(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 409 690**

(51) Int. CI.:

C22F 1/00 (2006.01)
C22F 1/04 (2006.01)
C22F 1/06 (2006.01)
C22F 1/10 (2006.01)
C22F 1/18 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2009 E 09785115 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2013 EP 2324137**

(54) Título: **Proceso para conformación de componentes de chapa de aleación de aluminio**

(30) Prioridad:

19.09.2008 GB 0817169

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.06.2013

(73) Titular/es:

IMPERIAL INNOVATIONS LTD. (100.0%)
52 Prince's Gate, South Kensington
London SW7 2PG, GB

(72) Inventor/es:

FOSTER, ALISTAIR;
DEAN, TREVOR A. y
LIN, JIANGUO

(74) Agente/Representante:

BALLESTER CAÑIZARES, Rosalía

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).

PROCESO PARA CONFORMACIÓN DE COMPONENTES DE CHAPA DE ALEACIÓN DE ALUMINIO

Descripción

[0001] La presente invención hace referencia a un método mejorado para conformar componentes de chapa de aleación de metal y más específicamente componentes de chapa de aleación de Al. El método es especialmente adecuado para la formación de componentes conformados que tienen una forma compleja que no puede formarse fácilmente usando técnicas conocidas.

[0002] Los componentes de chapa de aleación de Al con endurecimiento por envejecimiento normalmente se moldean en frío bien en la condición T4 (tratamiento térmico en solución (SHT) y temple), seguido de envejecimiento artificial para una mayor resistencia, o en la condición T6 (tratamiento térmico en solución, temple y envejecimiento artificial). Las dos condiciones introducen una variedad de problemas intrínsecos, como recuperación elástica y baja conformabilidad, que son difíciles de resolver. La estampación en caliente puede aumentar la conformabilidad y reducir la recuperación elástica, pero destruye la microestructura deseable. De este modo, es necesario un tratamiento térmico posterior al conformado (SHT) para recuperar la microestructura, pero esto resulta en la deformación de los componentes conformados durante en el temple tras el SHT. Estas desventajas también aparecen al moldear componentes de ingeniería usando otros materiales.

[0003] En un esfuerzo por superar estas desventajas, se han realizado diversos esfuerzos y se han inventado procesos especiales para superar problemas concretos en la conformación de tipos concretos de componentes. Se describen dichos procesos a continuación:

Método 1: Conformación superplástica (SPF, en inglés) de componentes de chapa metálica

[0004] Este es un proceso de conformación por soplado de gas isotérmico lento para la producción de componentes de chapa metálica con forma compleja y se utiliza principalmente en la industria aeroespacial. Las chapas metálicas con granos finos y la herramienta de conformación se calientan juntas. Normalmente, se requiere tratamiento térmico tras la conformación (p.ej., SHT + temple + envejecimiento para aleaciones de Al tratables por calor) para obtener la microestructura apropiada para garantizar una alta resistencia. El comportamiento superplástico de un material solo

puede observarse para materiales específicos con un tamaño de grano fino que se deforma a índices de tensión y temperatura especificados. (Lin, J., and Dunne, F. P. E., 2001, Modelling grain growth evolution and necking in superplastic blow-forming, *Int. J. of Mech. Sciences*, Vol. 43, No. 3, pp595-609, Anh Nguyen, 'Shape up', *The Engineer*, 28/7/2008, págs. 1-2 y *Sheet Metal* 2005, ProceEdings of the 11th International Conference, Erlangen, Alemania, 5-8 Abril 2005, Advanced Materials Research Vols 6-8 (Mg. 2005), p.p. 673-680.

