

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 835**

51 Int. Cl.:

C22C 21/00	(2006.01)
C22C 21/06	(2006.01)
C22C 21/08	(2006.01)
C22C 21/10	(2006.01)
C22F 1/043	(2006.01)
C22F 1/047	(2006.01)
C22F 1/05	(2006.01)
C22F 1/053	(2006.01)
C22F 1/057	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.10.2016 PCT/US2016/055415**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **13.04.2017 WO17062403**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.10.2016 E 16784339 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2020 EP 3359700**

54 Título: **Un procedimiento de conformado en caliente de una aleación de aluminio endurecido**

30 Prioridad:

08.10.2015 US 201562239008 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.04.2021

73 Titular/es:

**NOVELIS INC. (100.0%)
3560 Lenox Road, Suite 2000
Atlanta, GA 30326, US**

72 Inventor/es:

**BASSI, CORRADO;
COMBAZ, ETIENNE;
DESPOIS, AUDE;
ROMAIN, PASQUIER;
FUMEAUX, MAUDE y
RICHARD, JULIE**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 819 835 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

Un procedimiento de conformado en caliente de una aleación de aluminio endurecido

5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

La presente solicitud reivindica la prioridad y el beneficio de depósito de la solicitud de patente provisional de EE.UU. ser. n.º 62/239.008 depositada el 8 de octubre de 2015.

10 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de las aleaciones de aluminio y campos relacionados.

Antecedentes

15

Las aleaciones de aluminio combinan baja densidad con resistencia estructural y resistencia a choques, lo que las hace atractivas para la producción de piezas estructurales y de carrocería en la industria del automóvil. Sin embargo, las aleaciones de aluminio tienen menor conformabilidad en comparación con el acero con calidad de estirado. En algunos casos, la conformabilidad relativamente baja de las aleaciones de aluminio puede conducir a dificultades para obtener buenos diseños de piezas y crean problemas de falla debido a la fractura o arrugamiento. El conformado en caliente de láminas de aleación de aluminio se utiliza en la industria del automóvil para superar estos desafíos, ya que las aleaciones de aluminio presentan una mayor conformabilidad a temperaturas elevadas. Generalmente, el conformado en caliente es el procedimiento de deformar metal a una temperatura elevada. El conformado en caliente puede maximizar la maleabilidad del metal, pero puede crear sus propios desafíos. En algunos casos, el calentamiento puede afectar negativamente las propiedades mecánicas de una chapa de aleación de aluminio. Las chapas de aleación de aluminio calentadas pueden presentar una resistencia disminuida durante las operaciones de estampado, y las características de resistencia disminuida pueden persistir después del enfriamiento de la chapa de aleación. El calentamiento de las chapas de aleación de aluminio también puede conducir a un mayor adelgazamiento de las piezas de aleación de aluminio durante las operaciones de estampado. Por ejemplo, el calentamiento de una aleación de aluminio facilita los procedimientos de precipitación y disolución dentro de la aleación, lo que puede conducir a la recristalización y al crecimiento de granos que pueden cambiar la estructura de la aleación y afectar negativamente sus propiedades mecánicas. Se sabe que los procedimientos anteriores se producen en aleaciones de aluminio endurecido, por ejemplo, aleaciones de la serie 6XXX en temple T6 o T61, lo que conduce a características de resistencia disminuidas.

35

Las aleaciones de aluminio endurecibles por envejecimiento y tratables térmicamente, como las aleaciones de aluminio 2XXX, 6XXX y 7XXX, que se utilizan a menudo para la producción de paneles en vehículos de motor, se proporcionan típicamente al fabricante en forma de una chapa de aluminio en un temple dúctil T4, con el fin de permitir al fabricante producir los paneles de automoción deseados mediante estampado o prensado. Para producir piezas funcionales de vehículos de motor que cumplan con las especificaciones de resistencia requeridas, las piezas producidas a partir de una aleación de aluminio en temple T4 se someten típicamente a un tratamiento térmico posterior a la producción y posteriormente se endurecen por envejecimiento, natural o artificialmente, para aumentar su resistencia. Por ejemplo, las aleaciones de aluminio 6XXX pueden envejecerse artificialmente a temperatura elevada para convertir la aleación de aluminio en temples T6 o T61. Las aleaciones de aluminio endurecido tienen menor conformabilidad, lo que afecta negativamente la capacidad de los fabricantes para darles forma. Es deseable mejorar la conformabilidad de estas aleaciones, por ejemplo, elevando su temperatura sin afectar negativamente a su estructura y características mecánicas.

40

45

En consecuencia, los fabricantes de piezas de aleación de aluminio necesitan procedimientos mejorados de conformado en caliente para aleaciones de aluminio endurecido, como las aleaciones en temple T6 o T61, para producir el aluminio que utilizan para fabricar piezas.

50

Resumen

Las realizaciones abarcadas de la invención están definidas por las reivindicaciones, no por este resumen. Este resumen es una descripción general de alto nivel de diversos aspectos de la invención e introduce algunos de los conceptos que se describen con más detalle en la sección Descripción detallada a continuación. Este resumen no pretende identificar las características claves o esenciales de la materia reivindicada, ni se pretende que se utilice aisladamente para limitar el alcance de la materia reivindicada. La materia objeto debe entenderse como referencia a las partes apropiadas de la memoria descriptiva completa, cualquiera o todos los dibujos y a cada reivindicación.

60

Se describen los procedimientos para dar forma a las aleaciones de aluminio endurecibles por envejecimiento. La materia objeto de la presente invención se define en las reivindicaciones. Los procedimientos descritos pueden permitir el tratamiento térmico bajo los parámetros de calentamiento descritos para mejorar la conformabilidad de la aleación de aluminio, mientras se mantienen las características de resistencia apropiadas de las aleaciones. Los procedimientos descritos en esta invención también pueden limitar el adelgazamiento de las piezas de aleación de aluminio durante el estampado.

Los procedimientos de conformado de un artículo fabricado a partir de una aleación de aluminio endurecida, endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente, donde la aleación de aluminio endurecida, endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente es una aleación de la serie 6XXX incluyen calentar el artículo a una temperatura en el intervalo de 125 °C a 425 °C a una velocidad de calentamiento especificada dentro del intervalo de 3 °C/s a 200 °C/s, por ejemplo de aproximadamente 3 °C/s a aproximadamente 90 °C/s, y en segundo lugar, dar forma al artículo, donde dar forma al artículo comprende cortar, estampar, prensar, conformar a presión o estirar, y donde el artículo está en temple T5, T6 o T61 antes de la etapa de calentamiento. El calentamiento de la aleación de aluminio puede ser antes y/o simultáneamente con una etapa de conformado. En algunos casos, el calentamiento del artículo a una temperatura puede incluir el calentamiento a una temperatura de 125 °C a 325 °C, 150 °C a 250 °C o 150 °C a 200 °C. Dichas combinaciones de temperatura y velocidad de calentamiento pueden dar como resultado una combinación ventajosa de las propiedades de la chapa de aleación de aluminio o de la pieza en bruto, tal como una combinación de conformabilidad y resistencia a la tracción en el estado calentado.

En algunos casos, el artículo es una chapa. El artículo es una aleación de aluminio 6XXX. El artículo está en temple T5, temple T6 o temple T61 antes de la etapa de calentamiento. En algunos casos, el artículo está en temple T61 después de la etapa de calentamiento. En otros casos, el artículo está en temple T6 después de la etapa de calentamiento.

En algunos casos, el tratamiento térmico realizado con los parámetros de calentamiento descritos en esta invención puede mejorar la conformabilidad de la aleación de aluminio, mientras mantiene su resistencia dentro de límites aceptables y limita el adelgazamiento de las piezas de aleación de aluminio durante el estampado. En algunos casos, el alargamiento puede servir como indicador de conformabilidad; las chapas y los artículos con mayor alargamiento pueden tener una buena conformabilidad. En algunos casos, la tensión de ingeniería del artículo calentado es de 50 a 300 MPa, o de aproximadamente 50 a 250 MPa, o de aproximadamente 50 a aproximadamente 200 MPa. En algunos casos, según los procedimientos descritos en esta invención, el alargamiento del artículo se puede aumentar en hasta aproximadamente del 3 % hasta aproximadamente el 20 % en comparación con el artículo antes del calentamiento. En algunos casos, las características de resistencia y la capacidad de envejecimiento de la chapa o artículo de aleación de aluminio calentado pueden conservarse después del tratamiento térmico.

En algunos ejemplos, el procedimiento de conformado de un artículo puede comprender opcionalmente una etapa de enfriamiento del artículo conformado. En algunos casos, el procedimiento de conformado de un artículo puede incluir opcionalmente una segunda etapa de conformado después de la etapa de enfriamiento. En algunos de estos ejemplos, el alargamiento del artículo resultante de la segunda etapa de conformado está entre aproximadamente el 75 % y aproximadamente el 125 % (por ejemplo, un 100 % adicional) del alargamiento del artículo calentado resultante de la primera etapa de conformado. En algunos ejemplos, el alargamiento de un artículo resultante de un procedimiento que incluye una segunda etapa de conformado puede ser mayor en comparación con el alargamiento de un artículo calentado resultante de una única etapa de conformado en caliente.

En algunos ejemplos, el tratamiento térmico se logra mediante calentamiento por inducción, aunque se pueden emplear otros procedimientos de calentamiento, como se explica con más detalle. Los procedimientos descritos pueden incorporarse en las líneas de producción y los procedimientos empleados en las industrias de transporte y del automóvil, por ejemplo, la industria del transporte para la fabricación de piezas de aluminio, tales como paneles de carrocería de automóviles, o piezas de trenes, aviones, barcos, embarcaciones y vehículos espaciales. Los procedimientos descritos no se limitan a la industria automotriz o, de manera más general, a la industria del automóvil, y pueden emplearse ventajosamente en otras áreas que implican la fabricación de artículos de aluminio.

Otros objetivos y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de las figuras

La figura 1 es un gráfico de líneas que muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de aleación AA6016 en diferentes temples, tratadas como sigue: la muestra de T4 se envejeció a temperatura ambiente durante 1 mes; la

muestra de T61 se obtuvo a partir de una muestra de temple T4 mediante tratamiento térmico a 140 °C durante 14 horas; la muestra de T6 se obtuvo a partir de una muestra de T4 mediante tratamiento térmico a 180 °C durante 14 horas. La deformación de ingeniería (%) se traza en el eje X. La tensión de ingeniería (MPa) se traza en el eje Y.

5 La figura 2 es una fotografía de una muestra de una aleación de aluminio de muestra utilizada para la prueba de tracción.

La figura 3 es un gráfico de líneas que muestra las curvas de calentamiento de muestras de aleación AA6016 en temple T4 calentadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s. Las flechas indican el inicio de la prueba de tracción. El tiempo (segundos) se traza en el eje X. La temperatura (°C) se representa en el eje Y.

La figura 4 es un gráfico de líneas que muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de aleación AA6016 en temple T61 calentadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s. También se muestra una curva de tensión-deformación de una muestra de aleación AA6016 a temperatura ambiente ("TA"). La línea continua vertical representa el alargamiento total de la muestra a temperatura ambiente (TA). La línea de puntos vertical representa un aumento en el alargamiento total del 3 %, en comparación con el alargamiento total de la muestra a temperatura ambiente. Se muestran los porcentajes de alargamiento a cada temperatura. La deformación de ingeniería (%) se traza en el eje X. La tensión de ingeniería (MPa) se traza en el eje Y.

La figura 5 es un gráfico de líneas que muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de aleación AA6016 en temple T6 calentadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s. También se muestra una curva de tensión-deformación de una muestra de aleación AA6016 a temperatura ambiente ("TA"). La línea continua vertical representa el alargamiento total de la muestra a temperatura ambiente (TA). La línea de puntos vertical representa un aumento en el alargamiento total del 5 %, en comparación con el alargamiento total de la muestra a temperatura ambiente. Se muestran los porcentajes de alargamiento a cada temperatura. La deformación de ingeniería (%) se traza en el eje X. La tensión de ingeniería (MPa) se traza en el eje Y.

La figura 6 es un diagrama de líneas que muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de aleación AA6016 en temple T61 calentadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s, enfriado con agua y, después del enfriamiento con agua, envejecido durante 1 semana a temperatura ambiente. La prueba de tracción se realizó a temperatura ambiente. También se muestra una curva de tensión-deformación de una muestra de aleación AA6016 mantenida a temperatura ambiente ("TA"). La deformación de ingeniería (%) se traza en el eje X. La tensión de ingeniería (MPa) se traza en el eje Y.

La figura 7 es un diagrama de líneas que muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de aleación AA6016 en temple T6 calentadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s, enfriado con agua y, después del enfriamiento con agua, envejecido durante 1 semana a temperatura ambiente. La prueba de tracción se realizó a temperatura ambiente. También se muestra una curva de tensión-deformación de una muestra de aleación AA6016 mantenida a temperatura ambiente ("TA") con fines comparativos. La deformación de ingeniería (%) se traza en el eje X. La tensión de ingeniería (MPa) se traza en el eje Y.

La figura 8 es un gráfico de líneas que muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de aleación AA6016 en temple T6 calentadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a velocidades de 90 °C/s o 3 °C/s, enfriado con agua y, después del enfriamiento con agua, envejecido durante 1 semana a temperatura ambiente. La prueba de tracción se realizó a temperatura ambiente. También se muestra una curva de tensión-deformación de una muestra de aleación AA6016 mantenida a temperatura ambiente ("TA") y de una muestra de aleación AA6016 en temple T4 ("Ref T4"). La deformación de ingeniería (%) se traza en el eje X. La tensión de ingeniería (MPa) se traza en el eje Y.

La figura 9 es un gráfico de barras que muestra los resultados de las mediciones de conductividad eléctrica comparativas de muestras de aleación AA6016 después del tratamiento térmico de conformado en caliente. Antes de la medición de la conductividad, las muestras en temple T6 se calentaron a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a velocidades de 90 °C/s (barra de histograma derecha de cada par) y 3 °C/s (barra de histograma izquierda de cada par), se enfrió con agua y posteriormente se envejeció durante 1 semana a temperatura ambiente. La línea horizontal indica el nivel de conductividad esperado de las muestras AA6016 en temple T4. La temperatura (°C) se traza en el eje X. La conductividad (MS/m) se traza en el eje Y.

La figura 10 es un gráfico de barras que muestra los resultados de las mediciones de conductividad eléctrica comparativas de muestras de aleación AA6016 después del tratamiento térmico de conformado en caliente. Antes de una medición de conductividad, las muestras en temple T61 (barra de histograma izquierda de cada par) y temple T6 5 (barra de histograma derecha de cada par) se calentaron a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s, se enfrió con agua y posteriormente se envejeció durante 1 semana a temperatura ambiente. La línea horizontal indica el nivel de conductividad esperado de las muestras AA6016 en temple T4. La temperatura (°C) se traza en el eje X. La conductividad (MS/m) se traza en el eje Y.

10 La figura 11 es un gráfico de líneas que muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de aleación AA6016 calentadas en temple T6 calentadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 3 °C/s. La prueba de tracción se realizó a la temperatura indicada. También se muestra una curva de tensión-deformación de una muestra de aleación AA6016 a temperatura ambiente ("TA"). La deformación de ingeniería (%) se traza en el eje X. La tensión de ingeniería (MPa) se traza en el eje Y.

15 La figura 12 es una fotografía de una aleación estampada utilizada para la prueba. La aleación que se muestra en la figura 12 fue estampada a temperatura ambiente y no presentó falla durante el conformado.

La figura 13 es una fotografía de una aleación estampada utilizada para la prueba. La aleación que se muestra en la 20 figura 13 se precalentó a 200 °C y no presentó falla durante el conformado.

La figura 14 es una fotografía de una aleación estampada utilizada para la prueba. La aleación que se muestra en la figura 14 se precalentó a 250 °C y no presentó falla durante el conformado.

