

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 776 197**

51 Int. Cl.:

C21D 9/52 (2006.01)

C21D 9/573 (2006.01)

C21D 1/63 (2006.01)

C21D 1/64 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.01.2014 PCT/EP2014/051407**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.08.2014 WO14118089**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.01.2014 E 14701213 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 2951327**

54 Título: **Enfriamiento forzado con agua de alambres de acero grueso**

30 Prioridad:

01.02.2013 EP 13153642

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

29.07.2020

73 Titular/es:

**NV BEKAERT SA (100.0%)
Bekaertstraat 2
8550 Zwevegem, BE**

72 Inventor/es:

**MESPLONT, CHRISTOPHE y
POELMAN, DAVY**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 776 197 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

Enfriamiento forzado con agua de alambres de acero grueso

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un método y un equipo para enfriamiento controlado de alambres de acero.

Antecedentes de la técnica

10 El tratamiento térmico de alambres de acero generalmente juega un papel importante en la técnica de fabricación de alambres. La primera etapa en la fabricación de alambres comienza con el estiramiento de un alambroón a un diámetro intermedio deseado que puede variar de 1,0 a 5,0 mm o más. En esta etapa de endurecimiento por deformación, los alambres estirados son tratados térmicamente para perlita mediante un proceso de patentado para permitir una mayor deformación plástica. Posteriormente, los alambres de acero patentados se estiran hasta un tamaño más pequeño, ya sea un segundo tamaño intermedio o un diámetro final. El patentado implica calentar alambres de acero al carbono en la fase austenítica, generalmente por encima de 800 °C y luego enfriar los alambres a una temperatura elegida mantenida durante un periodo suficiente para que se complete la descomposición isotérmica general de la austenita. La temperatura suele estar en la región de 550 °C, con la intención general de proporcionar una estructura fina de perlita.

25 Como es bien sabido, el alambroón de acero hecho por laminado en caliente de lingotes o palanquillas se aplica a un uso práctico en el estado enrollado pero después de haber sido sometido a un enfriamiento controlado. Para enfriar la varilla con alto contenido de carbono inmediatamente después de haber sido laminada en caliente para tener una excelente trabajabilidad en frío, se propuso sumergir la varilla de alto contenido de carbono en un baño de agua tibia como se describe en GB 1 276 738. El método de tratamiento térmico de una varilla de alambre de acero con un diámetro de varilla de alambre que varía entre 5,5 mm y 6,5 mm descrito en este documento comprende sumergir la varilla de alambre mantenida a una temperatura de 600 °C a 1100 °C en un baño de agua tibia que contenga un agente tensioactivo. El agua se mantiene a una temperatura superior a 45 °C, generando una película de vapor uniformemente en la superficie del alambroón y controlando así la velocidad de enfriamiento del alambroón. El punto esencial de este método de tratamiento térmico es generar la película de vapor uniformemente en la superficie del alambroón y mantener este estado durante un periodo de tiempo hasta que la transformación de perlita haya terminado. Tal método tiene varios méritos cuando se usa en el enfriamiento directo de varillas laminadas en caliente transportadas en bobinas en espiral en un transportador horizontal. Sin embargo, se ha considerado que este método es menos adecuado o poco confiable para tratamiento de alambres con otros diámetros.

40 Con respecto al tratamiento térmico de alambres estirados que tienen un diámetro intermedio deseado que puede variar de 1,5 a 5,0 mm, EP 0 216 434 desvela otro método adecuado y confiable de enfriamiento controlado de alambre de acero previamente calentado a una temperatura de austenita: el alambre se transporta continuamente a través de un baño refrigerante que contiene agua sustancialmente pura de al menos 80 °C y se sumerge en el baño para enfriar la perlita sin producir martensita o bainita. El alambre se somete a un enfriamiento de película recocida uniforme y estable durante toda la longitud de su inmersión al contactar el alambre con un flujo continuo no turbulento del agua sustancialmente pura. Los alambres patentados por agua presentan una microestructura perlítica suficientemente uniforme con excelentes registros de capacidad de estiramiento.

45 EP 0 524 689 también utiliza agua al menos a 80 °C como refrigerante para el alambre de acero que tiene un diámetro inferior a 2,8 mm, pero no continuamente a través de un baño refrigerante como el método mencionado anteriormente desvelado en EP 0 216 434. La transformación de austenita en perlita también se puede hacer en un baño de agua, sin embargo, si solo se proporciona un baño de agua, puede dar problemas para diámetros de alambre inferiores a 2,8 mm e incluso se vuelve imposible para diámetros de alambre inferiores a aproximadamente 1,8 mm ya que la velocidad/rapidez de enfriamiento de dicho alambre de acero es demasiado rápida, provocando una estructura metálica desfavorable del alambre de acero patentado. Así, como ejemplo desvelado en esta patente EP, hay dos baños de agua con enfriamiento con aire entre medias. El enfriamiento se realiza alternativamente por recocido de película en agua durante uno o más periodos de enfriamiento con agua y en aire durante uno o más periodos de enfriamiento por aire. Un periodo de enfriamiento por agua sigue inmediatamente a un periodo de enfriamiento por aire y viceversa, que se denomina proceso de "patentado con agua-aire-agua". El número de periodos de enfriamiento con agua, el número de periodos de enfriamiento con aire, la longitud de cada periodo de enfriamiento con agua y la longitud de cada periodo de enfriamiento con aire se eligen de manera que se evite la formación de martensita o bainita.

60 Como se explica en EP 0 524 689, todos los demás parámetros técnicos, como composición del acero, composición del baño de enfriamiento, temperatura... manteniéndose igual, el diámetro del alambre desempeña un papel fundamental en la velocidad de enfriamiento. Cuanto menor es el diámetro, mayor es la velocidad de enfriamiento, cuanto mayor es el diámetro, menor es la velocidad de enfriamiento.

65 WO2007/023696 se refiere a un método de tratamiento térmico directo de un alambroón enrollado suelto que tiene un

diámetro de más de 11,0 mm. El alambón enrollado en forma de bobina se enfría sumergiéndolo en refrigerante o exponiéndolo al flujo de refrigerante. JP-A 60 009 834 se refiere a un aparato y a un método para enfriar tiras de acero en movimiento continuo por inmersión en baño que implica un conjunto de boquillas sumergidas para impacto líquido y rodillos deflectores.

