

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 980 376**

51 Int. Cl.:

**C22C 21/02** (2006.01)

**C22C 21/10** (2006.01)

**C22F 1/043** (2006.01)

**C22F 1/053** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.09.2019 PCT/US2019/049324**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.03.2020 WO20051129**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2019 E 19769682 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2024 EP 3847289**

54 Título: **Aleación de aluminio para aletas de intercambiadores de calor**

30 Prioridad:

**06.09.2018 US 201862727806 P**

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

**01.10.2024**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KADALI, JYOTHI;  
DASCH, KYLE y  
WOODS, JULIA L.**

74 Agente/Representante:

**FERNÁNDEZ POU, Felipe**

ES 2 980 376 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**

Aleación de aluminio para aletas de intercambiadores de calor

5 Reivindicación de prioridad

Con esta Solicitud se reivindica prioridad de la Solicitud Provisional de EE. UU. n.º 62/727,806, presentada el 6 de septiembre de 2018.

10 Campo

15 La presente 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 y los campos relacionados. La presente invención proporciona novedosas aleaciones de aluminio para su uso en la producción de aletas de intercambiadores de calor, que, a su vez, se emplean en diversos dispositivos de intercambiador de calor, por ejemplo, radiadores de vehículos de motor, condensadores, evaporadores y dispositivos relacionados.

Antecedentes

20 La industria de los intercambiadores de calor para automóviles presenta una serie de demandas sobre los materiales de aluminio usados para la producción de aletas de intercambiadores de calor ("materiales de partida para aletas"). Estas demandas pueden ser difíciles de equilibrar. Existe una necesidad de aletas de aleación de aluminio con alta resistencia tanto en condiciones previas como posteriores a la soldadura fuerte, mejor oposición al pandeo que signifique un buen comportamiento durante la soldadura fuerte y una reducción de la erosión de las aletas. Para aligerar los automóviles, es deseable reducir el tamaño y el peso de los intercambiadores de calor de los automóviles para ahorrar recursos y energía. Se han estudiado varios métodos para lograr este objetivo y una de las soluciones deseables es reducir el espesor del material de las aletas de aluminio. Para reducir el espesor del material de las aletas, es importante lograr una mayor resistencia después de la soldadura fuerte y garantizar una soldabilidad adecuada. Al mismo tiempo, las aletas del intercambiador de calor deben tener una alta conductividad y un mejor comportamiento frente a la corrosión en comparación con el resto de componentes del intercambiador de calor. Por ejemplo, las aletas del intercambiador de calor pueden ser más anódicas que el material del tubo del intercambiador de calor, de modo que las aletas actúen de manera sacrificial. El material de partida para aletas de aluminio deseable poseería las propiedades y los parámetros que equilibrarían los requisitos anteriores. En el documento WO 2016/022457 35 A1 se hace referencia a un material de partida para aletas de aleación de aluminio que comprende aproximadamente del 0,9 % al 1,2 % en peso de Si, del 0,3 % al 0,5 % en peso de Fe, del 0,20 % al 0,40 % en peso de Cu, del 1,0 % al 1,5 % en peso de Mn, del 0 % al 0,1 % en peso de Mg y del 0,0 % al 3,0 % en peso de Zn, con el resto de Al e impurezas  $\leq 0,15$  % en peso. En el documento  $\mu\text{m}$  a EP 1 323 839 A1 se hace referencia a una aleación de soldadura fuerte de aluminio, idealmente adecuada como material de partida para aletas que tiene la composición en porcentaje en peso: Si 0,7-1,2, Mn 0,7-1,2, Mg  $< 0,2$ , Fe hasta 0,8, Zn hasta 40 3,0, Ni hasta 1,5, Cu hasta 0,5, opcionalmente uno o más seleccionados del grupo que comprende Ti hasta 0,20, In hasta 0,20, Zr hasta 0,25, V hasta 0,25, Sn hasta 0,25, Cr hasta 0,25, impurezas hasta 0,05 cada uno, hasta 0,15 en total, el resto de Al.

45 Compendio

Las realizaciones abarcadas de la invención están definidas por las reivindicaciones, no por este compendio. Este compendio es una visión general de alto nivel de diversos aspectos de la invención e introduce algunos de los conceptos que se describen con más detalle más abajo en la sección Descripción detallada. En este compendio no se identifican los rasgos clave o esenciales de la materia objeto reivindicada, ni se pretende que se use de forma aislada para determinar el alcance de la materia objeto reivindicada. La materia objeto debería entenderse por referencia a las partes apropiadas de la memoria descriptiva completa, cualquiera o todos los dibujos y a cada reivindicación.

55 Es deseable producir material de partida para aletas de aluminio que tenga una combinación requerida de espesor (calibre), que pueda soportar la soldadura fuerte y muestre características mecánicas apropiadas antes y después de la soldadura fuerte, así como durante esta, características de resistencia y conductividad adecuadas para aplicaciones de intercambiadores de calor de alto rendimiento y potencial de corrosión adecuado. Es más, es deseable producir material de partida para aletas de aluminio a partir de un metal de entrada que incorpore chatarra de aluminio para producir material de partida para aletas de una manera rentable y respetuosa con el medio ambiente. Se explica un material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor que posee una combinación de características y propiedades que lo hacen adecuado para la producción de aletas de intercambiadores de calor, para su uso, por ejemplo, en intercambiadores de calor, tal como los empleados en la industria automotriz. En un ejemplo, el material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor se puede producir en forma de hoja con el espesor deseado (calibre) que es adecuado para la producción de unidades de intercambiadores de calor de peso ligero. El material de partida para aletas de

aleación de aluminio puede soldarse y muestra características de resistencia antes y después de la soldadura fuerte, así como durante esta, que lo hacen atractivo para aplicaciones de intercambiadores de calor de automóviles. Más específicamente, el material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor posee características de resistencia previa a la soldadura fuerte que reducen los problemas de aplastamiento de las aletas durante la soldadura fuerte. El material de partida para aletas de aleación de aluminio explicadas también posee una conductividad térmica suficientemente alta adecuada para aplicaciones de intercambiadores de calor, y tiene un potencial de corrosión que es suficientemente negativo para que las aletas actúen de manera sacrificial durante la corrosión del intercambiador de calor. En resumen, el material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor tiene una o más de las siguientes propiedades: alta resistencia, propiedades mecánicas posteriores a la soldadura fuerte deseables, oposición al pandeo deseable, resistencia a la corrosión deseable y conductividad deseable. Al mismo tiempo, el material de partida para aletas de aleación de aluminio se puede producir a partir de aluminio de entrada que es, al menos en parte, apto para el reciclaje. Más específicamente, el material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor contiene concentraciones de constituyentes distintos del aluminio, por ejemplo, Cu, Fe, Mn y Zn, que son compatibles con las concentraciones de estos elementos que se encuentran en determinada chatarra de aluminio como metal de entrada.

El material de partida para aletas de aleación de aluminio explicado se produce en forma de hoja, en forma de placa o en forma de plancha. También se explican procedimientos para producir material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor, que incorporan una o más etapas de colada, laminación y recocido. En algunos casos, las etapas del procedimiento empleadas durante la producción del material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor confieren propiedades y características beneficiosas al material. En un procedimiento ejemplar, el material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor se produce usando una o más etapas de laminación en frío. Cada una de las etapas de laminación en frío puede implicar, a su vez, múltiples pasadas de laminación en frío. Una etapa de laminación en frío puede caracterizarse por "porcentaje de trabajo en frío" o "% TF" logrado. Puede ser deseable lograr un intervalo o valor específico de % TF para conseguir el intervalo de resistencia requerido del material de partida para aletas de aleación de aluminio. En un ejemplo, el material de partida para aletas de aleación de aluminio puede producirse mediante un procedimiento que implica colada en frío directa y trabajo en frío (laminado en frío) para producir un templado previo a la soldadura fuerte deseable, por ejemplo, un templado H14. En algunos ejemplos, el material de aleación de aluminio de partida para aletas mejor se puede producir en diversos temple diferentes previos a la soldadura fuerte endurecidos por deformación, tales como H16, H18 u otros temple H1X. El procedimiento para producir el material de partida para aletas de aleación de aluminio también puede implicar el laminado en caliente después de la colada en frío directa, y el recocido intermedio antes de las etapas finales de laminación en frío (por ejemplo, entre las etapas intermedias y finales de laminación en frío). El término "recocido intermedio (RI)" se refiere a un tratamiento térmico aplicado entre las etapas de laminación en frío. La temperatura de RI puede afectar las propiedades de los materiales de partida para aletas de aluminio. Por ejemplo, reducir la temperatura de RI de 400 °C a 350 °C da como resultado un tamaño de grano más grueso posterior a la soldadura fuerte. Una combinación de % TF y temperatura de RI empleada en la producción, junto con otros factores como la composición de la aleación de aluminio, da como resultado propiedades deseables.

El material de partida para aletas de aleación de aluminio explicado se puede usar en diversas aplicaciones, por ejemplo, para manufacturar aletas para intercambiadores de calor. En algunos casos, el material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor es útil para intercambiadores de calor de automóviles ligeros y de alto rendimiento. Como ejemplos no limitantes, el material de partida para aletas de aleación de aluminio se puede usar en intercambiadores de calor de automóviles, tales como radiadores, condensadores y evaporadores. Sin embargo, los usos y las aplicaciones del material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor no se limitan a intercambiadores de calor de automóviles y se prevén otros usos, ya que las características y propiedades del material de partida para aletas de aleación de aluminio también pueden ser beneficiosas para usos y aplicaciones distintos de la producción de aletas para intercambiadores de calor para automóviles. Por ejemplo, el material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor se puede usar para manufacturar diversos dispositivos en que se emplean intercambiadores de calor y se producen por soldadura fuerte, tales como los dispositivos empleados en calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (HVAC&R).

Como se analizó anteriormente, las composiciones y los procedimientos para producir el material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor conducen a un material que posee una combinación de características y propiedades beneficiosas que lo hacen adecuado para manufacturar aletas de intercambiadores de calor. Por ejemplo, el material de partida para aletas de aleación de aluminio muestra combinaciones beneficiosas de una o más de las siguientes características: propiedades mecánicas previas y posteriores a la soldadura fuerte, tales como resistencia a la tracción y oposición al pandeo posterior a la soldadura fuerte, conductividad térmica y potencial de corrosión. La reivindicación 1 de la presente invención se refiere a una aleación de aluminio que comprende del 0,9 % al 1,4 % en peso de Si, del 0,3 % al 0,6 % en peso de Fe, del 0,40 % al 0,55 % en peso de Cu, del 1,0 % al 1,7 % en peso de Mn, del 0,10 % al 0,25 % en peso de Mg y del 1,9 % al 2,6 % en peso de Zn, hasta el 0,10 % en peso de Ti, con el resto de Al e impurezas cada uno

5 en una cantidad del 0 % al 0,05 % en peso y en total  $\leq 0,15$  % en peso, en donde opcionalmente las impurezas incluyen Ga, V, Ni, Sc, Ag, B, Bi, Zr, Li, Pb, Sn, Ca, Hf, Sr, o combinaciones de estos. En las aleaciones de aluminio explicadas, uno o más de Zr, V, Cr o Ni pueden estar presentes en una cantidad por debajo del 0,05 % en peso, por debajo del 0,04 % en peso, por debajo del 0,03 % en peso, por debajo del 0,02 % en peso, o por debajo del 0,01 % en peso. En algunos casos, uno o más de Zr, V, Cr o Ni están ausentes (es decir, 0 % en peso).

10 En algunos ejemplos, las aleaciones de aluminio explicadas pueden tener una resistencia máxima a la tracción de uno o ambos de lo siguiente: al menos 200 MPa, medidos en condición previa a la soldadura fuerte, o al menos 150 MPa, medidos posteriormente a la soldadura fuerte. En un ejemplo, la aleación de aluminio tiene una resistencia máxima a la tracción de uno o ambos de lo siguiente: de 200 MPa a 230 MPa, medidos en condición previa a la soldadura fuerte, o más de 170 MPa medidos posteriormente a la soldadura fuerte. La aleación de aluminio puede tener un potencial de corrosión de -760 mV o menos, medidos posteriormente a la soldadura fuerte. La aleación de aluminio puede tener una conductividad térmica mayor que el 40 % IACS (Estándar Internacional de Cobre Recocido) que supone la conductividad del cobre puro del 100 %), medido posteriormente a la soldadura fuerte.

20 Las aleaciones de aluminio explicadas se pueden producir mediante un procedimiento que comprende: colada en frío directa de la aleación de aluminio en un lingote; laminación en caliente del lingote después de la colada en frío directa; después del laminado en caliente, laminado en frío de la aleación de aluminio hasta un espesor intermedio; después del laminado en frío, recocido intermedio de la aleación de aluminio laminada hasta el espesor intermedio a una temperatura entre 200 °C y 400 °C (200 °C a 400 °C); y, después del recocido intermedio, laminado en frío de la aleación de aluminio para lograr un porcentaje de reducción de trabajo en frío (%TF) en espesor del 20 % al 40 %, lo que da como resultado una hoja con un espesor de 45  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ , 45  $\mu\text{m}$  a 90  $\mu\text{m}$ , 47  $\mu\text{m}$  a 85  $\mu\text{m}$ , o 50  $\mu\text{m}$  a 83  $\mu\text{m}$ . En otros procedimientos, se puede usar la colada continua. El % TF logrado en los procedimientos descritos anteriormente puede ser del 30 % al 40 %. El recocido intermedio se puede realizar a una temperatura entre 320 °C y 370 °C (320 °C a 370 °C), entre 290 °C y 360 °C (290 °C a 360 °C) o entre 340 °C y 360 °C (340 °C a 360 °C). El tiempo de recocido intermedio puede ser de 30 a 60 minutos. También se explica un intercambiador de calor que comprende aleaciones de aluminio mejores. El intercambiador de calor puede ser un intercambiador de calor de un vehículo de motor. El intercambiador de calor puede ser un radiador, un condensador o un evaporador. También se explican procedimientos para hacer objetos y aparatos que comprenden las aleaciones mejores. Un ejemplo de dicho procedimiento es un procedimiento para hacer un intercambiador de calor, que comprende unir mediante soldadura fuerte al menos una primera forma de aleación de aluminio fabricada a partir de la aleación de aluminio con una segunda forma de aleación de aluminio, que comprende: ensamblar y asegurar las dos o más conformaciones de aluminio entre sí; y calentar las dos o más conformaciones de aluminio a una temperatura de soldadura fuerte hasta que se creen juntas entre las dos o más conformaciones de aluminio por acción capilar. Los usos de las aleaciones de aluminio mejores para la fabricación de aletas de intercambiadores de calor y otros objetos y aparatos también se incluyen dentro del alcance de la presente descripción. Otros objetivos y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada.

#### Breve descripción de los dibujos

45 Las Figuras 1A-I muestran fotografías de la estructura de partículas para muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación antes de la soldadura fuerte.

50 Las Figuras 2A-I muestran fotografías de la estructura de partículas para muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación después de la soldadura fuerte estándar.

Las Figuras 3A-I muestran fotografías de la estructura de partículas para muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación después de la soldadura fuerte rápida.

55 Las Figuras 4A-I muestran fotografías del tamaño de grano de muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación después de la soldadura fuerte.

Las Figuras 5A-I muestran fotografías del tamaño de grano de muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación después de la soldadura fuerte rápida.

60 Las Figuras 6A-I muestran fotografías de la estructura de grano para muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación antes de la soldadura fuerte.

65 Las Figuras 7A-I muestran fotografías de la estructura de grano de muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación después de la soldadura fuerte estándar.

Las Figuras 8A-I muestran fotografías de la estructura de grano de muestras de aleación de aluminio

preparadas según la presente explicación después de la soldadura fuerte rápida.

Las Figuras 9A-D muestran el efecto del porcentaje de trabajo en frío y el recocido intermedio sobre diferentes propiedades de muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación.

5

Las Figuras 10A-D muestran fotografías de la estructura de grano de muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación y sometidas a soldadura fuerte estándar.

10

Las Figuras 11A-D muestran fotografías de la estructura de grano de muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación y sometidas a soldadura fuerte estándar.

Las Figuras 12A-D muestran fotografías de la estructura de grano de muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación y sometidas a soldadura fuerte rápida.

15

Las Figuras 13A-D muestran fotografías de la estructura de grano de muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación y sometidas a soldadura fuerte rápida.

Las Figuras 14A-E muestran fotografías de los resultados de las pruebas de corrosión para especímenes que comprenden muestras de aleación de aluminio preparadas según la presente explicación.

20

#### Descripción detallada

En este documento se describen aleaciones de aluminio que se oponen a la corrosión y de alta resistencia y métodos para hacerlas y procesarlas. Las aleaciones de aluminio descritas en este documento exhiben resistencia mecánica, oposición a la corrosión y/o conformabilidad mejores. Las aleaciones proporcionadas en este documento incluyen más silicio (Si), cobre (Cu), manganeso (Mn) y magnesio (Mg) en comparación con las aleaciones existentes. Las aleaciones proporcionadas en este documento pueden tener mejor resistencia posterior a la soldadura fuerte en comparación con las aleaciones existentes. El material de aleación puede conformarse como material de partida para aletas y se puede usar en intercambiadores de calor de automóviles, tales como radiadores, condensadores y evaporadores. El material de partida para aletas de aluminio se puede usar para otras aplicaciones soldadas, incluidas, entre otras, aplicaciones HVAC&R. Adicionalmente, el material de partida para aletas de aleación de aluminio es útil para intercambiadores de calor de automóviles ligeros y de alto rendimiento. El material para aletas está diseñado para ser menos noble que el tubo, de modo que el primero se corroe más rápido que el segundo. Los intercambiadores de calor están diseñados basándose en esta prevención sacrificial de la corrosión mediante material de partida para aletas sobre tubos. En consecuencia, el material de partida para aleta descrito en este documento ofrece esta protección sacrificial al tubo.

