



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 290 544**

51 Int. Cl.:
C22C 21/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **03789376 .5**

86 Fecha de presentación : **20.12.2003**

87 Número de publicación de la solicitud: **1587965**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **26.10.2005**

54 Título: **Aleación de aluminio con una alta resistencia mecánica y una pequeña sensibilidad al enfriamiento brusco.**

30 Prioridad: **16.01.2003 EP 03405013**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.02.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.02.2008

73 Titular/es: **Alcan Technology & Management Ltd.**
Badische Bahnhofstrasse 16
8212 Neuhausen am Rheinfall, CH

72 Inventor/es: **Höllrigl, Günther y**
Jaquerod, Christophe

74 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

ES 2 290 544 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).

ES 2 290 544 T3

DESCRIPCIÓN

Aleación de aluminio con una alta resistencia mecánica y una pequeña sensibilidad al enfriamiento brusco.

5 El invento se refiere a una aleación de aluminio con una alta resistencia mecánica y una pequeña sensibilidad al enfriamiento brusco. Dentro del marco del invento se encuentra también un procedimiento para la producción de planchas gruesas a partir de la aleación de aluminio.

10 En particular en la industria automovilística existe crecientemente una necesidad de grandes piezas componentes hechas de materiales sintéticos, tales como p.ej. varillas empujadoras integrales. Para la producción de los moldes para moldeo por inyección, correspondientemente grandes, se necesitan unas planchas, cuyo grosor sobrepasa con mucha frecuencia los 150 mm y en determinados casos es incluso mayor que 500 mm.

15 El documento de solicitud de patente francesa FR-A-2.341.661 divulga una aleación de aluminio, cuya composición contiene Zn 4,0-6,2% en peso, Mg 0,8-3,0% en peso, Cu 0-1,5% en peso, Zr 0,05-0,30% en peso, Fe 0-0,2% en peso, Si 0-0,15% en peso, Mn 0-0,25% en peso, Ti 0-0,1% en peso, el resto Al.

20 Para la construcción de moldes para moldeo por inyección con un grosor de por ejemplo 50 a 300 mm se emplean hoy en día usualmente planchas laminadas en caliente y endurecidas en caliente. Los moldes de mayor tamaño con un grosor de más que 300 mm se fabricaban o bien a base de bloques forjados o también ya directamente a partir de lingotes de colada continua.

25 Una desventaja esencial de las aleaciones de aluminio empleadas hoy en día para la construcción de moldes, es su alta sensibilidad al enfriamiento rápido. Para que los lingotes o las planchas alcancen, al realizar el endurecimiento térmico, el nivel de resistencia mecánica que se exige a los moldes para moldeo por inyección de materiales sintéticos, la velocidad de enfriamiento desde la temperatura de homogeneización o de recocido por disolución se debe aumentar al crecer el grosor de las planchas. Mediante los altos gradientes de temperaturas, que aparecen en este caso, entre la superficie y el núcleo de los lingotes o de las planchas, aumentan las perjudiciales tensiones propias, por lo que ya por esta razón se han establecido límites a un aumento adicional de la velocidad de enfriamiento y por consiguiente al nivel de resistencia mecánica, que se puede conseguir a fin de cuentas.

30 El invento se basa en la misión de poner a disposición una aleación de aluminio con una pequeña sensibilidad al enfriamiento rápido, que sea apropiada para la producción de planchas gruesas con un alto nivel de resistencia mecánica.

35 Una meta adicional del invento se encuentra en indicar un procedimiento apropiado con el que la aleación de aluminio se pueda transformar en planchas gruesas con una resistencia mecánica suficientemente alta por todo el grosor de las planchas.

40 A la resolución conforme al invento del problema planteado por esta misión conduce una aleación de aluminio con

4,6 a 5,2% en peso de Zn

2,6 a 3,0% en peso de Mg

45 0,1 a 0,2% en peso de Cu

0,05 bis 0,2% en peso de Zr

50 como máximo 0,05% en peso de Mn

como máximo 0,05% en peso de Cr

como máximo 0,15% en peso de Fe

55 como máximo 0,15% en peso de Si

como máximo 0,10% en peso de Ti

60 y aluminio como resto, con impurezas debidas a la fabricación, individualmente como máximo 0,05% en peso, en total como máximo 0,15% en peso.

