

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 569 103**

51 Int. Cl.:

C21D 8/10 (2006.01)

C21D 9/08 (2006.01)

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2009 E 09763823 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016 EP 2356262**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la fabricación de tubos de acero con propiedades particulares**

30 Prioridad:

20.11.2008 AT 18142008

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

06.05.2016

73 Titular/es:

**VOESTALPINE TUBULARS GMBH & CO KG
(100.0%)**

**Alpinestrasse 17
8652 Kindberg-Aumühl, AT**

72 Inventor/es:

KLARNER, JÜRGEN

74 Agente/Representante:

SANZ-BERMELL MARTÍNEZ, Alejandro

ES 2 569 103 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).

DESCRIPCION

5 Procedimiento y dispositivo para la fabricación de tubos de acero con propiedades particulares

La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de tubos de acero de una mayor solidez y una tenacidad mejorada del material.

En la producción de tubos sin soldadura, las propiedades del material de la pared del tubo pueden presentar considerables diferencias dependiendo del punto y del lote. Estas diferencias de propiedades se deben en su mayor parte a una microestructura irregular y a una composición de acero desfavorable o bien a una proporción elevada de elementos accidentales e impurezas.

10 Por los motivos arriba mencionados, para tubos sometidos a una elevada sollicitación debería darse una microestructura adecuada a los requisitos, con una uniformidad dada dentro de unos márgenes estrechos a lo largo de la longitud del tubo, así como coaxialmente en la pared del tubo, y una composición de material exenta de elementos nocivos.

15 Los tubos de una longitud de 7 m o más y un diámetro exterior inferior a 200 mm con un espesor de pared inferior a 25 mm únicamente se pueden someter con dificultad a un tratamiento térmico que aporte una microestructura fina y uniforme con la estructura deseada en todo el volumen del tubo y que minimice el alabeo vertical en dirección longitudinal.

20 Se conocen procedimientos en los que un tubo se hace girar en torno a su eje y se enfría por la superficie exterior y/o interior. Sin embargo, para estos procedimientos de tratamiento térmico es requisito previo que la temperatura del material sea aproximadamente igual a lo largo de la longitud del tubo, a fin de obtener una composición estructural homogénea en las paredes.

EP 0 972 087 A1 se refiere a un acero de alta resistencia con una alta tenacidad en la dirección del espesor y con excelentes propiedades para una unión por soldadura, presentando el acero una resistencia a la tracción de al menos 900 MPa.

25 En el procedimiento de fabricación según esta publicación está previsto un calentamiento de un desbaste plano a la temperatura de deformación (950 °C – 1250 °C) para llevar niobio a un estado de solución sólida. Además, se produce una laminación en caliente del desbaste plano con una deformación de al menos el 25% a una temperatura de entre 950 y 700 °C (Ar3) y un enfriamiento de la chapa con una velocidad de enfriamiento de al menos entre 10 y 45 °C/s en el centro de la chapa a menos de 450 °C hasta la temperatura ambiente para la transformación de la estructura en martensita. Para aumentar la tenacidad o la fiabilidad del acero se realiza un tratamiento de revenido de la chapa de acero a una temperatura por debajo de los 675 °C.

30 De US 5.186.769 se conoce la conformación termomecánica de tubos mediante un laminador reductor a temperaturas entre T_{nr} y Ar₃, seguida de una pulverización con agua a una velocidad de enfriamiento de entre 3 y 5 °C/s.

El cometido de la invención es indicar un procedimiento con el que durante la producción de un tubo mediante conformación en caliente, en particular mediante reducción por estiraje, se realice un tratamiento subordinado que produzca un incremento de la solidez y mejore la tenacidad del material del tubo.

40 El objetivo se consigue con un procedimiento del mismo tipo, con las características de la reivindicación 1. Conforme al procedimiento según la invención, se pueden alcanzar valores mecánicos del material especialmente elevados y uniformes, en particular valores de tenacidad, cuando el inicio del enfriamiento rápido de la superficie exterior del tubo se efectúa a una temperatura inferior a 950 °C.

