

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 278**

51 Int. Cl.:

C21D 9/60	(2006.01)
B21D 21/00	(2006.01)
C23C 2/02	(2006.01)
C23C 2/06	(2006.01)
C25D 5/36	(2006.01)
C21D 1/26	(2006.01)
C21D 8/04	(2006.01)
C21D 9/573	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2012 PCT/EP2012/063860**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **24.01.2013 WO13010968**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2012 E 12738087 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 2732058**

54 Título: **Aparato para la producción de aceros recocidos y procesos para la producción de dichos aceros**

30 Prioridad:

15.07.2011 EP 11174195

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.07.2018

73 Titular/es:

**TATA STEEL IJMUIDEN BV (50.0%)
Wenckebachstraat 1
1951 JZ Velsen-Noord, NL y
TATA STEEL NEDERLAND TECHNOLOGY B.V.
(50.0%)**

72 Inventor/es:

**BERKHOUT, BASJAN;
HANLON, DAVID NEAL;
CELOTTO, STEVEN;
PAULUSSEN, GERARDUS JACOBUS y
VERBERNE, JACQUES PIERRE JEAN**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 675 278 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

Aparato para la producción de aceros recocidos y procesos para la producción de dichos aceros

La presente invención se relaciona con un aparato para producir aceros recocidos y con un proceso para producir dichos aceros.

5 Los procesos de producción contemporáneos en la mayoría de las fábricas de acero se enfocan en altos rendimientos. Los altos rendimientos ayudan a mantener el precio de coste bajo, lo cual es muy importante para los productos básicos como el acero. Sin embargo, el enfoque en el bajo coste tiene un inconveniente importante. Las líneas de producción de gran volumen tienen procesos inflexibles y no son aptas para la producción de productos de nicho de alto valor agregado con condiciones de proceso que se desvíen de los productos básicos. El requisito de alto rendimiento impone condiciones de límite estrictas en los ciclos de recocido posibles. Debido a esto, los nuevos productos de acero de alta resistencia (HSS) deben diseñarse con estrictas limitaciones y, por lo tanto, siempre son un compromiso. Es difícil ejecutar lotes de tamaño pequeño en estas líneas y para hacer una gama de productos diferentes se necesita ajustar la química al proceso en lugar de al revés. Esto ha resultado en una gran variedad de químicos que se usan para los diferentes aceros de alta resistencia que se producen actualmente y aquellos que están bajo desarrollo.

10 Aunque el diseño de aleación es la herramienta más poderosa disponible para desarrolladores de productos, las limitaciones impuestas por las especificaciones del cliente y los requisitos de factibilidad interna interno (por ejemplo, soldabilidad, capacidad de galvanización, condición de superficie, cargas de molino, etc.) presentan un serio obstáculo para la mejora adicional de productos existentes a través de la aleación en solitario. Además, estas mismas limitaciones impuestas a la química, cuando se toman junto con la variación relativamente restringida en el programa de recocido que puede lograrse sobre las líneas de alto volumen convencionales, representan obstáculos difíciles para la comercialización de las estrategias metalúrgicas más prometedoras para la próxima generación de aceros de ultra alta resistencia, de alta ductilidad. En resumen, los desarrollos actuales de acero de alta resistencia están alcanzando los límites aceptables de la adición de aleación y la próxima generación de acero de alta resistencia avanzada puede no alcanzarse sin recurrir a contenidos de aleación que son inaceptablemente altos en el contexto de las prácticas y capacidades actuales de procesamiento.

15 Los grados de HSS actuales a menudo se producen sobre líneas convencionales de galvanizado en caliente (HDG) con capacidades del orden de varios cientos de miles de toneladas por año. La tira avanzada de HSS (AHSS) se produce a volúmenes comparativamente bajos (hasta varias decenas de miles de toneladas por año) que, con el fin de usar tales líneas a su máxima capacidad, es necesario acomodar una combinación de productos que comprenda tanto aceros AHSS como HSS convencionales/de bajo carbono. Los AHSS son aceros multifase que contienen fases como martensita, bainita y austenita retenida en cantidades suficientes para producir propiedades mecánicas únicas. En comparación con los aceros de alta resistencia convencionales, los AHSS exhiben valores de resistencia más altos o una combinación superior de alta resistencia con buena capacidad de formación (Bleck & Phiu-on, HSLA Steels 2005, Sanya (China)). Esto inevitablemente requiere que las capacidades de recocido diseñadas, incluso de aquellas líneas destinadas a la producción de HSS, sean un compromiso a través de los amplios requisitos que varían para la producción de una mezcla de productos muy variada. Con el fin de cumplir con las especificaciones con un proceso subóptimo e inflexible, los diseñadores de aleaciones se ven obligados a hacer más con la química. Desde el punto de vista metalúrgico, las líneas HDG convencionales presentan varias barreras tecnológicas clave para la producción de sustratos AHSS verdaderamente optimizados que son tanto inherentes a la naturaleza de las líneas de alta capacidad como al propio proceso de galvanización en caliente:

- 1). Baja capacidad de enfriamiento/enfriamiento detenido: las líneas actuales emplean enfriamiento relativamente lento y en todos los casos el enfriamiento se detiene a una temperatura de sobreenvejecimiento/baño de zinc.
- 2). Duración de sobreenvejecimiento fijo: todas las líneas actuales incorporan una detención de enfriamiento ya sea en la forma de un sobreenvejecimiento prolongado o un baño de zinc.
- 3). Temperatura de sobreenvejecimiento fija: en las líneas convencionales, la temperatura de sobreenvejecimiento es efectivamente impuesta por la temperatura del baño de zinc.
- 4). Temperatura máxima restringida: en líneas convencionales, la temperatura superior máxima puede estar limitada por los requisitos de instalación y/o velocidad de línea.