65 La composición de la aleación se escoge conforme al invento de manera tal que ella tenga una muy pequeña sensibilidad al enfriamiento rápido y a pesar de todo posea un nivel extraordinariamente alto de resistencia mecánica. Por lo tanto, unas secciones transversales gruesas se pueden llevar a un alto nivel de resistencia mecánica con un enfriamiento forzado con aire y mediante un endurecimiento por precipitación y segregación.

ES 2 290 544 T3

Para los elementos individuales de la aleación son válidos los siguientes intervalos preferentes:

4,6 a 4,8% en peso de Zn

5 2,6 a 2,8% en peso de Mg

0,10 a 0,15% en peso de Cu

10 0,08 bis 0,18% en peso de Zr

como máximo 0,03% en peso de Mn

como máximo 0,02% en peso de Cr

15 como máximo 0,12% en peso de Fe

como máximo 0,12% en peso de Si

20 como máximo 0,05% en peso de Ti.

Para la utilización de la aleación conforme al invento como material técnico para la construcción de moldes se ha de pretender una distribución lo más isótropa que sea posible de las tensiones propias en la sección transversal de la plancha. Para la descomposición de las tensiones propias tienen importancia, entre otros factores, el tamaño de granos y la forma de los granos en la plancha. Cuanto más finos y uniformes se presenten los cristales, tanto mejor se pueden compensar las tensiones propias en la sección transversal de la plancha. Los límites entre los granos actúan en este caso como sumideros para dislocaciones al efectuar la descomposición de puntas locales de tensiones. Tal como se explica más adelante, mediante la adición de zirconio se puede conseguir una textura fina de los granos en la plancha, escogiendo la velocidad de calentamiento de los lingotes hasta la temperatura de homogeneización y respectivamente de recocido por disolución de tal manera que resulte una distribución lo más homogénea que sea posible de segregaciones de Al_3Zr de tamaño inferior al micrómetro en la textura.

Para la producción de planchas a partir de la aleación conforme al invento, son apropiados en particular los dos siguientes procedimientos que, según sea el grosor deseado del molde, conducen a una plancha laminada en caliente y endurecida en caliente o a un lingote de colada continua endurecido en caliente, utilizado como plancha.

Para la producción de planchas con un grosor de hasta 300 mm, el procedimiento está caracterizado por las siguientes etapas:

- 40 A. moldear por colada continua la aleación de aluminio a la forma de lingotes con un grosor de más que 300 mm,
- B. calentar los lingotes hasta una temperatura de 470 a 490°C con una velocidad de calentamiento de como máximo 20°C/h entre 170 y 410°C,
- 45 C. homogeneizar los lingotes durante un período de tiempo de 10 a 14 h a una temperatura de 470 a 490°C,
- D. laminar en caliente los lingotes homogeneizados a la forma de planchas,
- 50 E. enfriar las planchas desde una temperatura de 400 a 410°C hasta una temperatura de menos que 100°C,
- F. enfriar las planchas hasta la temperatura ambiente,
- G. endurecer en caliente las planchas.

Para la producción de planchas con un grosor de más que 300 mm, y en particular de planchas con un grosor de más que 500 mm, se puede utilizar directamente como plancha un lingote de colada continua producido a partir de la aleación conforme al invento. El procedimiento está caracterizado en este caso por las siguientes etapas:

- 60 A. moldear por colada continua la aleación a la forma de lingotes con un grosor de más que 300 mm,
- B. calentar los lingotes hasta una temperatura de 470 a 490°C con una velocidad de calentamiento de como máximo 20°C/h entre 170 y 410°C,
- 65 C. homogeneizar los lingotes durante un período de tiempo de 10 a 14 h a una temperatura de 470 a 490°C,
- D. enfriar los lingotes hasta una temperatura intermedia de 400 a 410°C,

ES 2 290 544 T3

E. enfriar los lingotes desde la temperatura intermedia de 400 a 410°C hasta una temperatura de menos que 100°C,

F. enfriar los lingotes hasta la temperatura ambiente,

G. endurecer en caliente los lingotes

H. utilizar como planchas los lingotes endurecidos en caliente.

De manera preferida, el enfriamiento de los lingotes desde la temperatura de homogeneización de 470 a 490°C hasta la temperatura intermedia de 400 a 410°C se efectúa en presencia de aire en reposo.

