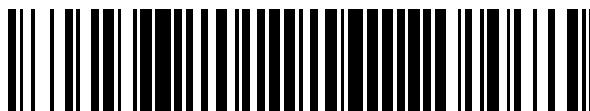


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 553 147**

51 Int. Cl.:

B23D 35/00 (2006.01)

B23P 15/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2011** **E 11776131 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015** **EP 2621653**

54 Título: **Cizalla para cizallar productos laminados y proceso de producción asociado**

30 Prioridad:

30.09.2010 IT MI20101798

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

04.12.2015

73 Titular/es:

DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE SPA
(100.0%)

Via Nazionale 41
33042 Buttrio (Udine), IT

72 Inventor/es:

ZAWADZKI, MICHAL y
DI GIACOMO, MARCO

74 Agente/Representante:

RUO, Alessandro

ES 2 553 147 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

Cizalla para cizallar productos laminados y proceso de producción asociado

5 Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a una cizalla para cizallar productos laminados largos, en particular adecuada para realizar la cizalladura directamente en la salida de la zona de templado y revenido (Q y T). La presente invención se refiere también al uso de la cizalla y a un proceso de producción para producir una hoja de la cizalla.

Técnica anterior

[0002] Actualmente, para cizallar productos laminados largos en un intervalo de temperatura intermedia, es decir, clasificable por encima de la temperatura de cizalladura en frío (por tanto por encima de 150 °C) y al mismo tiempo por debajo de la temperatura de cizalladura en caliente (es decir por debajo de 800 °C), en particular con la superficie del producto laminado tendiendo hacia el límite inferior del intervalo de temperatura y su interior tendiendo hacia el límite superior, se usan diversos tipos de aceros para herramienta para preparar hojas de las cizallas que, sin embargo, no son suficientemente robustas y, por tanto, constituyen el eslabón débil desde el punto de vista del rendimiento de la cadena compuesta de varias cizallas presentes en un tren de laminado. Este eslabón débil necesita paradas frecuentes del tren de laminado simplemente para sustituir las hojas de las cizallas en cuestión, lo que implica costes de mantenimiento extra apreciables y pérdida de producción en todos los casos cuando esto ocurre fuera de las paradas programadas.

[0003] Además, es importante tener en cuenta que en el intervalo de temperatura de 150-800 °C la propia variación de temperatura provoca una variación notable de la Carga Unitaria Máxima (MPa) del material cizallado y, en consecuencia, de la velocidad de desgaste de la propia hoja como una función de su dureza así como una variación notable de la energía transmitida a través de la misma para realizar la cizalladura.

[0004] Actualmente, en los trenes de laminado, las cizallas para cizallar a temperaturas intermedias aguas abajo de la Caja de Templado y Revenido (QTB), adecuadas para realizar el tratamiento de templado y revenido del material laminado y localizadas aguas arriba de la placa de enfriamiento, prevén:

- el uso de hojas fabricadas de aceros para herramienta para cizalladura en frío, que mediante un tratamiento térmico con revenido a aproximadamente el pico de dureza secundario (hágase referencia a los diagramas de revenido para el acero) hace posible obtener la tenacidad máxima del material a expensas de una pérdida de dureza relativamente pequeña y una pérdida consecuente de resistencia al desgaste. Estas hojas, a pesar del revenido alrededor del pico secundario, presentan alta resistencia al desgaste pero son incapaces de soportar el choque térmico y, cuando se usan en los intervalos de menor temperatura, su tenacidad a menudo resulta insuficiente para realizar la cizalladura, en particular de espesores más sustanciales. Esto afecta y conduce a la formación de grietas superficiales profundas, que comprometen adicionalmente el uso de la hoja y provocan la rotura de la misma;
- o el uso de hojas fabricadas de aceros para herramienta para cizalladura en caliente, que después de experimentar el tratamiento térmico convencional previsto para esta categoría muestran alta tenacidad, suficiente incluso para realizar cizalladura en frío de espesores sustanciales y buena resistencia al choque térmico pero, a la inversa, poseen una menor resistencia al desgaste que los aceros mencionados anteriormente y son demasiado blandas y, por tanto, susceptibles de marcado por la barra cizallada.

