

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 661 397**

51 Int. Cl.:

B23K 101/34	(2006.01)	C22C 38/02	(2006.01)
B23K 103/04	(2006.01)	C22C 38/04	(2006.01)
C22C 38/12	(2006.01)	C22C 38/22	(2006.01)
C22C 38/44	(2006.01)	C22C 38/24	(2006.01)
C22C 38/46	(2006.01)	B23K 35/02	(2006.01)
C22C 38/48	(2006.01)		
C22C 38/50	(2006.01)		
B23K 103/18	(2006.01)		
B23K 26/34	(2014.01)		
B23K 35/30	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2014** **E 14188249 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.12.2017** **EP 3006124**

54 Título: **Rodillo de trabajo fabricado mediante revestimiento por láser y método para ello**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.03.2018

73 Titular/es:

**CENTRE DE RECHERCHES MÉTALLURGIQUES
ASBL - CENTRUM VOOR RESEARCH IN DE
METALLURGIE VZW (100.0%)
Boulevard de l'Impératrice 66
1000 Bruxelles, BE**

72 Inventor/es:

**WALMAG, GISÈLE y
ESSER, GRÉGORY**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 661 397 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

Rodillo de trabajo fabricado mediante revestimiento por láser y método para ello

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de la fabricación de rodillos de trabajo previstos para laminadoras en caliente y en frío, y previstos preferiblemente para laminadores de bandas. La invención se refiere más específicamente a rodillos de trabajo obtenidos mediante el método de revestimiento por láser.

10 Técnica anterior

Con el fin de cumplir con los requisitos de alta productividad y de calidad superficial de sus clientes, los fabricantes de rodillos de trabajo para laminadoras deben explorar diferentes materiales sometidos a especificaciones cada vez más rigurosas. En condiciones de funcionamiento en caliente normales, la mesa del cilindro de trabajo tiene que resistir el desgaste y la fatiga térmica en caliente inducida por la periodicidad de su rápido enfriamiento y recalentamiento en cada vuelta del cilindro. Tales cilindros, que se requiere que tengan una superficie muy tenaz y resistente al desgaste al tiempo que tengan un cilindro de núcleo dúctil, pueden fabricarse mediante diversas técnicas, entre las que están la colada por centrifugación o centrífuga, que es el método convencional, el revestimiento por láser o pulvimetalurgia mediante prensado isostático en caliente de una camisa construida sobre un núcleo de acero.

En la laminación en frío, la degradación de los rodillos se produce principalmente debido a desgaste por abrasión, lo que conduce a pérdida de rugosidad. Para conseguir una retención de la rugosidad y una limpieza de las bandas adecuadas, se aplica un cromado duro. Hoy en día, los rodillos de HSS se usan con resultados satisfactorios en la retención de la rugosidad, pero la limpieza de las bandas es todavía inadecuada

El revestimiento por láser es una tecnología de procesamiento superficial que implica la deposición de un material de diferente naturaleza sobre un sustrato metálico usando un rayo láser. Los productos consumibles de revestimiento se depositan ya sea en forma de alambre o de polvo transportada mediante un gas inerte, inyectado en la reserva fundida, ya sea lateral o coaxialmente con respecto al rayo láser, se funden y se consolidan mediante el uso del láser, con el fin de recubrir parte del sustrato. A menudo se usa para mejorar las propiedades mecánicas, para proporcionar una mayor resistencia al desgaste, resistencia térmica o una mayor dureza o para aumentar la resistencia a la corrosión.

Los rodillos de trabajo para laminadoras de bandas en caliente (HSM, *hot strip mills*) se fabrican habitualmente usando el método colada por centrifugación seguido de un tratamiento térmico. El rodillo está constituido por un núcleo de acero o hierro forjado o colado con una camisa externa de una calidad de acero de alta aleación, composición que comprende una alta concentración de carbono, Mn, Si y elementos que generan carburos, tales como W, Mo, V, Cr, Co, etc.

El documento US 2002/0165634 A1 da a conocer una deposición de metal directa (DMDtm, *direct metal deposition*), asistida por láser, preferiblemente en una disposición en bucle cerrado, usada para fabricar artículos y componentes diseñados tales como moldes y herramientas con propiedades mejoradas. Se proporciona una estructura o sustrato laminado que tiene una superficie sobre la que se deposita una capa de un material que tiene la característica deseada, usando el proceso de DMD asistida por láser. En realizaciones diferentes, la combinación de sustrato/capa puede adaptarse para una resistencia al desgaste, conductividad térmica, densidad/dureza, corrosión y/o resistencia a la corrosión, oxidación u otros efectos deseables mejoradas. Alternativamente, la capa de material puede adaptarse para tener una fase que es diferente de la del sustrato. En particular, el propio material de la capa puede elegirse para promover una fase que sea diferente de la del sustrato. Para potenciar el rendimiento, la(s) capa(s) externa(s) de material puede(n) fabricarse usando una disposición de DMD en bucle cerrado robótica.