5 Hasta ahora los intentos anteriores de utilizar los métodos mencionados anteriormente para efectuar una transformación de enfriamiento de alambres de acero gruesos estirados y austenitizados en perlita, no han tenido éxito en muchos aspectos. Los resultados del tratamiento térmico a menudo no son confiables y los alambres gruesos tratados muestran una variación demasiado alta en propiedades como estiramiento inconsistente y comportamiento quebradizo frecuentemente inesperado debido a numerosas estructuras metálicas indeseables. La estructura metálica exacta del alambre patentado no solo determina la ausencia o presencia de fracturas de alambre durante el siguiente estiramiento del alambre, sino que también determina en gran medida las propiedades mecánicas del alambre en su diámetro final. De este modo, las condiciones de transformación deben ser tales que se eviten martensita o bainita incluso en puntos muy locales en la superficie del alambre de acero. Por otro lado, la estructura metálica del alambre de acero patentado no debe ser demasiado blanda, es decir, no debe presentar una estructura de perlita demasiado gruesa o una cantidad demasiado grande de ferrita, dado que dicha estructura metálica nunca produciría la resistencia a la tracción final deseada del alambre de acero. Según la afirmación del párrafo anterior, el punto esencial de realizar una transformación-enfriamiento confiable de alambres gruesos es acelerar el enfriamiento intencionadamente basándose en un proceso convencional de tratamiento térmico de alambres.

Divulgación de la invención

El objeto principal de la invención es proporcionar un proceso de enfriamiento controlado alternativo.

Otro objeto de la presente invención es dar alambres de acero patentados con una estructura metálica adecuada, es decir, una estructura de perlita fina sin manchas martensíticas o bainíticas.

Además otro objeto de la presente invención es proporcionar un proceso que sea adecuado para transformar austenita en perlita de alambres de acero con un diámetro superior a 5,0 mm, por ejemplo, superior a 8,0 mm.

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un método de enfriamiento controlado de uno o múltiples alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos a un intervalo de temperaturas predeterminado como en la reivindicación 1. El método comprende las etapas de:

- guiar dicho alambre/alambres de acero calentado y sustancialmente recto a lo largo de trayectoria/trayectorias individuales a través de un baño refrigerante, comprendiendo dicho baño refrigerante como baño agua líquida y un polímero estabilizador, teniendo dicho líquido de baño una temperatura superior a 80 °C, creando dicho líquido de baño y dichos múltiples alambres de acero previamente calentados y sustancialmente recto una película de vapor alrededor de cada alambre de acero por sí mismo a lo largo de cada trayectoria individual;
- dirigir un líquido de impacto sumergido dentro de dicho baño refrigerante hacia dicha película de vapor sobre una cierta longitud L a lo largo de trayectoria/trayectorias individuales, para disminuir el grosor de dicha película de vapor o desestabilizar dicha película de vapor, aumentando así la velocidad de enfriamiento sobre dicha longitud L a lo largo de trayectoria/trayectorias individuales;
- dicha cierta longitud L se define como "longitud de enfriamiento forzado con agua".

En la presente invención, el método de enfriamiento controlado se relaciona con una o múltiples líneas sustancialmente rectas de alambres de acero. Estos alambres de acero pasan a través del baño refrigerante a lo largo de trayectorias individuales. En otras palabras, las trayectorias en el baño refrigerante son sustancialmente rectas. Por tanto, las trayectorias de cada alambre de acero están bien definidas. Normalmente, el baño refrigerante puede tener forma rectangular y las trayectorias de los alambres de acero son sustancialmente paralelas a un lado del baño refrigerante de forma rectangular. Esto hace posible dirigir un líquido de impacto sumergido dentro del baño refrigerante hacia la película de vapor en los alambres de acero. Por ejemplo, el líquido de impacto puede ir debajo de los alambres de acero, hacia dichos alambres de acero (o dicha película de vapor) y a lo largo de las trayectorias individuales. Así, la película de vapor se puede desestabilizar o el grosor de la película de vapor disminuye. Como comparación, esta ventaja no se puede lograr con la solución mencionada en W02007/023696A1 en donde un alambón suelto laminado en caliente se enfría con refrigerante. Los alambrones sueltos laminados en caliente se transportan por un transportador a través del tanque de refrigerante. Desde las boquillas sumergidas dentro del tanque de refrigerante se inyecta una mezcla de agua hervida o gas-líquido al refrigerante, mientras se hace fluir el refrigerante en el tanque de refrigerante y aliviando la dispersión/variación de la temperatura del refrigerante. En W02007/023696A1, se trata de suprimir la falta de uniformidad de enfriamiento del alambre creando turbulencia en el tanque de refrigerante al expulsar la mezcla de gas-líquido en el tanque de refrigerante. La película de vapor en el alambre de acero no está realmente desestabilizada o al menos no está desestabilizada de manera uniforme en toda la longitud de los alambrones en espiral ya que los alambrones laminados en caliente están en forma de bobina suelta. Para los alambrones laminados en caliente en forma de bobina, cuanto más cerca de las boquillas, más

desestabilización de la película de vapor. Las boquillas de W02007/023696A1 están colocadas en una línea o en tres líneas. La distancia de los alambres de acero en forma de bobina desde las boquillas depende de la ubicación en la bobina y, por tanto, el enfriamiento de los alambres de acero en forma de bobina también depende de la ubicación. El efecto de la turbulencia en el tanque refrigerante sobre la película de vapor de los alambres de acero no es comparable con dirigir un líquido de impacto hacia las películas de vapor según la presente invención.

Otra ventaja de la presente invención es que el método de enfriamiento controlado puede aplicarse a múltiples líneas de alambres de acero. Preferentemente, las múltiples líneas de alambres de acero son paralelas entre sí. El patrón de líquido de impacto sumergido dentro del baño refrigerante puede diseñarse flexiblemente para cada alambre de acero individual. Por ejemplo, cada alambre de acero puede tener el mismo patrón de líquido de impacto. Alternativamente, el líquido de impacto se puede sumergir parcialmente debajo de algunos de los múltiples alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos a lo largo de sus trayectorias individuales. Hace posible que múltiples alambres de acero puedan tener un patrón de líquido de impacto diferente y, por tanto, un esquema de enfriamiento diferente según se desee en un mismo baño refrigerante.

Según una realización de la invención, el alambre/alambres de acero previamente calentado se somete/someten a un tratamiento de transformación de enfriamiento controlado de austenita a perlita. Dicho alambre/alambres de acero se calienta/calientan previamente por encima de la temperatura de austenización y se enfrían en un intervalo de temperaturas predeterminado de 400 °C a 650 °C para permitir la transformación de austenita en perlita, preferentemente a la temperatura de 580 °C.