Para un tratamiento de revenido integrado, también puede ser ventajoso que tras el enfriamiento rápido, en un enfriamiento adicional en aire, se realice un retrocalentamiento específico de la zona de la superficie de la pared del tubo.

45 El procedimiento sirve para la fabricación de tubos sin soldadura con una longitud superior a 7 m, en particular de hasta 200 m, un diámetro exterior superior a 20 mm pero inferior a 200 mm, un espesor de pared superior a 2,0 mm pero inferior a 25 mm, y con esta calidad más elevada del tubo se puede reducir el almacenaje, lo que representa una considerable ventaja, y minimizar los casos de daños por rotura, ahorrando considerablemente en gastos de reparación.

50 Con un contenido limitado de carbono, es ventajoso para una calidad elevada y homogénea del tubo que al menos un elemento del acero presente contenidos en porcentaje en peso de:

55	carbono (C)	0,05	a	0,35
	fósforo (P)	máx.	0,015	
	azufre (S)		máx.	0,005
	chromo (Cr)	máx.	1,0	
	titanio (Ti)		máx.	0,02
	estaño (Sn)	máx.	0,08	
60	calcio (Ca)		máx.	0,005

Un dispositivo para la producción de tubos de acero con una solidez más elevada y una tenacidad mejorada del material mediante el enfriamiento rápido tras la conformación, que consta de un mecanismo para la aplicación de agente refrigerante en una superficie de tubo, muestra ventajosamente en el sentido de laminado, tras el último grupo de conformación, un tramo de enfriamiento continuo conmutable con múltiples anillos de distribución concéntricos para el agente refrigerante, dispuestos en torno al material laminado y emplazables en distintas posiciones en dirección longitudinal, respectivamente con al menos tres toberas orientadas respectiva y básicamente hacia el eje, pudiéndose alimentar cada anillo de distribución o cada grupo de ellos con el agente refrigerante con un caudal regulado.

Ventajosamente, con este dispositivo se pueden someter tubos de diversos tamaños de extensión longitudinal y de distintos diámetros y espesores de pared a un tratamiento térmico específico mediante el calor de laminación, pudiéndose conseguir con ello la microestructura deseada, la cual se obtiene uniformemente a lo largo de la longitud del tubo.

En cuanto a la uniformidad de la estructura del acero bonificado tanto circunferencialmente como también en dirección longitudinal de la pared del tubo, ha resultado ser especialmente ventajoso que las toberas generen respectivamente una corriente de refrigerante en forma de pirámide que se amplía en la dirección de pulverización.

La corriente de agente refrigerante puede estar formada aquí por una corriente de pulverización de refrigerante, generalmente de agua, y/o por una corriente de niebla de pulverización de agente refrigerante y aire y/o por una corriente de gas.

También se ha logrado obtener resultados ventajosos en cuanto a una calidad de tubo elevada y uniforme cuando la corriente de agente refrigerante presenta una sección transversal con forma rectangular y el eje más largo del rectángulo está orientado transversalmente hacia el eje del tubo. Es ventajoso que las corrientes de agente refrigerante se puedan conmutar y su caudal se pueda regular en el tramo de enfriamiento continuo.

Cuando la alimentación de agente refrigerante para el tramo de enfriamiento continuo se puede conmutar en función de la posición de los extremos del tubo en dicho tramo, se puede evitar ventajosamente la penetración de agente refrigerante en el hueco del tubo, lo que permite evitar un enfriamiento interior básicamente unilateral en la sección transversal e impedir el alabeo y una formación irregular de la microestructura.

Ventajosamente se emplean sistemas de regulación para el enfriamiento de tubos con sensores de posición y de temperatura para el control de las corrientes de refrigerante.

A continuación se describe más detalladamente la invención sobre la base de ejemplos que representan meramente una posibilidad de ejecución.

