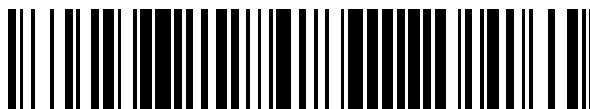


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 781 097**

51 Int. Cl.:

C22C 21/00 (2006.01)
C22F 1/04 (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: **03.05.2016 PCT/US2016/030575**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.11.2016 WO16182794**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.05.2016 E 16722023 (5)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 3332045**

54 Título: **Tratamiento térmico de choque de artículos de aleación de aluminio**

30 Prioridad:

08.05.2015 US 201562158727 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.08.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BASSI, CORRADO;
DESPOIS, AUDE y
RICHARD, JULIE**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 781 097 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

Tratamiento térmico de choque de artículos de aleación de aluminio

5 Campo de la invención

La invención se refiere a los campos de la ciencia de los materiales, la química de los materiales, la metalurgia, las aleaciones de aluminio, la fabricación de aluminio, la industria del transporte, la industria de vehículos motorizados, la industria del automóvil, la fabricación de vehículos motorizados y campos relacionados.

10 Antecedentes

Las aleaciones de aluminio endurecibles por envejecimiento tratables con calor, como las aleaciones de aluminio 2xxx, 6xxx y 7xxx, se utilizan para la producción de paneles en vehículos como automóviles. Estas aleaciones se proporcionan habitualmente a un fabricante de automóviles en forma de una lámina de aluminio en un estado (o templado) T4 dúctil para permitir al fabricante producir los paneles de automóviles mediante estampado o prensado. Para producir paneles automotrices funcionales que cumplan con las especificaciones de resistencia requeridas, el fabricante tiene que tratar térmicamente los paneles automotrices producidos a partir de una aleación de aluminio en el templado T4 para aumentar su resistencia y convertir la aleación de aluminio en el templado T6. En la fabricación de automóviles, el tratamiento térmico a menudo se realiza para paneles exteriores de automóviles durante un proceso de horneado de pintura de la carrocería del vehículo ensamblado. Para las piezas internas de automoción, a menudo se requiere un tratamiento térmico por separado, denominado Tratamiento térmico posterior al conformado ("PFHT").

Los procesos actuales utilizados en la industria del automóvil para el tratamiento térmico de paneles automotrices de aluminio prensado para aumentar su resistencia poseen desventajas notables. El tratamiento térmico durante el ciclo de horneado de pintura de las carrocerías de automóviles ensambladas requiere líneas de pintura con suficiente potencia térmica para alcanzar la temperatura requerida, particularmente en elementos estructurales gruesos e internos de un automóvil. El tratamiento térmico de horneado de pintura es difícil, particularmente para los paneles interiores de automóviles, ya que los paneles exteriores actúan como un escudo térmico, lo que produce un endurecimiento desigual de diferentes partes de la carrocería de un automóvil. Por ejemplo, durante un ciclo típico de horneado de pintura, los paneles exteriores pueden exponerse a una temperatura de 170 a 185 °C durante aproximadamente 20 minutos, lo que da lugar a su endurecimiento "horneado". Sin embargo, durante un ciclo similar de horneado de pintura, los paneles del suelo en una carrocería ensamblada están expuestos a una temperatura de solo 130 a 160 °C durante 10 a 15 minutos, que no produce un endurecimiento significativo. Aunque efectivo, el PFHT es ineficiente. Por ejemplo, se puede requerir un tratamiento térmico a aproximadamente 225 °C durante aproximadamente 30 minutos para obtener el templado T6 completo en los paneles a través del PFHT. El PFHT da lugar a altos costos de energía, consume mucho tiempo y requiere modificaciones costosas de las líneas de producción. En otras palabras, el PFHT añade costos significativos y alarga los ciclos de producción de vehículos motorizados.

El documento US 2015/0007909 A1 describe una lámina de aleación de aluminio con una excelente capacidad de endurecimiento al horno de pintura. En particular, este documento describe una lámina de aleación de aluminio que es una lámina de aleación de aluminio de la serie 6000 de una composición específica que, después del laminado, ha sufrido endurecimiento y recalentamiento de la solución como tratamientos de templado.

Sumario

La invención se refiere a un proceso para preparar un artículo de aleación de aluminio, que comprende calentar al menos una parte de un artículo de aleación de aluminio conformado que tiene una o más partes, una o más veces a una temperatura de tratamiento térmico de 250 a 300 °C a una velocidad de calentamiento de 10 a 220 °C/segundo; mantener la temperatura de tratamiento térmico durante un período de tiempo de 60 segundos o menos, en el que la al menos una parte del artículo de aleación de aluminio conformado comprende una aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente; y conformar una lámina de aleación de aluminio de una aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente para formar un artículo de aleación de aluminio conformado que tiene una o más partes antes de calentar al menos una parte del artículo de aleación de aluminio conformado; en el que la aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente es una aleación de aluminio de la serie 2xxx, 6xxx o 7xxx.

La invención proporciona artículos de aleación de aluminio y productos y procesos relacionados, que pueden emplearse en la industria del transporte u otras industrias para la producción de piezas de aleación de aluminio, tales como paneles de automóviles. De manera más general, los productos y procesos de la invención pueden emplearse en la fabricación de piezas de aluminio utilizadas en diversas máquinas y mecanismos.

Las realizaciones cubiertas de la invención están definidas por las reivindicaciones, no por este sumario. Este sumario es una descripción general de alto nivel de varios 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 tiene la intención de identificar características clave o esenciales del objeto reivindicado, ni está destinado a ser utilizado de forma aislada para determinar el alcance del objeto reivindicado. El objeto debe entenderse por referencia a las porciones apropiadas de la memoria descriptiva completa, cualquiera o todos los dibujos y cada reivindicación.

Los términos "invención", "la invención", "esta invención" y "la presente invención", tal como se utilizan en este documento, están destinados a referirse ampliamente a todo el objeto de esta solicitud de patente y a las siguientes reivindicaciones. Las declaraciones que contienen estos términos no limitan el objeto descrito en este documento ni limitan el significado o el alcance de las reivindicaciones de patente a continuación.

Se desvela un proceso de tratamiento térmico mejorado para artículos de aleación de aluminio producidos a partir de aleaciones de aluminio endurecibles por envejecimiento y tratables térmicamente, tales como aleaciones de aluminio 2xxx, 6xxx y 7xxx. Los procesos de tratamiento térmico descritos en el presente documento mejoran las características mecánicas de un artículo de aleación de aluminio que se está tratando, por ejemplo, aumentando su resistencia. Los procesos de tratamiento térmico mejorados son significativamente más cortos y utilizan una velocidad de calentamiento muy rápida, en comparación con los procesos empleados actualmente en la industria automotriz para tratar térmicamente paneles de aluminio, como el PFHT. Los procesos de tratamiento térmico mejorados pueden llevarse a cabo en aleaciones preenvejecidas o no.

Los procesos de tratamiento térmico desvelados pueden incorporarse de manera eficiente en los procesos de producción de piezas de vehículos motorizados, tales como paneles de aleación de aluminio para automóviles, y pueden reemplazar ventajosamente el PFHT en los ciclos de producción de automóviles. Al mismo tiempo, los artículos de aleación de aluminio tratados mediante los procesos de tratamiento térmico mejorados son capaces de lograr las características de resistencia comparables a las alcanzadas mediante el uso del PFHT. Los procesos de tratamiento térmico desvelados, que pueden denominarse "tratamiento térmico de choque", pueden incorporarse fácilmente en las líneas de producción automotriz existentes utilizadas para fabricar paneles de aluminio prensados. Por ejemplo, se pueden incorporar estaciones de tratamiento térmico de choque en la línea de prensas de la línea de producción de paneles automotrices para producir paneles automotrices de aluminio con tratamiento térmico en el templado T6 o T61. El término "templado T61" se usa para indicar un templado intermedio entre T4 y T6, con un límite elástico más alto pero un alargamiento menor que un material en el templado T4, y con un límite elástico menor pero un alargamiento mayor que en el templado T6. El término "templado T4" se refiere a una aleación de aluminio producida sin recocido por lotes intermedios y pre-envejecimiento. Además, los paneles automotrices pueden encontrarse en el templado T8. El término "templado T8" se usa para indicar una aleación que ha sido tratada con solución térmica, trabajada en frío y a continuación envejecida artificialmente. Las aleaciones utilizadas en los métodos descritos en el presente documento pueden estar preenvejecidas o no.

Si bien son adecuados para el tratamiento térmico de paneles de aleación de aluminio para automóviles durante su producción, los procesos mejorados de tratamiento térmico generalmente son más aplicables al tratamiento térmico de diversos artículos de aleación de aluminio, como artículos de aleación de aluminio estampados o prensados, para modular su mecánica características, por ejemplo, para aumentar su fuerza. Los procesos pueden incorporar tratamiento térmico de choque en los procesos y líneas existentes para la producción de artículos de aleación de aluminio, tales como artículos de aluminio estampados, mejorando así los procesos y los artículos resultantes de una manera racionalizada y económica. En algunos ejemplos, se alcanza un proceso de tratamiento térmico mejorado mediante calentamiento por contacto usando herramientas calentadas de forma apropiada para calentar los artículos de aluminio preformados. En algunos ejemplos, un artículo de aluminio preformado se somete a múltiples etapas de tratamiento térmico de choque, que pueden realizarse a diferentes temperaturas. Dicha combinación de etapas de tratamiento térmico de choque logra las propiedades mecánicas deseadas (por ejemplo, resistencia) de un artículo de aluminio en un tiempo más corto que los procesos convencionales de tratamiento térmico. En un ejemplo, después de una etapa de estampado, un artículo de aleación de aluminio estampado puede someterse a dos o más etapas diferentes de calentamiento por contacto a dos temperaturas diferentes. En otro ejemplo, después de una etapa de estampado, diferentes partes de un artículo de aleación de aluminio estampado pueden someterse a etapas de calentamiento por choque de contacto local para obtener diferentes propiedades de resistencia en diferentes partes del artículo de aleación de aluminio. También se desvelan los artículos de aleación de aluminio producidos por los procesos de tratamiento térmico mejorados, tales como paneles de aleación de aluminio para vehículos motorizados. También se desvelan los usos de los paneles de aleación de aluminio automotriz resultantes para la fabricación de carrocerías de vehículos motorizados.

Algunas realizaciones ejemplares son las siguientes. Un ejemplo no limitante es un proceso para aumentar la resistencia de un artículo de aleación de aluminio conformado producido a partir de una aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente, que incluye calentar una o más veces al menos una parte del artículo de aleación de aluminio conformado producido a partir de la aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente a una temperatura de tratamiento térmico de 250 a 300 °C a una velocidad de calentamiento de 10 a 220 °C/segundo, y mantener la temperatura de tratamiento térmico durante 60 segundos o menos. Otro ejemplo es un proceso para producir un artículo de aleación de aluminio conformado a partir de una lámina de aleación de aluminio de una aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente,

el proceso que incluye conformar una lámina de aleación de aluminio para formar el artículo de aleación de aluminio conformado, calentando una o más veces al menos una parte del artículo de aleación de aluminio conformado a una temperatura de tratamiento térmico de 250 a 300 °C a una velocidad de calentamiento de 10 a 220 °C/segundo, y manteniendo la temperatura de tratamiento térmico durante 60 segundos o menos. En la etapa de conformación, la conformación puede ser conformación mediante estampado, prensado o conformación a presión de la lámina de aleación de aluminio. En los ejemplos anteriores, la temperatura del tratamiento térmico puede mantenerse durante 5 a 30 o 10 a 15 segundos. La aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente es una aleación de aluminio de las series 2xxx, 6xxx o 7xxx. La aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente puede estar en T4 antes de la etapa de calentamiento y/o en T6 o T61 después de la etapa de calentamiento. El límite elástico de la aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente puede aumentar después de la etapa de calentamiento en al menos 30 a 50 MPa. El calentamiento puede ser calentamiento por conducción. Al menos parte del artículo de aleación de aluminio conformado puede calentarse mediante la aplicación de una o más matrices calentadas de forma complementaria. El artículo de aleación de aluminio conformado puede calentarse en su totalidad o en parte. Por ejemplo, una o más partes del artículo de aleación de aluminio conformado pueden calentarse a la misma o diferentes temperaturas. El proceso ejemplar puede comprender al menos dos etapas de calentamiento a dos temperaturas diferentes y/o durante diferentes períodos de tiempo. Por ejemplo, el proceso puede comprender al menos dos etapas de calentamiento a dos temperaturas diferentes. La temperatura de la segunda etapa de calentamiento puede ser inferior a la temperatura de la primera etapa de calentamiento. En los procesos anteriores, el artículo de aleación de aluminio conformado puede ser un panel de vehículo motorizado, aunque no es necesario que lo sea. Otro ejemplo es una forma de aleación de aluminio conformada producida por los procesos desvelados, tales como los procesos ejemplares analizados anteriormente. La forma de aleación de aluminio conformada puede ser un panel de vehículo motorizado, como un panel de automóvil o cualquier otro producto adecuado. Otro ejemplo no limitante es el uso del panel automotriz para la fabricación de la carrocería de un automóvil.

Breve descripción de las figuras

La Figura 1 es una ilustración esquemática de un proceso de estampado y tratamiento térmico de una lámina de aluminio.

La Figura 2 es un gráfico de temperatura en función del tiempo para muestras de Aleación AA6451 sometidas a tratamiento térmico por inmersión en baño de sal (líneas continuas) o prensa caliente Collin® (líneas discontinuas).

La Figura 3 es un gráfico de $R_{p0.2}$ en función del tiempo para muestras de Aleación AA6451 sometidas a tratamiento térmico por inmersión en baño de sal y en una prensa Collin®.

