

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 391 312**

51 Int. Cl.:
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08004335 .9**
96 Fecha de presentación: **10.03.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2103704**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.09.2009**

54 Título: **Producto longitudinal laminado en caliente y procedimiento para su fabricación**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.11.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.11.2012

73 Titular/es:
SWISS STEEL AG (100.0%)
EMMENWEIDSTRASSE 90
6020 EMMENBRÜCKE, CH

72 Inventor/es:
ROELOFS, HANS;
URLAU, ULRICH;
LEMBKE, MIRKKA y
OLSCHEWSKI, GUIDO

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 391 312 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

Producto longitudinal laminado en caliente y procedimiento para su fabricación

Campo técnico

5 La invención se refiere a un producto longitudinal laminado en caliente según el concepto general de la reivindicación 1 así como a un procedimiento para su fabricación.

Estado de la técnica

10 Para poder producir piezas fabricadas de acero y que a la vez tengan mayor resistencia y mayor tenacidad, por lo general se tienen en cuenta aceros para temple y revenido. Con aceros para temple y revenido se pueden alcanzar resistencias a la tracción superiores a 1.000 MPa con estricción de rotura superior al 45% al mismo tiempo. El tratamiento térmico necesario (calentamiento, enfriamiento repentino, recocido) es intensivo en costes y presenta carga ambiental. En caso de que se lleve a cabo en la pieza fabricada puede ser necesario debido a la demora temporal un procesamiento posterior caro (enderezado, amolado). Aceros templados y revenidos presentan claramente desventajas en el procesamiento por mecanizado (virutas alargadas, bajos tiempos de permanencia en máquina). Estas desventajas de procesamiento se pueden recudir mediante la adición de 0,04% en peso como máximo de azufre. 15 Mayores contenidos de azufre empeoran la procesabilidad y el grado de pureza microscópico de estos aceros aleados con Al.

20 Para evitar un agrandamiento de la partícula de austenita durante el tratamiento térmico necesario se alean los aceros para temple y revenido con al menos 0,015% de aluminio. Durante la fabricación del acero se generan oclusiones de óxidos que contienen Al_2O_3 duros y abrasivos en el proceso de mecanizado, que provocan de forma desventajosa tiempos de permanencia en la máquina. Para conseguir una buena mecanizabilidad se deben transformar estas oclusiones en un proceso metalúrgico costoso mediante adición de calcio en oclusiones de aluminato de calcio menos abrasivas.

25 De forma alternativa a los aceros para temple y revenido se desarrollaron aceros de fase dual ferríticos-martensíticos. La estructura de estos aceros se consigue mediante un tratamiento termomecánico durante la laminación térmica. Con estos aceros se puede ajustar luego buenas propiedades de tenacidad, en tanto quedan las islas de martensita depositadas suficientemente pequeñas. La resistencia a la tracción que se puede conseguir se limita a menos de 1.000 MPa.

30 Un desarrollo adicional son los aceros martensíticos blandos que se endurecen directamente. Es desventajoso en estos aceros que se consiga la estructura martensítica requerida ya durante un enfriamiento acelerado con mayor velocidad de enfriamiento repentino del calor de conformación. Por este motivo este procedimiento es de aplicación principalmente en piezas de pared delgada (piezas fraguadas, tubos). En productos con alargamiento medio o superior la estructura propia por la sección transversal llega a ser inaceptablemente no homogénea. Para la producción de productos longitudinales laminados en caliente como alambrón y acero en barras en dimensiones convencionales no son adecuados estos aceros.

35 Se propone otra dirección de desarrollo con los aceros AFP (ferríticos-perlíticos endurecidos por segregación). Mediante un enfriamiento regulado del calor de conformación se separan carbonitruros de elementos titanio, vanadio y niobio. Estos conducen debido al endurecimiento por dispersión a una resistencia mayor de la materia de base. En comparación con los aceros de temple y revenido estos poseen un límite de estiramiento bajo y menores tenacidades. Por tanto no son adecuados para la aplicación en el campo de cargas elevadas. Un ajuste controlado de los productos de segregación exige rigurosos datos de análisis para el acero y un control exacto del enfriamiento del calor de conformación. 40

Los desarrollos más novedosos muestran que se puede conseguir ya con enfriamiento al aire directamente del calor de conformación muy buenas combinaciones de propiedades con aceros de fase compleja. Estos aceros presentan por lo general una estructura bainítica-martensítica con porciones residuales de ferrita y austenita residual.

