

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 941**

51 Int. Cl.:

C22F 1/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.01.2010 E 10702655 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014 EP 2393952**

54 Título: **Procedimiento para el recocido-β de una pieza de trabajo fabricada a partir de una aleación de Ti**

30 Prioridad:

05.02.2009 DE 102009003430

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

13.02.2015

73 Titular/es:

**OTTO FUCHS KG (100.0%)
Derschlager Strasse 26
58540 Meinerzhagen, DE**

72 Inventor/es:

**BÜSCHER, MARKUS y
WITULSKI, THOMAS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 528 941 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

Procedimiento para el recocido- β de una pieza de trabajo fabricada a partir de una aleación de Ti

5 La invención se refiere a un procedimiento para el tratamiento térmico de una pieza de trabajo, fabricada a partir de una aleación de titanio, con el fin de producir una estructura de grano fino por recocido de la pieza de trabajo por encima de su temperatura transus- β (recocido- β), calentándose la pieza de trabajo en un horno a un nivel de temperatura por encima de de su temperatura transus- β y donde la obtención del nivel de temperatura determina el comienzo de un tiempo de permanencia, predefinido en cuanto a su duración, y donde la pieza de trabajo se deja en el nivel de temperatura durante el tiempo de permanencia antes de ser sometida a un proceso de enfriamiento.

10 Piezas de trabajo, compuestas de una aleación de titanio, se someten a diferentes tratamientos térmicos en función de su composición química y de su objetivo de aplicación para proporcionar o bien ajustar determinadas propiedades a la pieza de trabajo. Las piezas de trabajo de aleaciones de titanio se someten, a veces, con dichos fines a un procedimiento de recocido. El objeto principal de la aplicación de tales procedimientos de recocido se resume, según el tipo de aleación y la propiedad deseada a conseguir, en cada caso, en un aumento de la resistencia, el ajuste de una adecuada ductilidad así como en una estabilidad térmica y/o para elevar la resistencia a la fluencia. Uno de esos procedimientos de tratamiento térmico es el llamado recocido- β . En dicho procedimiento de tratamiento térmico, se recuece la pieza de trabajo ligeramente por encima de su temperatura- β de transformación (temperatura transus β) y se somete, seguidamente, a un proceso de enfriamiento definido, pudiendo tratarse, en ese caso, de un enfriamiento en aire o en un gas inerte a temperatura ambiente o también de un enfriamiento brusco. Por encima de la temperatura transus- β , la fase- α hexagonal contenida en la aleación de Ti se transforma en una fase- β centrada en el espacio. El proceso de enfriamiento brusco subsecuente al recocido- β se diseña típicamente para reprimir lo más posible o eliminar definitivamente la formación de fase- α durante el enfriamiento.

25 En piezas de trabajo de aleaciones de Ti, se puede tratar de componentes estructurales, por ejemplo, para utilizar en construcción aeronáutica. Tales componentes estructurales presentan típicamente un espesor poco significativo. En el recocido- β de una pieza de trabajo semejante, es necesario tener especial cuidado para conseguir las propiedades deseadas. A este efecto, se han desarrollado normas, según cuyas especificaciones tales componentes estructurales de Ti deben someterse a recocido- β . Con la normativa del proceso de recocido- β , debe garantizarse que las piezas de trabajo presenten una estructura granular lo más homogénea posible en una aplicación industrial del proceso de recocido- β . Resulta problemático al realizar el recocido- β el que una permanencia demasiado larga de la pieza de trabajo por encima de su temperatura transus- β da lugar a una granulometría más gruesa indeseada. Según las normas vigentes, como la AMS-H-81200B o la DIN 65084, se requiere que la pieza de trabajo se caliente hasta una temperatura, que quede 30°C por encima de la temperatura transus- β de la aleación de Ti. El nivel de temperatura situado por encima de la temperatura transus- β , a la que se ha de calentar la pieza de trabajo, presenta una diferencia de temperatura suficiente con respecto a la temperatura transus- β que, incluso teniendo en cuenta las tolerancias de temperatura debidas al sistema (temperatura transus- β , temperatura del horno), se asegura que la pieza de trabajo se calienta totalmente al alcanzar el nivel temperatura por encima de la temperatura transus- β . En cuanto a la temperatura ajustada en el horno, se prefija habitualmente una zona de tolerancias de $\pm 14^\circ\text{C}$. Se lleva a cabo un recocido β según estas especificaciones, calentando la pieza de trabajo en un horno. Si la temperatura de la pieza de trabajo sobrepasase el límite de tolerancia inferior del nivel de temperatura ($T_{\beta}+30^\circ\text{C}-14^\circ\text{C}$) prefijado, define este el instante del comienzo del tiempo de permanencia. El propio tiempo de permanencia se prefija, por ejemplo, 30 minutos. A consecuencia de ello, se mantiene la pieza de trabajo en el horno durante el tiempo de permanencia a un nivel de temperatura por encima $T_{\beta}+30^\circ\text{C}-14^\circ\text{C}$ y se somete seguidamente a un proceso de enfriamiento.

