



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 269 170**

51 Int. Cl.:
B21B 1/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **00953425 .6**

86 Fecha de presentación : **09.08.2000**

87 Número de publicación de la solicitud: **1127627**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **29.08.2001**

54 Título: **Método de laminado en caliente de acabado para acero en barras.**

30 Prioridad: **09.08.1999 JP 11-225708**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.04.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.04.2007

73 Titular/es: **NIPPON STEEL CORPORATION**
6-3, Ohtemachi-2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP

72 Inventor/es: **Nishino, Junji;**
Hasegawa, Koichi y
Terashima, Akira

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 269 170 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

Método de laminado en caliente de acabado para acero en barras.

5 Campo de la técnica

La presente invención se refiere a un método de laminado en caliente de acabado, para aceros estructurales y, más específicamente, a un método de laminado en caliente capaz de laminar con precisión barras, alambres y varillas de acero.

10

Antecedentes de la técnica

Un conocido método para dar un laminado en caliente de acabado a aceros estructurales con alta exactitud dimensional comprende la aplicación de una ligera tasa de reducción de área del 10%, o menos, en una pasada de laminado final para suprimir las extensiones debidas a las pasadas. Según "Precision Rolling Method of Structural Steels" (Método de laminado de precisión de aceros estructurales), descrito la Publicación de Patente Japonesa no examinada, número H4-371301, por ejemplo, cuando se da una laminado de acabado a aceros estructurales mediante un laminado en caliente, se aplica una considerable tasa de reducción de área del 10% o más en una pasada de laminado antes de la pasada de laminado final y se aplica una ligera tasa de reducción de área por debajo del 10% en la pasada de laminado final. Además, según "Continuous Hot Rolling Method of Long Structural Steels" (Método de laminado continuo, en caliente, de aceros estructurales largos), descrito en la Patente Japonesa número 2857279, se aplica una muy ligera tasa de reducción de área del 20%, o menos, de una tasa total de reducción de área de todas las pasadas de laminado post-acabado en la pasada final de la pasada del laminado de post-acabado. Ambos métodos de laminado para aceros estructurales, descritos en las dos publicaciones anteriores, apuntan a suprimir los granos anormales por acumulación de tensiones mediante las sucesivas pasadas de laminado. Cuando, sin embargo, las distancias entre las cajas de laminación son largas o la velocidad del laminado es lenta, es difícil acumular tensiones y, por lo tanto, es imposible suprimir la presencia de granos anormales. Además, aunque los métodos propuestos pueden suprimir la presencia de grandes granos, debido a la ligera reducción del área en la pasada de laminado de acabado, es difícil refinar granos cristalinos en la medida en que no requieren tratamiento de normalizado u otros tratamientos térmicos.

30

Algunas tecnologías emplean laminadoras de 3 rodillos para el laminado de acabado de los aceros estructurales. Por ejemplo, según "Sizing Rolling Method of Steel Bars, Wire and Rods" (Método de laminado para dar las dimensiones finales de barras, alambres y varillas de acero), descrito en la Publicación de Patente Japonesa examinada número H3-50601, el laminado para dar las dimensiones finales desde un diámetro del material al diámetro del 85% del diámetro del material se realiza usando dos laminadoras de 3 rodillos. También, según "Free Size Rolling Method of Steel Bars, Wire and Rods" (Método de laminado a tamaño discrecional de barras, alambres y varillas de acero), descrito en la Publicación de Patente Japonesa no examinada, número H7-265904, el laminado para dar las dimensiones finales desde un diámetro del material al diámetro del 95% del diámetro del material se realiza usando tres laminadoras de 3 rodillos. Ambos métodos de laminado de barras, alambres y varillas de acero descritos en las publicaciones anteriores no describen ningún método de laminado para, al mismo tiempo, conseguir una buena exactitud dimensional e impedir microestructuras anormales. Es imposible obtener un diámetro del producto previamente definido mediante el método de laminado para dar las dimensiones finales de la Publicación de Patente Japonesa examinada número H3-50601 porque, según el método, el diámetro del arco del calibre de un rodillo para la pasada final de acabado es mayor que el diámetro previamente definido del correspondiente producto. Usando el método de laminado a tamaño discrecional, descrito en la Publicación de Patente Japonesa no examinada, número H7-265904, es imposible obtener al mismo tiempo la exactitud dimensional y microestructuras uniformes.

35

40

45

50 Exposición de la invención

El objeto de la presente invención es proporcionar un método de laminado en caliente, para aceros estructurales, capaz, a la vez, de aumentar la exactitud dimensional y de homogeneizar la microestructura.

55

El método de laminado en caliente de acabado para aceros estructurales, según la presente invención, usa una laminadora de acabado de 3 rodillos y 2 cajas de laminación y se caracteriza porque una tasa de reducción del área de la pasada del rodillo de acabado final de la laminadora es del 10 al 20% y porque el valor de una tasa de reducción de área de la pasada de acabado final dividida por la correspondiente tasa de reducción de área de la pasada del rodillo que precede a la pasada de acabado final es de 0,7 a 1,3.

60

Usando la presente invención, es posible minimizar las extensiones debidas a las pasadas en una pasada de laminado ya que se usa un método de laminado con tres rodillos. Es posible, según la presente invención, obtener una microestructura uniforme sin depender de una tensión acumulada, estableciendo una tasa de reducción de área de la pasada de acabado final del 10 al 20%. Estableciendo el valor de una tasa de reducción de área de la pasada de acabado final dividida por la correspondiente tasa de reducción de área de la pasada precedente de 0,7 a 1,3, es posible aplicar una tasa de reducción de área del 10% o más en la pasada de acabado final sin deteriorar la exactitud de las dimensiones del producto.

65

En el método de laminado en caliente de acabado para aceros estructurales anteriormente descrito, es preferible que el radio del arco del calibre de un rodillo de la pasada precedente sea 1,0 a 1,3 veces el radio del arco del calibre del correspondiente rodillo de la pasada de acabado final. Esto hace viable un laminado de acabado de alta precisión de los productos de acero.

