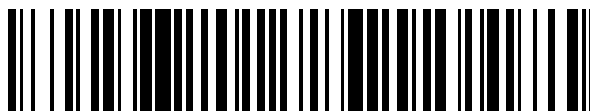


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 530 066**

51 Int. Cl.:

C21D 6/00 (2006.01)

C23C 2/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.05.2004** **E 04752656 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.11.2014** **EP 1682686**

54 Título: **Banda de acero de fase dual para galvanizado**

30 Prioridad:

04.11.2003 WO PCT/US03/35095

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

26.02.2015

73 Titular/es:

**UEC TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
600 GRANT STREET
PITTSBURGH, PENNSYLVANIA 15219, US**

72 Inventor/es:

HOYDICK, DAVID P.

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 530 066 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Banda de acero de fase dual para galvanizado

Campo técnico

- 5 Una banda de acero galvanizado de fase dual es fabricada utilizando un perfil térmico que implica una secuencia de termotratamiento inicial isotérmica de dos capas y retención. La banda está a una temperatura próxima a la del metal fundido cuando entra en el baño de revestimiento.

Antecedentes de la invención

- 10 Antes de la presente invención, el procedimiento de galvanizado por medio del cual se trata térmicamente y se reviste con metal una banda de acero se ha llegado a conocer bien y se ha desarrollado en gran medida. Generalmente, se calienta una chapa de acero laminada en frío en un régimen intercrítico (entre Ac_1 y Ac_3) para formar algo de austenita y posteriormente se enfría de manera que parte de la austenita se transforme en martensita, dando como resultado una microestructura de ferrita y martensita. Los elementos de aleación tales como Mn, Si, Cr y Mo se encuentran presentes en el acero para contribuir a la formación de martensita. Se han seguido diversos procedimientos particulares para lograrlo, uno de los cuales se describe por parte de Omiya y col. en la
- 15 patente de Estados Unidos 6.312.536. En la patente de Omiya y col., se usa una chapa de acero laminada en frío como base para el galvanizado por inmersión en caliente, presentando la chapa de acero una composición particular que se dice que resulta beneficiosa para la formación, en las condiciones del procedimiento, de una microestructura formada principalmente por ferrita y martensita. La patente de Omiya y col. describe un producto galvanizado de fase dual.

- 20 De acuerdo con la patente de Omiya y col., se fabrica una chapa de acero galvanizado de fase dual por medio de termotratamiento inicial de la chapa de acero laminada en frío a una temperatura de 780 °C (1436 °F) o más, normalmente durante 10 a 40 segundos, y posteriormente se enfría a una tasa de al menos 5 °C por segundo, más comúnmente de 20-40 °C por segundo, antes de la introducción en el baño de galvanizado, que está a una temperatura de 460 °C (860 °F). El acero, de acuerdo con la patente de Omiya y col., debería tener una composición como se muestra a continuación, en porcentaje en peso:

- 25 Carbono: 0,02-0,20 Aluminio: 0,010-0,150
 Titanio: 0,01 máximo Silicio: 0,04 máximo
 Fósforo: 0,060 máximo Azufre: 0,030 máximo
 Manganeso: 1,5-2,40 Cromo: 0,03-1,50
- 30 Molibdeno: 0,03-1,50 con la condición de que las cantidades de manganeso, cromo y molibdeno deben cumplir la relación:
 $3Mn + 6Cr + Mo$: 8,1 % máximo, y
 $Mn + 6Cr + 10 Mo$: al menos 3,5 %.

- 35 La patente de Omiya y col. es muy clara en el sentido de que se lleva a cabo una etapa de tratamiento térmico inicial (termotratamiento inicial) a una temperatura de al menos 780 °C (1436 °F). Véase columna 5, líneas 64-67; columna 6, líneas 2-4: "Con el fin de obtener la microestructura deseada y lograr la aptitud de conformación estable, es necesario calentar la chapa de acero a 780 °C o más, que es más elevada que el punto Ac_1 en aproximadamente 50 °C... El calentamiento debería continuar durante más de 10 segundos para obtener la microestructura deseada de ferrita + austenita". Posteriormente, la descripción del procedimiento continúa diciendo que se enfría la chapa de
- 40 acero hasta la temperatura del baño de metalizado (normalmente 440-470 °C, o 824-878 °F) a una tasa media de enfriamiento mayor de 1°C/segundo, y se continua con el baño de metalizado. Tras el metalizado, un enfriamiento a una tasa de al menos 5 °C/segundo proporciona la microestructura deseada de predominantemente ferrita y martensita. Opcionalmente, se puede calentar la chapa metalizada antes del enfriamiento, en un procedimiento de formación de aleación (con frecuencia denominado galvarecocido) tras el revestimiento del metal pero antes del
- 45 enfriamiento final.

- Omiya y col. no aprecian que sea posible lograr un producto de fase dual sin las temperaturas elevadas de su etapa de termotratamiento inicial, o que una etapa de retención particular tras la termotratamiento inicial a baja temperatura puede facilitar la formación de la microestructura deseada. Los documentos US-B 6 440 584 y US-B 6 586 117 hacen referencia a aceros galvanizados por inmersión en caliente que se caracterizan por una estructura de
- 50 ferrita y martensita de fase dual para la industria de automoción.

Sumario de la invención

- El inventor ha encontrado, al contrario que la cita anteriormente mencionada en la patente de Omiya y col., que no solo no es necesario mantener la temperatura inicial de tratamiento térmico en 780 °C (1436 °F) o más, sino que se puede conseguir la microestructura deseada de fase dual manteniendo la temperatura durante un tratamiento
- 55 térmico inicial (termotratamiento inicial) dentro del intervalo de $Ac_1 + 45$ °F (7,2 °C), pero al menos 1340 °F (727 °F), hasta $Ac_1 + 135$ °F (57,2 °C), pero no más de 1425 °F (775 °C). No es necesario mantener la temperatura en 780 °C o más, al contrario que la patente de Omiya y col., con la condición de que se siga el resto del procedimiento del

inventor. Por motivos de conveniencia en lo que sigue, el tratamiento térmico inicial del inventor se denominará "termotratamiento inicial". No obstante, el procedimiento del inventor no se basa únicamente en una baja temperatura de termotratamiento inicial en comparación con Omiya y col.; sino que por el contrario, la temperatura de termotratamiento inicial de ($Ac_1 + 45\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$)) hasta $1425\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($773,9\text{ }^{\circ}\text{C}$), normalmente $1340\text{--}1420\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($726,7\text{--}771,1\text{ }^{\circ}\text{C}$), se debe acoplar con un tratamiento térmico sustancialmente isotérmico posterior, denominado etapa de retención, dentro del intervalo de $850\text{--}920\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($454\text{--}493\text{ }^{\circ}\text{C}$). En la etapa de retención, se mantiene la chapa a $850\text{--}920\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($454\text{--}493\text{ }^{\circ}\text{C}$), en ocasiones expresado en el presente documento como $885\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 35\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($473,9 \pm 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), durante un período de 20 a 100 segundos, antes de enfriar hasta temperatura ambiente. El enfriamiento hasta temperatura ambiente se debería llevar a cabo a una tasa de al menos $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ por segundo. Es importante apreciar, una vez más, que la patente de Omiya y col. no comenta nada sobre una etapa de retención a ninguna temperatura o durante ningún tiempo en el procedimiento térmico. Además, en el trabajo del inventor se ha mostrado que si se somete a termotratamiento inicial un acero como el que se define en la patente de Omiya y col. en el intervalo de termotratamiento inicial elevado definido por Omiya (por ejemplo $1475\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($801,7\text{ }^{\circ}\text{C}$)) y posteriormente se procesa a través de un ciclo térmico incluyendo una etapa de retención como se describe en el presente documento ($850\text{--}920\text{ }^{\circ}\text{F}$), el acero resultante no adquiere la microestructura predominantemente deseada de ferrita-martensita sino que contiene una cantidad importante de bainita y/o perlita.