45 Un procedimiento semejante se conoce por su principio a partir del documento GB 1.141.409. En ese documento se describe un procedimiento para afinar el grano de la microestructura de una aleación de titanio α o α - β . Se calienta la pieza de trabajo a una temperatura por encima de de la temperatura transus- β para obtener básicamente una transformación completa a la fase- β . A esa temperatura, se mantiene la pieza de trabajo hasta que se asegure suficientemente que ha tenido lugar una conversión completa a la fase- β . Como ejemplo, se da un tiempo de permanencia de una hora. Seguidamente, se enfría bruscamente la pieza de trabajo y, precisamente, a una temperatura suficientemente lejos por debajo de la temperatura transus- β para llevar una parte esencial de la fase- β a una fase- α o a una fase equivalente a α . En una etapa subsiguiente, se deforma plásticamente la pieza formada. El recocido se refiere en este documento a una etapa intermedia en la fabricación de un material en el estado "annealed" (recocido) con una estructura cristalina de fase- α globular, que se produce tras el recocido- β y tras una deformación adicional. En este documento, no se describe ningún recocido- β , que represente un tratamiento térmico final con el cual se afine el tamaño del grano de el estructura- β , tal como se menciona al principio.

55 Se ha mostrado que, a pesar de las especificaciones normativas para el recocido- β de piezas de trabajo de una aleación de titanio, no se las puede fabricar con la seguridad de proceso requerida, pueden diferenciarse mutuamente, por consiguiente, en cuanto a su estructura y, por tanto, a sus propiedades a pesar de los mismos parámetros de proceso. No obstante esto resulta indeseado.

Partiendo de este discutido estado actual de la técnica, se le plantea, por ello, a la invención el problema de configurar un procedimiento mencionado al principio de tal modo que sea posible un recocido- β de piezas de trabajo de una aleación de titanio con una proporción superior en seguridad de proceso.

Ese problema se resuelve según la invención por medio de un procedimiento según la reivindicación 1.