25

30

35

#### Definiciones y descripciones

40

Los términos "invención" y "la invención", "esta invención" y "la presente invención" usados en este documento se refieren ampliamente a toda la materia objeto de esta Solicitud de Patente y a las reivindicaciones que se muestran más adelante.

45

En esta descripción, se hace referencia a las aleaciones identificadas por las designaciones de la industria del aluminio, como "serie" o "1xxx". Para comprender el sistema de designación numérica usado con más frecuencia para nombrar e identificar el aluminio y sus aleaciones, véanse "International Alloy Designations and Chemical 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.

50

Como se usa en este documento, el significado de "un", "una" o "el/la" incluye las referencias en singular y plural, a menos que el contexto indique claramente otra cosa.

55

Como se usa en este documento, una placa, en general, tiene un espesor mayor que aproximadamente 15 mm. Por ejemplo, una placa puede referirse a un producto de aluminio que tenga un espesor mayor que aproximadamente 15 mm, mayor que aproximadamente 20 mm, mayor que aproximadamente 25 mm, mayor que aproximadamente 30 mm, mayor que aproximadamente 35 mm, mayor que aproximadamente 40 mm, mayor que aproximadamente 45 mm, mayor que aproximadamente 50 mm o mayor que aproximadamente 100 mm.

60

Como se usa en este documento, una plancha (también conocida como palastro) tiene, en general, un espesor de aproximadamente 4 mm a aproximadamente 15 mm. Por ejemplo, una plancha puede tener un espesor de aproximadamente 4 mm, aproximadamente 5 mm, aproximadamente 6 mm, aproximadamente 7 mm, aproximadamente 8 mm, aproximadamente 9 mm, aproximadamente 10 mm, aproximadamente 11 mm, aproximadamente 12 mm, aproximadamente 13 mm, aproximadamente 14 mm o aproximadamente 15 mm.

65

5 Como se usa en este documento, una hoja, en general, se refiere a un producto de aluminio que tiene un espesor menor que aproximadamente 4 mm. Por ejemplo, una hoja puede tener un espesor menor que aproximadamente 4 mm, menor que aproximadamente 3 mm, menor que aproximadamente 2 mm, menor que aproximadamente 1 mm, menor que aproximadamente 0,5 mm, menor que aproximadamente 0,3 mm, menor que aproximadamente 0,1 mm, o menor que aproximadamente 0,05 mm.

10 En esta solicitud se hace referencia al temple o la condición de la aleación. Para comprender las descripciones de los temples de aleaciones usados con más frecuencia, véase el documento "American National Standards (ANSI) H35 on Alloy and Temper Designation Systems". Una condición o temple F se refiere a una aleación de aluminio tal como se fabrica. Una condición o templado O se refiere a una aleación de aluminio después del recocido. Una condición o templado Hxx, también denominado en este documento templado Hxx, se refiere a una aleación de aluminio con o sin tratamiento térmico (por ejemplo, recocido) después de laminación en frío. Los templados H adecuados incluyen templados HX1, HX2, HX3 HX4, HX5, HX6, HX7, HX8 o HX9. Por ejemplo, la aleación de aluminio puede laminarse en frío para dar como resultado un posible templado H19. En un ejemplo más, la aleación de aluminio puede laminarse en frío y recocerse para dar como resultado un posible templado H23.

20 Las siguientes aleaciones de aluminio se describen en términos de su composición elemental en porcentaje en peso (% en peso) según el peso total de la aleación. El resto es aluminio, con un porcentaje en peso máximo de un 0,15 % para la suma de todas las impurezas.

25 Como se usa en este documento, "potencial electroquímico" se refiere a la capacidad de un material para una reacción redox. Se puede emplear potencial electroquímico para evaluar la oposición a la corrosión de las aleaciones de aluminio descritas en este documento. Un valor negativo puede describir un material que es más fácil de oxidar (por ejemplo, perder electrones o aumentar el estado de oxidación) en comparación con un material con un potencial electroquímico positivo. Un valor positivo puede describir un material que es más fácil de reducir (por ejemplo, ganar electrones o disminuir el estado de oxidación) en comparación con un material con un potencial electroquímico negativo. El potencial electroquímico, tal como se usa en este documento, es una cantidad vectorial que expresa magnitud y dirección.

30 Como se usa en este documento, el significado de "temperatura ambiente" puede incluir una temperatura de aproximadamente 15 °C a aproximadamente 30 °C, por ejemplo, de aproximadamente 15 °C, aproximadamente 16 °C, aproximadamente 17 °C, aproximadamente 18 °C, aproximadamente 19 °C, aproximadamente 20 °C, aproximadamente 21 °C, aproximadamente 22 °C, aproximadamente 23 °C, aproximadamente 24 °C, aproximadamente 25 °C, aproximadamente 26 °C, aproximadamente 27 °C, aproximadamente 28 °C, aproximadamente 29 °C, o aproximadamente 30 °C

40 Se ha de entender que todos los intervalos explicados en este documento abarcan todos y cada uno de los subintervalos incluidos en estos. Por ejemplo, se debería considerar que un intervalo establecido de "1 a 10" incluye todos y cada uno de los subintervalos entre (e inclusive) el valor mínimo de 1 y el valor máximo de 10; es decir, todos los subintervalos que comienzan con un valor mínimo de 1 o más, por ejemplo, de 1 a 6,1, y que terminan con un valor máximo de 10 o menos, por ejemplo, de 5,5 a 10.

#### 45 Composiciones de aleación

50 A continuación, se describen las nuevas aleaciones de aluminio. Las propiedades de los materiales de partida para aletas de aleación de aluminio varían según su composición. El material de partida para aletas de aleación de aluminio en este documento explicado posee varias propiedades ventajosas. El material de partida para aletas de aleación de aluminio se puede producir en forma de hojas, planchas, o placas y posee una resistencia deseable antes y después de la soldadura fuerte, así como durante esta, incluso a calibres menores que 200 µm o 100 µm, que lo hace adecuado para la manufactura de aletas para aplicaciones de intercambiadores de calor. El material de aleación de aluminio también posee conductividad térmica y potencial de corrosión adecuados para la producción de material para aletas.

55 El material de partida para aletas de aleación de aluminio según se explica en este documento puede contener un contenido mayor que uno o más de Cu, Si y Mg, en comparación con las aleaciones de partida para aletas conocidas. La composición del material de partida para aletas de aleación de aluminio y/o su procedimiento de producción conducen a propiedades mejores del material, tales como reducción del aplastamiento de las aletas durante la soldadura fuerte, mayor resistencia posterior a la soldadura fuerte, conductividad térmica mejor, oposición al pandeo mejor y mayor potencial de corrosión anódica. El material de partida para aletas de aleación de aluminio posee uno o más de resistencia, conductividad térmica y potencial de corrosión que se mejora en comparación con las aleaciones conocidas usadas para la producción de material de partida para aletas. Las concentraciones relativamente altas de los constituyentes que no son aluminio en el material de partida para aletas de aleación de aluminio permiten que se produzca a partir de metal de entrada que se incorpore aluminio apto para el reciclaje, lo que permite diferentes entradas de metal.

5 El material de partida para aletas de aleación de aluminio se produce mediante un procedimiento que incluye una etapa de tratamiento térmico (recocido intermedio) antes de una etapa final de laminación en frío. El recocido intermedio se lleva a cabo a una temperatura de 200 °C a 400 °C durante un periodo de aproximadamente 30 minutos a 2 horas (por ejemplo, durante un periodo de tiempo de aproximadamente 1 a 2 horas). El recocido intermedio es seguido por etapas de laminación en frío que conducen a una reducción especificada del espesor ("% de trabajo en frío", definido más adelante en este documento). En algunos ejemplos, la combinación anterior de etapas del procedimiento (recocido intermedio seguido de laminado en frío) da como resultado un aumento de la resistencia previa a la soldadura fuerte y una estructura de grano grueso posterior a la soldadura fuerte mejor, lo que conduce a una oposición al pandeo mejor de los materiales de partida para aletas de aluminio mejores, y también afecta la conductividad térmica y el potencial de corrosión, conduciendo así a un material que tiene una combinación favorable de características y propiedades.

10 Las aleaciones descritas en este documento pueden tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 1 (no según la invención).

Tabla 1

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	0,9-1,4
Fe	0,3-0,6
Cu	0,2-0,6
Mn	1,0-1,7
Zn	0,1-3,0
Mg	0,01-0,25
Ti	0,00-0,10
Otros	0-0,05 (cada uno) 0-0,15 (total)
Al	Resto

20 Las aleaciones descritas en este documento pueden tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 2 (no según la invención).

Tabla 2

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	0,95-1,35
Fe	0,3-0,6
Cu	0,2-0,6
Mn	1,0-1,7
Zn	0,1-3,0
Mg	0,01-0,25
Ti	0,00-0,10
Otros	0-0,05 (cada uno) 0-0,15 (total)
Al	Resto

25 Las aleaciones descritas en este documento pueden tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 3 (no según la invención).

## ES 2 980 376 T3

Tabla 3

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	0,9-1,4
Fe	0,35-0,6
Cu	0,2-0,6
Mn	1,0-1,7
Zn	0,1-3,0
Mg	0,01-0,25
Ti	0,00-0,10
Otros	0-0,05 (cada uno) 0-0,15 (total)
Al	Resto

Las aleaciones descritas en este documento pueden tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 4 (no según la invención).

5 Tabla 4

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	0,9-1,4
Fe	0,3-0,6
Cu	0,2-0,4
Mn	1,0-1,7
Zn	0,1-3,0
Mg	0,01-0,25
Ti	0,00-0,10
Otros	0-0,05 (cada uno) 0-0,15 (total)
Al	Resto

Las aleaciones según la invención tienen la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 5.

10 Tabla 5

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	0,9-1,4
Fe	0,3-0,6
Cu	0,40-0,55
Mn	1,0-1,7
Zn	1,9-2,6
Mg	0,10-0,25
Ti	0,00-0,10
Otros	0-0,05 (cada uno) 0-0,15 (total)

## ES 2 980 376 T3

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Al	Resto

Las aleaciones pueden tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 6 (no según la invención).

5 Tabla 6

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	0,9-1,4
Fe	0,3-0,6
Cu	0,2-0,6
Mn	1,1-1,65
Zn	0,1-3,0
Mg	0,01-0,25
Ti	0,00-0,10
Otros	0-0,05 (cada uno) 0-0,15 (total)
Al	Resto

Las aleaciones descritas en este documento pueden tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 7 (no según la invención).

10 Tabla 7

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	0,9-1,4
Fe	0,3-0,6
Cu	0,2-0,6
Mn	1,0-1,7
Zn	0,1-3,0
Mg	0,05-0,2
Ti	0,00-0,10
Otros	0-0,05 (cada uno) 0-0,15 (total)
Al	Resto

Las aleaciones descritas en este documento pueden tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 8 (no según la invención).

15 Tabla 8

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	0,9-1,4
Fe	0,3-0,6
Cu	0,2-0,6
Mn	1,0-1,7

## ES 2 980 376 T3

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Zn	1-3,0
Mg	0,01-0,25
Ti	0,00-0,10
Otros	0-0,05 (cada uno) 0-0,15 (total)
Al	Resto

Las aleaciones descritas en este documento pueden tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 9 (no según la invención).

### 5 Tabla 9

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	0,9-1,4
Fe	0,3-0,6
Cu	0,2-0,6
Mn	1,0-1,7
Zn	1,5-2,75
Mg	0,01-0,25
Ti	0,00-0,10
Otros	0-0,05 (cada uno) 0-0,15 (total)
Al	Resto

Las aleaciones descritas en este documento pueden tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 10 (no según la invención).

### 10 Tabla 10

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	0,9-1,4
Fe	0,3-0,6
Cu	0,2-0,6
Mn	1,0-1,7
Zn	0,1-3,0
Mg	0,05-0,2
Ti	0-0,05
Otros	0-0,05 (cada uno) 0-0,15 (total)
Al	Resto

La aleación explicada incluye silicio (Si) en una cantidad del 0,9 % al 1,4 % (por ejemplo, del 0,95 % al 0,35 %, del 1,0 % al 1,30 %, o del 1,10 % al 1,30 %) en base al peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir aproximadamente el 0,90 %, aproximadamente el 0,91 %, aproximadamente el 0,92 %,

aproximadamente el 0,93 %, aproximadamente el 0,94 %, aproximadamente el 0,95 %, aproximadamente el 0,96 %, aproximadamente el 0,97 %, aproximadamente el 0,98 %, aproximadamente el 0,99 %, aproximadamente el 1,00 %, aproximadamente el 1,01 %, aproximadamente el 1,02 %, aproximadamente el 1,03 %, aproximadamente el 1,04 %, aproximadamente el 1,05 %, aproximadamente el 1,06 %, aproximadamente el 1,07 %, aproximadamente el 1,08 %, aproximadamente el 1,09 %, aproximadamente el 1,10 %, aproximadamente el 1,11 %, aproximadamente el 1,12 %, aproximadamente el 1,13 %, aproximadamente el 1,14 %, aproximadamente el 1,15 %, aproximadamente el 1,16 %, aproximadamente el 1,17 %, aproximadamente el 1,18 %, aproximadamente el 1,19 %, aproximadamente el 1,20 %, aproximadamente el 1,21 %, aproximadamente el 1,22 %, aproximadamente el 1,23 %, aproximadamente el 1,24 %, aproximadamente el 1,25 %, aproximadamente el 1,26 %, aproximadamente el 1,27 %, aproximadamente el 1,28 %, aproximadamente el 1,29 %, aproximadamente el 1,30 %, aproximadamente el 1,31 %, aproximadamente el 1,32 %, aproximadamente el 1,33 %, aproximadamente el 1,34 %, aproximadamente el 1,35 %, aproximadamente el 1,36 %, aproximadamente el 1,37 %, aproximadamente el 1,38 %, aproximadamente el 1,39 % o aproximadamente el 1,40 % de Si. Todos los porcentajes se expresan en porcentaje en peso. Entre otras cosas, el contenido de Si afecta la temperatura de fusión de una aleación de aluminio. El aumento del contenido de Si reduce el punto de fusión de la aleación de aluminio. En consecuencia, para que el material de partida para aletas de aleación de aluminio sea soldable, el contenido de Si de la aleación debe ser suficientemente bajo para que la aleación no funda durante el ciclo de soldadura fuerte. Por otro lado, un contenido de Si relativamente alto en la aleación conduce a la formación de dispersoides de AlMnSi que dan como resultado un fortalecimiento de dispersoides beneficioso de la matriz y mejores características de resistencia de la aleación. El contenido de Si usado en la aleación de material para aletas explicada equilibra los factores anteriores.

En algunos ejemplos, la aleación también incluye hierro (Fe) en una cantidad 0,30 % al 0,60 % (por ejemplo, del 0,35 % al 0,60 %, del 0,40 % al 0,60 %, o del 0,41 % al 0,47 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir aproximadamente el 0,30 %, aproximadamente el 0,31 %, aproximadamente el 0,32 %, aproximadamente el 0,33 %, aproximadamente el 0,34 %, aproximadamente el 0,35 %, aproximadamente el 0,36 %, aproximadamente el 0,37 %, aproximadamente el 0,38 %, aproximadamente el 0,39 %, aproximadamente el 0,40 %, aproximadamente el 0,41 %, aproximadamente el 0,42 %, aproximadamente el 0,43 %, aproximadamente el 0,44 %, aproximadamente el 0,45 %, aproximadamente el 0,46 %, aproximadamente el 0,47 %, aproximadamente el 0,48 %, aproximadamente el 0,49 %, aproximadamente el 0,50 %, aproximadamente el 0,51 %, aproximadamente el 0,52 %, aproximadamente el 0,53 %, aproximadamente el 0,54 %, aproximadamente el 0,55 %, aproximadamente el 0,56 %, aproximadamente el 0,57 %, aproximadamente el 0,58 %, aproximadamente el 0,59 % o aproximadamente el 0,60 % de Fe. Todos los porcentajes se expresan en porcentaje en peso. En una aleación de aluminio, el Fe puede formar parte de constituyentes intermetálicos que pueden contener Mn, Si y otros elementos. A menudo es beneficioso controlar el contenido de Fe en una aleación de aluminio para influir en el contenido de constituyentes intermetálicos gruesos.

La aleación explicada incluye cobre (Cu) en una cantidad del 0,40 % al 0,55 % basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir aproximadamente el 0,40 %, aproximadamente el 0,41 %, aproximadamente el 0,42 %, aproximadamente el 0,43 %, aproximadamente el 0,44 %, aproximadamente el 0,45 %, aproximadamente el 0,46 %, aproximadamente el 0,47 %, aproximadamente el 0,48 %, aproximadamente el 0,49 %, aproximadamente el 0,50 %, aproximadamente el 0,51 %, aproximadamente el 0,52 %, aproximadamente el 0,53 %, aproximadamente el 0,54 %, o aproximadamente el 0,55 % de Cu. Todos los porcentajes se expresan en porcentaje en peso. El Cu en solución sólida aumenta la resistencia de una aleación de aluminio. El aumento del contenido de Cu también puede conducir a la formación de dispersoides de AlMnCu que contienen Cu, que almacena Mn y se disuelve durante la soldadura fuerte, conduciendo así a la liberación de Mn en una solución sólida. Este procedimiento da como resultado mejor resistencia posterior a la soldadura fuerte. El contenido relativamente alto de Cu de las aleaciones de partida para aletas permite la reducción de costes y el aumento de la capacidad de reciclado.