45 Las primeras aplicaciones de aceros de fase compleja son de uso hoy en día en la fabricación de tubos de acero plano así como en la fabricación de railes.

50 Los aceros para la fabricación de tubos deben caracterizarse de forma particular por una buena tenacidad y termosellabilidad. Con esto se puede conseguir un contenido en carbono menor por debajo de 0,13% en peso. La estructura tenaz de alta resistencia deseada se consigue mediante un enfriamiento acelerado del calor de laminación. En el intervalo de temperatura de 800 a 500° C (intervalo de transformación) se aplican tasas de enfriamiento de 10 a 40 K/s. La estructura de estos aceros se compone de ferrita y bainita alotriomorfas (al menos 20%). El contenido en carbono bajo garantiza en el enfriamiento acelerado la reducción de porciones de martensita elevadas, lo que ya hace

posible las buenas propiedades de tenacidad. La resistencia a la tracción queda limitada de este modo por debajo de 1.000 MPa.

5 En la fabricación de acero para raíles juegan un importante papel particularmente la resistencia a la abrasión y a la fatiga. En el documento WO 96/22396 se describe la fabricación de un raíl bainítico con enfriamiento continuo convencional del calor de laminación. Se consigue con ello la resistencia a la abrasión deseada, debiendo suprimirse la formación de partículas de cementita gruesas ("bainita sin carburo"). Esto puede lograrse mediante la adición de silicio. Se prolonga la cinética de la separación de cementita. Para el procesamiento por mecanizado no son adecuados estos aceros.

El documento US 2003 0084 965 da a conocer un acero procesable con 0,1-0,6 de C, 0,01-2,0 de Si y 0,005-0,20 de S.

10 El acero bainítico-martensítico descrito en el documento CN 1477226 (C = 0,15 a 0,34%) consigue una resistencia a la tracción superior a 900 MPa. Se prevén contenidos en manganeso por encima del 1,8%. Este contenido en manganeso elevado facilita concretamente la regulación de la estructura bainítica con tasas de enfriamiento convencionales en laminación en caliente. Sin embargo se llega al mismo tiempo a problemas de segregación difícilmente controlables que se manifiestan en vetas de martensita no deseadas. Las propiedades mecánico-tecnológicas están sujetas para productos longitudinales laminados en caliente convencionales a oscilaciones inaceptables. El procesamiento por mecanizado se ve perjudicado fuertemente por las vetas de martensita presentes no uniformes.

15 En el documento EP 0845544 (C ≤ 0,12%) se describe un acero bainítico microaleado, que presenta a temperatura ambiente una resistencia a la tracción superior a 1.000 MPa. Para conseguir estas propiedades se austenitiza de nuevo el acero tras la laminación y a continuación se enfría repentinamente con una tasa de enfriamiento de 17 a 150 K/s. Estas tasas de enfriamiento se encuentran claramente por encima de los productos longitudinales enfriados al aire en laminación convencional.

20 El documento DE 102005052069 describe un acero bainítico-martensítico aleado con B/Ti para productos longitudinales laminados en caliente. El contenido en N requerido exige un tratamiento de desgasificación adicional. El acero descrito es adecuado para dimensiones de alambre finas con enfriamiento al aire o para dimensiones de alambre más gruesas con enfriamiento acelerado. En comparación con aceros para temple y revenido ferríticos-perlíticos se cuenta con un procesamiento claramente peor en el mecanizado. El concepto de aleación limita (debido a la formación de carbosulfuros de titanio) el uso de aditivos que mejoran el mecanizado como azufre. Por este motivo se limita el uso económico a la conformación masiva.