Ejemplo 1: De un material de partida para tubo (MPT) de la misma masa fundida madre con una composición química en porcentaje en peso conforme a la tabla 1

35	Denominación	Fe
	Promedio MPT	resto

se fabricaron finalmente tubos mediante reducción por estiraje con las siguientes dimensiones:

40	longitud de tubo (producto laminado) (L)	19.300,00 mm
	diámetro de tubo (\varnothing)	146,00 mm
	espesor de pared del tubo	9,70 mm

Tras la última pasada o bien después de una conformación final en el grupo de salida de la instalación de reducción por estiraje, se introdujo el tubo tras un periodo de 12 s a una temperatura de 880° C en un tramo de enfriamiento continuo.

Sobre la base del comportamiento de transformación detectado en el acero, en el marco de análisis de lotes sueltos en la producción de tubos, estos se sometieron a un enfriamiento específico, meramente en la superficie exterior del tubo, midiéndose en estas al crear la corriente de agente refrigerante una velocidad de enfriamiento de aprox. 6 °C/s en las siguientes temperaturas finales:

	Temperatura	Denominación de la muestra
	T1 = 850° C	P1
	T2 = 480° C	P2
55	T3 = 380° C	P3
	T4 = 300° C	P4

Una vez alcanzadas estas temperaturas de enfriamiento finales previstas se efectuó una desconexión de la alimentación de agente refrigerante y, de ese modo, un enfriamiento adicional del tubo con menor intensidad básicamente en aire estático a temperatura ambiente.

De los tubos sometidas a distintos tratamientos térmicos se tomaron respectivamente muestras, con las denominaciones de P1 a P4, y se realizaron análisis de material.

El análisis de la microestructura dio respectivamente como resultado en todo caso una microestructura ventajosamente orientada en el mismo sentido, básicamente sin textura, si bien con un tamaño de grano y una distribución de la microestructura dependiente de la temperatura final de enfriamiento.

La fig. 1 muestra la microestructura de la muestra P1, siendo el tamaño de grano de entre 20 y 30 μm con un alto contenido de ferrita. El otro componente de la microestructura fue básicamente perlita.

En la fig. 2 puede verse un tamaño de grano medio considerablemente más reducido de la muestra P2, de aprox. entre 5 y 8 μm , lo que está relacionado con una temperatura final de enfriamiento más baja, de $T_2 = 480^\circ\text{C}$. Además, el contenido de perlita en la ferrita era más fino y ligeramente más elevado.

En la fig. 3 puede verse que el material de la muestra P3 presenta un grano fino mediante un índice de germinación elevado con una transformación y recristalización de la microestructura a una temperatura final de enfriamiento de $T_3 = 380^\circ\text{C}$ y zonas de ferrita que aumentan la solidez y cuya distribución es homogénea en su mayor parte. La perlita y la microestructura de la fase intermedia superior o bainita superior fueron los otros componentes de la microestructura de bonificado.

La microestructura de la pared del tubo P4, que se formó mediante un enfriamiento rápido tras la conformación a una temperatura final de enfriamiento de $T_4 = 300^\circ\text{C}$, se muestra en la fig. 4. Con un grano extremadamente fino y mediante fases de ferrita globulíticas estrictamente limitadas con perlita laminar fina y componentes de fase intermedia en la zona de bainita inferior se obtienen elevados valores de solidez y un mejor alargamiento del material.

Con un enfriamiento de la pared del tubo a una velocidad superior a 1°C/s inmediatamente después de la conformación en caliente del material con base de hierro, una estructura austenítica formada de ese modo, como se ha comprobado, se puede subenfriar ampliamente con respecto al equilibrio, produciéndose a continuación una transformación de la microestructura en función del grado de subenfriamiento y del estado de germinación. Ventajosamente, mediante el procedimiento según la invención se puede establecer en toda la longitud de un tubo y, sorprendentemente, también en la sección transversal la microestructura deseada y uniforme, determinando dicha microestructura también las propiedades del material. Dicho de otro modo: si se requieren propiedades de material esenciales en un tubo, debe emplearse una aleación. Se puede lograr el perfil de propiedades previsto, ventajoso y propicio mediante el procedimiento conforme a la invención en el dispositivo según la invención.