La aleación incluye manganeso (Mn) en una cantidad del 1,0 % al 1,7 % (por ejemplo, del 1,10 % al 1,65 %, del 1,15 % al 1,35 %, o del 1,2 % al 1,35 %) en base al peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir aproximadamente el 1,0 %, aproximadamente el 1,01 %, aproximadamente el 1,02 %, aproximadamente el 1,03 %, aproximadamente el 1,04 %, aproximadamente el 1,05 %, aproximadamente el 1,06 %, aproximadamente el 1,07 %, aproximadamente el 1,08 %, aproximadamente el 1,09 %, aproximadamente el 1,1 %, aproximadamente el 1,11 %, aproximadamente el 1,12 %, aproximadamente el 1,13 %, aproximadamente el 1,14 %, aproximadamente el 1,15 %, aproximadamente el 1,16 %, aproximadamente el 1,17 %, aproximadamente el 1,18 %, aproximadamente el 1,19 %, aproximadamente el 1,2 %, aproximadamente el 1,21 %, aproximadamente el 1,22 %, aproximadamente el 1,23 %, aproximadamente el 1,24 %, aproximadamente el 1,25 %, aproximadamente el 1,26 %, aproximadamente el 1,27 %, aproximadamente el 1,28 %, aproximadamente el 1,29 %, aproximadamente el 1,3 %, aproximadamente el 1,31 %, aproximadamente el 1,32 %, aproximadamente el 1,33 %, aproximadamente el 1,34 %, aproximadamente el 1,35 %, aproximadamente el 1,36 %, aproximadamente el 1,37 %, aproximadamente el 1,38 %, aproximadamente el 1,39 %, aproximadamente el 1,4 %, aproximadamente el 1,41 %, aproximadamente el 1,42 %.

aproximadamente el 1,42 %, aproximadamente el 1,43 %, aproximadamente el 1,44 %, aproximadamente el 1,45 %, aproximadamente el 1,46 %, aproximadamente el 1,47 %, aproximadamente el 1,48 %, aproximadamente el 1,49 %, aproximadamente el 1,50 %, aproximadamente el 1,51 %, aproximadamente el 1,52 %, aproximadamente el 1,53 %, aproximadamente el 1,54 %, aproximadamente el 1,55 %, aproximadamente el 1,56 %, aproximadamente el 1,57 %, aproximadamente el 1,58 %, aproximadamente el 1,59 %, aproximadamente el 1,60 %, aproximadamente el 1,61 %, aproximadamente el 1,62 %, aproximadamente el 1,63 %, aproximadamente el 1,64 %, aproximadamente el 1,65 %, aproximadamente el 1,66 %, aproximadamente el 1,67 %, aproximadamente el 1,68 %, aproximadamente el 1,69 %, o aproximadamente el 1,7 % de Mn. Todos los porcentajes se expresan en porcentaje en peso. El Mn en solución sólida aumenta la resistencia de una aleación de aluminio, pero también mueve el potencial de corrosión hacia un estado más catódico. El dispersoide (FeMn)-Al<sub>3</sub> o Al<sub>15</sub>Mn<sub>3</sub>Si<sub>2</sub> aumenta la resistencia de una aleación de aluminio mediante el fortalecimiento de partículas, cuando está presente en una dispersión fina y densa. Dependiendo de la composición y la tasa de solidificación, Fe, Mn, Al y Si se combinan durante la solidificación para formar diversos constituyentes intermetálicos, es decir, partículas dentro de la microestructura, como Al<sub>15</sub>(FeMn)<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>, Al<sub>5</sub>FeSi, o Al<sub>3</sub>FeMg<sub>3</sub>Si<sub>6</sub>, por nombrar algunos. Un contenido más alto de Mn, particularmente en combinación con un contenido más alto de Fe, puede conducir a la formación de constituyentes intermetálicos de Mn-Fe gruesos.

La aleación incluye zinc (Zn) en una cantidad del 1,9 % al 2,6 % basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir aproximadamente el 1,9 %, aproximadamente el 1,91 %, aproximadamente el 1,92 %, aproximadamente el 1,93 %, aproximadamente el 1,94 %, aproximadamente el 1,95 %, aproximadamente el 1,96 %, aproximadamente el 1,97 %, aproximadamente el 1,98 %, aproximadamente el 1,99 %, aproximadamente el 2,0 %, aproximadamente el 2,01 %, aproximadamente el 2,02 %, aproximadamente el 2,03 %, aproximadamente el 2,04 %, aproximadamente el 2,05 %, aproximadamente el 2,06 %, aproximadamente el 2,07 %, aproximadamente el 2,08 %, aproximadamente el 2,09 %, aproximadamente el 2,1 %, aproximadamente el 2,11 %, aproximadamente el 2,12 %, aproximadamente el 2,13 %, aproximadamente el 2,14 %, aproximadamente el 2,15 %, aproximadamente el 2,16 %, aproximadamente el 2,17 %, aproximadamente el 2,18 %, aproximadamente el 2,19 %, aproximadamente el 2,2 %, aproximadamente el 2,21 %, aproximadamente el 2,22 %, aproximadamente el 2,23 %, aproximadamente el 2,24 %, aproximadamente el 2,25 %, aproximadamente el 2,26 %, aproximadamente el 2,27 %, aproximadamente el 2,28 %, aproximadamente el 2,29 %, aproximadamente el 2,3 %, aproximadamente el 2,31 %, aproximadamente el 2,32 %, aproximadamente el 2,33 %, aproximadamente el 2,34 %, aproximadamente el 2,35 %, aproximadamente el 2,36 %, aproximadamente el 2,37 %, aproximadamente el 2,38 %, aproximadamente el 2,39 %, aproximadamente el 2,4 %, aproximadamente el 2,41 %, aproximadamente el 2,42 %, aproximadamente el 2,43 %, aproximadamente el 2,44 %, aproximadamente el 2,45 %, aproximadamente el 2,46 %, aproximadamente el 2,47 %, aproximadamente el 2,48 %, aproximadamente el 2,49 %, aproximadamente el 2,5 %, aproximadamente el 2,51 %, aproximadamente el 2,52 %, aproximadamente el 2,53 %, aproximadamente el 2,54 %, aproximadamente el 2,55 %, aproximadamente el 2,56 %, aproximadamente el 2,57 %, aproximadamente el 2,58 %, aproximadamente el 2,59 %, o aproximadamente el 2,6 % Zn. Todos los porcentajes se expresan en porcentaje en peso. El Zn se añade típicamente a las aleaciones de aluminio para mover el potencial de corrosión hacia el extremo anódico de la escala. En la aleación de aluminio de partida para aletas, un contenido de Zn relativamente alto de hasta el 3 % en peso compensa el cambio en el potencial de corrosión debido al aumento del contenido de Si y Cu, dando como resultado así un mayor potencial de corrosión anódica, lo que permite que las aletas manufacturadas a partir de la aleación actúen de manera sacrificial y protejan los tubos del intercambiador de calor, mejorando así la oposición general a la corrosión del intercambiador de calor.

La aleación incluye Mg en una cantidad del 0,10 % al 0,25 % (p. ej., del 0,10 % al 0,20 %) basado en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir aproximadamente el 0,1 %, aproximadamente el 0,11 %, aproximadamente el 0,12 %, aproximadamente el 0,13 %, aproximadamente el 0,14 %, aproximadamente el 0,15 %, aproximadamente el 0,16 %, aproximadamente el 0,17 %, aproximadamente el 0,18 %, aproximadamente el 0,19 %, aproximadamente el 0,2 %, aproximadamente el 0,21 %, aproximadamente el 0,22 %, aproximadamente el 0,23 %, aproximadamente el 0,24 %, o aproximadamente el 0,25 % de Mg. Todos los porcentajes se expresan en porcentaje en peso. El Mg contribuye a la resistencia de las aleaciones de aluminio descritas en este documento mediante el fortalecimiento de la solución sólida.

En algunos ejemplos, la relación de Cu a Zn es de 2:1 a 1:15, por ejemplo, de 1:1 a 1:10, o de 1:5 a 1:10. La relación de Cu a Zn puede ser 2:1, 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, 1:7, 1:8, 1:9, 1:10, 1:11, 1:12, 1:13, 1:14, o 1:15.

Las aleaciones de aluminio como se describe en este documento puede incluir titanio (Ti) en una cantidad de hasta el 0,10 % (por ejemplo, del 0 al 0,05 %, del 0,001 % al 0,04 %, o del 0,01 % al 0,03 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir aproximadamente el 0,001 %, aproximadamente el 0,002 %, aproximadamente el 0,003 %, aproximadamente el 0,004 %, aproximadamente el 0,005 %, aproximadamente el 0,006 %, aproximadamente el 0,007 %, aproximadamente el 0,008 %, aproximadamente el 0,009 %, aproximadamente el 0,01 %, aproximadamente el 0,02 %, aproximadamente el 0,03 %, aproximadamente el 0,04 %, aproximadamente el 0,05 %, aproximadamente el 0,06 %, aproximadamente el

0,07 %, aproximadamente el 0,08 %, aproximadamente el 0,09 %, o aproximadamente el 0,1 % de Ti. En algunos casos, el Ti no está presente en la aleación (es decir, el 0 % en peso). Todos los porcentajes se expresan en porcentaje en peso.

- 5 Las composiciones de las aleaciones pueden incluir, además, otros elementos minoritarios, a los que a veces se hace referencia como impurezas, cada uno en cantidades de aproximadamente el 0,05 % o menos del 0,04 % o menos del 0,03 % o menos del 0,02 % o menos, o 0,01 % o menos. Estas impurezas pueden incluir, entre otros, Ga, V, Ni, Sc, Ag, B, Bi, Zr, Li, Pb, Sn, Ca, Hf, Sr o combinaciones de estos. En consecuencia, los elementos Ga, V, Ni, Sc, Ag, B, Bi, Zr, Li, Pb, Sn, Ca, Hf, o Sr pueden estar presentes en las aleaciones en cantidades del 0,05 % o menos, del 0,04 % o menos, del 0,03 % o menos, del 0,02 % o menos, o del 0,01 % o menos. La suma de todas las impurezas no excede del 0,15 % (por ejemplo, 0,1 %). Todos los porcentajes se expresan en porcentaje en peso. El porcentaje restante de cada aleación es aluminio.

15 Procedimientos para hacer material de partida para aletas de aleación de aluminio

- 15 En ciertos aspectos, las composiciones de aleación explicadas son un producto de un método explicado. Sin pretender limitar la explicación, las propiedades de la aleación de aluminio están parcialmente determinadas por la formación de microestructuras durante la preparación de la aleación. En ciertos aspectos, el método de preparación de una composición de aleación puede influir o incluso determinar si la aleación tendrá propiedades adecuadas para una aplicación deseada.

- 20 Un procedimiento para producir materiales de partida para aletas de aleación de aluminio emplea colada en frío directa (DC) de una aleación de aluminio en un lingote. Después de la colada DC, el procedimiento incluye la laminación en caliente del lingote. La temperatura de precalentamiento y la duración del laminado en caliente se controlan con precisión para preservar un gran tamaño de grano y una alta resistencia después de soldar el material para aletas terminado. En algunos ejemplos, para la laminación en caliente, los lingotes se pueden precalentar a una temperatura de hasta aproximadamente 500 °C, por ejemplo, a una temperatura de 450 °C a 480 °C, en un horno durante hasta aproximadamente 12 horas a una tasa de calentamiento adecuada, por ejemplo 50 °C/h, seguido de mantener la temperatura ("remojar" o "remojo") a una temperatura de aproximadamente 450 °C a 500 °C, por ejemplo, a una temperatura de aproximadamente 470 °C a 480 °C, durante 5-7 horas. Después del precalentamiento y remojo, los lingotes se laminan en caliente hasta un espesor de 2 mm a 10 mm, por ejemplo, 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm, o 10 mm, que puede denominarse "calibre de salida" después del laminado en caliente.

- 35 Un procedimiento para producir materiales de partida para aletas de aleación de aluminio incluye después etapas de laminado en frío para producir el espesor (calibre) deseado y otras propiedades del material. Por ejemplo, después de una etapa de laminado en caliente, la aleación de aluminio laminado en caliente se lamina en frío para reducir el espesor del material a un valor de 1 mm a 2 mm, por ejemplo, a 1 mm, de espesor o calibre (calibre de laminado en frío inicial) durante una etapa de laminado en frío inicial, que puede incluir múltiples pasadas de laminación en frío, seguidas de una laminación en frío adicional a un espesor o calibre de 100 µm a 200 µm (calibre de laminación en frío intermedio) durante una etapa intermedia de laminación en frío, que también puede implicar múltiples pasadas. Dependiendo del calibre de laminado en caliente, el espesor final deseable y otras propiedades que se analizan a continuación, una aleación de aluminio puede requerir más o menos pasadas de laminado en frío para lograr el calibre deseado. El número de pasadas de laminado en frío no está limitado y se puede ajustar de forma adecuada, por ejemplo, dependiendo del espesor deseable de la hoja final y otras propiedades del material.

- 50 Después del laminado en frío intermedio, el procedimiento para producir materiales de partida para aletas de aleación de aluminio incluye una etapa de recocido intermedio para producir las propiedades deseadas del material de partida para aletas de aleación de aluminio. El término "recocido intermedio" se refiere a un tratamiento térmico aplicado entre las etapas de laminación en frío. Como se describe en este documento, el recocido intermedio se aplica entre las etapas intermedia y final de laminación en frío. El recocido intermedio implica calentar la aleación de aluminio a una temperatura de 200 °C a 400 °C, por ejemplo, de 225 °C a 400 °C, de 225 °C a 375 °C, de 225 °C a 350 °C, de 225 °C a 325 °C, de 300 °C a 375 °C, de 325 °C a 350 °C, de 340 °C a 360 °C, de 290 °C a 360 °C o de 345 °C a 350 °C ("temperatura de recocido intermedio"), y mantener la temperatura de recocido intermedio durante 3-5 horas, por ejemplo, durante 4 horas, seguido de enfriamiento. El periodo de mantenimiento a una temperatura de 200 °C a 400 °C también se puede denominar "remojar" o "remojo". Para calentar y enfriar el material antes y después del remojo, se puede aplicar a una tasa constante de 40 °C/h a 50 °C/h, por ejemplo, 50 °C/h. Las condiciones de recocido intermedio afectan la estructura y las propiedades del material de partida para aletas de aleación de aluminio de diversas formas. Por ejemplo, temperaturas de recocido intermedio más altas pueden conducir a una menor resistencia posterior a la soldadura fuerte. En consecuencia, las condiciones de recocido intermedio se seleccionan dentro de los intervalos especificados en este documento para dar como resultado las propiedades deseables del material de partida para aletas de aleación de aluminio.

- 65 Después del recocido intermedio, se realiza un laminado en frío final para lograr el porcentaje de trabajo en frío

(% TF) durante la etapa final de laminación en frío (que puede comprender múltiples pasadas de laminación en frío) del 20 % al 45 %, del 25 % al 40 %, del 20 % al 40 %, del 20 % al 35 %, del 25 % al 35 %, o del 5 % al 45 %, en donde:

$$\% \text{ TF} = \frac{\text{espesor antes de laminación en frío} - \text{espesor después de laminación en frío}}{\text{espesor antes de laminación en frío}} \times 100\%$$

5

En algunas realizaciones, el % TF es menor o igual que el 35 % mientras que, en algunas otras realizaciones, el % TF es mayor que el 35 %. Después de las etapas finales de laminación en frío, el material de partida para aletas de aleación de aluminio de la presente invención posee un espesor (calibre) de 45 µm a 100 µm, 45 µm a 90 µm, 47 µm a 85 µm o 50 µm a 83 µm.

10

La etapa final de laminación en frío afecta a la estructura y propiedades del material de partida para aletas de aleación de aluminio. Por ejemplo, a medida que aumenta el %TF, aumenta la resistencia previa a la soldadura fuerte (resistencia máxima a la tracción (UTS, por sus siglas en inglés), el límite elástico (YS, por sus siglas en inglés), o ambos, medidos en condiciones de soldadura fuerte previa) del material de aluminio. En consecuencia, el % TF empleado se ajusta dentro de los intervalos especificados en este documento para lograr las propiedades deseables del material de partida para aletas de aleación de aluminio.

15

Los procedimientos de producción de materiales de partida para aletas de aleación de aluminio como se explican en este documento se pueden realizar de manera que conduzcan a un material de aluminio que tenga el temple deseado. Por ejemplo, los procedimientos se pueden realizar para proporcionar un material de aluminio que pueda describirse como "endurecido por deformación", "trabajado en frío" y/o que tenga o esté en temple "H1X" (por ejemplo, temple H14). En algunos ejemplos, el material de aleación de aluminio de partida para aletas mejor descrito en este documento se puede producir en temple H14, H16 o H18. Debe entenderse que un intervalo particular de propiedades está asociado con la designación del temple. También debe entenderse que la designación del temple se refiere a las propiedades previas a la soldadura fuerte del material.

20

25

#### Propiedades

El material de partida para aletas de aleación de aluminio explicado en este documento posee una serie de propiedades, características o parámetros ventajosos. Estas propiedades, por separado o en diversas combinaciones, permiten que los materiales de aleación de aluminio descritos en este documento se usen en la producción de aletas para intercambiadores de calor. Sin embargo, debe entenderse que el alcance de la presente invención no se limita a usos o aplicaciones específicos, y las propiedades de los materiales de partida para aletas de aleación de aluminio pueden ser ventajosas para diversas aplicaciones diferentes. Algunas de estas propiedades se analizan a continuación. Algunas otras propiedades pueden no describirse específicamente, pero pueden resultar de la composición y/o los procedimientos de producción empleados para la fabricación del material de partida para aletas de aleación de aluminio descrito en este documento.