También es preferible formar un calibre de la pasada de acabado final tal que el radio del arco sea igual al radio que se pretende para el producto correspondiente, el ángulo central del arco es de 90 a 100°, y una porción de la pared lateral a cada lado del calibre se extiende en línea recta desde un extremo de la porción del arco hasta el tope del rodillo. Esto hace posible obtener una alta exactitud incluso al aplicar una alta tasa de reducción de área del 10%, o más, en la pasada de acabado final. Se aumenta también la exactitud de las dimensiones por el hecho de que las porciones de los productos laminados reducidas en la pasada precedente se reducen de nuevo en la pasada de acabado final.

Cuando se hace el laminado de acabado a una temperatura del acero de 700 a 800°C en el lado de entrada de la laminadora de acabado en el método de laminado en caliente de acabado para aceros estructurales anteriormente descrito, se consigue un N° 8, o mejor, en el número de tamaño de grano del cristal austenítico, de la Japanese Industrial Standard (Normativa Industrial Japonesa), y se pueden eliminar por ello el normalizado y otros tratamientos térmicos.

También es aceptable proporcionar una laminadora de 3 rodillos que comprenda 2 o más cajas de laminación en la parte frontal de la laminadora de acabado, que aplica una tasa de reducción de área total del 30% o más a través de todas las cajas de laminación, y que controla la temperatura del acero en el lado de entrada de la laminadora de acabado de 700 a 900°C. Esto hace más fino al grano cristalino del material de acero introducido en la laminadora de acabado con 2 cajas de laminación y 3 rodillos, y hace viable el laminado de acabado de precisión, para obtener aceros estructurales que tengan una microestructura uniforme transversal y granos cristalinos refinados, permitiendo la eliminación del normalizado y otros tratamientos térmicos.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 consiste en micrografías que muestran las estructuras metalográficas correspondientes a las puntuaciones de granos grandes de 1, 2 y 3, respectivamente.

La Figura 2 es una representación gráfica que muestra la relación entre la puntuación del grano grande y la tasa de reducción de área en la pasada de acabado final.

La Figura 3 consiste en dibujos que muestran esquemáticamente un calibre de la pasada del rodillo que precede a la pasada de acabado final de un calibre del rodillo de la pasada de acabado final.

Las Figuras 4 (a) y 4 (b) son vistas transversales, respectivamente, de un rodillo del calibre de la pasada precedente y del de la pasada de acabado final.

La Figura 5 es una representación gráfica que muestra la relación entre la exactitud de las dimensiones y una relación del radio del arco del calibre.

La Figura 6 es un dibujo detallado de un rodillo de calibre de la pasada de acabado final.

La Figura 7 es una representación gráfica que muestra la relación entre la cantidad de rebajado en los topes del rodillo y el diámetro de los materiales laminados.

La Figura 8 es una representación gráfica que muestra la relación entre el ángulo central de un arco del calibre del rodillo y el diámetro de los materiales laminados.

La Figura 9 es una representación gráfica que muestra la relación entre el número del tamaño de grano del cristal austenítico y la temperatura del acero en el lado de la entrada de una laminadora de acabado.

La Figura 10 es otra representación gráfica que muestra la relación entre el número del tamaño de grano del cristal austenítico y la temperatura del acero en el lado de la entrada de una laminadora de acabado.

Mejor realización para llevar a cabo la invención

Según la presente invención, a los aceros estructurales se les da un laminado en caliente de acabado mediante una laminadora de acabado de 2 cajas de laminación y 3 rodillos, en la que las pasadas de los rodillos consisten en una pasada de acabado final y la pasada precedente a ella. En el laminado en caliente de acabado, la tasa de reducción de área de la pasada de acabado final se establece en un 10 al 20% y la proporción relativa de reducción de área (la tasa de reducción de área de la pasada de acabado final dividida por la correspondiente tasa de reducción de área de la pasada preferente) en un 0,7 a 1,3.

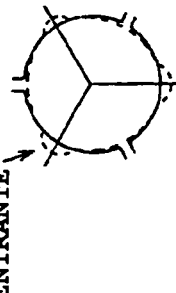
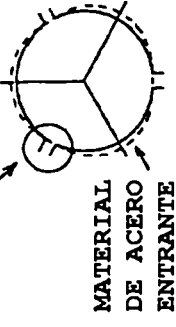
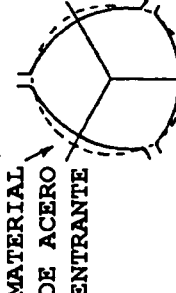
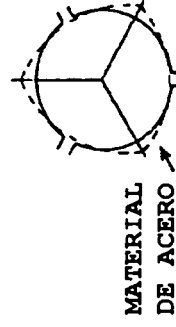
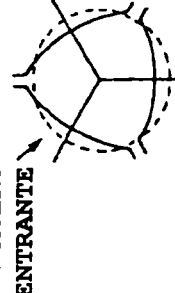
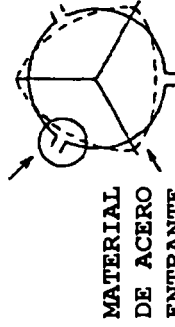
ES 2 269 170 T3

La Figura 2 muestra la relación entre la puntuación del grano grande y la tasa de reducción de área de la pasada de acabado final obtenida mediante ensayos en una instalación de producción comercial. En los ensayos, se laminaron materiales de un acero de calidad JIS S45C, en barras, bajo la condición de un diámetro de 45 mm y una temperatura de 900 a 950°C en el lado de la entrada de la laminadora de acabado. La figura 1 muestra estructuras metalográficas de las puntuaciones de granos grandes de 1, 2 y 3, respectivamente. La puntuación del grano grande de 1,0 significa que no se observan en absoluto granos grandes, y 1,5 es el valor del límite permisible. La Figura 2 muestra que la presencia de grandes granos está controlada dentro del límite permisible por el establecimiento de la tasa de reducción de área de la pasada de acabado final a un 10% o más. Obsérvese que, cuando la tasa de reducción de área de la pasada de acabado final excede del 20%, la tasa de reducción de área de la pasada precedente tiene que elevarse, pero esto origina la formación de ángulos agudos en la sección de las esquinas del materia laminado en la pasada precedente y el material no entra en la pasada de acabado final.