El enfriamiento de los lingotes desde la temperatura intermedia de 400 a 410°C debería, por un lado, efectuarse con tanta rapidez que la pérdida de resistencia mecánica sea lo más pequeña posible. Por otro lado, la velocidad de enfriamiento tampoco debe de ser demasiado alta, puesto que en caso contrario se constituyen unas tensiones propias demasiado altas.

El enfriamiento de los lingotes desde la temperatura intermedia de 400 a 410°C hasta una temperatura de menos que 100°C se efectúa de manera preferida en presencia de aire en movimiento (forced air cooling = enfriamiento forzado con aire) o en una niebla atomizada de agua y aire.

Al efectuar la elección de las condiciones de enfriamiento se debe de tomar en consideración también el grosor de los lingotes. Sin embargo, se encuentra dentro del marco del proceder profesional determinar, para un formato previamente establecido de los lingotes, las condiciones óptimas de enfriamiento, con ayuda de sencillos experimentos.

La baja velocidad de calentamiento en el intervalo de temperaturas entre 170 y 410°C al calentar los lingotes hasta la temperatura de homogeneización es una característica esencial del procedimiento conforme al invento. En el mencionado intervalo de temperaturas, que también se designa como intervalo de heterogeneización, la fase en equilibrio de AlZnMg (fase T) es estable. El lento paso a través del intervalo de heterogeneización conduce a una precipitación y segregación finamente dispersa de la fase T, formando las superficies de interfase de las partículas precipitadas y segregadas de la fase T unos sitios de nucleación preferentes para la precipitación y segregación de partículas de Al₃Zr, que se inicia a una temperatura de aproximadamente 350°C. A continuar el calentamiento de los lingotes hasta la temperatura de homogeneización, las partículas de la fase T, que previamente se han precipitado y segregado, se disuelven y queda una distribución uniforme de las finas precipitaciones y segregaciones de Al₃Zr de tamaño inferior al micrómetro, que preferentemente se encuentran junto a los límites originales de partículas de la fase T así como junto a los límites por debajo de los granos, y por consiguiente proporcionan una distribución homogénea. Estas finas partículas de Al₃Zr producen una fuerte inhibición del crecimiento tanto al efectuarse la recristalización de las planchas al realizar el recocido por disolución como también al realizar el recocido por homogeneización de lingotes moldeados por colada, y resulta la deseada textura isótropa de los granos en el lingote. El elemento adicional Zr afinador de los granos es aprovechado por consiguiente de una manera óptima.

Otra característica esencial adicional del procedimiento conforme al invento es el recocido combinado por homogeneización y por disolución con un subsiguiente enfriamiento en dos etapas, al contrario de lo cual, en los casos de los procedimientos usuales de acuerdo con el estado de la técnica, para la consecución de una resistencia mecánica todavía aceptable también en el centro del lingote, se necesita un recocido por disolución realizado separadamente con un subsiguiente enfriamiento brusco con una alta velocidad de enfriamiento.

Por el concepto de “enfriamiento en presencia de aire en movimiento” o respectivamente “enfriamiento forzado con aire”, se entiende aquí un enfriamiento por aire usualmente ayudado por ventiladores, que conduce a un coeficiente de transferencia del calor junto a la superficie del lingote de aproximadamente 40 W/m²K. El enfriamiento en una niebla atomizada de agua y aire conduce a un coeficiente algo más alto de transferencia del calor junto a la superficie del lingote.

La aleación conforme al invento tiene una pequeña sensibilidad al enfriamiento brusco. En el caso de la producción de planchas gruesas, la pérdida de resistencia mecánica en el núcleo de la plancha, a pesar de las condiciones relativamente suaves del enfriamiento, es menor que en el caso de las aleaciones de acuerdo con el estado de la técnica. Se ha comprobado además, de modo sorprendente, que este efecto, en el caso de planchas producidas directamente a partir de lingotes de colada continua, es todavía mucho más pronunciado que en el caso de planchas laminadas en caliente.