El documento WO 2013/113853 A1 da a conocer un método para someter a revestimiento por láser un sustrato de rodillo de laminación de acero de rotación simétrica con un recubrimiento metálico resistente al desgaste y a la corrosión compuesto por al menos dos capas, una primera capa de recubrimiento de aleación de níquel como capa intermedia y una segunda capa de recubrimiento de aleación de cobalto como capa superior. El método comprende las etapas de:

- a) limpiar el sustrato mecanizando la superficie del sustrato;
- b) hacer rotar el sustrato alrededor de su eje de simetría rotacional;
- c) formar una reserva de masa fundida sobre la superficie del sustrato rotatorio por medio de un rayo láser y aplicar la primera capa de recubrimiento alimentando un primer material en polvo a la reserva de masa fundida, en el que el primer material en polvo se alimenta a la reserva de masa fundida coaxialmente con respecto al rayo láser;

- d) formar una reserva de masa fundida sobre la superficie del sustrato dotada de la primera capa de recubrimiento por medio del rayo láser y aplicar la segunda capa de recubrimiento alimentando un segundo material en polvo a la reserva de masa fundida, en el que el segundo material en polvo se alimenta a la reserva de masa fundida coaxialmente con respecto al rayo láser.

La invención también se refiere a un sustrato de acero de rodillo de laminación dotado de tales recubrimientos metálicos resistentes al desgaste y a la corrosión.

- Además, este documento enseña que, en la capa superior, la aleación de cobalto comprende (en porcentaje en masa) entre el 27 y el 32% de Cr, el 4 y el 6% de W, el 0,9 y el 1,4% de C, el 1 y el 2% de Fe, el 1 y el 3% de Ni, hasta el 1% de Mn, hasta el 1% de Mo, hasta el 0,1% de B, hasta el 0,01% de O, hasta el 0,02% de S, y el resto Co e impurezas inevitables; y que, en la capa intermedia, la aleación de níquel comprende entre el 15 y el 17% de Mo, el 14,5 y el 16,5% de Cr, el 4 y el 7% de Fe, el 3-4,5% de W, hasta el 2% de Mn, hasta el 0,1% de C, hasta el 0,05% de P, hasta el 0,02% de S, hasta el 0,5% de V y el resto Ni e impurezas inevitables.

Este método con capas intermedias incorporadas permite suprimir restricciones en la capa externa, que de lo contrario sufriría grietas.

- El eje cilíndrico usado como sustrato está compuesto de hierro colado y las capas externas tienen un grosor total de 1-2 mm.

- El documento EP 0 070 773 A1 se refiere a la fabricación de piezas metálicas, cuyo corazón y superficie deben tener características diferentes. Proporciona un método de fabricación de una pieza metálica compuesta recubriendo o volviendo a cargar un núcleo metálico de acero estructural de baja aleación, por medio de una capa metálica más dura que consiste en un acero rápido, acero de cromo-tungsteno, acero de cromo-molibdeno o acero de cromo combinado con varios elementos tales como: tungsteno, molibdeno, vanadio, cobalto, estando caracterizado este proceso porque el acero rápido tiene una dureza mayor que 57 Rockwell C, porque el acero de baja aleación que constituye el núcleo metálico se selecciona para ser compatible con dicho acero rápido, porque dicho acero se proporciona exclusivamente en forma de un polvo prealeado, y porque el recubrimiento o la nueva carga del núcleo mediante este polvo se consigue por medio de uno del siguiente grupo de procesos de soldadura: por medio de una soplete de soldadura con plasma de arco transferido, o semitransferido, por medio de un soplete de soldadura láser, yendo seguida la operación de recubrimiento o recarga por soldadura de un tratamiento térmico.

- Objetivos de la invención

La presente invención pretende proporcionar rodillos de trabajo, particularmente previstos para laminadoras en caliente, que presentan una resistencia mejorada a la fatiga térmica así como a la degradación superficial.

- La invención también pretende proporcionar rodillos de trabajo que tengan un recubrimiento con una calidad muy alta sin grietas ni porosidades.

Sumario de la invención

- La presente invención se refiere a un método para fabricar un rodillo de laminación, preferiblemente un rodillo de laminación en caliente, sometiendo a revestimiento por láser un sustrato de eje de acero reutilizable que tiene un eje de simetría rotacional con una capa externa de recubrimiento metálico, teniendo dicha capa externa de recubrimiento metálico una composición de acero para herramientas de trabajo, que comprende las etapas de:

- hacer rotar el sustrato reutilizable alrededor de su eje de simetría rotacional;
- efectuar un revestimiento por láser sobre el sustrato rotatorio, formando una reserva de masa fundida sobre la superficie del sustrato rotatorio por medio de un rayo láser, y fijar la capa de recubrimiento alimentando un material en polvo a la reserva de masa fundida inducida por láser,
- someter el sustrato recubierto a un tratamiento térmico compuesto por un tratamiento de templado que comprende un calentamiento hasta una temperatura en el intervalo de 500-650°C seguido de un mantenimiento a esta temperatura durante un tiempo comprendido entre 2 y 5 horas, con el fin de ablandar la martensita y precipitar carburos;

en el que la composición para dicha capa externa de recubrimiento metálico consiste en el 0,5-3,5% de C, el 2-18% de Cr, el 0,5-7% de Mo, el 0,5-8% de V, el 0,2-5% de W, el 0-5% de Nb, el 0-1% de Ti, el 0,5-1% de Mn, el 0,2-3% de Si y el 0-3% de Ni, siendo el resto Fe e impurezas inevitables;

- en el que se realiza un precalentamiento del sustrato, gracias a un cabezal de recubrimiento que combina calentamiento por inducción con el proceso de revestimiento por láser;

en el que la velocidad de revestimiento está en el intervalo de desde 2,35 kg/h hasta 18 kg/h, y

5 en el que dicha capa de recubrimiento externa está compuesta por múltiples subcapas de recubrimiento añadidas y tiene un grosor total comprendido entre 1 y 30 mm, estando comprendido el grosor de cada subcapa de recubrimiento externa individual entre 0,1 y 2,5 mm.

Según realizaciones preferidas de la invención, el método está limitado adicionalmente por una o una combinación adecuada de las siguientes características:

- 10
- la composición para dicha capa externa de recubrimiento metálico consiste en el 1-3% de C, el 4-18% de Cr, el 0,5-7% de Mo, el 0,5-8% de V, el 0,2-5% de W, el 1-5% de Nb, el 0-1% de Ti, el 0,5-1% de Mn y el 0,2-0,5% de Si, siendo el resto Fe e impurezas inevitables;
 - 15 - la composición para dicha capa externa de recubrimiento metálico consiste en el 1-3,5% de C, el 2-7% de Cr, el 1-7% de Mo, el 1-8% de V, el 0,2-5% de W, el 0-5% de Nb, el 0,5-1% de Mn, el 0,2-3% de Si y el 1-3% de Ni, siendo el resto Fe e impurezas inevitables;
 - 20 - la composición para dicha capa externa de recubrimiento metálico consiste en el 0,5-2% de C, el 5-13% de Cr, el 0,5-5% de Mo, el 0,5-5% de V, el 0,2-2% de W, el 0,5-1% de Mn y el 0,2-0,5% de Si, siendo el resto Fe e impurezas inevitables;
 - la composición del eje de acero consiste en el 0,2-0,5% de C y el 0,5-5% de Cr, el 0-1% de Mo, el 0-1% de Mn y el 0-0,4% de Si, siendo el resto Fe y las impurezas inevitables;
 - 25 - la composición del eje de acero contiene el 0,4% de C y el 1-2% de Cr;
 - el método comprende una etapa preliminar de preparar el sustrato reutilizable limpiando o mecanizando la superficie del sustrato reutilizable.
- 30

La presente invención se refiere a un método para fabricar un rodillo de laminación.

Breve descripción de los dibujos

35 La Figura 1 representa la microestructura de muestras revestidas por láser obtenidas según la presente invención (izquierda) en comparación con muestras obtenidas mediante el método de colada por centrifugación de la técnica anterior (derecha).

40 La Figura 2 representa la microestructura de muestras revestidas por láser obtenidas según la presente invención (abajo) en comparación con muestras obtenidas mediante el método de pulvimetalurgia de la técnica anterior (arriba).

45 La Figura 3A muestra grietas por fatiga térmica en micrografías de muestras de HSS revestido por láser (parte superior izquierda), HSS colado por centrifugación (para superior derecha) y aceros con alto contenido en carburos revestidos por láser (abajo), respectivamente tras pruebas de degradación de rodillo de trabajo.

La Figura 3.B representa un diagrama que corresponde a la Figura 3A que muestra la comparación de la longitud de las grietas térmicas de muestras coladas por centrifugación y diferentes muestras revestidas por láser.

50 Descripción de realizaciones preferidas de la invención

La presente invención se refiere a un nuevo método de revestimiento por láser para recubrir un rodillo que tiene un sustrato de eje (o árbol o husillo) de acero con una deposición de una "capa" de acero para herramientas de trabajo en frío o en caliente, que puede obtenerse a partir de la deposición de subcapas sucesivas. Los aceros para herramientas usados son similares a las calidades WR de HSS y/o con mayor contenido de carburo.

55 La composición del eje de acero comprende el 0,2-0,5% de C y el 0,5 - 5% de Cr, el 0-1% de Mo, el 0-1% de Mn y el 0-0,4% de Si, preferiblemente con el 0,4% de C y el 1-2% de Cr, siendo el resto Fe y las impurezas inevitables.