- 5 A diferencia de la opinión reinante de ajustar la temperatura del horno sólo ligeramente por encima de la temperatura transus- β para evitar un engrosamiento del grano por una temperatura demasiado elevada, se ajusta el horno en el procedimiento propuesto a una temperatura, que se encuentre por encima del nivel de temperatura, en el que al sobrepasarlo empiece a correr el tiempo de permanencia. Se aprovecha en este procedimiento la propiedad de que, dentro de la ventana de temperatura observada, por encima de la temperatura transus- β la temperatura sólo tiene una influencia secundaria en el crecimiento del grano. Decisivo para el crecimiento del grano y el tamaño del grano de la pieza de trabajo con recocido- β es, más que nada, el tiempo de permanencia. Ajustando la temperatura del horno a una temperatura con una clara diferencia respecto de la temperatura, a la que comienza el margen de tiempo de la permanencia, se consigue que el margen de tiempo entre el instante, en el que la pieza de trabajo sobrepasa su temperatura transus- β , y la obtención del nivel térmico, que define el comienzo del tiempo de permanencia con respecto a un recocido- β habitual, sea considerablemente menor a consecuencia del calentamiento más rápido de la pieza de trabajo por la temperatura del horno más elevada ajustada según la invención. También se aprovecha en este procedimiento el comportamiento del calentamiento de una pieza de trabajo de Ti, cuyo gradiente de calentamiento desciende con temperatura creciente. El tramo de la curva de calentamiento de la pieza de trabajo, entre su temperatura transus- β y el nivel de temperatura del tiempo de permanencia, se encuentra en un tramo de la curva de calentamiento con un gradiente mayor, comparado con el proceso de recocido- β habitual. Acortando este margen de tiempo, que no cuenta para el tiempo de permanencia, en el que ya tiene lugar una transformación a la fase- β , se reduce claramente la proporción de dicha transformación y el crecimiento del grano, que la acompaña. Esto se hace notar precisamente en piezas de trabajo más gruesas, que presentan, en consecuencia, una velocidad de calentamiento menor sobre todo en el último tramo de su curva de calentamiento y, por ello, el margen de tiempo, entre el instante de sobrepasar la temperatura transus- β y el comienzo del tiempo de permanencia, es, por tanto, más largo. En procedimientos conocidos anteriormente, eso tenía como consecuencia que el tiempo de permanencia prefijado fuera considerablemente más corto que el tiempo, en el que debía ser calentada la pieza de trabajo para calentarse desde su temperatura transus- β al nivel de la temperatura para la permanencia.
- 10
- 15
- 20
- 25
- 30 La temperatura de ajuste del horno se regula en función de la aleación de Ti y la geometría de la pieza de trabajo. Se considera suficiente que la temperatura de ajuste del horno quede 50°C por encima de la temperatura transus- β y, con ello, claramente por encima del nivel de temperatura previsto de $T_{\beta}+30^{\circ}\text{C}-14^{\circ}\text{C}$. Por razones económicas, no se ajusta demasiado alta la temperatura de ajuste del horno. La temperatura de ajuste máxima del horno se selecciona en función del crecimiento del grano, condicionado por la temperatura, y el tiempo de permanencia previsto y el margen de tiempo esperado, que se requiere para el calentamiento de la pieza de trabajo desde su temperatura transus- β al nivel de temperatura del tiempo de permanencia. Los ensayos han mostrado que, incluso una temperatura de ajuste del horno de $T_{\beta}+100^{\circ}\text{C}$, da lugar a los resultados esperados, sin tener que asumir un crecimiento del grano demasiado grande, condicionado por el calentamiento creciente durante el tiempo de permanencia. Con una temperatura de ajuste del horno de $T_{\beta}+100^{\circ}\text{C}$, el margen de tiempo para calentar la pieza de trabajo desde su temperatura transus- β al nivel de temperatura del tiempo de permanencia es consecuentemente corto. Con una realización del procedimiento a una temperatura de ajuste del horno para calentar la pieza de trabajo, que quede, como se ha descrito en el ejemplo precedente, sensiblemente por encima de la temperatura transus- β , es posible rebajar, tras alcanzar la temperatura prevista para la permanencia, la temperatura del horno en una temperatura, que solo quede algo por encima de la temperatura- β . Esto reduce, a su vez, un crecimiento de grano condicionado por la temperatura.
- 35
- 40
- 45

Con el procedimiento reivindicado, se propone, en primer lugar, establecer la temperatura del horno como magnitud de ajuste para mejorar de modo no insignificante el proceso de un recocido- β de una pieza de trabajo fabricada a partir de una aleación de Ti, en especial, poder fabricar las piezas de trabajo fabricadas por este procedimiento de tratamiento térmico de un modo seguro en el proceso en cuanto a la característica deseada. Además, puede preverse absolutamente emplear la temperatura del horno como magnitud de ajuste activa, que se rebaja de una primera temperatura de ajuste, después de que la pieza de trabajo haya alcanzado una temperatura predeterminada.