Cuando el alambre de acero se ha calentado por encima de la temperatura de austenización, la etapa de enfriamiento comprende una etapa de pretransformación, una etapa de transformación y una etapa posterior a la transformación. Las duraciones del proceso, por ejemplo, la longitud de enfriamiento forzado con agua L y la longitud de enfriamiento con agua convencional durante la etapa de pretransformación se eligen preferentemente para comenzar la transformación de austenita en perlita a una temperatura entre 400 °C y 650 °C, lo que permite un alambre de acero patentado con propiedades mecánicas adecuadas.

Para realizar este método, preferentemente, la longitud de enfriamiento forzado con agua L es menor que la longitud del baño refrigerante. Generalmente, la etapa de pretransformación consiste en todo el periodo de enfriamiento forzado con agua y solo en una corta longitud del periodo de enfriamiento convencional posterior. Durante este periodo de enfriamiento forzado con agua, inicialmente el alambre de acero se enfría rápidamente y luego pasa a través de una longitud de enfriamiento con agua convencional "blanda" corta en donde este enfriamiento rápido se ralentiza para entrar en la "punta" de la curva de transformación en un lugar adecuado, siguiendo una curva de enfriamiento predeterminada (diagrama TTT).

Respecto a la etapa de transformación, la transformación completa de austenita en perlita puede ocurrir en el baño refrigerante, sustancialmente después de que el alambre abandone el proceso de enfriamiento forzado con agua. El enfriamiento en la etapa de postransformación puede realizarse al aire. Preferentemente con el enfriamiento con aire o al aire no es un enfriamiento forzado con aire sino un simple enfriamiento en aire ambiental.

Al realizar este método de transformación por enfriamiento como sustituto de un tratamiento térmico convencional, es decir, WAP (patentado con agua-aire, un baño de agua de desbordamiento seguido de aire ambiental), los alambres de acero se dejan enfriar desde la temperatura de austenización y luego se transforman en perlita. El principio es bastante simple pero debe estar bien controlado. A modo de ejemplo, el caudal del líquido de impacto debe ajustarse cuidadosamente para tener una desestabilización deseada de la película de vapor o una reducción del grosor de la película de vapor. En lugar de utilizar un sistema separado con agua fría y líquido de impacto como en muchas instalaciones de enfriamiento o patentado, este nuevo concepto utiliza la misma solución de enfriamiento que para WAP - la composición química del líquido de impacto y del líquido en el baño refrigerante es la misma. Esto proporciona dos ventajas principales: una es un coste de instalación mucho menor (usa el mismo tanque y líquido refrigerante); la otra es reducir el gradiente de temperatura entre el núcleo y la superficie del alambre (sin contacto directo con agua fría, enfriamiento de película de vapor más fina), conduciendo a una estructura patentada aún homogénea.

Más preferentemente, el líquido de impacto se toma del propio baño refrigerante y puede recircularse continuamente, por ejemplo, mediante una bomba de circulación, lo que ayuda a generar una solución considerablemente homogénea en todo el baño refrigerante, lo que proporciona un sistema de enfriamiento estable.

El término "líquido" se refiere al agua donde se pueden haber añadido aditivos. Los aditivos pueden comprender agentes tensioactivos como jabón, alcohol polivinílico e inactivadores poliméricos, como alcalipoliacrilatos o poliácido de sodio (por ejemplo, AQUAQUENCH 110®, véase por ejemplo, K.J. Mason y T.

Griffin, The Use of Polymer Quenchants for the Patenting of High-carbon Steel Wire and Rod, Heat Treatment of Metals, 1982,3, pp 77-83). Los aditivos se usan para aumentar el grosor y la estabilidad de la película de vapor alrededor del alambre de acero. La temperatura del agua es preferentemente superior a 80 °C, por ejemplo, 85 °C, más preferentemente superior a 90 °C, por ejemplo, aproximadamente 95 °C. Cuanto mayor es la temperatura del

agua, mayor es la estabilidad de la película de vapor alrededor del alambre de acero.

5 En una instalación WAP clásica, la velocidad de enfriamiento del alambre depende principalmente de su diámetro (y en menor medida de la temperatura y la concentración de polímero del líquido de enfriamiento). Con el proceso de enfriamiento forzado con agua según esta invención, el líquido de impacto reduce el grosor de la película de vapor, aumenta la velocidad de enfriamiento, y la longitud de enfriamiento forzado con agua L se puede ajustar para controlar la temperatura de transformación.

10 El enfriamiento forzado con agua se realiza convenientemente en un baño refrigerante donde el alambre/alambres de acero es guiado/guidados continuamente por trayectoria/trayectorias individuales. Una trayectoria horizontal y rectilínea es preferente para proporcionar el canal de desplazamiento para cada alambre de acero. El baño es generalmente de tipo desbordamiento, como el baño refrigerante convencional. Preferentemente, se proporciona un líquido de impacto mediante una pluralidad de chorros desde orificios sumergidos dentro de dicho baño refrigerante debajo del propio alambre de acero a lo largo de cada trayectoria individual. Una de las ventajas de tener los chorros debajo de los alambres de acero es que los alambres de acero se pueden alcanzar y colocar fácilmente sin que los chorros los obstaculicen.

20 Una pluralidad de chorros desde los orificios sumergidos son adecuados para dirigirse directamente hacia las películas de vapor, por ejemplo, perpendicular al alambre o alambres para tener un impacto eficaz en las películas de vapor - desestabilizar dichas películas de vapor, o disminuir el grosor de las películas de vapor, para aumentar además la velocidad de enfriamiento del alambre o alambres de acero grueso. La bomba puede controlar el caudal del líquido de impacto desde los orificios. El caudal de la bomba tiene una influencia directa en la desestabilización de las películas de vapor o el grado decreciente del grosor y además la velocidad de enfriamiento. En general, cuanto mayor sea el caudal de la bomba, más agudo es el impacto hacia las películas de vapor, por tanto la velocidad de enfriamiento es mayor. Por supuesto, diferentes caudales de la bomba no solo pueden conducir a diferentes velocidades de enfriamiento, sino también a diferentes posiciones del inicio de transformación por último.