El inventor expresa el límite inferior de temperatura de la etapa de termotratamiento inicial como " $Ac_1 + 45\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$)", pero al menos $1340\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($727\text{ }^{\circ}\text{C}$), debido a que prácticamente todos los aceros de Composición A tienen un Ac_1 de al menos $1295\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($701,7\text{ }^{\circ}\text{C}$).

La chapa de acero debería tener una composición similar a la de la patente de Omiya y col.:

Carbono: 0,02-0,20	Aluminio: 0,010-0,150
Titanio: 0,01 máximo	Silicio: 0,04 máximo
Fósforo: 0,060 máximo	Azúfre: 0,030 máximo
Manganeso: 1,5-2,40	Cromo: 0,03-1,50
Molibdeno: 0,03-1,50	

con la condición de que las cantidades de manganeso, cromo y molibdeno puedan cumplir la relación:

$Mn + 6Cr + 10Mo$: al menos 3,5 %.

Para los fines del inventor, el contenido de silicio puede ser de hasta un 0,5 %, y, preferentemente, el contenido de carbono es de un 0,03-0,12 %, aunque también se puede usar el intervalo de carbono de Omiya y col. Se puede hacer referencia a esta composición, modificada, en lo sucesivo como Composición A.

De este modo, la invención del inventor es un procedimiento de preparación de una chapa de acero de fase dual que comprende sumergir una chapa de acero a una temperatura dentro del intervalo de $Ac_1 + 45\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), pero al menos $1340\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($727\text{ }^{\circ}\text{C}$), hasta $Ac_1 + 135\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($57,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), pero no más de $1425\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($775\text{ }^{\circ}\text{C}$), durante un período de 20 a 90 segundos, enfriar la chapa a una tasa no menor de $1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{segundo}$ hasta una temperatura de $454\text{--}493\text{ }^{\circ}\text{C}$, y mantener la chapa a las temperaturas dentro del intervalo de $850\text{--}920\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($454\text{--}493\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante un período de 20 a 100 segundos. La etapa de retención puede ser anterior a la inmersión en caliente o puede comenzar con la inmersión en caliente, ya que el recipiente de galvanizado está a una temperatura también dentro del intervalo de $454\text{--}493\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($850\text{--}920\text{ }^{\circ}\text{F}$). Inmediatamente después de la etapa de retención, se haya galvanizado el acero o no, se puede enfriar la chapa hasta temperatura ambiente a una tasa de al menos $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{segundo}$. Alternativamente, una vez que se ha revestido la chapa, se puede someter la chapa a galvarecocido de forma convencional - es decir, se calienta la chapa durante aproximadamente 5-20 segundos hasta una temperatura normalmente no mayor de aproximadamente $960\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($515,6\text{ }^{\circ}\text{C}$), y posteriormente se enfría a una tasa de al menos $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{segundo}$. Los ciclos térmicos de galvanizado y galvarecocido se muestran en la **Figura 6** a modo de comparación.

La etapa real de inmersión en caliente se lleva a cabo de manera más o menos convencional - es decir, se pone en contacto el acero con el metal de galvanizado durante aproximadamente 5 segundos; aunque un tiempo más corto puede resultar suficiente en algunos casos, se puede usar un tiempo considerablemente más prolongado aunque no cabe esperar un resultado mejor. Generalmente, la banda de acero es de un espesor de aproximadamente 0,7 mm hasta un espesor de 2,5 mm, y normalmente el revestimiento es de aproximadamente $10\text{ }\mu\text{m}$. Tras la etapa de retención y revestimiento, se puede enfriar el acero revestido hasta temperatura ambiente como se ha descrito anteriormente o se puede someter a galvarecocido de forma convencional, como se ha descrito anteriormente. Cuando se adopta el protocolo anterior, se obtiene un producto que tiene la microestructura que comprende principalmente ferrita y martensita.

Comercialmente, resulta común llevar a cabo el galvanizado por inmersión en caliente sustancialmente de forma continua por medio del uso de rollos de banda de acero, normalmente de 1000 a 6000 pies de largo (de 305,8 a 1828,8 m). La invención del inventor permite un control más apropiado con respecto al procedimiento no solo porque la etapa de termotratamiento inicial tiene lugar a una temperatura baja, sino también porque la banda se pueden mantener más fácilmente a la misma temperatura que el recipiente de inmersión en caliente que entra y sale, con escasa consideración sobre la transferencia de calor que tiene lugar entre la banda de acero y el recipiente de cinc que podría calentar el cinc fundido y limitar la producción.

Como se aplica específicamente, a una línea continua de galvanizado de bandas de acero, que incluye una instalación de alimentación de bandas y un baño de galvanizado, la invención del inventor comprende alimentar un rollo de banda de acero laminada en frío de Composición A en una zona de calentamiento en la línea de galvanizado, hacer pasar la banda a través de una zona de calentamiento de forma continua para calentar la banda a una temperatura dentro del intervalo de $Ac_1 + 45\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), pero al menos $1340\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($727\text{ }^{\circ}\text{C}$), hasta $Ac_1 + 135\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($57,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), pero no más de $1425\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($775\text{ }^{\circ}\text{C}$), hacer pasar la banda a través de una zona de termotratamiento inicial para mantener la banda a una temperatura dentro del intervalo de $Ac_1 + 45\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), pero al menos $1340\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($727\text{ }^{\circ}\text{C}$), hasta $Ac_1 + 135\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($57,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), pero no más de $1425\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($775\text{ }^{\circ}\text{C}$), durante un período de 20 a 90 segundos, hacer pasar la banda a través de una zona de enfriamiento para enfriarlo a una tasa mayor de $1\text{ }^{\circ}\text{C/segundo}$, interrumpir el enfriamiento de la banda cuando la temperatura del mismo se ha reducido hasta una temperatura dentro del intervalo de $885\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 35\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($473,9 \pm 1,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), pero también ± 30 grados F ($-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) de la temperatura del baño de galvanizado, (preferentemente dentro de 20 grados F ($-6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) $\pm$ la temperatura del baño, y más preferentemente dentro de 10 grados F ($-12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) $\pm$ la temperatura del baño), mantener la banda a una temperatura de 30 grados F ($-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) de la temperatura del baño de galvanizado (de nuevo, preferentemente dentro de 20 grados F ($-6,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) $\pm$ la temperatura del baño, y más preferentemente dentro de 10 grados F ($-12,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) $\pm$ la temperatura del baño) durante un período de 20 a 100 segundos, hacer pasar la banda a través del baño de galvanizado, someter de forma opcional a galvarecocido la banda revestido, y enfriar la banda hasta temperatura ambiente. Normalmente, el baño de galvanizado está a aproximadamente $870\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($465,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) ($850\text{--}920\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($454,4\text{--}493,3\text{ }^{\circ}\text{C}$), y puede estar ubicado al comienzo de la zona de retención, o próximo al final de la zona de retención, o en cualquier punto de la zona de retención, o inmediatamente después de la misma. Normalmente, el tiempo de residencia del baño es de 3-6 segundos, pero puede variar bastante, en particular por arriba, quizás hasta 10 segundos. Como se ha comentado anteriormente, después de sumergir el acero en el baño de cinc y retirarlo del mismo, se puede calentar la chapa de forma convencional antes de enfriar hasta temperatura ambiente para formar un revestimiento galvarecocido, si se desea.