Método 2: Conformación por fluencia con envejecimiento (CAF, en inglés) de paneles de aleación de Al

[0005] De nuevo, éste es un proceso lento usado comúnmente para la conformación de partes de paneles de alas de aviones con la combinación de conformación y tratamiento de endurecimiento por envejecimiento. El tiempo de conformación por fluencia se determina según el requisito de envejecimiento artificial para un material Normalmente, se aplica una pequeña cantidad de deformación plástica al proceso y la recuperación elástica es un problema importante que resolver. Se han propuesto diversas técnicas, como aquellas descritas en US 5.168.169, US 5.341.303 y US 5.729.462 para diseñar herramientas de CAF para compensar la recuperación elástica usando ordenadores.

[0006] Método 3: Se propuso un método de tratamiento de aleaciones de metal (FR 1 556 887**)** , para, preferiblemente, aleaciones de Al y su aplicación a la extrusión de aleaciones en estado de mezcla líquido-sólido con el fin de fabricar perfiles. En este método, la proporción de aleación líquida se mantiene por debajo del 40% durante un periodo de 5 minutos a 4 horas de forma que la fase dendrítica al menos haya comenzado a cambiar a forma globular. El temple se lleva a cabo en el extrudado a la salida del molde bien con aire pulsado o mediante pulverización de agua, una mezcla de aire y agua o vapor. Después las partes formadas se envejecen artificialmente a una temperatura especificada para el endurecimiento por envejecimiento. Esta técnica es difícil de aplicar para la conformación de chapa de metal, puesto que (i) le chapa se hace demasiado blanda para tratar a esa temperatura (la aleación líquida es aproximadamente el 40%), y (ii) el método de temple mencionado es difícil de aplicar para las partes de chapa conformadas.

[0007] Método 4: El tratamiento térmico en solución, conformación y temple en molde frío (HFQ, en inglés) se describe por los presentes inventores en su solicitud previa WO2008/059242. En este proceso, una chapa en bruto de aleación de Al es

tratada térmicamente en solución y transferida rápidamente a un conjunto de moldes fríos que se cierran inmediatamente para modelar el componente con forma. El componente conformado se mantiene en los moldes fríos durante el enfriamiento del componente conformado. Otros estudios revelaron deficiencias en este proceso y la presente invención representa una mejora del proceso descrito en WO2008/059242.

[0008] Según la presente invención, se proporciona un método de conformación de un componente de chapa de aleación de Al que comprende:

(i) calentar una chapa en bruto de aleación de Al hasta su temperatura de tratamiento térmico en solución en una estación de calentamiento y, en caso de aleaciones que no se sometan a revenido con endurecimiento por envejecimiento previo, mantener la temperatura de SHT hasta que se complete el tratamiento térmico en solución,

(ii) transferir la chapa en bruto a un conjunto de moldes fríos e iniciar la conformación en el plazo de 10 segundos a partir de la extracción de la estación de calentamiento de forma que se minimice la pérdida de calor de la chapa en bruto,

(iii) cerrar los moldes fríos para conformar la chapa en bruto en un componente con forma, llevándose a cabo dicha conformación en menos de 0,15 segundos, y

(iv) mantener el componente conformado en los moldes cerrados durante el enfriamiento del componente conformado.

[0009] El método reivindicado se podrá utilizar para cualquier aleación con una microestructura y propiedades mecánicas que puedan modificarse de forma útil mediante tratamiento en solución y endurecimiento por envejecimiento.

[0010] La presente invención difiere de la revelada en WO2008/059242, *inter alia,* por el cierre significativamente más rápido del molde. En WO2008/059242, el cierre más rápido del molde que se ejemplifica es de 2 segundos (es decir, más de un orden de magnitud más lento que el tiempo más lento contemplado por la presente invención). Como se explicará más en detalle a continuación, los inventores han descubierto a través de su amplia investigación que tales tiempos cortos son críticos para el éxito del proceso de HFQ.

[0011] En algunos modos de realización, el cierre del molde puede producirse en menos de 0,1 segundo o incluso menos de 0,05 segundos.