50

A continuación, se describe otra vez más detalladamente la invención haciendo referencia a las figuras adjuntas. Lo muestran las figuras:

- 55 Figura 1 una curva de calentamiento representada esquemáticamente para representar un pieza de trabajo, compuesta de una aleación de Ti, para llevar a cabo un recocido- β según el procedimiento de la invención en una contraposición respecto de la curva de calentamiento de una pieza de trabajo, compuesta de la misma aleación, según el procedimiento habitual de recocido- β , y

Figura 2 un diagrama, que representa el crecimiento del grano de una pieza de trabajo de una aleación de Ti en función del tiempo de permanencia a diferentes temperaturas.

5 En el diagrama de la figura 1, se ha representado el recocido- β según la invención de una pieza de trabajo de una aleación de Ti a base de un diagrama de temperatura/tiempo. Se ha introducido en el diagrama la curva A de calentamiento de una pieza de trabajo de Ti, que se ha fabricado a partir de una aleación Ti6Al4V en el ejemplo de realización representado. Se reproduce, a continuación, la composición química de una aleación de Ti6Al4V:

Al	V	Fe	O	C	N	H	Y	Otros, individuales	Otros Suma	Ti
5,5-6,75	3,5-4,5	máx. 0,30	máx. 0,20	máx. 0,08	máx. 0,05	máx. 0,0125	máx. 0,005	0,10	0,40	Resto

La pieza de trabajo de Ti, cuya curva A de calentamiento se ha reproducido esquemáticamente en la figura 1 para el proceso del recocido- β , presenta concretamente la siguiente composición:

Al	V	Fe	O	C	N	H	Y	Otros, individuales	Otros Suma	Ti
5,98	3,86	0,18	0,11	0,006	0,005	0,0017	< 0,005	< 0,10	< 0,30	Resto

10 La temperatura transus- β de la aleación de Ti empleada para esta pieza de trabajo queda aproximadamente en 970°C. El horno, en el que ha de someterse la pieza de trabajo al procedimiento de recocido- β , se ha ajustado en el ejemplo de realización representado a una temperatura de $T_{\beta}+50^{\circ}\text{C}$. Con ello, la temperatura T_F de ajuste del horno asciende a 1.020°C. Se han introducido en el diagrama la temperatura T_{β} transus- β así como la temperatura T_F ajustada del horno como línea continua, donde la zona de tolerancia de las dos temperaturas, tanto T_{β} como T_F , se ha introducido reticulada por encima y por debajo de de las dos temperaturas T_{β} o bien T_F . Se ha inscrito además el límite inferior del nivel T_H térmico, determinado para la permanencia de la pieza de trabajo para el proceso de recocido- β . El instante de alcanzar la pieza de trabajo la temperatura T_H determina luego el comienzo del tiempo de permanencia – el margen de tiempo en el que se mantiene la pieza de trabajo por encima o por debajo de la temperatura T_H para llevar a cabo de conformidad con los principios el recocido- β . En el ejemplo de realización representado, se ha definido como límite inferior del nivel de temperatura para el tiempo de permanencia la temperatura, que también define en procedimientos habituales el comienzo del tiempo de permanencia, a saber, $T_{\beta}+30^{\circ}\text{C}-14^{\circ}\text{C}$ para la aleación Ti6Al4V en cuestión.

25 El calentamiento de la pieza de trabajo de Ti puede tener lugar partiendo de un horno frío o también de un horno ya precalentado. La curva A de calentamiento se define por un gradiente de calentamiento crecientemente descendente a partir de una temperatura determinada. Cuanto menor sea la diferencia de temperatura entre la temperatura actual de la pieza de trabajo y la temperatura T_F ajustada del horno, tanto menor será el gradiente de calentamiento. En el curso del calentamiento progresivo, la temperatura de la pieza de trabajo sobrepasa en el instante t_1 el límite superior de tolerancia de la temperatura transus- β . Para asegurar que la pieza de trabajo se ha calentado totalmente a una temperatura por encima del límite superior de la zona de tolerancia de la temperatura T_{β} transus- β , queda el límite inferior del nivel T_H de temperatura por encima del límite superior de la zona de tolerancia de la temperatura T_{β} transus- β . Cuando la pieza de trabajo ha alcanzado en el instante t_2 la temperatura T_H prevista para la permanencia, comienza el tiempo de permanencia predefinido en cuanto a su duración, que se ha seleccionado en 30 minutos en el presente ejemplo de realización. Tras la terminación del tiempo de permanencia, que se ha reflejado en el diagrama de la figura 1 en el instante t_3 , se retira del horno la pieza de trabajo y se somete a un proceso de enfriamiento definido. En el ejemplo de realización representado, la curva A de calentamiento, el intervalo de tiempo entre los instantes t_1 , t_2 asciende, por ejemplo, aproximadamente a entre 15 y 20 minutos.