[0005] Las diferencias entre los dos tipos de hojas mencionadas anteriormente se deben a las diferentes concentraciones de carbono y cromo que, en el caso de aceros para herramienta para cizalladura en frío, son mayores y, por tanto, hacen posible obtener, después del tratamiento térmico cerca del pico de dureza secundario, mayores valores de dureza y resistencia al desgaste. En segundo lugar, las mayores concentraciones de molibdeno, combinadas con una disminución en la concentración de carbono, hacen posible que las hojas fabricadas de aceros para herramienta para procesamiento en caliente consigan mayores tenacidades y una resistencia al calor mejorada. El documento US 3 295 401 A desvela una cizalla adecuada para trenes de laminado con una hoja fabricada de acero que comprende: carbono entre 1,6 % y 1,8 %, silicio hasta 1 %, manganeso hasta 1 %, cromo entre 11 % y 14 %, molibdeno hasta 1,5 %, vanadio entre 1,5 % y 2,8 %.

[0006] En conclusión, puede decirse que, desde el punto de vista operativo, el uso de aceros para herramienta para cizalladura en frío, incluso aunque presenten una buena resistencia al desgaste, requiere una sustitución prematura de la hoja debido a las grietas que se forman en el borde de corte de la propia hoja, aunque el uso de aceros para herramienta para cizalladura en caliente, incluso aunque estén caracterizados por una tenacidad y resistencia al choque térmico satisfactorias, conduce a marcas en las superficies de corte de la hoja y un rápido deslustrado del borde de corte causado por la baja dureza y, por tanto, un rápido desgaste. Además, el uso de hojas fabricadas de aceros para herramienta para cizalladura en frío no permite el enfriamiento de la propia hoja cuando dicho enfriamiento está previsto.

[0007] Por tanto, hay una necesidad de una cizalla que haga posible superar los inconvenientes mencionados anteriormente.

Sumario de la invención

[0008] El objetivo principal de la presente invención es concebir una cizalla de acuerdo con la reivindicación 1 que está provista de al menos una hoja que tiene características de tenacidad y resistencia al choque térmico típicas de la familia de aceros para herramienta para cizalladura en caliente y que, al mismo tiempo, tiene características suficientemente altas de dureza superficial y resistencia al desgaste, típicas de aceros para herramienta para cizalladura en frío.

[0009] Otro objetivo de la invención es concebir una cizalla que, en una línea de laminado para productos largos, sea capaz de realizar, con mayor eficacia y durante un tiempo mayor, respecto a las cizallas conocidas, la cizalladura de secciones o barras aguas abajo de su tratamiento térmico de templado y revenido, con una temperatura de las secciones o barras entre 150 y 800 °C.

[0010] Por lo tanto, la presente invención propone conseguir los objetivos analizados anteriormente proporcionando una cizalla para tren de laminado que, de acuerdo con la reivindicación 1, comprende al menos una hoja fabricada de acero cuya composición química, en porcentaje en masa, consista en 0,45-0,55 % de carbono, 0,10-0,30 % de silicio, 0,20-0,50 % de manganeso, 4,00-5,50 % de cromo, 2,00-3,00 % de molibdeno, 0,45-0,65 % de vanadio, siendo el resto hierro e impurezas inevitables y cuya microestructura está compuesta de martensita revenida.