25 La figura 15 es una fotografía de una aleación estampada utilizada para la prueba. La aleación que se muestra en la figura 15 se precalentó a 350 °C y no presentó falla durante el conformado.

La figura 16 es una fotografía de una aleación estampada utilizada para la prueba. La aleación que se muestra en la figura 16 se precalentó a 200 °C y no presentó falla durante el conformado.

30 La figura 17 es una fotografía de una aleación estampada utilizada para la prueba. La aleación que se muestra en la figura 17 se precalentó a 250 °C y no presentó falla durante el conformado.

La figura 18 es una fotografía de una aleación estampada utilizada para la prueba. La aleación que se muestra en la 35 figura 18 se precalentó a 350 °C y no presentó falla durante el conformado.

La figura 19 es un gráfico de líneas que muestra los resultados de la prueba de resistencia a la tracción de las muestras de aleación precalentadas y conformadas descritas en los ejemplos 5 y 6.

40 Descripción detallada

Los términos "invención", "la invención", "esta invención" y "la presente invención" utilizados en esta invención pretenden referirse ampliamente a toda la materia objeto de esta solicitud de patente y a las reivindicaciones a 45 descrita en esta invención ni limitan el significado o el alcance de las reivindicaciones de la patente a continuación.

En esta descripción, se hace referencia a las aleaciones identificadas por los números AA y otras designaciones relacionadas, como "series" o "7xxx". Para comprender el sistema de designación de números más comúnmente utilizado para nombrar e identificar el aluminio y sus aleaciones, véase "International Alloy Designations and Chemical 50 Composition Limits for Wrought Aluminum and Wrought Aluminum Alloys" o "Registration Record of Aluminum Association Alloy Designations and Chemical Compositions Limits for Aluminum Alloys in the Form of Castings and Ingot," ambos publicados por The Aluminum Association.

Como se usan en esta invención, el significado de "un", "una" y "el/la" incluyen las referencias en singular y plural, a 55 menos que el contexto dicte claramente lo contrario.

En los siguientes ejemplos, las aleaciones de aluminio se describen en términos de su composición elemental en porcentaje en peso (% en peso). En cada aleación, el resto es aluminio, con un % en peso máximo del 0,15 % para la suma de todas las impurezas.

60

A menos que se especifique lo contrario en esta invención, temperatura ambiente se refiere a una temperatura entre aproximadamente 20 °C y aproximadamente 25 °C, incluidos 20 °C, 21 °C, 22 °C, 23 °C, 24 °C o 25 °C.

A menos que se especifique lo contrario, el tratamiento térmico generalmente se refiere a calentar una chapa o artículo de aleación a una temperatura suficiente para conformar en caliente la chapa o artículo de aleación. El tratamiento térmico para el conformado en caliente se puede realizar antes de y/o simultáneamente con la etapa de conformado, de modo que el conformado se realiza sobre la chapa o artículo de aleación de aluminio calentado.

Aleaciones y artículos de aluminio

10

Los procedimientos descritos se llevan a cabo con aleaciones de aluminio de la serie 6XXX. Las aleaciones de aluminio de la serie 6XXX que se someten a los procedimientos descritos son aleaciones de aluminio endurecidas, tratables térmicamente y endurecibles por envejecimiento (por ejemplo, aleaciones que pueden reforzarse mediante tratamiento térmico y/o envejecimiento). Los ejemplos no limitativos incluyen, AA6010, AA6013, AA6056, AA6111, AA6016, AA6014, AA6008, AA6005, AA6005A, AA6120 y AA6170.

15

Las aleaciones de aluminio ejemplares pueden comprender los siguientes constituyentes además del aluminio (todos expresados en porcentaje en peso (% en peso)): Si: 0,4-1,5 % en peso, Mg: 0,3-1,5 % en peso, Cu: 0-1,5 % en peso, Mn: 0-0,40 % en peso y Cr: 0-0,30 % en peso. En otro ejemplo, las aleaciones de aluminio pueden comprender los siguientes constituyentes además del aluminio: Si: 0,5-1,4 % en peso, Mg: 0,4-1,4 % en peso, Cu: 0-1,4 % en peso, Mn: 0-0,35 % en peso y Cr: 0-0,25 % en peso. En otro ejemplo más, las aleaciones de aluminio pueden comprender los siguientes constituyentes además del aluminio: Si: 0,6-1,3 % en peso, Mg: 0,5-1,3 % en peso, Cu: 0-1,3 % en peso, Mn: 0-0,30 % en peso y Cr: 0-0,2 % en peso. En otro ejemplo más, las aleaciones de aluminio pueden comprender los siguientes constituyentes además del aluminio: Si: 0,7-1,2 % en peso, Mg: 0,6-1,2 % en peso, Cu: 0-1,2 % en peso, Mn: 0-0,25 en peso% y Cr: 0-0,15 % en peso. Una composición de una aleación de aluminio puede afectar su respuesta al tratamiento térmico. Por ejemplo, la resistencia durante o después del tratamiento térmico puede verse afectada por una cantidad de Mg o de precipitados de Cu-Si-Mg presentes en la aleación.

Las aleaciones de aluminio adecuadas para su uso en los procedimientos descritos se proporcionan en un estado endurecido. En algunos casos, el endurecimiento para aumentar la resistencia de las aleaciones de aluminio implica al menos las siguientes etapas: tratamiento térmico en solución para lograr la disolución de las fases solubles, que se produce cuando la aleación se trata térmicamente sumergiendo la aleación a una temperatura suficientemente alta y durante un tiempo prolongado suficiente para lograr una solución sólida casi homogénea; enfriamiento para lograr el desarrollo de sobresaturación; y endurecimiento por envejecimiento para lograr la precipitación de átomos de soluto a temperatura ambiente (envejecimiento natural) o temperatura elevada (envejecimiento artificial o tratamiento térmico por precipitación). "Envejecimiento artificial" o "endurecimiento por envejecimiento artificial" (que también se puede denominar "tratamiento térmico por precipitación") puede referirse a un tratamiento de 115 a 190 °C durante 5-48 horas para lograr una mejora en las propiedades de resistencia y dureza de la aleación de aluminio. "Envejecimiento natural" o "endurecimiento por envejecimiento natural" es el envejecimiento a temperatura ambiente, durante el cual la precipitación y un estado sustancialmente estable se logra típicamente en un periodo de días.

Se pueden proporcionar aleaciones de aluminio adecuadas en temple T6, T61 o T5. La designación "T6" es una designación de temple para aleaciones de aluminio en las que la aleación se trató térmicamente en solución y a continuación se envejeció artificialmente. En comparación, la designación "temple T4" significa que una aleación de aluminio se trató térmicamente en solución y se envejeció naturalmente hasta una condición sustancialmente estable (pero no se envejeció artificialmente). Una aleación de aluminio en temple T6 puede tener un alargamiento más bajo pero un límite elástico más alto que la misma aleación en temple T4. El término "temple T61" se usa en esta invención para indicar un temple intermedio entre T4 y T6, con mayor límite elástico pero menor alargamiento que una aleación en temple T4, y con menor límite elástico pero mayor alargamiento que en temple T6. "T5" es una designación de temple para las aleaciones de aluminio que se enfriaron a partir de un procedimiento de conformado a temperatura elevada y a continuación se envejecieron artificialmente. En algunos ejemplos de los procedimientos descritos en esta invención, la aleación de aluminio permanece en el mismo temple (es decir, T6, T61 o T5) después de la etapa de tratamiento térmico que antes de la etapa de tratamiento térmico.

Los artículos de aleación de aluminio que pueden someterse a los procedimientos de conformado en caliente descritos pueden denominarse "artículo de partida" o "material de partida" e incluyen chapas, placas, tubos, tuberías, perfiles y otros siempre que se alcance la velocidad de calentamiento. Los términos "artículo", "material" y "pieza" pueden usarse indistintamente en esta invención. Los procedimientos de conformado en caliente descritos se pueden utilizar en cualquier artículo de aluminio que pueda endurecerse por envejecimiento y tratarse térmicamente. Una chapa de aleación de aluminio que puede usarse como material de partida en los procedimientos descritos se puede producir

60

en forma de chapa con un espesor deseado (calibre), por ejemplo, en un espesor adecuado para la producción de piezas de vehículos de motor. Una chapa de aleación de aluminio puede ser una chapa de aluminio laminada producida a partir de lingotes, palanquillas, planchas, tiras o similares de aleación de aluminio.

- 5 Pueden emplearse diferentes procedimientos para fabricar la chapa o placa de aluminio siempre que esté en un estado endurecido, es decir, T6, T61 o T5, antes del procedimiento de conformado en caliente. Por ejemplo, la chapa de aleación de aluminio se puede producir mediante un procedimiento que comprende: colada en frío directo de la aleación de aluminio en un lingote; laminado en caliente del lingote para hacer una chapa; y laminado en frío de la chapa hasta un calibre final. Puede emplearse colada continua o colada en plancha en lugar de colada en frío directo para hacer el material de partida que se procesa en una chapa. El procedimiento de producción de chapas de aleación de aluminio también puede incluir recocido o tratamiento térmico en solución, es decir, un procedimiento de calentamiento de la aleación a una temperatura adecuada y mantenerla a esa temperatura el tiempo suficiente para hacer que uno o más constituyentes entren en una solución sólida y a continuación enfriar lo suficientemente rápido para mantener estos constituyentes en solución. En algunos casos, la chapa y/o placa de aleación de aluminio puede tener un espesor de aproximadamente 0,4 mm a aproximadamente 10 mm, o de aproximadamente 0,4 mm a aproximadamente 5 mm.

La chapa de aleación de aluminio se puede desenrollar o aplanar antes de realizar los procedimientos descritos. La chapa de aleación de aluminio se puede seccionar, por ejemplo, cortando en artículos precursores de aleación de aluminio o formas denominadas "piezas en bruto", tales como "piezas en bruto de estampado", es decir, precursoras del estampado. Entre los artículos que se pueden tratar según los procedimientos descritos se incluyen "piezas en bruto" o "piezas en bruto de estampado". El término "artículo" o "material" puede referirse a los artículos proporcionados antes de realizar los procedimientos descritos, a los artículos que están siendo tratados o sometidos a los procedimientos descritos, así como a los artículos obtenidos después de los procedimientos descritos, incluidos los artículos que fueron sometidos a etapas o procedimientos adicionales. Por ejemplo, un artículo puede preformarse o someterse a otros procedimientos, procedimientos y etapas antes del conformado en caliente según los procedimientos descritos. En otro ejemplo, un artículo puede postformarse o someterse a otros procedimientos, procedimientos y etapas después del conformado en caliente según los procedimientos descritos. Un artículo se puede formar en una forma final después del conformado en caliente utilizando uno o más de las etapas de estampado y/o de estirado. Un artículo puede someterse a un tratamiento térmico posterior al conformado o pintura después de los procedimientos descritos. En otro ejemplo, un artículo puede envejecerse para aumentar su resistencia. Los artículos de aleación de aluminio producidos durante la realización de los procedimientos descritos pueden denominarse artículos o productos conformados.

- 35 Los artículos de aleación de aluminio incluyen artículos de aleación de aluminio de forma bidimensional y tridimensional. Un ejemplo de artículo de aleación es una chapa aplanada o desenrollada, otro ejemplo es un artículo plano cortado de una chapa, sin darle más forma. Otro ejemplo es un artículo de aleación de aluminio no plano producido mediante un procedimiento que implica una o más etapas de conformado tridimensional, como doblar, estampar, prensar, conformar a presión o estirar. Tal artículo de aleación de aluminio no plano puede denominarse "estampado", "prensado", "conformado a presión", "estirado", "conformado en tres dimensiones" u otros términos similares. Antes de ser conformado según los procedimientos de conformado en caliente descritos, un artículo de aleación de aluminio se puede preformar mediante otro procedimiento, etapa o combinación de etapas de "conformado en caliente" o "conformado en frío". "Conformado en frío" significa que no se aplica calor adicional al artículo antes o durante el conformado. Los artículos de aleación de aluminio producidos utilizando los procedimientos descritos, que pueden denominarse artículos o productos conformados, se incluyen en los ejemplos descritos en esta invención.

Los procedimientos descritos se pueden emplear ventajosamente en las industrias de transporte y del automóvil, que incluyen, pero no se limitan a, fabricación de automóviles, fabricación de camiones, fabricación de barcos y embarcaciones, fabricación de trenes, aviones y fabricación de vehículos espaciales. Algunos ejemplos no limitativos de piezas de vehículos de motor incluyen paneles de piso, paredes traseras, balancines, capós de motor, guardabarros, techos, paneles de puertas, pilares B, largueros, costados de la carrocería, balancines o miembros de choque. El término "vehículo de motor" y los términos relacionados tal como se usan en esta invención no se limitan a automóviles e incluyen diversas clases de vehículos, tales como automóviles, coches, autobuses, motocicletas, vehículos marinos, vehículos todo terreno, camiones ligeros, camiones o camionetas. Sin embargo, los artículos de aleación de aluminio no se limitan a piezas de vehículos de motor; se prevén otros tipos de artículos de aluminio fabricados según los procedimientos descritos en esta solicitud. Por ejemplo, los procedimientos descritos pueden emplearse ventajosamente en la fabricación de diversas piezas de dispositivos o maquinaria mecánicos y de otro tipo, incluidas armas, herramientas, cuerpos de dispositivos electrónicos y otras piezas y dispositivos.

- 60 Los artículos de aleación de aluminio pueden estar compuestos o ensamblados a partir de múltiples piezas. Por

ejemplo, las piezas de un vehículo de motor pueden ensamblarse a partir de más de una pieza (como el capó de un automóvil, que tiene un panel interior y exterior, o una puerta de automóvil, que tiene un panel interior y otro exterior, o una carrocería de vehículo de motor al menos parcialmente ensamblada que tiene varios paneles). Además, dichos artículos de aleación de aluminio compuestos o ensamblados a partir de múltiples piezas pueden ser adecuados para los procedimientos de conformado en caliente descritos después de que se ensamblen o ensamblen parcialmente. Además, en algunos casos, los artículos de aleación de aluminio pueden contener piezas o secciones que no sean de aluminio, como piezas o secciones que contengan o estén fabricadas a partir de otros metales o aleaciones metálicas (por ejemplo, aleaciones de acero o titanio). En algunos ejemplos, los artículos de aleación de aluminio pueden tener un núcleo y una estructura revestida, con una capa revestida en uno o ambos lados de la capa central.

10

Calentamiento

Dar forma a chapas de aluminio o artículos fabricados a partir de dichas chapas implica calentar las aleaciones, las chapas o los artículos. El calentamiento de las chapas o los artículos se realiza a una temperatura especificada o a una temperatura dentro de un intervalo especificado y a una velocidad de calentamiento especificada o a una velocidad de calentamiento dentro de un intervalo especificado. Las temperaturas, las velocidades de calentamiento o sus intervalos, o combinaciones de ellos, pueden denominarse "parámetros de calentamiento". En los procedimientos descritos en esta invención, la chapa o el artículo se calienta a una temperatura de aproximadamente 125-425 °C, 150-425 °C, 175-425 °C, 200-425 °C, 225-425 °C, 250-425 °C, 275-425 °C, 300-425 °C, 325-400 °C, 350-400 °C, 375-400 °C, 125-375 °C, 125-375 °C, 150-375 °C, 175-375 °C, 200-375 °C, 225-375 °C, 250-375 °C, 275-375 °C, 300-375 °C, 325-375 °C, 350-375 °C, 125-350 °C, 150-350 °C, 175-350 °C, 200-350 °C, 225-350 °C, 250-350 °C, 275-350 °C, 300-350 °C, 325-350 °C, 125-325 °C, 150-325 °C, 175-325 °C, 200-325 °C, 225-325 °C, 250-325 °C, 275-325 °C, 300-325 °C, 125-300 °C, 150-300 °C, 175-300 °C, 200-300 °C, 225-300 °C, 250-300 °C, 275-300 °C, 125-275 °C, 150-275 °C, 175-275 °C, 200-275 °C, 225-275 °C, 250-275 °C, 125-250 °C, 150-250 °C, 175-250 °C, 200-250 °C, 225-250 °C, 250-275 °C, 125-225 °C, 150-225 °C, 175-225 °C, 200-225 °C, 125-200 °C, 150-200 °C, 175-200 °C, 125-175 °C, 150-175 °C o 125-150 °C, por ejemplo, hasta 150 °C, 175 °C, 200 °C, 225 °C, 250 °C, 275 °C, 300 °C, 325 °C o 350 °C.