[0012] El periodo de mantenimiento del componente conformado en los moldes enfriados puede ser de menos de 4 segundos, menos de 2 segundos o incluso menos de 1 segundo dependiendo del grosor del componente. El periodo de mantenimiento solo necesita ser lo suficientemente largo para que el componente conformado alcance una temperatura de, por ejemplo, 250ºC o menos, de forma que se mantenga la microestructura requerida tras la extracción de los moldes. Se entiende que este periodo podría ser extremadamente corto para materiales finos.

[0013] Según el uso aquí realizado, la temperatura de tratamiento térmico en solución (SHT) es la temperatura a la que se lleva a cabo el SHT (normalmente dentro del intervalo de aproximadamente 50ºC de la temperatura líquida de la aleación). El SHT implica disolver los elementos de aleación tanto como sea posible en la matriz de aluminio.

[0014] El temple posterior en etapas (ii) a la (iv) evita la formación de precipitados (es decir, los componentes de aleación se mantienen en solución supersaturada) y también evita la deformación del componente conformado.

[0015] Claramente, la temperatura de SHT variará entre aleaciones. Sin embargo, una temperatura típica se encontraría en el intervalo de 450 a 600ºC y para determinadas aleaciones dentro del intervalo de 500 a 550ºC. En aquellos casos en los que se requiere completar el SHT, la temperatura de SHT se mantendrá típicamente durante un periodo de entre 20 y 60 minutos, por ejemplo, 30 minutos.

[0016] En el caso de aleaciones endurecidas por envejecimiento previo, como aquellas en el revenido T4, la fase de endurecimiento se mantiene en una solución sólida. Si el calentamiento es lo suficientemente rápido, la fase dispersa no se deteriorará de forma significativa durante el calentamiento y la fase de endurecimiento estará en solución tan pronto como se alcance la temperatura de SHT. De este modo, en el caso de aleaciones endurecidas por envejecimiento previo, el índice de calentamiento a la temperatura de SHT puede ser de al menos 2ºC/s o incluso 3ºC/s.

[0017] El tiempo de transferencia (entre el calentamiento y la conformación) debe ser tan rápido como sea posible y del orden de segundos, por ejemplo menos de 5 segundos o incluso menos de 3 segundos.

[0018] En determinados modos de realización, la velocidad de enfriamiento del componente conformado en los moldes es tal que el componente conformado se enfría por debajo de los 200ºC en menos de 10 segundos. En determinados modos de realización, los moldes se mantienen a una temperatura no superior a los 150ºC. La pérdida de calor natural de los moldes puede ser suficiente para mantenerlos a

una temperatura lo suficientemente baja. Sin embargo, puede aplicarse enfriamiento por agua o aire adicional en caso de que fuera necesario.

[0019] El método puede comprender un paso de envejecimiento artificial adicional para componentes de aleación de Al tratables por calor que comprende calentar el componente conformado a una temperatura de envejecimiento artificial y mantenerlo a esa temperatura para permitir que se produzca el endurecimiento por precipitación. Las temperaturas típicas se encuentran en el intervalo de 150 a 250ºC. Los tiempos de envejecimiento pueden variar considerablemente dependiendo de la naturaleza de la aleación. Los tiempos de envejecimiento típicos se encuentran en el intervalo de 5 a 40 horas. Para componentes de automoción, los tiempos de envejecimiento pueden ser del orden de minutos, p.ej., 20 minutos.

[0020] Las aleaciones de Al tratables por calor adecuadas para su uso en el proceso de la invención incluyen aquellas en las series 2XXX, 6XXX y 7XXX. Los ejemplos específicos incluyen AA6082 y 6111, comúnmente utilizados para usos de automoción y AA7075, que es usado para estructuras de alas de aviones.

[0021] Las aleaciones de Al no tratables por calor adecuadas para su uso en el proceso de la invención incluyen aquellas en las series 5XXX como AA 5754, una aleación de endurecimiento en solución para la que el proceso puede ofrecer beneficios al aumentar la resistencia a la corrosión.