40 Si la pieza de trabajo se ha calentado a su temperatura de permanencia, puede rebajarse el horno a un nivel de temperatura inferior. Dicho nivel reduce el consumo de energía y la influencia, si bien pequeña, de la temperatura en el crecimiento del grano por encima de la temperatura transus- β . Esto ocurre en el instante t_2 o poco después. Se puede rebajar la temperatura del horno a la temperatura prevista para la permanencia, que asciende a $T_{\beta}+30^{\circ}\text{C}-14^{\circ}\text{C}$ en el ejemplo de realización representado.

45 Al recocido- β descrito anteriormente, se contraponen en la figura 1 el recocido- β habitual de una pieza de trabajo de Ti. Esta pieza de trabajo de Ti presenta la misma composición de aleación que la que se ha tratado térmicamente con el recocido- β según la invención. En el recocido- β previamente conocido, la temperatura de ajuste del horno asciende a $T_F = T_{\beta}+30^{\circ}\text{C}$ (1.000°C). También a esta temperatura T_F , se le reconoce la zona de tolerancia por encima y por debajo mediante un reticulado. Debido a la menor temperatura T_F de ajuste del horno en comparación con el ejemplo de realización según la invención, el proceso de calentamiento de la pieza de trabajo discurre en

conjunto más lentamente, mostrado en la figura 1 a base de su curva A' de calentamiento de puntos y trazos. En el instante t_1' se sobrepasa el límite superior de la zona de tolerancia de la temperatura transus- β y en el instante t_2' , el límite inferior del nivel T_H de temperatura del tiempo de permanencia. Si se sobrepasa en el instante t_2' el nivel T_H de temperatura, comienza el tiempo de permanencia de 30 minutos.

5 La confrontación de las dos curvas A, A' de calentamiento deja claro, por un lado, que introduce más tarde el comienzo del tiempo de permanencia, referido al proceso total, en el recocido- β habitual (curva A' de calentamiento) y, por ello, la duración del proceso es más larga que en el procedimiento según la invención, descrito para la curva A de calentamiento. En el procedimiento habitual, el intervalo de tiempo entre los instantes t_1' y t_2' asciende aproximadamente a 40 minutos y es, por tanto, aproximadamente el doble de largo que en el procedimiento descrito para la invención reivindicada en el curso del procedimiento descrito del ejemplo de realización precedente. El margen de tiempo más corto en el procedimiento según la invención entre el instante de alcanzar la temperatura transus- β o bien el límite inferior de la zona de tolerancia del mismo y de alcanzar la temperatura T_H explica no sólo la mayor seguridad del proceso de este procedimiento, sino también que la pieza de trabajo sometida al recocido- β con este procedimiento es, suma, de grano más fino y presenta una distribución granulométrica más homogénea.

15 En las piezas de trabajo de Ti descritas anteriormente, cuyas curvas A, A' de calentamiento se han contrapuesto en la figura, se trata de probetas cilíndricas con un diámetro de 200 mm y una altura de 125 mm. A continuación del respectivo recocido- β , se llevó a cabo un ensayo granulométrico en las dos piezas de trabajo. Como resultado, se mostró que, con recocido- β realizado según el estado actual de la técnica, se consiguió un tamaño medio de grano de 0,74 mm. La probeta con recocido- β según el procedimiento de la invención presentó, en cambio, un tamaño de grano medio de sólo 0,58 mm. Se constató además que la divergencia de los tamaños de grano respecto del valor medio precitado era menor en la muestra de recocido- β según la invención que en la que se había sometido a un recocido- β habitual.