En los procedimientos descritos se puede utilizar una velocidad de calentamiento de 3-90 °C/s, 10-90 °C/s, 20-90 °C/s, 30-90 °C/s, 40-90 °C/s, 50-90 °C/s, 60-90 °C/s, 70-90 °C/s u 80-90 °C/s. En algunos ejemplos, se emplea una velocidad de calentamiento de 90 °C/s. En otros ejemplos, se emplea una velocidad de calentamiento de 3 °C/s. En algunos ejemplos, se puede emplear una velocidad de calentamiento de 3 °C/s a 100 °C/s, 3 °C/s a 110 °C/s, 3 °C/s a 120 °C/s, 3 °C/s a 150 °C/s, 3 °C/s a 160 °C/s, 3 °C/s a 170 °C/s, 3 °C/s a 180 °C/s, 3 °C/s a 190 °C/s, o 3 °C/s a 200 °C/s. En otros ejemplos, se puede emplear una velocidad de calentamiento de 90 °C/s a 150 °C/s. Un experto en la materia puede ajustar la velocidad de calentamiento con el equipo disponible dependiendo de las propiedades deseadas de la chapa o artículo.

Se pueden emplear diversos parámetros de calentamiento en los procedimientos de calentamiento. En un ejemplo, se emplea una velocidad de calentamiento de 90 °C/s a una temperatura de 125-425 °C. En otro ejemplo, se emplea una velocidad de calentamiento de 90 °C/s a una temperatura de 125-325 °C. En otro ejemplo más, se emplea una velocidad de calentamiento de 90 °C/s a una temperatura de 150-250 °C. En otro ejemplo, se emplea una velocidad de calentamiento de 90 °C/s a una temperatura de 200-250 °C. En otro ejemplo, se emplea una velocidad de calentamiento de 3 °C/s a una temperatura de 200-250 °C. Estos ejemplos pretenden ser ejemplos, en lugar de limitar las diferentes temperaturas y velocidades de calentamiento descritas de otro modo en esta invención. Los parámetros de calentamiento se seleccionan basándose en una diversidad de factores, tales como una combinación deseada de las propiedades del artículo de aleación de aluminio o aleación de aluminio. Las temperaturas y los intervalos de temperatura anteriores se utilizan para indicar la temperatura de "calentamiento deseada". En los procedimientos descritos, el procedimiento de calentamiento, tal como el calentamiento por inducción, se aplica a una chapa o artículo hasta que se alcanza la temperatura de "calentamiento deseada". En otras palabras, la temperatura de "calentamiento deseada" es la temperatura a la que se calienta la chapa o el artículo antes de la etapa de conformado. La temperatura de "calentamiento deseada" puede mantenerse durante la etapa de conformado mediante un procedimiento de calentamiento apropiado, o el procedimiento de calentamiento puede detenerse antes de la etapa de conformado, en cuyo caso la temperatura de la chapa o artículo durante la etapa de conformado puede ser más baja que la temperatura de "calentamiento deseada" especificada. La temperatura de la chapa o artículo puede o no monitorearse mediante procedimientos e instrumentos apropiados. Por ejemplo, si no se monitorea la temperatura, la temperatura de "calentamiento deseada" puede ser una temperatura calculada y/o una temperatura deducida experimentalmente.

La velocidad de calentamiento se puede lograr eligiendo un tratamiento térmico, procedimiento de calentamiento o sistema apropiado para calentar la chapa de aleación de aluminio. Generalmente, el procedimiento o sistema de calentamiento empleado debe proporcionar suficiente energía para lograr las velocidades de calentamiento

especificadas anteriormente. Por ejemplo, el calentamiento se puede realizar mediante calentamiento por inducción. Algunos otros ejemplos no limitativos de procedimientos de calentamiento que pueden emplearse son el calentamiento por contacto, el calentamiento por resistencia, el calentamiento por radiación infrarroja, el calentamiento por quemador de gas y el calentamiento resistivo directo. Generalmente, el diseño y la optimización del sistema de calentamiento y el protocolo se pueden realizar para administrar el flujo de calor y/o para lograr las características deseadas de la chapa o artículo.

Propiedades

10 El calentamiento de la chapa o artículo en los procedimientos descritos en esta invención da como resultado una combinación ventajosa de propiedades. Por ejemplo, se consigue una combinación ventajosa de propiedades de conformabilidad y resistencia de la chapa o artículo. En algunos otros casos, la chapa también puede presentar ventajosamente bajo adelgazamiento durante el conformado. Además, la chapa o artículo permanece en el mismo estado metalúrgico antes y después del calentamiento y conserva determinadas propiedades y comportamientos, una vez enfriado, en comparación con las propiedades que posee la chapa o artículo antes del calentamiento.

Los procedimientos descritos mejoran la conformabilidad de la chapa o artículo. La conformabilidad de una chapa o artículo es una medida de la cantidad de deformación que puede soportar antes de la fractura o adelgazamiento excesivo. El alargamiento puede servir como indicador de conformabilidad; las chapas y los artículos con mayor alargamiento tienen buena conformabilidad. Generalmente, el alargamiento se refiere al grado en que un material puede doblarse, estirarse o comprimirse antes de romperse. El alargamiento de una chapa o artículo y otras propiedades que influyen en la conformabilidad, el resultado del procedimiento de conformado y la calidad de los productos resultantes pueden determinarse mediante pruebas de tracción.

25 La prueba de tracción de las muestras se lleva a cabo según los procedimientos estándar conocidos en el área de la ciencia de los materiales descritos en las publicaciones pertinentes, como las proporcionadas por la Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés). ASTM E8/EM8 (DOI: 10.1520/E0008 E0008M-15A) titulado "Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials" especifica los procedimientos de prueba de tracción para materiales metálicos. Brevemente, la prueba de tracción se realiza en una máquina de prueba de tracción estándar conocida por un experto en la materia. Una muestra es típicamente una muestra plana de forma estándar que tiene dos hombros (que la máquina puede agarrar fácilmente) y un área de calibre de sección transversal más pequeña. Durante la prueba, la muestra se coloca en la máquina de prueba y se extiende uniaxialmente hasta que se fractura, mientras que el alargamiento de la sección de calibre de la muestra de aleación se registra contra la fuerza aplicada. El alargamiento es la cantidad de estiramiento permanente de una muestra y se mide como el aumento en la longitud del calibre de una muestra de prueba. La longitud del calibre de la muestra de prueba se especifica porque influye en el valor de alargamiento. Algunas propiedades medidas durante las pruebas de tracción y utilizadas para caracterizar la aleación de aluminio son la tensión de ingeniería, la deformación de ingeniería y el alargamiento en la fractura. La medida de alargamiento se puede utilizar para calcular la "deformación de ingeniería" o la relación entre el cambio de longitud del calibre y la longitud original. La deformación de ingeniería se puede informar en porcentaje (%). El alargamiento en la fractura, que también se puede informar como alargamiento total, es la cantidad de deformación de ingeniería en el momento de la fractura de la muestra. La tensión de ingeniería se calcula dividiendo la carga aplicada a la muestra por el área de la sección transversal original de la muestra de prueba. Los puntos de datos de deformación de ingeniería y de tensión de ingeniería se pueden representar gráficamente en una curva de tensión-deformación.

45 La etapa de calentamiento empleada en los procedimientos de conformado en caliente descritos mejora el alargamiento de la chapa o artículo, en comparación con la misma chapa o artículo a temperatura ambiente. Por ejemplo, la etapa de calentamiento puede mejorar el alargamiento de la chapa o artículo en hasta aproximadamente un 10 %, en hasta aproximadamente un 7,5 %, en hasta aproximadamente un 5,5 %, en hasta aproximadamente un 5 %, en hasta aproximadamente un 4,5 %, en hasta aproximadamente un 3 %, en al menos aproximadamente un 2,5 %, en al menos aproximadamente un 3 %, en al menos aproximadamente un 3,5 %, en aproximadamente un 2,5-10 %, en aproximadamente un 3-10%, en aproximadamente un 3,5-10 %, en aproximadamente un 4-10 %, en aproximadamente un 4,5-10 %, en aproximadamente un 5-10 %, en aproximadamente un 7,5-10 %, en aproximadamente un 2,5-7,5 %, en aproximadamente un 3-7,5 %, en aproximadamente un 3,5-7,5 %, en aproximadamente un 4-7,5 %, en aproximadamente un 4,5-7,5 %, en aproximadamente un 5-7,5%, en aproximadamente un 2,5-5,5 %, en aproximadamente un 3-5,5 %, en aproximadamente un 3,5-5,5 %, en aproximadamente un 4-5,5 %, en aproximadamente un 4,5-5,5 %, en aproximadamente un 2,5-5 %, en aproximadamente un 2,5-5 %, en aproximadamente un 3-5 %, en aproximadamente un 3,5-5 %, en aproximadamente un 4-5 %, en aproximadamente un 4,5-5 %, en aproximadamente un 2,5-4,5%, en aproximadamente un 3-4,5%, en aproximadamente un 3,5-4,5 %, en aproximadamente un 4-4,5 %, en aproximadamente un 2,5-4 %, en

aproximadamente un 3-4 %, en aproximadamente un 3,5-4 %, en aproximadamente un 2,5-3,5 % o en aproximadamente un 3-3,5 %, en comparación con la chapa o artículo antes del calentamiento. En algunos casos, el alargamiento de la chapa o artículo mejora en aproximadamente un 3, 3,25, 4, 4,25, 4,5, 4,75 o 5 %. En algunos casos, el calentamiento de la chapa o artículo da como resultado un alargamiento (medido como deformación de ingeniería) de al menos aproximadamente el 10 %, al menos aproximadamente el 20 %, al menos aproximadamente el 25 %, al menos aproximadamente el 30 % o hasta aproximadamente el 35 %, aproximadamente el 15-35 %, 20-35 %, 25-35 %, 30-35 %, 15-30 %, 20-30 %, 25-30 %, 15-25 %, 20-25 % o 15-20 %.

La etapa de calentamiento empleada en los procedimientos de conformado en caliente descritos mejora el alargamiento de la chapa o artículo calentado mientras conserva las propiedades de resistencia (por ejemplo, resistencia a la tracción, medida como tensión de ingeniería) dentro de un intervalo adecuado para procedimientos de conformado industrial. Por ejemplo, la chapa o artículo de aluminio calentado puede tener una resistencia máxima de tracción (medida como deformación de ingeniería durante la prueba de tracción) de al menos aproximadamente 50 MPa, al menos aproximadamente 60 MPa, al menos aproximadamente 70 MPa, al menos aproximadamente 80 MPa, al menos aproximadamente 90 MPa, al menos aproximadamente 100 MPa, al menos aproximadamente 110 MPa, al menos aproximadamente 120 MPa, al menos aproximadamente 130 MPa, al menos aproximadamente 140 MPa, al menos aproximadamente 150 MPa, al menos aproximadamente 160 MPa, al menos aproximadamente 170 MPa, al menos aproximadamente 180 MPa, al menos aproximadamente 190 MPa, al menos aproximadamente 200 MPa, al menos aproximadamente 210 MPa, al menos aproximadamente 220 MPa, al menos aproximadamente 230 MPa, al menos aproximadamente 240 MPa, al menos aproximadamente 250 MPa, al menos aproximadamente 260 MPa, al menos aproximadamente 270 MPa, al menos aproximadamente 280 MPa, al menos aproximadamente 290 MPa, al menos aproximadamente 300 MPa, al menos aproximadamente 310 MPa, al menos aproximadamente 320 MPa, al menos aproximadamente 330 MPa, al menos aproximadamente 340 MPa, al menos aproximadamente 350 MPa, al menos aproximadamente 360 MPa, al menos aproximadamente 370 MPa, al menos aproximadamente 380 MPa, al menos aproximadamente 390 MPa, al menos aproximadamente 400 MPa, al menos aproximadamente 410 MPa, al menos aproximadamente 420 MPa, al menos aproximadamente 430 MPa, al menos aproximadamente 440 MPa, al menos aproximadamente 450 MPa, al menos aproximadamente 460 MPa, al menos aproximadamente 470 MPa, al menos aproximadamente 480 MPa, al menos aproximadamente 490 MPa, al menos aproximadamente 500 MPa, al menos aproximadamente 510 MPa, al menos aproximadamente 520 MPa, al menos aproximadamente 530 MPa, al menos aproximadamente 540 MPa, al menos aproximadamente 550 MPa, al menos aproximadamente 560 MPa, al menos aproximadamente 570 MPa, al menos aproximadamente 580 MPa, al menos aproximadamente 590 MPa, al menos aproximadamente 600 MPa, aproximadamente 50-200 MPa, aproximadamente 50-190 MPa, aproximadamente 50-180 MPa, aproximadamente 50-170 MPa, aproximadamente 50-160 MPa aproximadamente 50-150 MPa, aproximadamente 50-140 MPa, aproximadamente 50-130 MPa, aproximadamente 50-120 MPa, aproximadamente 50-110 MPa, aproximadamente 50-100 MPa, aproximadamente 50-90 MPa, aproximadamente 50-80 MPa, aproximadamente 50-70 MPa, aproximadamente 50-60 MPa, aproximadamente 60-200 MPa, aproximadamente 60-190 MPa, aproximadamente 60-180 MPa, aproximadamente 60-170 MPa, aproximadamente 60-160 MPa aproximadamente 60-150 MPa, aproximadamente 60-140 MPa, aproximadamente 60-130 MPa, aproximadamente 60-120 MPa, aproximadamente 60-110 MPa, aproximadamente 60-100 MPa, aproximadamente 60-90 MPa, aproximadamente 60-80 MPa, aproximadamente 60-70 MPa, aproximadamente 70-200 MPa, aproximadamente 70-190 MPa, aproximadamente 70-180 MPa, aproximadamente 70-170 MPa, aproximadamente 70-160 MPa aproximadamente 70-150 MPa, aproximadamente 70-140 MPa, aproximadamente 70-130 MPa, aproximadamente 70-120 MPa, aproximadamente 70-110 MPa, aproximadamente 70-100 MPa, aproximadamente 70-90 MPa, aproximadamente 70-80 MPa, aproximadamente 80-200 MPa, aproximadamente 80-190 MPa, aproximadamente 80-180 MPa, aproximadamente 80-170 MPa, aproximadamente 80-160 MPa aproximadamente 80-150 MPa, aproximadamente 80-140 MPa, aproximadamente 80-130 MPa, aproximadamente 80-120 MPa, aproximadamente 80-110 MPa, aproximadamente 80-100 MPa, aproximadamente 80-90 MPa, aproximadamente 90-200 MPa, aproximadamente 90-190 MPa, aproximadamente 90-180 MPa, aproximadamente 90-170 MPa, aproximadamente 90-160 MPa aproximadamente 90-150 MPa, aproximadamente 90-140 MPa, aproximadamente 90-130 MPa, aproximadamente 90-120 MPa, aproximadamente 90-110 MPa, aproximadamente 90-100 MPa, aproximadamente 100-200 MPa, aproximadamente 100-190 MPa, aproximadamente 100-180 MPa, aproximadamente 100-170 MPa, aproximadamente 100-160 MPa, aproximadamente 100-150 MPa, aproximadamente 100-140 MPa, aproximadamente 100-130 MPa, aproximadamente 100-120 MPa, aproximadamente 100-110 MPa, aproximadamente 110-200 MPa, aproximadamente 110-190 MPa, aproximadamente 110-180 MPa, aproximadamente 110-170 MPa, aproximadamente 110-160 MPa, aproximadamente 110-150 MPa, aproximadamente 110-140 MPa, aproximadamente 110-130 MPa, aproximadamente 120-200 MPa, aproximadamente 120-190 MPa, aproximadamente 120-180 MPa, aproximadamente 120-170 MPa, aproximadamente 120-160 MPa, aproximadamente 120-150 MPa, aproximadamente 120-140 MPa, aproximadamente 120-130 MPa, aproximadamente 130-200 MPa, aproximadamente 130-190 MPa, aproximadamente 130-180 MPa, aproximadamente 130-170 MPa, aproximadamente 130-160 MPa, aproximadamente 130-150 MPa, aproximadamente 130-140 MPa, 140-200 MPa, aproximadamente