En el caso de la producción de las planchas gruesas se ha comprobado que el enfriamiento en dos etapas, desde la temperatura de homogeneización hasta la temperatura ambiente, es especialmente ventajoso para la consecución de una estructura con pequeñas tensiones propias.

Para el endurecimiento en caliente se llevan a cabo, preferiblemente de una manera consecutiva, un almacenamiento a la temperatura ambiente, un primer tratamiento térmico a una primera temperatura y un segundo tratamiento térmico a una segunda temperatura más alta que la primera temperatura, p.ej.,

- almacenamiento durante 1 a 30 días a la temperatura ambiente,

ES 2 290 544 T3

- almacenamiento durante 6 a 10 h a una temperatura de 90 a 100°C,

- almacenamiento durante 8 a 22 h a una temperatura de 150 a 160°C.

5 Es especialmente preferido el endurecimiento en caliente hasta el estado de tratamiento térmico T76.

El sector de aplicaciones de la aleación conforme al invento, y de las planchas gruesas producidas a partir de ésta, se establece a partir del espectro de propiedades que precedentemente se ha descrito. Las planchas son apropiadas en particular para la construcción de moldes, es decir para la fabricación de moldes para moldeo por inyección de
10 materiales sintéticos, pero también en general para la construcción de máquinas, herramientas y moldes.

Otras ventajas, características y detalles adicionales del invento se establecen a partir de la siguiente descripción de preferidos ejemplos de realización, así como con ayuda de los dibujos; éstos muestran esquemáticamente en

15 - la Figura 1 la distribución de la dureza Brinell a lo largo de una parte de la sección transversal de un lingote de colada continua con una sección transversal de 440 mm x 900 mm después de un enfriamiento con ventiladores.

- la Figura 2 la evolución medida de las temperaturas en el caso de un lingote de colada continua con una sección transversal de 440 mm x 900 mm junto a la superficie y en el centro en el caso de enfriamiento con ventiladores;

20 - la Figura 3 la evolución calculada de los gradientes internos de temperaturas en el caso de la evolución de temperaturas de la Figura 2;

- la Figura 4 la evolución calculada de las temperaturas en el caso de un lingote de colada continua con una sección transversal de 1.000 x 1.200 mm junto a la superficie y en el centro en el caso de un enfriamiento con ventiladores;

25 - la Figura 5 la evolución calculada de los gradientes internos de temperaturas en el caso de la evolución de las temperaturas de la Figura 4;

30 Ejemplo

Una aleación con la composición (en % en peso): 0,040, de Si, 0,08 de Fe, 0,14 de Cu, 0,0046 de Mn, 2,69 de Mg, 0,0028 de Cr, 4,69 de Zn, 0,017 de Ti, 0,16 de Zr, el resto Al, se moldeó por colada en una escala industrial para formar un lingote de colada continua con una sección transversal de 440 x 900 mm. El lingote fue calentado hasta
35 una temperatura de 480°C en el transcurso de 30 h, prestándose atención a que la velocidad de calentamiento fuese menor que 20°C/h en el intervalo entre 170 y 410°C. La homogeneización del lingote para la compensación de las segregaciones cristalinas debidas a la solidificación, se efectuó por mantenimiento del lingote a 480°C durante 12 h.

El lingote homogeneizado fue enfriado, en una primera etapa en presencia de aire en reposo, desde la temperatura de homogeneización hasta una temperatura intermedia de 400°C y a continuación, en una segunda etapa, con ventiladores desde 400°C a 100°C. El enfriamiento ulterior a la temperatura ambiente se efectuó de nuevo en presencia de
40 aire en reposo.

El lingote, después de un almacenamiento durante 14 días a la temperatura ambiente, fue endurecido en caliente durante 8 h a 95°C y a continuación durante 18 h a 155°C hasta llegar al estado excesivamente endurecido T76.