25 Según la invención, la expresión "alambres gruesos" se refiere a alambres con un diámetro superior a 5,0 mm; preferentemente, el diámetro varía de 5,5 mm a 20 mm y más preferentemente, de 6,5 mm a 13,5 mm, por ejemplo, 7,0 mm; 8,0 mm; 9,0 mm.

30 Para diámetros de alambre de acero de aproximadamente 5 mm y superiores, a modo de ejemplo, 6 mm, el caudal de la bomba en el periodo de enfriamiento forzado con agua puede no ser tan alto ya que una velocidad de enfriamiento muy rápida no es necesaria para tales alambres de acero no muy gruesos. Si la velocidad de enfriamiento es demasiado rápida, la curva de enfriamiento pasará por la punta de la curva de transformación y se formarán riesgos de bainita o martensita.

35 En casos extremos, para diámetros muy gruesos, por ejemplo, superiores a 13 mm, se requiere que el caudal de la bomba en el periodo de enfriamiento forzado con agua sea significativamente alto para obtener una desestabilización suficiente o una película de vapor mucho más delgada para tener una velocidad de enfriamiento rápida.

40 Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona un equipo como en la reivindicación 12. El equipo se proporciona para enfriamiento controlado de uno o múltiples alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos a un intervalo de temperaturas predeterminado según el primer aspecto de la invención. Este equipo comprende:

- 45 a) un baño refrigerante, comprendiendo dicho baño refrigerante agua y un polímero estabilizador como líquido de baño, teniendo dicho líquido de baño una temperatura superior a 80 °C;
- 50 b) medios de guía para guiar alambre/alambres de acero previamente calentados continuamente a lo largo de trayectoria/trayectorias individuales a través de dicho baño refrigerante;
- c) un generador de líquido de impacto sumergido dentro de dicho baño refrigerante que es adecuado para inyectar líquido de impacto debajo y hacia cada alambre de acero a lo largo de la trayectoria individual.

55 El equipo puede comprender medios para transportar un alambre de acero grueso austenitizado o una pluralidad de alambres de acero grueso austenitizados continuamente a lo largo de trayectoria/trayectorias individuales a un baño refrigerante a través del cual los alambres pasan horizontalmente durante un periodo de inmersión predeterminado. Esta longitud de inmersión predeterminada es igual a la suma de una longitud de enfriamiento forzado y una longitud de enfriamiento no forzado o enfriamiento suave. Durante el enfriamiento forzado, los alambres se ponen en contacto con un flujo predominantemente laminar de un refrigerante de agua que tiene una temperatura constante superior a 80 °C y se procesan hasta una pureza suficiente para lograr y mantener un enfriamiento de la película recocida estable sin inducir ebullición de nucleado local e inactivar la formación de martensita, mientras que se proporciona un líquido de impacto mediante una pluralidad de chorros desde los orificios sumergidos dentro de dicho baño refrigerante que se dirigen hacia dichas películas de vapor sobre una cierta longitud L, para desestabilizar dichas películas de vapor o disminuir el grosor de dichas películas de vapor sobre la longitud L. Esto puede controlarse mediante una bomba de circulación fuera del baño refrigerante. Por tanto, durante el enfriamiento no forzado o enfriamiento suave, los alambres se enfrían durante la inmersión en el mismo baño refrigerante en una

etapa del proceso convencional de patentado de agua a un intervalo de temperaturas deseado de transformación de perlita.

5 Este equipo tiene la ventaja de bajos costes de inversión y bajos costes de funcionamiento. Es bastante fácil adaptar un equipo WAP convencional a un equipo de enfriamiento forzado con agua según esta invención. El equipo según esta invención no solo se aplica para enfriar una pluralidad de alambres de acero previamente calentados con el mismo diámetro sino también una pluralidad de alambres de acero previamente calentados con diferentes diámetros, que se realiza mediante el ajuste de la longitud de inmersión total por separado e individualmente para cada alambre y/o ajustando la longitud de enfriamiento forzado con agua L por separado e individualmente a lo largo de cada trayectoria individual.

Breve descripción de figuras en los dibujos

15 Figura 1 muestra una curva de enfriamiento de un proceso según la presente invención;

Figura 2 proporciona una representación esquemática de realización de un proceso de enfriamiento según la presente invención;

20 Figura 3 muestra una sección transversal a lo largo del plano A-A de la Figura 2;

Figura 4 ilustra la influencia del caudal de la bomba para comenzar la transformación;

Figura 5 y Figura 6 proporcionan dos realizaciones de orificios con diferentes distribuciones;

25 Figura 7 ilustra el principio de funcionamiento de una placa de acero móvil para controlar el número de orificios;

Figura 8 y Figura 9 y Figura 10 son microestructuras de referencia de muestra 1 y muestra 2 y muestra 3 según la invención.

30 Modo(s) para realizar la invención

Descripción general de la influencia del diámetro en la velocidad de enfriamiento con respecto al diagrama TTT de la Figura 1. Figura 1 muestra una curva de enfriamiento 1-4 en un llamado diagrama TTT (Temperatura-Tiempo-Transformación). El tiempo se presenta en abscisas y la temperatura forma la ordenada. S es la curva que indica el inicio de la transformación de austenita (A) en perlita (P), E es la curva que indica el final de esta transformación. Un alambre de acero con un diámetro de aproximadamente 6,50 mm que se enfría por recocido de película en un baño de agua de desbordamiento (proceso WAP convencional) sigue las líneas de puntos completas de la curva de enfriamiento T. Las líneas de puntos de la curva de enfriamiento V no alcanzan la "punta". Se necesita mucho más tiempo para comenzar la transformación, lo que dará como resultado una estructura de perlita demasiado gruesa. Dicha estructura tiene un alto riesgo de producir una resistencia a la tracción final deseada del alambre de acero. Por tanto, la velocidad de enfriamiento de la etapa previa a la transformación de la curva 1 ' tiene que acelerarse para entrar en la "punta" de la curva de transformación en un lugar adecuado para tener una estructura de perlita fina. El concepto de enfriamiento forzado con agua según esta invención se refiere particularmente a tener una velocidad de enfriamiento rápida en una etapa de pretransformación. La curva 1 ilustra el progreso de enfriamiento en el periodo del tratamiento de enfriamiento con agua forzada y la curva 2 muestra la siguiente etapa en un proceso WAP convencional "suave". La curva 3 es la curva de enfriamiento durante la transformación (también en el proceso WAP convencional "suave"). El enfriamiento adicional en la etapa de posttransformación ocurre al aire y se muestra mediante la curva de enfriamiento 4.