aproximadamente 480-570 MPa, aproximadamente 480-560 MPa, aproximadamente 480-550 MPa, aproximadamente 480-540 MPa, aproximadamente 480-530 MPa, aproximadamente 480-520 MPa, aproximadamente 480-510 MPa, aproximadamente 480-500 MPa, aproximadamente 480-490 MPa, aproximadamente 490-600 MPa, aproximadamente 490-590 MPa, aproximadamente 490-580 MPa, aproximadamente 490-570 MPa, aproximadamente 490-560 MPa, aproximadamente 490-550 MPa, aproximadamente 490-540 MPa, aproximadamente 490-530 MPa, aproximadamente 490-520 MPa, aproximadamente 490-510 MPa, aproximadamente 490-500 MPa, aproximadamente 500-600 MPa, aproximadamente 500-590 MPa, aproximadamente 500-580 MPa, aproximadamente 500-570 MPa, aproximadamente 500-560 MPa, aproximadamente 500-550 MPa, aproximadamente 500-540 MPa, aproximadamente 500-530 MPa, aproximadamente 500-520 MPa, aproximadamente 500-510 MPa, aproximadamente 510-600 MPa, aproximadamente 510-590 MPa, aproximadamente 510-580 MPa, aproximadamente 510-570 MPa, aproximadamente 510-560 MPa, aproximadamente 510-550 MPa, aproximadamente 510-540 MPa, aproximadamente 510-530 MPa, aproximadamente 510-520 MPa, aproximadamente 520-600 MPa, aproximadamente 520-590 MPa, aproximadamente 520-580 MPa, aproximadamente 520-570 MPa, aproximadamente 520-560 MPa, aproximadamente 520-550 MPa, aproximadamente 520-540 MPa, aproximadamente 520-530 MPa, aproximadamente 530-600 MPa, aproximadamente 530-590 MPa, aproximadamente 530-580 MPa, aproximadamente 530-570 MPa, aproximadamente 530-560 MPa, aproximadamente 530-550 MPa, aproximadamente 530-540 MPa, 540-600 MPa, aproximadamente 540-590 MPa, aproximadamente 540-580 MPa, aproximadamente 540-570 MPa, aproximadamente 540-560 MPa, aproximadamente 540-550 MPa, 550-600 MPa, aproximadamente 550-590 MPa, aproximadamente 550-580 MPa, aproximadamente 550-570 MPa, aproximadamente 550-560 MPa, 560-600 MPa, aproximadamente 560-590 MPa, aproximadamente 560-580 MPa, aproximadamente 560-570 MPa, 570-600 MPa, aproximadamente 570-590 MPa, aproximadamente 570-580 MPa, 580-600 MPa o aproximadamente 580-590 MPa.

Las condiciones de tratamiento térmico en los procedimientos de conformado en caliente descritos pueden seleccionarse de modo que se conserven el estado metalúrgico y el comportamiento y las propiedades de envejecimiento de la chapa o artículo de aluminio. La competencia de los procedimientos de precipitación y disolución en una aleación de aluminio endurecido durante el calentamiento a menudo conduce al crecimiento del grano y al sobre-envejecimiento no deseado, con la consiguiente pérdida de resistencia y dureza. Los procedimientos descritos evitan este problema empleando una combinación específica de temperatura y velocidad de calentamiento. La etapa de calentamiento descrita puede conservar las propiedades de resistencia (por ejemplo, resistencia a la tracción, medida como tensión de ingeniería) de la chapa o artículo de aluminio después del enfriamiento, seguido opcionalmente por un período de envejecimiento dentro de un intervalo adecuado para las prácticas de fabricación. En esta situación, las propiedades de resistencia pueden denominarse "residuales". Por ejemplo, en algunos casos, la chapa o artículo de aluminio tiene una resistencia a la tracción máxima residual, medida como deformación de ingeniería durante la prueba de tracción, después de enfriar por enfriamiento con agua, seguido de un endurecimiento por envejecimiento de una semana a temperatura ambiente de al menos aproximadamente 200 MPa, al menos aproximadamente 225 MPa, al menos aproximadamente 250 MPa, aproximadamente 200-275 MPa, aproximadamente 200-250 MPa, aproximadamente 225-275 MPa o aproximadamente 225-275 MPa.

La etapa de calentamiento empleada en los procedimientos de conformado en caliente descritos puede conservar el estado metalúrgico de la aleación después del enfriamiento, seguido opcionalmente por el endurecimiento por envejecimiento y/o tratamiento térmico, dentro de un intervalo adecuado para las prácticas de fabricación. El estado metalúrgico se puede caracterizar por la conductividad eléctrica, medida según los protocolos estándar. La norma ASTM E1004, titulada "Procedimiento de prueba estándar para determinar la conductividad eléctrica utilizando el procedimiento electromagnético (corrientes de Foucault)", especifica los procedimientos de prueba relevantes para materiales metálicos. Por ejemplo, en algunos casos, la chapa de aleación de aluminio 6XXX tiene una conductividad eléctrica de aproximadamente 25-29 megaSiemens por metro (MS/m), 26-29 MS/m, 27-29 MS/m o 28-29 MS/m, después del tratamiento térmico según los procedimientos de conformado en caliente descritos y enfriamiento por enfriamiento con agua, seguido de endurecimiento por envejecimiento de una semana a temperatura ambiente.

Las chapas o artículos de aluminio conformados según los procedimientos descritos pueden combinar las propiedades explicadas anteriormente de diversas formas. Por ejemplo, una aleación de aluminio sometida a los procedimientos descritos puede tener uno o más de: alargamiento del 20,3 % a 200 °C, resistencia máxima a la tracción de 195 MPa a una temperatura de 200 °C, resistencia máxima a la tracción de 262 MPa después de someterse a tratamiento térmico a 200 °C, seguido de enfriamiento con agua y envejecimiento durante una semana a temperatura ambiente, y conductividad de 28,7 mS/m después de someterse a tratamiento térmico a 200 °C, seguido de enfriamiento con agua y envejecimiento durante una semana a temperatura ambiente. La chapa o el artículo pueden mostrar otros valores o intervalos de valores, como los enumerados anteriormente en esta sección.

Conformado

60

Los procedimientos descritos incluyen al menos una etapa de conformado durante o después de la etapa de calentamiento. El término "conformado", como se usa en esta invención, incluye cortar, estampar, prensar, conformar a presión o estirar. Se calienta un artículo hecho de una aleación de aluminio tratable térmicamente, endurecible por envejecimiento, como se explicó anteriormente en este documento, y se le da forma al artículo calentado. La etapa de conformado anterior se puede incluir dentro de un procedimiento de conformado en caliente. El conformado en caliente se puede realizar mediante estampado o prensado. En la etapa del procedimiento de estampado o prensado, que se describe en general, se da forma a un artículo presionándolo entre dos troqueles de forma complementaria. El conformado en caliente se puede realizar en condiciones isotérmicas o no isotérmicas. En condiciones isotérmicas, la pieza en bruto de aleación de aluminio y todos los componentes de las herramientas, como los troqueles, se calientan a la misma temperatura. En condiciones no isotérmicas, los componentes de las herramientas pueden tener temperaturas diferentes a las de la pieza en bruto.

Además de la etapa de conformado en caliente anterior, los procedimientos descritos pueden incluir etapas de conformado adicionales. Por ejemplo, antes del conformado en caliente, un artículo de aleación de aluminio se puede conformar mediante una combinación de uno o más procedimientos o etapas de conformado en caliente o conformado en frío. Por ejemplo, una chapa puede seccionarse antes de someterse a conformado en caliente, por ejemplo, cortándola en artículos precursores o formas denominadas "piezas en bruto", tales como "piezas en bruto de estampado", que significa precursores del estampado. En consecuencia, se puede utilizar una etapa de cortar una chapa de aluminio en "piezas en bruto de estampado" para darle forma adicional en una prensa de estampado. También se puede dar forma a una chapa o una pieza en bruto mediante estampado antes del conformado en caliente.

Procedimientos industriales

Los procedimientos descritos pueden incorporarse a los procedimientos y líneas existentes para la producción de artículos de aleación de aluminio, como artículos de aluminio estampados (por ejemplo, paneles de automoción estampados), mejorando así los procedimientos y los artículos resultantes de una forma simplificada económica. Los aparatos y sistemas para realizar los procedimientos y producir los artículos descritos en este documento están incluidos dentro del alcance de la presente invención.

Un procedimiento ejemplar para producir un artículo de aleación de aluminio estampado, como un panel de vehículo de motor, incluye varias (dos o más, como dos, tres, cuatro, cinco, seis o más) etapas de estampado del artículo en una secuencia de prensas de estampado ("línea de prensa"). El procedimiento incluye una o más etapas de tratamiento térmico realizadas en diferentes puntos del procedimiento antes o durante una o más de las etapas de estampado. Se proporciona una pieza en bruto de estampado antes de la primera etapa de estampado. Se puede realizar una etapa de calentamiento en una pieza en bruto de estampado antes de la primera etapa de estampado (es decir, en la entrada de la línea de prensa). También se puede incluir una etapa de calentamiento después de una o más de las etapas de prensado primera o intermedia. Por ejemplo, si la línea de prensado incluye cinco prensas de estampado y las etapas correspondientes, dicha etapa de calentamiento puede incluirse antes de una o más de las etapas intermedias de estampado primera, segunda, tercera, cuarta y quinta.

Las etapas de calentamiento pueden incluirse en un procedimiento de producción en diversas combinaciones, y se pueden tener en cuenta diversas consideraciones al decidir sobre una combinación específica y la ubicación de las etapas de calentamiento en un procedimiento de producción. Por ejemplo, puede producirse una etapa de calentamiento antes de una o más etapas de estampado en las que es deseable una mayor conformabilidad. El procedimiento puede incluir una o más etapas de conformado en caliente y una o más etapas de conformado en frío. Por ejemplo, en un procedimiento de dos etapas, se puede dar forma a una chapa de aluminio en una etapa de conformado en caliente, seguida de una etapa de conformado en frío. Alternativamente, una etapa de conformado en frío puede preceder a una etapa de conformado en caliente.

También se describen sistemas para llevar a cabo los procedimientos para producir o fabricar artículos de aleación de aluminio que incorporan equipos para practicar los procedimientos descritos. Un sistema ejemplar es una línea de prensado para producir artículos estampados, como paneles, que incorpora estaciones o sistemas de conformado en caliente en diversos puntos de la línea.

Los procedimientos descritos pueden incluir etapas adicionales empleadas en la producción de artículos de aluminio, tales como corte, dobladillo, unión, otras etapas de tratamiento térmico realizadas de forma simultánea o posterior al conformado, enfriamiento, endurecimiento por envejecimiento o etapas de revestimiento o pintura de un artículo con pintura o revestimiento adecuados. Los procedimientos pueden incluir una etapa de horneado de pintura, que puede denominarse "horneado de pintura", "horneado de pintura", "ciclo de horneado de pintura" u otros términos relacionados. Algunas de las etapas empleadas en los procedimientos de producción o fabricación de un artículo de

aluminio, como las etapas de tratamiento térmico posterior al conformado y un ciclo de horneado de pintura, pueden afectar el envejecimiento de una aleación de aluminio a partir de la cual se fabrica el artículo y, por lo tanto, afectar sus propiedades mecánicas, como la resistencia.

- 5 Un procedimiento ejemplar de producción o fabricación de un artículo de aluminio puede incluir las etapas de calentar una pieza en bruto de aleación de aluminio hecha de aleación de aluminio endurecida, tratable térmicamente y endurecible por envejecimiento (por ejemplo, una pieza en bruto hecha de una aleación de la serie 6XXX en temple T6 o T61) a una temperatura de 125-425 °C a una velocidad de calentamiento de 3-200 °C/s, por ejemplo 3-90 °C/s o 90 °C/s. En algunos casos, se puede dar forma a la pieza en bruto, por ejemplo, transfiriendo rápidamente la pieza en bruto a una herramienta de estampado, dando forma a la pieza en bruto mediante estampado en la herramienta de estampado y, después de estampar, una o más etapas de corte, dobladillo y unión. Otro procedimiento ejemplar de producción o fabricación de un artículo de aluminio puede incluir las etapas de calentar una pieza en bruto de aleación de aluminio hecha de aleación de aluminio endurecida, tratable con calor y endurecible por envejecimiento (por ejemplo, una pieza en bruto hecha de una aleación de la serie 6XXX en temple T6 o T61) a una temperatura de 150-250 °C a una velocidad de calentamiento de 3-90 °C/s, por ejemplo 90 °C/s, transfiriendo rápidamente la pieza en bruto a una herramienta de estampado, dando forma a la pieza en bruto mediante estampado en la herramienta de estampado y, después de estampar, una o más etapas de corte, dobladillo y unión.

- En algunos ejemplos, se pueden añadir opcionalmente etapas adicionales de conformado en frío después de las etapas de conformado en caliente descritas anteriormente. En algunos ejemplos, una etapa o etapas de conformado en frío pueden proporcionar un alargamiento de un artículo resultante de la etapa de conformado en frío que es mayor en comparación con el alargamiento de un artículo calentado que resulta en una única etapa de conformado en caliente. Por ejemplo, el alargamiento del artículo resultante de la etapa de conformado en frío puede oscilar entre aproximadamente un 75 % y aproximadamente un 125 % del alargamiento del artículo calentado resultante de la primera etapa de conformado en caliente. En algunos ejemplos, el alargamiento de la etapa de conformado en frío puede ser de aproximadamente el 75 %, 80 %, 85 %, 90 %, 95 %, 100 %, 105 %, 110 %, 115 %, 120 % o 125 % de la primera etapa de conformado en caliente, lo que da como resultado un alargamiento total del artículo que puede ser mayor que el alargamiento total de un artículo sometido a una única etapa de conformado en caliente. El ejemplo 6 a continuación proporciona datos experimentales que muestran el alargamiento aumentado. También se puede añadir una etapa opcional de tratamiento térmico posterior al conformado.

- Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar adicionalmente la presente invención sin que, al mismo tiempo, constituyan ninguna limitación de la misma. Por el contrario, puede recurrirse a diversas realizaciones, modificaciones y equivalentes de la misma que, después de leer la descripción en esta invención, pueden sugerirse a los expertos en la materia sin apartarse del espíritu de la invención.

EJEMPLO 1

- Prueba de tracción a temperatura ambiente de muestras de aleación AA6016 en temple T4 (no según la invención), T61 y T6**

- Se realizó una prueba de tracción a temperatura ambiente de muestras de aleación de aluminio AA6016 en temple T4, T61 y T6. Las curvas de tensión-deformación obtenidas por la prueba de tracción se muestran en la figura 1. Las muestras de prueba fueron las muestras de aleaciones AA6016 con la forma que se muestra en la figura 2. Las muestras tenían un espesor de 1,2 mm. Las muestras se trataron de la siguiente manera: muestra "T4": envejecida a temperatura ambiente durante 1 mes; muestra "T61": muestra de temple T4 tratada térmicamente a 140 °C durante 14 horas; muestra "T6": muestra T4 tratada térmicamente a 180 °C durante 14 horas. Las curvas de tensión-deformación que se muestran en la figura 1 muestran las diferencias en resistencia y conformabilidad entre los tres temples.