Las Figuras 4A-B son gráficos de $R_{p0.2}$ en función del tiempo para muestras de Aleación AA6451 sometidas a tratamiento térmico por inmersión en baño de sal (temperaturas superiores a 300 °C) o en una prensa Collin® (temperaturas de 300 °C y menos).

Las Figuras 5A-B son gráficos de $R_{p0.2}$ en función del tiempo para muestras de una aleación experimental sometida a tratamiento térmico en una prensa Collin® a varias temperaturas y durante varios períodos de tiempo.

La Figura 6 es un proceso ilustrativo de tratamiento térmico de dos etapas realizado en una muestra de Aleación AA6451, el proceso incluye tratamiento térmico en una prensa Collin® y el posterior tratamiento térmico por inmersión en baño de sal.

Las Figuras 7A-B son gráficos de $R_{p0.2}$ en función del tiempo para muestras de Aleación AA6451 (panel A) y de una aleación experimental (panel B) sometida a diversos procesos de tratamiento térmico.

Las Figuras 8A-D son ilustraciones de tubos de colisión de una aleación tratada por tratamiento térmico de choque (paneles A y B) y una aleación en el templado T4 (paneles C y D) después de una prueba de colisión horizontal.

Las Figuras 9A-B son gráficos de energía de deformación y carga como funciones de desplazamiento para las aleaciones en la prueba de colisión horizontal.

Las Figuras 10A-D son ilustraciones de tubos de colisión de una aleación tratada por tratamiento térmico de choque (paneles A y B) y una aleación tratada con un tratamiento térmico convencional (paneles C y D) después de una prueba de colisión vertical.

La Figura 11 es un gráfico de carga y energía como funciones de desplazamiento para las aleaciones en la prueba de colisión vertical.

La Figura 12 es un esquema de una prueba de rendimiento de flexión.

La Figura 13 es un gráfico de $R_{p0.2}$ en función del tiempo para aleaciones tratadas a diferentes temperaturas en una

prensa Collin® o a diferentes temperaturas por aire caliente.

Las Figuras 14A-B son gráficos de $R_{p0,2}$ en función del tiempo a diferentes temperaturas para aleaciones preenvejecidas y no preenvejecidas en el templado T4 y T4 con predeformación del 2 %.

La Figura 15 es un esquema que ilustra la integración del tratamiento térmico de choque en el estampado de la línea de prensa.

Descripción

Se desvelan procesos para mejorar la resistencia de las aleaciones de aluminio 2xxx, 6xxx y 7xxx tratables térmicamente y endurecibles por envejecimiento que se usan a menudo para la producción de paneles automotrices. Los procesos para mejorar la resistencia de las aleaciones de aluminio tratables térmicamente y endurecibles por envejecimiento implican una etapa de tratamiento térmico, denominado "tratamiento térmico de choque", que implica un tratamiento térmico a una temperatura de 250 a 300 °C que se realiza a una velocidad de calentamiento rápida de 1 a 10 220 °C/segundo durante un corto período de tiempo de 60 segundos o menos (por ejemplo, de 5 a 30 segundos o de 5 a 15 segundos). Los procesos de tratamiento térmico de choque desvelados en este documento mejoran la resistencia de las aleaciones de aluminio tratables térmicamente empleando tiempos de calentamiento más cortos y velocidades de calentamiento más rápidas, en comparación con los procesos de tratamiento térmico convencionales, como el PFHT, empleados comúnmente en la industria automotriz. En algunos ejemplos, el tratamiento térmico de choque se alcanza calentando por contacto un artículo de aleación de aluminio entre matrices calentadas de una prensa, aunque se pueden emplear otros procesos de calentamiento, como se analiza más detalladamente.

Debido a los cortos tiempos de calentamiento empleados, el tratamiento térmico de choque según algunos ejemplos puede incorporarse ventajosamente en las líneas de producción y procesos empleados en la industria automotriz para la fabricación de piezas automotrices de aluminio, tales como paneles de carrocería de automóviles. Los procesos de tratamiento térmico de choque desvelados no se limitan a la industria automotriz, o más generalmente a la industria de vehículos motorizados, y pueden emplearse en otras industrias que implican la fabricación de artículos de aluminio. El artículo de aleación de aluminio conformado (o una parte del mismo) se produce a partir de una aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente, que es una aleación de aluminio de las series 2xxx, 6xxx o 7xxx, y posteriormente se calienta una o más veces a una temperatura de 250 a 300 °C durante 60 segundos o menos. En otro ejemplo, un proceso implica conformar el artículo a partir de una lámina de aleación de aluminio de una aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente, por ejemplo, estampando, prensando o conformando a presión la lámina de aleación de aluminio, y posteriormente calentando el artículo una o más veces a 250 a 300 °C durante 60 segundos o menos. El tratamiento térmico de choque se analiza con más detalle a continuación.

Tratamiento térmico de choque

Los procesos según los ejemplos implican aplicar una o más etapas de tratamiento térmico de choque a un artículo de aleación de aluminio. El tratamiento térmico de choque según los ejemplos descritos en el presente documento es un tratamiento térmico realizado de acuerdo con parámetros característicos, tales como temperatura, duración o velocidad de calentamiento, que se puede usar para describir la etapa o etapas del tratamiento térmico de choque. Uno de los parámetros característicos es un período de tiempo durante el cual el artículo de aleación de aluminio se mantiene a una temperatura elevada (es decir, tiempo de remojo), 60 segundos o menos.

Algunos de los ejemplos de tiempos de remojo de tratamiento térmico de choque son aproximadamente 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 segundos, 1 minuto (60 segundos). En un proceso de tratamiento térmico de choque se puede emplear más de una etapa de tratamiento térmico de choque. Por ejemplo, en algunos casos, se pueden realizar de 2 a 5 etapas de tratamiento térmico de choque de 5 segundos cada una, lo que da como resultado un tiempo de tratamiento térmico de choque acumulado de 10 a 25 segundos. Cada una de las múltiples etapas de tratamiento térmico puede realizarse para una de las duraciones especificadas anteriormente; se pueden emplear diferentes duraciones para diferentes etapas. En algunos casos, la longitud acumulativa o combinada de las múltiples etapas de tratamiento térmico de choque puede ser mayor que los tiempos máximos de remojo especificados anteriormente. La realización de una etapa de tratamiento térmico durante un período de tiempo relativamente corto, como 5 a 30 segundos, permite la incorporación eficiente de la etapa de tratamiento térmico en ciertos procesos de fabricación y líneas de producción, como una línea de fabricación de paneles automotrices, sin interrupción importante de dichas líneas y procesos. El tratamiento térmico de choque como se describe en el presente documento puede mejorar las características mecánicas de una aleación de aluminio que son al menos comparables a las mejoras alcanzadas por otros métodos de tratamiento térmico que emplean tiempos de remojo más largos.

Se pueden lograr tiempos de remojo más cortos para el tratamiento térmico de choque seleccionando la temperatura del tratamiento térmico de choque de modo que los cambios deseados en las características mecánicas de una aleación de aluminio endurecible por envejecimiento se modulen en un período de tiempo relativamente corto. Las

propiedades mecánicas de una aleación de aluminio alcanzadas mediante el uso de un tratamiento térmico de choque de acuerdo con los métodos descritos en este documento pueden adaptarse cambiando la temperatura, el tiempo o ambos tratamientos térmicos de choque. El tratamiento térmico de choque como se describe en el presente documento emplea las temperaturas ejemplares de 200 a 350 °C. Por ejemplo, el tratamiento térmico de choque puede realizarse a 250 °C, 255 °C, 260 °C, 265 °C, 270 °C, 275 °C, 280 °C, 285 °C, 290 °C, 295 °C o 300 °C. Al cambiar la temperatura del tratamiento térmico de choque, se pueden modular las características mecánicas, como el límite elástico, de la aleación de aluminio resultante o el artículo de aleación de aluminio y/o la velocidad a la que se logran estas características mecánicas. Por ejemplo, aumentar la temperatura del tratamiento térmico de choque dentro del rango adecuado puede dar lugar a un endurecimiento más rápido de la aleación de aluminio, que se caracteriza por un aumento más rápido del límite elástico. Por lo tanto, el aumento beneficioso en el límite elástico de una aleación de aluminio se puede lograr en un tiempo más corto. Se puede emplear una temperatura de remojo más alta para lograr una cinética más favorable del aumento del límite elástico durante el tratamiento térmico de choque. Al mismo tiempo, el aumento de la temperatura del tratamiento térmico de choque puede dar lugar a un límite elástico más bajo, que debe tenerse en cuenta al elegir la temperatura del tratamiento térmico de choque. Emplear una combinación de dos o más etapas de tratamiento térmico realizadas a diferentes temperaturas de tratamiento térmico de choque, como se analiza con más detalle a continuación, es un enfoque para lograr las características mecánicas adecuadas de una aleación de aluminio o un artículo hecho de la aleación de aluminio. La elección de la temperatura o temperaturas para una o más de las etapas del tratamiento térmico de choque también depende de la naturaleza de la aleación de aluminio, por ejemplo, su composición y tratamiento (que puede caracterizarse por el templeado) antes del tratamiento térmico de choque.

El tratamiento térmico de choque según un ejemplo emplea una velocidad de calentamiento de 10 a 200 °C/segundo, por ejemplo, 10 a 100 °C/segundo, 10 a 50 °C/segundo, 10 a 20 °C/segundo. La velocidad de calentamiento se puede lograr seleccionando un proceso o sistema de calentamiento apropiado para calentar un artículo de aleación de aluminio. En general, el proceso o sistema de calentamiento empleado en el tratamiento térmico de choque debe suministrar suficiente energía para alcanzar las velocidades de calentamiento especificadas anteriormente. Por ejemplo, se pueden usar dispositivos y procesos para el calentamiento por conducción térmica para lograr una velocidad de calentamiento rápida adecuada para el tratamiento térmico de choque desvelado. Un ejemplo de dicho proceso es el calentamiento por contacto de una aleación de aluminio mediante herramientas calentadas de forma complementaria. Por ejemplo, para el tratamiento térmico de choque, un artículo de aleación de aluminio puede tratarse aplicando al artículo de aleación de aluminio una o más matrices calentadas de una prensa que tiene una forma complementaria, como se ilustra en la Figura 1. La Figura 1 es una ilustración esquemática de un proceso de estampado y tratamiento térmico de una lámina de aluminio. La Figura 1 muestra una prensa de estampado 100 que tiene dos matrices superiores 110 y dos matrices inferiores 120 y artículos conformados 130 formados por compresión entre las matrices superiores 110 y las matrices inferiores 120. La Figura 1 muestra además artículos conformados 130 formados por la prensa de estampado 100 colocada en una prensa de calentamiento 200 que tiene matrices superiores calentadas 210 y matrices inferiores calentadas 220. Las matrices superiores calentadas 210 y las matrices inferiores 220 están conformadas de manera que entren en contacto con la superficie del artículo conformado 130 sin que las matrices 210, 220 cambien la forma del artículo conformado 130. Más generalmente, el calentamiento por contacto se puede lograr por cualquier contacto con un objeto, sustancia o cuerpo calentado. La aplicación de herramientas calentadas es un ejemplo. Otro ejemplo de un proceso de calentamiento por contacto es el calentamiento por inmersión, que puede implicar sumergir un artículo de aleación de aluminio en un líquido calentado ("baño calentado"). El tratamiento térmico de choque también se puede lograr mediante procesos de calentamiento sin contacto, por ejemplo, mediante calentamiento por radiación. Algunos ejemplos no limitantes de procesos de calentamiento que pueden emplearse son el calentamiento por aire caliente, el calentamiento por contacto, el calentamiento por inducción, el calentamiento por resistencia, el calentamiento por radiación infrarroja y el calentamiento por quemador de gas. Por ejemplo, una herramienta o herramientas de calentamiento por contacto de un tamaño y forma adecuados se pueden aplicar a una parte o partes de un artículo de aleación de aluminio para lograr el calentamiento local de la parte o partes del artículo. En otros ejemplos, se puede aplicar una herramienta de calentamiento por contacto, tal como una matriz de una prensa calentada, a un artículo completo, o se puede emplear un baño calentado para lograr el calentamiento de todo el artículo. En un ejemplo más, el tratamiento térmico de choque puede realizarse solo en una parte formada de un artículo de aluminio previamente estampado, pero no en su área de brida, para mantener la capacidad de doblado/cierre de la brida. Por lo tanto, para el tratamiento térmico de choque a medida, pueden usarse el diseño y la optimización del sistema de calentamiento y el protocolo para gestionar el flujo de calor y/o para lograr las características deseadas del artículo tratado.

El tratamiento térmico de choque de un artículo de aleación de aluminio afecta a una o más de las propiedades mecánicas de la aleación de aluminio. Las características mecánicas de una aleación de aluminio mejoradas por el tratamiento térmico de choque desvelado pueden ser una o más características de resistencia, tales como el límite elástico, la resistencia máxima a la tracción y/o el alargamiento. En algunos ejemplos, la resistencia de la aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente aumenta en una o más etapas de tratamiento térmico de choque. Por ejemplo, el límite elástico de una muestra de aleación de aluminio medida como límite elástico de compensación al 0,2 % ($R_{p0.2}$) puede incrementarse en al menos 30 a 50 MPa, por ejemplo, en 30 a 150 MPa o en 30 a 85 MPa. Las diferentes propiedades mecánicas de una aleación de aluminio pueden verse afectadas de diferentes maneras. Por ejemplo, el tratamiento térmico de choque en condiciones particulares puede lograr

mejoras en $R_{p0.2}$ de una aleación de aluminio comparable a las alcanzadas mediante procesos de tratamiento térmico realizados durante períodos de tiempo más largos, pero la resistencia a la tracción máxima (R_m) y/o la elongación alcanzada en estas condiciones puede ser inferior a la alcanzada por los procesos de tratamiento térmico más largos. En otro ejemplo, si se realiza un tratamiento térmico de choque en un artículo de aluminio después del estampado, se pueden lograr efectos combinados de endurecimiento por deformación y horneado. Las condiciones de tratamiento térmico de choque, como la elección de la temperatura o las temperaturas empleadas y el número de etapas de tratamiento térmico de choque, se seleccionan de modo que den como resultado propiedades mecánicas de una aleación de aluminio adecuada para una aplicación particular. Por ejemplo, las condiciones de tratamiento térmico de choque empleadas en la fabricación de paneles automotrices se seleccionan de modo que los paneles automotrices resultantes posean propiedades de choque adecuadas.