Ejemplo 1

Se procesaron muestras de chapa de acero, con diversas temperaturas de "termotratamiento inicial" de acuerdo con el ciclo térmico general que se muestra en la **Figura 1** - un conjunto de muestras siguió la curva ilustrada con una "retención" de 35 segundos a $880\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($471,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) y el otro conjunto de muestras se mantuvo a $880\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($471,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante 70 segundos. Las muestras eran acero laminado de en frío de composición A como se ha descrito anteriormente - en particular, el carbono fue de 0,67, Mn fue de 1,81, Cr fue de 0,18 y Mo fue de 0,19, todos en porcentaje en peso. Los otros ingredientes elementales fueron los típicos de acero reposado A1 de bajo contenido de carbono. Se variaron las temperaturas de termotratamiento inicial en incrementos de 20°F dentro del intervalo de 1330 ($721,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) a $1510\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($821,1\text{ }^{\circ}\text{C}$). Tras el enfriamiento, se determinaron las propiedades mecánicas y las microestructuras de las muestras modificadas. La **Figura 2** muestra la resistencia a la tracción final ("UTS") de los productos resultantes como función de la temperatura de termotratamiento inicial y el tiempo de retención. Para este material particular, el objetivo era un valor mínimo de UTS de 600 MPa y se logró en un intervalo de temperaturas de termotratamiento inicial de aproximadamente $1350\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($732,2\text{ }^{\circ}\text{C}$) a $1450\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($787,8\text{ }^{\circ}\text{C}$) para ambos tiempos de retención.

Un objetivo del Ejemplo 1 fue lograr una microestructura predominantemente de ferrita-martensita. La proporción de rendimiento, es decir, la proporción de límite elástico con respecto a resistencia a la tracción, es un indicativo de la presencia o ausencia de una microestructura de ferrita-martensita de fase dual. Cuando se procesa como en el Ejemplo 1, la microestructura de ferrita-martensita está indicada cuando la proporción de rendimiento es de 0,5 o menos. Si la proporción de rendimiento es mayor que aproximadamente 0,5, cabe esperar una fracción en volumen significativa de otros constituyentes perjudiciales tales como bainita, perlita y/o Fe_3C en la microestructura. La **Figura 3** muestra la proporción de rendimiento como función de la temperatura de termotratamiento inicial para las zonas de retención de 35 y 70 segundos para las muestras. Nótese que se logra una proporción de rendimiento muy baja de aproximadamente 0,45 en un intervalo de temperaturas para ambas curvas de aproximadamente $1350\text{--}1430\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($732,2\text{ }^{\circ}\text{C}\text{--}776,7\text{ }^{\circ}\text{C}$), lo que indica propiedades de fase dual óptimas en este intervalo de temperatura de termotratamiento inicial. Los análisis metalográficos de las muestras llevados a cabo sobre aceros sumergidos dentro de este intervalo de termotratamiento inicial de $1350\text{--}1430\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($732,2\text{ }^{\circ}\text{C}\text{--}776,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) confirmaron una microestructura de ferrita-martensita. La metalografía cuantitativa empleando técnicas de conteo de puntos reveló contenidos de martensita de un 14,5 y un 13,5 % respectivamente, para el acero sumergido a $1390\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($754,4\text{ }^{\circ}\text{C}$) y mantenido a $880\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($471,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante 70 y 35 segundos, sin la presencia de otros constituyentes observados en la microestructura. (Se formaron las imágenes usando una técnica de grabado de Lepera con la cual la ferrita aparece en gris claro, martensita en blanco y perlita y bainita aparecen en negro). Para temperaturas de termotratamiento inicial por debajo de aproximadamente $1350\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($732,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), como cabe esperar, el carburo de hierro (Fe_3C) permanece en la microestructura debido a una disolución insuficiente del carburo, lo cual tiene como resultado una formación limitada de martensita durante el enfriamiento.

No obstante, resulta inesperada la aparición de bainita en la microestructura cuando las temperaturas de termotratamiento inicial aumentan por encima de aproximadamente $1430\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($776,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Por ejemplo, los análisis metalográficos revelan un contenido de bainita de un 8,5 % para el acero sumergido a $1510\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($821,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) y mantenido a $880\text{ }^{\circ}\text{F}$ ($471,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante 70 segundos. Estos resultados contrastan en gran medida con los de Omiya.

De acuerdo con Omiya, es en este intervalo de temperatura de termotratamiento inicial, es decir necesariamente por encima de 1436 °F, en el que cabe esperar la microestructura de ferrita-martensita. El trabajo del inventor indica la presencia de una cantidad significativa de bainita en la microestructura cuando la temperatura de termotratamiento inicial de recocido está en el intervalo recomendado por Omiya y está presente la zona de retención en las proximidades de 880 °F (471,1 °C) en el procedimiento térmico. Para el acero particular usado en el presente ejemplo, el intervalo de recocido necesario para las microestructuras de ferrita-martensita es de aproximadamente 1350 (732,2 °C) a 1430 °F (776,7 °C). La Tabla 1 resume las relaciones entre el procedimiento térmico, la proporción de rendimiento y los constituyentes de la microestructura para el presente ejemplo en los diferentes regímenes de temperatura de termotratamiento inicial.

Tabla 1

Temperatura de termotratamiento inicial °F (°C)	Temperatura de Retención °F (°C)	Tiempo de retención (segundos)	Proporción de Rendimiento	Porcentaje de Martensita	Porcentaje de Bainita
1330 (721,1)	880 (471,1)	35	0,50	<3	<1
1330 (721,1)	880 (471,1)	70	0,52	<3	<1
1390 (754,4)	880 (471,1)	35	0,45	14,5	<1
1390 (754,4)	880 (471,1)	70	0,44	13,5	<1
1510 (821,1)	880 (471,1)	35	0,52	4,5	11
1510 (821,1)	880 (471,1)	70	0,56	4,5	8,5

$$1^{\circ}\text{C} = \frac{1^{\circ}\text{F} - 32}{1,8}$$

Ejemplo 2

Se sometió una chapa de acero laminada en frío diferente de la Composición A al mismo conjunto de ciclos térmicos que se ha descrito en el Ejemplo 1 y que se muestra en la **Figura 1**. Este acero también se encontró dentro de la composición comentada, conteniendo en este caso específicamente lo siguiente, en porcentaje en peso; 0,12 % de C, 1,96 % de Mn, 0,24 % de Cr y 0,18 % de Mo, y el equilibrio de la composición típica para un acero reposado Al de bajo contenido en carbono. De nuevo, se midieron las propiedades mecánicas del material. La **Figura 4** muestra el efecto de la temperatura de termotratamiento inicial sobre la proporción de rendimiento para este acero para la secuencia de retención de 70 segundos a 880 °F (471,1 °C). La presente curva exhibe una forma similar a la de las curvas de la **Figura 3**, con análisis metalográficos que revelan el fenómeno metalúrgico idéntico que tiene lugar en los diferentes regímenes de temperatura de termotratamiento inicial como en el ejemplo anterior. De igual forma, como se ha demostrado en el ejemplo anterior, el intervalo de temperatura de termotratamiento inicial de recocido necesario para obtener la microestructura predominantemente de ferrita-martensita es de aproximadamente 1350 a 1425 °F (de 732,2 a 773,9 °C) cuando se lleva a cabo la etapa de retención a aproximadamente 880 °F (471,1 °C).