[0011] Un segundo aspecto de la presente invención es un proceso de producción para la hoja de una cizalla que, de acuerdo con la reivindicación 4, comprende las siguientes etapas:

- proporcionar un primer lingote de acero cuya composición química, en porcentaje en masa, consiste en 0,45-0,55 % de carbono, 0,10-0,30 % de silicio, 0,20-0,50 % de manganeso, 4,00-5,50 % de cromo, 2,00-3,00 % de molibdeno, 0,45-0,65 % de vanadio, siendo el resto hierro e impurezas inevitables;
- proporcionar Refusión de Electroescoria de dicho primer lingote y obtener un segundo lingote recién solidificado;
- proporcionar laminado de dicho segundo lingote hasta que se obtiene una preforma de la hoja que tiene una forma predeterminada;
- proporcionar un ciclo de templado que consiste en calentar la hoja hasta la temperatura de austenización del acero, comprendida entre 1035 y 1055 °C, mediante dos etapas de precalentamiento a temperaturas intermedias respectivamente iguales a 590-610 °C y 840-860 °C, y después enfriar la hoja al vacío hasta temperatura ambiente;
- proporcionar tres ciclos de revenido a temperaturas entre 510 °C y 550 °C.

[0012] Un aspecto adicional de la invención es el uso de la cizalla de acuerdo con la reivindicación 2.

[0013] La cizalla y el proceso de la invención permiten las siguientes ventajas:

- aumento durante la vida útil de las hojas o cuchillas en un factor de aproximadamente 5 en una barra de diámetro pequeño (aproximadamente 16 mm) y en un factor de aproximadamente 2,5 en una barra de diámetro grande (de aproximadamente 25 mm a 32 mm);
- reducción en el número de paradas del tren de laminado para cambiar la hoja y, de esta manera, reducción en los costes relativos para las pérdidas de producción, sustitución de la hoja, etc. Después de una investigación larga y concienzuda, el material usado para fabricar las hojas de la cizalla de la presente invención tiene un contenido de carbono similar al de los aceros para herramienta para cizalladura en frío (aproximadamente 0,5 %), actualmente usados en cizallas para tren de laminado, junto con las siguientes cantidades y características de los elementos de aleación típicos de aceros para herramienta para cizalladura en caliente:
- una cantidad reducida de manganeso (Mn menor de 0,5 %) respecto a los aceros para cizalladura en frío, para aumentar la dureza después del templado a expensas de una reducción en la elasticidad del material;
- cantidad reducida de silicio (Si menor de 0,3 %) respecto a aceros para cizalladura en frío, para reducir la disminución en la resistencia al desgaste y elasticidad;
- cantidades de cromo (Cr aproximadamente 5 %) iguales a aquellas usadas actualmente en aceros para aplicación en hojas de cizalla para mantener la tenacidad adecuada;
- aumento de la cantidad de molibdeno (Mo mayor de o igual a 2,0 %) respecto a aceros para cizalladura en frío, con el fin de facilitar la formación de carburos de molibdeno, aumentar la resistencia al desgaste, propiedades mecánicas y resistencia al calor;
- presencia de vanadio (V aproximadamente 0,55 %) que ventajosamente promueve la formación de carburos de vanadio que son muy finos y extremadamente duros (aproximadamente 2000 HV), que mejora adicionalmente la resistencia al desgaste y refina la microestructura, de manera que el borde de corte puede mantenerse afilado más tiempo.

[0014] Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones preferidas de la invención.

Breve descripción de los dibujos

[0015] Otras características y ventajas de la invención quedarán más claras a partir de la descripción detallada de una realización preferida, aunque no exclusiva, de una cizalla, ilustrada como un ejemplo no limitante, con ayuda de las hojas de dibujos adjuntas, en las que:

La Figura 1 muestra una imagen de la microestructura superficial de una hoja de cizalla de acuerdo con la presente invención;

La Figura 2 muestra una imagen de la microestructura correspondiente de la zona más interna del espesor de una hoja de cizalla de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de una realización preferida de la invención

[0016] Una realización preferida de una cizalla de acuerdo con la presente invención comprende al menos una hoja fabricada de un acero que tiene la siguiente composición química, en porcentaje en masa:

% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% V
0,45-0,55	0,10-0,30	0,20-0,50	4,00-5,50	2,00-3,00	0,45-0,65

[0017] siendo el resto hierro e impurezas inevitables.