En algunos ejemplos, se emplea más de una etapa de tratamiento térmico de choque. Se pueden emplear dos o más etapas de tratamiento térmico de choque realizadas a dos o más temperaturas diferentes, durante diferentes períodos de tiempo y/o a diferentes velocidades de calentamiento, para lograr las características de resistencia deseadas de una aleación de aluminio. Por ejemplo, se pueden emplear dos, tres, cuatro o cinco etapas de tratamiento térmico de choque realizadas a dos o más temperaturas diferentes, durante diferentes períodos de tiempo y/o a diferentes velocidades de calentamiento. Una selección de condiciones de tratamiento térmico de choque, como la temperatura, la velocidad de calentamiento y/o la duración, puede afectar a las propiedades, como el límite elástico, de una aleación de aluminio sometida a tratamiento térmico de choque o un artículo hecho de dicha aleación. Por ejemplo, la combinación de 2 a 5 etapas de tratamiento térmico de choque realizadas en una pieza de aleación de aluminio a una temperatura de 250 a 300 °C (se pueden realizar diferentes etapas de tratamiento térmico de choque a diferentes temperaturas) durante 5 segundos cada una da como resultado un tiempo de tratamiento térmico de choque acumulativo de 10 a 25 segundos y lograr un aumento en el límite elástico de 30 a 150 MPa, dependiendo de la naturaleza de la aleación de aluminio.

Como se ha descrito en otra parte de este documento, temperaturas más altas del tratamiento térmico de choque dan lugar a un aumento más rápido en el límite elástico, lo que permite tiempos de tratamiento térmico de choque más cortos, pero también pueden dar lugar a un límite elástico máximo más bajo de la aleación de aluminio sometida al tratamiento térmico de choque. Por lo tanto, se puede lograr una combinación deseable de las propiedades de aleación de aluminio manipulando las condiciones de tratamiento térmico de choque y/o combinando las etapas de tratamiento térmico de disparo. Por ejemplo, un proceso que combina una o más etapas de tratamiento térmico de choque realizadas a una temperatura más alta y una o más etapas de tratamiento térmico realizadas a una temperatura más baja puede dar lugar a que una aleación logre un mayor límite elástico en menos tiempo, que un proceso que emplea tratamiento térmico de choque solo a una de las temperaturas.

En algunos ejemplos, la primera etapa de tratamiento térmico de choque se realiza a una temperatura más alta que la segunda etapa de tratamiento térmico de choque. Por ejemplo, la primera etapa puede realizarse a 300 °C, mientras que la segunda etapa de tratamiento térmico puede realizarse a 250 °C. En otro ejemplo, diferentes partes de un artículo de aleación de aluminio estampado pueden someterse a diferentes condiciones locales de tratamiento térmico de choque, empleando, por ejemplo, herramientas de calentamiento por contacto de diferentes temperaturas, para obtener diferentes propiedades de resistencia en diferentes partes del artículo de aleación de aluminio. Además, como se analiza con más detalle a continuación, se puede emplear una combinación de múltiples etapas de tratamiento térmico de choque de menor duración, en lugar de una etapa más larga de tratamiento térmico de choque, para una integración más eficiente del proceso de tratamiento térmico de choque en las líneas y procesos de producción de artículos de aleación de aluminio. Las diferentes etapas de tratamiento térmico de choque se pueden realizar por los mismos o diferentes métodos de calentamiento, a la misma o a diferente temperatura de calentamiento, y/o con la misma o diferentes duraciones de tiempo. Por ejemplo, se puede emplear una combinación de calentamiento por contacto mediante herramientas de calentamiento y tratamiento de baño calentado. En los casos que emplean dos o más etapas de tratamiento térmico, estas etapas pueden emplearse simultáneamente (por ejemplo, cuando se emplea el tratamiento térmico de choque local de diferentes partes del artículo), secuencialmente o pueden superponerse en el tiempo.

Aleaciones de aluminio y artículos de aleaciones de aluminio

El tratamiento térmico de choque como se describe en el presente documento puede llevarse a cabo con cualquier aleación de aluminio endurecida por precipitación (por ejemplo, una aleación de aluminio que contenga Al, Mg, Si y, opcionalmente, Cu, y capaz de exhibir una respuesta de endurecimiento por envejecimiento). Las aleaciones de aluminio que pueden someterse al tratamiento térmico de choque desvelado son las aleaciones de aluminio endurecibles por envejecimiento de las series 2xxx, 6xxx y 7xxx. Las aleaciones de aluminio ejemplares que pueden someterse al tratamiento térmico de choque pueden incluir los siguientes componentes, además del aluminio: Si: 0,4 a 1,5 % en peso, Mg: 0,3 a 1,5 % en peso, Cu: 0 a 1,5 % en peso, Mn: 0 a 0,40 % en peso, Cr: 0 a 0,30 % en peso, y hasta 0,15 % en peso de impurezas. Las aleaciones pueden incluir constituyentes alternativos o adicionales, siempre que las aleaciones sean aleaciones que se endurecen por precipitación.

La composición de una aleación de aluminio puede afectar su respuesta al tratamiento térmico de choque. Por ejemplo, el aumento en el límite elástico después del tratamiento térmico puede verse afectado por una cantidad de

precipitados de Mg o Cu-Si-Mg presentes en la aleación. Las aleaciones de aluminio adecuadas para el tratamiento térmico de choque desvelado en el presente documento pueden proporcionarse en un estado no tratado térmicamente (por ejemplo, templado T4) o pueden proporcionarse en un estado parcialmente tratado térmicamente (por ejemplo, templado T61) y pueden tratarse adicionalmente con calor de acuerdo con los procesos desvelados para aumentar su resistencia. Las aleaciones se pueden preenvejecer o no. En algunos ejemplos, las aleaciones de aluminio tratables térmicamente y endurecibles por envejecimiento sometidas al tratamiento térmico de choque se proporcionan como una lámina de aluminio en estado T4 dúctil o como artículos formados a partir de dicha lámina. El estado o templado denominado T4 se refiere a una aleación de aluminio producida sin recocido por lotes intermedio y preenvejecimiento. Las aleaciones de aluminio sometidas a etapas de tratamiento térmico de choque como se describe en el presente documento no tienen por qué proporcionarse en el templado T4. Por ejemplo, si se proporciona una aleación de aluminio como un material que se envejece artificialmente después del estampado, entonces se encuentra en el templado T8. Y si la aleación de aluminio se proporciona como un material que se envejece artificialmente antes del estampado, entonces se encuentra en el templado T9. Dichos materiales de aleación de aluminio pueden someterse a un tratamiento térmico de choque de acuerdo con los procesos descritos en el presente documento. Después del tratamiento térmico de choque, la lámina de aleación de aluminio o los artículos fabricados a partir de dicha lámina tienen un templado T6 o un templado T6 parcial (templado T61) y exhiben mejoras en las características de resistencia asociadas con dichos templados. Como se ha señalado anteriormente, la designación "templado T6" significa que la aleación de aluminio ha sido tratada térmicamente en solución y envejecida artificialmente hasta alcanzar la máxima resistencia. En algunos otros ejemplos, los artículos sometidos al tratamiento térmico de choque se proporcionan inicialmente en estado de tratamiento térmico parcial (templado T61) y se encuentran en el templado T61 o T6 después del tratamiento térmico de choque. Incluso si la designación de templado del artículo de aleación de aluminio no cambia después del tratamiento térmico de choque, como en el caso en que el artículo se encuentra en el templado T61 antes y después del tratamiento térmico de choque, el tratamiento térmico de choque cambia las propiedades de la aleación de aluminio, por ejemplo, aumenta su límite elástico.

Los artículos de aleación de aluminio adecuados para el tratamiento térmico de choque de acuerdo con los métodos descritos en el presente documento incluyen artículos de aleación de aluminio formados o conformados a partir de láminas de aleación de aluminio. Una lámina de aleación de aluminio puede ser una lámina de aluminio laminada producida a partir de lingotes o tiras de aleación de aluminio. La lámina de aleación de aluminio a partir de la cual se producen los artículos de aleación de aluminio se proporciona con un templado adecuado, tal como el templado T4 o T61. Los artículos de aleación de aluminio formados o conformados incluyen artículos de aleación de aluminio conformados de dos y tres dimensiones. Un ejemplo de un artículo de aleación de aluminio formado o conformado es un artículo plano cortado de una lámina de aleación de aluminio sin conformación adicional. Otro ejemplo de un artículo de aleación de aluminio formado o conformado es un artículo de aleación de aluminio no plano producido por un proceso que implica una o más etapas de conformación tridimensionales, como doblado, estampado, prensado, conformación por prensado o estirado. Dicho artículo de aleación de aluminio no plano puede denominarse "estampado", "prensado", "formado por prensado", "estirado", "conformado tridimensionalmente" u otros términos similares. Un artículo de aleación de aluminio puede formarse mediante un proceso de "conformación en frío", lo que significa que no se aplica calor adicional al artículo antes o durante el conformado, o mediante un proceso de "conformación en caliente", lo que significa que el artículo se calienta antes o durante el conformado, o el conformado se realiza a temperatura elevada. Por ejemplo, un artículo de aleación de aluminio conformación en caliente puede calentarse o conformarse de 150 a 250 °C, de 250 a 350 °C o de 350 a 500 °C.

El término "artículo de aleación de aluminio" puede referirse a los artículos proporcionados antes del tratamiento térmico de choque, los artículos tratados o sometidos al tratamiento térmico de choque, así como los artículos después del tratamiento térmico de choque, incluyendo artículos pintados o recubiertos. Dado que el tratamiento térmico de choque puede emplearse ventajosamente en una industria de vehículos motorizados, incluida la fabricación de automóviles, los artículos de aleación de aluminio y los procesos para su fabricación incluyen piezas de vehículos motorizados, tales como paneles de carrocería de automóviles. Algunos ejemplos de piezas de vehículos motorizados que entran dentro del alcance de esta divulgación son paneles de suelo, paredes traseras, balancines, capós de motor, defensas, techos, paneles de puertas, pilares B, largueros, lados de la carrocería, elementos de los balancines o de choque. El término "vehículo motorizado" y los términos relacionados no se limitan a automóviles e incluyen, pero no se limitan a, varias clases de vehículos, tales como automóviles, coches, autobuses, motocicletas, vehículos todo terreno, camiones ligeros, camiones y cabezas tractoras. Los artículos de aleación de aluminio no se limitan a partes de vehículos motorizados; se prevén e incluyen otros tipos de artículos de aluminio fabricados de acuerdo con los procesos descritos en el presente documento. Por ejemplo, los procesos de tratamiento térmico de choque pueden emplearse ventajosamente en la fabricación de diversas partes de dispositivos mecánicos y otros dispositivos o maquinaria, incluidos aviones, barcos y otros vehículos acuáticos, armas, herramientas, cuerpos de dispositivos electrónicos y otros.

Los artículos de aleación de aluminio desvelados en el presente documento pueden estar compuestos o ensamblados a partir de múltiples partes. Por ejemplo, están incluidas partes de vehículos motorizados ensambladas a partir de más de una parte (como un capó de automóvil, que incluye un panel interno y externo, una puerta de automóvil, que incluye un panel interno y externo, o una carrocería de vehículo motorizado al menos parcialmente ensamblada que incluye múltiples paneles). Además, dichos artículos de aleación de aluminio

compuestos o ensamblados a partir de múltiples partes pueden ser adecuados para el tratamiento térmico de choque de acuerdo con los métodos desvelados en el presente documento después de su ensamblaje o ensamblaje parcial. Además, en algunos casos, los artículos de aleación de aluminio pueden contener partes o secciones que no sean de aluminio, tales como partes o secciones que contienen o están fabricadas a partir de otros metales o aleaciones metálicas (por ejemplo, aleaciones de acero o titanio).

Procesos y sistemas

Los procesos de producción de artículos de aleación de aluminio pueden incluir una o más de las etapas analizadas en este documento. Los artículos de aleación de aluminio se producen a partir de una lámina de aleación de aluminio. En algunos casos, una lámina de aleación de aluminio se puede seccionar, por ejemplo, cortándola en artículos precursores de aleación de aluminio o formas denominadas "piezas en bruto", como "piezas en bruto para estampado", es decir, precursores para el estampado. En consecuencia, los procesos desvelados pueden incluir una etapa o etapas para producir un precursor o una pieza en bruto de un artículo de aleación de aluminio. Las piezas en bruto se conforman a continuación en artículos de aluminio de una forma deseable mediante un proceso adecuado. Ejemplos no limitantes de los procesos de conformación para la producción de artículos de aleación de aluminio incluyen corte, estampado, prensado, conformado a presión, estirado u otros procesos que pueden crear formas bidimensionales o tridimensionales. Por ejemplo, un proceso puede contener una etapa de cortar una lámina de aluminio en "piezas en bruto para estampado" para conformarla posteriormente en una prensa de estampado. Un proceso puede contener una etapa de conformación de una lámina de aleación de aluminio o una pieza en bruto mediante estampado. En la etapa del proceso de estampado o prensado, descrita en general, se forma una pieza en bruto presionándola entre dos matrices de forma complementaria.