Ejemplo 3

Como en los dos ejemplos anteriores, se procesó un tercer acero laminado en frío de Composición A de acuerdo con el conjunto de ciclos térmicos de la Figura 1. Este acero contenía, en porcentaje en peso, 0,076 de C, 1,89 de Mn, 0,10 de Cr, 0,094 de Mo y 0,34 de Si, cuyo equilibrio es típico para un acero de bajo contenido en carbono. Tras el recocido como en los ejemplos anteriores, de nuevo se determinaron las propiedades mecánicas y las microestructuras resultantes. La **Figura 5** muestra la proporción de rendimiento de este material como función de la temperatura de termotratamiento inicial para el tiempo de retención de 70 segundos. De nuevo, se observa una curva que tiene una forma similar a la de los ejemplos anteriores, con un intervalo concreto de recocido en el cual se logra la microestructura de ferrita-martensita de fase dual. No obstante, nótese que parece que la curva se mueve hacia la derecha aproximadamente 30 °F (-1,1 °C) en comparación con los ejemplos anteriores. Esto se debe al hecho de que la temperatura Ac1 es más elevada para este acero, en comparación con los aceros de los dos ejemplos anteriores debido al contenido de silicio elevado. La Tabla 2 muestra el intervalo de temperatura de termotratamiento inicial necesario para la formación de ferrita-martensita para cada uno de los aceros junto con su respectiva temperatura Ac1 de acuerdo con Andrews. Parece que el intervalo de recocido preferido es una función de la temperatura Ac1 como se muestra. Genéricamente, en base a esta información, el intervalo de temperatura de termotratamiento inicial necesario para la producción de fase dual depende de la composición específica del acero - es decir, debería encontrarse dentro del intervalo de $A_{c1} + 45^{\circ}\text{F}$ (7,2 °C), pero al menos 1340 °F (727 °C), hasta $A_{c1} + 135^{\circ}\text{F}$ (57,2 °C), pero no más de 1425 °F (775 °C) cuando está presente una etapa de retención en las proximidades de 880 °F (471,1 °C) ($885^{\circ}\text{F} \pm 35^{\circ}\text{F}$ ($473,8 \pm 1,67^{\circ}\text{C}$)) en el ciclo térmico.

Tabla 2

C (% en peso)	Mn (% en peso)	Cr (% en peso)	Mo (% en peso)	Si (% en peso)	A _{c1} °F (°C)	AR para FM °F* (°C)	AR necesario para Acero DP reA _{c1} **
0,067	1,81	0,18	0,19	0,006	1304 (706,7)	1350-1430 (732,2-776,7)	de A _{c1} +46 a A _{c1} +126
0,12	1,96	0,24	0,18	0,006	1303 (706,1)	1350-1420 (732,2-771,1)	de A _{c1} +47 a A _{c1} +117
0,076	1,89	0,1	0,094	0,34	1318 (714,4)	1380-1540 (748,9-837,8)	de A _{c1} +62 a A _{c1} +132
* Intervalo de Recocido para Ferrita-Martensita (grados Fahrenheit)							
** Intervalo de Recocido Necesario para Acero de Fase Dual con respecto a A _{c1} .							

Ejemplo 4

La Tabla 3 muestra las propiedades mecánicas resultantes de dos aceros adicionales que tienen contenidos de carbono menores que los mostrados anteriormente. Se procesaron como se describe en la Figura 1 utilizando las temperaturas de termotratamiento inicial individuales de 1365 (740,5 °C), 1400 (760 °C) y 1475 °F (801,7 °C), respectivamente y un tiempo de retención de 70 segundos a 880 °F (471,1 °C). También se muestran en la tabla los intervalos de temperatura de termotratamiento inicial esperados necesarios para la producción de acero de fase dual para cada acero como se calcula a partir de A_{c1} como se describe en el Ejemplo 3. Nótese que para las temperaturas de termotratamiento inicial de 1365 (740,5 °C) y 1400 °F (760 °C), que se encuentran dentro del intervalo de temperaturas de termotratamiento inicial deseadas para ambos aceros respectivos, se observan proporciones de rendimiento bajo características de microestructuras de ferrita-martensita. Además, para los aceros con termotratamiento inicial a 1475 °F (801,7 °C), que se encuentran fuera del intervalo de la presente invención, la proporción de rendimiento es significativamente más elevada debido a la presencia de bainita en la microestructura.

Tabla 3

C (% en peso)	Mn (% en peso)	Mo (% en peso)	Cr (% en peso)	A _{c1}	de A _{c1} +45 a A _{c1} +135 °F (°C)	Temperatura de termotratamiento inicial	Límite elástico (MPa)	UTS (MPa)	Proporción de Rendimiento
0,032	1,81	0,2	0,2	1305	de 1350 a 1435 (de 732,2 a 779,4)	1365	223	473	0,47
0,032	1,81	0,2	0,2	1305	de 1350 a 1435 (de 732,2 a 779,4)	1400	226	474	0,48
0,032	1,81	0,2	0,2	1305	de 1350 a 1435 (de 732,2 a 779,4)	1475	261	462	0,56
0,044	1,86	0,2	0,2	1304	de 1349 a 1434 (de 731,7 a 778,8)	1365	244	559	0,44
0,044	1,86	0,2	0,2	1304	de 1349 a 1434 (de 731,7 a 778,8)	1400	239	548	0,44
0,044	1,86	0,2	0,2	1304	de 1349 a 1434 (de 731,7 a 778,8)	1475	265	519	0,51

Se han obtenido datos adicionales que muestran que se pueden usar contenidos de manganeso de menos de un 1,5 % dentro de la invención del inventor. La Tabla 3a muestra los datos recogidos de manera similar a la Tabla 3:

Tabla 3a

C	Mn	Mo	Cr	Ac1	Ac1+45 - Ac1+135	Temotratamiento inicial °F (°C)	YS	UTS	YS/UTS
0,058	1,23	0,4	0,2	1316	1361-1451	1400 (760)	251	524	0,48
0,058	1,23	0,4	0,2	1316	1361-1451	1500 (815,5)	304	520	0,58
0,121	1,22	0,4	0,2	1316	1361-1451	1400 (760)	291	619	0,47
0,121	1,22	0,4	0,2	1316	1361-1451	1500 (815,5)	328	614	0,53