[0022] Mediante el proceso de la invención se obtiene una parte conformada. Dichas partes pueden ser partes de automoción como paneles de puerta o carrocería.

[0023] Debería observase que la estampación en caliente con temple en moldes fríos no es nueva *per se*. Dicho proceso es conocido para las chapas de acero de especialistas. En el proceso, la chapa de acero se calienta lo suficiente para transformarse en una sola fase austenítica para lograr una mayor ductilidad. En el temple en moldes fríos la austenita se transforma en martensita, de forma que se logra la alta resistencia del componente conformado. Este proceso es desarrollado para tipos especiales de aceros, que tienen una alta temperatura de transformación en martensita con un requisito de índice de enfriamiento menor y se usa principalmente en la conformación de componentes de paneles de seguridad en la industria automovilística. (Aranda, L.G., Ravier, P., Chastel, Y., (2003). The 6th Int. ESAFORM Conference on Metal Forming, Salemo, Italia, 28-30, 199-202).

[0024] Los modos de realización de la invención se describirán en mayor medida a modo de ejemplo únicamente en relación con los dibujos que acompañan en los que:-

La Figura 1 es una representación esquemática del perfil de temperatura de un

componente cuando se lleva a cabo el método según la presente invención,

la Figura 2 es una gráfica de la temperatura frente al tiempo para un componente entre moldes de acero de herramientas planos, cuando se somete a varios huecos de contacto y presiones,

las Figuras 3a y 3b muestran un diseño de molde usado para evaluar la conformabilidad para varias condiciones, en una condición inicial (Figura 3a) y una condición posterior a la conformación (Figura 3b),

la Figura 3c y 3d muestran los resultados de procesos de conformación de 2s y 0,07s respectivamente, usando la configuración de molde de la Figura 3a.

[0025] El proceso se describe esquemáticamente en la Figura 1. En primer lugar, la chapa en bruto se calienta hasta su temperatura de SHT (A) (p.ej. 525ºC para AA6082) y después el material se mantiene a esta temperatura durante el periodo de tiempo requerido (p.ej., 30 minutos para AA6082) si se requiere SHT completo (B). A continuación, la chapa en bruto sometida a SHT se transfiere inmediatamente a la prensa y se sitúa en el molde inferior (C). Esta transferencia debería ser lo suficientemente rápida para asegurar una pérdida de calor mínima del aluminio al entorno que lo rodea (p.ej., menos de 5 segundos). Una vez que la chapa en bruto se encuentra en su lugar, el molde superior se baja de manera que forme el componente (D). La pérdida de calor durante el proceso de conformación debería también ser mínima, lo que se logra asegurando que el proceso sea rápido. Una vez se ha conformado completamente, el componente se mantiene entre el molde superior e inferior hasta que se enfría lo suficiente, permitiendo que se complete el proceso de temple de molde frío. Después, se lleva a cabo el envejecimiento artificial (E) para aumentar la resistencia del componente acabado (a saber, 9 horas a 190ºC para AA 6082). El envejecimiento puede combinarse con un proceso de cocción si se requiere el pintado posterior del producto conformado.

[0026] En una variante del proceso anterior, la aleación AA6082 se calienta a una velocidad de al menos 2ºC/s hasta que se alcanza la temperatura de SHT. Se omite el SHT (B) y la chapa en bruto se transfiere inmediatamente a la prensa para la conformación.

[0027] De forma importante, tanto el molde superior como el inferior se mantienen a una temperatura lo suficientemente baja para lograr un temple eficiente. En el ejemplo arriba mostrado, los moldes se mantuvieron por debajo de 150ºC. Debido a que las aleaciones de aluminio tienen un alto coeficiente de transferencia de calor y baja capacidad calorífica, la pérdida de calor del aluminio en los moldes fríos y el entorno

circundante será grande, proporcionando altos índices de temple. Esto permite que el estado de solución sólida supersaturada se mantenga en el estado templado.