30

35

Algunas realizaciones de los materiales de aleación de aluminio descritos en este documento se manufacturan como hojas, por ejemplo, como hojas de menos de 4 mm de espesor, por ejemplo, de 45 µm a 100 µm de espesor. Las hojas de aleación de aluminio se pueden producir en temple H1X (por ejemplo, temple H14 H16 o H18). Los materiales de aleación de aluminio descritos en este documento pueden poseer una o más de las siguientes propiedades, en cualquier combinación: UTS de 210 MPa o más (en otras palabras, al menos 210 MPa) o de 210 MPa a 230 MPa, medidos en condición de previa soldadura fuerte; UTS de 150 MPa o más (en otras palabras, al menos 150 MPa) o de 150 MPa a 170 MPa, medidos posteriormente a la soldadura fuerte; oposición al pandeo de 25 mm a 33 mm medida posteriormente a la soldadura fuerte; conductividad térmica de 40-48, 43-47, o 44-45 IACS medida posteriormente a la soldadura fuerte; valor de corrosión de potencial en circuito abierto (en comparación con el electrodo de calomelanos estándar (SCE, por sus siglas en inglés), también denominado "potencial de corrosión") de -740 mV o menos (por ejemplo, -750 mV); y/o microestructura de grano grueso posterior a la soldadura fuerte de 80 µm a 400 µm. Los parámetros medidos "después de la soldadura fuerte" o "posteriormente a la soldadura fuerte" también denominados "postsoldadura fuerte" se miden después de un ciclo de soldadura fuerte simulado, durante el cual las muestras de aleación de aluminio se calientan a una temperatura de 595 °C a 610 °C y se enfrían a temperatura ambiente en un periodo de aproximadamente 20 minutos. Los parámetros medidos antes de la soldadura fuerte ("previo a la soldadura fuerte" o en condición "previa a la soldadura fuerte"), también denominados parámetros de "presoldadura fuerte", se miden antes o sin someter el material a ningún ciclo de soldadura fuerte.

40

45

50

55

El material de partida para aletas de aleación de aluminio explicado tiene mejores resistencia y conductividad y muestra valores de potencial de corrosión más bajos. El material de partida para aletas de aleación de aluminio explicado también puede soportar al menos 20 días de prueba de pulverización de sal acelerada con cobre (CASS) según ASTM B368 (2014) sin separarse de una junta soldada. La prueba CASS generalmente se lleva a cabo formando un espécimen de aleta y tubo, soldando para formar una junta y sometiendo el

60

espécimen soldado a la prueba. Las propiedades y ventajas anteriores permiten que el material de partida para aletas de aleación de aluminio de la presente invención se emplee ventajosamente en diversos usos y aplicaciones, que se analizan con más detalle a continuación.

## 5 Usos y aplicaciones

Los materiales de partida para aletas de aleación de aluminio descritos en este documento se pueden usar en diversas aplicaciones, por ejemplo, entre otros, intercambiadores de calor. En un ejemplo, aunque no limitado, el material de partida para aletas de aleación de aluminio se puede usar en intercambiadores de calor de automóviles, tales como radiadores, condensadores y evaporadores. Por ejemplo, el material de partida para aletas de aleación de aluminio mejor se puede usar para manufacturar diversos dispositivos en que se emplean intercambiadores de calor y se producen por soldadura fuerte, tales como los dispositivos empleados en calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (HVAC&R). Los usos y aplicaciones de los materiales de partida para aletas de aleación de aluminio descritos en este documento se incluyen dentro del alcance de la presente invención, al igual que los objetos, formas, aparatos y cosas similares fabricados con las aleaciones de aluminio descritas en este documento, o que las comprenden. Los procedimientos para fabricar, producir o manufacturar dichos objetos, formas, aparatos y cosas similares también se incluyen dentro del alcance de la presente invención.

Las aleaciones de aluminio descritas en este documento son adecuadas para procedimientos de fabricación o manufacturación que requieren la unión de superficies metálicas mediante soldadura fuerte. La soldadura fuerte es un procedimiento de unión de metales en el que el metal de aportación se calienta por encima de un punto de fusión y se distribuye entre dos o más piezas ajustadas por acción capilar. Los usos de las aleaciones de aluminio en la soldadura fuerte y los procedimientos y resultados relacionados, tales como los objetos fabricados según el procedimiento de manufactura que implica la soldadura fuerte, se denominan generalmente "aplicaciones de soldadura fuerte". Las piezas de los intercambiadores de calor descritas en este documento se unen mediante soldadura fuerte durante el procedimiento de manufactura. Durante la soldadura fuerte, el metal de aportación funde y se convierte en un metal de aportación que está disponible para fluir hasta los puntos de contacto entre los componentes que se están soldando por acción capilar.

Un objeto ejemplar que se puede fabricar usando materiales de partida para aletas de aleación de aluminio descritos en este documento es un intercambiador de calor. Los intercambiadores de calor se producen mediante el ensamblaje de piezas que comprenden tubos, placas, aletas, cabezales y soportes laterales, por nombrar algunos. Por ejemplo, un radiador se construye con tubos, aletas, cabezales y soportes laterales. A excepción de las aletas, que típicamente están desnudas, lo que significa que no están revestidas con una aleación de Al-Si, todas las demás piezas de un intercambiador de calor típicamente están revestidas con un revestimiento de soldadura fuerte en uno o dos lados. Una vez ensamblada, una unidad de intercambiador de calor se asegura mediante bandas o un dispositivo similar para mantener la unidad unida a través de fundente y soldadura fuerte. La soldadura fuerte se efectúa comúnmente pasando la unidad a través de un horno de túnel. La soldadura fuerte también se puede realizar sumergiendo en sal fundida o en un procedimiento discontinuo o semicontinuo. La unidad se calienta a una temperatura de soldadura fuerte entre 590 °C y 610 °C, se empapa a una temperatura adecuada hasta que se crean juntas por acción capilar y después se enfría por debajo del solidus del metal de aportación. La tasa de calentamiento depende del tipo de horno y del tamaño del intercambiador de calor producido. Algunos otros ejemplos de los objetos que se pueden fabricar usando materiales de partida para aletas de aleación de aluminio descritos en este documento son un evaporador, un radiador, un calentador o un condensador.

Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar con mayor detalle la presente invención sin constituir, al mismo tiempo, sin embargo, ninguna limitación de esta.

### Ejemplo 1

Se prepararon nueve muestras de aleación de aluminio con las composiciones que se muestran en la Tabla 11 a continuación. Cada muestra comprendía hasta un 0,15 % en peso de impurezas, siendo el resto Al. Cada muestra se preparó mediante colada en frío directa de la aleación de aluminio en un lingote y después laminación en caliente. Los lingotes producidos por colada DC se precalentaron para la laminación en caliente. Después, los lingotes se laminaron en caliente hasta un calibre de salida y después se laminaron en frío hasta un calibre de laminación en frío inicial. Después, los lingotes se laminaron en frío hasta un calibre de laminación en frío intermedio. A continuación, los lingotes sufrieron recocidos intermedios. Luego del recocido intermedio, se realizó el laminado en frío final para lograr un % TF del 20 % al 40 %, dando como resultado que cada muestra tuviera un espesor de 45 µm a 100 µm.

Tabla 11

	Si (% en peso)	Fe (% en peso)	Cu (% en peso)	Mn (% en peso)	Mg (% en peso)	Zn (% en peso)
Comparativo 1	1,0-1,2	0,4-0,45	0,27-0,3	1,31-1,5	0,05-0,1	2,0-2,1
Muestra A*	1,0-1,2	0,4-0,47	0,2-0,4	1,2-1,4	0,1-0,2	1,9-2,1
Muestra B*	1,0-1,2	0,4-0,47	0,3-0,5	1,2-1,4	0,05-0,2	1,9-2,1
Muestra C*	1,0-1,2	0,4-0,47	0,3-0,5	1,2-1,4	0,1-0,2	1,9-2,1
Muestra D*	1,0-1,2	0,4-0,47	0,3-0,5	1,2-1,4	0,05-0,2	2,3-2,6
Muestra E*	1,15-1,3	0,4-0,47	0,2-0,4	1,2-1,4	0,05-0,25	2,1-2,3
Muestra F*	1,15-1,3	0,4-0,47	0,3-0,5	1,4-1,6	0,1-0,25	1,9-2,1
Muestra G*	1,15-1,3	0,4-0,47	0,3-0,5	1,5-1,7	0,1-0,25	1,9-2,1
Muestra H	1,15-1,3	0,4-0,47	0,4-0,5	1,5-1,7	0,1-0,25	1,9-2,1

\*no según la invención

Las propiedades mecánicas, la conductividad, el potencial de corrosión y la temperatura de solidus se probaron luego para cada una de las muestras en la Tabla 11 en condiciones previas a la soldadura fuerte, después de la soldadura fuerte estándar y después de una soldadura fuerte rápida. Durante la soldadura fuerte estándar, las muestras se calentaron a una temperatura de 605 °C y se enfriaron a temperatura ambiente en un periodo de aproximadamente 45 minutos, para simular el perfil de temperatura y tiempo de un procedimiento de soldadura fuerte comercial. La soldadura fuerte rápida se realizó a una tasa de calentamiento y enfriamiento mucho más rápida en comparación con un ciclo de soldadura fuerte estándar. El material se calentó a una temperatura entre 600 °C y 605 °C y se enfrió a temperatura ambiente en un periodo de aproximadamente 20 minutos. Todas las muestras se probaron para determinar el límite elástico, la resistencia a la tracción máxima y el alargamiento uniforme. La prueba se realizó de acuerdo con la norma ASTM B557. Se probaron tres muestras de cada variante de aleación y se informaron los valores promedio tanto en condiciones previas como posteriores a la soldadura fuerte. La conductividad eléctrica se informó como %IACS (estándar internacional de cobre recocido, que asume una conductividad de cobre puro para el 100 %). Los resultados para el límite elástico, la resistencia máxima a la tracción y el alargamiento se muestran a continuación en la Tabla 12. La temperatura del solidus también se informa en la Tabla 12. La conductividad térmica y el potencial de corrosión medidos después de la soldadura fuerte se informan en la Tabla 13. Las aleaciones experimentales tenían un límite elástico mínimo después de la soldadura fuerte de 55 MPa y una mayor resistencia a la tracción máxima que la aleación de Comp. 1.

El valor del potencial de corrosión en circuito abierto en comparación con el electrodo de calomelanos estándar (SCE, por sus siglas en inglés) de 764 mV para Comp 1 - 735 mV para aleación H indicó que las variantes de aletas actuarán de manera sacrificial frente a cualquier aleación de tubo si la diferencia en el potencial de corrosión se mantiene en aproximadamente de 30 mV a 150 mV entre el tubo y la aleación de aleta.

Tabla 12

Muestra	Límite elástico (MPa)			Resistencia a la tracción máxima (MPa)			Alargamiento (%)			Temperatura solidus (°C)
	Previa a la soldadura fuerte	Soldadura fuerte estándar	Soldadura fuerte rápida	Previa a la soldadura fuerte	Soldadura fuerte estándar	Soldadura fuerte rápida	Previa a la soldadura fuerte	Soldadura fuerte estándar	Soldadura fuerte rápida	
Comp. 1	204	54	57	213	149	157	2,7	8,4	9,5	622
A	203	53	57	209	148	158	1,7	9,7	9,6	622
B	201	52	56	207	151	150	1,7	10,8	8,5	624
C	206	57	60	214	158	162	1,9	9,4	9,7	619
D	169	57	55	210	151	157	1,4	7,9	10,4	618
E	201	55	56	209	152	161	1,8	7,8	9,6	623
F	206	59	59	212	157	151	1,5	7,6	6,5	621
G	212	59	65	214	164	173	0,8	8,7	10,2	616
H	226	59	60	229	169	168	0,8	11,1	10,4	618

Tabla 13

Muestra	Conductividad térmica (% IACS)			Potencial de corrosión (mv)	
	Previa a la soldadura fuerte	Soldadura fuerte estándar	Soldadura fuerte rápida	Soldadura fuerte estándar	Soldadura fuerte rápida
Comp. 1	48	38	41	-764	-764
A	48	41	40	-764	-765
B	47	38	41	-744	-748
C	48	38	40	-754	-746
D	45	38	40	-751	-745
E	45	37	40	-767	-758
F	47	34	39	-742	-742
G	45	37	39	-736	-736
H	42	39	39	-735	-735

5 Cada una de las muestras Comp. 1 y A-H se fotografiaron usando un microscopio óptico. Se llevó a cabo la caracterización de la microestructura para investigar los dispersoides y los tamaños y distribución intermetálicos, así como la estructura del grano antes y después de la soldadura fuerte. La microestructura se examinó grabando las muestras en HBF<sub>4</sub> al 2,5 % durante 60 segundos seguido de limpieza en HNO<sub>3</sub>. Las Figuras 1A-I muestran la microestructura previa a la soldadura fuerte, las Figuras 2A-I muestran la microestructura después de la soldadura fuerte estándar y las Figuras 3A-I muestran la microestructura después de una soldadura fuerte de ciclo rápido. Se usó grabado de Barker para revelar la estructura del grano. Las Figuras 4A-I muestran la estructura del grano en vista simple después de la soldadura fuerte estándar y las Figuras 5A-I muestran la estructura del grano en vista simple después de una soldadura fuerte de ciclo rápido. Cada una de las muestras Comp. 1 y A-H también se fotografiaron para mostrar la estructura del grano en sección transversal antes de la soldadura fuerte (Figuras 6A-I), después de la soldadura fuerte estándar (Figuras 7A-I) y después de la soldadura fuerte rápida (Figuras 8A-I). Para cada conjunto de microfotografías, la figura A corresponde a Comp. 1, la figura B corresponde a la Muestra A, la figura C corresponde a la Muestra B, y así sucesivamente.

Ejemplo 2

20 Las muestras de aleación C, E, G y H se prepararon como en el Ejemplo 1, excepto que el % TF se varió durante el recocido intermedio a 350 °C (soldadura previa). Los resultados se muestran a continuación en la Tabla 14 y la Figura 9A. Como se muestra a continuación y en la FIG. 9A, el límite elástico mejoró cuando se realizó más del 35 % TF en comparación con cuando se realizó el 35 % o menos de TF. A excepción de la Muestra E, la resistencia máxima a la tracción también aumentó cuando se realizó más del 35 % TF en comparación con cuando se realizó menos del 35 % TF. Excepto para la Muestra H, el porcentaje de alargamiento disminuyó cuando se realizó más del 35 % TF en comparación con cuando se realizó menos del 35 % TF.

30 Tabla 14

Muestra	≤35 % TF			>35 % TF		
	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción máxima (MPa)	Alargamiento (%)	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción máxima (MPa)	Alargamiento (%)
C	206	214	1,9	213	221	1,8
E	201	209	1,8	204	209	1,3
G	212	214	0,8	220	220	0,6
H	226	229	0,8	228	234	1,4

Ejemplo 3

35 Las muestras de aleación C, E, G y H se prepararon como en el Ejemplo 1, excepto que el % TF se varió durante el recocido intermedio a 350 °C (posterior soldadura fuerte). Los resultados se muestran a continuación en la Tabla 15 y la Figura 9B. Como se muestra a continuación y en la FIG. 9B, excepto para la muestra G, el

## ES 2 980 376 T3

límite elástico mejoró cuando se realizó más del 35 % TF en comparación con cuando se realizó el 35 % o menos de TF. A excepción de la Muestra H, la resistencia máxima a la tracción disminuyó cuando se realizó más del 35 % TF en comparación con cuando se realizó menos del 35 % TF. En general, el porcentaje de alargamiento permaneció aproximadamente igual o disminuyó cuando se realizó más del 35 % TF en comparación con cuando se realizó el 35 % o menos de TF.

Tabla 15

Muestra	≤35 % TF			>35 % TF		
	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción máxima (MPa)	Alargamiento (%)	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción máxima (MPa)	Alargamiento (%)
C	60	161	9,7	62	154	6,1
E	56	161	9,6	58	159	9,5
G	65	173	10,2	63	166	10,3
H	60	168	10,4	65	171	9,8

Ejemplo 4

Las muestras de aleación C, E, G y H se prepararon como en el Ejemplo 1, excepto que se varió la temperatura de recocido intermedio a >35 % TF (presoldadura fuerte). Los resultados se muestran a continuación en la Tabla 16 y la Figura 9C. Como se muestra a continuación y en la FIG. 9C, a una mayor temperatura entre recocidos, el límite elástico, la resistencia máxima a la tracción y el porcentaje de alargamiento disminuyeron.

Tabla 16

Muestra	Recocido intermedio a 250 °C			Recocido intermedio a 350 °C		
	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción máxima (MPa)	Alargamiento (%)	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción máxima (MPa)	Alargamiento (%)
C	240	266	4,3	213	221	1,8
E	218	237	1,8	204	209	1,3
G	236	241	0,7	220	220	0,6
H	244	271	3,3	228	234	1,4

Ejemplo 5

Las muestras de aleación C, E, G y H se prepararon como en el Ejemplo 1, excepto que se varió el efecto de la temperatura de recocido intermedio a >35 % TF (postsoldadura fuerte). Los resultados se muestran a continuación en la Tabla 17 y la Figura 9D. Como se muestra a continuación y en la FIG. 9D, a una mayor temperatura entre recocido, el límite elástico disminuyó, el alargamiento aumentó y la resistencia máxima a la tracción permaneció igual (para la muestra C) o disminuyó (muestras E, G y H).