Los procesos desvelados en este documento incluyen una o más etapas de tratamiento térmico de choque. Los procesos pueden incluir el tratamiento térmico de choque como una etapa independiente o en combinación con otras etapas. Por ejemplo, el proceso puede incluir una etapa de conformar un artículo de aleación de aluminio y una o más etapas de tratamiento térmico del artículo de aleación de aluminio conformado de acuerdo con los parámetros característicos (temperatura, tiempo de calentamiento y/o velocidad de calentamiento) del tratamiento térmico de choque. Los procesos pueden incorporar tratamiento térmico de choque en los procesos y líneas existentes para la producción de artículos de aleación de aluminio, tales como artículos de aluminio estampados (por ejemplo, paneles automotrices de aleación de aluminio estampados), mejorando así los procesos y los artículos resultantes de una manera racionalizada y económica. Los aparatos y los sistemas para realizar los procesos y producir los artículos descritos en este documento están incluidos dentro del alcance de la invención.

Un ejemplo es un proceso para producir un artículo estampado de aleación de aluminio, como un panel de vehículo motorizado, que incluye varias (dos o más, como dos, tres, cuatro, cinco, seis o más) etapas de estampar el artículo en una secuencia de prensas de estampado ("línea de prensa"). Las etapas de estampado son las denominadas etapas de "conformación en frío", lo que significa que no se realiza ningún calentamiento adicional de un artículo. Se proporciona una pieza en bruto para estampado antes de la primera etapa de estampado. El proceso incluye una o más etapas de tratamiento térmico de choque realizadas en diferentes puntos del proceso con respecto a una o más de las etapas de estampado. Al menos una de las etapas del tratamiento térmico de choque se puede realizar en una pieza de estampado antes de la primera etapa de estampado (es decir, en la entrada de la línea de prensado). En este caso, la pieza en bruto, que puede proporcionarse en el templado T4, puede convertirse en el templado T6 o T61 después de la etapa de tratamiento térmico de choque anterior y antes de la primera etapa de prensado. Se puede realizar al menos una etapa de tratamiento térmico de choque después de la última etapa de estampado (es decir, al final de la línea de prensado). En este caso, el artículo estampado puede convertirse en el templado T6 completo mediante la etapa de tratamiento térmico de choque al final de la línea. Las etapas de tratamiento térmico de choque también se pueden incluir después de una o más de las primeras etapas o etapas de prensado intermedias. Por ejemplo, si la línea de prensado incluye cinco prensas de estampado y las etapas de estampado correspondientes, dichas etapas de tratamiento térmico de choque intermedio pueden incluirse después de una o más de la primera, segunda, tercera y cuarta etapas de estampado intermedias. En el caso de que se incluyan etapas intermedias de tratamiento térmico de choque, el artículo puede estar en el templado T4 o T61 antes de una etapa intermedia de tratamiento térmico de choque y puede estar en T61 o T6 después de la etapa intermedia de tratamiento térmico de choque. Las etapas del tratamiento térmico de choque pueden incluirse en un proceso de producción en varias combinaciones. Por ejemplo, cuando se emplean una o más de las etapas de tratamiento térmico de choque intermedias, las etapas de tratamiento térmico de choque también pueden incluirse al principio y al final de la línea de prensado, como se ha descrito anteriormente. Se pueden tener en cuenta varias consideraciones al decidir una combinación específica y la colocación de las etapas de tratamiento térmico de choque en un proceso de producción. Por ejemplo, si se introduce una etapa o etapas de tratamiento térmico de choque antes de una etapa o etapas de estampado, la conformación por estampado puede volverse más difícil, pero es posible que el artículo resultante retenga características de mayor resistencia, en comparación con otras configuraciones de la línea de producción.

Las decisiones sobre la duración y otros parámetros de las etapas de tratamiento térmico de choque, sobre el número y los puntos de integración de las etapas de tratamiento térmico de choque y las estaciones correspondientes que se incluirán en los procesos o sistemas de fabricación se toman en base a varias

consideraciones. Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, se puede lograr una combinación deseable de propiedades de aleación de aluminio manipulando las condiciones de tratamiento térmico de choque. En consecuencia, la decisión sobre el número de etapas de tratamiento térmico de choque y sus parámetros puede basarse, al menos en parte, en las propiedades deseadas del artículo de aleación de aluminio. Por ejemplo, pueden ser más adecuados tiempos de tratamiento térmico de choque más largos para lograr mejores propiedades de choque, lo que puede ser deseable para los paneles de vehículos motorizados. Otra consideración para la toma de decisiones es la integración eficiente de las etapas del tratamiento térmico de choque en el proceso de manufactura, fabricación o producción. Por ejemplo, las etapas de tratamiento térmico de choque de duración relativamente corta, por ejemplo, de 5 a 20 segundos o de 10 a 20 segundos, pueden integrarse sin una interrupción importante de la línea de prensado como etapas intermedias realizadas entre las etapas de prensado. Por otro lado, una etapa de tratamiento térmico de choque más larga (por ejemplo, de 30 a 60 segundos o más) puede integrarse de manera más eficiente como una etapa adicional al final de la línea de prensado. En base a las demandas del ciclo de producción, en algunos casos se puede tomar una decisión a favor de múltiples etapas de tratamiento térmico de choque de menor duración para integrarlas como etapas intermedias. Como se ha descrito anteriormente, las etapas de calentamiento por choque integradas en el proceso pueden llevarse a cabo a la misma temperatura o a diferentes temperaturas durante diferentes períodos de tiempo. Por ejemplo, pueden integrarse dos o tres etapas o estaciones de tratamiento térmico de choque para el tratamiento térmico a diferentes temperaturas en una línea de producción para paneles de vehículos motorizados. En un ejemplo, en la línea de producción para paneles de vehículos motorizados se incluyen dos estaciones de tratamiento térmico que realizan tratamientos térmicos de choque a 275 °C y 300 °C, respectivamente, durante 5 segundos cada una.

El tratamiento térmico de choque puede llevarse a cabo en equipos separados y dedicados (sistema, estación, máquina o aparato). También se describen sistemas para producir o fabricar artículos de aleación de aluminio que incorporan equipos para el tratamiento térmico de choque. Un sistema ejemplar es una línea de prensa para producir artículos estampados de aleación de aluminio, tales como paneles de aleación de aluminio, que incorpora estaciones o sistemas de tratamiento térmico de choque en varios puntos de la línea, como en los diversos ejemplos analizados anteriormente.

El tratamiento térmico de choque puede realizarse en artículos o piezas ensamblados o parcialmente ensamblados. Por ejemplo, el tratamiento térmico de choque se puede realizar en partes de vehículos motorizados, como capós o puertas, después de ensamblarlos. En otro ejemplo, el tratamiento térmico de choque local o parcial puede realizarse en carrocerías de vehículos motorizados total o parcialmente ensamblados, por ejemplo, mediante la aplicación de herramientas de calentamiento por contacto a una parte o partes de la carrocería. Para ilustrar, las partes de la carrocería del vehículo motorizado ensamblado o parcialmente ensamblado que no alcanzan una temperatura suficientemente alta durante el ciclo de horneado de pintura pueden someterse a un tratamiento térmico de choque local antes o después del ciclo de horneado de pintura para mejorar su resistencia. En dichas situaciones, una etapa de tratamiento térmico de choque y la estación correspondiente pueden integrarse en una línea de producción en algún momento durante o después del montaje de una parte o carrocería de un vehículo a motor. La elección del punto en la línea de montaje para integrar un tratamiento térmico de choque puede estar gobernada por varias consideraciones. Por ejemplo, se puede realizar un tratamiento térmico de choque después del ensamblaje de la carrocería de un automóvil para mantener la mejor capacidad de remachado de las partes de la carrocería durante el ensamblaje. En otro ejemplo, se puede incluir una etapa de tratamiento térmico de choque entre cualquier etapa del ensamblaje de la carrocería de un vehículo motorizado, incluso en un punto regido por una consideración no limitante como mantener el remachado o la capacidad de unión de las partes de la carrocería antes del tratamiento térmico de choque.

Los procesos de producción o fabricación de un artículo de aluminio como se desvela en el presente documento pueden incluir una etapa de recubrimiento o pintura de un artículo de aleación de aluminio con pintura o recubrimiento adecuado. Por lo general, un artículo de aleación de aluminio conformado y con tratamiento térmico se pinta posteriormente. Por ejemplo, cuando el artículo de aleación de aluminio se usa como un panel de automóvil u otro vehículo motorizado, una carrocería del vehículo motorizado después del ensamblaje se reviste y/o pinta habitualmente para su protección contra la corrosión y por estética. La pintura y/o los recubrimientos pueden aplicarse por pulverización o inmersión. Después de la aplicación, la pintura y/o los recubrimientos generalmente se tratan en un proceso comúnmente denominado "horneado". Los procesos desvelados en este documento pueden incluir una etapa de horneado de pintura, que puede denominarse "horneado de pintura", "recocido de pintura", "ciclo de horneado de pintura" u otros términos relacionados. El horneado de pintura generalmente implica un tratamiento térmico a 160 a 200 °C durante un período de hasta 1 hora, por ejemplo, durante 20 a 30 min. Los artículos de aleación de aluminio pueden sufrir un ciclo de horneado de pintura o un ciclo de tratamiento térmico comparable, incluso sin estar pintados o recubiertos. Por ejemplo, un panel automotriz sin pintar y/o sin recubrir puede someterse a un ciclo de horneado de pintura como parte de una carrocería de automóvil ensamblada. Como se ha descrito en otra parte de este documento, un ciclo de horneado de pintura puede afectar al envejecimiento de una aleación de aluminio a partir de la cual se fabrica el artículo y, por lo tanto, afectar a sus propiedades mecánicas, como la resistencia. En consecuencia, se puede emplear un ciclo de horneado de pintura o una etapa de tratamiento térmico similar en los procesos desvelados en este documento como una etapa de tratamiento térmico adicional, lo que significa que un proceso puede comprender un horneado de pintura o una etapa de tratamiento térmico similar, además de la etapa de tratamiento térmico de choque.

Ventajas

- Los procesos descritos en este documento son adecuados, entre otras cosas, para la fabricación de paneles de aleación de aluminio para vehículos motorizados y pueden reemplazar al PFHT en un ciclo de producción de vehículos motorizados. El tratamiento térmico de choque es significativamente más corto que el PFHT y puede incorporarse fácilmente en los procesos de producción y líneas de producción de vehículos motorizados existentes. El tratamiento térmico de choque generalmente es aplicable al tratamiento térmico de varios artículos de aleación de aluminio, tales como artículos de aleación de aluminio estampados o prensados, para aumentar su resistencia. El tratamiento térmico de choque puede reemplazar ventajosamente las etapas convencionales de tratamiento térmico empleadas durante la producción de artículos de aleación de aluminio para aumentar su resistencia, o puede usarse además de las etapas convencionales de tratamiento térmico. La ventaja de reemplazar una etapa de tratamiento térmico convencional, como el PFHT, con el proceso de tratamiento térmico de choque como se desvela en este documento, es que el proceso de tratamiento térmico de choque puede ser uno o más de: energéticamente eficiente debido al menor tiempo de tratamiento térmico; consume menos tiempo; y/o fácilmente incorporado en un proceso de producción existente, por ejemplo, incorporado en una línea de prensa existente a la velocidad de producción de la línea de prensa. Una ventaja de dicha integración es que la línea de prensado puede producir los artículos de aleación de aluminio estampados o prensados, como los paneles de vehículos motorizados, en el templado T6 o T61, que pueden ingresar a la siguiente etapa del proceso después de la línea de prensado. Los procesos de tratamiento térmico de choque desvelados en el presente documento también son altamente personalizables, lo que da como resultado una mejora de la flexibilidad de los procesos de producción. Por ejemplo, una etapa de tratamiento térmico de choque puede integrarse fácil y eficientemente en un ciclo de producción de vehículos motorizados para producir las características deseadas del artículo que se produce, dependiendo de la demanda.
- Los procesos descritos en este documento aumentan la resistencia de los artículos de aleación de aluminio sometidos a tratamiento térmico de choque. A su vez, la mayor resistencia puede permitir disminuir el espesor (reducción del calibre) de los artículos de aluminio, como paneles de automóviles, disminuyendo así su peso y costos de material. Además, las características de resistencia mejoradas de las aleaciones de aluminio alcanzadas mediante el tratamiento térmico de choque desvelado pueden ampliar el uso de aleaciones de aluminio en diversas industrias, tales como la industria del automóvil, particularmente la industria automotriz.

Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar adicionalmente la invención, sin embargo, sin constituir al mismo tiempo ninguna limitación de la misma.

Ejemplos

- En los siguientes ejemplos, se produjeron láminas de aleación de aluminio AA6451 y láminas de una composición de aleación experimental (denominada "Aleación A" en este documento) en el templado T4 y en el templado T4 con el 2 % de predeformación para imitar las condiciones de preestampado. La Aleación A tenía una composición de 0,95 a 1,05 % en peso de Si, 0,14 a 0,25 % en peso de Fe, 0,046 a 0,1 % en peso de Mn, 0,95 a 1,05 % en peso de Mg, 0,130 a 0,170 % en peso de Cr, 0 a 0,034 % en peso de Ni, 0 a 0,1 % en peso de Zn y 0,012 a 0,028 de Ti, con el resto que es Al e impurezas. Las muestras se trataron térmicamente mediante un procedimiento de baño de sal y/o una prensa caliente o una prensa de platina. Para el procedimiento de baño de sal, las muestras se calentaron por inmersión en un horno de baño de sal que contenía una mezcla de sal fundida de nitratos alcalinos a una temperatura estable. En los siguientes ejemplos, para el procedimiento de prensado en caliente se utilizó una prensa Collin®. La prensa se calentó a una temperatura estable, las muestras se colocaron entre dos placas de la prensa y se aplicó presión. La presión aseguraba un calentamiento muy rápido de la muestra.