EJEMPLO 2

Prueba de tracción a temperatura elevada de AA6016

- Se realizó una prueba de tracción a temperatura elevada de muestras de aleación de aluminio AA6016. Para la prueba de temperatura elevada, las muestras, sustancialmente similares a la muestra que se muestra en la figura 2 y con un espesor de 1,2 mm, se calentaron a diversas temperaturas (como se indica en la figura 3) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s. Se utilizó un pirómetro para medir la temperatura de cada muestra. La temperatura de prueba especificada de cada muestra se mantuvo durante la prueba de tracción. La figura 3 muestra las curvas de calentamiento de las muestras de aleación de aluminio AA6016 en temple T4 (no según la invención)

antes y durante la prueba de tracción, con flechas que indican el inicio de la prueba de tracción una vez que las muestras alcanzaron la temperatura diana. Las curvas de calentamiento para las muestras de aleación de aluminio AA6016 en temple T6 o T61 fueron similares a las de la figura 3 (no se muestra, ya que calentar las muestras es independiente del temple de la muestra).

5

La figura 4 muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de aleación AA6016 en temple T61 calentadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s. También se muestra una curva de tensión-deformación de una muestra de aleación AA6016 a temperatura ambiente ("TA"). La línea continua vertical representa el alargamiento total de la muestra a temperatura ambiente (TA). La línea de puntos vertical representa un aumento en el alargamiento total del 3 %, en comparación con el alargamiento total de la muestra a temperatura ambiente. La figura 5 muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de aleación AA6016 en temple T6 calentadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s. También se muestra una curva de tensión-deformación de una muestra de aleación AA6016 a temperatura ambiente ("TA"). La línea continua vertical representa el alargamiento total de la muestra a temperatura ambiente (TA). La línea de puntos vertical representa un aumento en el alargamiento total del 5 %, en comparación con el alargamiento total de la muestra a temperatura ambiente. La prueba de tracción mostró que calentar las muestras de aleación AA6016 a temperaturas de 150-250 °C puede resultar en un aumento del 3-5 % en el alargamiento total, en comparación con el alargamiento total mostrado por la muestra AA6016 en el mismo temple a temperatura ambiente (TA). Como se muestra en la figura 4, calentar una muestra de aleación AA6016 en temple T61 a 300 °C dio como resultado un aumento de aproximadamente el 33,3 % en el alargamiento total. La prueba de tracción mostró que se puede lograr un aumento ventajoso en el alargamiento total para muestras de aleación en temple T6 o T61 mientras se mantienen las propiedades de resistencia aceptables para el conformado en caliente.

EJEMPLO 3

25

Prueba de tracción posterior al tratamiento térmico

Se realizó una prueba de tracción posterior al tratamiento térmico de muestras de aleación de aluminio AA6016 en temple T6 y T61. Las muestras de prueba fueron las muestras de aleación AA6016 con la forma que se ilustra en la figura 2. Las muestras tenían un espesor de 1,2 mm. Para la prueba posterior al tratamiento térmico, las muestras se calentaron a diversas temperaturas mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s, se enfrió con agua ("enfriado con agua") y, después del enfriamiento con agua, se envejeció durante 1 semana a temperatura ambiente. La prueba de tracción se realizó a temperatura ambiente. También se probó una muestra de AA6016 mantenida a temperatura ambiente ("TA" en las figuras 6-7) con fines comparativos.

35

La figura 6 muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de AA6016 post tratamiento térmico en temple T61. La figura 7 muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de AA6016 post-tratamiento térmico en temple T6. Las curvas de tensión-deformación post-tratamiento térmico para las muestras tratadas a 150, 200 y 250 °C fueron de forma y magnitud sustancialmente similares, y también son similares a la curva de tensión-deformación de la muestra a temperatura ambiente (TA). Las curvas de tensión-deformación que se muestran en las figuras 6 y 7 demuestran que el tratamiento térmico usado en el experimento no alteró sustancialmente las propiedades mecánicas residuales de las muestras AA6016. Además, los datos descritos anteriormente muestran que realizar una etapa de conformado en frío después de una etapa de conformado en caliente aumenta el potencial de conformado total, en este caso, casi duplica el potencial de conformado total.

45

EJEMPLO 4

Prueba de tracción posterior al tratamiento térmico de muestras calentadas a diferentes velocidades de calentamiento

50

Se realizó una prueba de tracción de muestras de aleación AA6016 en temple T6 calentadas a diferentes velocidades de calentamiento. Las muestras de prueba fueron las muestras de AA6016 ilustradas en la figura 2. Cada una de las muestras tenía un espesor de 1,2 mm. Para la prueba posterior al tratamiento térmico, las muestras se calentaron a diversas temperaturas mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 3 °C/s (curvas identificadas en la figura 8 e histograma izquierdo en cada conjunto en la figura 9), o 90 °C/s (curvas identificadas en la figura 8 e histograma derecho en cada conjunto en la figura 9), se enfrió con agua ("enfriado con agua") y se envejeció durante 1 semana a temperatura ambiente. También se probó una muestra de aleación AA6016 mantenida a temperatura ambiente ("TA" en la figura 8) con fines comparativos. La figura 8 muestra las curvas de tensión-deformación de las muestras de AA6016 así tratadas probadas a temperatura ambiente. También se muestra la curva de tensión-deformación de la muestra de aleación AA6016 mantenida a temperatura ambiente (denominada "REF T4" en el

60

gráfico).

La figura 9 es un gráfico de barras que muestra los resultados de las mediciones comparativas de conductividad eléctrica de muestras de aleación AA6016 tratadas de la misma manera que las muestras utilizadas en los experimentos para generar la figura 8. Las muestras en temple T6 se calentaron a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a velocidades de 3 °C/s (barra de histograma izquierda de cada par) y 90 °C/s (barra de histograma derecha de cada par), se enfrió con agua y posteriormente se envejeció durante 1 semana a temperatura ambiente. La línea horizontal indica el nivel de conductividad esperado de las muestras AA6016 en temple T4. La figura 10 es un gráfico de barras que muestra los resultados de las mediciones comparativas de conductividad eléctrica de muestras de aleación AA6016 en temple T61 (barra de histograma izquierda en cada conjunto) y temple T6 (barra de histograma derecha en cada conjunto) tratadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 90 °C/s, enfriado en agua ("enfriado con agua") y envejecido durante 1 semana a temperatura ambiente. La figura 11 muestra las curvas de tensión-deformación de muestras de aleación AA6016 calentadas probadas a diversas temperaturas (como se indica) mediante calentamiento por inducción a una velocidad de 3 °C/s.

Los datos experimentales ilustrados en las figuras 8 y 9 demuestran que la velocidad de calentamiento afectó las características mecánicas y el estado metalúrgico de las muestras de aleación AA6016. La mejora del alargamiento sin pérdida de resistencia se produjo en un intervalo más amplio de temperaturas cuando se empleó la velocidad de calentamiento más alta de 90 °C/s. En correlación con esta observación, el calentamiento a la velocidad más baja de 3 °C/s condujo a un cambio en el estado metalúrgico (como lo indica la medición de la conductividad) de las muestras tratadas térmicamente a las temperaturas más altas. Los datos experimentales en la figura 10 muestran mayores diferencias en el estado metalúrgico entre las muestras en temple T6 y T61 que fueron tratadas térmicamente a las temperaturas más bajas (por ejemplo, de la temperatura ambiente a 300 °C) en comparación con las muestras en temple T6 y T61 que fueron tratadas térmicamente a las temperaturas más altas (por ejemplo, de 350 °C a 500 °C).

EJEMPLO 5

Estampado a escala de laboratorio

Se cortaron chapas de aleación de aluminio AA6016 (2 mm de espesor) en temple T6 en piezas en bruto de estampado de 40 cm por 10 cm. Las piezas rectangulares se calentaron opcionalmente según los procedimientos de conformado en caliente descritos en esta invención. Se utilizaron cuatro muestras para el experimento de estampado. La muestra 1 no se calentó ni se estampó a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C). La muestra 2 se calentó a 200 °C. La muestra 3 se calentó a 250 °C. La muestra 4 se calentó a 350 °C. Los parámetros de prueba y los resultados se presentan en la tabla 1.

Tabla 1

N.º de muestra	Temperatura de precalentamiento °C	Profundidad del estirado mm	Resultado	Dureza Brinell HB5
1	N/A	40	Falla	103
2	200	40	No presentó falla	100
3	250	40	No presentó falla	76
4	350	40	No presentó falla	54

La muestra 1 se estiró a una profundidad de 40 mm y presentó agrietamiento y falla máxima, como se muestra en la figura 12. La muestra 2 se precalentó a 200 °C y se estiró a una profundidad de 40 mm y no presentó falla, como se muestra en la figura 13. La muestra 3 se precalentó a 250 °C y se estiró a una profundidad de 40 mm y no presentó falla, como se muestra en la figura 14. La muestra 4 se precalentó a 350 °C y se estiró a una profundidad de 40 mm y no presentó falla, como se muestra en la figura 15. La dureza Brinell de todas las muestras se midió después de estampar siguiendo las normas ISO 6506-1.

Los resultados del estampado sugieren que las piezas se pueden producir de forma segura después de precalentar la aleación. La conformabilidad de las chapas se caracteriza por la profundidad de estirado alcanzable sin agrietamiento

de la pieza estampada. La resistencia de las chapas (ejemplificada por los resultados de dureza) se conserva a 200 °C, disminuye ligeramente cuando se precalienta a 250 °C (pero sigue siendo aceptable) y disminuye significativamente cuando se precalienta a temperaturas más altas.

5 EJEMPLO 6

Procedimiento de estampado en dos etapas para una mayor profundidad de estirado en aleaciones precalentadas

- 10 Se cortaron chapas de aleación de aluminio AA6016 (2 mm de espesor) en temple T6 en piezas en bruto de estampado de 40 cm por 10 cm. En la primera etapa del procedimiento de estampado en dos etapas, las piezas rectangulares se calentaron según los procedimientos de conformado en caliente descritos en esta invención. Se utilizaron tres muestras para el experimento de estampado. La muestra 5 se calentó a 200 °C. La muestra 6 se calentó a 250 °C. La muestra 7 se calentó a 350 °C. La muestra 1 del ejemplo 5 se incluye como referencia. Los parámetros de prueba y
 15 los resultados se presentan en la tabla 2.

Tabla 2

N.º de muestra	Temperatura de precalentamiento °C	Profundidad de estirado n.º 1 Calentamiento mm	Profundidad de estirado n.º 2 Temperatura ambiente mm	Resultado	Dureza Brinell HB5
1	N/A	N/A	40	Falla	103
5	200	40	40	No presentó falla	96
6	250	40	40	No presentó falla	78
7	350	40	40	No presentó falla	55

La muestra 1 se estiró a una profundidad de 40 mm y presentó agrietamiento y falla máxima, como se muestra en la
 20 figura 12. La muestra 5 se precalentó a 200 °C y se estiró a una profundidad de 40 mm y no presentó falla. La muestra 5 se dejó enfriar a temperatura ambiente y se estiró 40 mm adicionales hasta una profundidad de estirado total de 80 mm y no presentó falla, como se muestra en la figura 16. La muestra 6 se precalentó a 250 °C y se estiró a una profundidad de 40 mm y no presentó falla. La muestra 6 se dejó enfriar a temperatura ambiente y se estiró 40 mm
 25 adicionales hasta una profundidad de estirado total de 80 mm y no presentó falla, como se muestra en la figura 17. La muestra 7 se precalentó a 350 °C y se estiró a una profundidad de 40 mm y no presentó falla. La muestra 7 se dejó enfriar a temperatura ambiente y se estiró 40 mm adicionales hasta una profundidad de estirado total de 80 mm y no presentó falla, como se muestra en la figura 18. La dureza Brinell de todas las muestras se midió después de estampar siguiendo las normas ISO 6506-1.

30 No es posible estampar a una profundidad de estirado de 40 mm a temperatura ambiente sin precalentar las aleaciones (véase la figura 12). La realización de un procedimiento de dos etapas puede permitir el estampado a una profundidad de estirado de al menos 80 mm mientras se mantiene la resistencia de T6 si la temperatura de precalentamiento se elige de manera adecuada. Los resultados del estampado descritos en el ejemplo 6 y mostrados en las figuras 12 y
 35 16-18 son consistentes con el alargamiento medido a partir de las curvas de tracción presentadas en la figura 19 para diferentes muestras precalentadas a 250 °C. Por ejemplo, como se muestra en la figura 19, la curva de tracción para las muestras en las que se realizó el procedimiento de conformado de dos etapas descrito muestra un valor de deformación de ingeniería más alto (eje x) en comparación con la curva de tracción para ambas muestras mantenidas a temperatura ambiente (denominadas "TA" en la figura 19) y una muestra en la que solo se realizó un procedimiento
 40 de conformado de una etapa (denominada "T6 250 °C"). El valor de deformación de ingeniería para la muestra mantenida a temperatura ambiente fue de aproximadamente el 29 %, y la deformación de ingeniería para la muestra formada en una sola etapa de conformado en caliente fue de aproximadamente el 31 %. La figura 19 también muestra los valores máximos de deformación de ingeniería de aproximadamente el 34 % y el 35 % para las dos muestras que se formaron mediante el procedimiento de dos etapas. La primera etapa de conformado está representada por las curvas denominadas "T6 250 °C - 15 %" y "T6 250 °C - 20 %," para las muestras inicialmente deformadas a
 45 aproximadamente el 15 % y aproximadamente el 20 %, respectivamente. Las muestras previamente deformadas se deformaron adicionalmente a temperatura ambiente (representadas por las curvas denominadas "T6 250 °C - 15 %

TA" y "T6 250 °C - 20 % TA") como una segunda etapa de conformado. La predeformación a aproximadamente el 13 % (T6 250 °C - 15 % TA) y 17 % (T6 250 °C - 20 % TA) permitió los valores de deformación máximos resultantes.

Se han descrito diversos ejemplos de la invención en cumplimiento de los diversos objetivos de la invención. Estos ejemplos son meramente ilustrativos de los principios de la presente invención. Numerosas modificaciones y adaptaciones de la misma serán fácilmente evidentes para los expertos en la materia sin apartarse del alcance de la invención como se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de conformado de un artículo fabricado a partir de una aleación de aluminio endurecida, endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente, donde la aleación de aluminio endurecida
5 endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente es una aleación de la serie 6XXX que comprende:
- calentar el artículo a una temperatura de 125 °C a 425 °C a una velocidad entre 3 °C/s y 200 °C/s;
dar forma al artículo, donde dar forma al artículo comprende cortar, estampar, prensar, conformar a presión o
estirar; y
10 donde el artículo está en temple T5, T6 o T61 antes de la etapa de calentamiento.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el artículo es una chapa o una pieza en bruto.
3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, donde el artículo se calienta a una temperatura de 125 °C a
15 325 °C o
donde el artículo se calienta a una temperatura de 150 °C a 250 °C o
donde el artículo se calienta a una temperatura de 150 °C a 200 °C.
4. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el artículo se calienta a una
20 velocidad entre 90 °C/s y 150 °C/s o
donde el artículo se calienta a una velocidad entre 3 °C/s y 90 °C/s.
5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el artículo está en temple T61
después de la etapa de calentamiento o
25 donde el artículo está en temple T6 después de la etapa de calentamiento.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, donde el artículo está en temple T6 o T61 antes y después de
la etapa de calentamiento.
- 30 7. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además una etapa de
enfriar el artículo conformado.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, donde el conformado del artículo es una primera etapa de
conformado y que comprende además una segunda etapa de conformado después de la etapa de enfriamiento.
35
9. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,
donde el calentamiento del artículo comprende calentamiento por inducción y/o
donde el procedimiento produce un panel de vehículo de motor.