Tabla 17

Muestra	Recocido intermedio a 250 °C			Recocido intermedio a 350 °C		
	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción máxima (MPa)	Alargamiento (%)	Límite elástico (MPa)	Resistencia a la tracción máxima (MPa)	Alargamiento (%)
C	68	154	4,9	62	154	6,1
E	62	164	9,2	58	159	9,5
G	66	169	9,2	63	166	10,3
H	72	176	7,7	65	171	9,8

Las muestras de aleación C, E, G y H se sometieron después a soldadura fuerte de ciclo estándar o de ciclo rápido y se fotografiaron como se describió anteriormente. Para muestras interrecocidas a 250 °C y sometidas a un ciclo de soldadura fuerte estándar, el tamaño de grano de vista simple después de la soldadura fuerte se muestra en las Figuras 10A-D, con la FIG. 10A correspondiente a la muestra C, FIG. 10B correspondiente a la

muestra E, FIG. 10C correspondiente a la muestra G, y la FIG. 10D correspondiente a la muestra H. De manera similar, para muestras interrecocidas a 350 °C y sometidas a una soldadura fuerte de ciclo estándar, el tamaño de grano en vista simple después de la soldadura fuerte se muestra en las Figuras 11A-D, con la FIG. 11A correspondiente a la muestra C, FIG. 11B correspondiente a la muestra E, FIG. 11C correspondiente a la muestra G, y la FIG. 11D correspondiente a la muestra H.

Para muestras interrecocidas entre sí a 250 °C y sometidas a una soldadura fuerte de ciclo rápido, el tamaño de grano de vista simple después de la soldadura se muestra en las Figuras 12A-D, con FIG. 12A correspondiente a la muestra C, FIG. 12B correspondiente a la muestra E, FIG. 12C correspondiente a la muestra G, y FIG. 12D correspondiente a la muestra H. De manera similar, para muestras interrecocidas a 350 °C y sometidas a una soldadura fuerte de ciclo rápido, el tamaño de grano de vista simple después de la soldadura se muestra en las FIGS. 13A-D, con FIG. 13A correspondiente a la muestra C, FIG. 13B correspondiente a la muestra E, FIG. 13C correspondiente a la muestra G, y FIG. 13D correspondiente a la muestra H. Basándose en las imágenes de estructura de grano, se observa que el aumento del % TF a >35 condujo a un tamaño de grano posterior a la soldadura fuerte más fino debido a un aumento en la fuerza impulsora para la recristalización, pero este efecto no parece tener un impacto negativo en la oposición al pandeo. Del mismo modo, la reducción de la temperatura entre recocidos de 350 °C a 250 °C en combinación con un % TF más bajo dio como resultado un tamaño de grano posterior a la soldadura fuerte más grueso. Se seleccionó cuidadosamente una combinación de temperatura de recocidos intermedios y % TF en función de las propiedades deseables necesarias. Por ejemplo, puede ser necesaria una combinación diferente de IA y % TF para lograr oposición al aplastamiento de las aletas o un tamaño de grano más grueso.

#### Ejemplo 6

La muestra comparativa y las muestras C, E, G y H se prepararon como en el Ejemplo 1 y se sometieron a soldadura fuerte. Se unió un espécimen de aleta y tubo para cada muestra y luego cada espécimen se sometió a pruebas CASS según ASTM B368 (2014). La prueba CASS se realizó por un periodo de 40 días. La actividad de corrosión se caracterizó examinando la junta soldada y la aleta los 10 días, 20 días y 40 días. Al final del periodo de 40 días, cada aleta actuó de manera sacrificial, protegiendo así el tubo.

Los resultados mostrados para los Ejemplos 2-5 confirmaron que algunos elementos, como Mg y Cu, desempeñan un papel al contribuir al límite elástico y a la resistencia máxima a la tracción de las aleaciones. Sin embargo, normalmente se espera que un aumento de Mg y Cu también conduzca a una mayor corrosión, en comparación con muestras con cantidades más bajas de Mg y Cu. Las imágenes mostradas en las FIGS. 14A-E son secciones transversales metalográficas tomadas con un aumento de 100x. Sorprendente e inesperadamente, como se muestra en las FIGS. 14A-E, las muestras con una mayor cantidad de Mg y Cu no tuvieron una mayor corrosión, en comparación con las muestras con menores cantidades de Mg y Cu. En consecuencia, cada una de las muestras C, E, G y H se comportó de manera similar a la muestra comparativa en términos de corrosión, pero tenía otras propiedades superiores.

Todas las Patentes, Solicitudes de Patente y Publicaciones mencionadas anteriormente se incorporan a este documento en su totalidad por referencia. Se han descrito diversas realizaciones de la invención en cumplimiento de los diversos objetivos de la invención. Debe reconocerse que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios de la presente invención. Numerosas modificaciones y adaptaciones de esta 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. Una aleación de aluminio, que comprende del 0,9 % al 1,4 % en peso de Si, del 0,3 % al 0,6 % en peso de Fe, del 0,40 % al 0,55 % en peso de Cu, del 1,0 % al 1,7 % en peso de Mn, del 0,10 % al 0,25 % en peso de Mg, del 1,9 % al 2,6 % en peso de Zn, hasta el 0,10 % en peso de Ti, con el resto Al e impurezas cada una en un porcentaje del 0 % al 0,05 % en peso y en total  $\leq 0,15$  % en peso, en donde opcionalmente las impurezas incluyen Ga, V, Ni, Sc, Ag, B, Bi, Zr, Li, Pb, Sn, Ca, Hf, Sr, o combinaciones de estos.
2. Un método para producir la aleación de aluminio de la reivindicación 1, en donde el método comprende:
- colada en frío directa de la aleación de aluminio en un lingote;
- laminado en caliente del lingote después de la colada en frío directa;
- después del laminado en caliente, laminado en frío de la aleación de aluminio a un espesor intermedio;
- después del laminado en frío, recocido intermedio de la hoja de aluminio laminada al espesor intermedio a una temperatura de 200 °C a 400 °C; y,
- después del recocido intermedio, laminado en frío de la hoja de aluminio para lograr un porcentaje de trabajo en frío (% TF) del 20 % al 40 %, lo que da como resultado que la hoja tenga un espesor de 45  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ , 45  $\mu\text{m}$  a 90  $\mu\text{m}$ , 47  $\mu\text{m}$  a 85  $\mu\text{m}$ , o 50  $\mu\text{m}$  a 83  $\mu\text{m}$ .
3. El método de la reivindicación 2, en donde el recocido intermedio es a una temperatura de 250°C a 360 °C o 290 °C a 360 °C; y/o
- en donde el tiempo de recocido intermedio es de 30 a 60 minutos; y/o
- en donde el % TF es del 30 % al 40 %.
4. Un intercambiador de calor que comprende la aleación de aluminio de la reivindicación 1.
5. Un procedimiento para hacer un intercambiador de calor que comprende unir mediante soldadura fuerte al menos una primera conformación de aleación de aluminio fabricada a partir de la aleación de aluminio de la reivindicación 1 con una segunda conformación de aleación de aluminio, que comprende:
- ensamblar y asegurar las dos o más conformaciones de aluminio entre sí; y,
- calentar las dos o más conformaciones de aluminio a una temperatura de soldadura fuerte hasta que se creen juntas entre las dos o más conformaciones de aluminio por acción capilar.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, en donde la primera aleación de aluminio permite soportar al menos 20 días de pruebas CASS según ASTM B368 (2014) sin desprenderse de la junta.
7. Uso de la aleación de aluminio de la reivindicación 1 para la fabricación de aletas de intercambiadores de calor.

