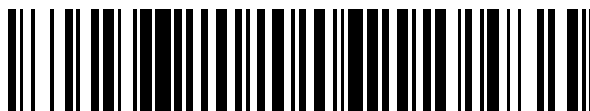


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 818 186**

51 Int. Cl.:

C22C 21/00	(2006.01)
C22F 1/04	(2006.01)
B32B 15/01	(2006.01)
B22D 7/00	(2006.01)
C22C 21/02	(2006.01)
C22C 21/08	(2006.01)
C22F 1/047	(2006.01)
C22F 1/043	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.10.2016 PCT/US2016/055922**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.04.2017 WO17066086**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2016 E 16788297 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020 EP 3362583**

54 Título: **Paquete de aleación de aluminio de capas múltiples de alta formación**

30 Prioridad:

15.10.2015 US 201562241958 P
02.03.2016 US 201662302218 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.04.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

FLOREY, GUILLAUME;
BEZENCON, CYRILLE;
BASSI, CORRADO;
TIMM, JUERGEN;
DESPOIS, JEAN-FRANCOIS y
STADLIN, JACQUES

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 818 186 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

Paquete de aleación de aluminio de capas múltiples de alta formación

5 CAMPO

En esta solicitud, se proporcionan paquetes de aleación de aluminio de capas múltiples de alta formación.

ANTECEDENTES

10

Tamaño de grano fino es una propiedad deseable en ciertas aleaciones porque las láminas preparadas a partir de tales aleaciones pueden lograr ángulos de flexión pequeños. Las láminas que tienen ángulos de flexión pequeños, a su vez, se pueden utilizar para preparar productos que tienen altos requisitos de conformación. El refinamiento del tamaño de grano se ha logrado principalmente al preparar aleaciones que contienen hierro (Fe) en cantidades de 0,7 %

15

o en peso o mayores. Sin embargo, el uso de Fe en cantidades tan altas da como resultado un producto con un contenido reciclable limitado. La reciclabilidad es un parámetro importante para las aleaciones de aluminio. Se necesitan nuevas aleaciones que tengan una estructura de grano fino y altas capacidades de reciclaje.

20

El documento US 2014/0322558 A1 se dirige a un material con revestimiento de aleación de aluminio para formación que comprende un material central de aleación de aluminio que contiene un % de masa de 3,0 a 10 de Mg, y el resto es Al e impurezas inevitables, un material superficial de aleación de aluminio que está revestido en uno de sus lados o en ambos lados del material central, el espesor del revestimiento para uno de los lados es de 3 a 30 % del espesor total de las láminas, y que tiene una composición que incluye un porcentaje de masa de 0,4 a 5,0 de Mg, y el resto es Al e impurezas inevitables, y un material de inserto que está interpuesto entre el material central y el material superficial,

25

y tiene una temperatura de solidus de 580 °C o menor.

30

El documento US 2014/0193666 A1 se dirige a una tira que comprende un material de aluminio para la producción de componentes con requisitos de conformación altos, donde la tira comprende una capa central de una aleación de AlMgSi y al menos una capa de aleación de aluminio externa dispuesta en uno o ambos lados y elaborada de una aleación de aluminio no endurecible, donde la al menos una capa de aleación de aluminio externa tiene una carga de rotura menor que la capa central de una aleación de AlMgSi en estado T4, y donde en estado T4, la tira tiene un alargamiento uniforme A_g de más de 23 % transversal en la dirección de enrollado y con un espesor de 1,5 mm a 1,6 mm, se alcanza un ángulo de flexión menor que 40° en una prueba de flexión transversal en la dirección de enrollado y la al menos una capa de aleación de aluminio externa consiste en una aleación de aluminio de tipo AA8xxx, AA8079

35

o A1200,

40

El documento EP 2 156 945 A1 se dirige a un producto de lámina de revestimiento automotriz que comprende una capa central y al menos una capa revestida donde la capa central comprende una aleación de la siguiente composición en % en peso: Mg 0,45-0,8, Si 0,45-0,7, Cu 0,05-0,25, Mn 0,0-0,2, Fe hasta 0,35, otros elementos (o impurezas) <0,05 cada uno y <0,15 en total, aluminio de balance, y la al menos una capa revestida comprende una aleación de la siguiente composición en % en peso: Mg 0,3-0,7, Si 0,3-0,7, Mn hasta 0,15, Fe hasta 0,35, otros elementos (impurezas) <0,05 cada uno y <0,15 en total, aluminio de balance.