[0018] El proceso de producción de una hoja o cuchilla de dicha cizalla, fabricada del acero mencionado anteriormente, comprende ventajosamente las siguientes etapas:

- fundir una carga metálica que tiene la composición mencionada anteriormente y verter el material fundido en un molde para lingote, seguido de solidificación del material fundido, formando un primer lingote;
- Refusión de Electroescoria (ESR) de dicho primer lingote, mediante un molde para lingote móvil, con el fin de retirar la escoria y aumentar adicionalmente la uniformidad de la microestructura de un segundo lingote recién solidificado;
- laminar dicho segundo lingote para obtener una preforma a partir de la cual se fabrica la hoja que tiene una forma predeterminada, con un espesor menor de o igual a aproximadamente 60 mm;
- un ciclo de templado que consiste en calentar la hoja hasta la temperatura de austenización del acero, aproximadamente 1035-1055 °C, mediante dos etapas de precalentamiento a temperaturas intermedias respectivamente iguales a 590-610 °C y 840-860 °C, y enfriamiento posterior al vacío hasta temperatura ambiente a una velocidad de enfriamiento entre 10 y 12 °C/s;
- tres ciclos de revenido a temperaturas entre 510 °C y 550 °C, que dan una microestructura compuesta enteramente de martensita revenida y que tiene una dureza de 56-58 HRC.

[0019] Las Figuras 1 y 2 muestran una imagen de la microestructura de la hoja de cizalla, respectivamente en la superficie y en la zona más interna o núcleo de la hoja. Puede verse que las dos imágenes son extremadamente similares: esto significa que ha habido una penetración completa del templado, tanto en la superficie como en profundidad. El espesor de las hojas de la cizalla de la presente invención es menor que o igual a aproximadamente 60 mm.

[0020] El acero seleccionado tiene características de tenacidad mejores que las empleadas actualmente en el campo de las hojas de cizalla para su uso en trenes de laminado, en la salida de la máquina de templado y revenido para productos laminados cuando esta última tiene temperaturas entre 150 y 800 °C.

Resultados experimentales

[0021] La cizalla de acuerdo con la invención se dispuso y accionó en la salida de los productos laminados desde la máquina de templado y revenido, proporcionada en el tren de laminado, cuando dichos productos tenían temperaturas entre 150 y 800 °C. La cizalla se dispone ventajosamente aguas abajo de dicha máquina de templado y revenido y aguas arriba de la placa o lecho de enfriamiento. En una variante particular, la cizalla está dispuesta inmediatamente aguas abajo de la máquina de templado y revenido sin dispositivos intermedios adicionales entre dicha máquina de templado y revenido y dicha cizalla.

[0022] La cizalla de la invención proporciona resultados extremadamente sorprendentes, más allá de lo estimado en la etapa de investigación y desarrollo.

EJEMPLO 1

[0023] Para fabricar las hojas de la cizalla, se seleccionó un primer acero que tenía la siguiente composición química preferida, en porcentaje en masa,

% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% V
0,46	0,26	0,25	4,50	3,00	0,57

siendo el resto hierro e impurezas inevitables. El acero mencionado anteriormente se sometió a un proceso que comprende las siguientes etapas:

- 5 - fundir una carga metálica que tiene la composición mencionada anteriormente y verter el material fundido en un molde para lingote, seguido de solidificación del material fundido, formando un primer lingote;
- Refusión de Electroescoria de dicho primer lingote, usando un molde para lingote móvil, con el fin de retirar la escoria y aumentar adicionalmente la uniformidad de la microestructura de un segundo lingote recién solidificado;
- laminar dicho segundo lingote para obtener una preforma de hoja que tiene un espesor máximo igual a aproximadamente 60 mm;
- 10 - un ciclo de templado que consiste en calentar la hoja hasta la temperatura de austenización del acero igual a 1050 °C, mediante dos etapas de precalentamiento a temperaturas intermedias respectivamente iguales a 600 °C y 850 °C, y posteriormente enfriamiento al vacío hasta temperatura ambiente, con una presión de N₂ igual a 3,5 bar para conseguir una velocidad de enfriamiento promedio entre 10 y 12 °C/s;
- 15 - tres ciclos de revenido sucesivos respectivamente a temperaturas iguales a 550 °C, 550 °C y 530 °C, que permiten obtener una microestructura compuesta enteramente de martensita revenida y que tienen una dureza de 57,1 HRC.

20 **[0024]** Una cizalla provista de hojas fabricadas a partir de este acero específico se usó para cizallar barras laminadas redondas, cuando las mismas salieron de la máquina de templado y revenido proporcionada en el tren de laminado, estando dichas barras a una temperatura de aproximadamente 620 °C.

25 **[0025]** Los resultados respecto al número de cizalladuras, realizados antes de que la sustitución de la hoja se hiciera necesaria, se dan en la tabla a continuación respecto al diámetro significativo de las barras laminadas (en milímetros) y en comparación con el número de cizalladuras realizadas con una hoja fabricada de acero X50CrVMo5-1, perteneciente a la familia de aceros para herramienta para cizalladura en frío y usada típicamente en cizallas para tren de laminado.

DIÁMETRO DE LA BARRA CIZALLADA		16 mm
NÚMERO DE CIZALLADURAS	hoja fabricada de X50CrVMo5-1 (material típico)	62000
	hoja de cizalla de la invención	301400
	<i>MEJORA</i>	+486 %

30 EJEMPLO 2

[0026] Para fabricar las hojas de la cizalla, se seleccionó un segundo acero que tenía la siguiente composición química preferida, en porcentaje en masa,

% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% V
0,48	0,24	0,25	4,30	2,90	0,59

35 siendo el resto hierro e impurezas inevitables. El acero mencionado anteriormente se sometió a un proceso que comprende las siguientes etapas:

- 40 - fundir una carga metálica que tiene la composición mencionada anteriormente y verter el material fundido en un molde para lingote, seguido de solidificación del material fundido, formando un primer lingote;
- Refusión de Electroescoria de dicho primer lingote, usando un molde para lingote móvil, con el fin de retirar la escoria y aumentar adicionalmente la uniformidad de la microestructura de un segundo lingote recién solidificado;
- laminar dicho segundo lingote para obtener una preforma de hoja que tiene un espesor máximo igual a aproximadamente 60 mm;
- 45 - un ciclo de templado que consiste en calentar la hoja hasta la temperatura de austenización del acero igual a 1035 °C, mediante dos etapas de precalentamiento a temperaturas intermedias respectivamente iguales a 610 °C y 860 °C y posteriormente enfriamiento al vacío hasta temperatura ambiente con una presión de N₂ igual a 3,5 bar para conseguir una velocidad de enfriamiento promedio entre 10 y 12 °C/s;
- 50 - tres ciclos de revenido sucesivos respectivamente a temperaturas iguales a 540 °C, 540 °C y 510 °C, que permiten obtener una microestructura compuesta enteramente de martensita revenida y que tienen una dureza de 56,6 HRC.

[0027] Se usó una cizalla provista de hojas fabricadas a partir de este acero específico para cizallar barras laminadas redondas, cuando las mismas salieron de la máquina de templado y revenido proporcionada en el tren de laminado, estando dichas barras a una temperatura de aproximadamente 600-650 °C. Los resultados relacionados con el número de cizalladuras, realizadas antes de que la sustitución de la hoja fuera necesaria, se dan en la siguiente tabla respecto al diámetro significativo de las barras laminadas (en milímetros) y en comparación con el número de cizalladuras realizadas con una hoja fabricada de acero X50CrVMo5-1, perteneciente a la familia de aceros para herramienta para cizalladura en frío y usada típicamente en cizallas para tren de laminado.