En muestras sacadas por aserrado perpendicularmente a la dirección longitudinal del lingote de las barras endurecidas en caliente, se determinó la dureza Brinell a lo largo de la sección transversal del lingote. Las zonas con igual dureza, representadas en la Figura 1, muestran manifiestamente la pequeña pérdida de dureza y respectivamente de
50 resistencia mecánica en el núcleo del lingote con respecto de la superficie del lingote.

En la Figura 2 se representan las curvas de temperatura y tiempo, calculadas para la superficie (O) y para el núcleo (K) de un lingote con una sección transversal de 440 x 900 mm en el caso de un enfriamiento con ventiladores y en la Figura 3 se representan los gradientes deducidos a partir de ellas entre la temperatura T_K en el núcleo del lingote y la temperatura T_o junto a la superficie del lingote. Como comparación, las Figuras 4 y 5 muestran las correspondientes curvas para un lingote con una sección transversal de 1.000 x 1.200 mm. Los resultados muestran que los lingotes
55 producidos con el procedimiento conforme al invento, con un grosor hasta de 1.000 mm, deberían seguir cumpliendo todavía los requisitos establecidos en lo referente a la resistencia mecánica para las planchas destinadas a la fabricación de moldes para moldeo por inyección de materiales sintéticos.

60

65

ES 2 290 544 T3

REIVINDICACIONES

1. Aleación de aluminio con una alta resistencia mecánica y una pequeña sensibilidad al enfriamiento rápido con
- 5 4,6 a 5,2% en peso de Zn
- 2,6 a 3,0% en peso de Mg
- 10 0,1 a 0,2% en peso de Cu
- 0,05 bis 0,2% en peso de Zr
- como máximo 0,05% en peso de Mn
- 15 como máximo 0,05% en peso de Cr
- como máximo 0,15% en peso de Fe
- 20 como máximo 0,15% en peso de Si
- como máximo 0,10% en peso de Ti
- y aluminio como resto, con impurezas debidas a la fabricación, individualmente como máximo 0,05% en peso, en total como máximo 0,15% en peso.
- 25 2. Aleación de aluminio de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** por 4,6 a 4,8% en peso de Zn.
3. Aleación de aluminio de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** por 2,6 a 2,8% en peso de Mg.
- 30 4. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** por 0,10 a 0,15% en peso de Cu.
5. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** por 0,08 a 0,18% en peso de Zr.
- 35 6. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada** por como máximo 0,03% en peso de Mn.
7. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** por como máximo 0,02% en peso de Cr.
- 40 8. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada** por como máximo 0,12 en peso de Fe.
9. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada** por como máximo 0,12% en peso de Si.
- 45 10. Aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizada** por como máximo 0,05% en peso de Ti.
- 50 11. Procedimiento para la producción de planchas con un grosor hasta de 300 mm a partir una aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado** por las siguientes etapas:
- 55 A. moldear por colada continua la aleación de aluminio a la forma de lingotes con un grosor de más que 300 mm,
- B. calentar los lingotes hasta una temperatura de 470 a 490°C con una velocidad de calentamiento de como máximo 20°C/h entre 170 y 410°C,
- 60 C. homogeneizar los lingotes durante un período de tiempo de 10 a 14 h a una temperatura de 470 a 490°C,
- D. laminar en caliente los lingotes homogeneizados a la forma de planchas,
- E. enfriar las planchas desde una temperatura intermedia de 400 a 410°C hasta una temperatura de menos que 100°C,
- 65 F. enfriar las planchas hasta la temperatura ambiente,
- H. endurecer en caliente las planchas.

ES 2 290 544 T3

12. Procedimiento para la producción de planchas con un grosor de más que 300 mm a partir una aleación de aluminio de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada** por las siguientes etapas

- 5 A. moldear por colada continua la aleación a la forma de lingotes con un grosor de más que 300 mm,
- B. calentar los lingotes hasta una temperatura de 470 a 490°C con una velocidad de calentamiento de como máximo 20°C/h entre 170 y 410°C,
- 10 C. homogeneizar los lingotes durante un período de tiempo de 10 a 14 h a una temperatura de 470 a 490°C,
- D. enfriar los lingotes hasta una temperatura intermedia de 400 a 410°C,
- E. enfriar los lingotes desde la temperatura intermedia de 400 a 410°C hasta una temperatura de menos que 100°C,
- 15 F. enfriar los lingotes hasta la temperatura ambiente,
- G. endurecer en caliente los lingotes,
- 20 H. utilizar los lingotes endurecidos en caliente como planchas.