50 Tradicionalmente, grandes volúmenes de productos relativamente simples fueron clave para una operación económica de las instalaciones de producción a gran escala en la industria del metal.

El documento EP0688884-A1 divulga una instalación de producción a gran escala para recocer y galvanizar en caliente una tira metálica que incorpora un horno de inducción que permite producir un máximo de temperatura inicial al comienzo del ciclo térmico para acelerar la recristalización usando una zona de calentamiento que consiste en un calentamiento de inducción a la temperatura máxima y una zona de remojo (Z2) en segundo lugar con una zona de enfriamiento (Z1) en el medio.

Con una demanda creciente para la producción de productos de nicho a bajos volúmenes, existe la necesidad de

líneas de producción más flexibles que puedan producir estos productos de bajo volumen de forma económica. Actualmente tales líneas flexibles no están disponibles.

Es un objeto de esta invención proporcionar un aparato para producir aceros recocidos que permita la producción de aceros de alta resistencia con sustancias químicas más simples.

- 5 También es un objeto de esta invención proporcionar un aparato para producir aceros recocidos que permite ejecutar tamaños de lotes pequeños contra costes relativamente bajos.

También es un objeto de esta invención proporcionar un proceso para producir aceros recocidos que usa el dicho aparato.

- 10 También es un objeto de esta invención proporcionar un proceso después del ciclo principal de recocido que proporcione la opción de aplicar tratamientos térmicos locales adicionales.

Se alcanzan uno o más de los objetos con un aparato para producir aceros recocidos que comprende:

- a. un desenrollador para desenrollar material de tira de acero
- b. una zona de calentamiento que comprende:
 - 15 i. un paso de calentamiento que comprende una primera unidad de calentamiento que comprende quemadores de tubo radiante o un horno de inducción para calentar la tira de acero a una temperatura de entre 400 a 600 °C y una segunda unidad de calentamiento que comprende uno o más hornos de inducción transversales para calentar adicionalmente la tira de acero a una temperatura de recocido de entre 500 °C hasta aproximadamente 1000 °C;
 - ii. un paso de remojo para remojar la tira de acero por un período de 120 segundos como máximo;
 - 20 iii. un paso de enfriamiento que comprende una zona de enfriamiento lento, una zona de enfriamiento rápido y una tercera zona de enfriamiento, en el que la zona de enfriamiento lento es para enfriar la tira de acero desde la temperatura de recocido hasta la temperatura de inicio de enfriamiento rápido, y en el que la zona de enfriamiento rápido es para enfriar rápidamente la tira de acero desde la temperatura de inicio de enfriamiento rápido hasta una temperatura de parada de enfriamiento de aproximadamente 300 °C y en el que la tercera zona de enfriamiento es para enfriar la tira de acero desde la segunda temperatura de parada de enfriamiento a una temperatura de entre 25 temperatura ambiente y 100 °C;
- c. una zona de recalentamiento opcional;
- d. una zona de recocido a la medida opcional para el tratamiento térmico local de una o más áreas o zonas en la dirección longitudinal de la tira;
- e. una zona de enfriamiento final;
- 30 f. una zona de recubrimiento que comprende un paso electrolítico
- g. un bobinador para bobinar el material de la tira recocida.

Se proporcionan realizaciones preferidas en las reivindicaciones dependientes.

- 35 El aparato de acuerdo con la invención permite el desarrollo y la producción de productos (relativamente) de bajo volumen y alto valor en lugar de productos de alto valor y bajo volumen. La línea de recocido y galvanizado continuo altamente flexible es extremadamente útil porque permite la producción de aceros AHSS y UHSS con sustancias químicas más simples y brinda la oportunidad de ejecutar tamaños de lotes pequeños contra costes relativamente bajos (en funcionamiento). El aparato de acuerdo con la invención permite la producción de aceros AHSS y UHSS con una flexibilidad de los tratamientos térmicos y, por lo tanto, en diferentes propiedades a lo largo de la tira.