Ejemplo 1

- Comparación de los métodos de tratamiento térmico

- Para comparar los métodos de calentamiento por baño de sal y prensado en caliente utilizados en algunos de los siguientes ejemplos, las muestras de AA6451 se calentaron mediante el procedimiento de baño de sal y el procedimiento de prensado en caliente. Se recogieron los datos con el baño de sal y la prensa caliente cada uno a 200 °C, 250 °C y 300 °C. Ambos procedimientos de tratamiento térmico aseguraron un calentamiento rápido de las muestras, como se ilustra en la Figura 2. Las líneas continuas en la Figura 2 demuestran la temperatura de la muestra calentada por el procedimiento de baño de sal, y las líneas discontinuas demuestran la temperatura de la muestra calentada por el procedimiento de la prensa caliente. El tiempo requerido para alcanzar la temperatura objetivo del tratamiento térmico fue de aproximadamente 15 segundos para el procedimiento de baño de sal y aproximadamente 5 segundos para el procedimiento de estampado, como se ilustra en la Figura 2.

- Los procedimientos de baño de sal y prensado en caliente proporcionaron un endurecimiento comparable de las muestras de aleación. Se midió un límite de elástico de compensación del 0,2 % ($R_{p0,2}$) de las muestras para controlar el proceso de endurecimiento a temperaturas de 250 °C, 275 °C y 300 °C para cada proceso de tratamiento térmico, como se ilustra en la Figura 3. El eje x representa el tiempo que la aleación se mantiene a la

temperatura especificada. El tiempo de calentamiento a la temperatura especificada no está incluido, pero se puede deducir de los datos representados en la Figura 2 como de 15 segundos para la inmersión en baño de sal y de 5 segundos para la prensa caliente. La Figura 3 demuestra que se espera un endurecimiento de aleación casi idéntico utilizando los procedimientos de baño de sal y prensado en caliente. Por lo tanto, en los siguientes ejemplos, aunque solo se usó un procedimiento a cada temperatura, los resultados son ejemplos de calentamiento a esa temperatura en general, independientemente del método de calentamiento utilizado.

Ejemplo 2

10 Límite elástico alcanzado a varias temperaturas

El límite elástico se determinó a varias temperaturas sometiendo muestras de AA6451 y muestras de Aleación A a un tratamiento térmico a varias temperaturas en el rango de temperatura de tratamiento térmico de 200 a 350 °C y midiendo el límite elástico de compensación del 2 %, $R_{p0.2}$. Las Figuras 4 y 5 muestran que tanto para la Aleación AA6451 como para la Aleación A, aunque el pico $R_{p0.2}$ se alcanzó más rápido a temperaturas más altas, el aumento de la temperatura del tratamiento térmico de 200 °C a 350 °C causó una disminución en el pico $R_{p0.2}$ para la Aleación AA6451 y la Aleación A. Las muestras de aleación se sometieron a tratamiento térmico por inmersión en baño de sal a temperaturas superiores a 300 °C y en una prensa Collin® para temperaturas de 300 °C y menores. La diferencia en el procedimiento de calentamiento a las diferentes temperaturas fue el resultado de limitaciones del equipo disponible, y no debería afectar a los resultados, ya que el Ejemplo 1 demostró que los dos métodos de calentamiento logran un endurecimiento similar. En las Figuras 4 y 5, el eje x representa el tiempo que la aleación se mantiene a la temperatura especificada, sin incluir el tiempo de calentamiento.

La Figura 4A ilustra los resultados experimentales para la Aleación AA6451 en el templado T4 sometida a tratamiento térmico a diversas temperaturas. La línea discontinua horizontal en el panel A es una línea de referencia que indica el $R_{p0.2}$ alcanzado para la misma muestra de aleación en el templado T6 después del tratamiento térmico a 180 °C durante 10 horas.

La Figura 4B ilustra los resultados experimentales para la Aleación AA6451 en el templado T4 con pre-deformación al 2 % sometida a tratamiento térmico a varias temperaturas. La línea discontinua horizontal en el panel B es una línea de referencia que indica el $R_{p0.2}$ alcanzado para la misma muestra de aleación T4 pre-deformada después de un tratamiento térmico de 185 °C durante 20 minutos para poner la aleación en el templado T8X. Como se muestra en la Figura 4B, para la muestra AA6451 en el templado T4 con el 2 % de predeformación, el tratamiento térmico durante aproximadamente 1 minuto (tiempo total en prensa) a 275 °C dio lugar a un $R_{p0.2}$ de aproximadamente 240 MPa, que está cerca del $R_{p0.2}$ que se alcanza habitualmente durante el proceso de endurecimiento de horneado simulado (calentamiento a 185 °C durante 20 minutos) para la misma aleación. Por lo tanto, utilizando un proceso de choque T6, una parte formada de esta aleación que no vería un horneado de pintura convencional, como una parte interna que está protegida por partes externas durante el horneado de pintura, podría alcanzar la misma resistencia que las partes horneadas de pintura de esta aleación.

La Figura 5A ilustra los resultados experimentales para la Aleación A en el templado T4 sometido a tratamiento térmico a diversas temperaturas. La línea discontinua horizontal en el panel A es una línea de referencia que indica el $R_{p0.2}$ alcanzado para la misma muestra de aleación en el templado T6 después del tratamiento térmico a 180 °C durante 10 horas.

La Figura 5B ilustra los resultados experimentales para la Aleación A en el templado T4 con pre-deformación al 2 % sometida a tratamiento térmico a diversas temperaturas. La línea discontinua horizontal en el panel B es una línea de referencia que indica el $R_{p0.2}$ alcanzado para la misma muestra de aleación T4 pre-deformada después de un tratamiento térmico de 185 °C durante 20 minutos para poner la aleación en el templado T8X. Como se muestra en la Figura 5B, para la muestra de Aleación A en el templado T4 con el 2 % de predeformación, el tratamiento térmico durante 10 a 15 segundos (tiempo total en prensa) a 300 °C dio lugar a un $R_{p0.2}$ de 300 MPa, que corresponde a $R_{p0.2}$ que se alcanza habitualmente durante el proceso de endurecimiento de horneado simulado (calentamiento a 185 °C durante 20 minutos) para la misma aleación. Por lo tanto, utilizando un proceso de choque T6, una parte formada de esta aleación que no vería un horneado de pintura convencional, como una parte interna que está protegida por partes externas durante el horneado de pintura, podría alcanzar la misma resistencia que las partes horneadas de pintura de esta aleación.

Algunos de los incrementos de $R_{p0.2}$ alcanzados durante la prueba de las condiciones de tratamiento térmico se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Incrementos de $R_{p0,2}$ alcanzados durante la prueba de las condiciones de tratamiento térmico

Aleación	Condiciones	Incrementos de $R_{p0,2}$
AA6451, sin pre-deformación	250 °C, 30 segundos	30 MPa
	275 °C, 30 segundos	59 MPa
	300 °C, 10 segundos	41 MPa
AA6451, con el 2 % de pre-deformación	250 °C 30 segundos	38 MPa
	275 °C, 10 segundos	30 MPa
	300 °C, 10 segundos	31 MPa
Aleación A, sin pre-deformación	250 °C, 30 segundos	44 MPa
	275 °C, 5 segundos	35 MPa
	275 °C, 10 segundos	54 MPa
	300 °C, 5 segundos	67 MPa
Aleación A, con el 2 % de pre-deformación	250 °C 30 segundos	44 MPa
	275 °C, 5 segundos	35 MPa
	300 °C, 5 segundos	53 MPa

Ejemplo 3

5 Tratamiento térmico combinado de muestras de aleación de aluminio

Las muestras de láminas de AA6451 y Aleación A se sometieron a un proceso de tratamiento térmico de dos etapas, que incluyó un procedimiento de tratamiento térmico con prensa Collin® (10 o 30 segundos a 300 °C) y un procedimiento de baño de sal (varias veces a 250 °C), seguido de enfriamiento por aire. En la Figura 6 se ilustra un proceso ejemplar de tratamiento en dos etapas, que es un gráfico de la temperatura de la lámina de aleación en función del tiempo para un proceso de calentamiento de una muestra de AA6451 que incluye tratamiento térmico con prensa Collin® a 300 °C durante 30 segundos, transferencia a un baño de sal y tratamiento térmico por baño de sal a 250 °C durante 20 segundos.

Las muestras de AA6451 y las muestras de la Aleación A se sometieron a diversos tratamientos térmicos de una o dos etapas. Las muestras de las aleaciones se calentaron en un tratamiento térmico de una etapa en un baño de sal a 250 °C; un tratamiento térmico en dos etapas que incluye el tratamiento de prensa Collin® a 300 °C durante 10 segundos, seguido de un tratamiento de baño de sal a 250 °C; un tratamiento térmico en dos etapas que incluye el tratamiento de prensa Collin® a 300 °C durante 10 segundos o 30 segundos, seguido de un tratamiento de baño de sal a 250 °C; o un tratamiento térmico de una sola etapa en una prensa Collin® a 300 °C. El eje x representa el tiempo que la muestra de aleación se mantuvo a cada temperatura, sin incluir el tiempo de calentamiento. Como se muestra en la Figura 7, tanto para AA6451 como para la Aleación A, se lograron valores de $R_{p0,2}$ más altos en ambos procesos de dos etapas que en el proceso de una etapa a 300 °C. $R_{p0,2}$ aumentó mucho más rápidamente durante la etapa de calentamiento inicial (a 300 °C) de los procesos de dos etapas y para el proceso de una etapa a 300 °C que durante el mismo período de tiempo para el proceso de una etapa a 205 °C. Pero, $R_{p0,2}$ aumentó más rápidamente durante los dos procesos de dos etapas después de cambiar a la segunda etapa de calentamiento a 250 °C que durante el mismo período de tiempo durante el procedimiento de una etapa a 300 °C.

Ejemplo 4

30 Pruebas de colisión para aleaciones tratadas con choque térmico

La capacidad de colisión de una muestra de aleación tratada por los métodos desvelados en este documento se comparó con una muestra no tratada térmicamente (es decir, templado T4) de la misma aleación. Esta muestra de aleación tenía una composición de Si 1,0, Fe 0,2, Cu 1,0, Mg 1,0, Mn 0,08, Cr 0,14, todo en % en peso, hasta un 0,15 % en peso de impurezas, con el resto de aluminio, y en este documento se denomina "Aleación B".

Una lámina (2 mm de espesor) de Aleación B se calentó en un horno a 500 °C durante 90 s (sin incluir el tiempo para llevar la lámina a 500 °C) para poner la lámina en templado "Shock T6". La lámina se plegó y se atornilló para formar un tubo de colisión. Se formó un segundo tubo de colisión a partir de una lámina (2 mm de espesor) de Aleación B en el templado T4. Los tubos se probaron en una configuración de plegamiento cuasiestática de 3 puntos (prueba de colisión horizontal).

La Figura 8 muestra ilustraciones de los tubos de ensayo de colisión después de las pruebas de colisión horizontales. Las Figuras 8A y 8B muestran la Aleación B de Shock T6. Las Figuras 8C y 8D muestran la Aleación B de T4. Como se muestra en la Figura 8, ambos tubos pasaron la prueba. La Figura 9 ilustra la fuerza de perforación

aplicada (kN) y la energía de deformación (kJ) como funciones de desplazamiento de perforación (mm) para las pruebas de colisión horizontal. La Figura 9A es un gráfico de la fuerza y la energía de deformación como funciones de desplazamiento para la Aleación B en el templado Shock T6, y la Figura 9B es un gráfico de la fuerza y la energía de deformación como funciones de desplazamiento para la Aleación B en el templado T4. Como se muestra en la

Estas pruebas indican que los materiales tratados por los métodos descritos en este documento tienen buena capacidad de colisión. Los materiales tratados por los métodos desvelados en el presente documento absorben más energía durante una colisión en comparación con un material T4, pero no tanto como un material T6 convencional.

También se comparó capacidad de colisión de una muestra de aleación de aluminio tratada por los métodos desvelados en este documento y una muestra de la misma aleación tratada por tratamiento térmico convencional. La aleación tenía una composición de 0,91 de Si, 0,21 de Fe, 0,08 de Cu, 0,14 de Mn, 0,68 de Mg, 0,04 de Cr y 0,030 de Ti, todo en % en peso, hasta un 0,15 % en peso de impurezas, con el resto de aluminio, y en el presente documento se denomina "Aleación C."

Una lámina (2,5 mm de espesor) de Aleación C en el templado T4 se calentó por tratamiento térmico de choque en un baño de sal a 275 °C durante 1 minuto (sin incluir 25 segundos para llevar la lámina a 275 °C) para poner la lámina en templado "Shock T6". La lámina se plegó y se atornilló para formar un tubo de colisión. Se formó un segundo tubo de colisión a partir de una lámina (2,5 mm de espesor) de Aleación C en el templado T4. Después de la formación, el tubo se calentó a 180 °C durante 25 minutos para poner el tubo a temperatura T62 como se define en la norma ISO2107. Se seleccionaron las condiciones de calentamiento adicionales para dar al tubo T62 el mismo $R_{p0.2}$ que al tubo Shock T6, es decir, aproximadamente 200 MPa. Los tubos se probaron en compresión vertical a una velocidad cuasiestática constante en una prensa (pruebas de colisión vertical).

La Figura 10 muestra ilustraciones de los tubos de ensayo de colisión después de las pruebas de colisión vertical. Las Figuras 10A y 10C muestran vistas laterales de los tubos de colisión después de la prueba, y las Figuras 10B y 10D muestran vistas inferiores de los tubos de colisión después de la prueba. Las Figuras 10A y 10B muestran los tubos de Aleación C Shock T6 después de la prueba. Las Figuras 10C y 10D muestran los tubos de Aleación C T62 después de la prueba. Los tubos de colisión en Shock T6 se plegaron con éxito al aplastarse sin desgarros ni grietas en la prueba de colisión vertical, mientras que los tubos de colisión de referencia exhibieron algunas grietas en la superficie en las áreas 410 identificadas en la Figura 10C. La carga y la energía se midieron como funciones de desplazamiento del material de aleación. La Figura 11 es un gráfico de carga y energía como funciones de desplazamiento para los materiales Shock T6 y T62 que ilustra que el tubo Shock T6 absorbió menos energía durante la prueba de colisión.