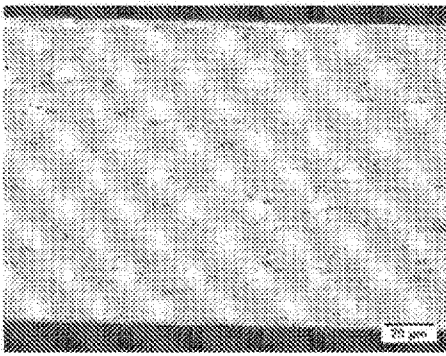


FIG. 1A

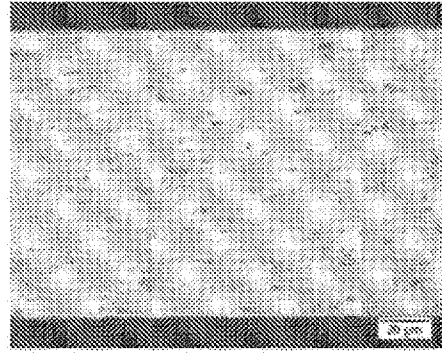


FIG. 1B

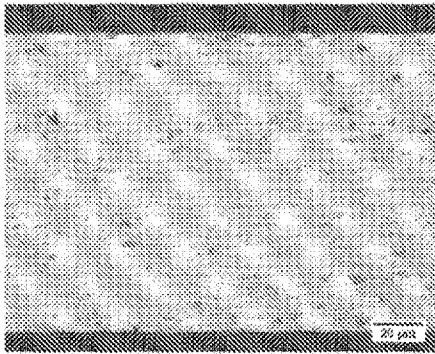


FIG. 1C

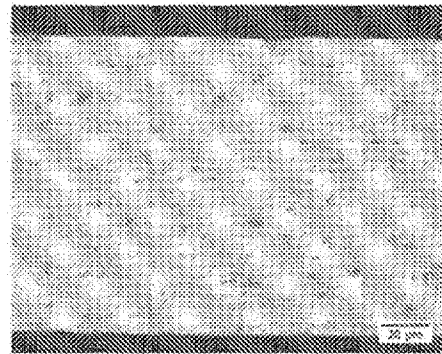


FIG. 1D

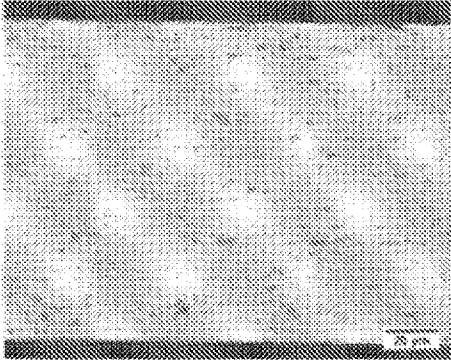


FIG. 1E

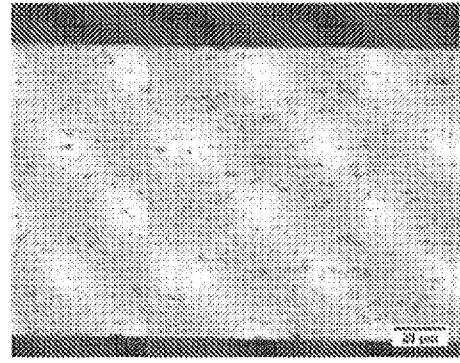


FIG. 1F

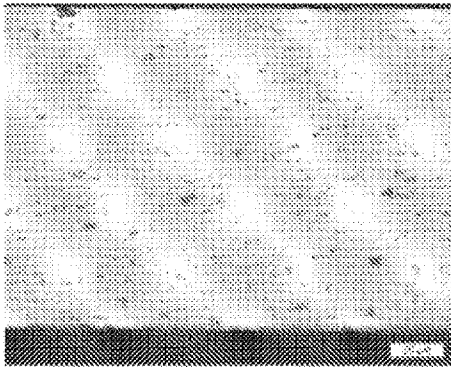


FIG. 1G

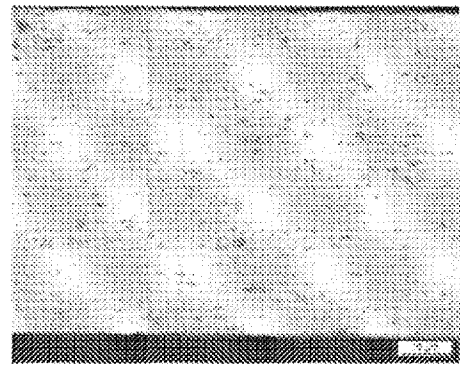


FIG. 1H

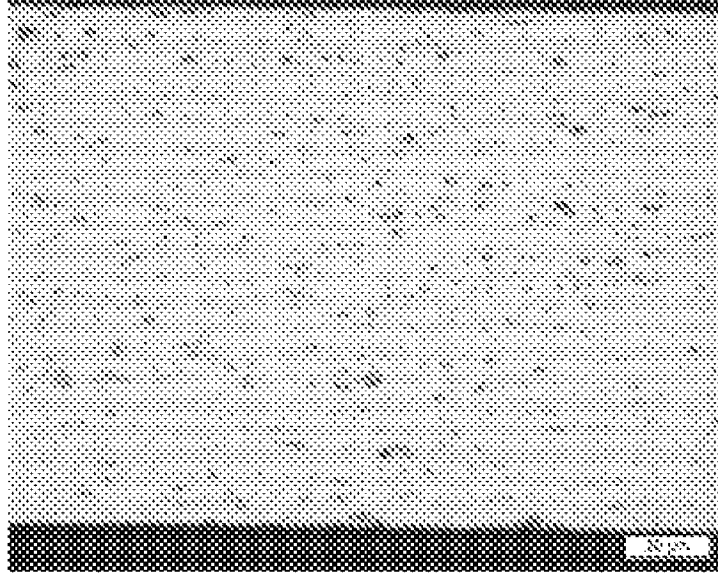


FIG. 11

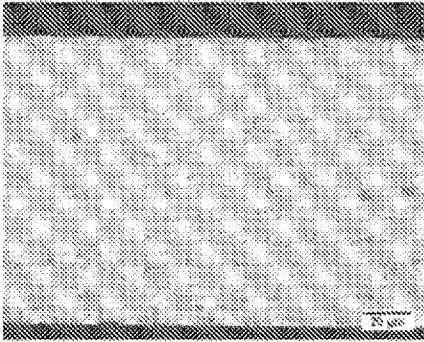


FIG. 2A

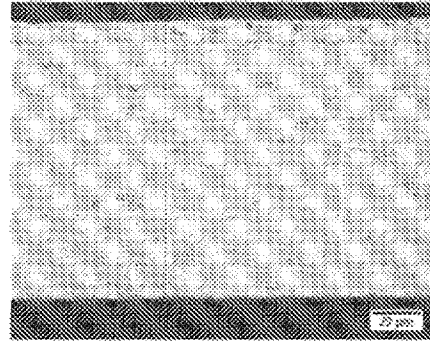


FIG. 2B

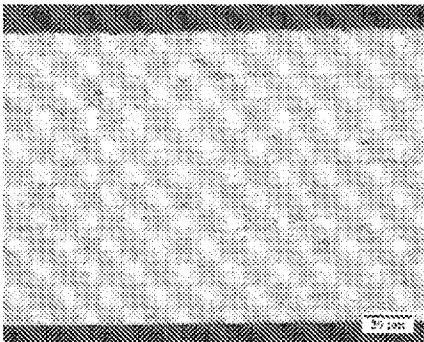


FIG. 2C

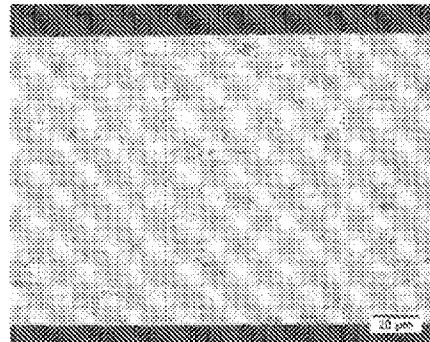


FIG. 2D

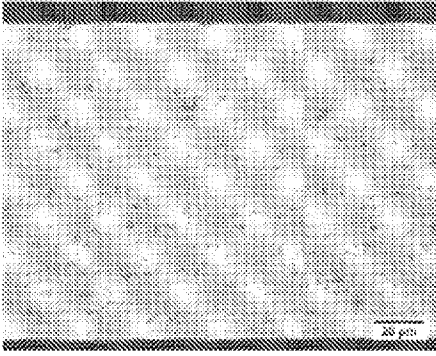


FIG. 2E

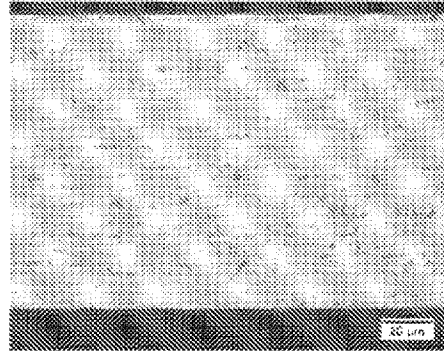


FIG. 2F

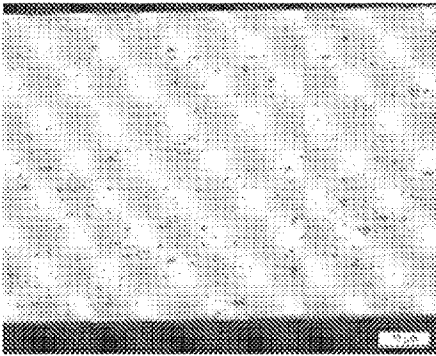


FIG. 2G

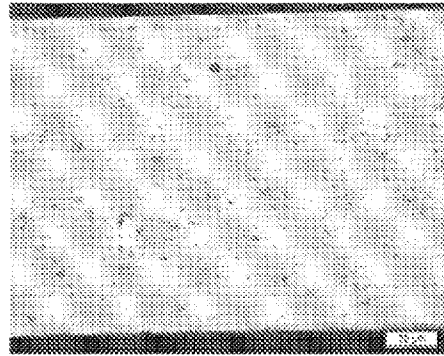


FIG. 2H

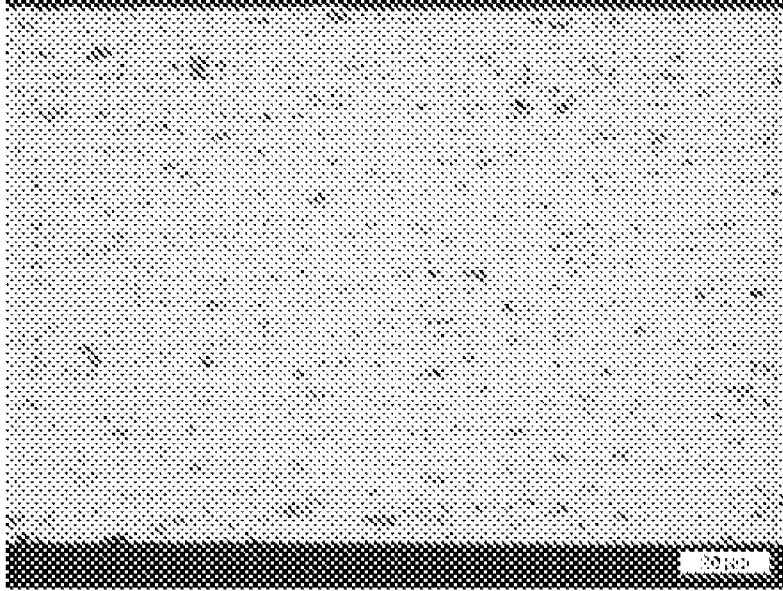


FIG. 21

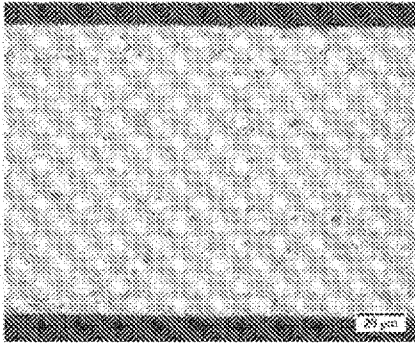


FIG. 3A

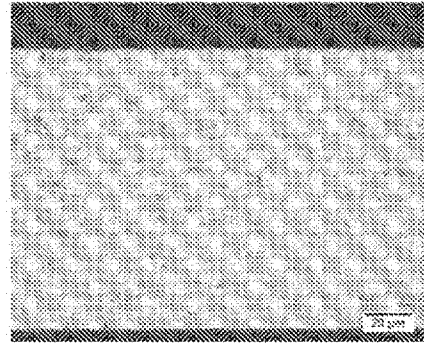


FIG. 3B

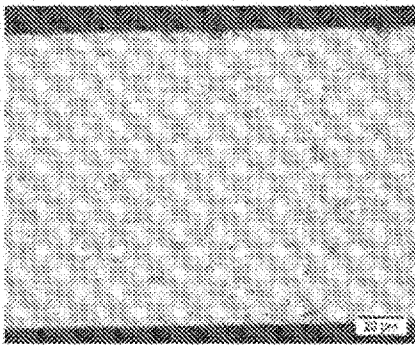


FIG. 3C

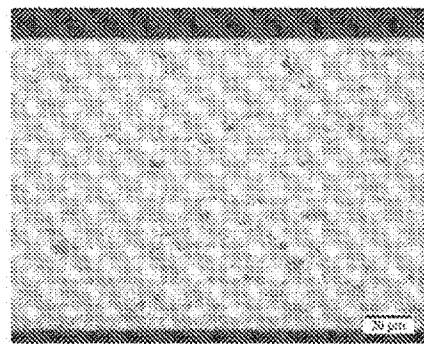


FIG. 3D

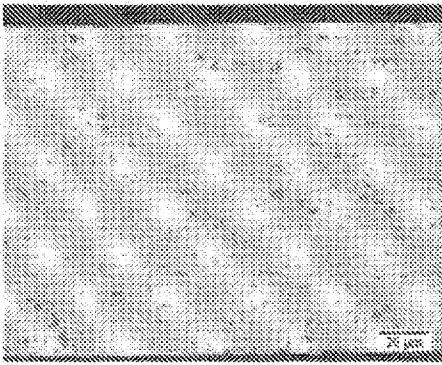


FIG. 3E

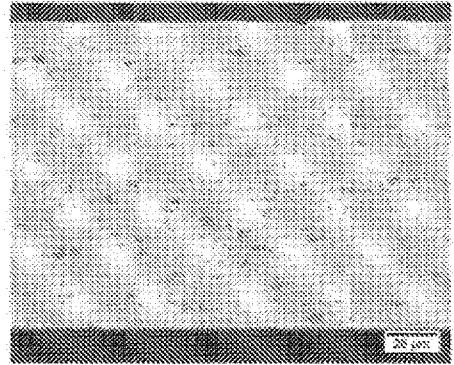


FIG. 3F

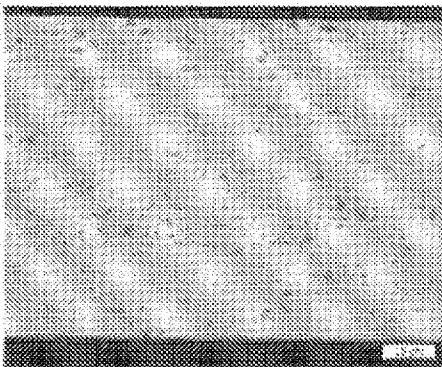


FIG. 3G

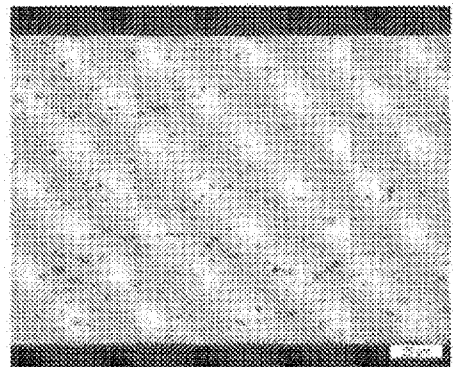


FIG. 3H

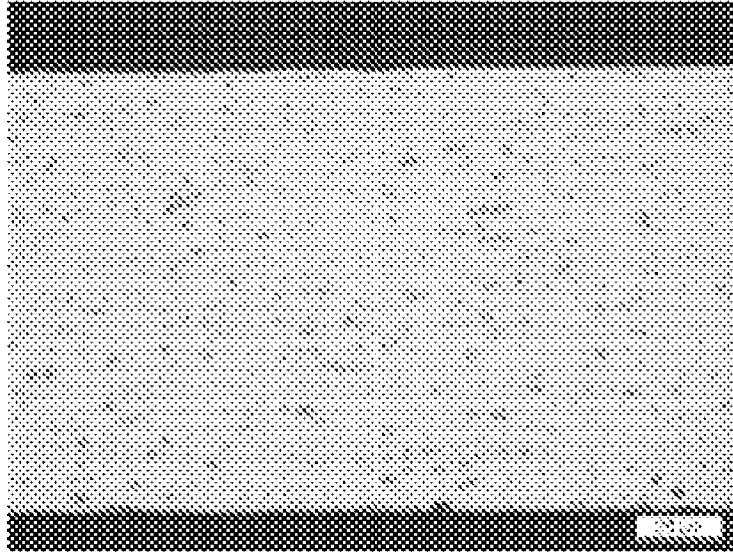


FIG. 31

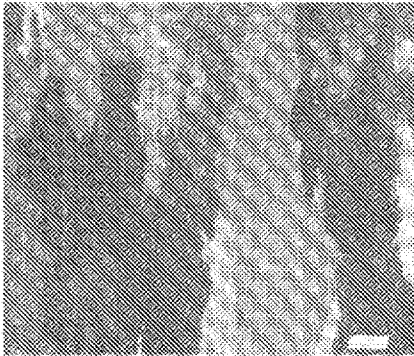