- 40 Una limitación de las líneas de producción convencionales para el procesamiento continuo de la tira es que se aplican el calentamiento y el enfriamiento de manera uniforme en todo el ancho de la tira. Una razón para esto es lograr la uniformidad en las propiedades mecánicas. Sin embargo, a menudo es necesario que se requieran diferentes propiedades mecánicas en diferentes lugares en el producto para su fabricación (por ejemplo, capacidad de conformación como en la capacidad de doblado) o para su aplicación (por ejemplo, alta resistencia para la absorción de energía). Se pueden lograr diferentes propiedades mecánicas a través de diferentes ciclos de tratamiento térmico o post-tratamiento térmico después del ciclo principal de recocido. Por lo tanto, también sería ventajoso incorporar no solo flexibilidad en los perfiles de temperatura/tiempo de una línea de producción, sino también permitir la opción de flexibilidad espacial en el tratamiento térmico de la tira con múltiples zonas de tratamiento térmico paralelas a la dirección longitudinal de la tira. Las diferencias en el tratamiento térmico pueden ser diferencias en las temperaturas de sobre-envejecimiento o templado después de un ciclo de recocido principal que puede incluir un enfriamiento profundo. El aparato de acuerdo con la invención permite la producción de aceros AHSS y UHSS con una flexibilidad espacial de los tratamientos térmicos y, por lo tanto, en diferentes propiedades sobre el ancho de la tira. El último 50 tratamiento térmico local en una zona de recocido a la medida produce una Franja Recortada a la Medida (TAS).

El aparato de acuerdo con la invención proporciona las siguientes nuevas capacidades de procesamiento:

- 1). Altas temperaturas superiores para permitir la austenización completa;
- 2). Enfriamiento rápido a un intervalo de temperaturas que incluye temperaturas bajas (sub Ms);
- 3). Recalentamiento a una isotérmica de sobre-envejecimiento;
- 5 4). Controlar tanto la temperatura como la duración de sobre-envejecimiento;
- 5). Opción de zonas de tratamiento térmico paralelas a la longitud de la tira que tienen diferentes ciclos de temperatura-tiempo o un tratamiento térmico adicional posterior que usa una zona de recocido a la medida.

En particular, los sustratos de UHSS en muchos casos requieren una austenización total (altas temperaturas superiores) seguido de un enfriamiento rápido hasta una temperatura de enfriamiento baja y una posterior retención isotérmica a menudo a una temperatura sustancialmente más alta que la temperatura de enfriamiento.

Para aceros DP y otros grados parcialmente martensíticos, es deseable una capacidad de enfriamiento rápido para la formación de martensita. Esto reduce o elimina la necesidad de adiciones de elementos de aleación para suprimir las transformaciones no deseadas y garantizar una capacidad de templado suficiente. Además, las adiciones de elementos de con capacidad de templado tales como C, Mn, Cr y Mo pueden tener implicaciones significativas para el coste y para el rendimiento de las aplicaciones, en particular la soldabilidad.

Dentro de la familia de HSS, los requisitos de sobre-envejecimiento varían ampliamente. Para aceros de doble fase, es deseable minimizar la duración del tiempo de sobre-envejecimiento/baño de zinc. En contraste, para los aceros TRIP o TRIP-asistidos es necesario un sobre-envejecimiento controlado para asegurar el grado deseado de estabilización austenítica y, a su vez, las propiedades mecánicas deseadas. El aparato tiene en cuenta estos requisitos variables.

En el caso de tanto aceros DP como TRIP asistidos, la optimización de las propiedades del sustrato permite el control activo de la temperatura de sobre-envejecimiento y pueden emplearse temperaturas más bajas o más altas que las del recipiente de zinc.

Las características únicas del aparato son la capacidad de aplicar una variedad casi infinita de curvas de recocido y la posibilidad de cambiar rápidamente entre la producción de diferentes productos. Ambas propiedades se habilitan mediante el uso de una tecnología especial que permite flexibilidad en las secciones de calentamiento y enfriamiento del horno y una baja latencia de calor del horno en general. El horno es por lo tanto la parte más importante de la línea.

La zona de calentamiento de la línea comprende un paso de calentamiento, un paso de remojo y un paso de enfriamiento. Este paso de calentamiento comprende una primera sección de calentamiento que calentará el producto a una temperatura intermedia. Esta primera sección de calentamiento es seguida por una segunda sección de calentamiento que puede calentar el material a una temperatura de aproximadamente 1000 °C o una temperatura más baja dependiendo de los requisitos. La temperatura intermedia está preferiblemente entre 400 y 600 °C, y más preferiblemente entre 450 y 550 °C. Una temperatura intermedia adecuada es de aproximadamente 500 °C.

La primera sección de calentamiento consiste preferiblemente en un Horno de Tubo Radiante (RTF). Alternativamente, podría usarse un horno de inducción, pero el RTF generalmente proporciona un perfil de temperatura más uniforme sobre el ancho a estas temperaturas relativamente bajas.

La segunda sección comprende preferiblemente una o más, pero preferiblemente al menos dos secciones de calentamiento por inducción con el fin de dar a la línea su flexibilidad de calentamiento. La mayoría de los grados de acero se benefician del calentamiento rápido inicial en el intervalo de temperatura entre 500 y 750-800 °C. Preferiblemente, esto se habilita mediante un horno de inducción de flujo transversal rápido (TFX) después de calentar la temperatura base hasta 500 °C en la primera parte de calentamiento. La temperatura superior entre 850 y 1000 °C se puede obtener mediante un segundo horno de inducción TFX. Debido a las propiedades paramagnéticas de algunos de los materiales (aceros austeníticos), se necesita inducción transversal. El segundo horno de inducción TFX se usa para el calentamiento final de 800 °C a aproximadamente 1000 °C. Todos los materiales ferrosos se vuelven paramagnéticos en este intervalo de temperatura, por lo que se necesita inducción transversal. El RTF no se puede usar para calentar a la temperatura superior debido a la gran latencia térmica en las temperaturas del ciclo como resultado de una acumulación de calor extensa en el propio equipo RTF y la tasa de calentamiento global más lenta que se puede lograr con RTF. Esto afectaría adversamente la flexibilidad del aparato en términos de cambios rápidos entre ciclos de recocido.