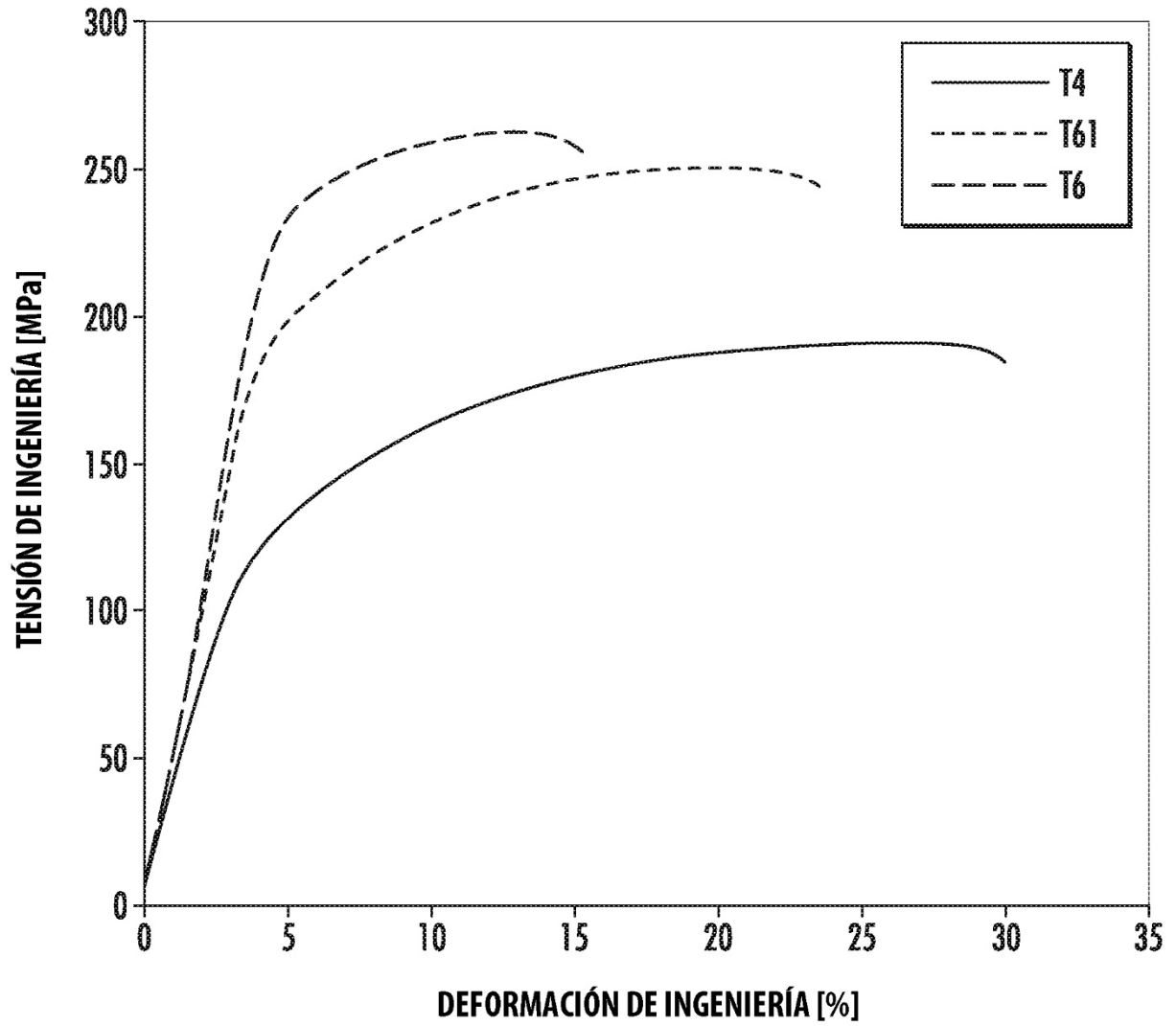


FIG. 1

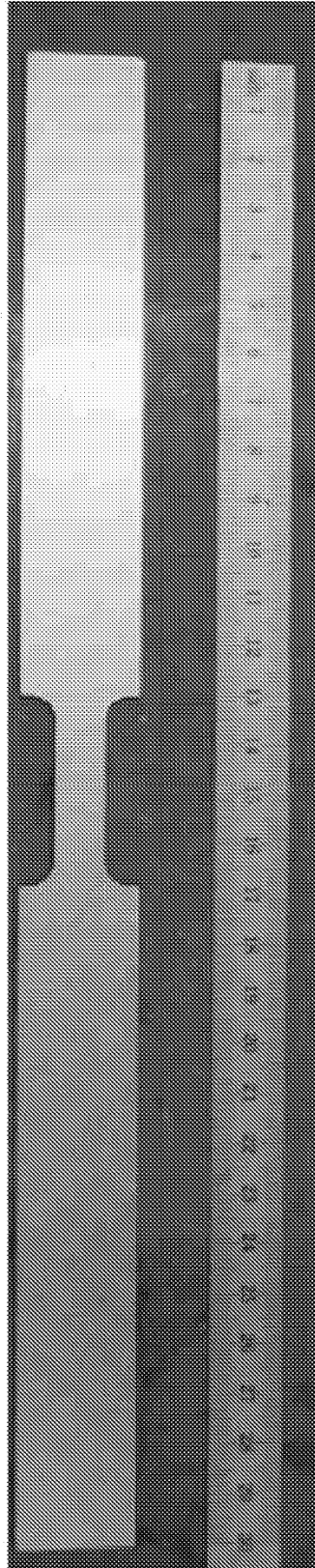


FIG. 2

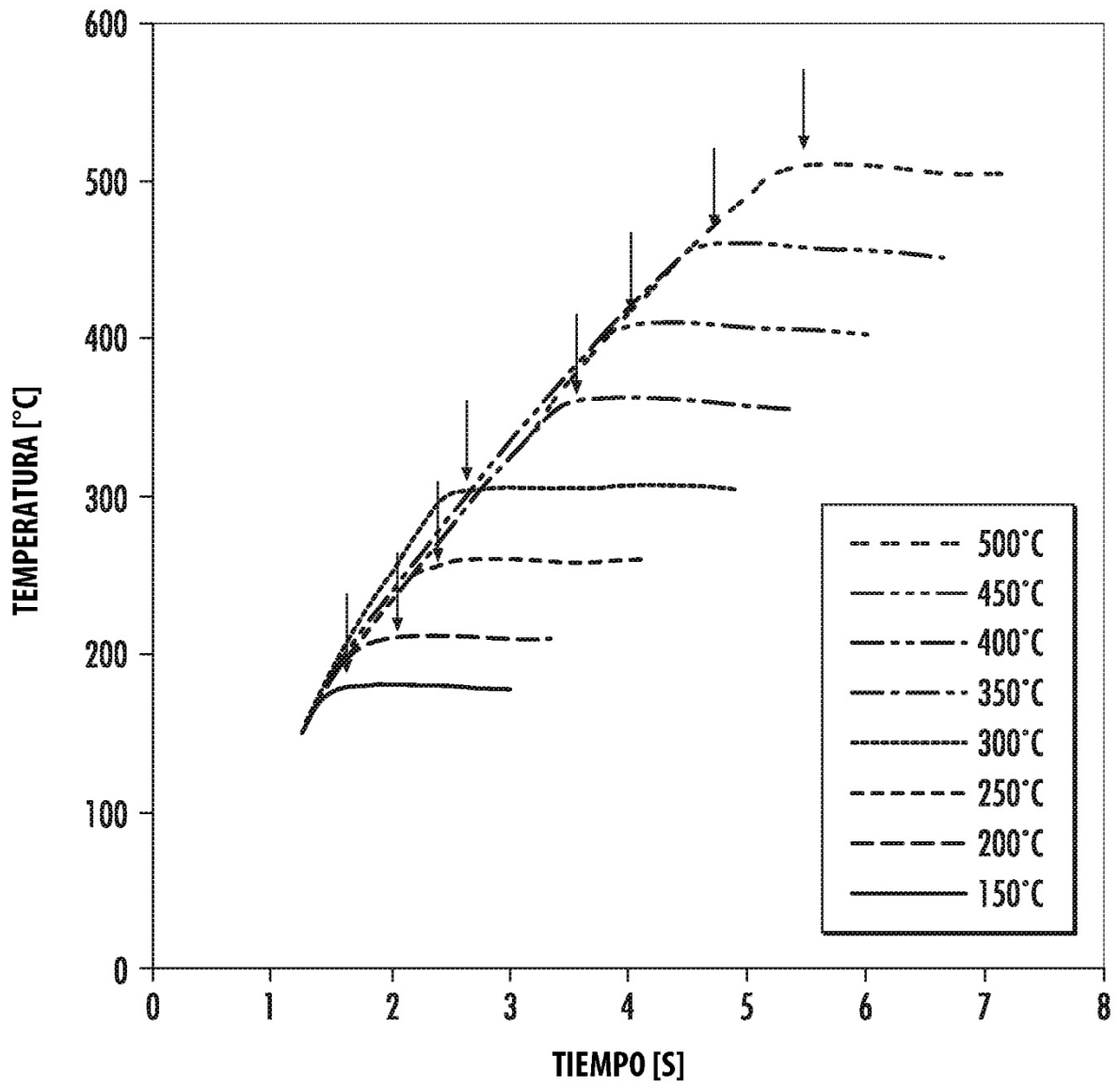


FIG. 3

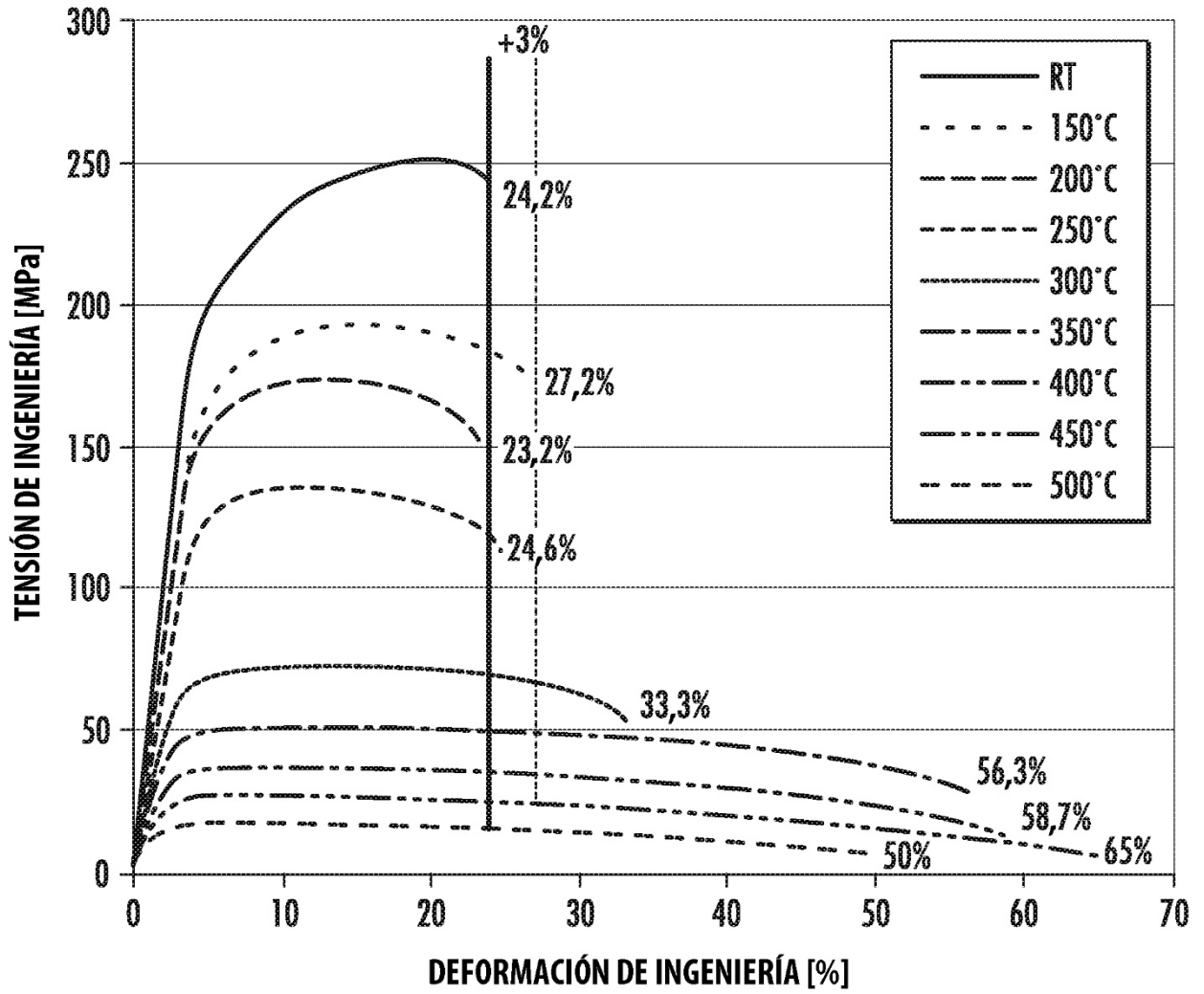


FIG. 4

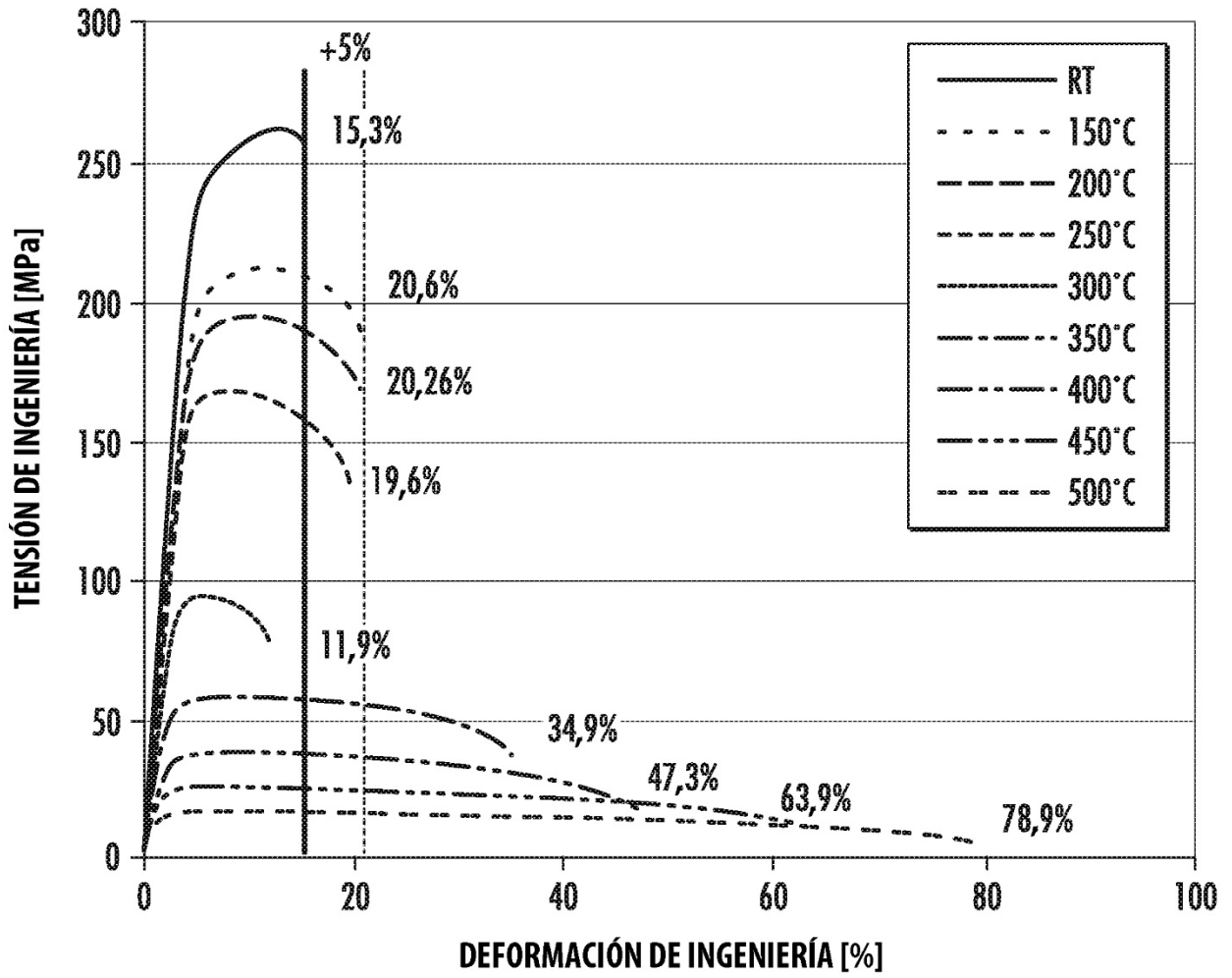


FIG. 5

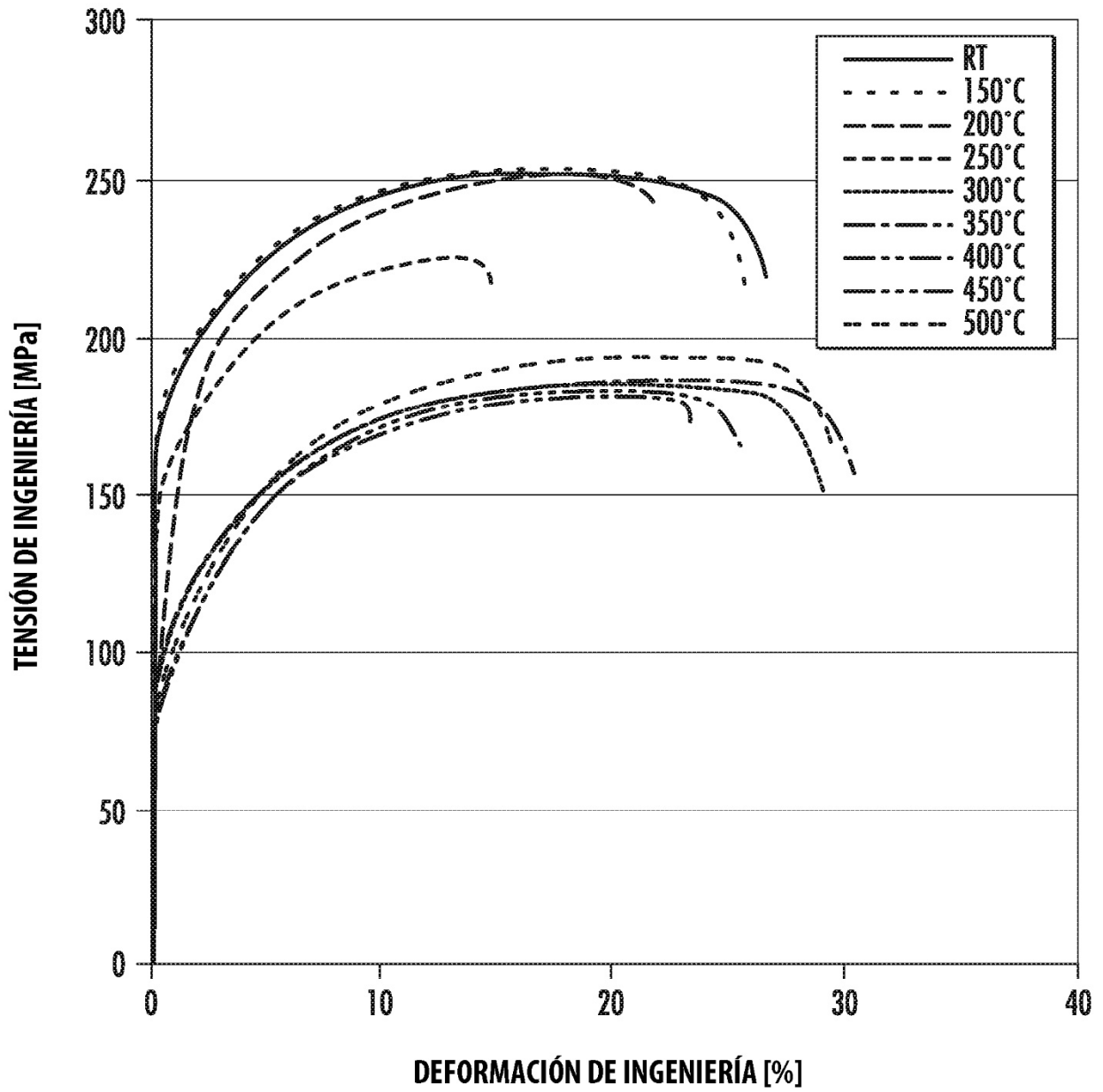


FIG. 6