20 La figura 2 muestra un diagrama comparativo de tamaños de grano, en el que se han introducido los tamaños de grano en función del tiempo de permanencia de la aleación Ti6Al4V, utilizada también para los ensayos de recocido. En el diagrama, se presentan cuatro curvas, que se diferencian en cuanto a la temperatura de su tiempo de permanencia. Las cuatro muestras presentan la siguiente composición de aleación:

Al	V	Fe	O	C	N	H	Y	Otros, individuales	Otros, Suma	Ti
5,92	3,82	0,18	0,11	0,006	0,005	0,0035	< 0,005	< 0,10	< 0,30	Resto

30 Las curvas presentadas en la figura 2 dejan claro que, en la ventana ($T_\beta+30^\circ\text{C}$ a $T_\beta+100^\circ\text{C}$) de temperatura considerada, el tamaño del grano es decisivamente función del tiempo de permanencia y sólo secundariamente del nivel de temperatura del tiempo de permanencia. Las curvas no se desvían significativamente entre sí y se encuentran dentro de la precisión de medida. Constatar eso fue inesperado y no se respondía con la opinión reinante.

35 A partir de la descripción del procedimiento según la invención quedó claro que, cuanto más alta sea la temperatura de ajuste del horno y, con ello, cuanto mayor sea la diferencia de temperatura entre la temperatura de ajuste del horno y la temperatura T_H , que define el comienzo de la permanencia, más corto es el margen de tiempo entre el instante de alcanzar la temperatura transus- β y la temperatura T_H . Así, pues, este intervalo de tiempo se encuentra en una zona de la curva de calentamiento con un mayor gradiente de calentamiento. Puesto que en el intervalo de tiempo entre T_β y T_H ya pueden presentarse modificaciones de fase, este margen de tiempo no cuenta, sin embargo, para el tiempo de permanencia, estará claro que este margen de tiempo, no definido en relación con el procedimiento normalizado, se ha minimizado sensiblemente en el procedimiento según la invención. En consecuencia, la seguridad del proceso es consecuentemente mayor en las piezas de Ti tratadas térmicamente con dicho procedimiento.

45 La invención se ha descrito a base de ejemplos de realización. Los ensayos han mostrado que otras aleaciones de Ti se adaptan asimismo a realizar este recocido- β , como, por ejemplo, una ELI Ti6Al4V o una aleación Ti 6-22-22. Además, este procedimiento de recocido- β es apropiado también para otras aleaciones de Ti α - β .

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para tratar térmicamente una pieza de trabajo fabricada a partir de una aleación de titanio para producir una estructura de grano fino mediante un recocido de la pieza de trabajo por encima de su temperatura (T_{β}) transus- β (recocido- β), calentándose la pieza de trabajo, en un horno a un nivel (T_H) de temperatura por encima de su temperatura (T_{β}) transus- β y teniendo el nivel (T_H) de temperatura su límite inferior en la temperatura determinada para la permanencia subsiguiente de la pieza de trabajo para el proceso de recocido- β , y definiendo la obtención del nivel (T_H) de temperatura el comienzo de un tiempo de permanencia predefinido en cuanto a su duración, y manteniéndose la pieza de trabajo durante el tiempo de permanencia en el nivel (T_H) de temperatura antes de ser sometida a un proceso de enfriamiento, caracterizado por que el tratamiento térmico se lleva a cabo en un horno, cuya temperatura (T_F) de horno ajustada para calentar la pieza de trabajo queda en el nivel de temperatura previsto para llevar a cabo la permanencia por encima del nivel (T_H) de temperatura, que define el comienzo del tiempo de permanencia de la pieza de trabajo, quedando la temperatura del horno ajustada para calentar la pieza de trabajo en su temperatura (T_H) de permanencia por lo menos 20°C por encima del nivel (T_H) de temperatura previsto para la permanencia.
- 10
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que, tras calentar la pieza de trabajo al nivel (T_H) de temperatura, se rebaja la temperatura del horno a una temperatura de horno más baja.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el horno se rebaja al nivel (T_H) de temperatura que define el comienzo del tiempo de permanencia.
- 20 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que la temperatura de ajuste del horno queda 50°C por encima de la temperatura (T_{β}) transus- β .
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que la temperatura del horno ajustada para calentar la pieza de trabajo a su temperatura (T_H) de permanencia no queda más de 100°C por encima del nivel (T_H) de temperatura previsto para la permanencia.