[0028] El parámetro clave para el éxito del proceso de conformación es una velocidad de enfriamiento suficientemente alto en el temple en molde frío, de forma que se pueda controlar la conformación y el crecimiento de precipitados. De este modo, las partes de chapa de metal de alta resistencia puede fabricarse tras el envejecimiento artificial. El temple en moldes fríos no se practica tradicionalmente en aleaciones de endurecimiento por precipitación, ya que normalmente se requiere el temple al agua para lograr altos índices de enfriamiento de forma económica, de manera que la formación de precipitados puede evitarse en los límites del grano en esta fase del tratamiento térmico. Puesto que las aleaciones en cuestión son capaces de endurecimiento por precipitación, el temple con molde frío de hecho mantiene la máxima cantidad de elementos, que son susceptibles de precipitación al envejecer, en solución sólida para mejorar las propiedades. El efecto del temple en molde frío (índice de enfriamiento) está directamente relacionado con la temperatura del molde en funcionamiento, el grosor de la chapa de aleación de Al y las condiciones de contacto (como la presión de conformación, acabado superficial del espacio libre y lubricante). Se llevaron a cabo pruebas mecánicas para investigar si el índice de enfriamiento que usa el temple en molde frío es suficiente para lograr las propiedades mecánicas de los materiales tratados con calor.

Prueba 1- Temple entre moldes de acero de herramientas planos

[0029] En esta investigación, se han usado tres métodos de enfriamiento y se han comparado los resultados. En primer lugar, las muestras de chapa AA6082 con grosor de 1,5mm se calentaron hasta 525℃ y se mantuvieron durante 30 minutos para SHT. A continuación, las muestras (i) se templaron al agua, (ii) se templaron entre moldes de acero frío planos, y, (iii) se templaron con aire (enfriamiento natural). Para el temple entre moldes de acero frío planos, se situó un disco circular de la chapa de aleación entre los moldes con forma de manera correspondiente. Se unió una sonda de temperatura a la chapa de aleación hacia su periferia para monitorizar su perfil de temperatura. Se investigaron diversas condiciones aplicando espaciadores de distintos grosores entre la chapa y los moldes o poniendo la chapa en contacto con los moldes y aplicando diversas cargas sobre el molde superior. A continuación, las muestras fueron envejecidas a 190℃ durante 9 horas.

[0030] Se llevaron a cabo pruebas de tracción en algunas muestras sometidas a SHT

y temple mediante diversos medios y se muestran los resultados en la Tabla 1. El temple en molde frío sin aplicar presión (solo el peso del molde) resultó en una tensión de tracción del 95% del valor obtenido mediante el temple en agua (WQ, por sus siglas en inglés), que por lo general se cree que da la mejor respuesta de endurecimiento.

Tabla 1: mediciones de la resistencia para diversos métodos de temple

Método de temple	Límite elástico		Resistencia máxima		Ductilidad	
	σ_y (MPa)	% WQ	σ_u (MPa)	% WQ	ε_f (%)	%WQ
Templado en agua (WQ)	230	-	305	-	0,17	-
Templado en molde frío[1]	200	87	290	95	0,18	106
Templado al aire	122	53	210	69	0,22	129
[1]distancia del hueco 0,00 mm, no se aplica fuerza adicional.						

[0031] El perfil de temperatura observado durante el temple en molde frío se aporta en la Figura 2. Los trazos de A a C se encuentran en huecos del molde de 1,05 mm, 0,6mm y el 0,0mm respectivamente. El trazo D se encuentra en un hueco de 0,0 mm con una carga de 170 MPa aplicada sobre el molde superior. Puede verse en la Figura 2 que se observa un enfriamiento más rápido cuando existe un buen contacto entre la chapa de aleación y los moldes.