50 Con referencia ahora a la Figura 2 y como materia de otro ejemplo, un alambre de acero 10 con un diámetro D de 10 mm (S3) se saca de un horno 12 que tiene una temperatura T de aproximadamente 1000 °C. La velocidad del alambre V es aproximadamente 10 m/min. Un baño de agua 14 de tipo de desbordamiento está situado inmediatamente corriente abajo del horno 12. Una pluralidad de chorros 16 de los orificios 20 de una placa hueca (placa perforada) 22 sumergida dentro de dicho baño refrigerante están formando un líquido de impacto, cuyo caudal está controlado por una bomba de circulación 18 fuera del baño refrigerante. Tal y como se ilustra en la figura 2, el líquido de impacto bajo presión se está precipitando desde los orificios 20 que fluye hacia dicho alambre de acero 10.

60 La primera longitud l_1 se debe a la colocación del equipo de enfriamiento forzado con agua. El equipo de enfriamiento forzado con agua podría instalarse justo a la salida del horno ($l_1 = 0$) o a una pequeña distancia de la salida. La longitud l_1 se puede ajustar según sea necesario. La segunda longitud l_2 indica la longitud utilizada para el proceso de enfriamiento forzado con agua - longitud de enfriamiento forzado con agua. La tercera longitud l_3 es la longitud de enfriamiento restante en el mismo baño de agua refrigerante 14. Figura 2 ilustra la configuración con este alambre (S3) que atraviesa toda la instalación de enfriamiento y Figura 3 es la sección transversal según el plano A-A.

El punto magnético, que indica el comienzo de la transformación de austenita en perlita se midió usando un imán y se indica en la tabla 1 (Magtrans - definida como la distancia desde la salida del horno).

5 También se midió la resistencia a la tracción también y se indicó en la tabla 1 junto con otras cuatro muestras (S1 y S2 y S4 y S5, S1 es el alambre de referencia con un WAP convencional, mientras que S2 a S5 son los alambres con el proceso de la invención: tratamiento de enfriamiento forzado con agua).

Tabla 1

Muestra	VxD, m ³ /min	D, mm	% C	T, °C	l ₁ , m	l ₂ , m	Flujo m ³ /h	l ₃ , m	Rm, N/mm ²	Magtrans, m
S1	100	10	0,6	1000	0,5	0	0	0,6	960	4,30
S2	100	10	0,6	1000	0,5	1,45	8,5	0,1	970	2,20
S3	100	10	0,6	1000	0,5	1,45	8,5	1,7	990	2,50
S4	100	10	0,6	1000	0,5	0,6	6	2,6	990	3,00
S5	100	10	0,6	1000	0,5	0,6	17	2,6	1000	2,30

10 Para el presente ejemplo, el producto de partida es un alambroón de acero al carbono sencillo. Esta alambroón de acero tiene la siguiente composición de acero: un contenido de carbono del 0,60 %, un contenido de manganeso del 0,50 %, un contenido de silicio de 0,202 %, un contenido de azufre de 0,013 %, un contenido de fósforo del 0,085 %, todos los porcentajes son porcentajes en peso.

15 Una composición típica del alambroón de acero para alambre de acero de alta tracción tiene un contenido mínimo de carbono de aproximadamente 0,80 % en peso, por ejemplo, 0,78 - 1,02 % en peso, un contenido de manganeso que varía de 0,30 % a 1,10 %, un contenido de silicio que varía de 0,15 % a 1,30 %, un contenido máximo de azufre del 0,15 %, un contenido máximo de fósforo del 0,20 %, todos los porcentajes son porcentajes en peso. También se pueden añadir elementos de microaleación adicionales, como cromo del 0,20 % al 0,40 %, cobre hasta 0,20 %, vanadio hasta 0,30 %.

20 La Tabla 1 ilustra además el efecto de los caudales bajos y altos de la bomba en la instalación. La situación realizada en la última muestra S5 es extrema ya que en condiciones normales el caudal está entre 6 y 10 m³/h. Durante los dos últimos ensayos (S4, S5), con la misma longitud de enfriamiento forzado l₂ = 0,6 m y la misma longitud de enfriamiento con agua "blanda" l₃ = 2,6 m, la posición del inicio de la transformación se midió respectivamente utilizando un imán para diferentes caudales de la bomba. Se encontró una correlación clara entre la distancia desde el horno al punto de transformación y el caudal como se muestra en Fig.4.

25 Sin embargo, según esta invención, el parámetro - el caudal de la bomba se calcula como la suma de los chorros de todos los orificios. Si el tamaño de los orificios es fijo, a más orificios, mayor es el caudal; si el número de orificios es fijo, cuanto más grandes sean los orificios, mayor es el caudal. Además, cuanto mayor sea el caudal de la bomba, mayor será la velocidad de enfriamiento forzado.

30 Idealmente, el sistema debería proporcionar la misma velocidad de enfriamiento independientemente de la trayectoria de desplazamiento de los alambres de acero. De hecho, los alambres de acero pueden cambiar algo desde la trayectoria de desplazamiento. En caso de que solo se proporcione un conjunto de orificios para un alambre de acero, una trayectoria de desplazamiento cambiante puede causar cambios en las velocidades de enfriamiento y esto debe evitarse. Esto se puede evitar proporcionando varios tipos de distribuciones de los orificios. Por ejemplo, puede haber una distribución aleatoria de orificios.

35 Figura 5 y Figura 6 muestran dos tipos de distribuciones de orificios. W₁ a W_i representa el ancho entre cada línea de orificios; el ancho puede ser diferente entre sí o igual que el otro.

En Figura 5, los anchos W₁ a W_{i-2} puede variar mientras que en Figura 6 el diámetro de los orificios puede variar.

40 El diámetro de los orificios varía preferentemente de 0,5 mm a 5,0 mm, por ejemplo, 1,0 mm, 2,5 mm, 4,0 mm, y la longitud entre dos orificios adyacentes a lo largo de la misma línea es preferentemente superior a 5,0 mm, por ejemplo, 6,8 mm, 8,2 mm, 10,6 mm. Los orificios 52 mostrados en Figura 5 comparten el mismo diámetro d₁ = 3 mm. La longitud l₀₁ entre dos orificios adyacentes a lo largo de cada línea es la misma: l₀₁ = 15 mm; el ancho entre cada línea de orificios (W₁ a W_{i-2}) es diferente entre sí. Comparativamente, como se muestra en Figura 6, hay dos tipos de orificios 62 y 64 con diferentes tamaños respectivamente: d₁ = 3 mm y d₂ = 4 mm. La longitud entre dos orificios adyacentes a lo largo de cada línea es diferente entre sí en esta figura: l₀₂ = 5,5 mm y l₀₃ = 15,0 mm y l₀₄ = 20,8 mm; El ancho entre cada línea de orificios es el mismo: W₁₋₁=W_i. El número de orificios también es diferente en cada línea individual para tener una velocidad de enfriamiento diferente de la trayectoria de desplazamiento individual de los alambres de acero. Es obvio que dicho diseño se aplica para enfriar una pluralidad de alambres de acero previamente calentados con diferentes diámetros al mismo tiempo.