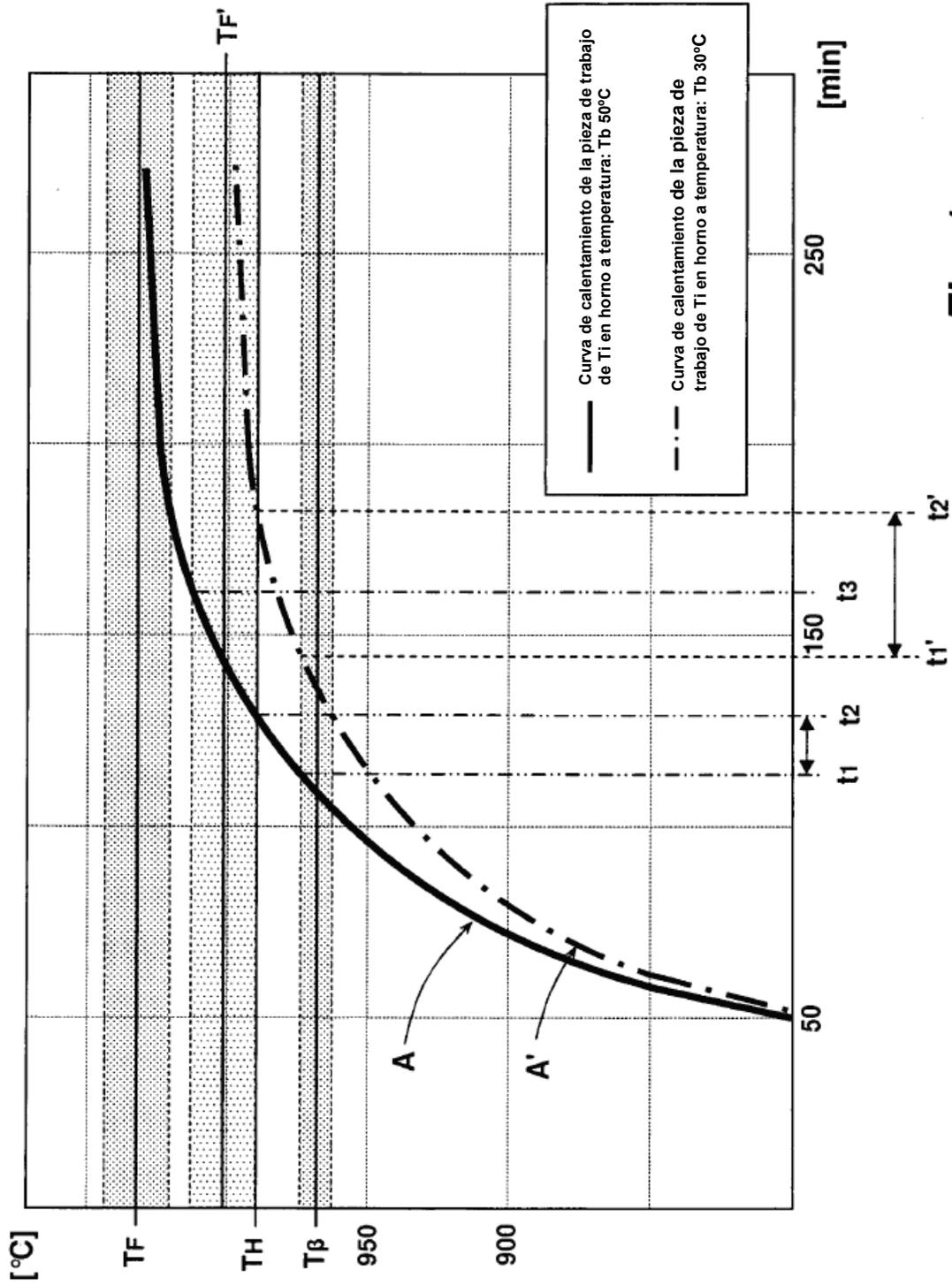


Fig. 1