A partir de la Tabla 3a se aprecia que se pueden obtener proporciones de rendimiento no mayores de 0,5 con acero de esta composición usando una temperatura de termotratamiento inicial de 1400 (760 °C) pero no con una temperatura de termotratamiento inicial de 1500 °F (815,5 °C). Por consiguiente, al contrario que los descubrimientos previos del inventor, no es necesario establecer límites absolutos al intervalo de temperatura de termotratamiento inicial como se expresa en la frase "Ac_{c1}+45 °F (7,2 °C), pero al menos 1340 °F (727 °C), hasta Ac_{c1}+135 °F(57,2 °C), pero no más de 1425 °F (775° C)". En lugar de ello, se puede definir el intervalo de termotratamiento inicial como "de Ac_{c1}+45 °F (7,2 °C) hasta Ac_{c1}+135 °F(57,2 °C)". Por tanto, la invención del inventor incluye el uso de una composición de acero como se ha citado anteriormente pero en la que el contenido de manganeso puede variar de 0,8-2,4 por ciento en peso, así como también el intervalo previamente comentado de 1,5-2,4 por ciento en peso. Además, la invención del inventor incluye el uso de una temperatura de termotratamiento inicial dentro del intervalo de Ac_{c1}+45 °F (7,2 °C) hasta Ac_{c1}+135 °F(57,2 °C) para las composiciones definidas, sin límites. Debería comprenderse que el inventor usa el término Ac1 de forma convencional, de acuerdo con Andrews: Ac1 (celsius) = 723 - 10,7 (Mn) - 16,9 (Ni) + 29,1 (Si) + 16,9 (Cr) + 290 (As) + 6,38 (W), en la que cada elemento viene expresado en términos de porcentajes en peso en el acero. Para los fines del inventor, el resultado se convierte en Fahrenheit. También, los elementos no listados en el acero que usa el inventor pueden estar presentes de forma posible en cantidades despreciables pero se puede ignorar para los fines de cálculo de Ac_{c1}.

Ejemplo 5

Los ejemplos previos estaban basados en el trabajo de laboratorio, pero también se han desarrollado pruebas al molino que han permitido verificar el esquema de procesado térmico anteriormente mencionado para la generación del producto de acero de fase dual tanto galvarecocido como galvanizado por inmersión en caliente. La Tabla 4 muestra los resultados de las pruebas al molino para el acero galvarecocido. Nótese que los aceros mostrados en la tabla tienen prácticamente la misma composición y, de este modo, temperaturas Ac_{c1} similares. A partir de la temperatura Ac_{c1}, el intervalo de temperatura de termotratamiento inicial deseado para la formación de la fase dual se calcula que es de aproximadamente 1350 °F (732,2 °C) a 1440 °F (782,2 °C). Además, en términos de procesado, las temperaturas y tiempos de retención son bastante coherentes entre los aceros y la temperatura de recocido (termotratamiento inicial) es la principal diferencia de variable de procesado entre los materiales. También se muestran las propiedades mecánicas en la tabla junto con las correspondientes proporciones de rendimiento. Nótese que los aceros 1 a 4 se sumergieron dentro del intervalo de termotratamiento inicial de la invención y exhibieron la proporción esperada menor de 0,5. El examen metalográfico reveló la presencia de microestructuras de ferrita y martensita para los aceros 1 a 4 con contenidos de martensita de aproximadamente un 15 %. El acero se procesó fuera del intervalo de termotratamiento inicial preferido y exhibió una proporción de rendimiento relativamente elevada de aproximadamente 0,61. El análisis metalográfico mostró un contenido de bainita de un 11 % en este material. Se observaron resultados similares para el galvanizado, así como también para el procesado de galvarecocido.

Tabla 4

Acero	1	2	3	4	5
Carbono	0,067	0,067	,067	0,067	0,77
Mn	1,81	1,81	1,81	1,81	1,71
Cr	0,18	0,18	,18	0,18	0,19
Mo	0,19	0,19	,19	0,19	0,17
Ac _{c1}	1304	1304	1304	1304	1306
de Ac1+45 a Ac1+135 (°F) (°C)	1349-1439 (731,7-781,7)	1349-1439 (731,7-781,7)	1349-1439 (731,7-781,7)	1349-1439 (731,7-781,7)	1351-1441 (732,7-782,8)

(continuación)

Acero	1	2	3	4	5
Temperatura de termotratamiento inicial	1370	1383	1401	1421	1475
Temperatura de retención	878	881	885	888	890
Tiempo de retención	70	70	70	70	64
Límite elástico	292	299	294	296	327
UTS	606	610	614	618	538
Proporción de Rendimiento	0,48	0,49	0,48	0,48	0,61

El trabajo complementario de laboratorio ha mostrado que no es necesario que el inventor se limite a una temperatura de retención de 920 °F (493,3 °C); en lugar de ello, se puede usar una temperatura de retención tan elevada como 940 °F (504,4 °C) con tal de que la temperatura de termotratamiento inicial se encuentre dentro del intervalo prescrito de $A_{c1}+45$ °F (7,2 °C) hasta $A_{c1}+135$ °F (57,2 °C). En la Tabla 5, en la que A_{c1} es 1304 (706,7 °C), el intervalo es de 1349 (731,7 °C) a 1439 °F (781,7 °C). En este caso, cuando se usa una temperatura de retención de 910 °F (487,8 °C) en lugar de la temperatura de retención de 880 °F (471,1 °C) de la mayoría de los ejemplos anteriores, una temperatura de termotratamiento inicial de 1500 °F (815,5 °C) da como resultado la proporción de rendimiento no deseada de 0,51, mientras que una termotratamiento inicial dentro del intervalo prescrito, 1440 °F (760 °C), da como resultado una proporción aceptable.

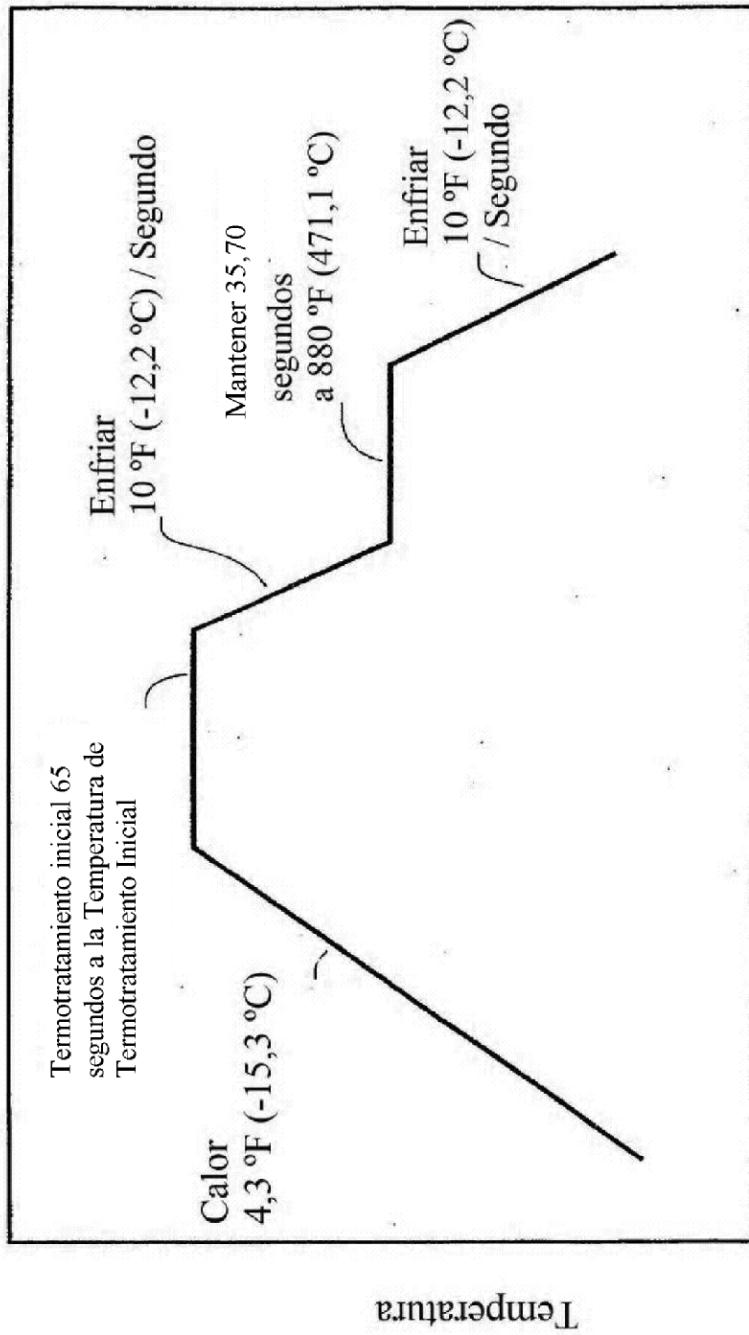
Tabla 5

C	Mn	Mo	Cr	Ac1	Termotratamiento o inicial °F (°C)	Retención °F (°C)	YS	UTS	Proporción
0,67	1,81	0,18	0,19	1304	1400 (760)	910 (487,8)	278	635	0,44
0,67	1,81	0,4	0,2	1304	1500 (815,5)	910 (487,8)	310	606	0,51