La Tabla 1 muestra la relación entre la relación de reducción relativa y el comportamiento del conformado obtenido mediante ensayos en una instalación de producción comercial. El material y la temperatura del acero en el lado de la entrada de la laminadora de acabado, empleada en estos ensayos en una instalación de producción comercial, fueron los mismos que los de la Figura 2 empleados en los ensayos en una instalación de producción comercial. En la Tabla, el ensayo N° 2, representa los casos según la presente invención con una relación de reducción relativa de área que oscila entre 0,7 y 1,3. El comportamiento del conformado de las operaciones de laminado de ensayo completo bajo estas condiciones estaba dentro de un intervalo permisible. En el ensayo N° 1, donde la relación de reducción relativa de área era de 1,4, se observó una arruga de laminación en la silueta transversal de los productos después de la pasada de acabado final y la exactitud de las dimensiones estaba fuera del límite permisible. Por otro lado, en el ensayo N° 3, donde la relación de reducción relativa de área era de 0,6, se dio una imperfección en la sección transversal e la pasada de acabado final.

(Tabla pasa a página siguiente)

TABLA 1

NO	TASA DE REDUC. ÁREA DE PASADA ACABADO FINAL	REPARTO DE LA TASA DE REDUCCIÓN DE ÁREA		FORMA DEL PRODUCTO	
		PASADA PRECEDENTE	PASADA DE ACABADO FINAL	COMPORTAMIENTO DEL CONFORMADO	EXACTITUD DE LAS DIMENSIONES
1	10% / 7,1% = 1,4	MATERIAL DE ACERO ENTRANTE 7,1% 	PRESENCIA DE 10% RECRECIMIENTO 	PRESENCIA DE RECRECIMIENTO DEL PRODUCTO DESDE EL CALIBRE	PRESENCIA DE RECRECIMIENTO
2	10% / 7,7% = 1,3 10% / 14% = 0,7	MATERIAL DE ACERO ENTRANTE 7,7% - 14% 	10% 	CONFORMADO VIABLE	CONTROLADA DENTRO DE 0,1 mm
3	10% / 16,7% = 0,6	MATERIAL DE ACERO ENTRANTE 16,7% 	PRESENCIA DE REBAJE 10% 	PRESENCIA DE REBAJE DEL MATERIAL DE ACERO EN LA PESADA DE ACABADO FINAL	DESVIACIÓN DEL DIÁMETRO CONTROLADA DENTRO DE 1,58

Los resultados anteriores indican que es necesario establecer la tasa de reducción de área de la pasada de acabado final en el 10 al 20% y la relación de reducción relativa de área en 0,7 a 1,3 con el fin de obtener una buena exactitud en las dimensiones junto con una microestructura uniforme.

La Figura 3 muestra esquemáticamente un calibre 10 de una pasada precedente y un calibre 15 de una pasada de acabado final. El arco del radio en el calibre 10 de la pasada precedente es mayor que en el del calibre 15 de la pasada de acabado final, y el calibre 15 de la pasada de acabado final está dispuesto a 180° en relación con el calibre 10 de la pasada precedente. Mediante esta disposición una porción 13 correspondiente a un espacio 12 entre los rodillos en el calibre 10 de la pasada precedente se reduce al final de la pasada de acabado mediante una porción central 17 de un rodillo. Considerando el hecho de que la forma de un calibre de la pasada precedente queda impresa en las porciones del producto no reducidas por el calibre de la pasada de acabado final, la forma del calibre de la pasada precedente es de importancia crítica.

La Figura 4 (a) muestra un rodillo 21 de calibre de la pasada precedente, y la Figura 4 (b) un rodillo 25 de calibre de la pasada de acabado final. R_1 , en la figura, es un radio fijado como objetivo de un producto laminado 1. Mediante la presente invención, es posible aumentar más la exactitud de las dimensiones del producto especificando las dimensiones del calibre y las formas de las pasadas de acabado final y la precedente. Es decir, es preferible dar forma a los calibres de manera que el radio del arco R_3 de un calibre de la pasada precedente sea 1,0 a 1,3 veces el radio R_2 del arco del correspondiente calibre de la pasada de acabado final.

La Figura 5 muestra la relación entre la exactitud dimensional y una relación del radio del arco del calibre (el radio R_3 del arco de un calibre de la pasada precedente dividido por el radio R_2 del arco del correspondiente calibre de la pasada de acabado final) obtenida mediante ensayos en una instalación de producción comercial. Cuando el radio R_2 del arco de un calibre de la pasada de acabado final es mayor que el radio R_3 del arco de un calibre de la pasada precedente, el área transversal de los materiales de acero no se puede reducir mientras que se asegure una forma apropiada. Por esta razón la relación de los radios de los arcos de los calibres debe ser siempre 1 o mayor. Según la Figura 5, la desviación dimensional puede ser controlada dentro de un límite permisible de 0,1 mm o menos cuando la relación de radios de los arcos de los calibres se establece en 1,3 o menos.

Es preferible, para aumentar la exactitud dimensional, hacer el radio R_2 del arco de un calibre de la pasada de acabado final igual al radio R_1 fijado como objetivo de un producto laminado, incluso cuando la tasa de reducción de área de la pasada de acabado final sea tan elevada como del 10% o más. Es preferible, teóricamente, formar un calibre de un rodillo completo en un arco y hacer su radio igual al radio R_1 , fijado como objetivo, de un producto. Sin embargo, una operación real de laminado implica la formación de extensiones debidas a las pasadas en las pasadas de laminado que dependen de los cambios en la temperatura del material y de la calidad del acero. Con el fin de absorber la fluctuación de las extensiones de las pasadas, la presente invención proporciona, a cada lado de una porción 26 de arco, una porción 27 de barrera que se extiende desde un extremo de la porción 26 del arco a un tope 28 del rodillo a lo largo de la tangente en el extremo de la porción del arco, como se muestra en la Figura 6, y el radio A del tope (distancia entre el centro C del arco y el tope) se hace ligeramente más grande que el radio R_2 del arco en una extensión lo más pequeña posible. Obsérvese que las porciones de las barreras laterales lineales cubren las porciones del material reducidas en la pasada precedente (indicada mediante la referencia numérica 19 en la Figura 3) para formar productos en forma de barra, alambre o varilla que tengan una buena exactitud dimensional.