25 Un acero de fase compleja bainítico-martensítico de buen procesamiento en el mecanizado para la producción de productos longitudinales laminados en caliente convencionales con enfriamiento con aire en un intervalo de dimensiones de 5,0 a 70 mm no se encuentra aún hoy en día disponible. El concepto de material debe ser extendido a este respecto de modo que las diferencias condicionadas por dimensiones en la velocidad de enfriamiento no conduzcan en la tasa de enfriamiento de aproximadamente 0,1 a 8,0 K/s a fuertes oscilaciones de las propiedades mecánico-tecnológicas en el producto final.

35 Síntesis de la invención

Es objetivo de la invención proporcionar un producto longitudinal laminado en caliente mejorado, evitando particularmente las desventajas anteriores. Un objetivo adicional de la invención consiste en un procedimiento para la producción de un producto longitudinal laminado en caliente.

40 Se consiguen estos objetivos mediante el producto longitudinal laminado en caliente definido en la reivindicación 1 así como el procedimiento de preparación definido en la reivindicación 6.

Los datos de contenido siguientes en porcentaje (%) o bien en partes por millón ("partes por millón, ppm") se refieren – en tanto no indiquen expresamente otra cosa – a partes en peso.

El producto longitudinal laminado en caliente de acuerdo con la invención presenta un contenido en peso de

de 0,20 a 0,25% de carbono,

45 de 0,90 a 1,35% de silicio,

hasta 0,20% de níquel,

hasta 0,5% de molibdeno,

de 0,04 a 0,25% de azufre,

ES 2 391 312 T3

- hasta 0,01% de aluminio,
hasta 0,035% de fósforo,
hasta 0,0008% de boro,
hasta 0,02% de titanio,
- 5 hasta 0,3% de plomo,
hasta 0,3% de bismuto,
hasta 1,93% de manganeso,
hasta 4,0% de cromo,
hasta 0,02% de nitrógeno y
- 10 hasta 0,01% de oxígeno unido a inclusiones oxídicas, con un residuo de hierro así como impurezas inevitables, en donde
(contenido en manganeso – 1,72 contenido de azufre) < 1,50% y
contenido en cromo + (contenido en manganeso – 1,72 contenido en azufre) > 2,6% en peso.
con los siguientes componentes estructurales:
- 15 de 50 a 90% bainita,
hasta 50% de martensita,
hasta 10% de ferrita y
hasta 10% de austenita residual.
- 20 En el producto producido de acuerdo con la invención se seleccionan los componentes de aleación de modo que con tasas de enfriamiento habituales del calor de laminación de 0,1 a 8,0 K/s siempre resulta una estructura bainítica-martensítica con nivel de resistencia a la tracción de 1.000 a 1.400 MPa, sin que se deba usar elementos de aleación relacionados con el coste y/o dispositivos especiales para el enfriamiento acelerado del calor de laminación.
- 25 Mediante la limitación inferior del contenido en carbono al 0,20% se asegura en combinación con manganeso y cromo que solo presenten bajas proporciones de ferrita en la estructura. Las proporciones de ferrita por encima del 10% perjudican tanto el nivel de resistencia como también la resiliencia del producto.
- Mediante la limitación superior del carbono al 0,25% se asegura que la resistencia a la tracción no superen 1.400 MPa. Mayores valores de resistencia empeoran la procesabilidad en el proceso de estirado o proceso de mecanizado. Mayores contenidos en carbono requieren además la formación de carburos, lo que influye negativamente en la ductibilidad.
- 30 El silicio influye en la actividad del carbono y prolonga la separación de carburos. La concentración de silicio seleccionada permite un tratamiento de recocido a 400° C, sin que la ductilidad empeore debido a la separación de carburo (siguiendo la descripción de la bainita sin carburo en el documento WO 96/22396). Debido a que el silicio es un reforzador de cristal mixto eficiente en la bainita, se debe limitar su contenido a 1,35% para no superar la resistencia a la tracción máxima deseada de 1.400 MPa.
- 35 Con un contenido de manganeso demasiado alto se refuerza la segregación de manganeso y la estructura se vuelve muy no homogénea. Por este motivo se debe limitar el contenido en manganeso “libre” es decir no unido a sulfuros de manganeso (= contenido en manganeso total – 1,72 contenido de azufre) al 1,50%.
- 40 El contenido en manganeso así comprobado no es suficiente para alcanzar una estructura bainítica-martensítica tras enfriamiento con aire del calor de laminación. El producto debe contener adicionalmente tanto cromo que el contenido en cromo + (contenido en manganeso – 1,72 contenido en azufre) > 2,6% en peso. Junto con un contenido en carbono de al menos 0,20% se asegura una estructura bainítica-martensítica con < 10% de ferrita.
- El molibdeno debe impedir la segregación de carburos de hierro en los límites de partícula primaria y una pérdida de tenacidad relacionada con ello. Por motivos de costes el contenido en molibdeno se tiene que seleccionar tan bajo