60 La capa depositada tiene normalmente una composición de acero para herramientas de trabajo que depende del tipo de cilindro, ya sea un rodillo de trabajo en caliente o un rodillo de trabajo en frío.

65 Según la invención, la composición de la capa superior para un rodillo de trabajo consiste en el 0,5-3,5% de C, el 2-18% de Cr, el 0,5-7% de Mo, el 0,5-8% de V, el 0,2-5% de W, el 0-5% de Nb, el 0-1% de Ti, el 0,5-1% de Mn, el 0,2-3% de Si y el 0-3% de Ni, siendo el resto Fe y las impurezas inevitables.

Según una primera realización preferida de la invención, la composición de la capa superior para la fabricación de un rodillo de trabajo en caliente consiste en el 1-3% de C, el 4-18% de Cr, el 0,5-7% de Mo, el 0,5-8% de V, el 0,2-5% de W, el 1-5% de Nb, el 0-1% de Ti, el 0,5-1% de Mn y el 0,2-0,5% de Si, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

5 Según una segunda realización preferida de la invención, la composición de la capa superior para la fabricación de un rodillo de trabajo en caliente consiste en el 1-3,5% de C, el 2-7% de Cr, el 1-7% de Mo, el 1-8% de V y el 0,2-5% de W, el 0-5% de Nb, el 0,5-1% de Mn, el 0,2-3% de Si y el 1-3% de Ni, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.

10 Según una tercera realización preferida de la invención, la composición de la capa superior para la fabricación de un rodillo de trabajo en frío consiste en el 0,5-2% de C, el 5-13% de Cr, el 0,5-5% de Mo, el 0,5-5% de V, el 0,2-5% de W, el 0,5-1% de Mn y el 0,2-0,5% de Si, siendo el resto Fe y las impurezas inevitables.

Las características del método de revestimiento por láser usado en la presente invención son las siguientes:

- 15 - una alta unión metalúrgica;
- baja o ninguna porosidad y el beneficio de que una alta velocidad de enfriamiento conduce a una microestructura muy fina;
- 20 - composición homogénea;
- grosor del recubrimiento: 0,1-2,5 mm por (sub)capa;
- se obtienen recubrimientos más gruesos añadiendo múltiples capas, estando comprendido el grosor de la
- 25 capa externa total entre 1 y 30 mm, y de manera preferible aproximadamente 20 mm;
- una velocidad de revestimiento de desde 2,35 kg/h hasta 18 kg/h con cabezales especiales (combinación de calentamiento por inducción con el proceso de revestimiento por láser);
- 30 - precalentamiento del sustrato cuando sea necesario;
- tratamiento térmico posterior (por ejemplo templado).

35 Por ejemplo, con una composición del 1% de C, el 4% de Cr, el 5% de Mo, el 3% de V y el 6,5% de W, los resultados mostraron que la calidad de la zona de unión es muy satisfactoria en términos de grietas y porosidades.

Una de las ventajas es que el recubrimiento conseguido mediante revestimiento por láser en la presente invención presenta una microestructura muy fina (10-15 μm o diez veces más fina que un acero para herramientas HSS colado por centrifugación (véase la figura1) e incluso más fina que un acero obtenido mediante CPC (*continuous pour cladding*, revestimiento por vertido continuo) - 30-150 μm (véase Scandella F.; Développement d'un acier rapide pour le revêtement de cylindres de laminage à chaud Soudage et Technique Connexes, marzo-abril 2010, págs. 35-46)); véase también la comparación con aceros de pulvimetalurgia: dos veces más gruesos, figura 2). La microestructura es característica de la martensita templada con carburos (M_2C , MC y M_{23}C_6). El tratamiento térmico necesario para ablandar la martensita y precipitar los carburos se realiza a 500-650°C.

45 En las figuras 3A y 3B se muestran pruebas de laboratorio de degradación de rodillos de trabajo en una máquina de desgaste de tres discos que simula las condiciones de laminado de los rodillos anteriores de una HSM. Las grietas en el HSS revestido por láser eran de 3 a 5 veces más cortas que en un HSS revestido por centrifugación.

50 En conclusión, el material de acero para herramientas de la capa superior (HSS) obtenido mediante el método de revestimiento por láser de la presente invención presenta un comportamiento mejorado en la degradación superficial, una adherencia muy buena al sustrato, un tamaño de red de carburos de microestructura refinada (10x más fina que en la colada por centrifugación, solo 2x más gruesa que en la pulvimetalurgia). En el caso de rodillos de trabajo de acabado, el método proporciona normalmente una camisa de revestimiento por láser de 20 mm de