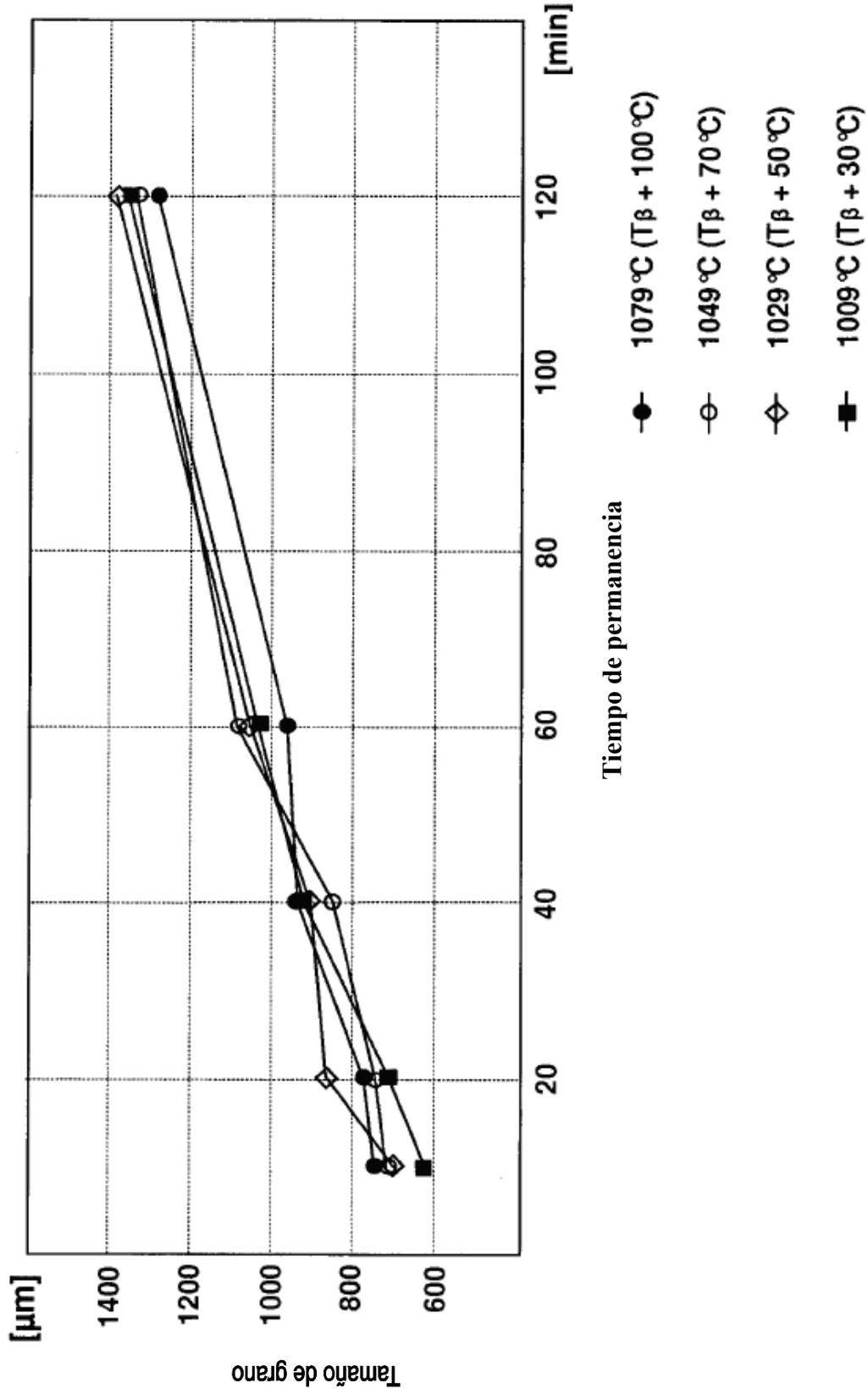


Fig. 2