Se puede definir un valor apropiado del radio A del tope para eliminar el recrecimiento y minimizar la desviación del tamaño obteniendo el valor de un relieve δ en el tope a través de los ensayos. El valor del relieve δ del tope se define como el radio A del tope menos el radio R_2 del arco. El valor apropiado de un relieve δ del tope, que depende del radio R_1 fijado como objetivo de un producto laminado (que es igual al radio R_2 del arco de un calibre de la pasada de acabado final), se muestra en la Figura 7 según se obtuvo mediante los ensayos. El ángulo central θ requerido de la porción de arco se puede calcular geométricamente a partir del radio A del tope obtenido a partir del relieve δ del tope y del radio R_2 del arco. La Figura 8 muestra que el ángulo central θ del arco apropiado calculado como se hizo anteriormente, oscila entre 90° y 100° . Cuando la temperatura del acero en el lado de la entrada de la laminadora de acabado está controlada dentro de un intervalo de 700 a 800°C en el anterior método de laminación de acabado, se puede obtener una microestructura que tenga un tamaño de grano de cristal austenítico del N° 8 o mejor, de la Japanese Industrial Standard, y grano uniformemente refinados, permitiendo la eliminación del normalizado y de otros tratamientos térmicos.

La Figura 9 muestra la relación entre el número del tamaño de grano del cristal austenítico y la temperatura del acero en el lado de la entrada de una laminadora de acabado obtenida mediante ensayos en una instalación de producción comercial. En los ensayos, los materiales de un acero de calidad S45C, de la Japanese Industrial Standard, que tenían un diámetro de 45 mm en el lado de la entrada de la laminadora de acabado se laminaron mediante la pasada de acabado final y la precedente con una tasa de reducción de área del 10% cada una. Según la Figura 9, es posible conseguir un número 8, o mejor, en el tamaño del cristal austenítico de la Japanese Industrial Standard, controlando la temperatura del acero en el lado de la entrada de la laminadora de acabado dentro de un intervalo de 700 a 800°C . Obsérvese que cuando la temperatura del acero en el lado de la entrada de la laminadora de acabado cae por debajo de 700°C , habrá problemas tales como defectos en el material y un pobre comportamiento del laminado (carga de laminación aumentada, dificultad de entrar en una pasada de laminado, etc.).

En el anterior método de laminación de acabado, se puede obtener una microestructura que tenga una distribución del tamaño de grano de los cristales austeníticos similar a la anterior, proporcionando también una laminadora de 3 rodillos que consta de 2 o más cajas de laminación en la parte frontal de la laminadora de acabado, aplicando la tasa total de reducción de área del 30% o más a través de todas las cajas de laminación, y controlando la temperatura del

acero en el lado de la entrada de la laminadora de acabado dentro de un intervalo de 700 a 900°C. El límite superior de la tasa de reducción de área total es diferente dependiendo de factores tales como el equipo y las condiciones del laminado: por ejemplo, en el caso de una laminadora de 5 bloques, el laminado es viable con una tasa de reducción de área total del 65%.

La Figura 10 muestra la relación entre el número del tamaño del grano del cristal austenítico y la temperatura del acero en el lado de la entrada de la laminadora de acabado obtenida mediante ensayos en una instalación de producción comercial. Los ensayos se llevaron a cabo en un tren de laminación provisto de laminadora de 3 rodillos y 2 cajas de laminación en el lado de la entrada de su laminadora de acabado. Se laminaron en estos ensayos materiales de acero de calidad S45C, de la Japanese Industrial Standard, que tenían un diámetro de 45 mm en el lado de la entrada de la laminadora de acabado con una tasa de reducción de área del 7% en cada una de las dos pasadas antes de la laminadora de acabado y una tasa de reducción de área del 10% en cada una en las pasadas, de acabado final y en la precedente, siendo la tasa de reducción de área total a través de la totalidad de las cuatro pasadas del 30%. Según la Figura 10, es posible conseguir un número 8, o mejor, de tamaño de grano del cristal austenítico, de la Japanese Industrial Standard, controlando la temperatura del acero en el lado de la entrada de la laminadora de acabado a 900°C o menos, con el anterior programa de pasadas.

Ejemplo

En la fabricación de barras de acero al carbono para usar en estructuras de máquinas (S45C de la Japanese Industrial Standard) que tenían un diámetro de 45 mm mediante laminado en caliente, se usó una laminadora de acabado 3 rodillos y 2 cajas de laminación que tenía una disposición de calibres de los rodillos mostrada en la figura 3, la temperatura del acero en el lado de la entrada de la pasada precedente se controló a 900°C, y se aplicó una tasa de reducción de área del 10% en cada una de las pasadas, de acabado final y la precedente. En las formas de los calibres de los rodillos aquí usado, el radio del arco del calibre de la pasada precedente era de 24,4 mm, el radio del arco del calibre de la pasada de acabado final era de 20,24 mm, el relieve del tope 0,23 mm, y el ángulo central del arco del calibre era de 94°. Se examinó la estructura metalográfica después del laminado de acabado final de las barras laminadas bajo las condiciones anteriores, y se consiguió una puntuación 1 del grano grande (véase la figura 1), lo que significa que no se formaron granos gruesos.

Como resultado de la laminación de las barras, usando la misma laminadora de acabado y controlando la temperatura de entrada a 800°C, se obtuvo una microestructura que tenía un número 8, o mejor, de tamaño de grano del cristal austenítico, de la Japanese Industrial Standard, y granos uniformemente refinados. La desviación del tamaño era tan pequeña como $\pm 0,1$ mm o menos, mostrando una excelente exactitud dimensional.

El laminado se llevó a cabo además después de añadir una laminadora de 3 rodillos y 2 cajas de laminación en la parte frontal de la anterior laminadora de acabado, controlando la temperatura del acero, en el lado de la entrada de la laminadora de 3 rodillos y 2 cajas de laminación añadida, a 900°C y aplicando una tasa de reducción de área del 7% en cada una de las 2 pasadas anteriores a la laminadora de acabado y una tasa de reducción de área del 10% en cada una de las pasadas, de acabado final y precedente, de la laminadora de acabado, siendo la tasa total de reducción de área a través de las 4 pasadas del 30%. Se usaron las mismas formas de los calibres de los rodillos que las especificadas anteriormente aquí para las pasadas, de acabado final y la precedente, de la laminadora de acabado. Como resultado, se obtuvo una microestructura que tenía tamaño de grano de cristal austenítico del número 8, o mejor, de la Japanese Industrial Standard, y granos uniformemente refinados. La desviación del tamaño era tan pequeña como de $\pm 0,1$ mm o menos, mostrando una excelente exactitud dimensional.