El paso de calentamiento es seguido por un paso de remojo que es relevante para una cantidad de materiales. Se pueden remojar materiales a una temperatura dada por períodos dependiendo de la velocidad de la línea. El tiempo de remojo máximo preferible es aproximadamente 120 segundos, más preferiblemente 60 segundos.

Después de remojar, se enfriará el material en el paso de enfriamiento, preferiblemente en tres secciones de enfriamiento posteriores: una sección de enfriamiento lento, seguida de una sección de enfriamiento rápido y

finalmente una tercera sección de enfriamiento que estará activa cuando los materiales deban enfriarse a temperaturas alrededor de 100 °C antes de entrar en la zona de recalentamiento.

Además del calentamiento flexible, también se necesita un enfriamiento flexible para permitir un control máximo en la creación de microestructuras especiales que contienen una mezcla de austenita, ferrita y martensita. La parte de enfriamiento, que sigue a la parte de inmersión, comprende una o más secciones de enfriamiento para lograr el enfriamiento de la tira después del remojado. En una realización, esta parte de enfriamiento comprende una sección de enfriamiento lento, una sección de enfriamiento rápido y una tercera sección de enfriamiento. La sección de enfriamiento lento se usa para enfriar la tira desde la temperatura de remojo hasta la temperatura de inicio de enfriamiento rápido, que generalmente está justo por encima de la temperatura en la que la austenita comenzaría a transformarse (Ar3). En la sección de enfriamiento rápido, la tira se enfría desde la temperatura justo por encima de Ar3 hasta una temperatura de aproximadamente 300 °C. La tercera sección de enfriamiento enfriaría adicionalmente la tira a una temperatura inferior a la temperatura donde no tiene lugar ninguna transformación adicional, es decir, aproximadamente 100 °C. La sección de enfriamiento rápida y tercera pueden ser secciones separadas, o una sección integrada con la capacidad de controlar la temperatura de parada de enfriamiento y la tasa de enfriamiento. La tasa de enfriamiento en el enfriamiento rápido es preferiblemente al menos 50 °C/s.

En la zona de recalentamiento, la tira puede someterse a un paso de sobrevejecimiento o un paso de recocido. Con el fin de alcanzar la temperatura de sobrevejecimiento de manera rápida y flexible, se instala otro horno de inducción. La zona de recalentamiento del horno puede usarse como una sección de sobrevejecimiento u opcionalmente, se puede usar para aplicar un tratamiento térmico uniforme o local. El último tratamiento térmico local produce la Tira Recocida a la Medida (TAS). En el material TAS, las propiedades mecánicas se pueden adaptar de acuerdo con los requisitos específicos de la parte. En lugares donde se necesita más capacidad de formación, esto se puede lograr mediante el tratamiento térmico local de la tira en la línea, que generalmente da como resultado las variaciones deseadas de las propiedades mecánicas sobre el ancho de la tira. Los productos que esta opción TAS habilitará son bobinas de tiras de HSS recubierto o no recubierto con una o más zonas paralelas a la dirección de laminación. Estas zonas tienen preferiblemente al menos 50 mm de ancho. Las propiedades de las zonas tratadas con TAS dependerán del ciclo de temperatura aplicado, pero en general dará como resultado una capacidad de formación mejorada (local) que puede facilitar el uso de HSS/UHSS para geometrías de piezas complejas. Después del sobrevejecimiento, el recocido uniforme o el tratamiento TAS, la tira se enfriará a aproximadamente entre 150 y 250 °C en una cuarta sección de enfriamiento antes de abandonar la atmósfera protectora. Finalmente, la tira se enfriará con aire a aproximadamente 50 a 100°C en una quinta sección de enfriamiento. Preferiblemente, la cuarta sección de enfriamiento enfría la tira a aproximadamente entre 150 y 250°C, preferiblemente aproximadamente 200°C, preferiblemente usando HNx y/o la quinta sección de enfriamiento enfría la tira a aproximadamente 50 a 100°C, preferiblemente aproximadamente 80°C. preferiblemente usando enfriamiento por aire.

El recalentamiento a una temperatura de sobrevejecimiento preferiblemente entre 350 y 450°C tiene lugar preferiblemente por medio de una inducción de flujo longitudinal (LFX) debido a la flexibilidad que proporciona. Como los aceros relevantes son todos magnéticos a las temperaturas de sobrevejecimiento, no es necesario usar un horno TFX, aunque podría usarse en lugar de un LFX. Para la zona de recocido a la medida se necesita una unidad de TFX ya que las temperaturas implicadas de preferiblemente entre 750 y 850 °C implican materiales paramagnéticos. El tiempo de sobrevejecimiento depende de la velocidad de la línea y la longitud del horno, pero generalmente está limitado a 180s.