FIG. 4A

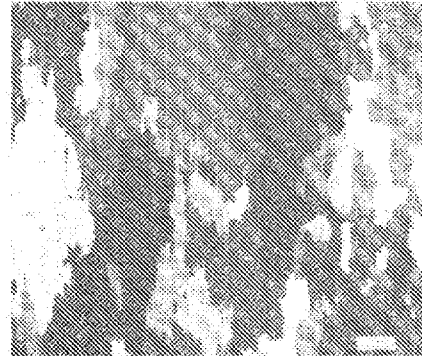


FIG. 4B

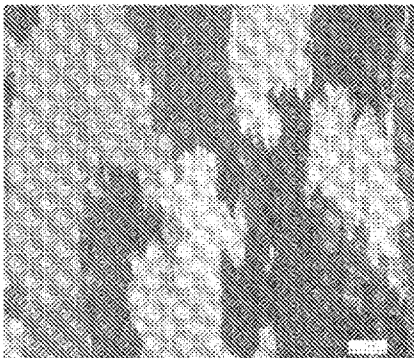


FIG. 4C

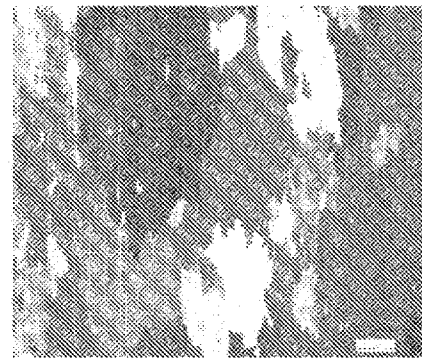


FIG. 4D

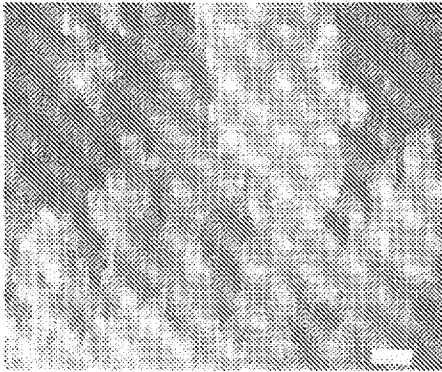


FIG. 4E

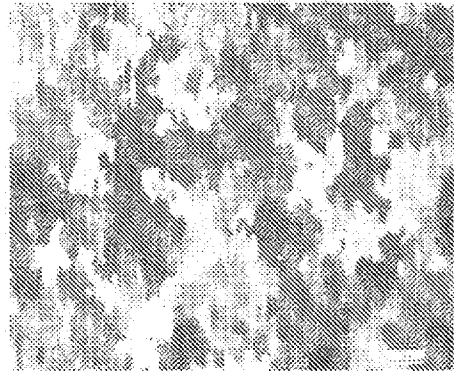


FIG. 4F

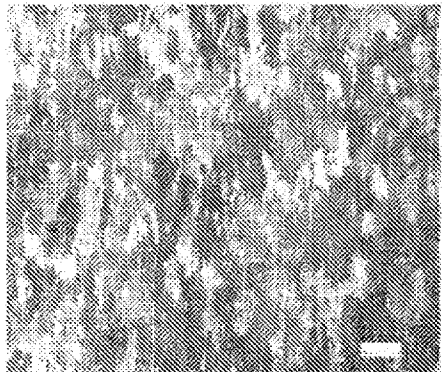


FIG. 4G

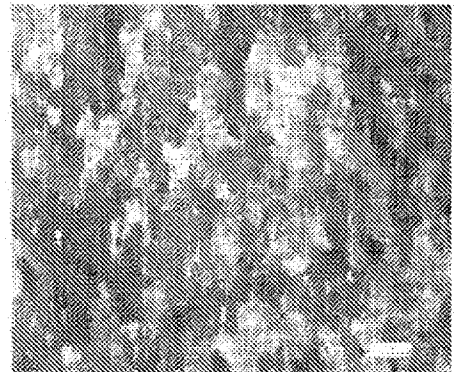


FIG. 4H

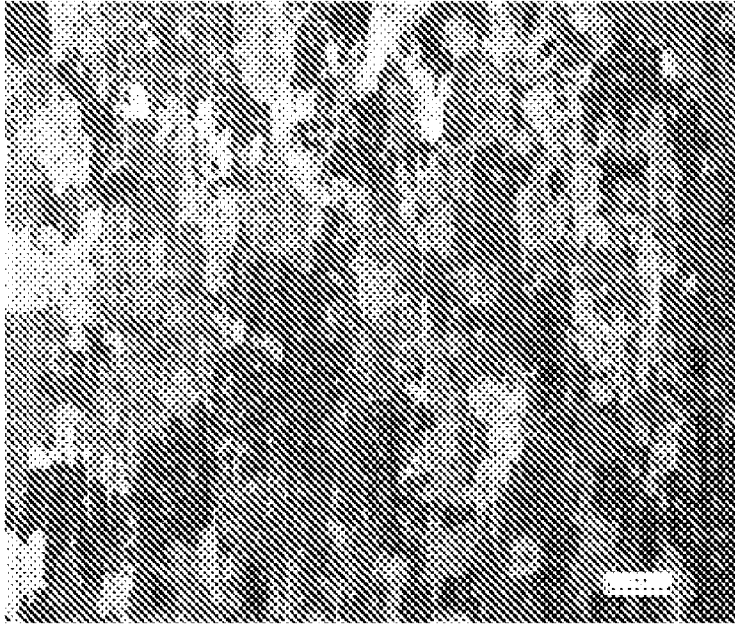


FIG. 4I



FIG. 5A

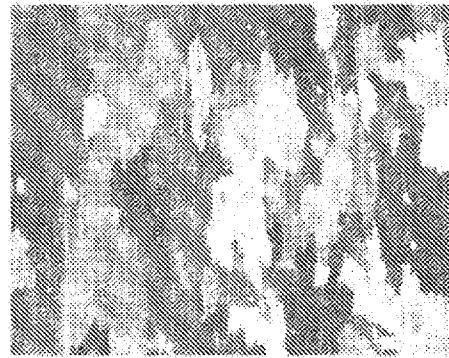


FIG. 5B

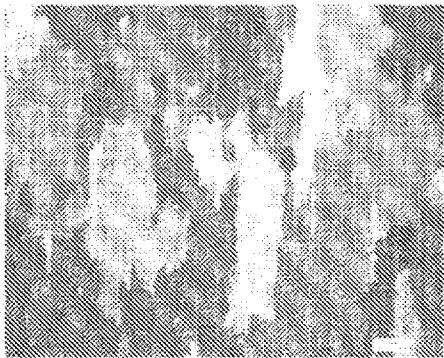


FIG. 5C

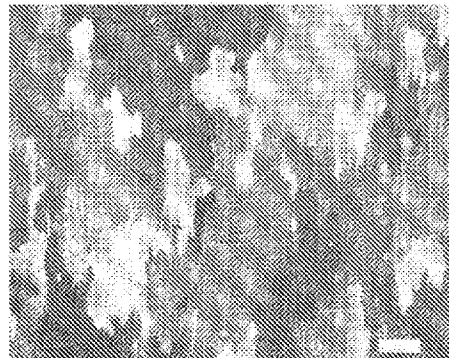


FIG. 5D

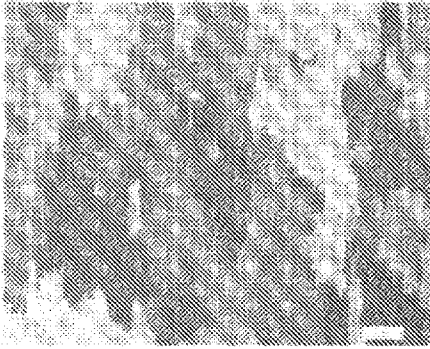


FIG. 5E



FIG. 5F

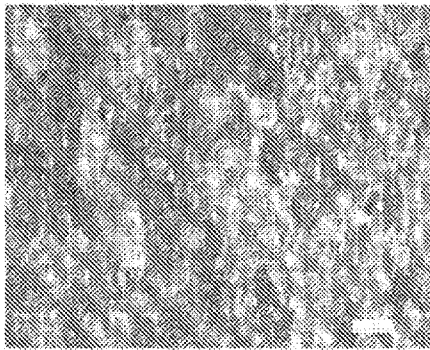


FIG. 5G

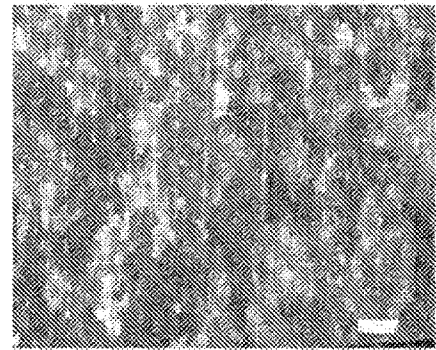


FIG. 5H

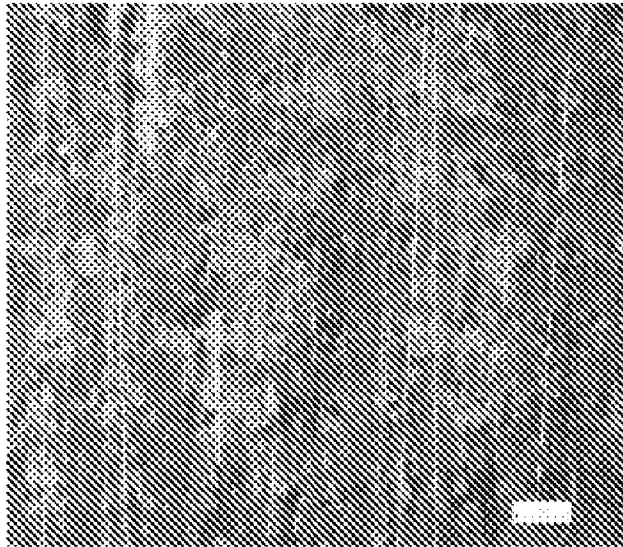


FIG. 5I

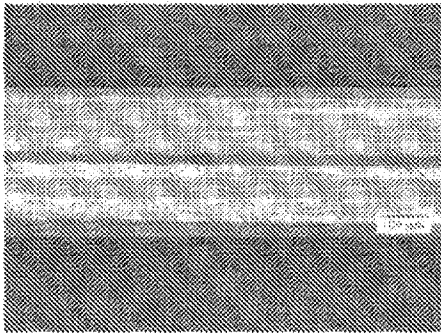


FIG. 6A

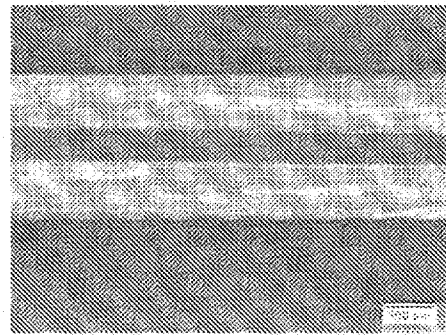


FIG. 6B

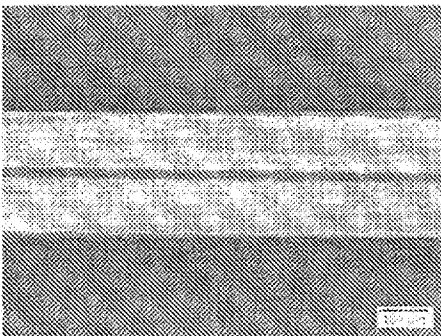


FIG. 6C

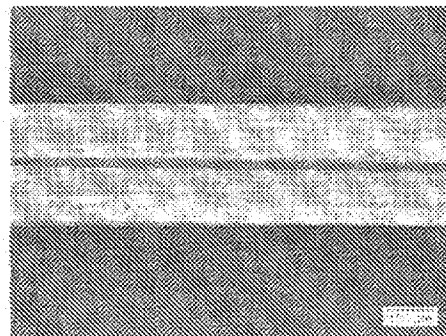


FIG. 6D

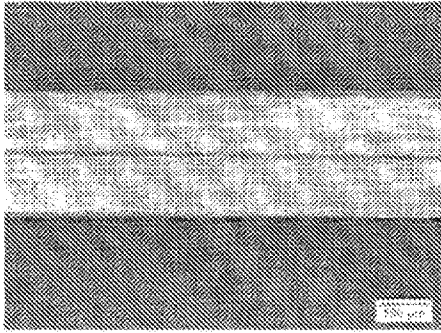


FIG. 6E

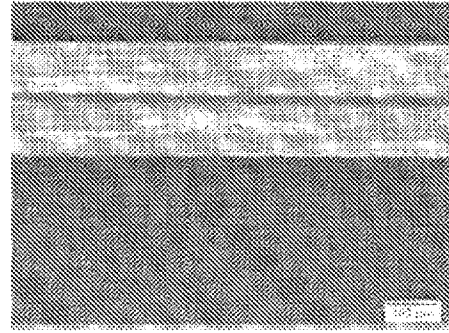


FIG. 6F

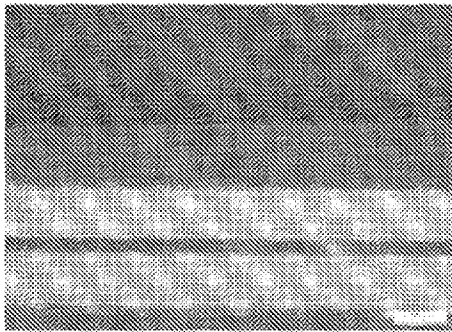


FIG. 6G

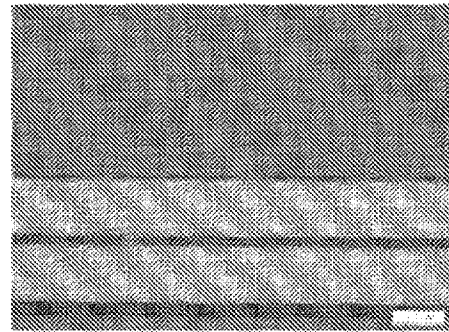


FIG. 6H

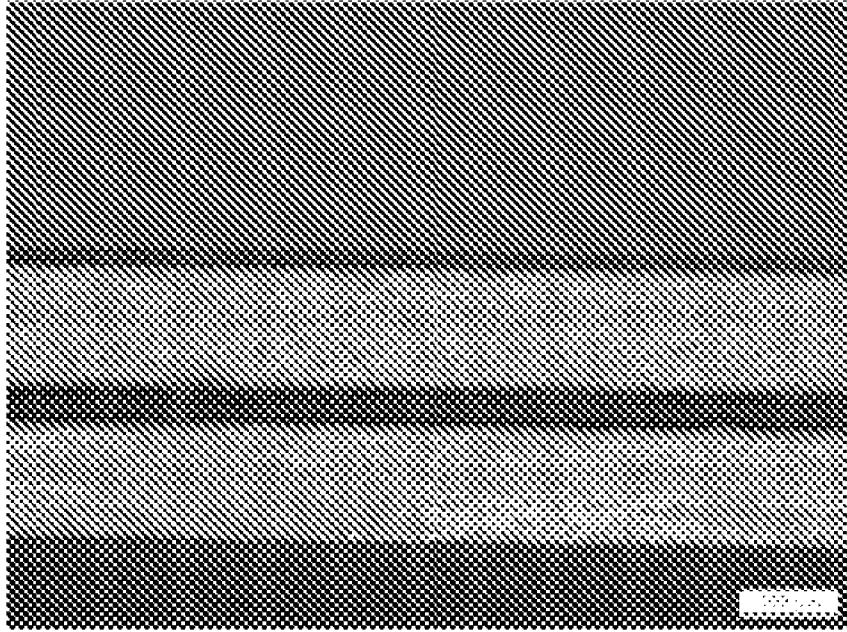


FIG. 6I

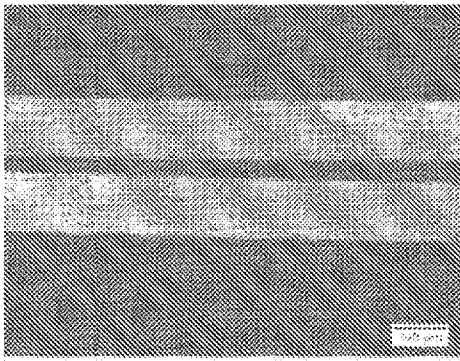


FIG. 7A

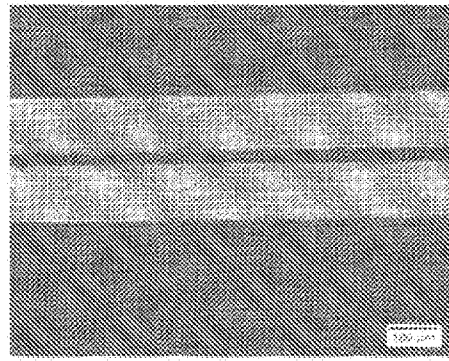


FIG. 7B

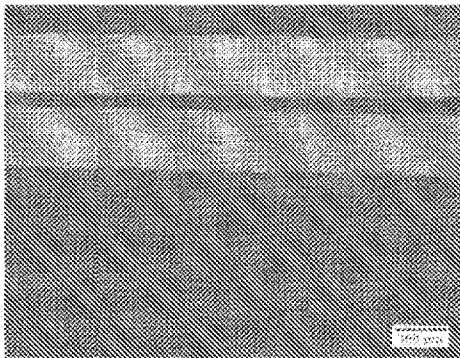


FIG. 7C