45 Como se ilustra en Figura 5 y Figura 6, los orificios pueden estar ubicados justo debajo del alambre o alambres de acero. Para un equipo de enfriamiento forzado con agua utilizado para una pluralidad de alambres de acero previamente calentados, los orificios pueden ser diferentes de una línea a otra (como se muestra en Figura 6) para tener diferentes caudales, contribuye además a diferentes velocidades de enfriamiento, que necesita ser bien calculado y controlado. Diferentes velocidades de flujo pueden ser útiles para tratar alambres de un diámetro

diferente. Otra forma factible es usar placas de acero para cubrir algunos de los orificios para reducir aún más el número total de chorros para controlar la longitud de enfriamiento forzado con agua en una trayectoria necesaria para satisfacer las necesidades de un caudal más lento y una velocidad de enfriamiento disminuida.

5 Figura 7 ilustra el principio de funcionamiento de una placa de acero móvil 70 que se coloca por encima de los orificios 72 de una placa hueca (placa perforada) 74 para controlar así el número de orificios y además los chorros y aumentar además la longitud de enfriamiento forzado con agua. Tal equipo de enfriamiento forzado con agua es bastante flexible, pudiendo realizar el enfriamiento por transformación de alambres de acero gruesos con diferentes diámetros en diferentes trayectorias individuales dentro del mismo baño refrigerante.

10 Figura 8 es una microestructura de referencia para S1 enfriada con una longitud corta en WAP (I_3 de S1). Figuras 9 y 10 son microfotografías correspondientes a S2 y S3, respectivamente. La observación de las muestras mostró que había más perlita laminar presente en la referencia S1. En la región cercana a la superficie, en las muestras S2 y S3 había menos perlita laminar, debido al enfriamiento más rápido mediante el proceso de enfriamiento forzado con agua.

15 Las propiedades de tracción de otras muestras enfriadas con el prototipo son significativamente más altas que las de la referencia S1 y son aproximadas a la resistencia a la tracción esperada de un alambón patentado de plomo de 10 mm con 0,6 % en peso de C (valor objetivo 1010 N/mm²).

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de enfriamiento controlado de uno o múltiples alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos en un intervalo de temperaturas predeterminado, comprendiendo dicho método las etapas de:
- 10 a) guiar dicho alambre/alambres de acero calentado y sustancialmente recto a lo largo de trayectoria/trayectorias individuales a través de un baño refrigerante, comprendiendo dicho baño refrigerante como baño agua líquida y un polímero estabilizador, teniendo dicho líquido de baño una temperatura superior a 80 °C, creando dicho líquido de baño y dichos múltiples alambres de acero previamente calentados y sustancialmente recto una película de vapor alrededor de cada alambre de acero por sí mismo a lo largo de cada trayectoria individual;
- 15 b) dirigir un líquido de impacto sumergido dentro de dicho baño refrigerante hacia dicha película de vapor sobre una cierta longitud L a lo largo de trayectoria/trayectorias individuales, para disminuir el grosor de dicha película de vapor o desestabilizar dicha película de vapor, aumentando así la velocidad de enfriamiento sobre dicha longitud L a lo largo de trayectoria/trayectorias individuales, en donde el líquido de impacto se sumerge debajo de cada uno de dichos alambres de acero previamente calentado y sustancialmente recto a lo largo de cada trayectoria individual o en donde el líquido de impacto se sumerge parcialmente debajo de algunos de dichos múltiples alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos a lo largo de sus trayectorias individuales.
- 20 2. El método según la reivindicación 1, en donde dicha longitud L a lo largo de cada trayectoria individual es menor que la longitud del baño refrigerante.
- 25 3. El método según la reivindicación 2, en donde dicho líquido de impacto tiene la misma composición química que el líquido del baño.
4. El método según la reivindicación 3, en donde dicho líquido de impacto se toma del baño refrigerante.
- 30 5. El método según la reivindicación 4, en donde dicho líquido de impacto se recircula continuamente.
6. El método según la reivindicación 1, en donde el diámetro de cada uno de dichos alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos varía de 5,5 mm a 20 mm.
- 35 7. El método según la reivindicación 6, en donde dicho diámetro de cada uno de dichos alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos varía de 6,5 mm a 13,5 mm.
8. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada uno de dichos alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos se somete a un tratamiento de transformación por enfriamiento controlado de austenita en perlita.
- 40 9. El método según la reivindicación 8, en donde cada uno de dichos alambres de acero se calienta previamente por encima de la temperatura de austenización y se enfría a una temperatura predeterminada entre 400 °C y 650 °C.
- 45 10. El método según la reivindicación 9, en donde la transformación de austenita en perlita ocurre sustancialmente después de que el alambre/alambres salga/salgan de la longitud L.
11. El método según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el método se refiere al enfriamiento controlado de múltiples alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos, y en donde las direcciones longitudinales de dichos múltiples alambres de acero son sustancialmente paralelas entre sí.
- 50 12. Un equipo para enfriamiento controlado de uno o múltiples alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos en un intervalo de temperaturas predeterminado, comprendiendo dicho equipo:
- 55 a) un baño refrigerante, dicho baño refrigerante para contener agua y un polímero estabilizador como líquido de baño, dicho líquido de baño es ajustable a una temperatura superior a 80 °C;
- b) medios de guía para guiar uno o múltiples alambres de acero previamente calentados y sustancialmente rectos continuamente a lo largo de trayectorias individuales a través de dicho baño refrigerante;
- 60 c) un generador de líquido de impacto sumergido dentro de dicho baño refrigerante que es adecuado para inyectar líquido de impacto debajo y hacia cada alambre de acero sustancialmente recto a lo largo de la trayectoria individual.