como sea necesario: de 0,1 a 0,5% de molibdeno.

Para conseguir una mejora clara de la mecanizabilidad el acero debe contener al menos 0,04%, preferiblemente de 0,12 a 0,17% de azufre. El azufre se une con manganeso dando la segregación del sulfuro de manganeso, de modo que se mejoran tanto la rotura de virutas como también el tiempo de permanencia en la máquina. Debido a que estas segregaciones impiden al mismo tiempo también la tenacidad transversal del producto longitudinal laminado en caliente la adición de azufre se tiene que limitar al 0,25%.

Al producto producido de acuerdo con la invención no se añadió aluminio. Para evitar la formación de oclusiones de óxidos abrasivos duros del tipo corindón se debe limitar el contenido en aluminio al 0,01%. En combinación con el alto contenido en silicio y una adición de calcio baja al final del tratamiento metalúrgico se deben ajustar según la reivindicación 2 oclusiones de óxidos con un contenido en Al_2O_3 de < 50%. Preferiblemente se lleva a cabo el tratamiento metalúrgico de modo que se generan oclusiones de silicato de tipo vítreo blandas con las siguientes proporciones en peso relativas: de 20 a 50% de CaO, de 35 a 65% de SiO_2 y menos de 25% de Al_2O_3 . Se prolonga claramente el tiempo de permanencia en la máquina de la máquina usada en el mecanizado.

La buena mecanizabilidad del producto longitudinal laminado en caliente producido de acuerdo con la invención se pueden mejorar según la reivindicación 3 ó 4 mediante la adición de 0,05 a 0,3% de plomo o de 0,05 a 0,3% de bismuto.

Para la producción de acuerdo con la invención del producto longitudinal laminado en caliente son de importancia decisiva los tamaños de partícula de austenita antes de la transformación de la estructura, así como la tasa de enfriamiento durante la transformación de la estructura en un intervalo de temperatura entre 800 y 500° C. Una partícula de austenita fina conduce a una estructura final más fina con mejores valores de tenacidad. Por este motivo la partícula de austenita no debe ser mayor de 50 μm tras la última etapa de conformación según la reivindicación 7. Las tasas de enfriamiento deben encontrarse entre 0,1 y 8,0 K/s. El valor superior se da con las posibilidades del enfriamiento convencional en aire en circulación. Mediante la limitación inferior de 0,1 K/s se debe asegurar que no se produzcan porciones de ferrita > 10%. No se pueden producir con esta tecnología dimensiones de acero en barra mayores que se enfrían claramente más lentamente en el interior de la barras (que 0,1 K/s).

Antes del procesamiento adicional del producto longitudinal laminado en caliente puede ser significativo un tratamiento térmico durante 0,5 a 2 horas de 300 a 500° C según la reivindicación 8. El elevado contenido en silicio del producto retrasa la adición de átomos de carbono en la estructura. Esto es deseable para restringir la generación de segregaciones de partículas gruesas de carburo. Por otro lado también se prolongan en relación con el carbono procesos de envejecimiento conocidos, que tienen lugar justo tras la laminación en caliente. De forma particular la ductilidad máxima de la estructura se desarrolla después de algunas semanas. En casos en los que el producto longitudinal laminado se debe procesar inmediatamente es recomendable un tratamiento térmico.

Modos para la realización de la invención

Se describen a continuación ejemplos de realización de la invención en función de los dibujos, a este respecto muestran:

Figura 1 imagen de estructura tras ampliación de 200 veces (reactivo de ataque: HNO_3 al 2%), para (a) acero en barra de 22 mm, (b) acero en barra de 52 mm;

Figura 2 una representación esquemática de la toma de probetas de B8 x 40 mm;

Figura 3 la evolución de la dureza de Vickers por la sección transversal de una barra de 22 mm y una barra de 52 mm (desde la superficie hasta el núcleo).