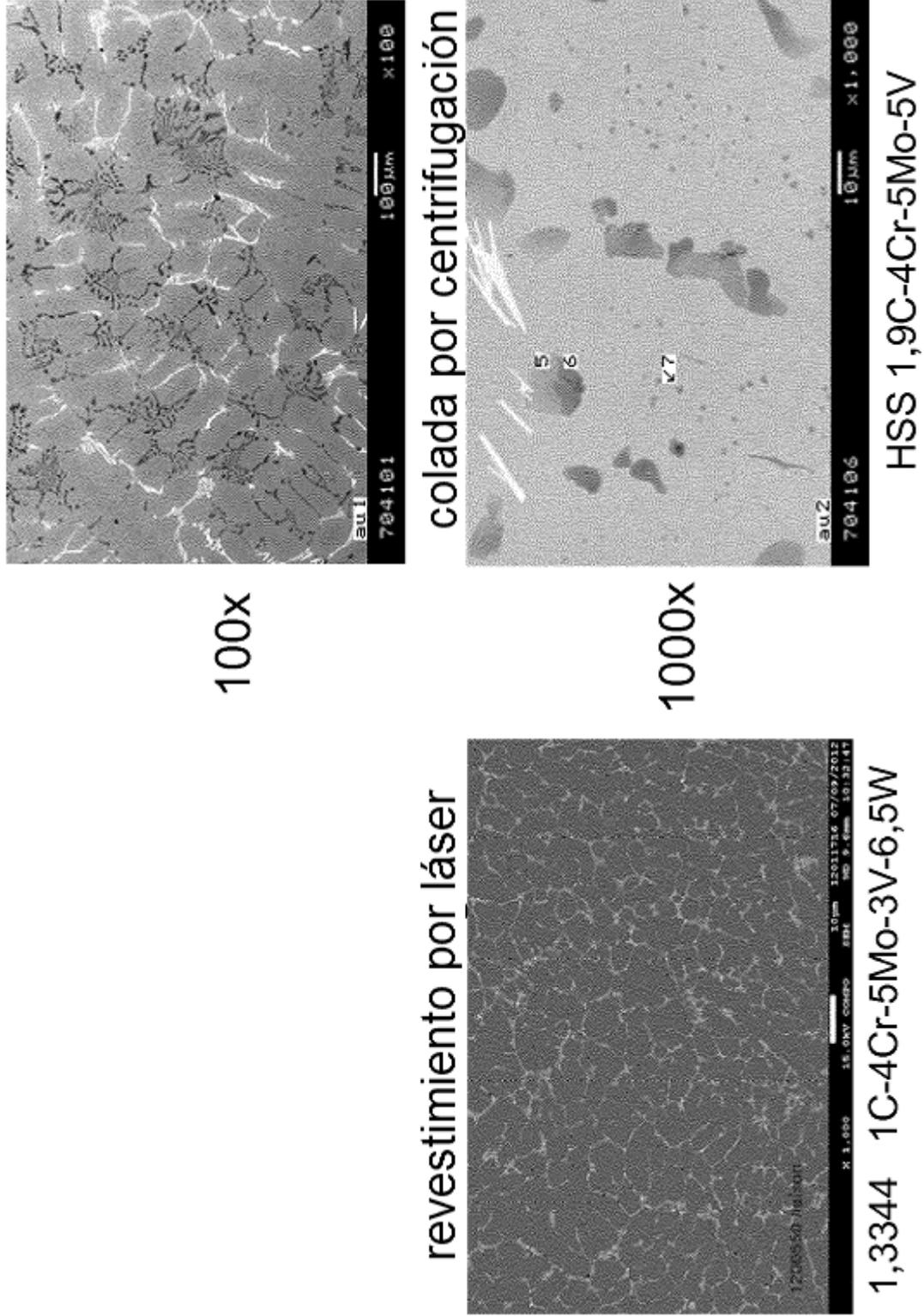
55 grosor de acero para herramientas sobre el eje de acero reutilizable, una vida útil del rodillo similar a la de la técnica anterior pero una campaña de laminación aumentada enormemente (5X), por tanto una productividad aumentada, un módulo de Young superior (hierro colado de 130-170 GPa frente a acero de 200-230 GPa) y menos aplanamiento y flexión del rodillo, una variación reducida del diámetro de rodillo y materiales de acero para herramientas con una capacidad de mecanizado muy similar a la de la técnica anterior.