La galvanización se realiza por recubrimiento electrolítico en una parte de recubrimiento electrolítico. Se eligió electrogalvanizado en lugar de galvanizado por inmersión en caliente. Esto se hizo con el fin de poder hacer que el proceso de recocido sea completamente independiente del proceso de galvanizado y poder lograr una excelente calidad de recubrimiento incluso a velocidades de línea que son bajas en comparación con las líneas de HDG convencionales. Se usa preferiblemente una sección de activación/decapado y/o limpieza justo antes de una parte de recubrimiento electrolítico. Esto reduce los problemas relacionados con la superficie a un mínimo y permite el uso de una mayor variedad de elementos de aleación.

Es preferible que los pasos de recocido y recubrimiento estén separados de manera que se puedan cumplir sin consecuencias los requisitos de recubrimiento (tales como la velocidad de línea y la temperatura de la tira) para el desarrollo de la microestructura del sustrato o imposición de restricciones severas de aleación. Además de estas ventajas, existe la ventaja obvia de que las líneas actuales de alta capacidad para producir grandes volúmenes de productos básicos consistentes se liberan de la producción de estos difíciles productos de nicho. De acuerdo con un segundo aspecto, la invención también se realiza en un proceso que usa el aparato de acuerdo con la invención.

Por medio de un ejemplo no limitativo, se presenta un dibujo esquemático de un aparato de acuerdo con la invención en la figura 1.

En la figura 1, los números de referencia se refieren a lo siguiente:

1. material de la tira
2. zona de calentamiento
3. zona de entrada

4. sección del horno de tubo radiante para el paso de calentamiento
5. sección de TFX para el paso de remojo
6. sección de enfriamiento para el paso de enfriamiento
7. zona de recalentamiento LFX
- 5 8. sobreenviejimiento o zona TAS
9. zona de enfriamiento final
10. zona de recubrimiento
11. zona de salida
12. desenrollar
- 10 13. bobinador

La zona de entrada puede, por ejemplo comprender uno o más de los equipos de enjuague, equipos de secado, medios de amortiguación (como la torre de bucle). La zona de salida puede, por ejemplo comprender una o más inspección de superficie, equipo de lubricación, equipo de corte o medios de amortiguación.

15 Por medio de ejemplos no limitantes, se demuestra la flexibilidad del aparato de acuerdo con la figura 1 mediante las figuras 2 a 6, en las que en la figura 2 se presenta la curva térmica para un AHSS de 600 MPa que comprende ferrita, bainita, martensita y austenita retenida. La figura 3 muestra la curva para un acero recocido de recuperación, la figura 4 para un acero que comprende ferrita bainítica y martensita, y la figura 5 para una martensita templada.

20 Figura 2: se emplea una tasa de calentamiento rápida en el intervalo de temperatura de 500 - 750 °C porque el calentamiento rápido dentro del intervalo de transformación de calentamiento es beneficioso ya que influye en el tamaño y distribución de la austenita intercrítica y, por lo tanto, a su vez, de la segunda fase en la microestructura final. Después del horno RTF, el material se calienta a ~750 °C. Posteriormente, la tira pasa a través del 2º calentamiento rápido a la sección de remojo a una temperatura intercrítica típicamente en el intervalo de 780-850 °C. Después de remojar durante ~30 segundos, la tira se enfría lentamente primero y luego se enfría rápidamente a una temperatura de sobreenviejimiento de ~420 °C. Esta temperatura se elige para promover la formación de bainita que conduce al enriquecimiento de carbono en austenita y, por lo tanto, a la retención de austenita metaestable en la microestructura final. La martensita se forma en el enfriamiento final seguido por enfriamiento a temperatura ambiente. Se permite una interrupción del enfriamiento final a 200 °C o menos.

30 Figura 3: tratamiento térmico de 10-60 s a 600-700 °C donde las tasas de calentamiento y enfriamiento no son críticas para inducir la recuperación en un acero de alta resistencia laminado en frío para permitir un alargamiento incrementado a expensas de una parte del endurecimiento por trabajo.

35 Figura 4: Después del horno RTF, el material se calienta a ~750 °C, y después del 2do calentamiento rápido, la tira tendrá una temperatura > Ac3. Después de austenizar completamente durante el remojo a ~850 °C durante ~30 segundos, la tira se enfría lentamente, pero la temperatura debe permanecer por encima de 700 °C al final de la sección de enfriamiento lento. El enfriamiento rápido disminuirá la temperatura de la tira a <400 °C. En la sección de sobreenviejimiento, la austenita se descompone casi por completo en ferrita bainítica de manera que no se formará martensita en el enfriamiento final.

40 Figura 5: Primero, el material debe ser totalmente austenítico a una temperatura que depende del contenido de C y Mn, pero típicamente superior a 820 °C, seguido de un enfriamiento relativamente rápido de al menos 80 °C/s por debajo de una temperatura de al menos 200 °C para transformar completamente en martensita. Se puede lograr un templado ligero para mejorar la capacidad de doblado y la expansión del orificio al volver a calentar a aproximadamente 400-500 °C durante 10-60 s. Se logra una temperatura más alta o un templado más prolongado para mejorar la capacidad de formación a expensas en parte de la resistencia mediante tratamiento térmico a 600-750°C durante 30-60 s. Las tasas de calentamiento y enfriamiento para templar no son críticas.