Prueba 2- Conformación de componentes hemisféricos

[0032] La configuración de la herramienta se representa esquemáticamente en la Figura 3a. La chapa en bruto 2 AA6082, calentada a 525℃ y enfriada posteriormente a 450℃, se colocó sobre el soporte de chapa en bruto inferior 3 y se sostuvo entre el soporte de chapa en bruto inferior 3 y el soporte de chapa en bruto superior 1 con la fuerza de muelles 5. La chapa en bruto fue punzada hasta una forma hemisférica mediante el punzón 4 (la velocidad de punzado se controló para definir el tiempo de conformación) y se mantuvo en el conjunto de moldes durante 10 segundos (figura 3b). En este investigación se usaron dos periodos de conformación (a saber, 0,07, 2 segundos) para conformar el mismo material de chapa de aleación de Al. La temperatura inicial del molde era de 22℃ y no se utilizó enfriamiento artificial del molde. La profundidad de la conformación fue de 23 mm, que es característica de un uso industrial típico.

[0033] El ejemplo comparativo que se conforma en 2 s fracasa como se muestra

mediante la rotura en el abovedado mostrado en la Figura 3c. Mientras que se logra una alta ductilidad, esto no se extiende a una buena conformabilidad. La ductilidad es la capacidad de un material de aguantar la deformación sin que falle. La conformabilidad es la capacidad de crear una forma en un material sin que falle. Para el caso presente, se puede pensar en la conformabilidad como la capacidad de tener una deformación dúctil y uniforme a lo largo del área de conformación. En el ejemplo comparativo, la deformación fue rápidamente localizada lo que causó el fallo temprano, a pesar de que se observa una respuesta dúctil.

[0034] Existen dos mecanismos que actúan para mejorar la conformabilidad cuando se aumenta la velocidad:

1. Hacia un perfil de temperatura uniforme

[0035] Esto afecta directamente al tiempo de conformación, puesto que la chapa comenzará a templarse de forma local rápidamente tan pronto como las regiones entren en contacto con el molde frío. Se han descubierto velocidades de temple de hasta 500℃ en condiciones concebidas como típicas para una operación HFQ, lo que lleva a gradientes térmicos de varios cientos de grados a través de la chapa. Esto es mucho mayor de lo que los inventores habían comprendido hasta el momento. Mediante la conformación durante un periodo de tiempo extremadamente corto, se minimiza la transferencia de calor durante la parte de conformación del proceso, y el perfil de temperatura en la pieza se mantiene prácticamente uniforme. La caída de temperatura exacta dependerá del contacto térmico entre la chapa y el molde y el grosor de la chapa.

2. Hacia una mejor respuesta del esfuerzo de flujo del material

[0036] Cuando se deforman chapas metálicas comunes a temperatura ambiente, experimentan un endurecimiento por medios mecánicos. El material se hace más fuerte a medida que se deforma y así la región que se deforma se redistribuirá rápidamente si sucede más deformación en una región que en otra. Es este mecanismo de endurecimiento por medios mecánicos lo que traduce la buena ductilidad de un material en buena conformabilidad. A una temperatura alta, el aluminio tiene muy poco endurecimiento por medios mecánicos y por ello, se produce rápidamente la localización y no se contrarresta por un material de fortalecimiento.

Afortunadamente, el aluminio presenta una respuesta del esfuerzo de flujo viscoplástica (dependiente del índice) a altas temperaturas. Si una región se está deformando considerablemente más rápido que sus regiones vecinas, la resistencia relativa será más alta y esto redistribuirá la deformación en cierta medida. Además, al aumentar la velocidad general del proceso, el material tendrá un esfuerzo de flujo más alto que "empuja" el material alrededor del molde de forma más eficaz. Finalmente, el endurecimiento por medios mecánicos será más prominente a índices de deformación superiores, maximizando el poco endurecimiento por medios mecánicos que haya. Esto está relacionado con la velocidad de conformación, lo que enlaza con el tiempo de conformación a través de la profundidad de conformación.