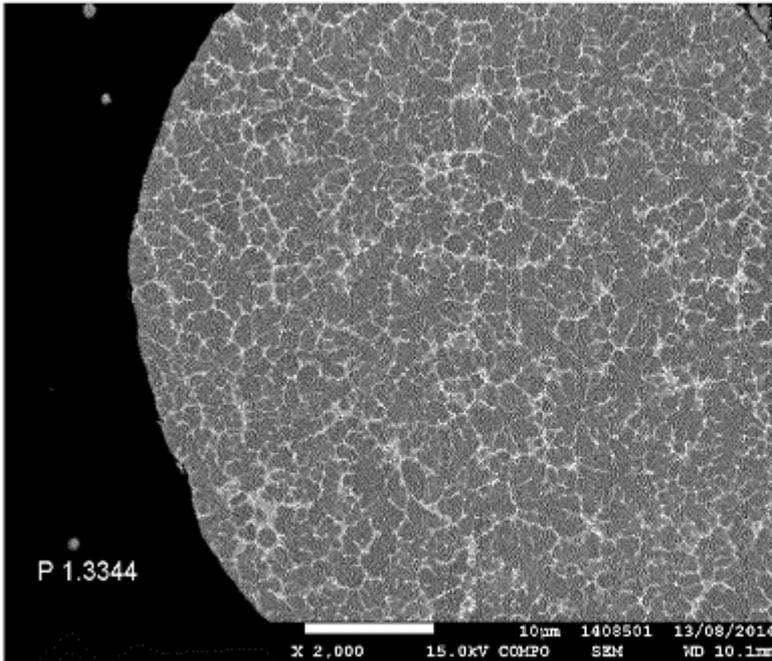
60 Además, en el método según la invención, el tratamiento térmico está acertado en comparación con el método de técnica anterior, economizando así energía y siendo más respetuoso con el medio ambiente.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para fabricar un rodillo de laminación sometiendo a revestimiento por láser un sustrato de eje de acero reutilizable que tiene un eje de simetría rotacional con una capa externa de recubrimiento metálico, teniendo dicha capa externa de recubrimiento metálico una composición de acero para herramientas de trabajo, que comprende las etapas de:
- hacer rotar el sustrato reutilizable alrededor de su eje de simetría rotacional;
 - efectuar un revestimiento por láser sobre el sustrato rotatorio, formando una reserva de masa fundida sobre la superficie del sustrato rotatorio por medio de un rayo láser, y fijar la capa de recubrimiento alimentando un material en polvo a la reserva de masa fundida inducida por láser;
 - someter el sustrato recubierto a un tratamiento térmico compuesto por un tratamiento de templado que comprende un calentamiento hasta una temperatura en el intervalo de 500-650°C seguido de un mantenimiento a esta temperatura durante un tiempo comprendido entre 2 y 5 horas, con el fin de ablandar la martensita y precipitar los carburos;
- en el que la composición para dicha capa externa de recubrimiento metálico consiste en el 0,5-3,5% de C, el 2-18% de Cr, el 0,5-7% de Mo, el 0,5-8% de V, el 0,2-5% de W, el 0-5% de Nb, el 0-1% de Ti, el 0,5-1% de Mn, el 0,2-3% de Si y el 0-3% de Ni, siendo el resto Fe e impurezas inevitables;
- en el que se realiza un precalentamiento del sustrato, gracias a un cabezal de recubrimiento que combina calentamiento por inducción con el proceso de revestimiento por láser;
- en el que la velocidad de revestimiento está en el intervalo de desde 2,35 kg/h hasta 18 kg/h; y
- en el que dicha capa de recubrimiento externa está compuesta por múltiples subcapas recubiertas añadidas y tiene un grosor total comprendido entre 1 y 30 mm, estando comprendido el grosor de cada subcapa de recubrimiento externa individual entre 0,1 y 2,5 mm.
- 2.- El método según la reivindicación 1, en el que la composición para dicha capa externa de recubrimiento metálico consiste en el 1-3% de C, el 4-18% de Cr, el 0,5-7% de Mo, el 0,5-8% de V, el 0,2-5% de W, el 1-5% de Nb, el 0-1% de Ti, el 0,5-1% de Mn y el 0,2-0,5% de Si, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.
- 3.- El método según la reivindicación 1, en el que la composición para dicha capa externa de recubrimiento metálico consiste en el 1-3,5% de C, el 2-7% de Cr, el 1-7% de Mo, el 1-8% de V, el 0,2-5% de W, el 0-5% de Nb, el 0,5-1% de Mn, el 0,2-3% de Si y el 1-3% de Ni, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.
- 4.- El método según la reivindicación 1, en el que la composición para dicha capa externa de recubrimiento metálico consiste en el 0,5-2% de C, el 5-13% de Cr, el 0,5-5% de Mo, el 0,5-5% de V, el 0,2-2% de W, el 0,5-1% de Mn y el 0,2-0,5% de Si, siendo el resto Fe e impurezas inevitables.
- 5.- El método según la reivindicación 1, en el que la composición del eje de acero comprende el 0,2-0,5% de C y el 0,5-5% de Cr, el 0-1% de Mo, el 0-1% de Mn y el 0-0,4% de Si, siendo el resto Fe y las impurezas inevitables.
- 6.- El método según la reivindicación 5, en el que la composición del eje de acero comprende el 0,4% de C y el 1-2% de Cr.
- 7.- El método según la reivindicación 1, en el que comprende una etapa preliminar de preparación del sustrato reutilizable limpiando o mecanizando la superficie del sustrato reutilizable.
- 8.- El método según la reivindicación 1, en el que es un método para fabricar un rodillo de laminación en caliente.