Aplicabilidad industrial

Mediante la presente invención, es posible dar un acabado a aceros estructurales mediante laminado en caliente con una alta exactitud dimensional sin originar una microestructura anormal sin tener en cuenta las distancias entre cajas de laminación o la velocidad del laminado. Como consecuencia, procesadores secundarios pueden pasar por alto un proceso de dibujo ya que los productos están exentos de curvaturas y otros problemas originados por una microestructura anormal. Además, los procesadores secundarios pueden reducir costes ya que la presente invención hace viable la fabricación de productos en línea, no requiriendo normalizado ni otros tratamientos térmicos controlando apropiadamente la temperatura del acero en el lado de la entrada de la laminadora de acabado.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de laminado en caliente de acabado para aceros estructurales que usa una laminadora de acabado de 3 rodillos y 2 cajas de laminación, **caracterizado** por establecer una tasa de reducción de área de la pasada de acabado final del 10 al 20%, y el valor de una tasa de reducción de área de la pasada de acabado final dividida por la correspondiente tasa de reducción de área de la pasada precedente a la pasada de acabado final de 0,7 a 1,3.
- 10 2. Un método de laminado en caliente de acabado para aceros estructurales según la reivindicación 1, **caracterizado** por formar el radio del arco de un calibre del rodillo de la pasada que precede a la pasada de acabado que va a ser 1,0 a 1,3 veces el radio del arco del correspondiente calibre de la pasada de acabado final.
- 15 3. Un método de laminado en caliente de acabado para aceros estructurales según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** por formar un calibre de la pasada de acabado final tal que el radio del arco del calibre sea igual al radio que se pretende para el correspondiente producto, el ángulo central del arco del calibre es 90 a 100°, y una porción de la pared lateral a cada lado del calibre se extiende en línea recta desde un extremo de la porción del arco hasta el tope del rodillo.
- 20 4. Un método de laminado en caliente de acabado para aceros estructurales según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por controlar la temperatura del acero en el lado de la entrada de la laminadora de acabado de 700 a 800°C.
- 25 5. Un método de laminado en caliente de acabado para aceros estructurales según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** por emplear una laminadora de 3 rodillos que consta de 2 o más cajas de laminación en la parte frontal de la laminadora de acabado, que asegura una tasa total de reducción de área del 30%, o más, a través de todas las cajas de laminación, y que controla la temperatura del acero en el lado de la entrada de la laminadora de acabado de 700 a 900°C.