13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado** porque el enfriamiento de los lingotes desde la temperatura de homogeneización de 470 a 490°C hasta la temperatura intermedia de 400 a 410°C se efectúa en presencia de aire en reposo.

14. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11 ó 12, **caracterizado** porque el enfriamiento de los lingotes desde la temperatura intermedia de 400 a 410°C hasta una temperatura de menos que 100°C se efectúa en presencia de aire en movimiento (enfriamiento forzado con aire).

15. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11 ó 12, **caracterizado** porque el enfriamiento de los lingotes desde la temperatura intermedia de 400 a 410°C hasta una temperatura de menos que 100°C se efectúa en una niebla atomizada de agua y aire.

16. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 15, **caracterizado** porque para el endurecimiento en caliente, se llevan a cabo consecutivamente un almacenamiento a la temperatura ambiente, un primer tratamiento térmico a una primera temperatura y un segundo tratamiento térmico a una segunda temperatura más alta en comparación con la primera temperatura.

17. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 16, **caracterizado** por

- un almacenamiento durante 1 a 30 días a la temperatura ambiente,
- un almacenamiento durante 6 a 10 h a una temperatura de 90 a 100°C,
- 45 - un almacenamiento durante 8 a 22 h a una temperatura de 150 a 160°C.

18. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizado** porque el endurecimiento en caliente se efectúa hasta llegar al estado de tratamiento térmico T76.

19. Utilización de una plancha producida de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 18 para la construcción de máquinas, herramientas y moldes, en particular para la fabricación de moldes para moldeo por inyección de materiales sintéticos.