45 Figura 6: La tira se calienta y austeniza en la región intercrítica, lo que indica que la temperatura de remojo está en el intervalo de 830-860 °C. La fracción de volumen de ferrita intercrítica está controlada por esta temperatura superior, que a su vez determina la templabilidad de la austenita antes del enfriamiento. Después del remojo, la tira se enfría lentamente a ~ 700 °C, y posteriormente la tira pasa a través de la sección de enfriamiento rápido para llegar a la temperatura cerca de Ms (~ 350 °C). Para este producto, es importante que la 3ra sección de enfriamiento enfríe la tira a ~ 250 °C. Una tasa moderada de enfriamiento es suficiente en esta sección porque la formación de martensita en este intervalo de temperatura no es dependiente del tiempo sino simplemente controlada por el subenfriamiento debajo de Ms. Después de enfriar, la tira se calienta por medio de inducción para entrar en la sección de sobreenviejimiento a una temperatura de 350-450 °C. Durante la isotérmica durante ~70 segundos (1), la martensita conformada se temple, (2) la austenita puede volverse más estable debido a la partición de carbono y (3) se puede formar algo de bainita libre de carburo que también puede estabilizar la austenita. Para este producto, se busca crear

austenita muy estable, lo que indica que no se formará martensita en el enfriamiento final.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para producir aceros recocidos que comprende:
 - a. un desenrollador (12) para desenrollar material (1) de tira de acero
 - b. una zona (2) de calentamiento que comprende:
 - 5 i. una sección de calentamiento que comprende:
 - A. una primera unidad (4) de calentamiento que comprende quemadores de tubos radiantes o un horno de inducción para calentar la tira de acero a una temperatura intermedia entre 400 y 600 °C, y
 - B. una segunda unidad (5) de calentamiento que comprende uno o más hornos de inducción transversales para calentar adicionalmente la tira de acero a una temperatura de recocido entre 500 °C hasta aproximadamente 1000 °C;
 - 10 ii. un paso de remojo para remojar la tira de acero por un período de 120 segundos como máximo;
 - iii. un paso (6) de enfriamiento que comprende una zona de enfriamiento lento, una zona de enfriamiento rápido y una tercera zona de enfriamiento, en el que la zona de enfriamiento lento es para enfriar la tira de acero desde la temperatura de recocido hasta la temperatura de inicio de enfriamiento rápido y en el que la zona de enfriamiento rápido es para enfriar rápidamente la tira de acero a una tasa de enfriamiento de al menos 50 °C/s desde la temperatura de inicio de enfriamiento rápido hasta una temperatura de parada de enfriamiento de aproximadamente 300 °C y en el que la tercera zona de enfriamiento es para enfriar la tira de acero desde la segunda temperatura de parada de enfriamiento a una temperatura entre temperatura ambiente y 100 °C;
 - c. una zona (7) de recalentamiento opcional
 - d. una zona (8) de recocido a la medida opcional para el tratamiento térmico local de una o más áreas o zonas en la dirección longitudinal de la tira
 - 20 e. una zona (9) de enfriamiento final
 - f. una zona (10) de recubrimiento final que comprende:
 - opcionalmente un paso de decapado y/o activación
 - opcionalmente un primer paso de limpieza
 - 25 • un paso de recubrimiento electrolítico
 - opcionalmente un segundo paso de limpieza
 - opcionalmente un paso de secado
 - g. un bobinador para bobinar el material de tira recocido
- 30 2. Aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la zona de calentamiento comprende una primera unidad (4) de calentamiento que comprende quemadores de tubo radiante para calentar la tira de acero a una temperatura de hasta aproximadamente 500 °C.
3. Aparato de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la segunda unidad (5) de calentamiento comprende un primer horno de inducción transversal para calentar adicionalmente la tira de acero a una temperatura de hasta aproximadamente 800 °C y un segundo horno de inducción transversal para calentar adicionalmente la tira de acero a una temperatura de recocido de hasta aproximadamente 1000 °C.
- 35 4. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona (7, 8) de recalentamiento comprende un horno de inducción longitudinal para recalentar la tira de acero a una temperatura de entre 350 y 550 °C.
- 40 5. Aparato de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la zona (7, 8) de recalentamiento comprende un horno de inducción longitudinal para recalentar la tira de acero a una temperatura entre 400 y 500 °C.
6. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la zona (7, 8) de recalentamiento comprende una zona de calentamiento parcial que comprende un horno de inducción transversal para recalentar uniforme o localmente la tira de acero a una temperatura entre 700 y 900 °C, preferiblemente 750 a 850 °C.
- 45 7. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el aparato comprende una zona (8) de recocido a la medida para tratamiento térmico local de una o más áreas en la dirección longitudinal de la tira, y en el que dicha zona de recocido a la medida está situada preferiblemente detrás de la zona de calefacción.
8. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la galvanización del acero se realiza

en el paso de recubrimiento electrolítico (10).