En el marco de un ejemplo de realización se vertió una masa fundida de acero y a continuación se lamina dando acero en barra en distintas dimensiones. La producción de masas fundidas de acero se realizó según el procedimiento de acero por arco eléctrico con un tratamiento metalúrgico secundario en cuchara y a continuación vertido en tochos de 150 x 150 mm^2 en un dispositivo de colada continua. Los tochos se calentaron luego nuevamente en un horno de viga galopante hasta 1.150 a 1.200° C y a continuación se laminaron dando acero en barra en dimensiones 22 (tasa de enfriamiento aproximadamente 1,5 K/s) y 52 mm (tasa de enfriamiento es aproximadamente 0,4 K/s). El enfriamiento de las barras tras la laminación se realizó al aire.

El acero se compone de

0,22% de carbono

ES 2 391 312 T3

- 0,94% de silicio
 0,07% de níquel
 0,14% de molibdeno
 0,15% de azufre
 5 0,003% de aluminio
 0,012% de fósforo
 <0,001% de boro
 0,011% de titanio
 <0,003% de plomo
 10 <0,003% de bismuto
 0,013% de nitrógeno
 1,60% de manganeso
 1,34% de manganeso - 1,72 de azufre
 1,54% de cromo
 15 2,88% de cromo + (manganeso - 1,72 azufre)
- así como otras impurezas condicionadas por la fusión.

El elevado contenido en azufre de 0,15% asegura la buena rotura de virutas y mejora el tiempo de permanencia en la máquina. El bajo contenido en aluminio impide la formación de oclusiones de óxido que contienen arcillas abrasivas duras.

- 20 Las imágenes de estructura metalográfica con ampliación de 200 veces se muestran en la figura 1. La estructura se trata de una estructura mixta muy fina. Las proporciones de bainita y martensita no se podrían cuantificar hasta ahora de forma segura. Las imágenes así como el nivel de resistencia obtenido muestran sin embargo que la estructura primaria (>> 50%) se compone de bainita. La estructura de la barra de 52 mm es, debido a la tasa de enfriamiento baja del calor de laminación, algo más gruesa que la estructura en la barra de 22 mm. Se reconocen en el entorno de
- 25 sulfuros de manganeso (que pueden servir como puntos de germinación para la formación de ferrita) partículas de ferrita individuales. La porción de ferrita es extraordinariamente baja (<< 10%). La determinación de la cantidad de austenita residual en el difractor de rayos X dio $5,1 \pm 0,45\%$ para la barra de 22 mm y $4,4 \pm 1,34\%$ para la barra de 52 mm.

- 30 Debido a que las muestras se recogieron para el ensayo de tracción directamente tras la conformación térmica, estas se conservaron para la aceleración del envejecimiento natural antes del ensayo de tracción durante una hora a 300° C en gas protector. A pesar de las distintas condiciones de enfriamiento del calor de laminación se encuentra en el acero en barra de 22 y 53 mm valores de consistencia para el acero producido de acuerdo con la invención dentro de una tensión de 100 MPa (tabla 1).

Tabla 1: valores de resistencia

	22 mm	52 mm
Rp0,2	886 MPa	842 MPa
Rm	1168 MPa	1.064 MPa
A5	14,2%	11,8%

35

De la barra de acero de 52 mm se recogieron probetas de tracción en distintos puntos (véase la figura 2), para poder detectar el equilibrio de propiedades. Se recogen los resultados en la tabla 2 siguiente.

Tabla 2: resultados de probetas para tracción

Distancia del núcleo	5 mm	13 mm	20 mm
Rp0,2	777 MPa	842 MPa	862 MPa
Rm	1029 MPa	1064 MPa	1071 MPa
A5	10,4%	11,8%	12,9%

5 La alta regularidad de dureza por la sección transversal de la barra se confirmó para un acero en barra de 22 mm y uno de 52 mm en probetas no mecanizadas mediante medidas HV1 (figura 3). Debido a la tasa de enfriamiento más rápida la dureza o la resistencia en acero en barra de 22 mm es algo mayor que en acero en barra de 52 mm.