45

El documento US 2014/0356647 A1 se dirige a un material revestido con aleación de aluminio para conformación que incluye un material central de aleación de aluminio que contiene un % de masa de 0,2-1,5 de Mg, un % de masa de 0,2-0,25 de Si, un % de masa de 0,2-3,0 de Cu, y el resto es Al e impurezas inevitables, un material superficial de aleación de aluminio que está revestido en uno o ambos lados del material central, el espesor del revestimiento para uno de los lados es de 3 a 30 % del espesor total de la lámina, y que tiene una composición que incluye un % de masa de 0,2-1,5 de Mg, un % de masa de 0,2-2,0 de Si, Cu está restringido a un % de masa de 0,1 o menor, y el resto es

50

Al e impurezas inevitables, y un material de inserto de aleación de aluminio que se interpone entre el material central y el material superficial, y tiene una temperatura de solidus de 590 °C o menor.

55

El documento US 2010/0316887 A1 está dirigido a un producto de lámina arquitectónica de aluminio en el que se aplica una capa revestida al menos en un lado de la capa central. La capa central está hecha preferentemente de una aleación seleccionada de las aleaciones de la serie AA5xxx con un contenido de magnesio mayor que 3 % en peso, y la capa revestida (o cada capa revestida) está hecha de una aleación seleccionada de aleaciones AA5005, AA5205, AA5052, AA5252 y AA5005A. El producto puede estar provisto de una película anódica en una o ambas caras y las películas pueden estar cubiertas con una o más capas, por ejemplo, de pintura.

60

El documento US 2013/0302642 A1 se dirige a un producto de lámina de aluminio que comprende una capa central que comprende una aleación de aluminio 3xxx, y una capa de revestimiento que comprende una aleación de aluminio 3xxx que tiene un aditivo de Zn.

El documento JP 2002-362046 A se dirige a un método para fabricar un soporte para una placa de impresión litográfica que comprende las etapas para obtener el soporte para una placa de impresión litográfica mediante la aplicación de un tratamiento superficial que incluye un proceso de raspado superficial electroquímico a la placa de aleación de aluminio. El contenido de Cu de la placa de aleación de aluminio es de un % de masa de 0,001-1 y el proceso de raspado superficial electroquímico se realiza en una solución ácida acuosa que contiene un compuesto químico que puede formar un complejo de Cu.

El documento US 2013/0068351 A1 se dirige a una aleación de aluminio usada en un proceso de extrusión por impacto para formar un recipiente metálico, donde la aleación de aluminio comprende al menos aproximadamente 97 % en peso de Al, al menos aproximadamente 0,10 % en peso de Si, al menos aproximadamente 0,25 % en peso de Fe, al menos aproximadamente 0,05 % en peso de Cu, al menos aproximadamente 0,07 % en peso de Mn y al menos aproximadamente 0,05 % en peso de Mg.

15 RESUMEN

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

En esta solicitud se proporcionan nuevas composiciones de aleación de aluminio de capas múltiples. Las composiciones de aleación de aluminio de capas múltiples tienen altas capacidades de conformación y propiedades de endurecimiento al horno. Las composiciones también muestran propiedades de flexión y alargamiento excepcionales. Las composiciones de aleación de aluminio de capas múltiples incluyen una capa central de una aleación que contiene aluminio, que tiene un primer lado y un segundo lado, y al menos una capa de revestimiento adyacente al primer lado y/o segundo lado de la capa central.