9. Proceso para producir un AHSS que usa el dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende los pasos de:

a. desenrollar material (1) de tira de acero seguido de

5 (i) calentar el material de tira de acero en la primera unidad (4) de calentamiento que comprende quemadores de tubo radiante o un horno de inducción a una temperatura intermedia entre 400 y 600 °C, y calentar adicionalmente la tira de acero en la segunda unidad (5) de calentamiento que comprende uno o más hornos de inducción transversales a una temperatura de recocido entre 500 °C hasta aproximadamente 1000 °C;

(ii) remojar la tira de acero por un período de máximo 120 segundos;

10 (iii) enfriar lentamente la tira de acero desde la temperatura de recocido hasta la temperatura de inicio de enfriamiento rápido en la zona de enfriamiento lento, seguido de enfriamiento rápido de la tira de acero en la zona de enfriamiento rápido a una tasa de enfriamiento de al menos 50 °C/s desde la temperatura de inicio de enfriamiento rápido hasta una temperatura de parada de enfriamiento de aproximadamente 300 °C, seguido de enfriamiento de la tira de acero en la
15 tercera zona de enfriamiento desde la temperatura de parada de enfriamiento de la zona de enfriamiento rápido hasta una temperatura entre temperatura ambiente y 100 °C;

b. recubrimiento electrolítico de la tira de acero en una zona (10) de recubrimiento

c. bobinar el material de la tira recocida

20 10. Proceso de acuerdo con la reivindicación 9 para producir un AHSS recocido a la medida con propiedades variables sobre el ancho del material de tira mediante tratamiento térmico local de una o más áreas o zonas en la dirección longitudinal del material de tira.

11. Proceso de acuerdo con la reivindicación 10, en el que las zonas con las variaciones deseadas de las propiedades mecánicas sobre el ancho del material de tira y paralelas a la dirección de laminación tienen al menos 50 mm de ancho.

25 12. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que la temperatura de inicio de enfriamiento rápido está justo por encima de Ar3.

30 13. Proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el material de tira de acero es una tira de acero laminada en frío que se calienta a una temperatura intermedia entre 400 y 600 °C en la primera unidad (4) de calentamiento y se calienta adicionalmente a una temperatura entre 600 y 700 °C en la segunda unidad (5) de calentamiento, tratada térmicamente empapando el material de la tira de acero durante 10 a 60 s seguido de enfriamiento para producir un acero de alta resistencia laminado en frío recocido de recuperación.