30

35

40

45

50

55

60

65

Fig.1

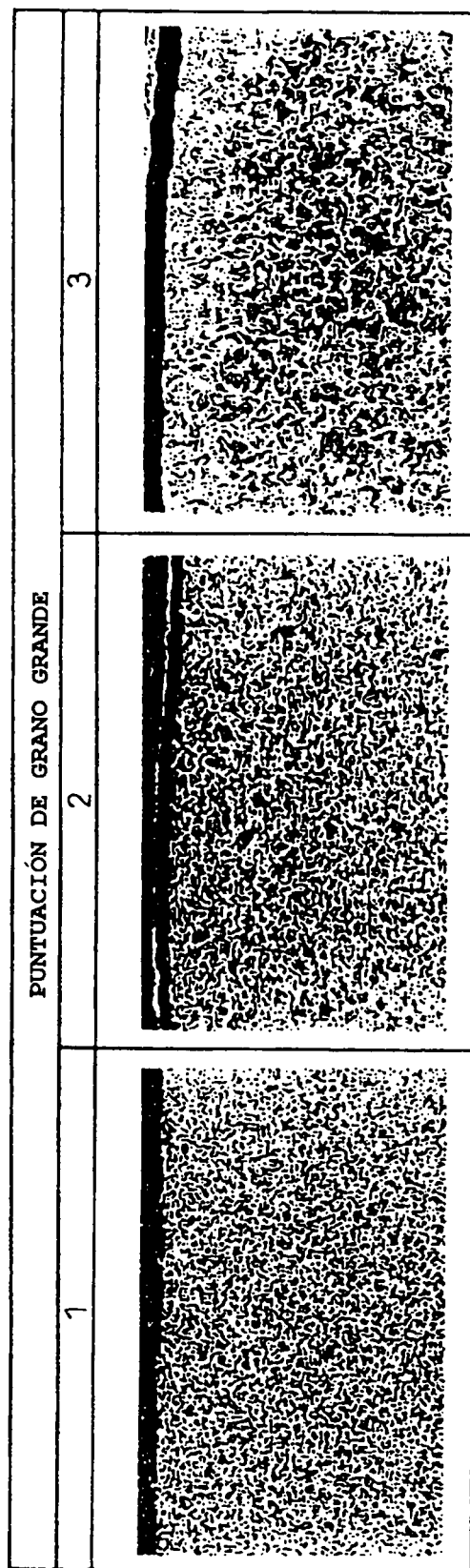


Fig.2

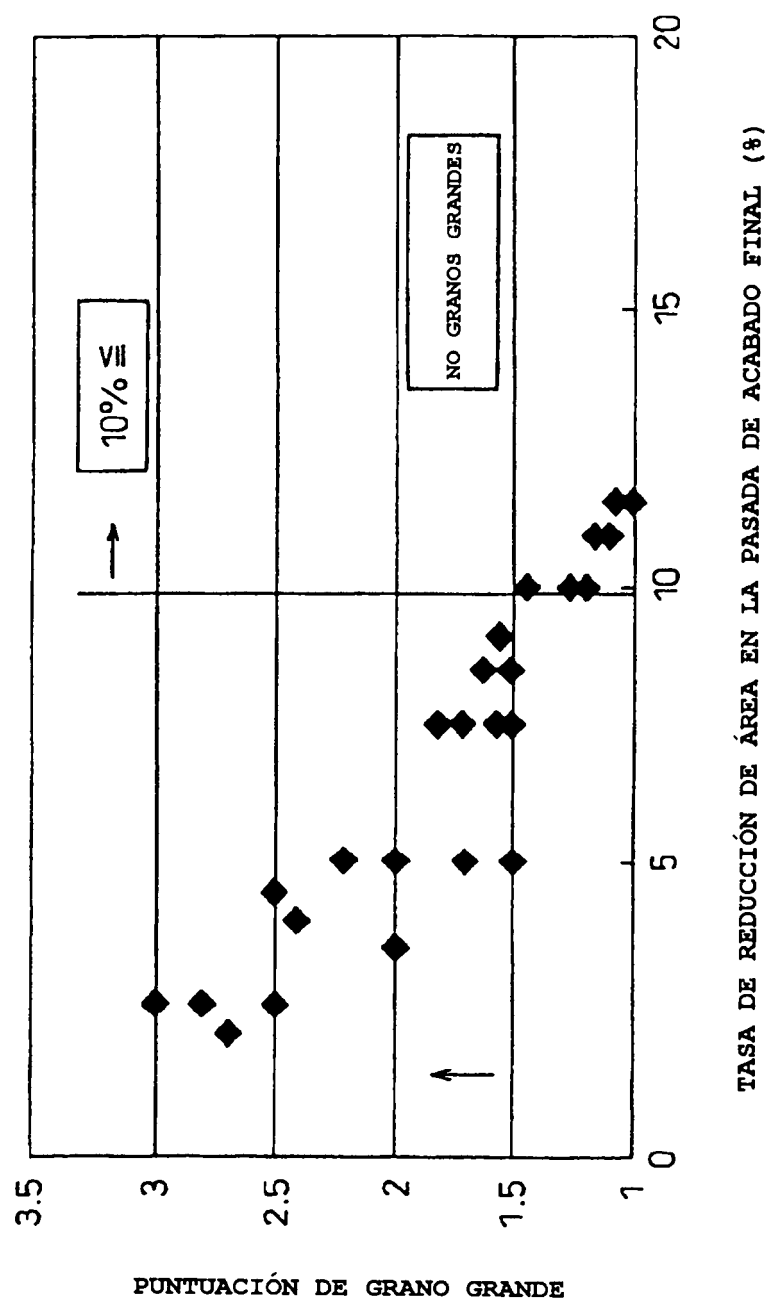


Fig.3

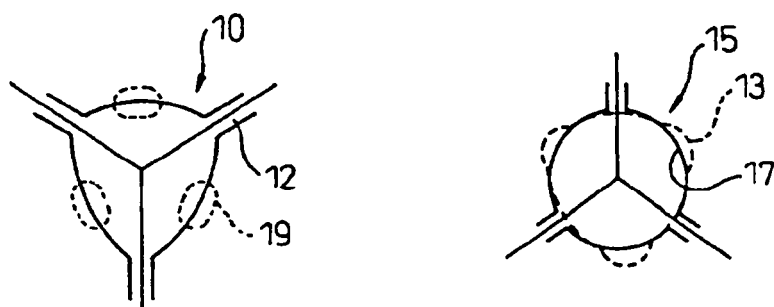


Fig.4(a)

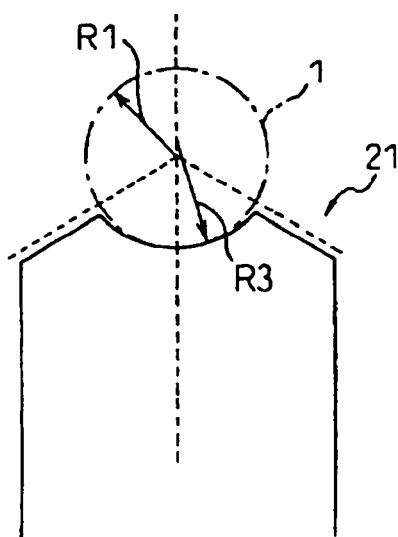


Fig.4(b)