En comparación con el tratamiento térmico convencional, el tratamiento térmico de choque dio como resultado una aleación con una resistencia a la tracción final más baja, medida por la norma ISO 6892-1 pero con un rendimiento de flexión ligeramente mejor según la norma ISO 7438 (norma de flexión general) y VDA 238- 100 para un $R_{p0.2}$ similar. La Figura 12 es un esquema de una prueba de rendimiento de flexión realizada de acuerdo con VDA 238-100. La Tabla 4 resume los resultados de las pruebas.

Tabla 4

	Shock T6	T62
R_p/R_m [MPa]	200/204	198/281
DC (alfa) [°]	115	107
Clasificación de colisión	perfecta	buena
Energía de colisión [kJ]	10,4	11,7

Ejemplo 5

Tratamiento térmico de choque con aire caliente

El tratamiento térmico de choque con aire caliente puede proporcionar un endurecimiento similar al tratamiento térmico de choque con una prensa caliente. Las muestras de Aleación A se calentaron usando una prensa Collin® calentada a 250 °C, 275 °C o 300 °C o usando aire caliente a 350 °C, 400 °C o 500 °C.

La Figura 13 es un gráfico que muestra un aumento en $R_{p0.2}$ en función del tiempo para las muestras calentadas usando los diferentes métodos de calentamiento. $R_{p0.2}$ aumentó más rápidamente con el método de prensado en caliente, pero se alcanzaron $R_{p0.2}$ máximos similares utilizando el método de aire caliente en tan solo unos 120 segundos.

Ejemplo 6

Tratamiento térmico de choque en materiales preenvejecidos frente a materiales no preenvejecidos

- 5 Las muestras preenvejecidas y no preenvejecidas de AA6451 en el templado T4 fueron tratadas con choque térmico en una prensa Collin® a 250 °C y 275 °C. Las muestras preenvejecidas y no preenvejecidas de AA6451 en el templado T4 con predeformación al 2 % también se calentaron en una prensa Collin® a 250 °C y 275 °C. La Figura 14 muestra las curvas de envejecimiento de las muestras. La Figura 14A muestra $R_{p0.2}$ (MPa) en función del tiempo para los materiales T4, con "PX" que indica preenvejecimiento, y la Figura 14B muestra $R_{p0.2}$ en función del tiempo para los materiales T4 + predeformación al 2 %, nuevamente con "PX" que indica preenvejecimiento. Después del tratamiento térmico de choque, el AA6451 T4 preenvejecido tratado a 250 °C y 275 °C proporcionó una mayor resistencia que las muestras análogas no preenvejecidas. Del mismo modo, después del tratamiento térmico de choque, el AA6451 T4 preenvejecido con predeformación al 2 % tratado a 250 °C y 275 °C proporcionó una mayor resistencia que las muestras análogas no preenvejecidas.

Ejemplo 7

Integración del tratamiento térmico de choque en el proceso de producción automotriz

- 20 Las etapas de tratamiento térmico de choque pueden integrarse en una línea de producción para la fabricación de paneles automotrices prensados. Las etapas del tratamiento térmico de choque pueden integrarse en cualquier punto donde dicho tratamiento pueda ser ventajoso. Por ejemplo, las etapas de tratamiento térmico de choque pueden integrarse después de una estación de prensado, en una o más ubicaciones entre prensas en una serie de estaciones de prensado, y/o después de la última prensa en la serie. Un ejemplo de una línea de producción se muestra esquemáticamente en la Figura 15. La secuencia de prensas se organiza como cinco estaciones de prensado. La línea de producción ilustrada en la Figura 15 incluye hasta cinco estaciones de prensado (prensas) necesarias para lograr la forma final del panel. Durante un proceso ejemplar, hay un período de espera antes o entre las estaciones de prensado debido a la necesidad de transferir los paneles a la estación de prensado. Se pueden implementar una o más etapas de tratamiento térmico de choque durante estos períodos de espera, como se muestra por las flechas en la Figura 15. El período de tiempo se ajusta a la velocidad de estampado. En un caso, la etapa de tratamiento térmico de choque se integra en el ciclo de producción al añadir una estación de calentamiento por contacto después de la última estación de prensado. En otro caso, la etapa de tratamiento térmico de choque se integra en el ciclo de producción al añadir una estación de calentamiento por contacto entre las estaciones de prensado cuatro y cinco. En un caso más, varias etapas de tratamiento térmico de choque se integran en el ciclo de producción al añadir una estación de calentamiento de contacto después de cada una de las estaciones de prensado o entre las estaciones de prensado. Los tratamientos térmicos de choque se llevan a cabo durante 5 a 30 segundos en las estaciones de contacto integradas entre las estaciones de prensado. Si una etapa de tratamiento térmico de choque requiere más de 30 segundos, por ejemplo, de 30 a 60 segundos, dicha etapa se añade en la estación de calentamiento de contacto integrada después de la última estación de prensado. La integración del tratamiento térmico de choque en la línea de producción reduce los costos de producción.

Se han descrito diversas realizaciones de la invención en cumplimiento de los diversos objetivos de la invención. Estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios de la invención. Numerosas modificaciones y adaptaciones de las mismas 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 proceso para preparar un artículo de aleación de aluminio, que comprende:

- 5 calentar al menos una parte de un artículo de aleación de aluminio conformado que tiene una o más partes, una o más veces, a una temperatura de tratamiento térmico de 250 a 300 °C a una velocidad de calentamiento de 10 a 220 °C/segundo;
mantener la temperatura de tratamiento térmico durante un período de tiempo de 60 segundos o menos, en el que la al menos una parte del artículo de aleación de aluminio conformado comprende una aleación de aluminio
10 endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente; y
conformar una lámina de aleación de aluminio de una aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente para formar un artículo de aleación de aluminio conformado que tiene una o más partes antes de calentar al menos una parte del artículo de aleación de aluminio conformado;
en el que la aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente es una aleación de
15 aluminio de la serie 2xxx, 6xxx o 7xxx.
2. El proceso de la reivindicación 1, en el que la conformación comprende estampar, prensar y/o conformar a presión la lámina de aleación de aluminio.
- 20 3. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que la temperatura del tratamiento térmico se mantiene durante 5 a 30 segundos.
4. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente se encuentra en el templado T4 antes de la etapa de calentamiento y/o
25 en el que la aleación de aluminio endurecible por envejecimiento y tratable térmicamente tiene un templado T6 o T61 después de la etapa de calentamiento.
5. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el calentamiento es calentamiento por conducción y/o
30 en el que el calentamiento es mediante la aplicación de una o más matrices calentadas de forma complementaria.
6. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la al menos una parte es el artículo de aleación de aluminio conformado completo y/o
en el que la al menos una parte tiene al menos dos partes, y en el que las al menos dos partes del artículo de
35 aleación de aluminio conformado se calientan a la misma o diferentes temperaturas.
7. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además una segunda etapa de calentamiento a una segunda temperatura de tratamiento térmico durante un segundo período de tiempo.
- 40 8. El proceso de 7, en el que el segundo período de tiempo es diferente del primer período de tiempo.
9. El proceso de cualquiera de las reivindicaciones 7 u 8, en el que la primera temperatura de tratamiento térmico y la segunda temperatura de tratamiento térmico son dos temperaturas diferentes y
en particular en el que la segunda temperatura de tratamiento térmico es más baja que la primera temperatura de
45 tratamiento térmico.
10. El proceso de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que el artículo de aleación de aluminio conformado es un panel de vehículo motorizado.

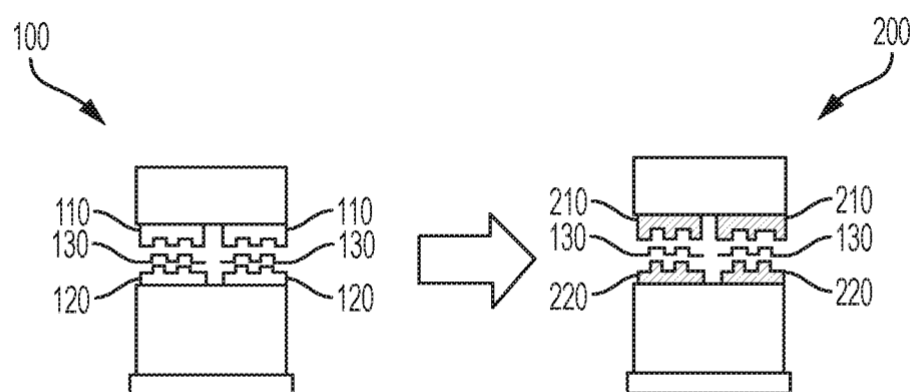


FIG. 1

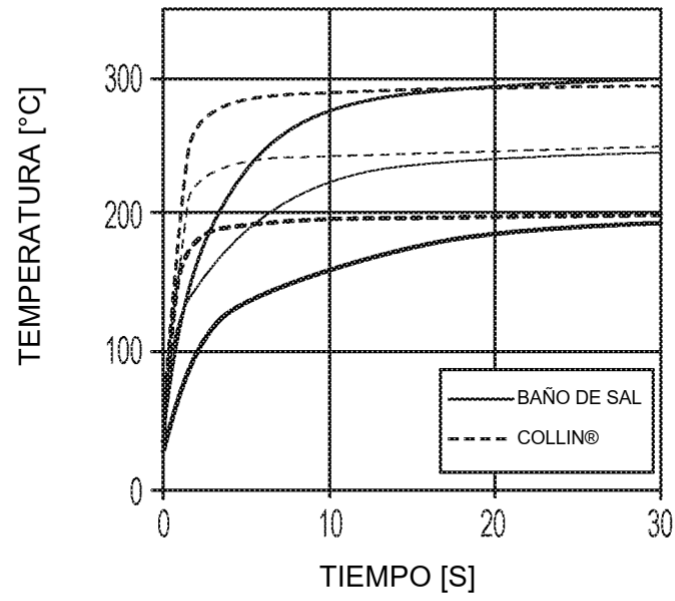


FIG. 2

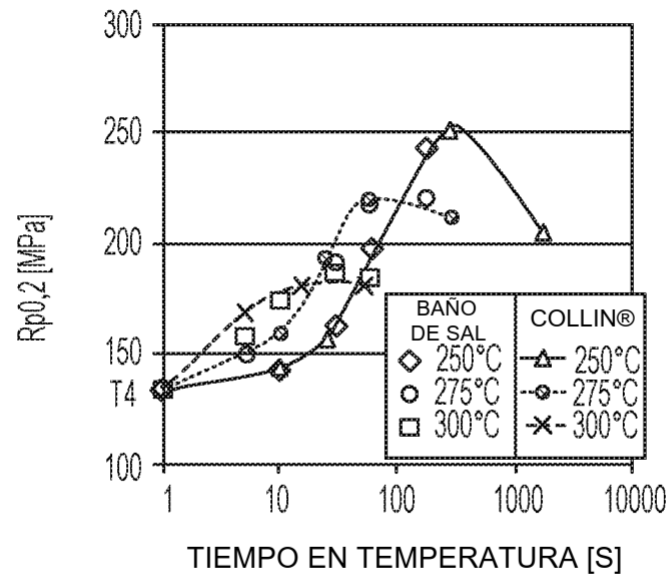
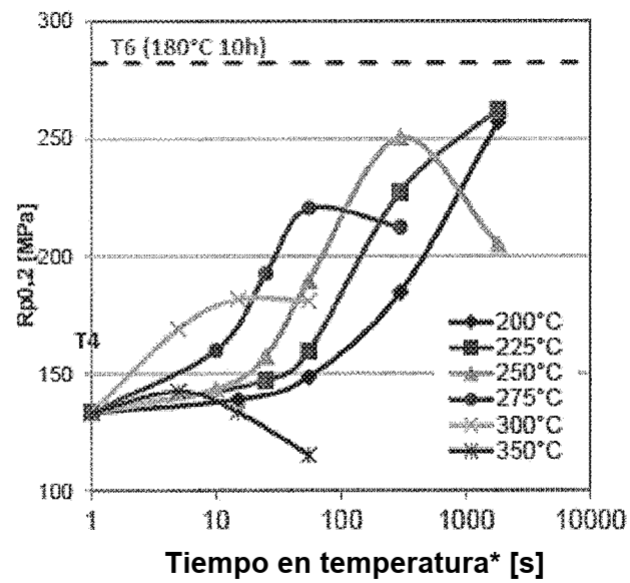