Por tanto, la temperatura de retención puede estar dentro del intervalo de 850-940 °F (454,4-504,4 °C) (es decir, 895 °F $\pm$ 45 °F (479,4 °C $\pm$ 7,2 °C) y no es necesario que esté limitada a 850-920 °F (454,4-493,3 °C) como se ha comentado previamente.

REIVINDICACIONES

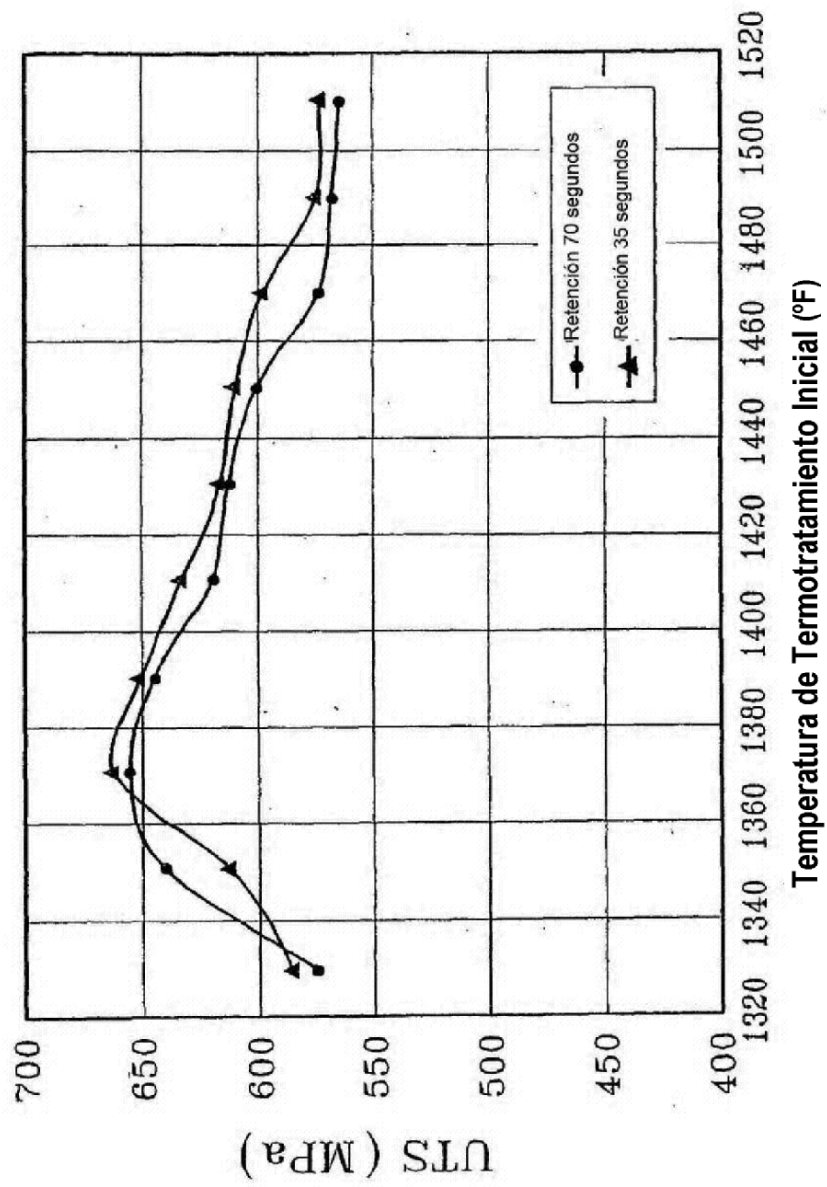
1. Un procedimiento de fabricación de una banda de acero galvanizado que tiene una microestructura de predominantemente martensita y ferrita, en el que dicho acero tiene los ingredientes, en porcentaje en peso, carbono: 0,02-0,20; aluminio: 0,010-0,150; titanio: 0,01 máximo; silicio: 0,5 máximo; fósforo: 0,060 máximo; azufre: 0,030 máximo; manganeso: 0,8-2,40; cromo: 0,03-1,50; molibdeno: 0,03-1,50, que comprende sumergir dicha banda de acero a una temperatura de 727 °C a 775 °C durante al menos 20 segundos, enfriar dicha banda con una tasa de al menos 1 °C por segundo, hacer pasar dicha banda a través de un recipiente de galvanizado durante un tiempo de residencia en el mismo de 2 a 9 segundos para revestir dicha banda en cualquier momento mientras se mantiene dicha banda a una temperatura de 455 °C a 505 °C durante 20 a 100 segundos, y enfriar la banda revestida de este modo hasta temperatura ambiente;
- 10 con la condición de que se excluye un procedimiento de fabricación de una banda galvanizada que tiene una microestructura de predominantemente martensita y ferrita, en el que el acero tiene los ingredientes, en porcentaje en peso, carbono: 0,02-0,20; aluminio: 0,010-0,150; titanio: 0,01 máximo; silicio: 0,5 máximo; fósforo: 0,060 máximo; azufre: 0,030 máximo; manganeso: 1,5-2,40; cromo: 0,03-1,50; molibdeno: 0,03-1,50, que comprende sumergir dicha banda de acero a $A_{c1}+7,2$ °C, pero al menos 727 °C, hasta $A_{c1}+57,2$ °C, pero no más de 775 °C, durante al menos 20 segundos, enfriar dicha banda a una tasa de al menos 1 °C por segundo, haciendo pasar dicha banda a través de un recipiente de galvanizado durante un tiempo de residencia en el mismo de 2 a 9 segundos para revestir dicha banda en cualquier momento durante la retención de dicha banda a 455 °C hasta 494 °C $473,9\pm 1,67$ °C durante 20 a 100 segundos, y enfriar la banda revestida de ese modo hasta temperatura ambiente.
2. El procedimiento de la reivindicación 1 que incluye someter dicha banda a galvarecocido antes del enfriamiento hasta temperatura ambiente.
3. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que dicha banda está dentro de -1,1 °C de la temperatura del recipiente de galvanizado durante dicho tiempo de residencia en el mismo.
- 25 4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicha banda está dentro de -6,7 °C de la temperatura del recipiente de galvanizado durante dicho tiempo de residencia en el mismo.