El envejecido de una hora de las probetas de acero en barra de 52 mm a 300, 400 y 500° C no resultó esencialmente en cambio de las propiedades mecánicas (aquí se determina en una probeta de B8 x 40 mm recogida en R/2):

Tabla 3: propiedades mecánicas tras envejecimiento

Envejecido durante 1 hora a	300° C	400° C	500° C
Rp0,2	842 MPa	878 MPa	815 MPa
Rm	1064 MPa	1068 MPa	1124 MPa
A5	11,8%	13,4%	12,0%

10 Los datos precedentes muestran que las propiedades mecánicas del producto producido de acuerdo con la invención son aproximadamente constantes en un gran intervalo de medida. Se consigue una resistencia a la tracción típica para aceros de temple y revenido de > 1.000 MPa con un alargamiento de rotura simultáneamente bueno > 11% sin tratamiento de temple y revenido necesario. El contenido en aluminio reducido así como el elevado contenido en azufre en comparación con los aceros de temple y revenido asegura una mecanizabilidad claramente mejor.

15

REIVINDICACIONES

1. Producto longitudinal laminado en caliente con una fracción en peso de 0,20 a 0,25% de carbono,
de 0,90 a 1,35% de silicio,
5 hasta 0,20% de níquel,
hasta 0,5% de molibdeno,
de 0,04 a 0,25% de azufre,
hasta 0,01% de aluminio,
hasta 0,035% de fósforo,
10 hasta 0,0008% de boro,
hasta 0,02% de titanio,
hasta 0,3% de plomo,
hasta 0,3% de bismuto,
hasta 1,93% de manganeso,
15 hasta 4,0% de cromo,
hasta 0,02% de nitrógeno y
hasta 0,01% de oxígeno unido a inclusiones oxídicas, con un residuo de hierro así como impurezas inevitables, en donde
(contenido en manganeso – 1,72 contenido de azufre) < 1,50% y
20 contenido en cromo + (contenido en manganeso – 1,72 contenido en azufre) > 2,6% en peso.
con los siguientes componentes estructurales:
de 50 a 90% bainita,
hasta 50% de martensita,
hasta 10% de ferrita y
25 hasta 10% de austenita residual.
2. Producto longitudinal laminado en caliente según la reivindicación 1, caracterizado porque contiene inclusiones oxídicas con menos de 50% en peso de Al₂O₃, preferiblemente se encuentran inclusiones oxídicas con las siguientes proporciones en peso relativas: de 20 a 50% de CaO, de 35 a 65% de SiO₂ y menos de 25% de Al₂O₃.
3. Producto longitudinal laminado en caliente según la reivindicación 1 ó 2, con un contenido en plomo de 0,05 a 0,3% en peso.
30
4. Producto longitudinal laminado en caliente según una de las reivindicaciones 1 a 3, con un contenido en bismuto de 0,05 a 0,3% en peso.
5. Producto longitudinal laminado en caliente según una de las reivindicaciones 1 a 4, con una resistencia a la tracción R_m de 1.000 a 1.400 MPa.
- 35 6. Uso de un producto longitudinal según una de las reivindicaciones 1 a 5 para el mecanizado con arranque de viruta.
7. Procedimiento para la preparación de un producto longitudinal laminado en caliente según una de las reivindicaciones 1 a 5 en donde:

ES 2 391 312 T3

- el tamaño medio de grano de partícula de la austenita según la última etapa de conformación en caliente es menor de 50 μm ;
- el enfriamiento del calor de conformación en aire en reposo o en movimiento se consigue porque se hace discurrir el intervalo de temperatura entre 800 y 500° C con una tasa de enfriamiento de 0,1 a 8,0 K/s.

- 5 8. Procedimiento para la producción de un producto longitudinal según la reivindicación 7, en donde el envejecimiento de la estructura del acero tras la laminación en caliente se acelera mediante un tratamiento térmico adicional subsiguiente durante 0,5 a 2 horas de 300 a 500° C.