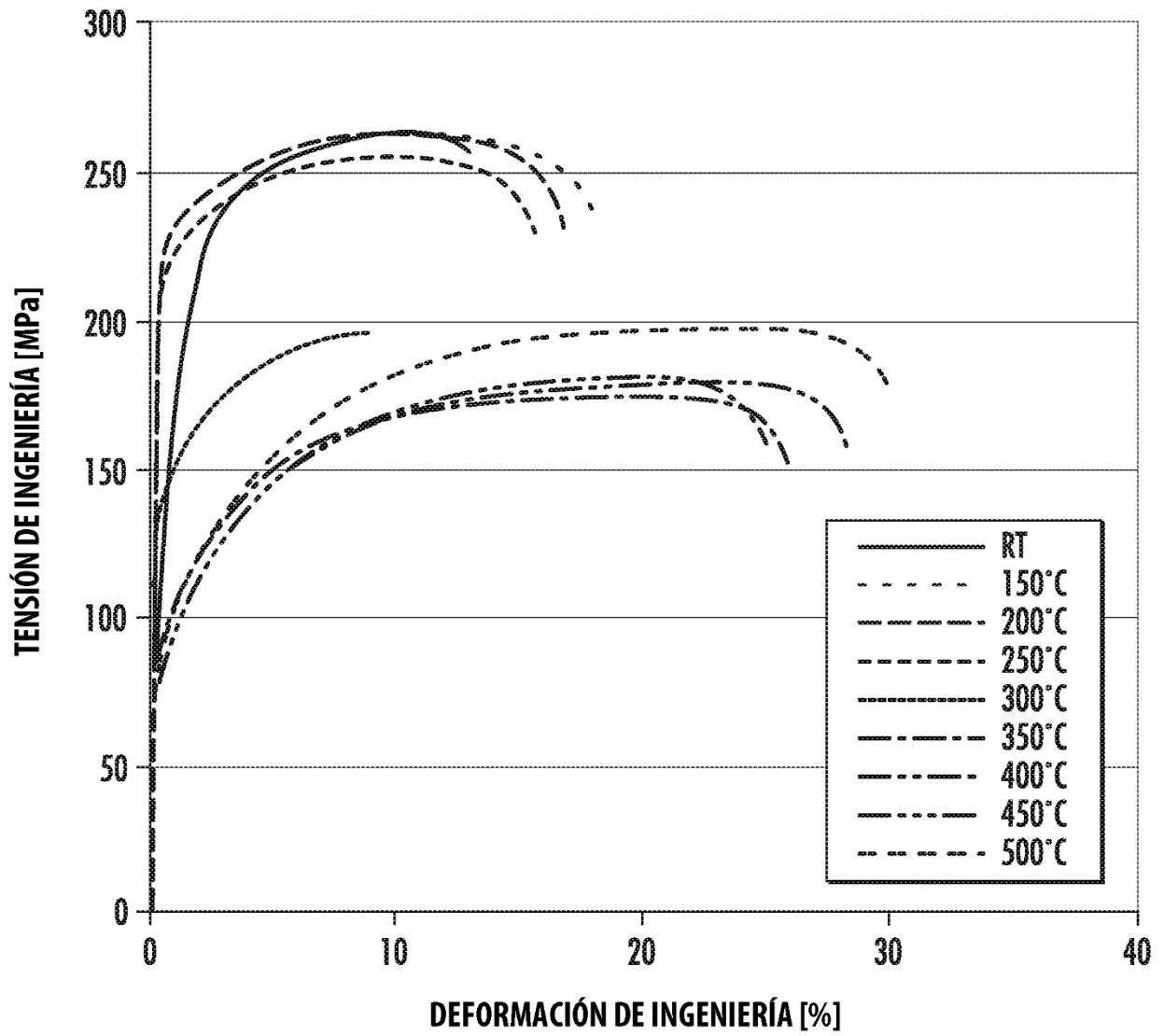


FIG. 7

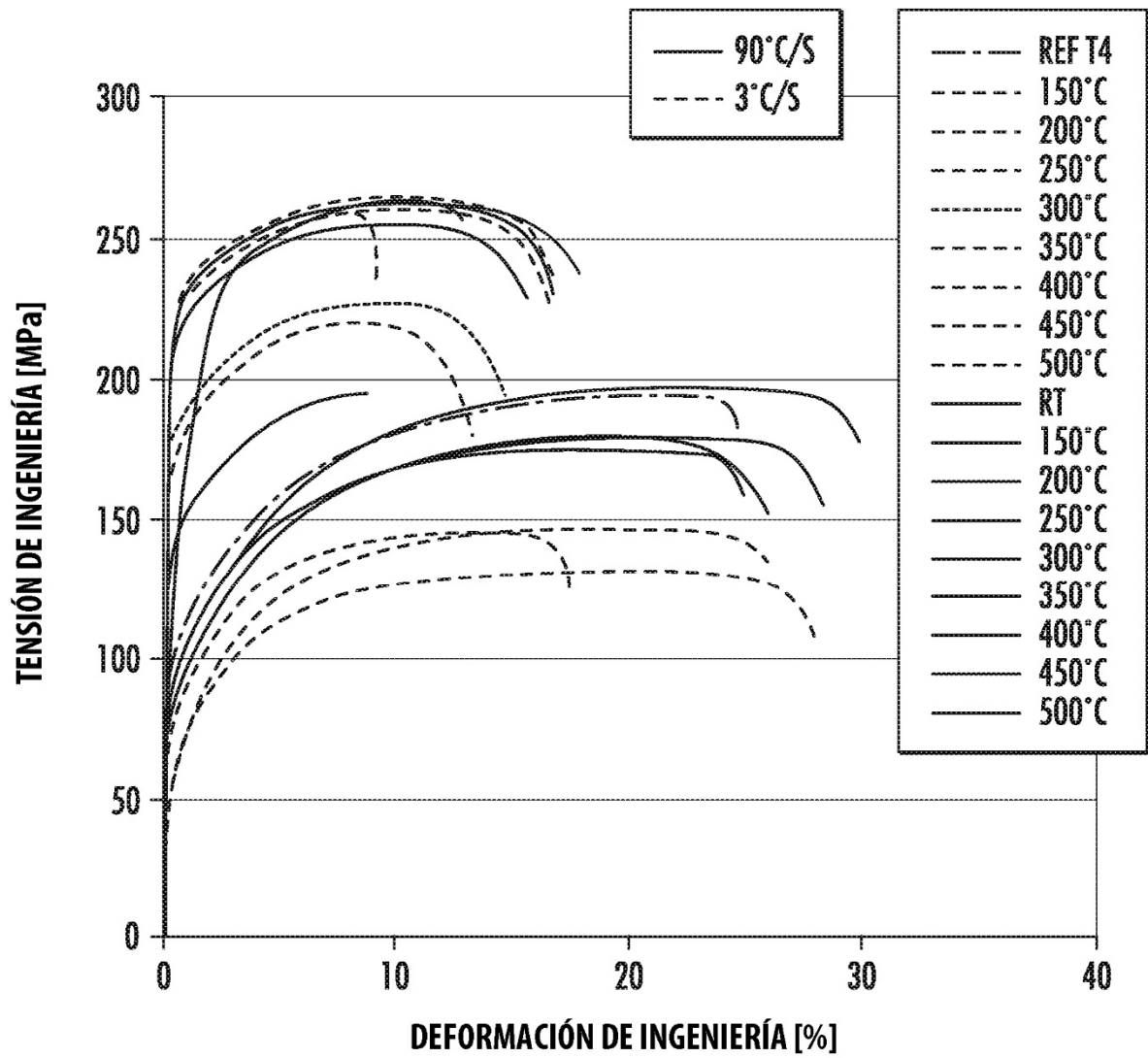


FIG. 8

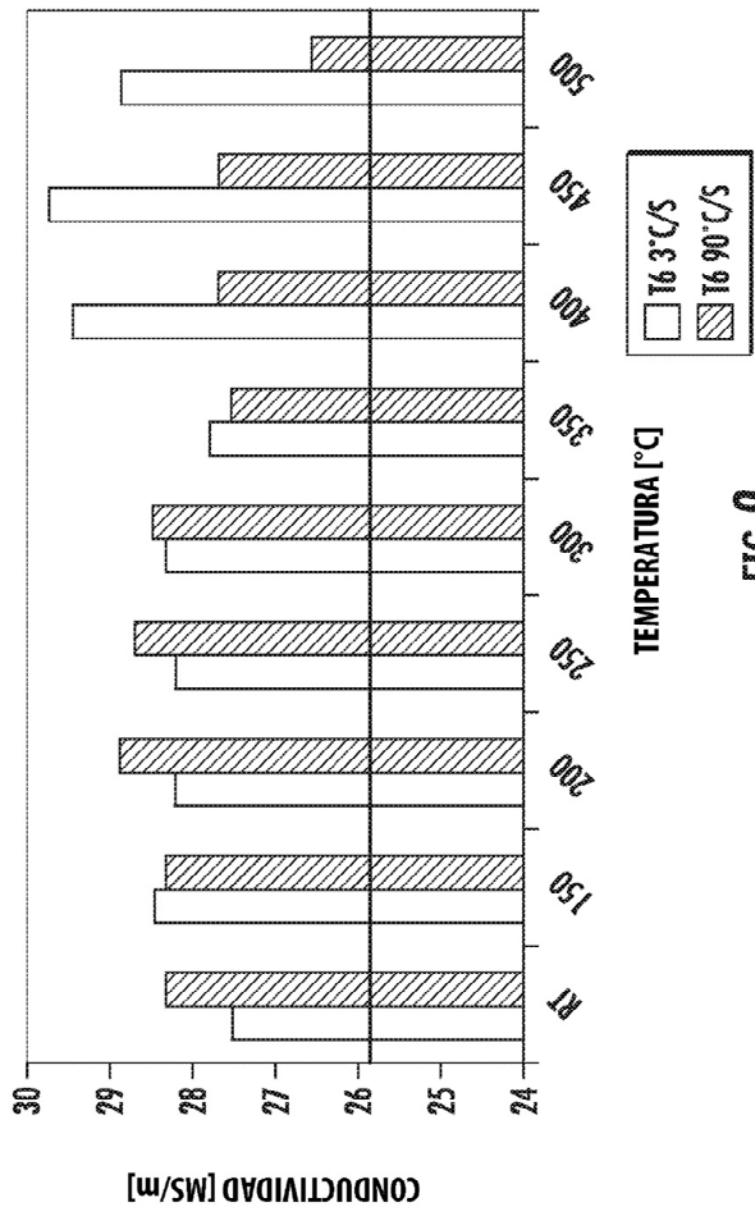


FIG. 9

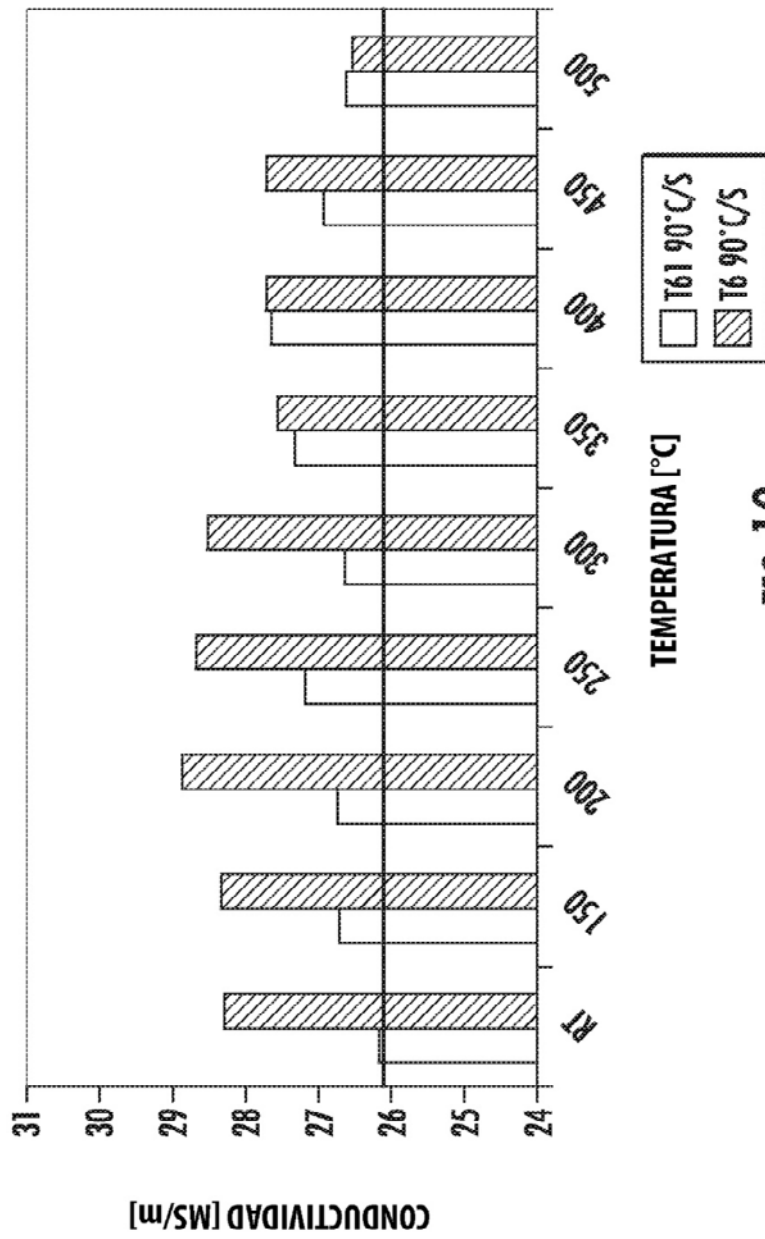


FIG. 10

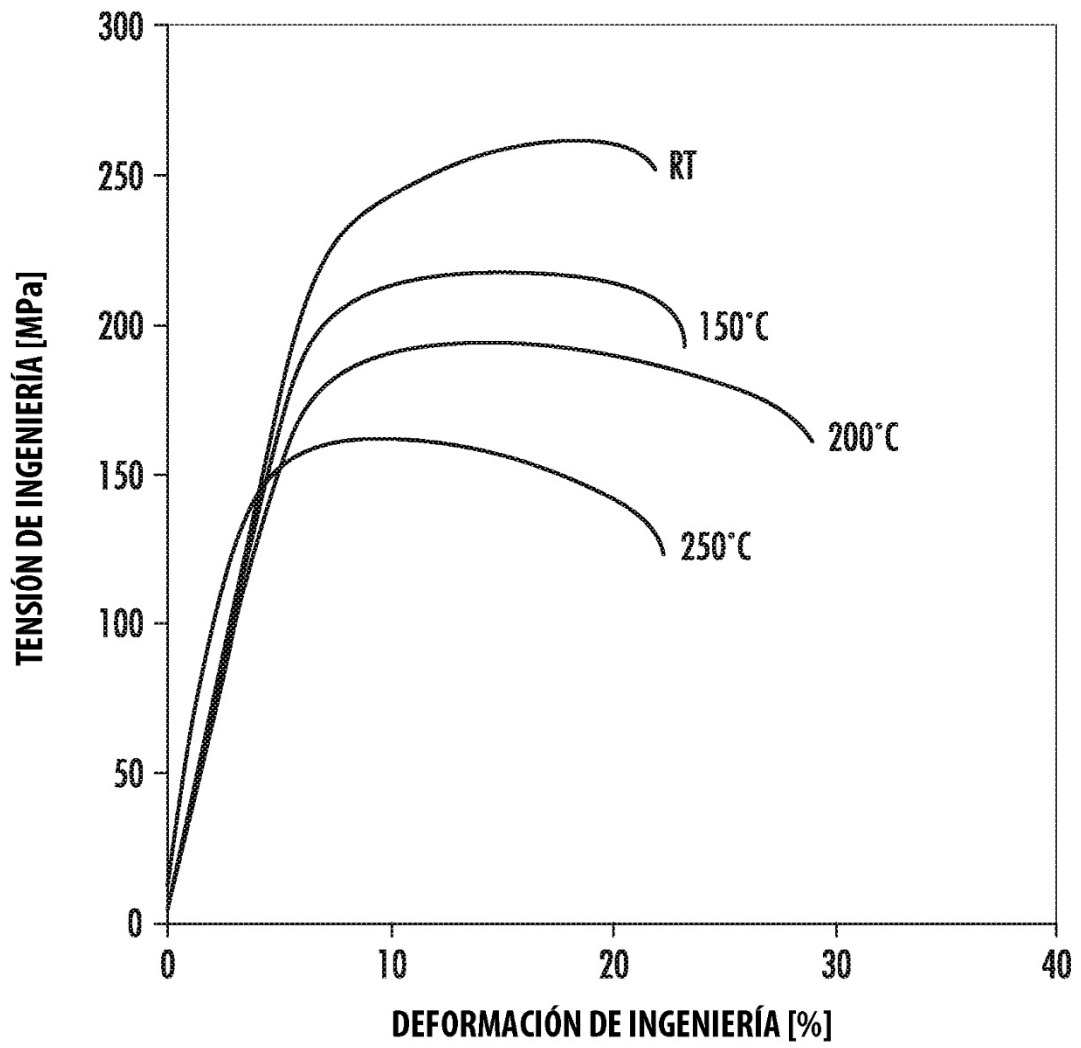


FIG. 11

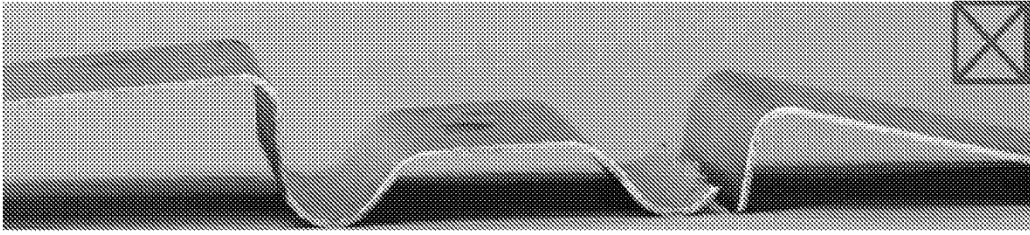


FIG. 12

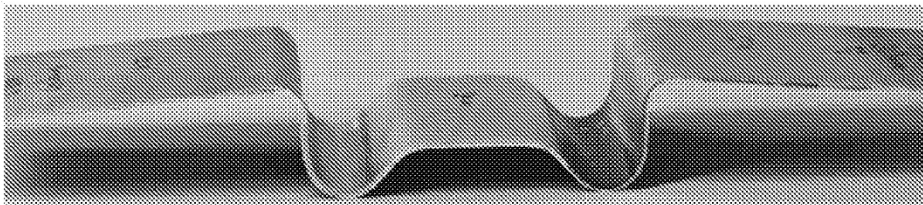