Las aleaciones de aluminio para uso como la o las capas de revestimiento comprenden aproximadamente 0,2 a 0,6 % en peso de Fe, 0,06 a 0,25 % en peso de Mn, hasta 0,1 % en peso de Si, hasta 0,5 % de Cu, hasta 0,25 % en peso de Mg, hasta 0,4 % en peso de Zn, uno o más elementos adicionales seleccionados de entre el grupo que consiste en Ni hasta 0,60 % en peso, Ti hasta 0,15 % en peso, Co hasta 0,60 % en peso, Nb hasta 0,30 % en peso, Cr hasta 0,25 % en peso, V hasta 0,2 % en peso, Zr hasta 0,25 % en peso, Hf hasta 0,30 % en peso y Ta hasta 0,20 % en peso, y hasta 0,15 % en peso de impurezas, el resto es Al, donde el contenido combinado de Fe, Mn, Cr, Ti, Co, Ni y V presente en la aleación oscila de 0,60 % en peso a 0,90 % en peso. A lo largo de esta solicitud, todos los elementos se describen en porcentaje en peso (% en peso) basado en el peso total de la aleación.

El uno o más elementos adicionales pueden comprender Ni en una cantidad de entre aproximadamente 0,01 y 0,60 % en peso, Ti en una cantidad de entre aproximadamente 0,01 y 0,15 % en peso, Co en una cantidad de entre aproximadamente 0,01 y 0,60 % en peso, Nb en una cantidad de entre aproximadamente 0,01 y 0,3 % en peso, Cr en una cantidad de entre 0,01 y 0,2 % en peso, V en una cantidad de entre aproximadamente 0,01 y 0,2 % en peso, Zr en una cantidad de entre aproximadamente 0,01 y 0,25 % en peso, Hf en una cantidad de entre aproximadamente 0,01 y 0,30 % en peso y/o Ta en una cantidad de entre aproximadamente 0,01 y 0,20 % en peso. El contenido combinado de Fe, Mn, Cr, Ti, Co, Ni, y/o V presente en la aleación oscila de aproximadamente 0,60 % en peso a 0,90 % en peso.

También se proporcionan en esta solicitud láminas de metal de capas múltiples que comprenden una capa central y una o más capas de revestimiento. En algunos ejemplos, las láminas de metal de capas múltiples descritas en esta solicitud comprenden una capa central y una primera capa de revestimiento, donde la primera capa de revestimiento comprende una composición de aleación de aluminio como se describe anteriormente. La capa central puede comprender una aleación AA6xxx, una aleación AA2xxx, una aleación AA5xxx o una aleación AA7xxx. La capa central tiene un primer lado y un segundo lado, y la primera capa de revestimiento está en el primer lado o el segundo lado de la capa central. Las láminas de metal de capas múltiples pueden comprender además una segunda capa de revestimiento en la capa central, donde la segunda capa de revestimiento comprende una composición de aleación de aluminio como se describe anteriormente. En algunos ejemplos, el primer lado de la capa central es adyacente a la primera capa de revestimiento para formar una primera interfaz y el segundo lado de la capa central es adyacente a la segunda capa de revestimiento para formar una segunda interfaz.

Las aleaciones descritas en esta solicitud pueden formar una lámina que tiene un tamaño de grano de 10 micras a 30 micras. En algunos casos, las aleaciones descritas en esta solicitud pueden formar una lámina que tiene un tamaño

de grano de 15 micras a 25 micras.

Productos preparados a partir de láminas de metal de capas múltiples también se describen en esta solicitud. Un producto preparado a partir de láminas de metal de capas múltiples puede incluir una parte de la carrocería del vehículo de motor, como un panel lateral de la carrocería, o cualquier otro producto.

Otros objetos y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y ejemplos no limitantes de la invención.

10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La figura 1 es un gráfico que muestra el porcentaje de alargamiento de aleaciones comparativas y aleaciones ejemplares descritas en esta solicitud. La barra de histograma izquierda de cada par es el alargamiento alto uniforme (A_g) y la barra de histograma derecha de cada par representa el alargamiento en la rotura (A_{80}).