Reivindicaciones

1. Un método de conformación de un componente de chapa de aleación de Al que comprende:-

(i) calentar una chapa en bruto de aleación de Al hasta su temperatura de tratamiento térmico en solución en una estación de calentamiento y, en caso de aleaciones que no se encuentren en un revenido con endurecimiento por envejecimiento previo, mantener la temperatura de SHT hasta que se complete el tratamiento térmico en solución,

(ii) transferir la chapa en bruto a un conjunto de moldes fríos e iniciar la conformación en el plazo de 10 segundos a partir de la extracción de la estación de calentamiento de forma que se minimice la pérdida de calor de la chapa en bruto,

(iii) cerrar los moldes fríos para conformar la chapa en bruto en un componente con forma, llevándose a cabo dicha conformación en menos de 0,15 segundos, y

(iv) mantener el componente conformado en los moldes cerrados durante el enfriamiento del componente conformado.

2. Un método según la reivindicación 1, en el que el periodo de mantenimiento del componente conformado en los moldes cerrados es lo suficientemente largo como para que el componente conformado alcance una temperatura de 250°C o menos.

3. Un método según la reivindicación 2, en el que el periodo de mantenimiento del componente conformado en los moldes cerrados es inferior a 4 s.

4. Un método según la reivindicación 1, en el que la temperatura para el tratamiento térmico en solución (SHT, por sus siglas en inglés) se encuentra en el intervalo de 450 a 600°C.

5. Un método según la reivindicación 4, en el que la temperatura para el tratamiento térmico en solución (SHT, por sus siglas en inglés) se encuentra en el intervalo de 500 a 550°C.

6. Un método según la reivindicación 1, en el que la temperatura de SHT se mantiene durante un periodo de entre 20 y 60 minutos.

7. Un método según la reivindicación 1, en el que la velocidad de calentamiento a la temperatura de SHT es al menos de 2°C/s.

8. Un método según la reivindicación 1, en el que el tiempo de transferencia de la chapa en bruto a los moldes fríos es inferior a 5s.

9. Un método según la reivindicación 1, en el que el componente conformado se enfría por debajo de los 200°C en menos de 10 segundos.

10. Un método según la reivindicación 1, en el que los moldes se mantienen a una temperatura no superior a 150°C.

11. Un método según la reivindicación 1, que comprende una fase de envejecimiento artificial adicional de calentamiento del componente conformado a una temperatura de envejecimiento artificial y mantener el componente conformado a esa temperatura para permitir que ocurra el endurecimiento por precipitación.

12. Un método según la reivindicación 1, llevado a cabo en una aleación de Al tratable por calor en las series 2XXX, 6XXX y 7XXX.