La fig. 5 muestra en un gráfico de barras los valores de medición de límite elástico (R_p) (0,2) [Mpa], resistencia a la tracción (R_m) [Mpa], contracción (A_c) [%] y tenacidad (KV450) [J] de las muestras P1 a P4, es decir, en función de las propiedades mecánicas del material logradas mediante los distintos parámetros de enfriamiento con la tecnología de bonificación.

Con la misma composición de acero, tras una reducción por estiraje, se puede aumentar el límite elástico del material de la pared del tubo de 424 [MPa] a 819 [MPa] mediante un procedimiento según la invención y minimizar simultáneamente la caída de los valores de elasticidad de 26 [%] a 10 [%], reduciéndose la tenacidad del material de 170 [J] a 160 [J].

En temperaturas finales de enfriamiento elevadas, como es el caso por ejemplo en el material de la muestra P1, se produce un alto grado de recristalización y formación de grano grueso, lo que si bien proporciona al material una elevada tenacidad y contracción, produce sin embargo valores de solidez comparativamente bajos.

Un enfriamiento a temperaturas más bajas de transformación aumenta los valores de solidez de la pared del tubo y disminuye de por sí también levemente la contracción y tenacidad del material, lo que puede verse sobre la base de las muestras P2, P3 y P4.

Con el procedimiento según la invención pueden seleccionarse también microestructuras específicas en el material, lo que da como resultado el perfil de propiedades de la pared del tubo. Por ejemplo, se pudo conseguir mediante una temperatura baja de transformación en el tubo de muestra P4 un alto grado de transformación en una estructura bainítica inferior de la microestructura, con lo que se pudo lograr un aumento de la tenacidad del material.

La fig. 6 muestra los valores de dureza medidos a lo largo de la longitud del tubo en los tubos de los ensayos P1 y P4. Con un aumento de la dureza [HRB] y de los valores de solidez del material mediante la intensificación de la aplicación de agente refrigerante, se reduce también, como se ha comprobado, la dispersión S de la dureza del material a lo largo de la longitud de los tubos.

En la fig. 7 está representado el desarrollo de la dureza del material en los cuadrantes a lo largo del espesor de la pared del tubo en el tubo del ensayo P2.

Los resultados de medición de los cuatro cuadrantes Q1 a Q4 son promedios de respectivamente cuatro mediciones espaciadas por cuadrante en la zona exterior, media e interior de la pared del tubo.

Como puede verse en la comparación de los respectivos valores de dureza en las secciones transversales de la pared del tubo en los cuadrantes, las diferencias en la solidez del material son solo leves, lo que demuestra la calidad de producto alcanzable mediante el uso del procedimiento según la invención o un dispositivo de la misma.

ES 2 569 103 T3

Reivindicaciones

1.- Procedimiento para la fabricación de tubos de acero de una mayor solidez y una tenacidad mejorada del material mediante un enfriamiento rápido inmediatamente después de una conformación en caliente,
 5 en concreto tubos para campos petrolíferos de una longitud superior a 7 m, en particular de hasta 200 m, un diámetro exterior superior a 20 mm pero inferior a 200 mm y un espesor de pared superior a 2,0 mm pero inferior a 25 mm,
 tras una conformación mediante reducción por estiraje, aplicándose, dentro de un lapso de tiempo de máximo 20 s tras la conformación final a una temperatura superior a 700° C pero inferior a 1050° C, de forma pasante
 10 sobre la superficie exterior del tubo circunferencialmente en una longitud 400 veces mayor que el espesor de la pared del tubo un agente refrigerante con presión elevada en una cantidad que produce en el enfriamiento rápido una velocidad de enfriamiento constante superior a 1 °C/s en la pared del tubo a lo largo de la longitud del tubo a una gama de temperatura de entre 500 y 250 °C, estando formada la corriente de agente refrigerante respectivamente por una corriente de pulverización de agente refrigerante, por lo general agua, y/o por una
 15 corriente de niebla de pulverización de agente refrigerante y aire y/o por una corriente de gas, tras lo que tiene lugar un enfriamiento adicional del tubo en el aire a temperatura ambiente, en el que se aplica para la producción de tubos de acero con una concentración de los respectivos elementos de aleación, elementos accidentales o impurezas, en porcentaje en peso de:

20	carbono (C)	0,03	a	0,5	
	silicio (Si)		0,15	a	0,65
	manganeso (Mn)	0,5	a	2,0	
	fósforo (P)		máx.	0,03	
	azufre (S)			máx.	0,03
25	chromo (Cr)		máx.	1,5	
	níquel (Ni)			máx.	1,0
	cobre (Cu)			máx.	0,3
	aluminio (Al)	0,01	a	0,09	
	titanio (Ti)			máx.	0,05
30	molibdeno (Mo)		máx.	0,8	
	vanadio (V)	0,02	a	0,2	
	estaño (Sn)		máx.	0,08	
	nitrógeno (N)		máx.	0,04	
	niobio (Nb)		máx.	0,08	
35	calcio (Ca)			máx.	0,005
	hierro (Fe)	resto			

2.- Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el inicio del enfriamiento rápido de la superficie exterior del tubo se produce a una temperatura inferior a 950 °C.
 40

3.- Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que, tras el enfriamiento rápido, durante el enfriamiento adicional del tubo en el aire se realiza un retrocalentamiento específico de la pared del tubo.

45 4.- Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el acero, para la producción de tubos, presenta al menos un elemento con un contenido en porcentaje en peso de:

	carbono (C)	entre	0,05	y	0,35
50	fósforo (P)			máx.	0,015
	azufre (S)			máx.	0,005
	chromo (Cr)			máx.	1,0
	titanio (Ti)			máx.	0,02.