15

La figura 2 es un gráfico que muestra los ángulos internos después de una prueba de flexión para las aleaciones comparativas y las aleaciones ejemplares descritas en esta solicitud. La barra izquierda del histograma de cada conjunto representa los ángulos de flexión después de que las aleaciones fueron sometidas a un alargamiento de 10 % ("predeformación 10 % T"). La barra de histograma central de cada conjunto representa los ángulos de flexión después de que las aleaciones fueron sometidas a un alargamiento de 15 % ("predeformación 15 % T"). La barra de histograma derecha de cada conjunto representa los ángulos de flexión después de que las aleaciones fueron sometidas a tratamiento térmico a 180 °C durante 10 horas ("envejecimiento T6 (180°/10h)").

20

La figura 3 es una imagen de una aleación comparativa y de una aleación descrita en esta solicitud (no según la invención), que representa el alcance del efecto de piel de naranja.

25

La figura 4 contiene imágenes de aleaciones y sus respectivas imágenes de estructura de grano para aleaciones comparativas y aleaciones ejemplares descritas en esta solicitud.

La figura 5 muestra imágenes de estructura de grano para aleaciones comparativas y aleaciones ejemplares descritas en esta solicitud.

30

La figura 6 muestra imágenes de estructura de grano para aleaciones ejemplares descritas en esta solicitud.

La figura 7 muestra imágenes de difracción de retrodispersión de electrones para aleaciones comparativas y aleaciones ejemplares descritas en esta solicitud.

35

La figura 8 muestra imágenes de estructura de grano para una aleación comparativa y para aleaciones descritas en esta solicitud (no según la invención).

40

La figura 9 muestra imágenes de la estructura de grano para láminas comparativas de capas múltiples y para láminas ejemplares de capas múltiples descritas en esta solicitud. Las flechas indican las capas revestidas en las láminas de capas múltiples.

La figura 10 muestra imágenes de estructura de grano para una lámina de capas múltiples comparativa y para una lámina de capas múltiples ejemplar descrita en esta solicitud. Las flechas indican las capas revestidas en las láminas de capas múltiples.

45

La figura 11 muestra imágenes del tamaño y distribución de partículas de hierro (Fe) para láminas de capas múltiples comparativas y para láminas de capas múltiples ejemplares descritas en esta solicitud.

50

La figura 12 es un gráfico que muestra el efecto de la flexión en comparación con el alargamiento (A_g [%]) para una aleación central y para una lámina de capas múltiples ejemplar descrita en esta solicitud.

La figura 13 es un gráfico que muestra el nivel de resistencia ($R_{p0.2}$ [MPa]) a diferentes intervalos de tiempo después del tratamiento térmico con solución (SHT, por sus siglas en inglés) para láminas de capas múltiples ejemplares descritas en esta solicitud.

55

La figura 14 es una ilustración que representa el significado del ángulo de flexión interior (β).

60

La figura 15 es un gráfico que muestra el límite elástico ($R_{p0.2}$) y la resistencia a la tracción (R_m) para aleaciones ejemplares medidas a 0 ° (indicado como "L"), 45 ° y 90 ° (indicado como "T") con respecto la dirección de laminación.

La primera barra de histograma de cada conjunto representa el límite elástico medido a 0 ° en la dirección de laminación. La segunda barra de histograma de cada conjunto representa el límite elástico medido a 45 ° en la dirección de laminación. La tercera barra de histograma de cada conjunto representa el límite elástico medido a 90 ° en la dirección de laminación. La cuarta barra de histograma de cada conjunto representa la resistencia a la tracción medida a 0 ° en la dirección de laminación. La quinta barra de histograma de cada conjunto representa la resistencia a la tracción medida a 45 ° en la dirección de laminación. La sexta barra de histograma de cada conjunto representa la resistencia a la tracción medida a 90 ° en la dirección de laminación.