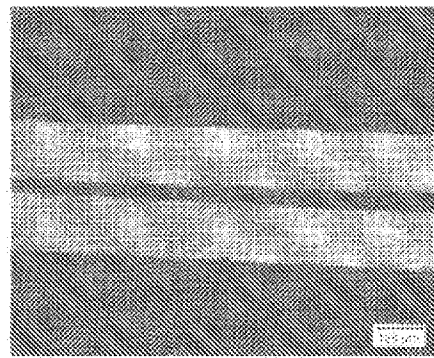


FIG. 7D

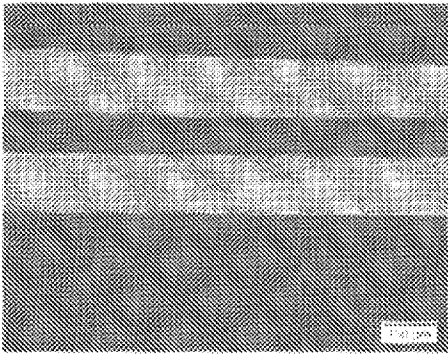


FIG. 7E

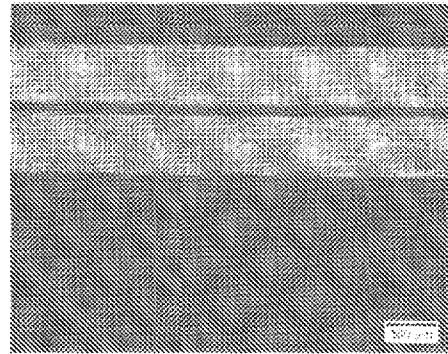


FIG. 7F

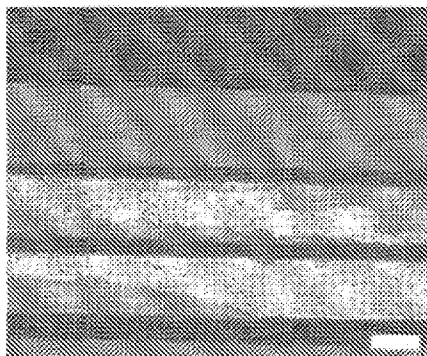


FIG. 7G

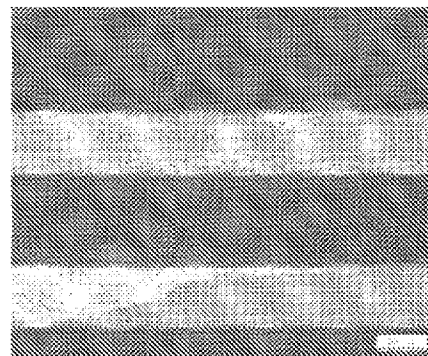


FIG. 7H

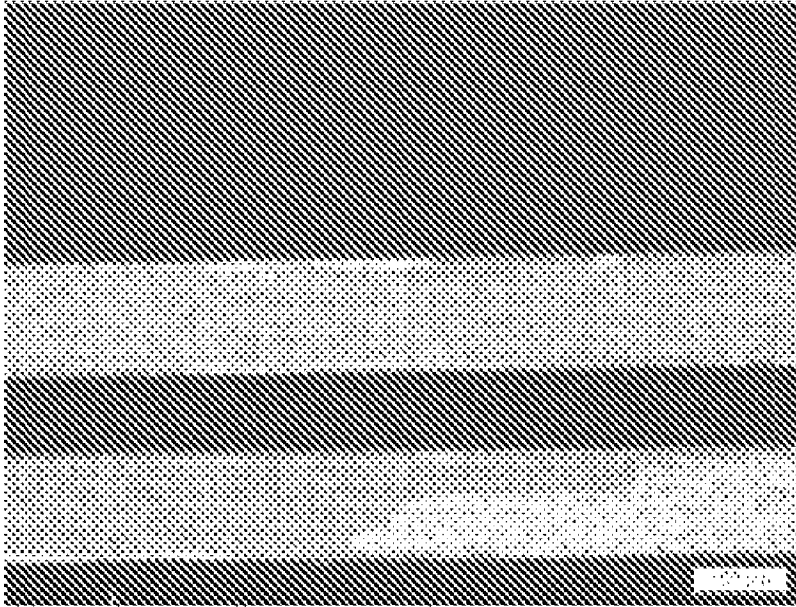


FIG. 71

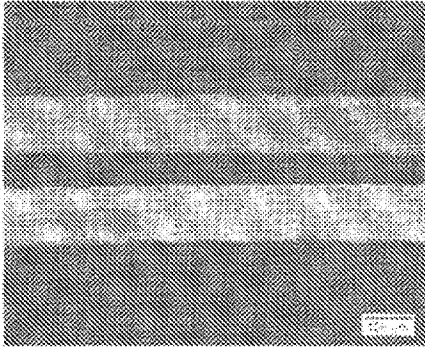


FIG. 8A

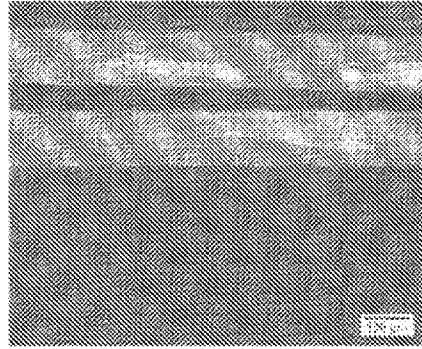


FIG. 8B

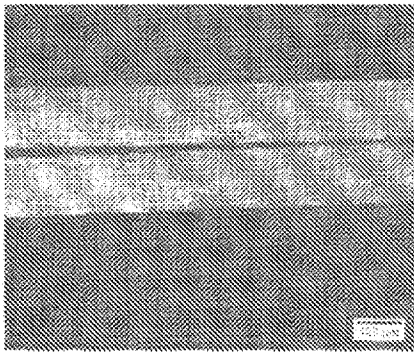


FIG. 8C

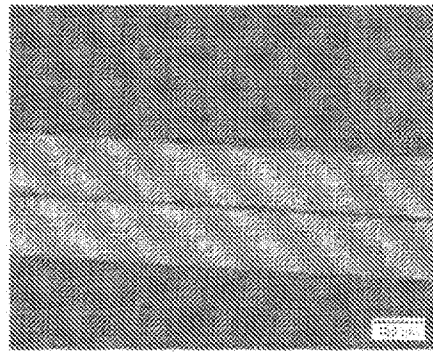


FIG. 8D

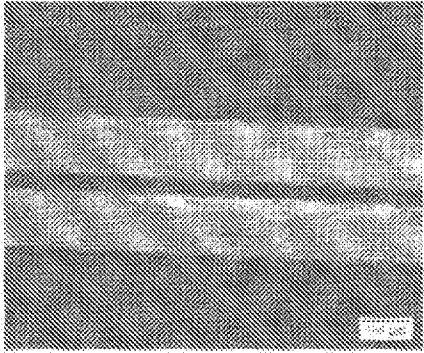


FIG. 8E

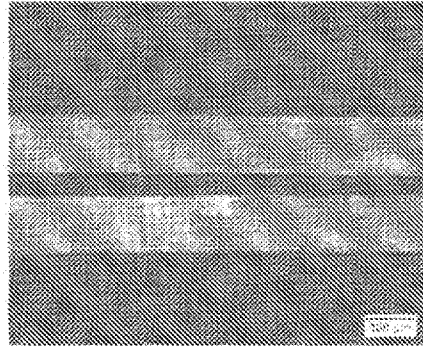


FIG. 8F

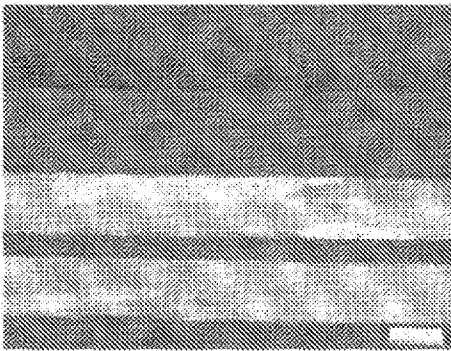


FIG. 8G

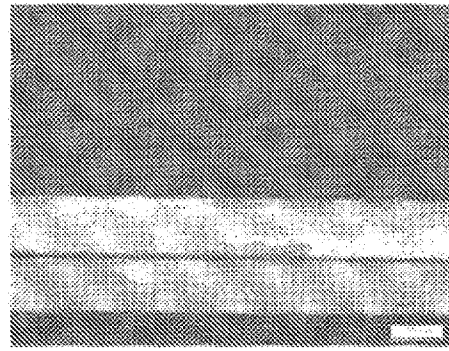


FIG. 8H

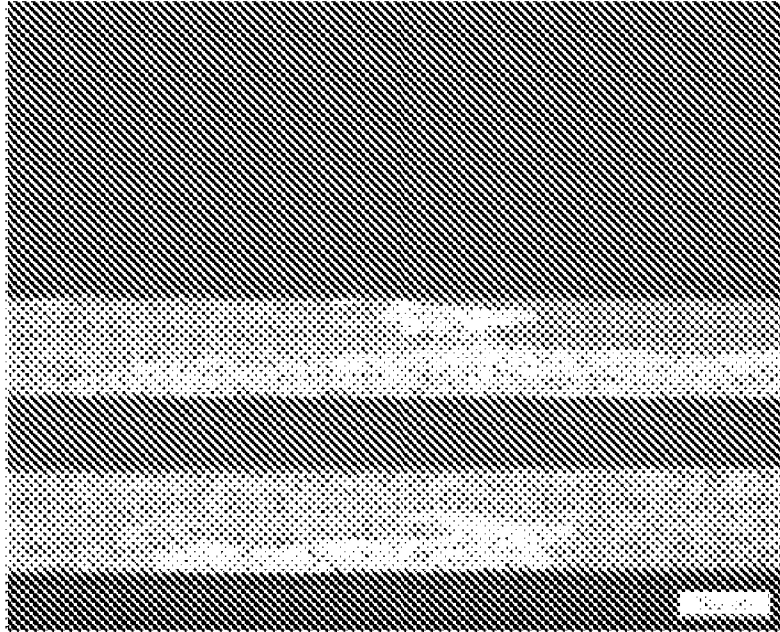


FIG. 8I

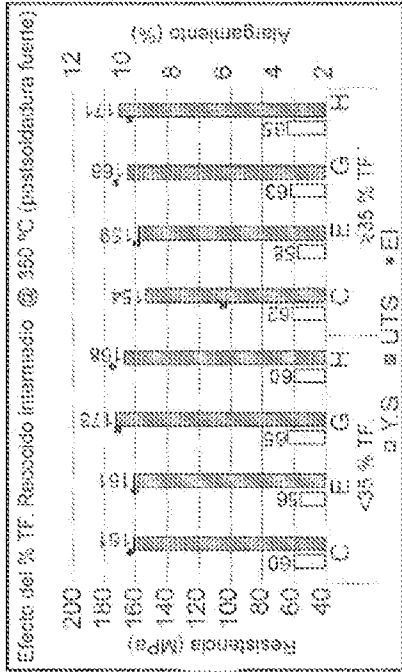


FIG. 9B

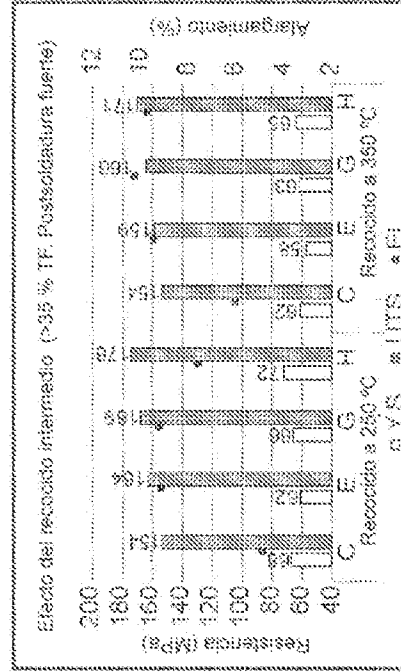


FIG. 9D

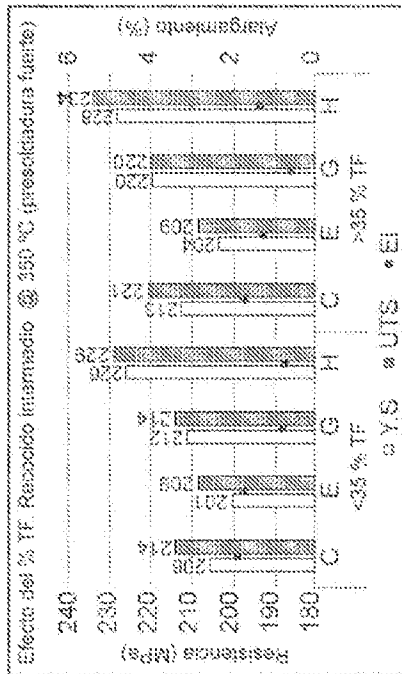


FIG. 9A

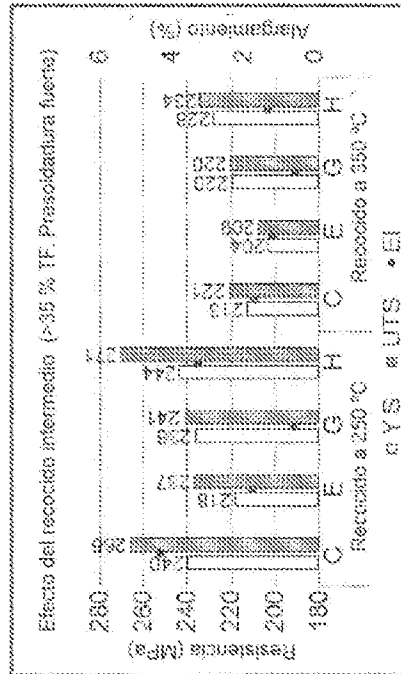
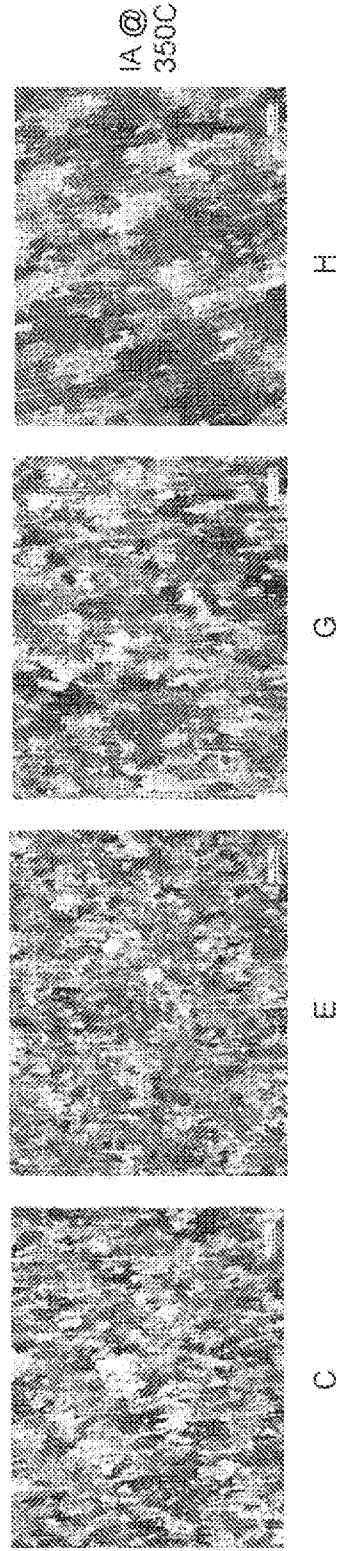
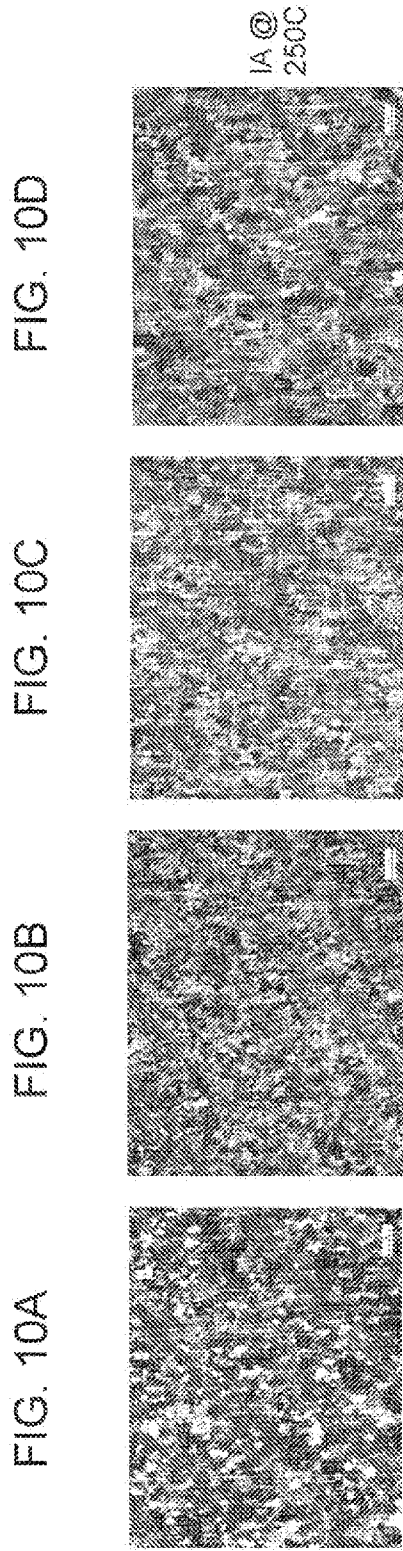
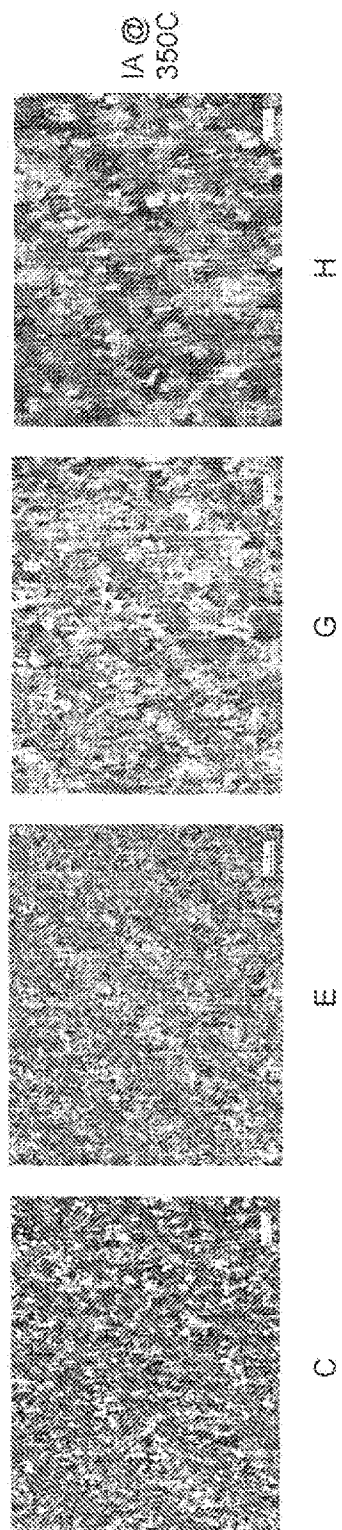
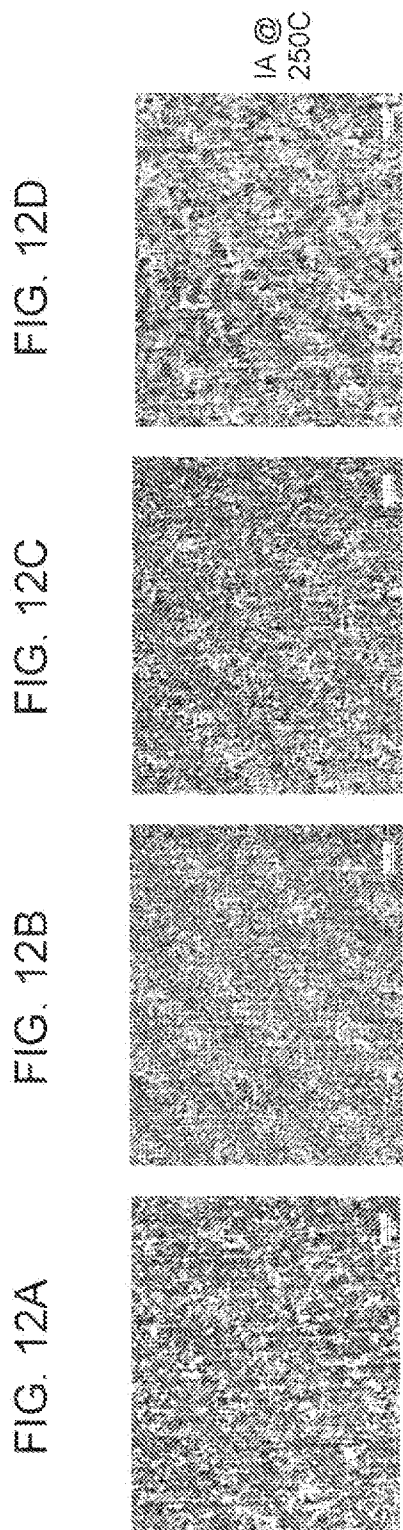
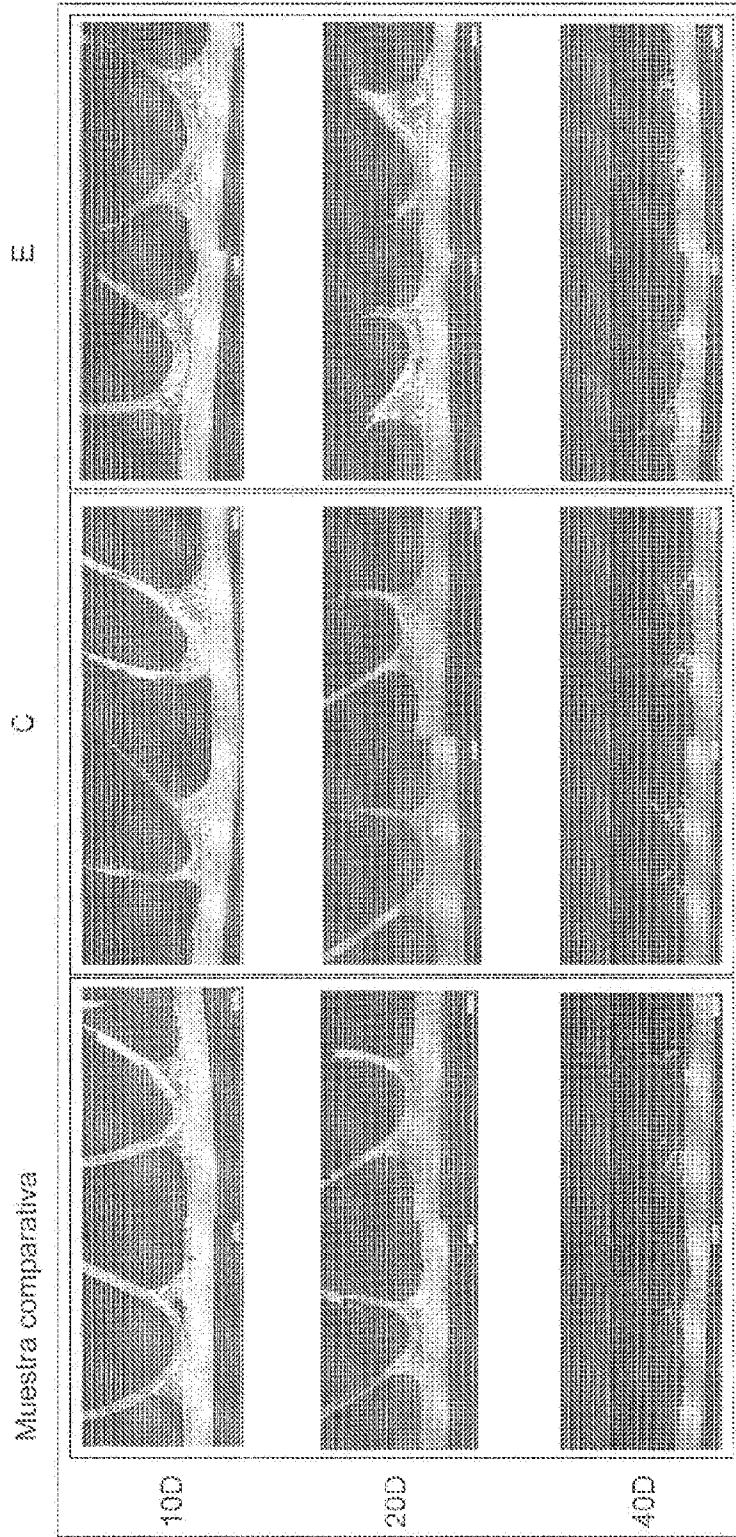


FIG. 9C





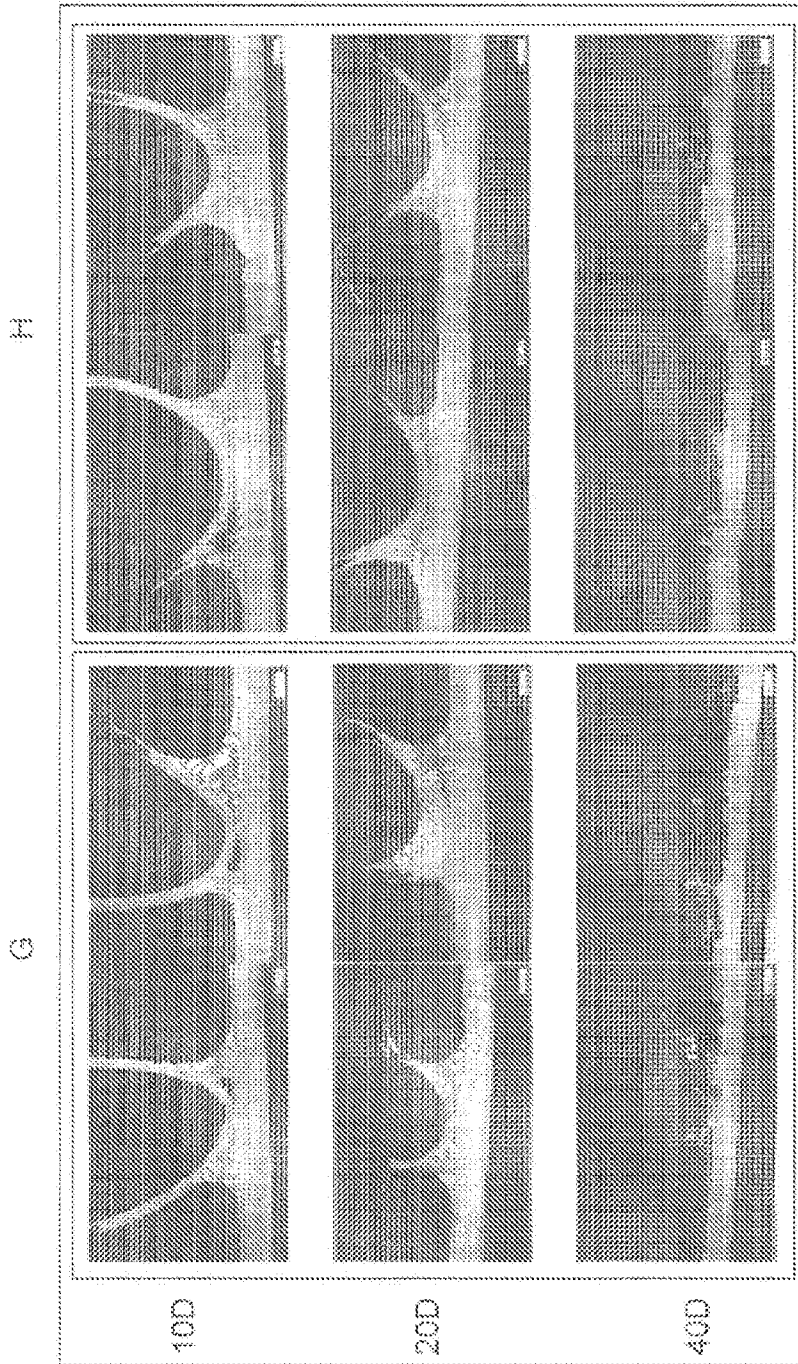


960 h exposición con muestras extraídas a intervalos de aprox. 250 h

FIG. 14A

FIG. 14B

FIG. 14C



Todas las muestras de aletas completamente corridas al cabo de 40 días de exposición

FIG. 14D

FIG. 14E