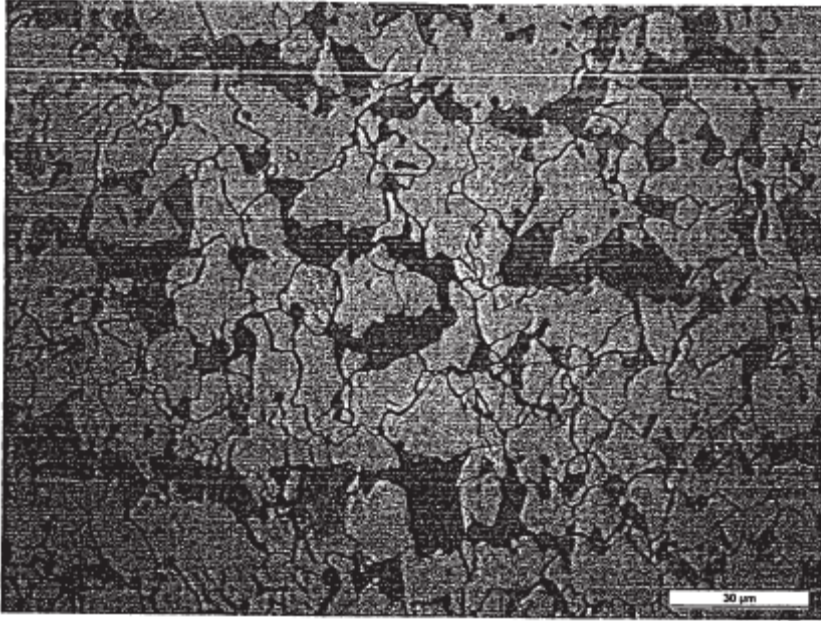


Fig. 1

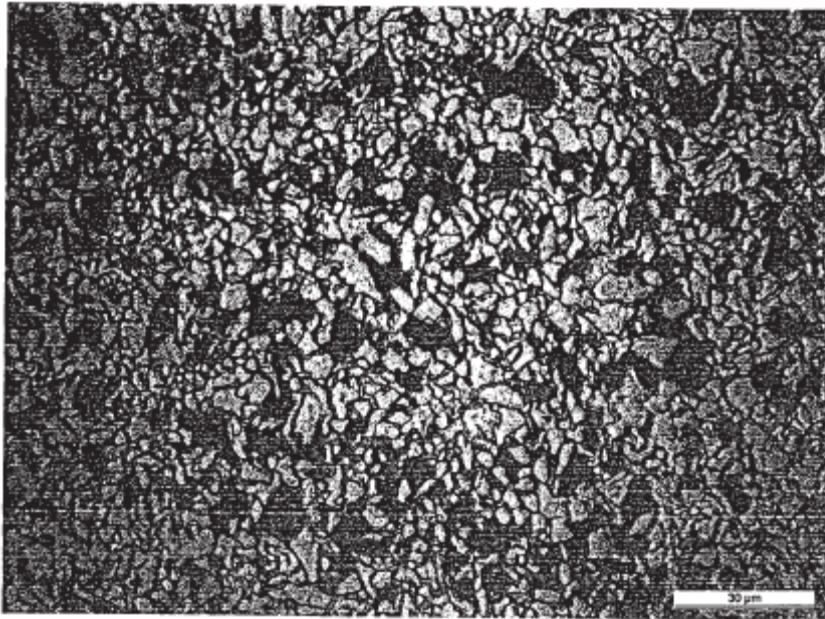


Fig. 2