La figura 16 es un gráfico que muestra el alargamiento uniforme alto (Ag) y el alargamiento a la rotura (A₈₀) para aleaciones ejemplares medidas a 0 ° (indicado como "L"), 45 ° y 90 ° (indicado como "T") en la dirección de laminación. La primera barra de histograma de cada conjunto representa el alargamiento uniforme alto medido a 0 ° en la dirección de laminación. La segunda barra de histograma de cada conjunto representa el alargamiento uniforme alto medido a 45 ° en la dirección de laminación. La tercera barra de histograma de cada conjunto representa el alargamiento uniforme alto medido a 90 ° en la dirección de laminación. La cuarta barra de histograma de cada conjunto representa el alargamiento a la rotura medido a 0 ° en la dirección de laminación. La quinta barra de histograma de cada conjunto representa el alargamiento a la rotura medido a 45 ° en la dirección de laminación. La sexta barra de histograma de cada conjunto representa el alargamiento a la rotura medido a 90 ° en la dirección de laminación.

La Figura 17 es un gráfico que muestra la diferencia entre el alargamiento en la rotura y el alargamiento alto uniforme para aleaciones ejemplares medidas a 0 ° (indicado como "L"), 45 ° y 90 ° (indicado como "T") en la dirección de laminación. La primera barra de histograma de cada conjunto representa el límite elástico medido a 0 ° en la dirección de laminación. La segunda barra de histograma de cada conjunto representa la diferencia en los valores medidos a 45 ° en la dirección de laminación. La tercera barra de histograma de cada conjunto representa la diferencia en los valores medidos a 90 ° en la dirección de laminación. La cuarta barra de histograma de cada conjunto representa la diferencia en los valores medidos a 90 ° en la dirección de laminación después de someter la aleación a una temperatura de 205 °C durante 30 minutos.

La figura 18 es un gráfico que representa el tamaño de grano para aleaciones comparativas y ejemplares como se describe en esta solicitud.

La figura 19A muestra una imagen de estructura de grano para la aleación 14 como se describe en esta solicitud (no según la invención).

La figura 19B muestra una imagen de estructura de grano para una aleación ejemplar 16 como se describe en esta solicitud.

La figura 20 muestra imágenes de diferentes vistas de una aleación central y dos aleaciones de capas múltiples ejemplares como se describe en esta solicitud después de someter las aleaciones a una prueba de matriz cruzada.

La figura 21 es un gráfico que muestra los resultados de la unión después de una exposición de 0 horas (primera barra de histograma), 1000 horas (segunda barra de histograma) y 3000 horas (tercera barra de histograma) a un ambiente corrosivo en el ensayo de niebla salina neutra (NSS35 °C) para el centro de una muestra B de aleación ejemplar como se describe en esta solicitud (izquierda) en comparación con una muestra B de aleación con revestimiento central ejemplar como se describe en esta solicitud (derecha).

La figura 22A es un gráfico que representa el tamaño promedio de la ampolla después de la prueba de aspersión de sal de ácido acético asistido por cobre (CASS) para una aleación comparativa AA6014 (barra izquierda), el centro de la muestra B de aleación ejemplar como se describe en esta solicitud (barra central) y la muestra B de aleación con centro revestido ejemplar como se describe en esta solicitud (barra derecha).

La figura 22B es un gráfico que representa el porcentaje de cobertura de la ampolla a lo largo de las líneas de rayado de una aleación comparativa AA6014 (barra izquierda), el centro de la muestra B de aleación ejemplar como se describe en esta solicitud (barra central) y la muestra B de aleación con centro revestido ejemplar como se describe en esta solicitud (barra derecha).

La figura 23A es un gráfico que representa el tamaño máximo de filamento después de la prueba de corrosión filiforme para una aleación comparativa AA6014 (barra izquierda), el centro de la muestra B de aleación ejemplar como se describe en esta solicitud (barra central) y la muestra B de aleación con centro revestido ejemplar como se describe en esta solicitud (barra derecha).