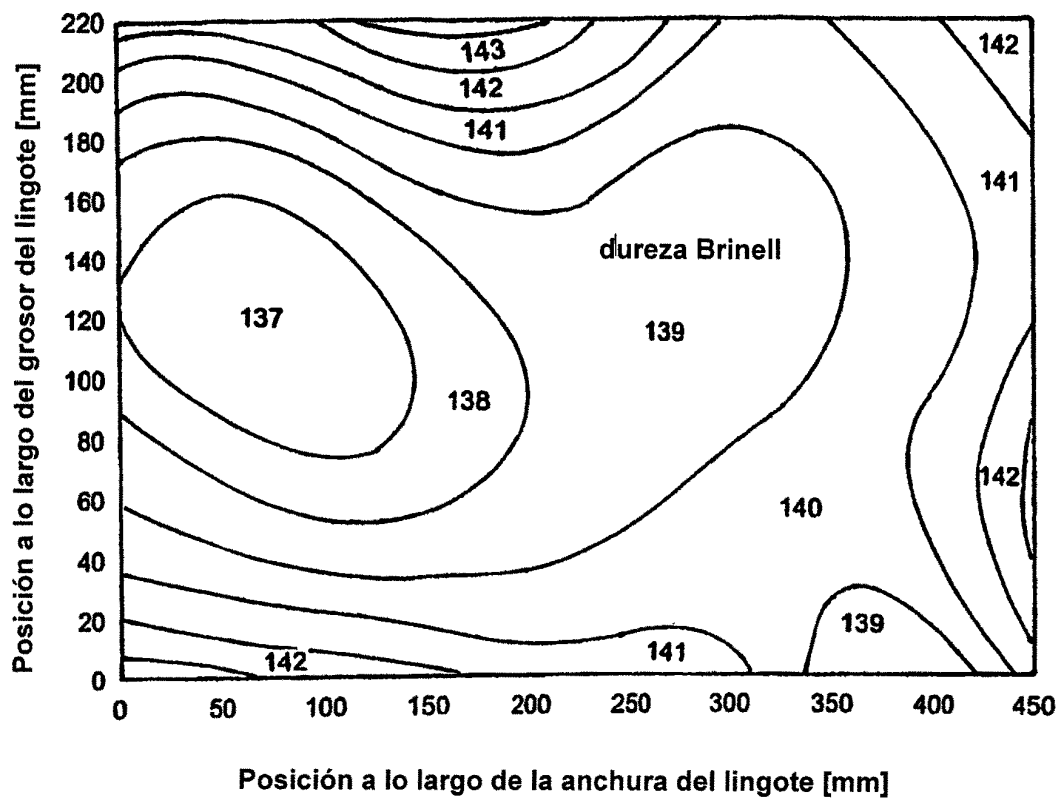


Fig. 1

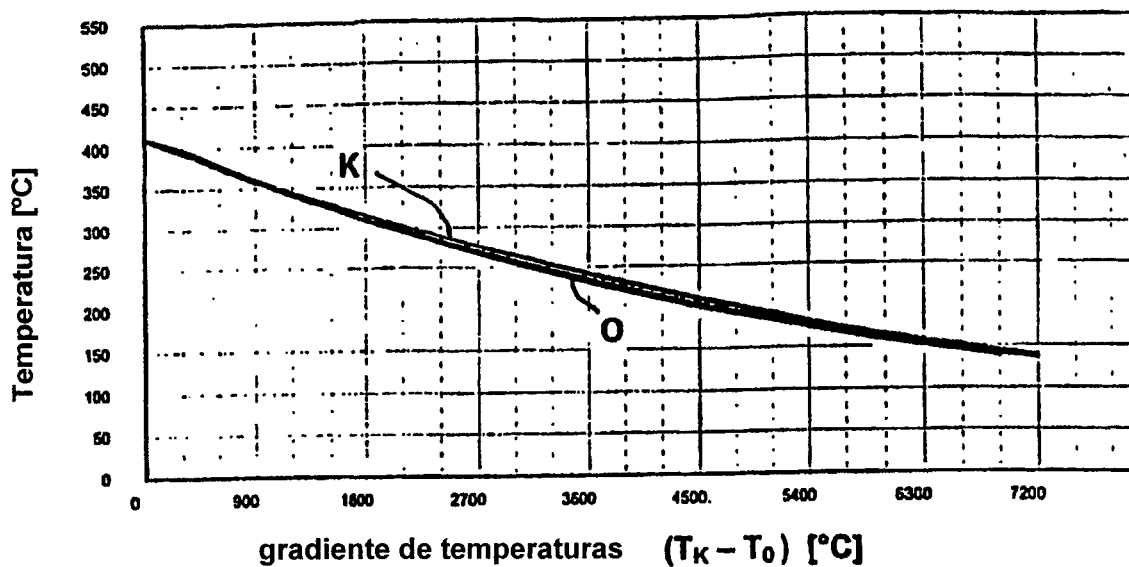


Fig. 2

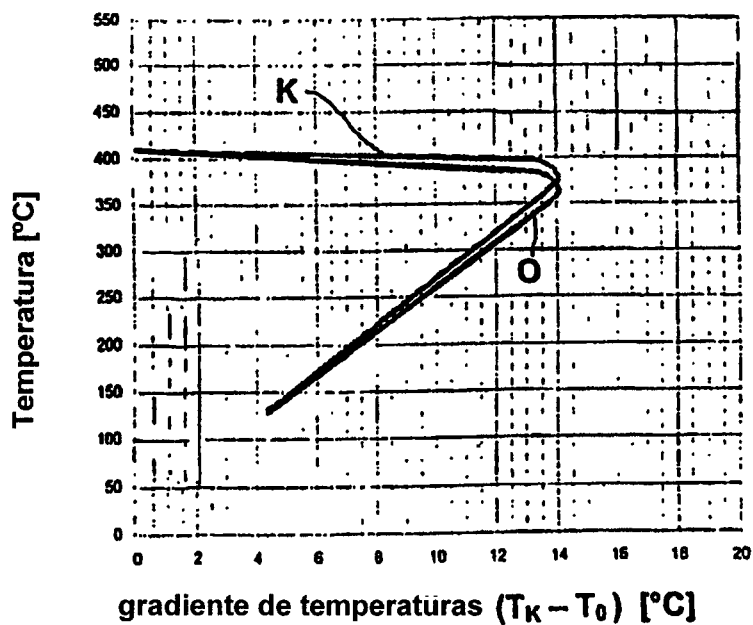