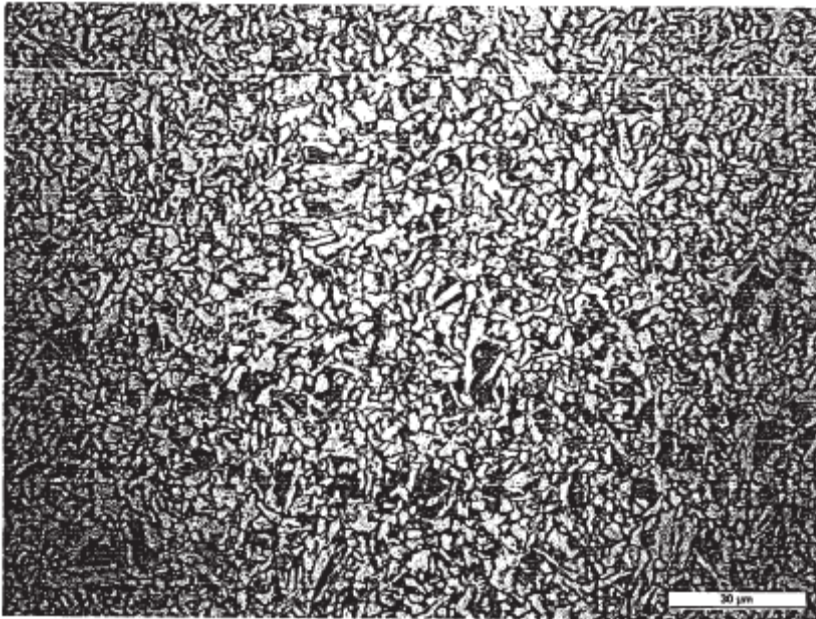


Fig. 3

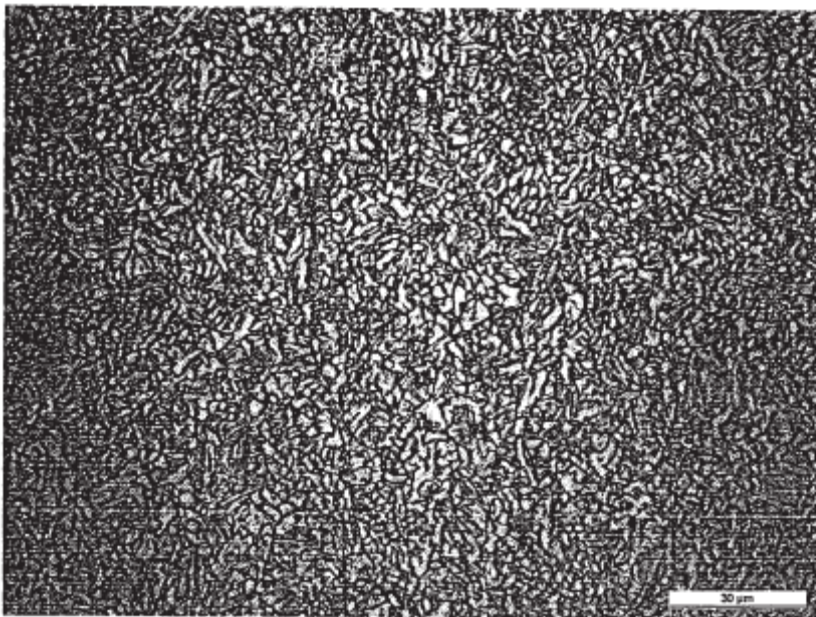


Fig. 4

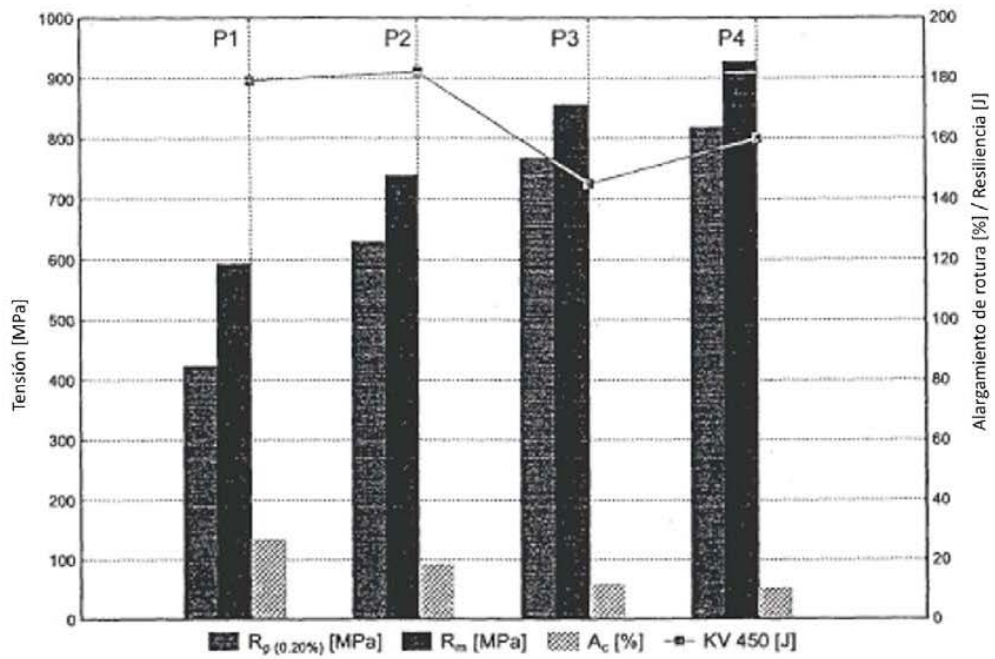