La figura 23B es un gráfico que representa el tamaño promedio de filamento para el mismo para una aleación comparativa AA6014 (barra izquierda), el centro de la muestra B de aleación ejemplar como se describe en esta

solicitud (barra central) y la muestra B de aleación ejemplar con centro revestido como se describe en esta solicitud (barra derecha).

La figura 24 es un gráfico que representa la medición del tamaño de grano para aleaciones ejemplares como se describe en esta solicitud.

La figura 25A muestra imágenes de estructura de grano para una aleación 28 ejemplar como se describe en esta solicitud.

10 La figura 25B muestra imágenes de estructura de grano para la aleación 32 como se describe en esta solicitud (no según la invención).

La figura 26A es un gráfico que representa el límite elástico (Rp0,2) y el límite elástico (Rm) para aleaciones ejemplares. La barra de histograma izquierda de cada conjunto representa el límite elástico (Rp0,2). La barra de histograma derecha de cada conjunto representa el límite elástico (Rm).

La figura 26B es un gráfico que representa la relación de Rp02/Rm para aleaciones ejemplares medidas 90 ° en la dirección de laminación.

20 DESCRIPCIÓN DETALLADA

En esta solicitud se describen nuevas láminas de aleación de aluminio de capas múltiples que tienen altas capacidades de conformación, buenas propiedades de endurecimiento al horno y propiedades de flexión y alargamiento excepcionales. Las láminas de aleaciones y aleaciones utilizadas para preparar las láminas descritas aquí son altamente reciclables.

Las láminas de capas múltiples incluyen una capa central de una aleación que contiene aluminio, que tiene un primer lado y un segundo lado, y al menos una capa de revestimiento adyacente al primer lado y/o segundo lado de la capa central. Las capas de revestimiento exhiben una flexión extremadamente buena y un alto alargamiento y también tienen un tamaño de grano muy fino. Sorprendentemente, las capas de revestimiento como se describe en esta solicitud exhiben estas propiedades a pesar del contenido de Fe de hasta 0,6 % en peso basado en el peso de la capa de revestimiento. Típicamente, para lograr un tamaño de grano fino en un producto de lámina forjada preparada de aleaciones de aluminio en condiciones de procesamiento estándar (por ejemplo, fundición, homogeneización, laminado en caliente y frío y recocido), las aleaciones de aluminio deben incluir 0,7 % en peso o más de Fe.

Definiciones y descripciones:

Los términos "invención", "la invención", "esta invención" y "la presente invención" utilizados en esta solicitud pretenden referirse ampliamente a toda la materia de esta solicitud de patente y las reivindicaciones a continuación. Debe entenderse que las declaraciones que contienen estos términos no limitan la materia descrita en esta solicitud ni limitan el significado o el alcance de las reivindicaciones de la patente a continuación.

En esta descripción, se hace referencia a las aleaciones identificadas por números AA y otras designaciones relacionadas, como "series" o "6xxx". Para una comprensión del sistema de designación de números más comúnmente utilizado para nombrar e identificar aluminio y sus aleaciones, consúltese "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.

Como se usa en la presente memoria, las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen las referencias singular y plural a menos que el contexto dicte claramente otra cosa.

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

Lámina de metal de capas múltiples

En esta solicitud se proporciona una lámina de metal de capas múltiples. La lámina de metal de capas múltiples incluye una capa central de aleación que contiene aluminio que tiene un primer lado y un segundo lado y una o más capas de revestimiento. En algunos ejemplos, la capa central está revestida en un solo lado (es decir, una capa de revestimiento está presente en la lámina de metal). En algunos ejemplos, la capa central está revestida en un solo lado (es decir,

dos capas de revestimiento están presentes en la lámina de metal).

El primer lado de la capa central es adyacente y contacta con una primera capa de revestimiento para formar una primera interfaz. En otras palabras, no intervienen capas entre la primera capa de revestimiento y el primer lado de la capa central. Opcionalmente, la lámina de metal de capas múltiples incluye una segunda capa de revestimiento. En estos casos, el segundo lado de la capa central es adyacente y contacta con una segunda capa de revestimiento para formar una segunda interfaz (es decir, no intervienen capas entre la segunda capa de revestimiento y el segundo lado de la capa central). La primera capa de revestimiento y la segunda capa de revestimiento pueden ser la misma composición química o diferentes composiciones químicas.