FIG. 3

A



B

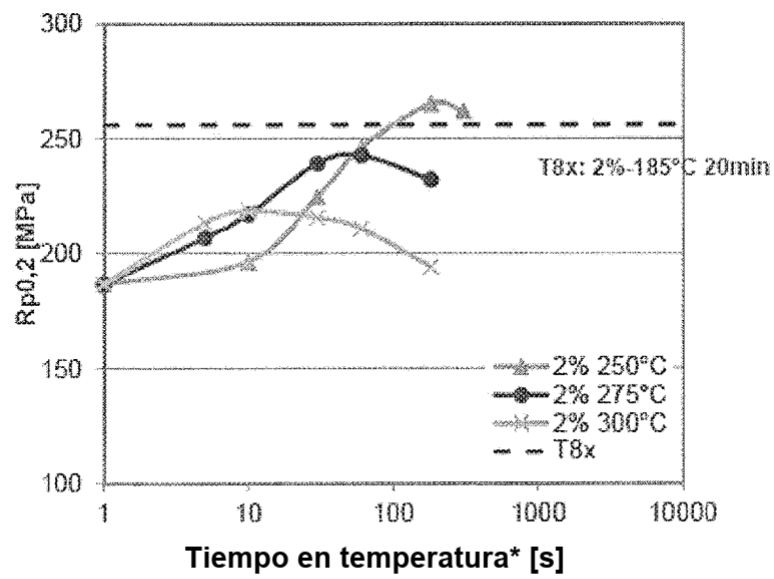
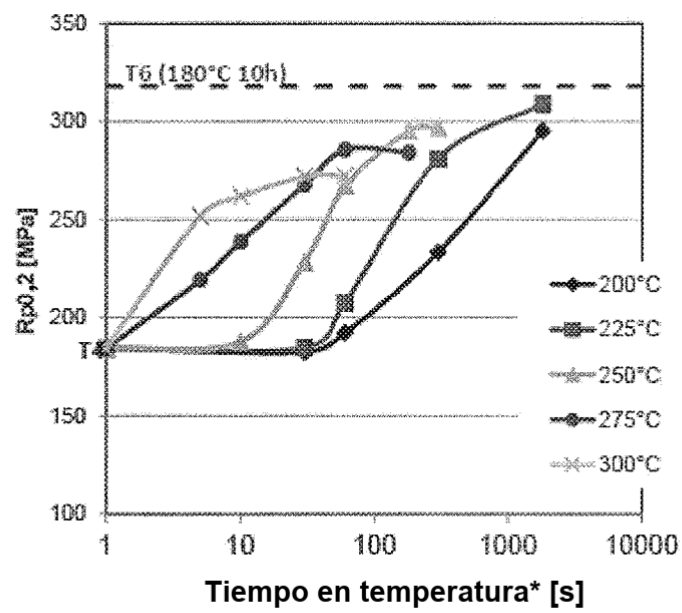


FIG. 4

A



B

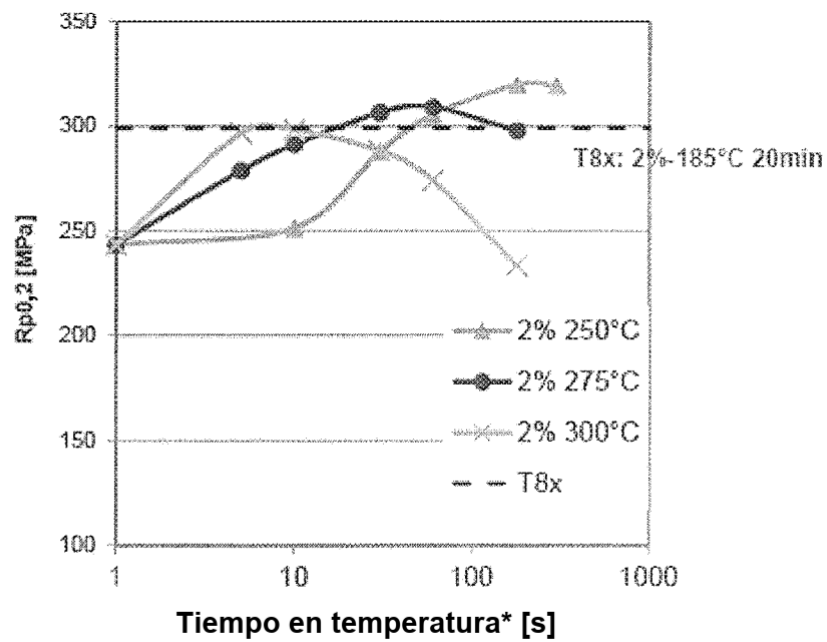


FIG. 5

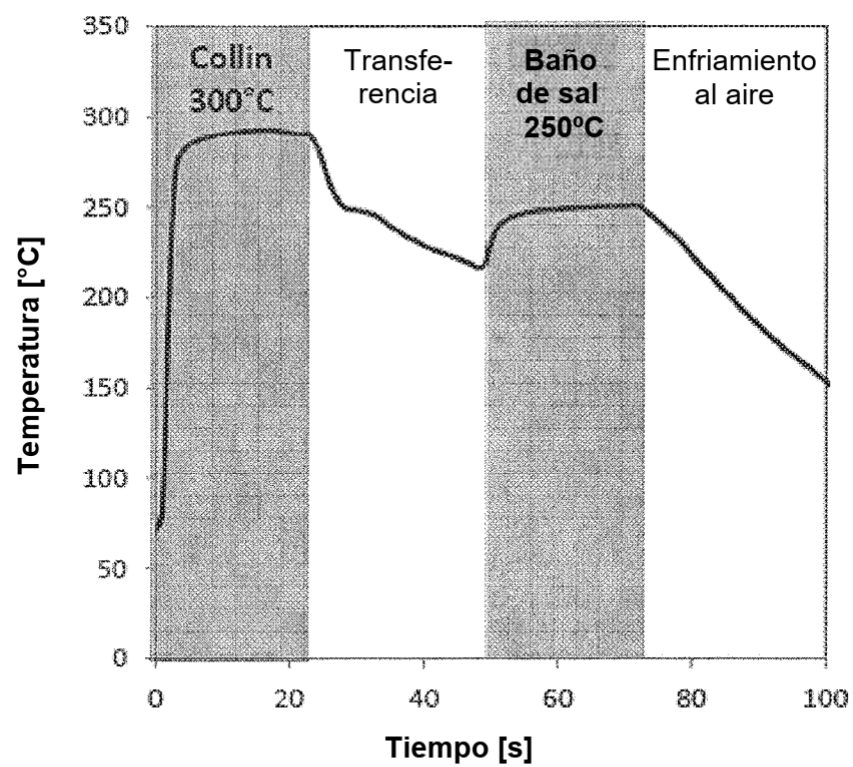
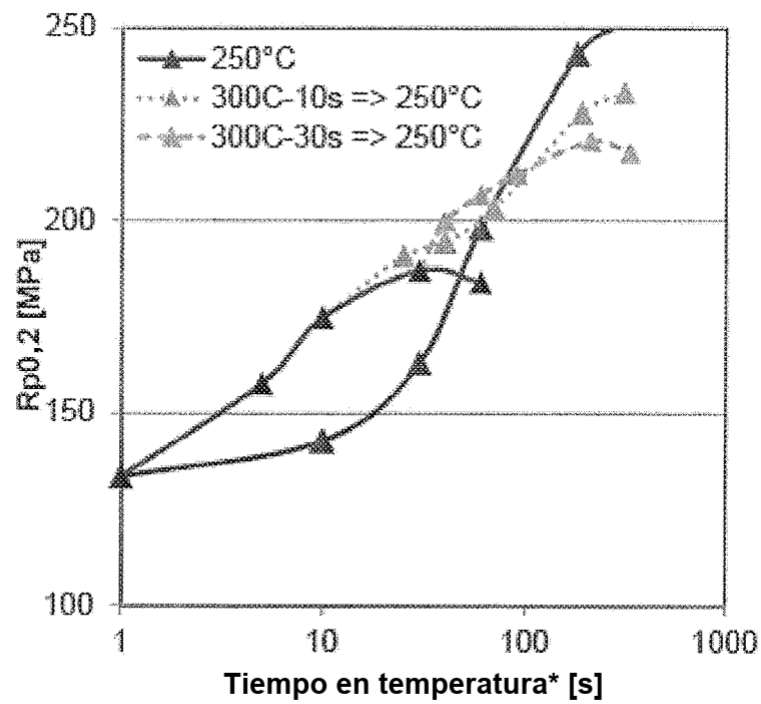


FIG. 6

A



B

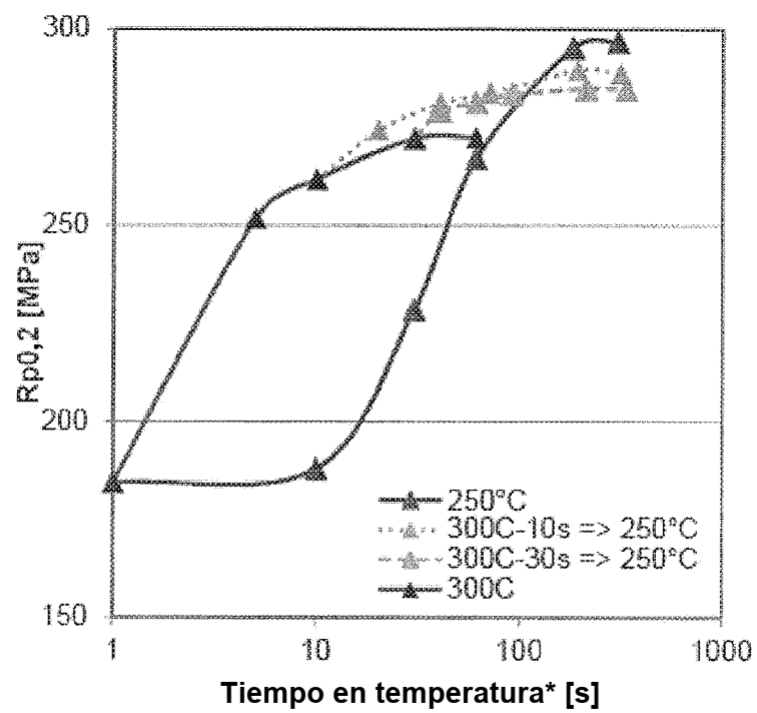


FIG. 7



FIG. 8A

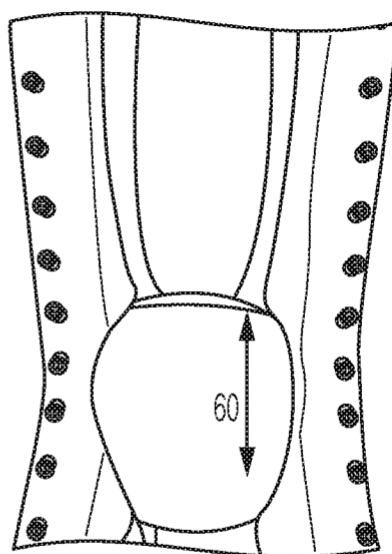


FIG. 8B

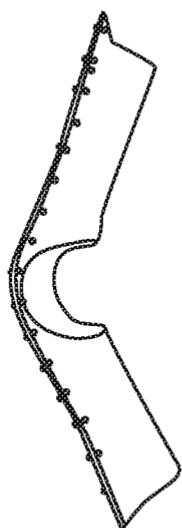


FIG. 8C

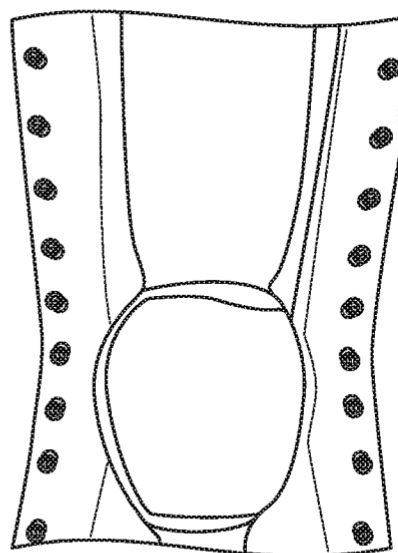
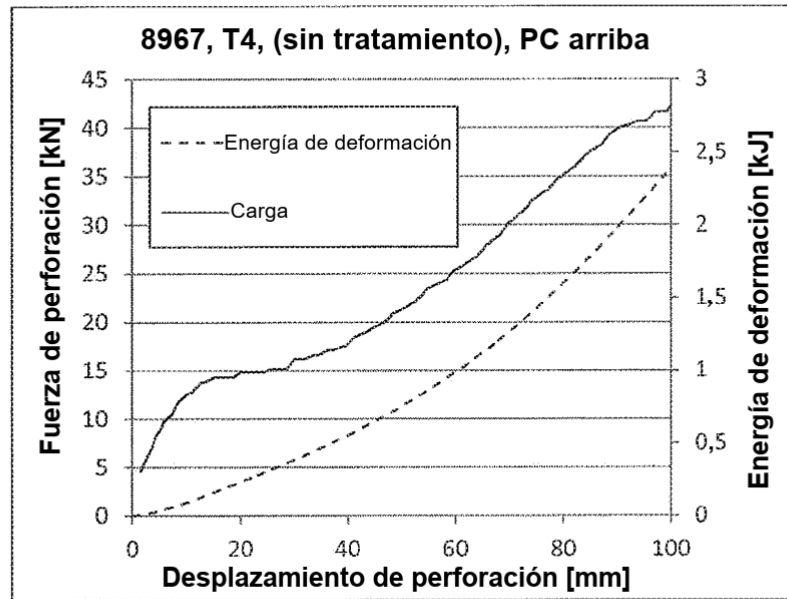