DIÁMETRO DE LA BARRA CIZALLADA		25 mm
NÚMERO DE CIZALLADURAS	hoja fabricada de X50CrVMo5-1 (material típico)	2400
	hoja de cizalla de la invención	6900
	MEJORA	+287 %

10 EJEMPLO 3

[0028] Para fabricar las hojas de la cizalla, se seleccionó un tercer acero que tenía la siguiente composición química preferida, en porcentaje en masa,

% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% V
0,48	0,22	0,24	4,35	2,85	0,58

siendo el resto hierro e impurezas inevitables. El acero mencionado anteriormente se sometió a un proceso que comprende las siguientes etapas:

- fundir una carga metálica que tiene la composición mencionada anteriormente y verter el material fundido en un molde para lingote, seguido de solidificación del material fundido, formando un primer lingote;
- Refusión de Electroescoria de dicho primer lingote, usando un molde para lingote móvil, con el fin de retirar la escoria y aumentar adicionalmente la uniformidad de la microestructura de un segundo lingote recién solidificado;
- laminar dicho segundo lingote para obtener una preforma de hoja que tiene un espesor máximo igual a aproximadamente 60 mm;
- un ciclo de templado que consiste en calentar la hoja a la temperatura de austenización del acero igual a 1040 °C, mediante dos etapas de precalentamiento a temperaturas intermedias respectivamente iguales a 610 °C y 860 °C y posterior enfriamiento al vacío hasta temperatura ambiente con una presión de N₂ igual a 3,5 bar para conseguir una velocidad de enfriamiento promedio entre 10 y 12 °C/s;
- tres ciclos de revenido sucesivos respectivamente a temperaturas iguales a 540 °C, 540 °C y 510 °C, que permiten obtener una microestructura compuesta enteramente de martensita revenida y que tiene una dureza de 56,3 HRC.

[0029] Se usó una cizalla provista de hojas fabricadas a partir de este acero específico para cizallar barras laminadas redondas, cuando las mismas salieron de la máquina de templado y revenido proporcionada en el tren de laminado, estando dichas barras a una temperatura de aproximadamente 600-650 °C. Los resultados relacionados con el número de cizalladuras, realizadas antes de que la sustitución de la hoja se hiciera necesaria, se dan en la tabla a continuación en relación con el diámetro significativo de las barras laminadas (en milímetros) y en comparación con el número de cizalladuras realizadas con una hoja fabricada de acero X50CrVMo5-1, perteneciente a la familia de aceros para herramienta para cizalladura en frío y típicamente usado en cizallas para tren de laminado.

DIÁMETRO DE LA BARRA CIZALLADA		32 mm
NÚMERO DE CIZALLADURAS	hoja fabricada de X50CrVMo5-1 (material típico)	1400
	hoja de cizalla de la invención	4050
	MEJORA	+289 %

[0030] Basándose en los ejemplos 1-3 anteriores, al realizar un análisis cuantitativo que tiene en cuenta la reducción en el coste para el cambio de la hoja y la diferencia de precio de dichas hojas respecto a las soluciones usadas actualmente, se observa que para los diámetros de 30 y 25 mm hay un ahorro del 50-55 %, mientras que para el diámetro de 16 mm este ahorro es cuantificable en el orden del 60-65 %. Esta evaluación no tiene en cuenta la pérdida de producción debido al cambio de hoja fuera de las paradas programadas, que también puede cuantificarse en varios cientos de miles de euros.