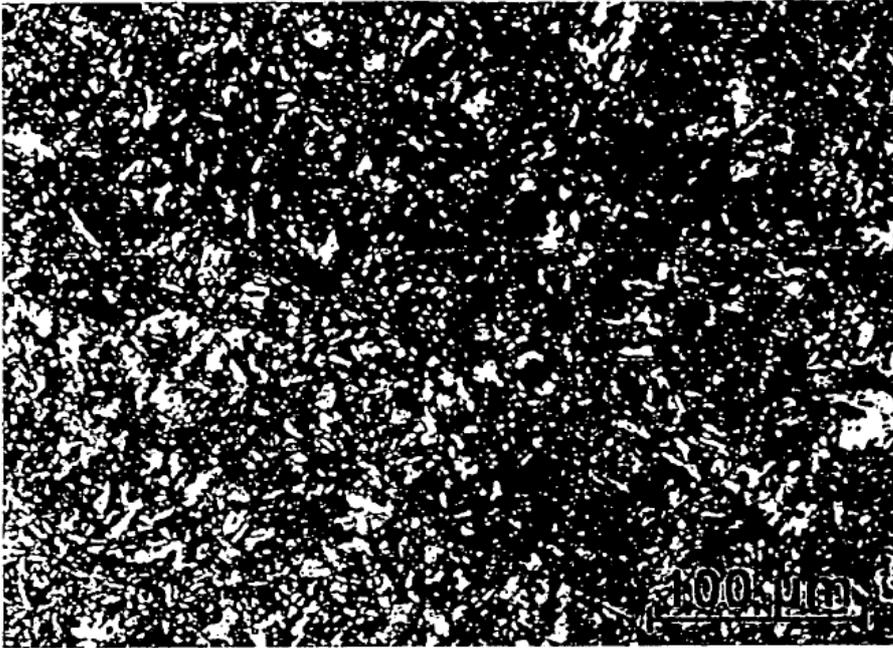


Fig. 1a

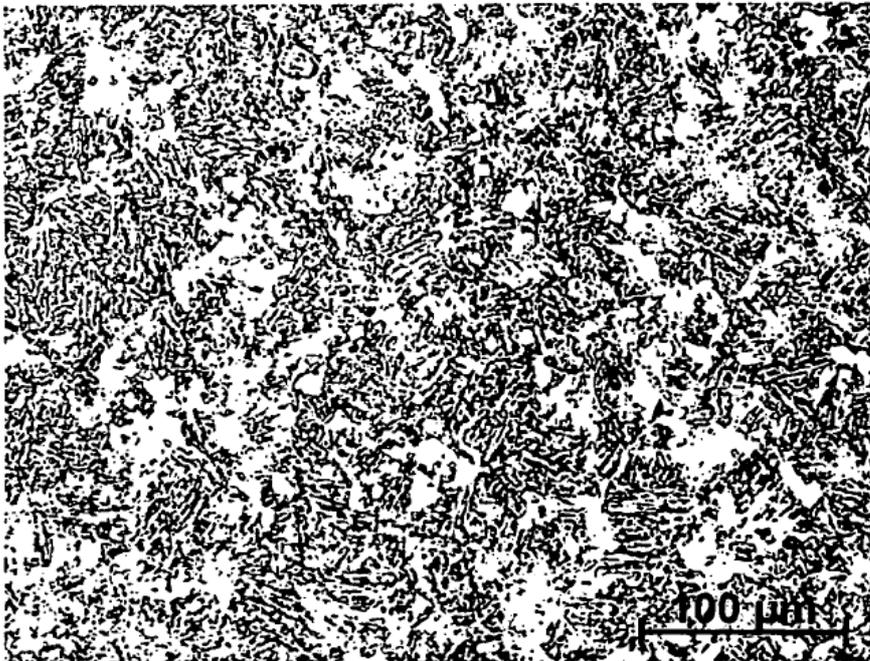


Fig. 1b