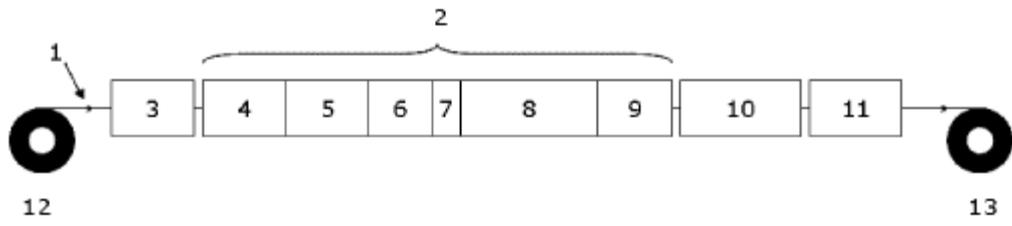


Figura 1

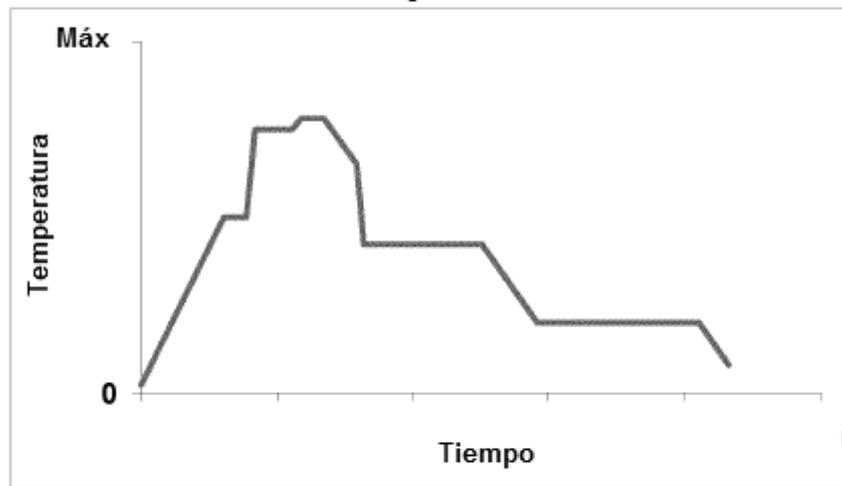


Figura 2

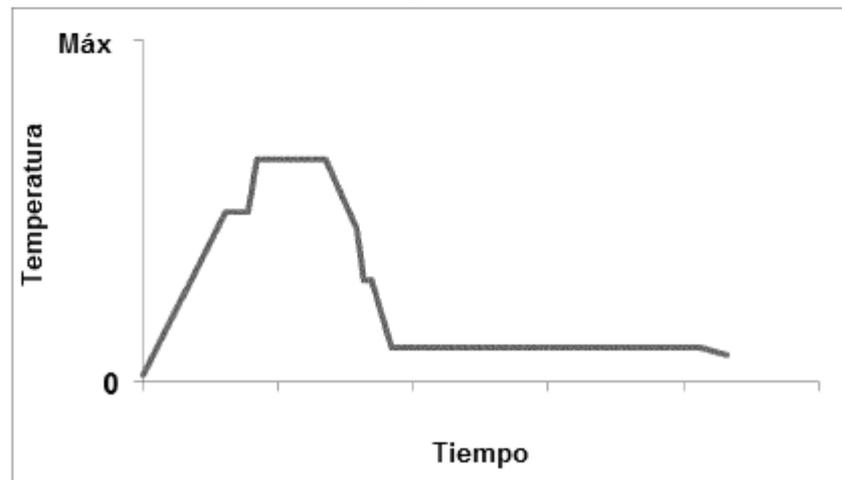


Figura 3

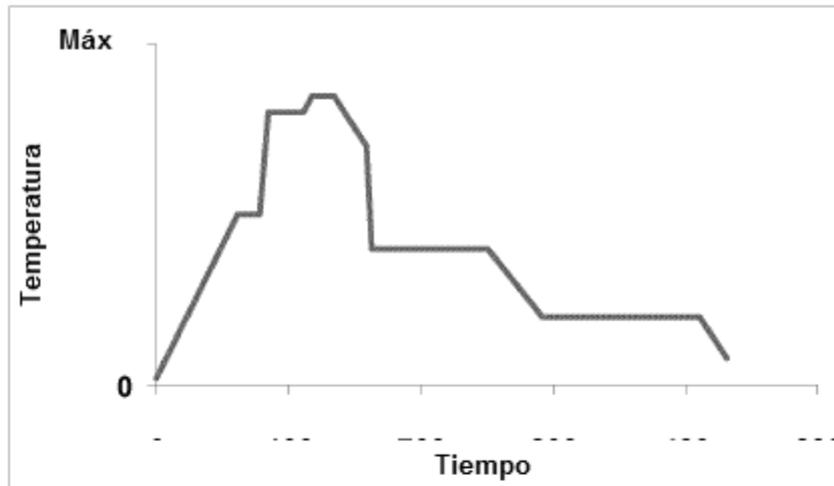


Figura 4

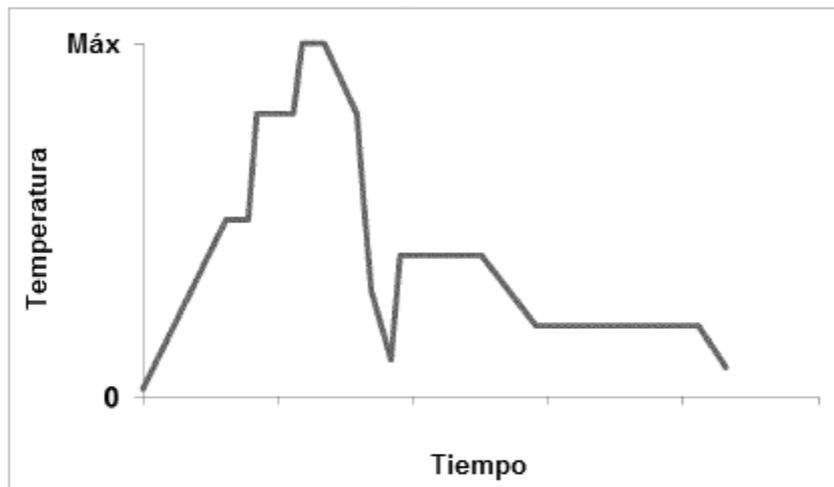


Figura 5

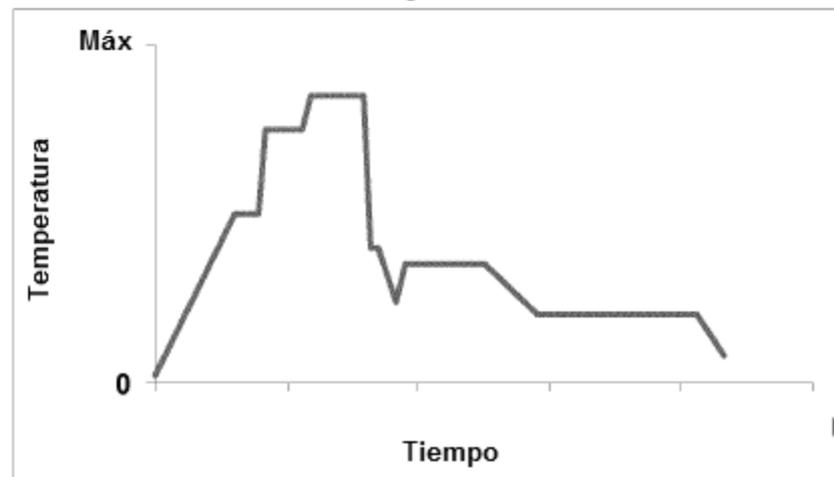


Figura 6