Fig. 3

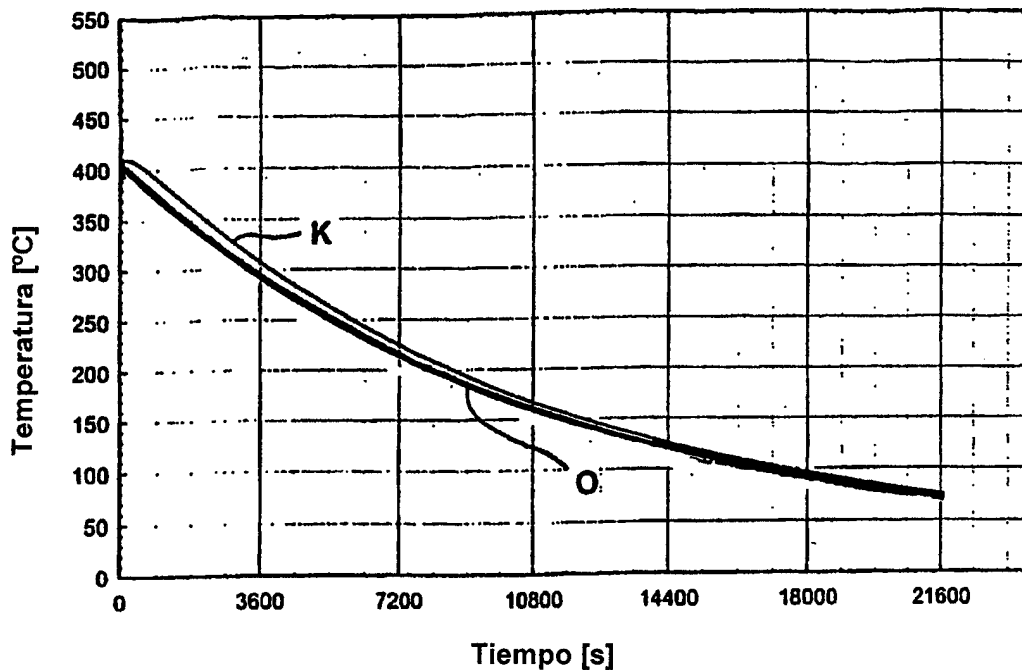


Fig. 4

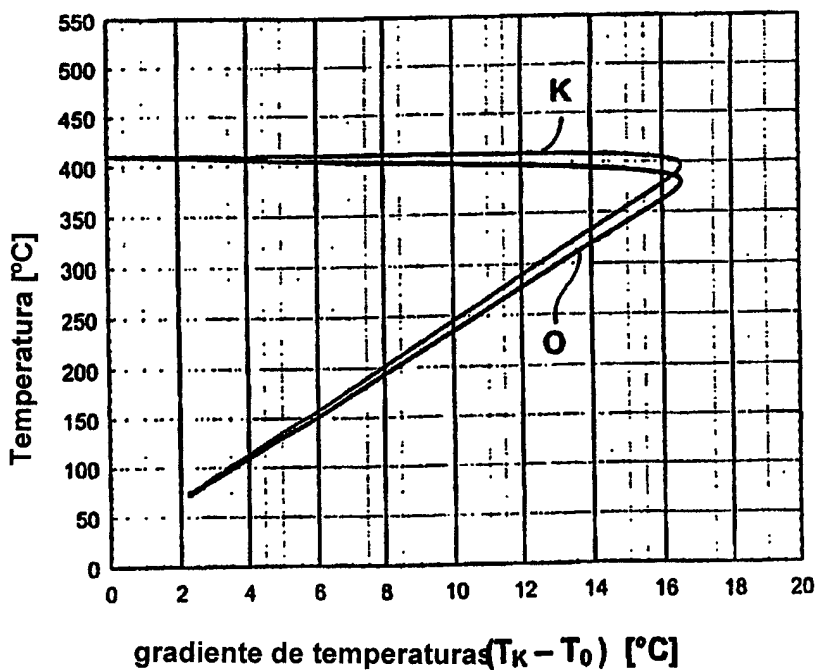


Fig. 5