13. Un método según la reivindicación 1, llevado a cabo en una aleación de Al no tratable por calor en la serie 5XXX.

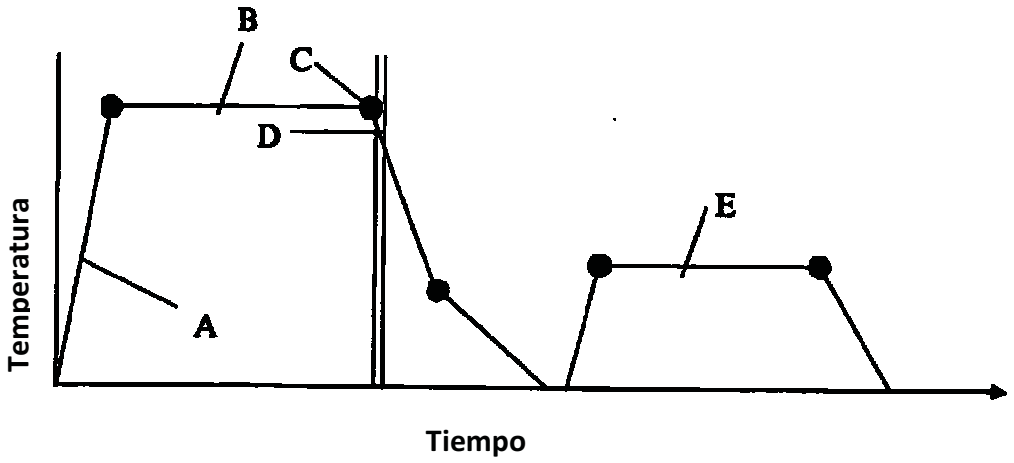

Figura 1

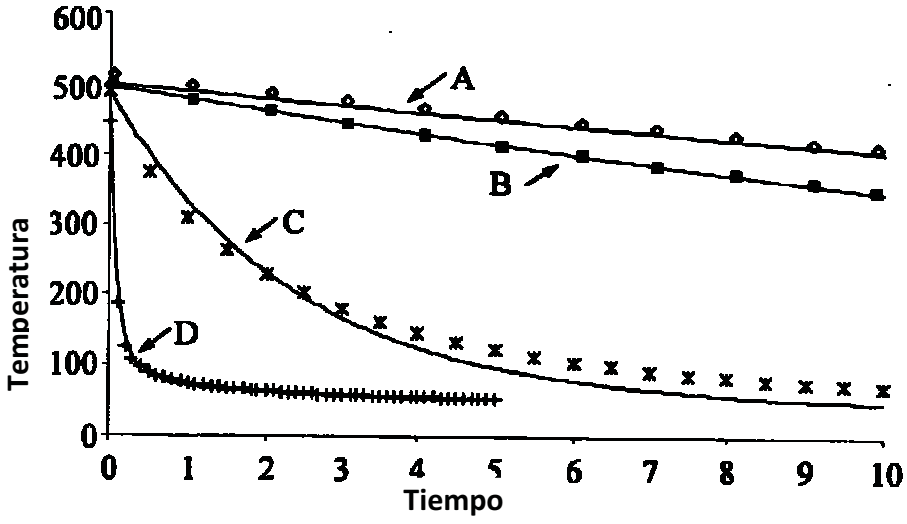

Figura 2

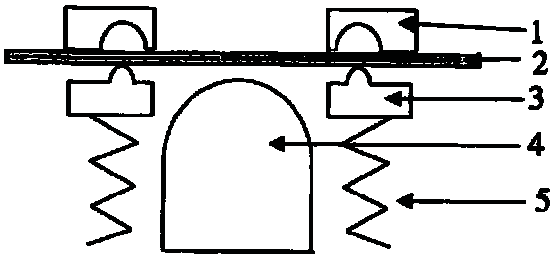

Figura 3a

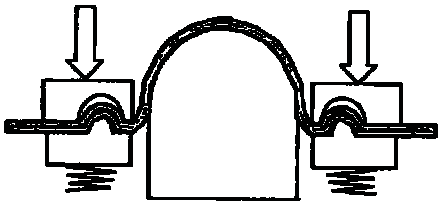

Figura 3b

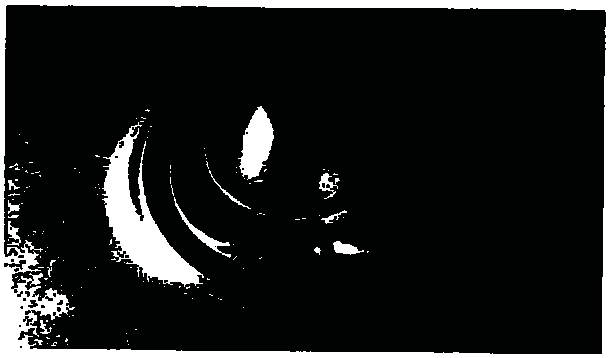

Figura 3c

Figura 3d