Investigaciones de Gleeble Laboratorio

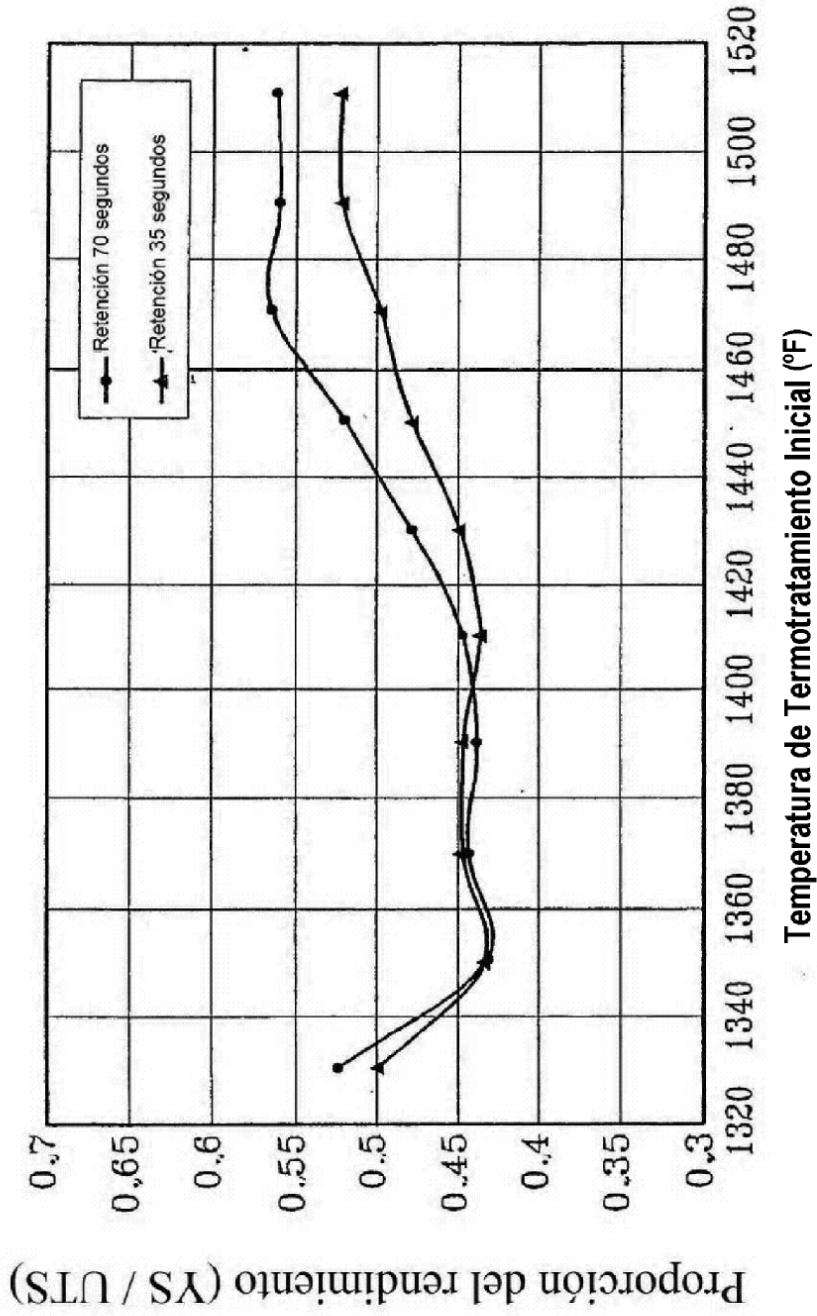
C=0.067, Mn=1,81, Cr=1,81, Mo=0,19

Fig.1



UTS como función de la Temperatura de Termotratamiento Inicial

Fig.2



Proporción del rendimiento como Función de la Temperatura de Termotratamiento Inicial