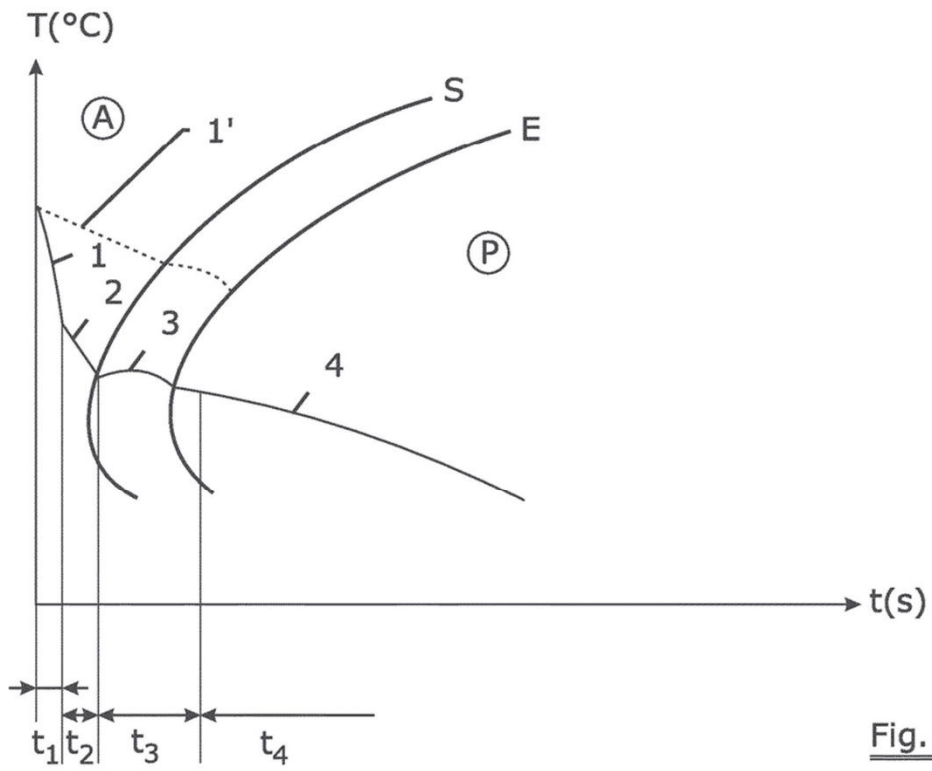


Fig. 1

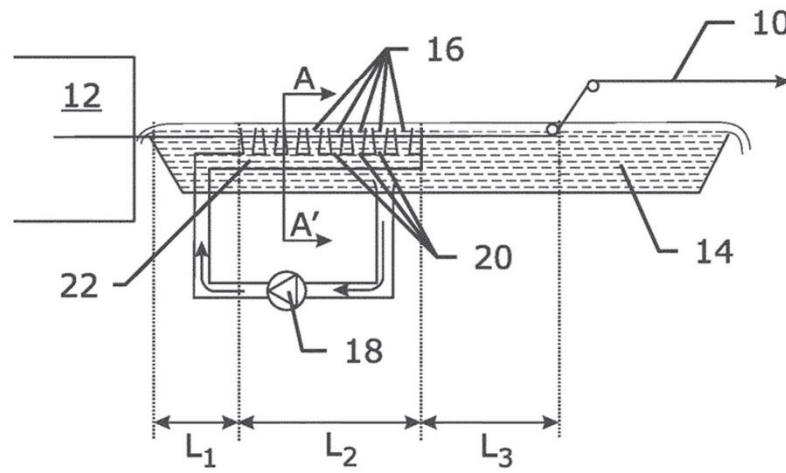


Fig. 2

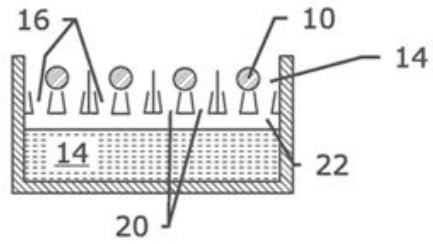


Fig. 3

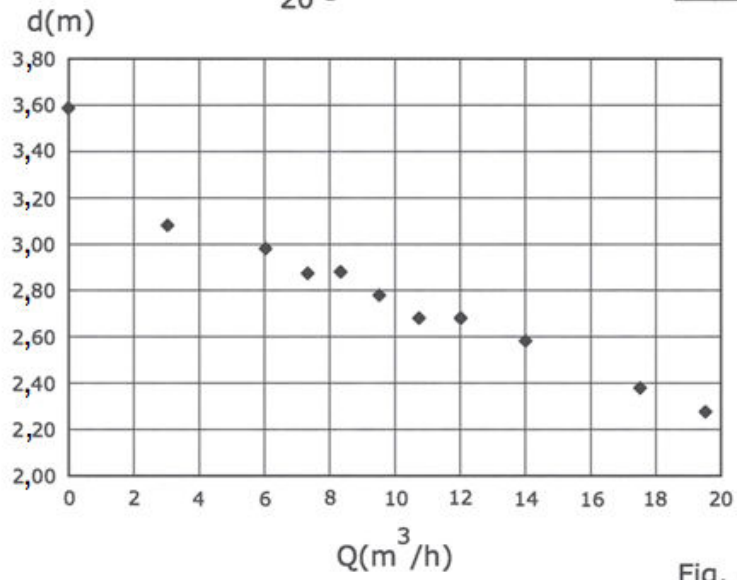


Fig. 4

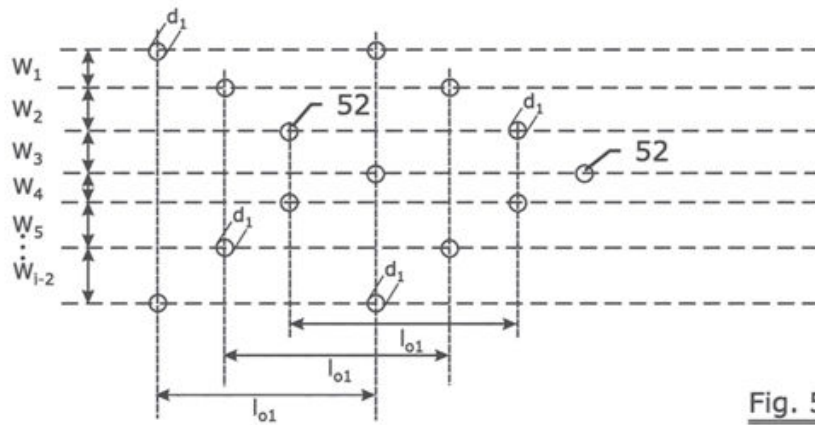


Fig. 5