EJEMPLO 4

[0031] Para fabricar las hojas de la cizalla, se seleccionó un cuarto acero que tenía la siguiente composición química preferida, en porcentaje en masa,

5

% C	% Si	% Mn	% Cr	% Mo	% V
0,49	0,23	0,22	4,24	2,83	0,61

siendo el resto hierro e impurezas inevitables. El acero mencionado anteriormente se sometió a un proceso que comprendía las siguientes etapas:

- 10 - fundir una carga metálica que tenía la composición mencionada anteriormente y verter el material fundido en un molde para lingote, seguido de solidificación del material fundido, formando un primer lingote;
- Refusión de Electroescoria de dicho primer lingote, usando un molde para lingote móvil, con el fin de retirar la escoria y aumentar adicionalmente la uniformidad de la microestructura de un segundo lingote recién solidificado;
- 15 - laminar dicho segundo lingote para obtener una preforma de hoja que tenga un espesor máximo igual a aproximadamente 40 mm;
- un ciclo de templado que consiste en calentar la hoja hasta la temperatura de austenización del acero igual a 1040 °C, mediante dos etapas de precalentamiento a temperaturas intermedias respectivamente iguales a 610 °C y 860 °C y posterior enfriamiento al vacío hasta temperatura ambiente con una presión de N₂ igual a 3,6 bar para conseguir una velocidad de enfriamiento promedio entre 10 y 12 °C/s;
- 20 - tres ciclos de revenido sucesivos respectivamente a temperaturas iguales a 530 °C, 530 °C y 510 °C, que permiten obtener una microestructura compuesta enteramente de martensita revenida y que tiene una dureza de 57,0 HRC.

25 **[0032]** Se usó una cizalla provista de hojas fabricadas de este acero específico para cizallar barras laminadas redondas, cuando las mismas salieron de la máquina de templado y revenido proporcionada en el tren de laminado, estando dichas barras a una temperatura de aproximadamente 600-650 °C. Los resultados relacionados con el número de toneladas de barras cizalladas, antes de que la sustitución de la hoja se hiciera necesaria, se dan en la tabla a continuación respecto al diámetro significativo de las barras laminadas (en milímetros) y se comparan con el número de toneladas de barras cizalladas con una hoja fabricada de acero 40NiCrMoV16, que pertenece a la familia

30 de los aceros para herramienta para cizalladura en caliente.

DIÁMETRO DE LA BARRA CIZALLADA		12 mm	14 mm
TONELADAS CIZALLADAS	hoja fabricada de 40NiCrMoV16 (material típico)	4664 ton	0 ton
	hoja de cizalla de la invención	15357 ton	3493 ton
	MEJORA	+404 %	

35 **[0033]** Basándose en los ejemplos anteriores, al realizar un análisis cuantitativo que tiene en cuenta la reducción en costes para el cambio de la hoja y la diferencia de precio de dichas hojas respecto a las soluciones usadas actualmente, debe observarse que para los diámetros de 12-14 mm el ahorro es cuantificable del orden del 60-65 %. Esta evaluación no tiene en cuenta las pérdidas de producción debido al cambio de la hoja fuera de las paradas programadas, que también puede cuantificarse en varios cientos de miles de euros.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cizalla para tren de laminado que tiene al menos una hoja fabricada de acero cuya composición química, en porcentaje en masa, consiste en $0,45 \div 0,55$ % de carbono, $0,10 \div 0,30$ % de silicio, $0,20 \div 0,50$ % de manganeso, $4,00 \div 5,50$ % de cromo, $2,00 \div 3,00$ % de molibdeno, $0,45 \div 0,65$ % de vanadio y siendo el resto hierro e impurezas inevitables y cuya microestructura está compuesta de martensita revenida.
- 10 2. Uso de una cizalla de acuerdo con la reivindicación 1 en un tren de laminado, en el que dicha cizalla está dispuesta aguas abajo de una máquina de templado y revenido y aguas arriba de una placa de enfriamiento.
- 15 3. Uso de una cizalla de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicha cizalla está dispuesta aguas abajo de la máquina de templado y revenido sin otros dispositivos intermedios entre dicha máquina de templado y revenido y dicha cizalla.
- 20 4. Un proceso de producción para producir una hoja de una cizalla de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende las siguientes etapas:
 - proporcionar un primer lingote de acero cuya composición química, en porcentaje en masa, consiste en $0,45 \div 0,55$ % de carbono, $0,10 \div 0,30$ % de silicio, $0,20 \div 0,50$ % de manganeso, $4,00 \div 5,50$ % de cromo, $2,00 \div 3,00$ % de molibdeno, $0,45 \div 0,65$ % de vanadio y siendo el resto hierro e impurezas inevitables;
 - proporcionar refusión de electroescoria de dicho primer lingote y obtener un segundo lingote recién solidificado;
 - proporcionar laminado de dicho segundo lingote hasta obtener una preforma de la hoja que tenga una forma predeterminada;
 - 25 - proporcionar un ciclo de templado que consiste en calentar la hoja hasta la temperatura de austenización del acero, comprendida entre 1035°C y 1055°C , mediante dos etapas de precalentamiento a temperaturas intermedias respectivamente iguales a $590\text{-}610^{\circ}\text{C}$ y $840\text{-}860^{\circ}\text{C}$, y después enfriar la hoja al vacío hasta temperatura ambiente;
 - 30 - proporcionar tres ciclos de revenido a temperaturas entre 510°C y 550°C .