Fig.3

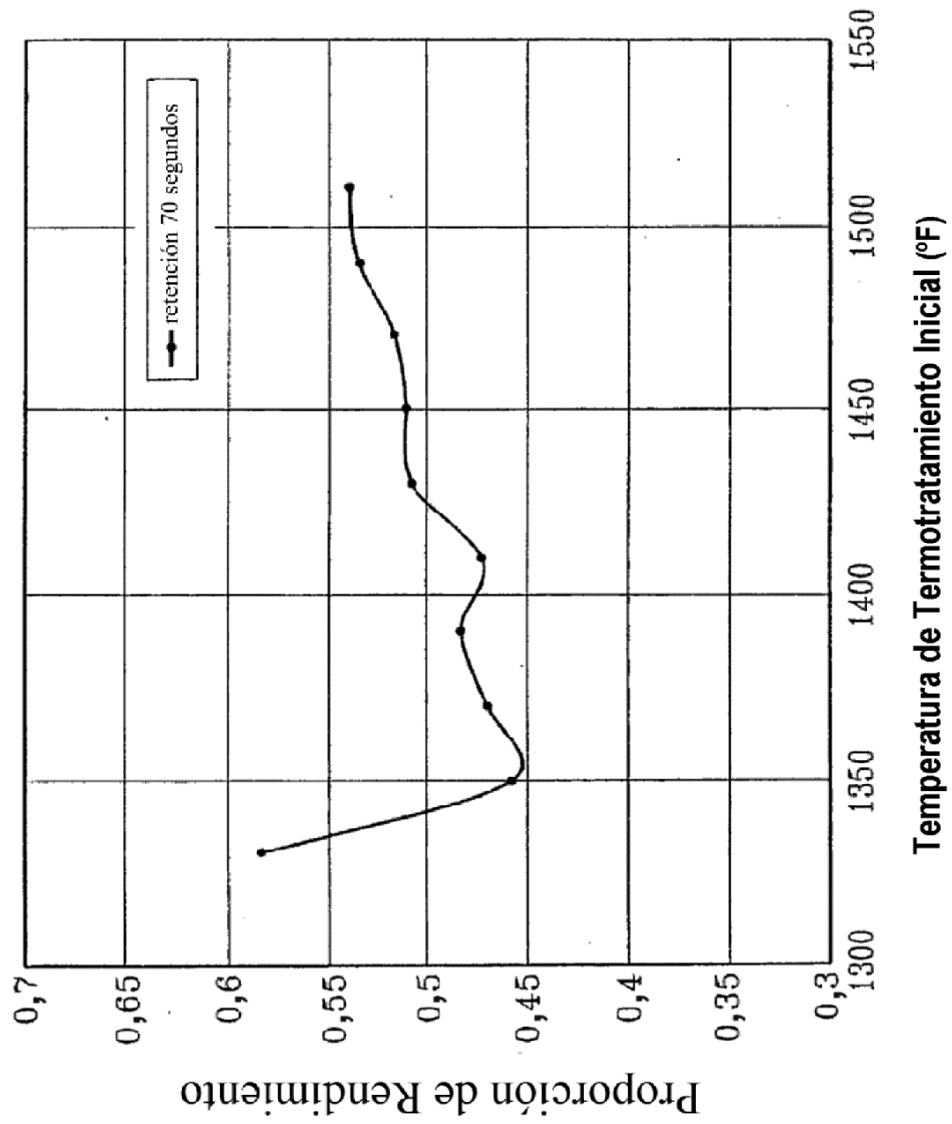


Fig.4

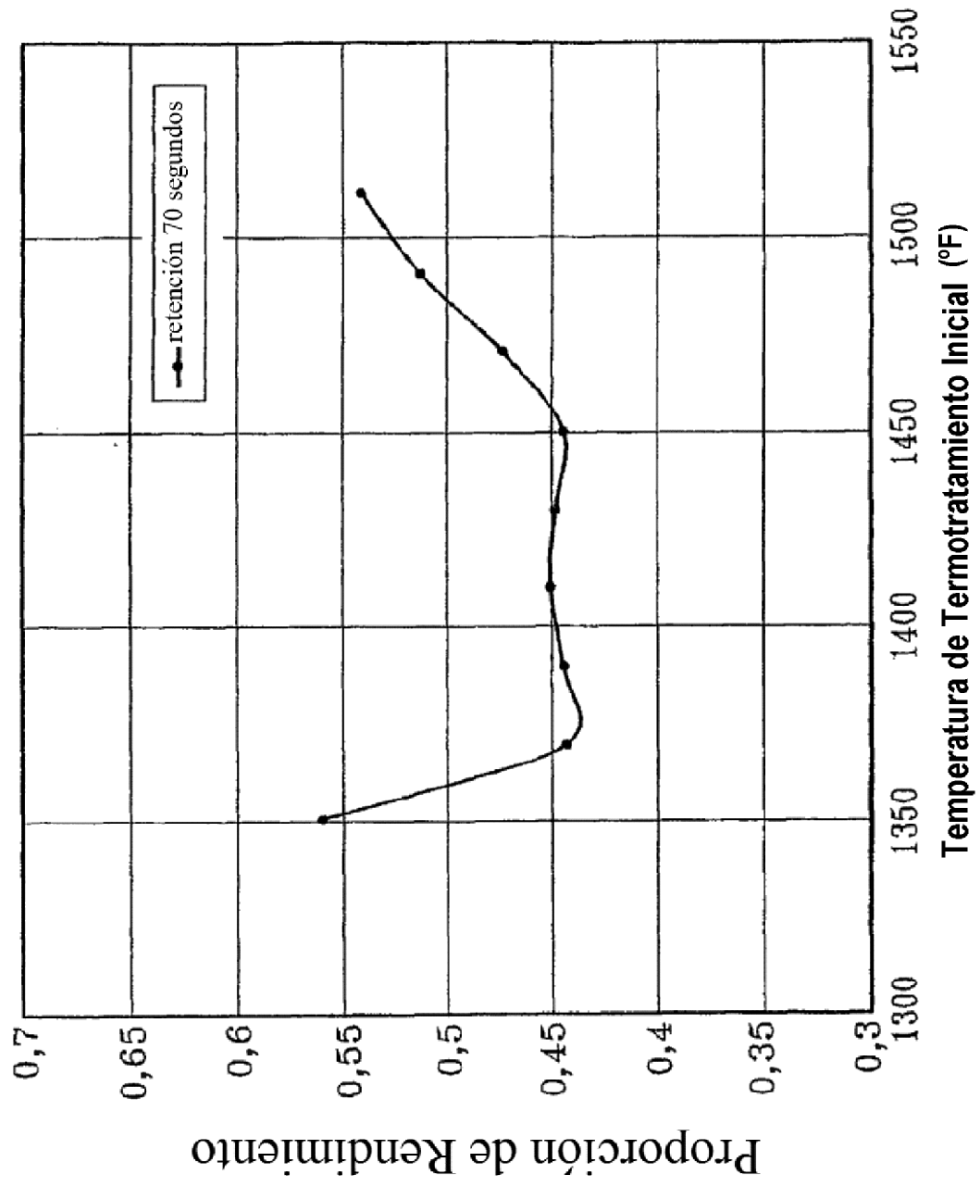


Fig. 5

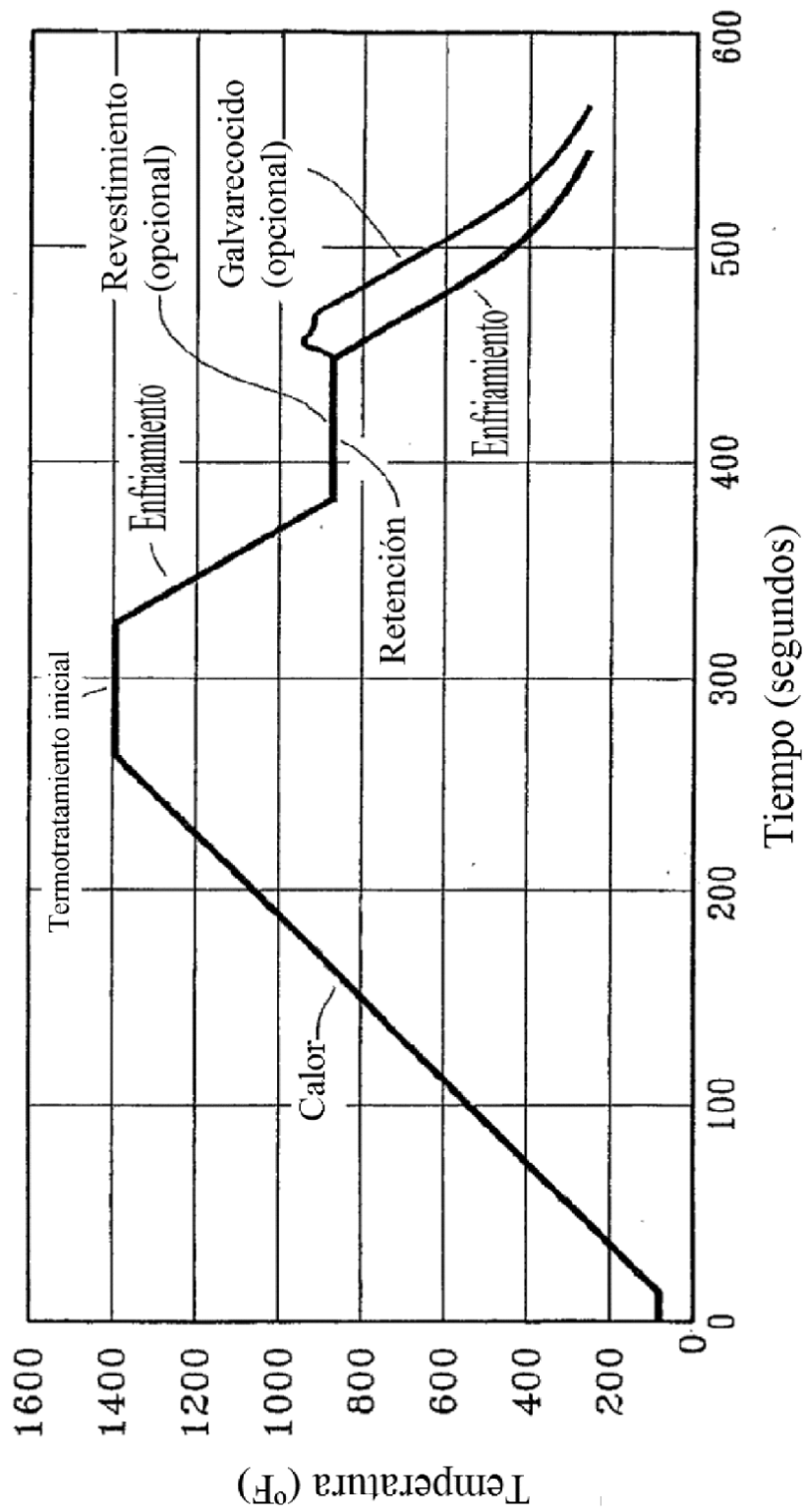


Fig.6