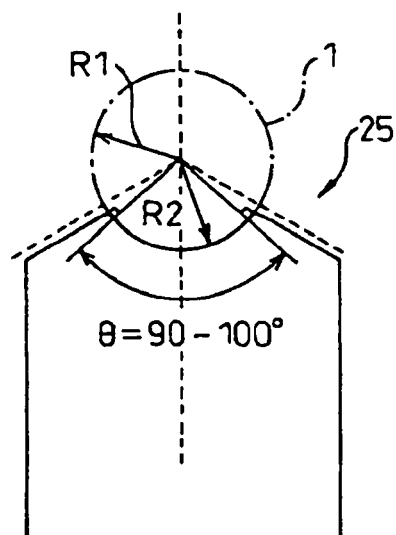


Fig.5

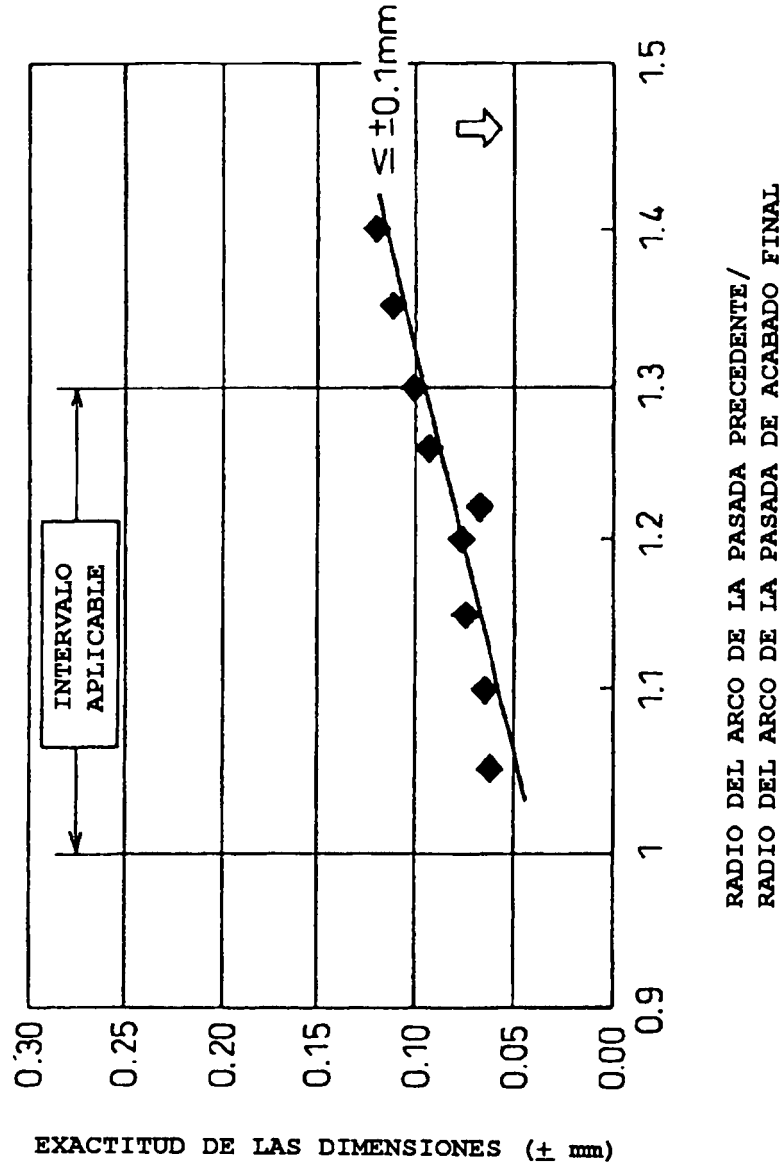


Fig.6

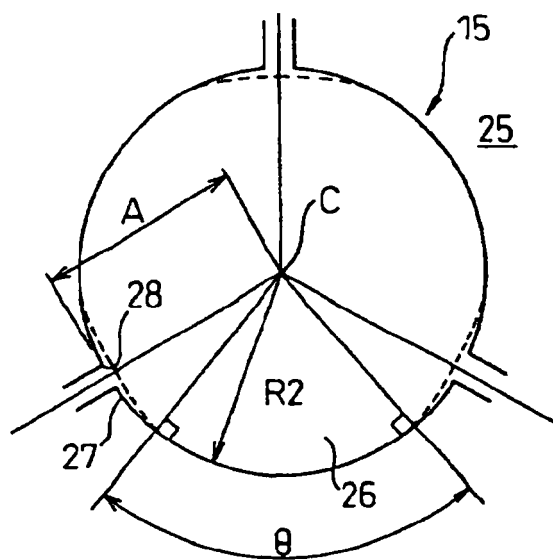


Fig.7

