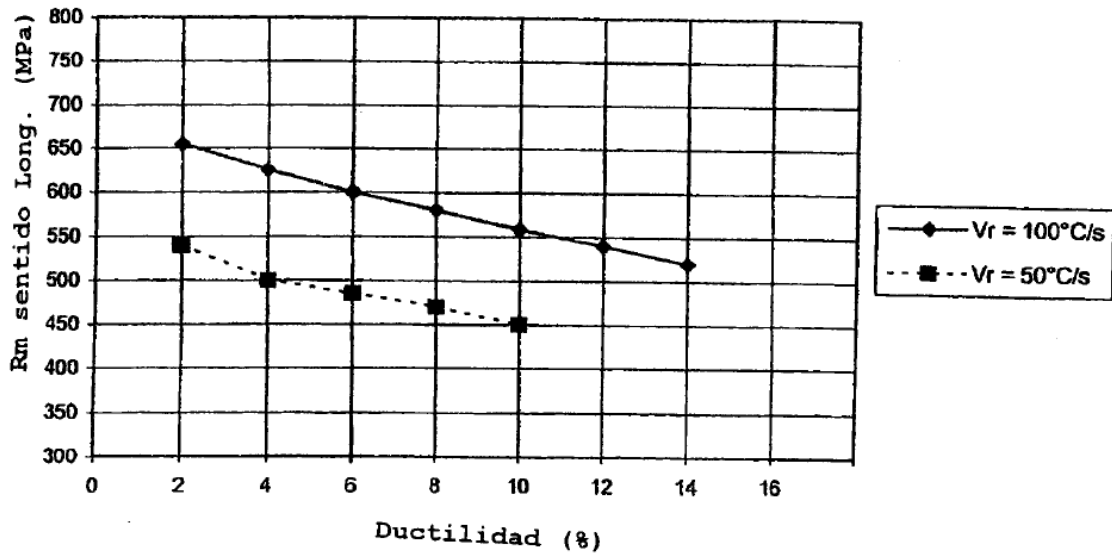


FIG. 4

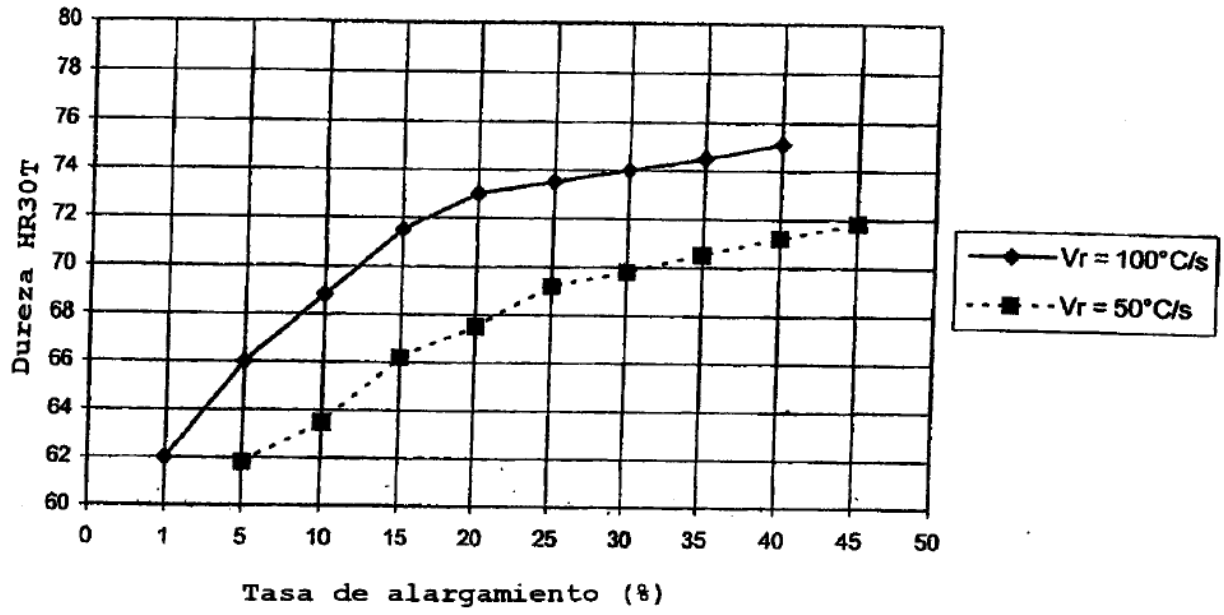


FIG. 5