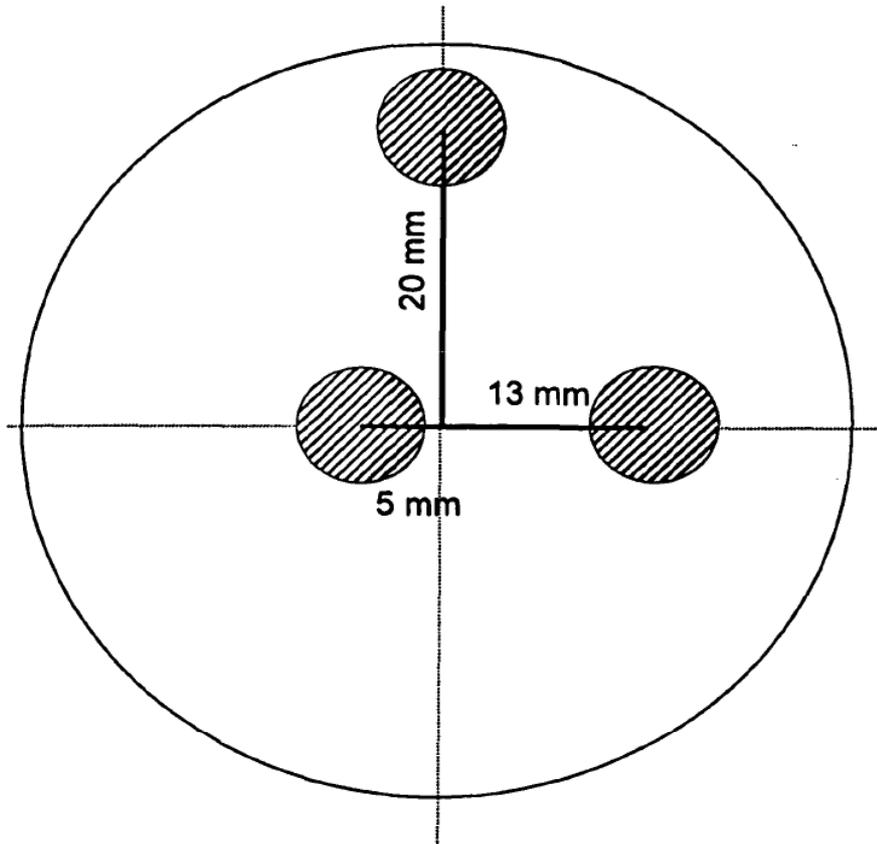


Fig. 2

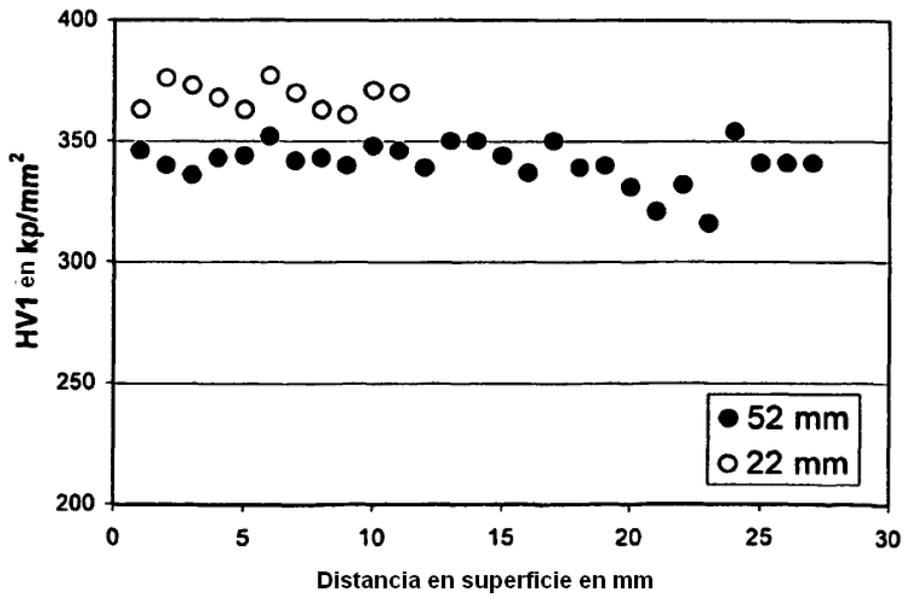


Fig. 3