FIG. 13

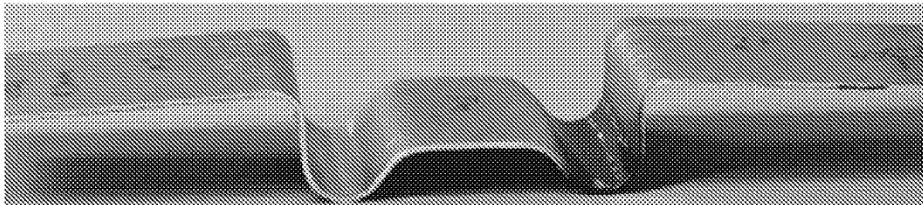


FIG. 14

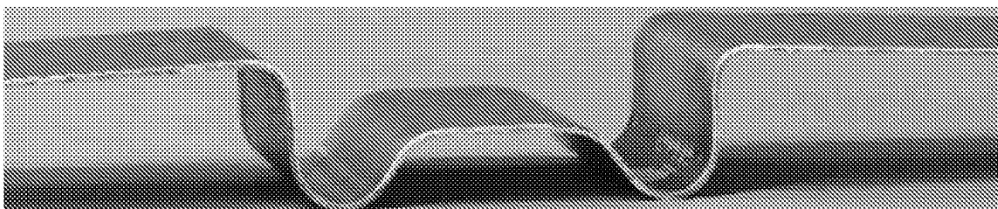


FIG. 15

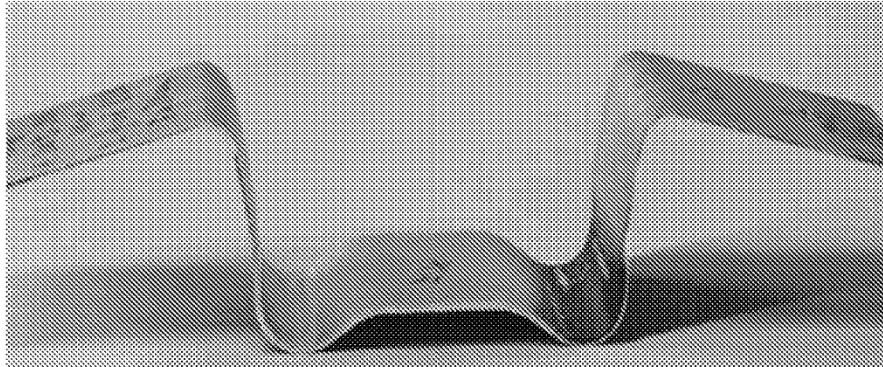


FIG. 16

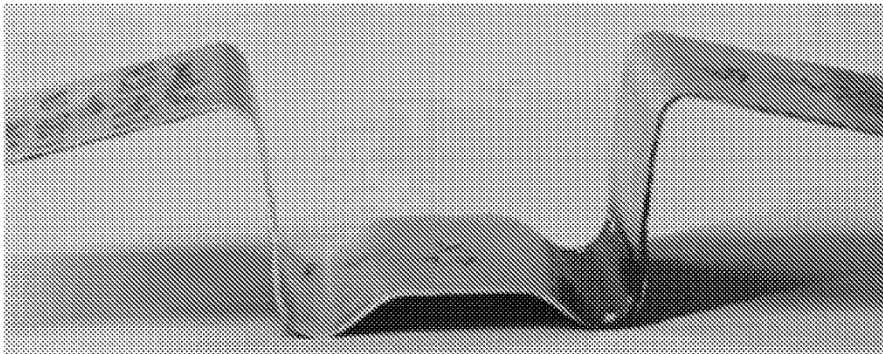


FIG. 17

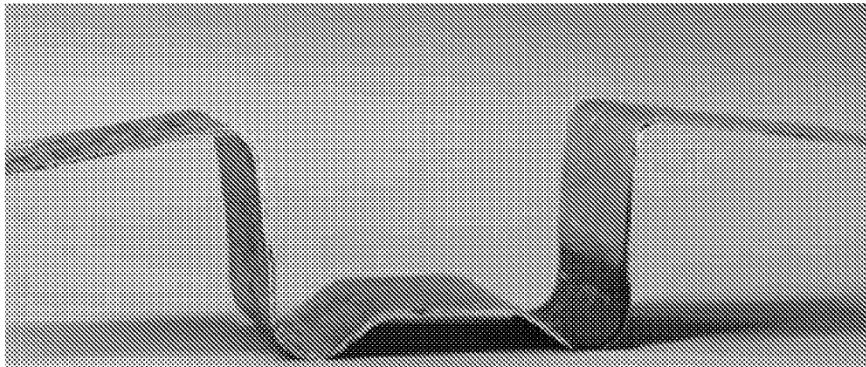


FIG. 18

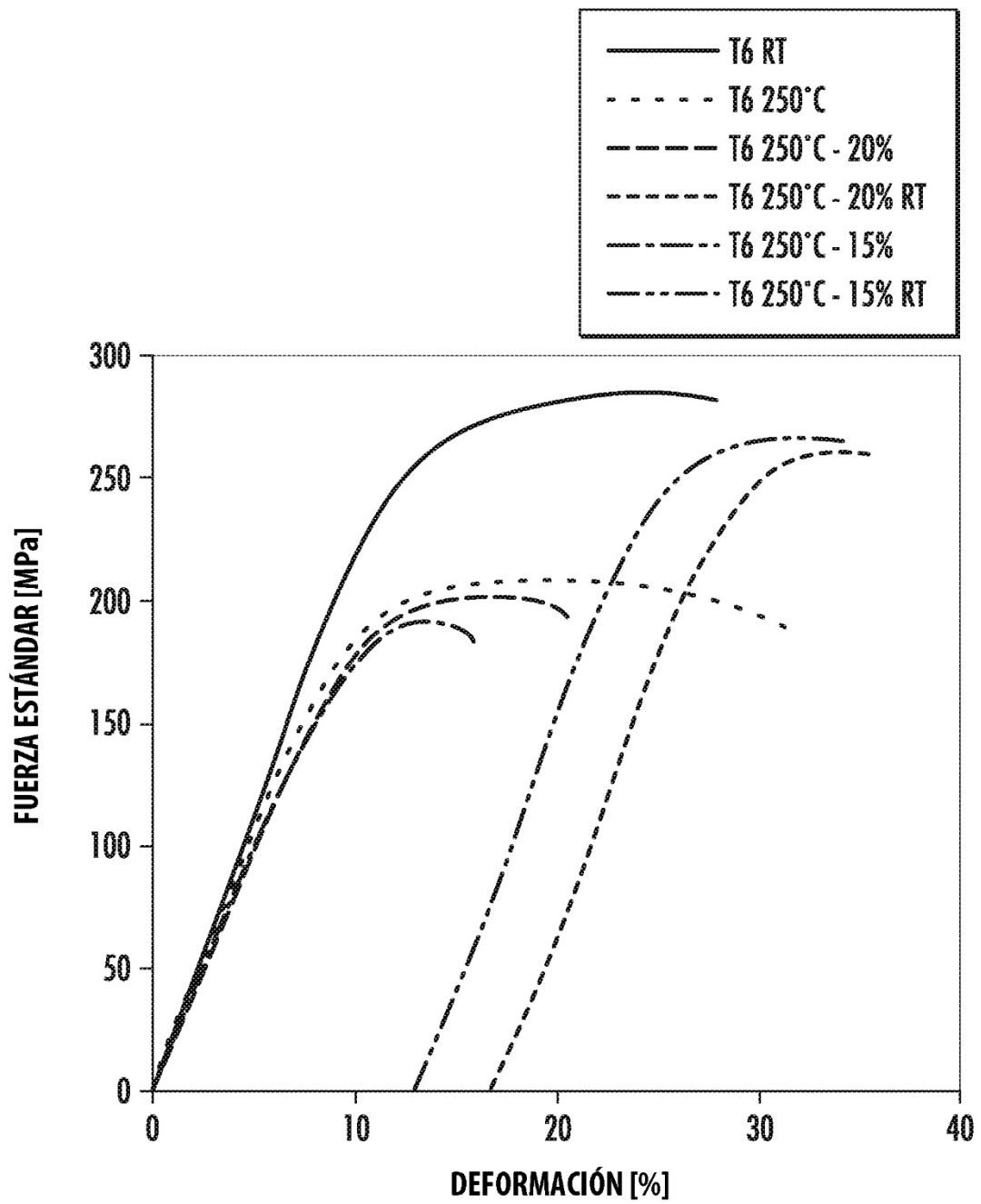


FIG. 19