Fig. 5

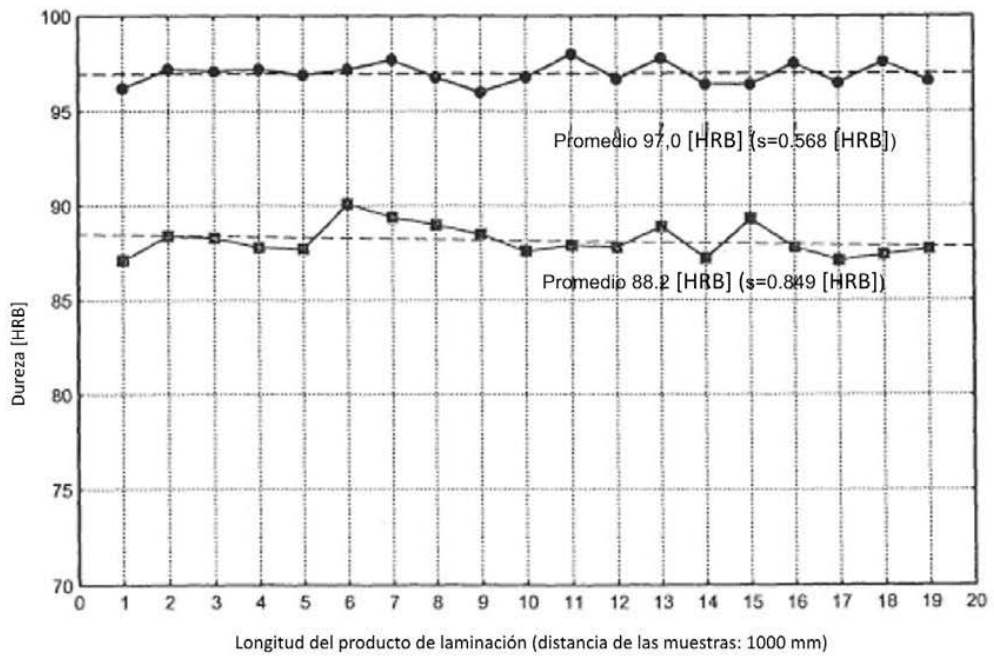


Fig. 6

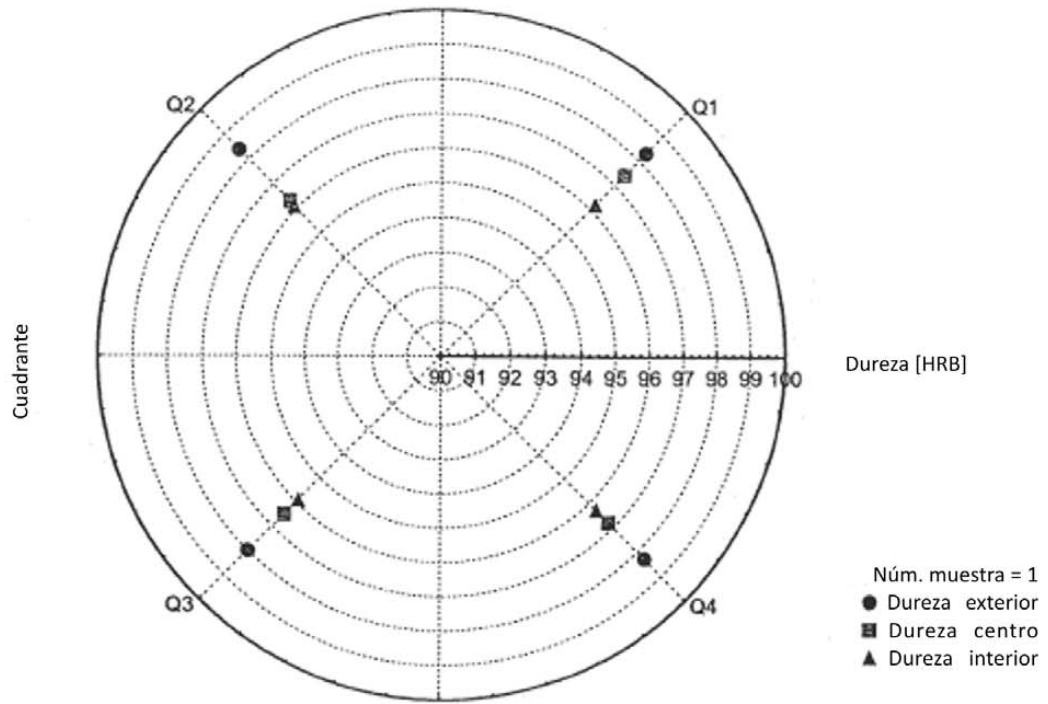


Fig. 7