FIG. 8D

A



B

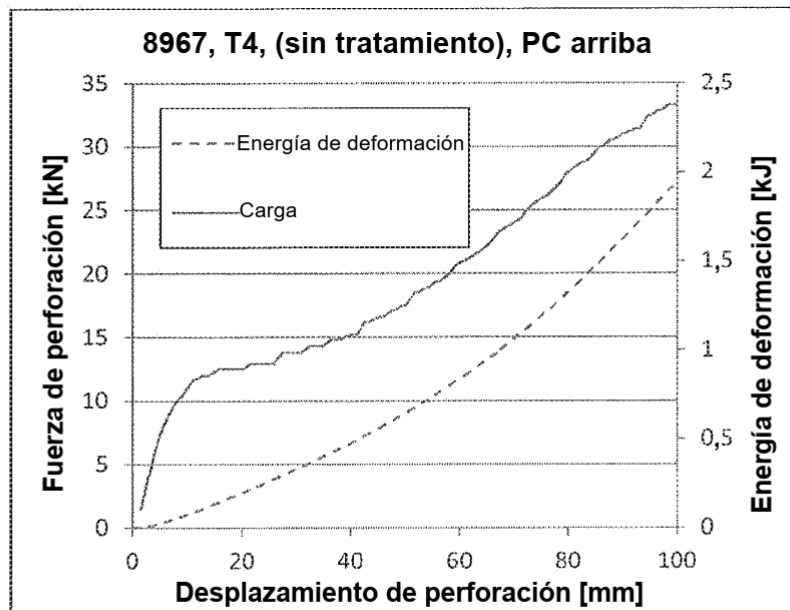


FIG. 9

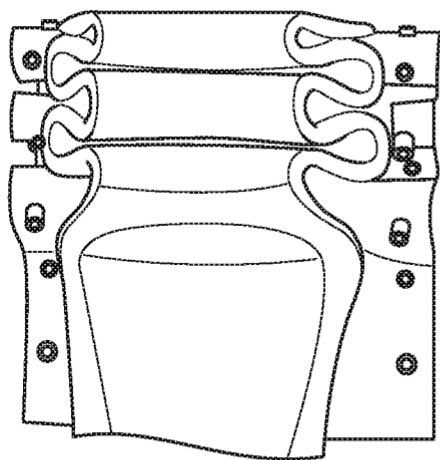


FIG. 10A

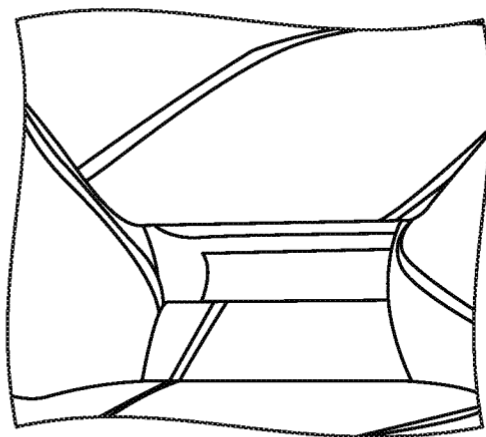


FIG. 10B

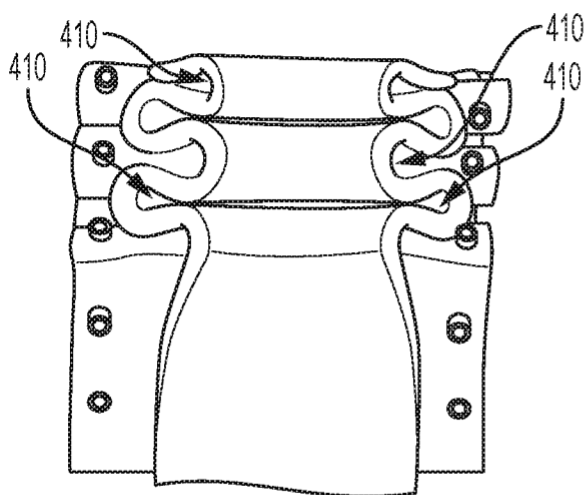


FIG. 10C

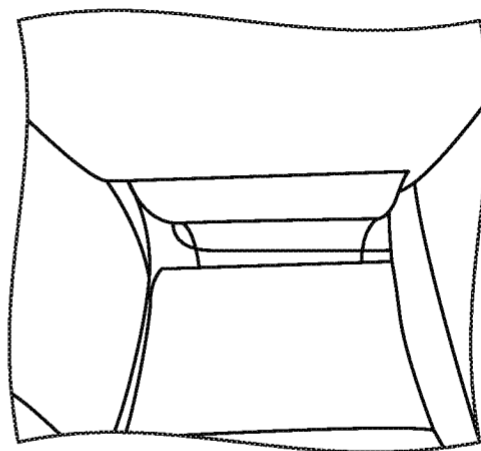


FIG. 10D

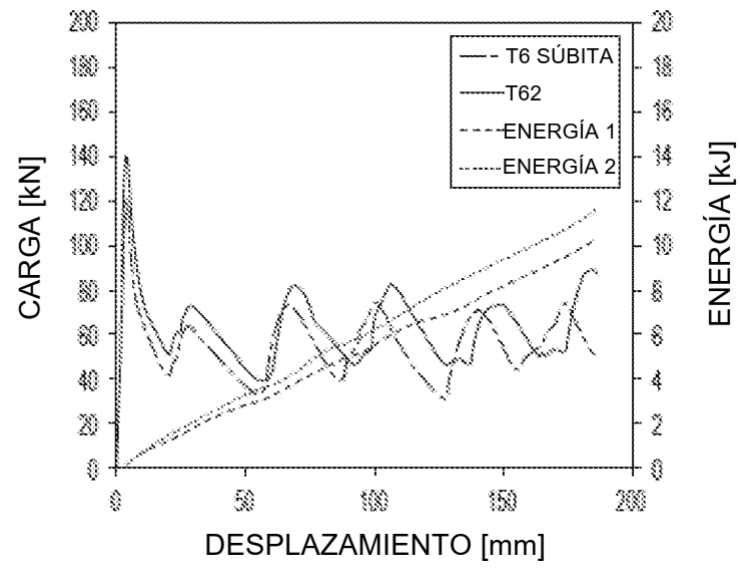


FIG. 11

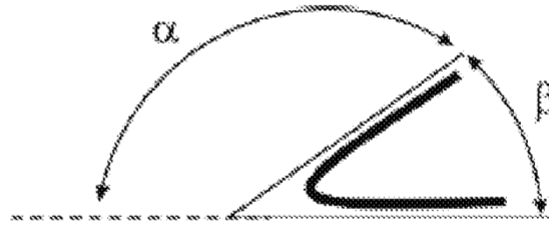


FIG. 12

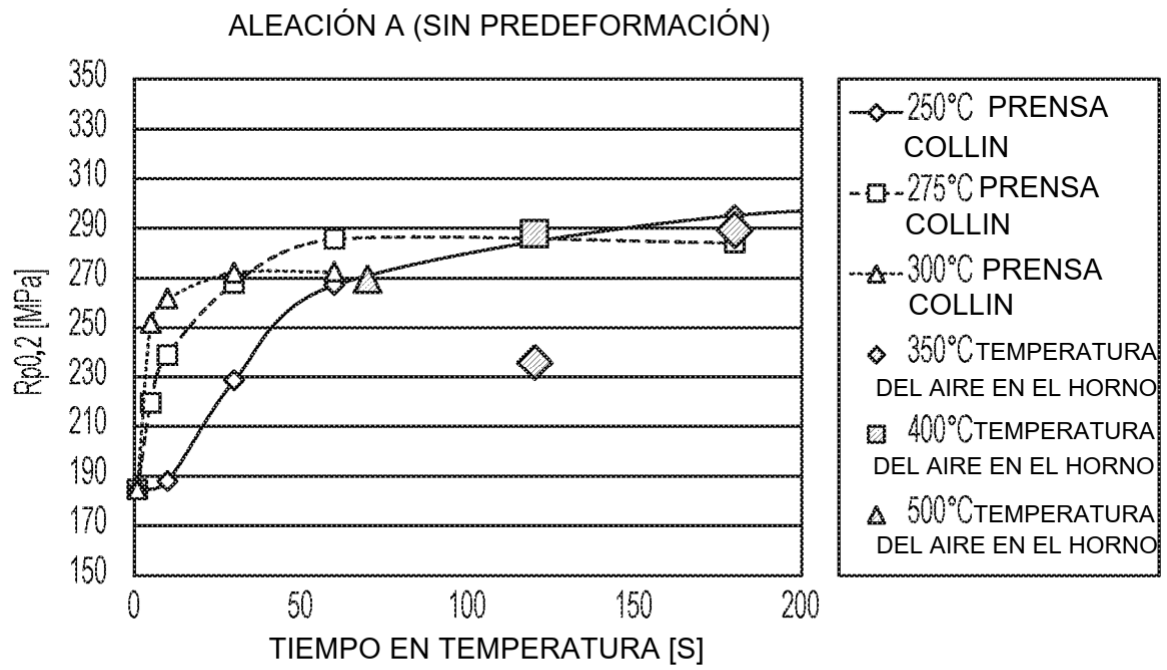


FIG. 13

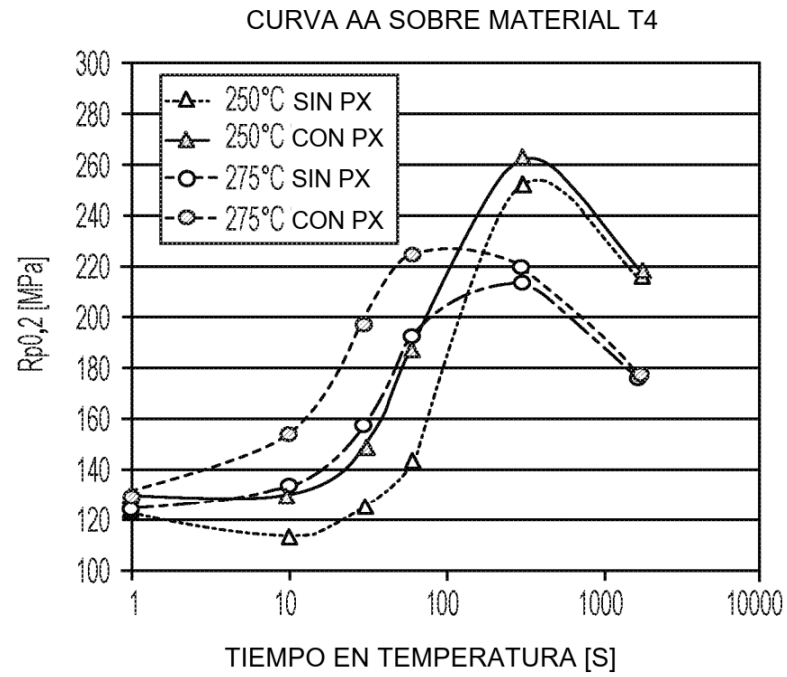


FIG. 14A

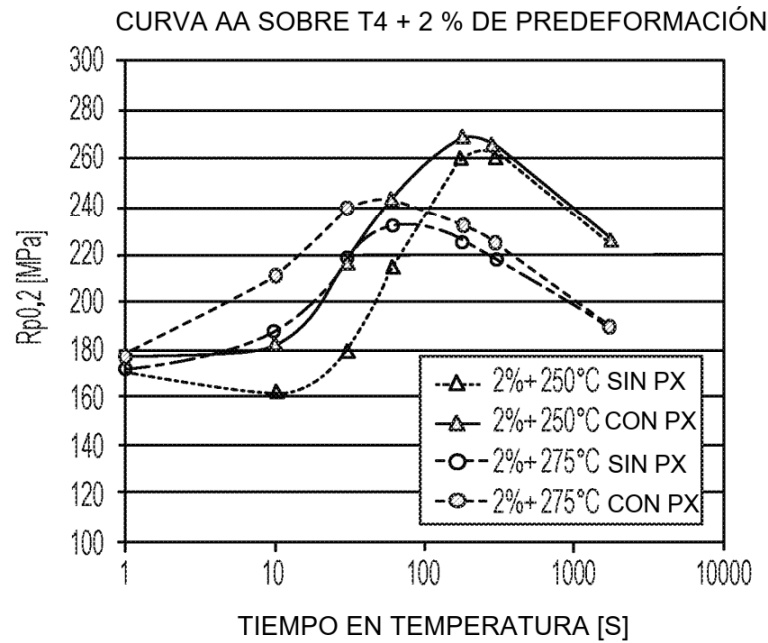


FIG. 14B

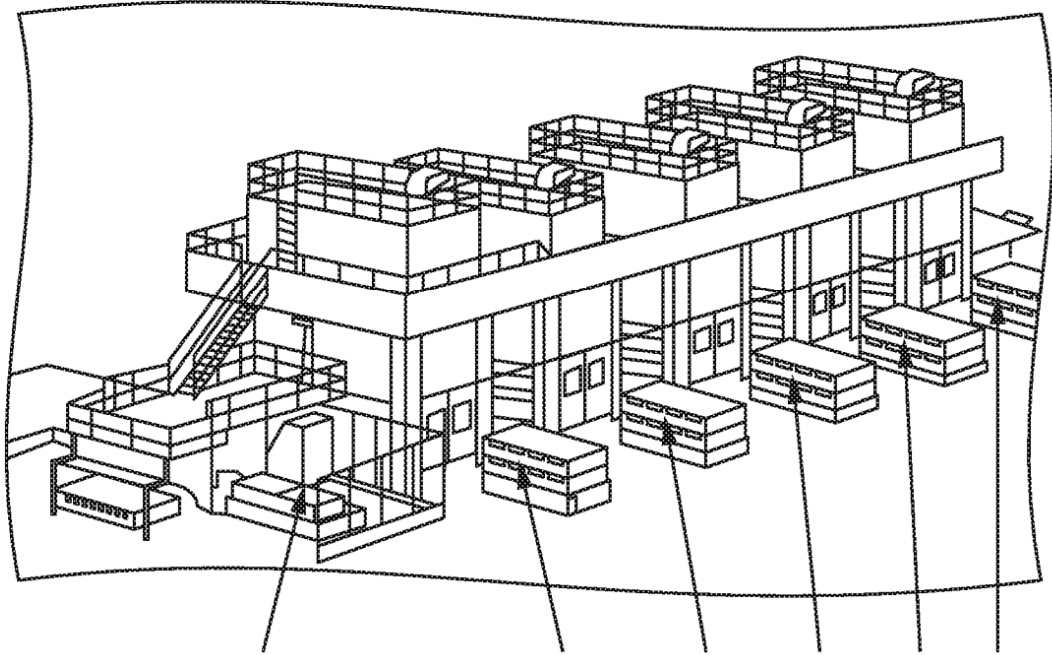


FIG. 15