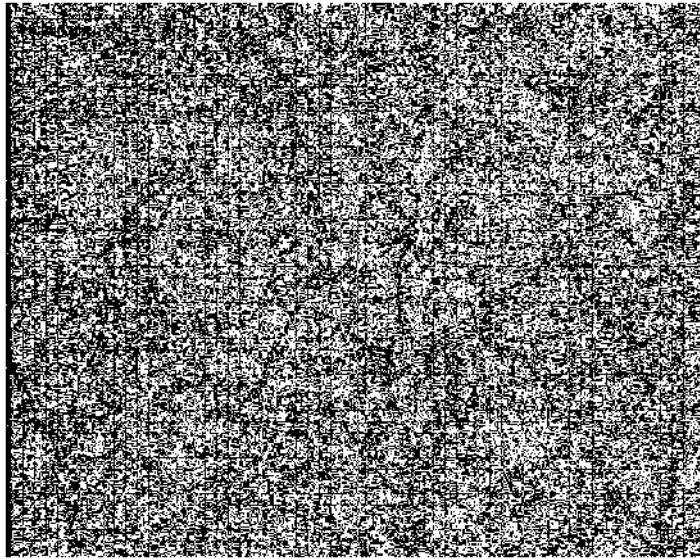


Fig. 1

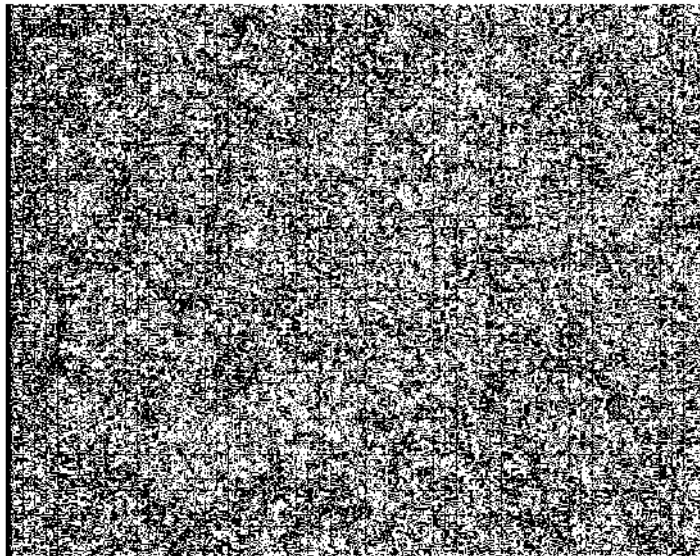


Fig. 2