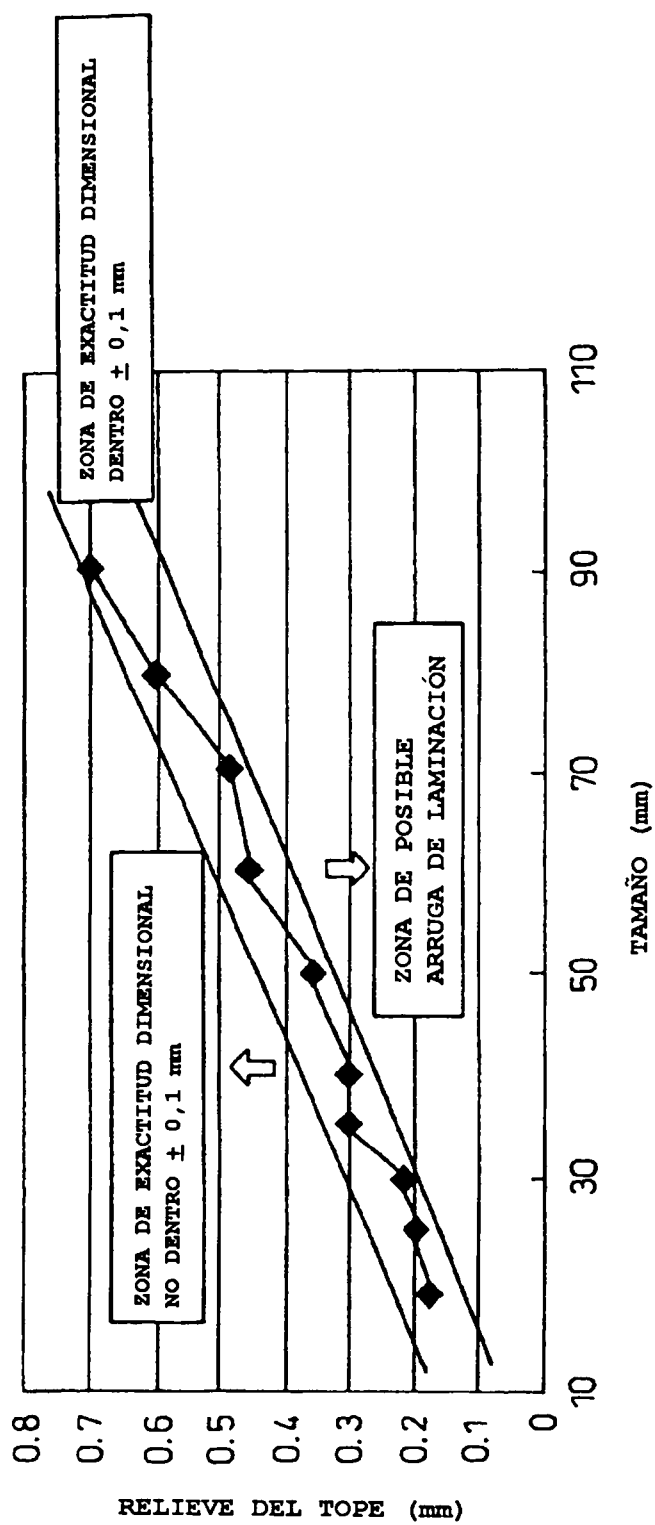


Fig.8

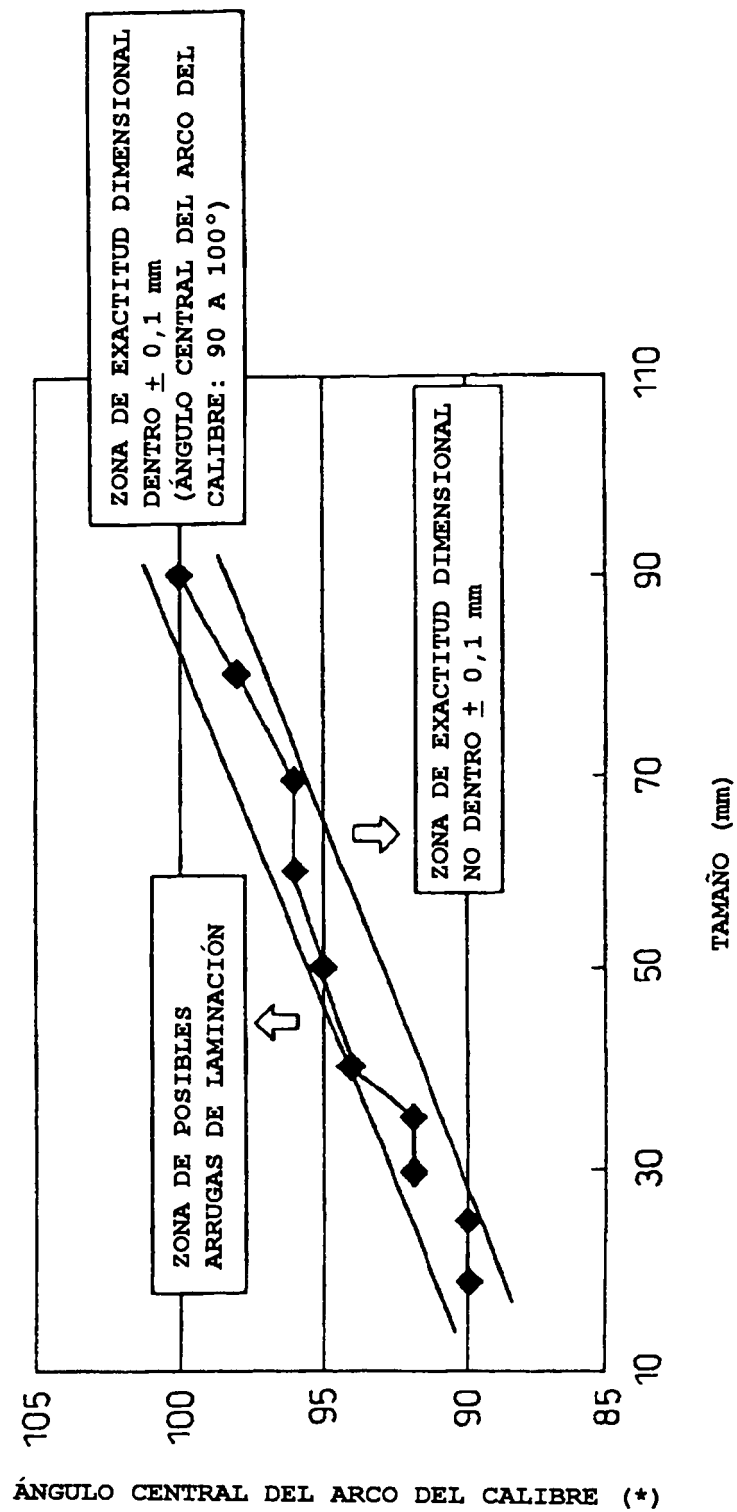


Fig.9

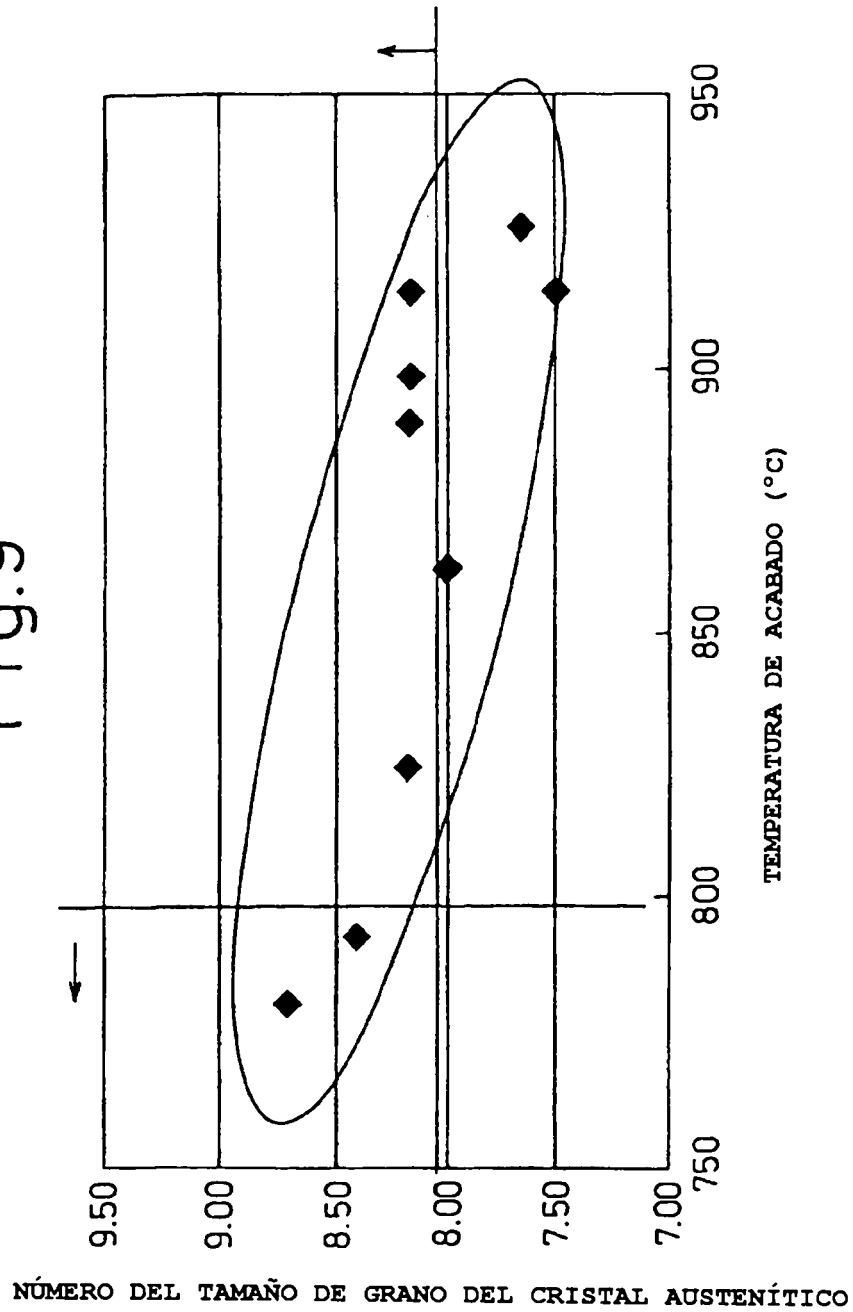


Fig.10