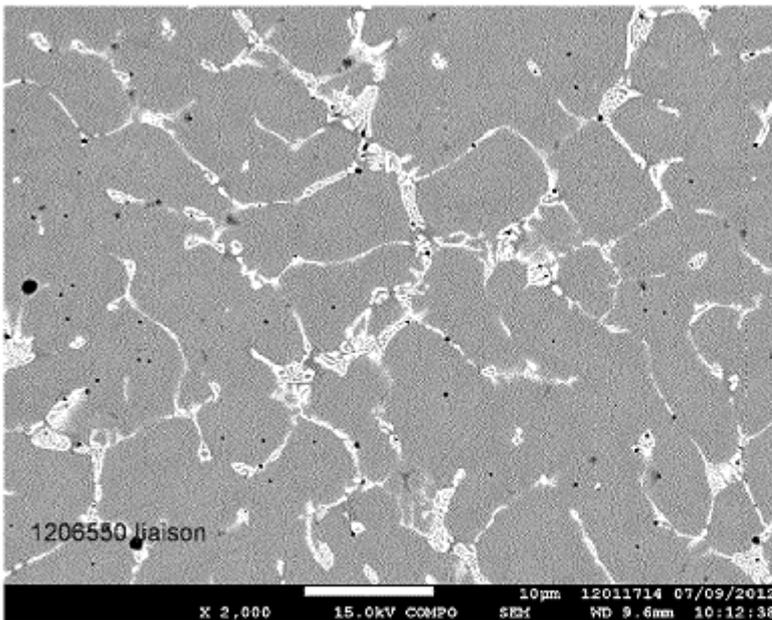
55





pulvimetalurgia

2000x

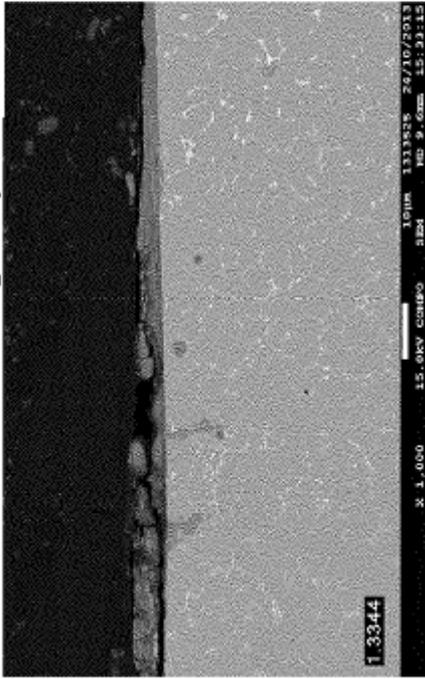


revestimiento
por láser

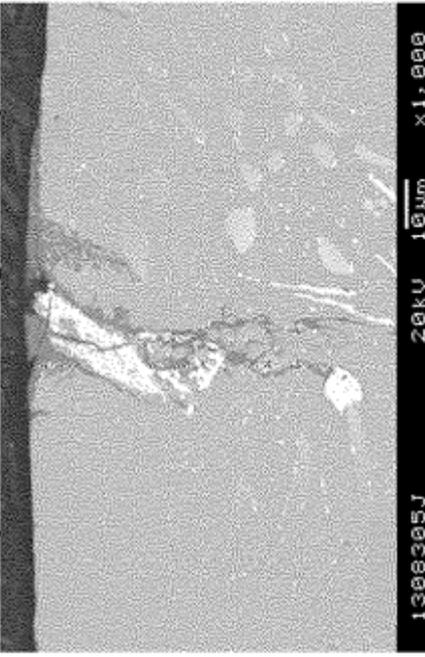
2000x

FIG.2

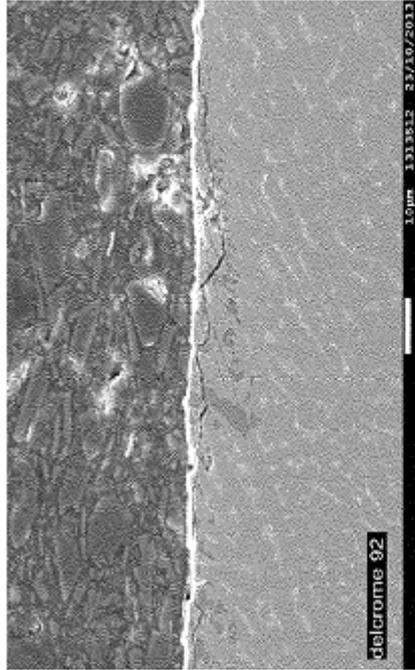
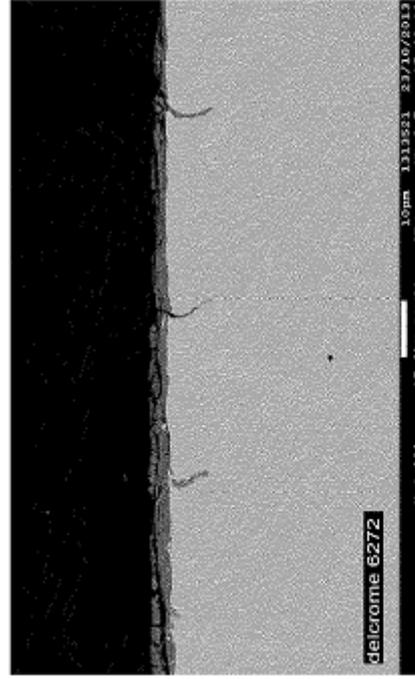
HSS revest. láser - grietas 10µm