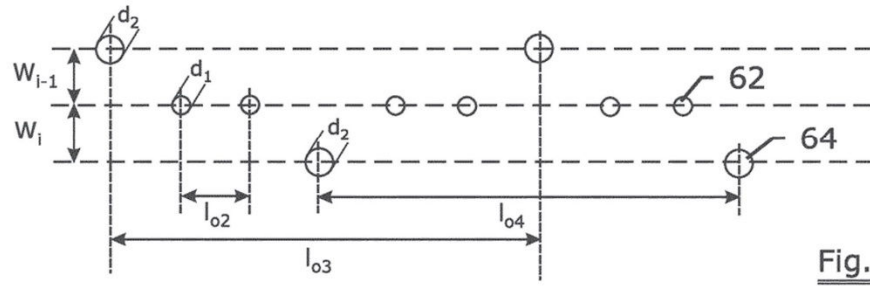


Fig. 6

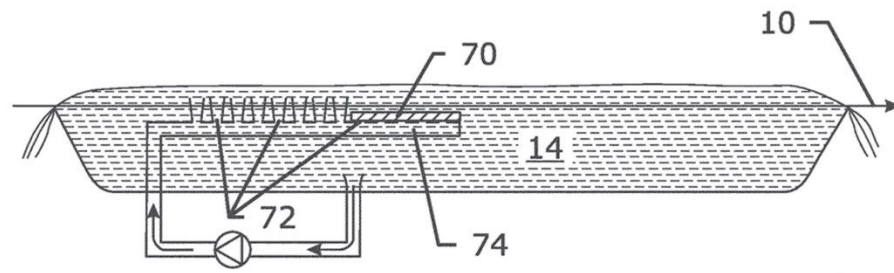


Fig. 7

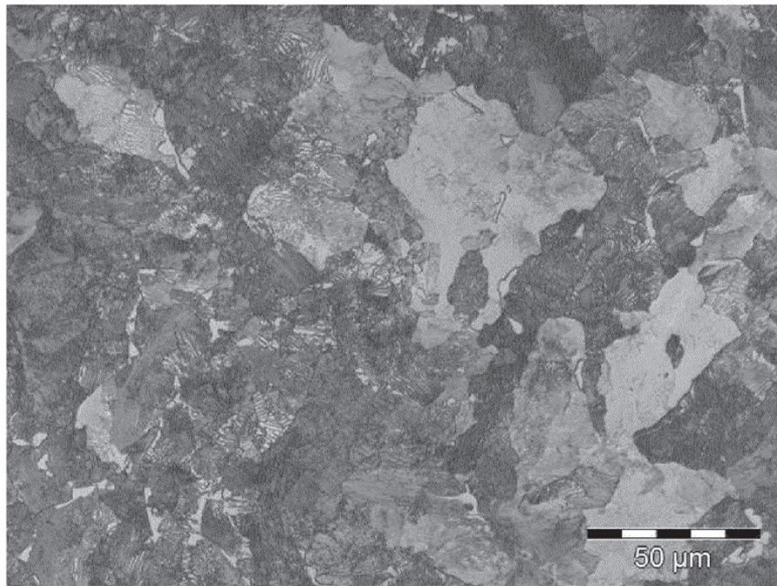


Fig. 8

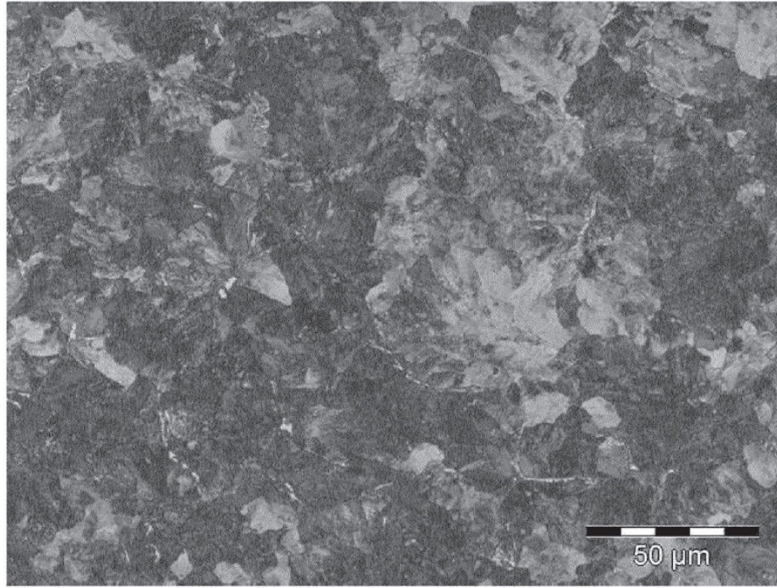


Fig. 9

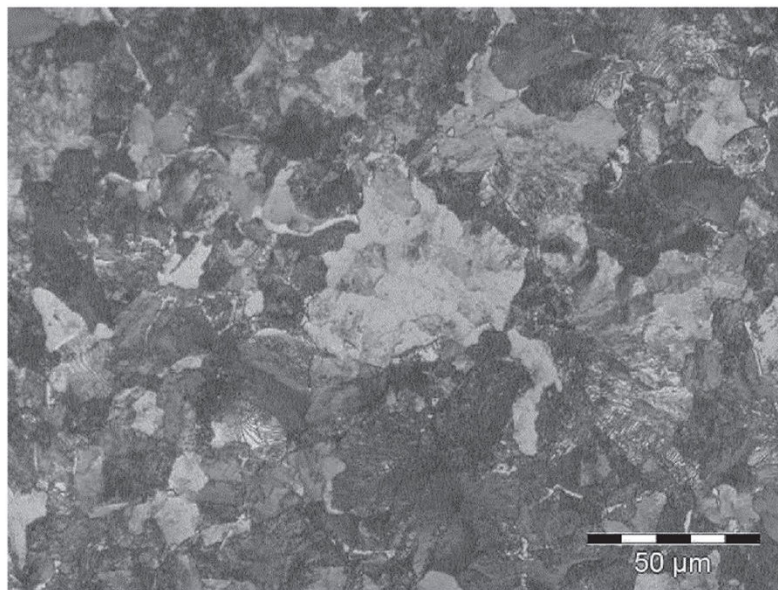


Fig. 10