HSS colado centr. - grietas 50µm



Aceros para herramientas revestidos por láser con contenido de carburos superior



2,5C-25Cr-7Mo

3,8C-10Mo

FIG.3A

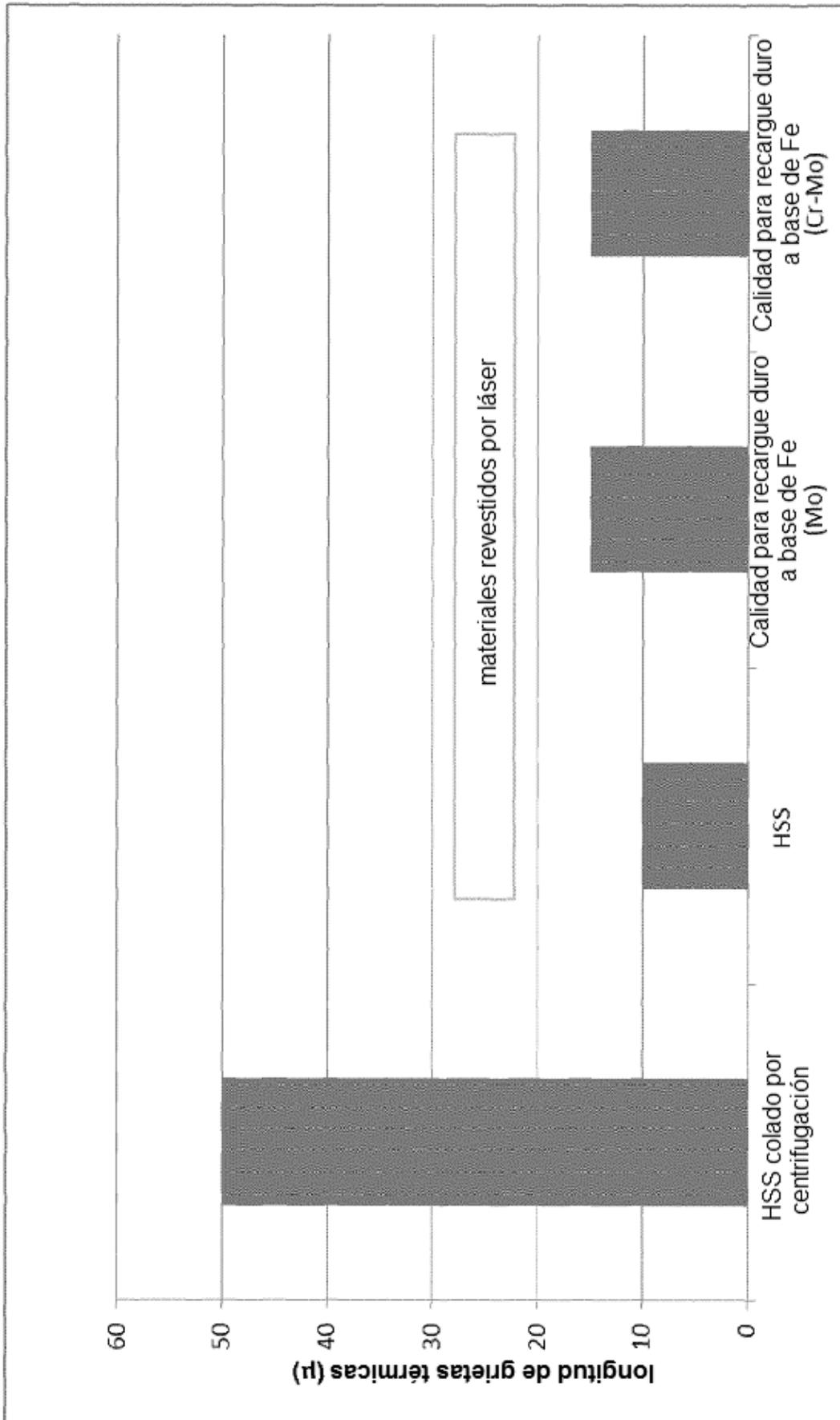


FIG.3B