10

Capa central

La capa central es una aleación que contiene aluminio. En algunos ejemplos, cualquier aleación designada como una aleación de "serie AA6xxx", una aleación de "serie AA2xxx", una aleación de "serie AA5xxx" o una aleación de "serie AA7xxx" es adecuada para su uso como capa central. A modo de ejemplo no limitativo, las aleaciones AA6xxx para utilizar como capa central pueden incluir AA6016, AA6016A, AA6013, AA6014, AA6008, AA6005, AA6005A, AA6005B, AA6005C, AA6451, AA6181A, AA6501, AA6056, AA6011 o AA6111. Las aleaciones ejemplares no limitantes de la serie AA2xxx para uso como la capa central pueden incluir aleaciones AA2013 o AA2002, Las aleaciones ejemplares no limitantes de la serie AA5xxx para uso como la capa central pueden incluir aleaciones AA5182, AA5754, AA5251, AlMg5 o AlMg6, Las aleaciones ejemplares no limitantes de la serie AA7xxx para uso como la capa central pueden incluir aleaciones AA7075, AA7085, AA7021, AA7022, AA7049, AA7050, AA7019, AA7001, AA7003, AA7010 o AA7012,

En algunos ejemplos, la aleación para utilizar como la capa central puede tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 1.

25

Tabla 1

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	1,0-1,5
Fe	0,1-0,35
Cu	0,01-0,20
Mn	0,01-0,20
Mg	0,15-0,4
Cr	0-0,1
Ni	0-0,05
Zn	0-0,2
Ti	0,01-0,05
Co	0-0,05
Nb	0-0,05
V	0-0,05
Zr	0-0,05
Ta	0-0,05
Hf	0-0,05
Impurezas.	Hasta 0,15
Al	Resto

En algunos ejemplos, la aleación para utilizar como la capa central puede tener la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 2.

30

Tabla 2

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	1,15-1,45

ES 2 818 186 T3

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Fe	0,10-0,30
Cu	0,03-0,18
Mn	0,04-0,15
Mg	0,20-0,35
Cr	0,005-0,045
Ni	0-0,034
Zn	0-0,15
Ti	0,010-0,040
Co	0-0,03
Nb	0-0,03
V	0-0,045
Zr	0-0,03
Ta	0-0,03
Hf	0-0,03
Impurezas.	Hasta 0,15
Al	Resto

- En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud también incluye silicio (Si) en una cantidad de 1,0 % a 1,5 % (por ejemplo, de 1,0 a 1,4 % o de 1,15 a 1,45 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 1,0 %, 1,01 %, 1,02 %, 1,03 %, 1,04 %, 1,05 %, 1,06 %, 1,07 %, 1,08 %, 1,09 %, 1,10 %, 1,11 %, 1,12 %, 1,13 %, 1,14 %, 1,15 %, 1,16 %, 1,17 %, 1,18 %, 1,19 %, 1,20 %, 1,21 %, 1,22 %, 1,23 %, 1,24 %, 1,25 %, 1,26 %, 1,27 %, 1,28 %, 1,29 %, 1,30 %, 1,31 %, 1,32 %, 1,33 %, 1,34 %, 1,35 %, 1,36 %, 1,37 %, 1,38 %, 1,39 %, 1,40 %, 1,41 %, 1,42 %, 1,43 %, 1,44 %, 1,45 %, 1,46 %, 1,47 %, 1,48 %, 1,49 % o 1,50 % de Si. Todo expresado en % en peso.
- 5
- 10 En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye hierro (Fe) en una cantidad de entre 0,1 % y 0,35 % (por ejemplo, entre 0,10 % y 0,30 % o entre 0,12 % y 0,25 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, 0,25 %, 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 %, 0,30 %, 0,31 %, 0,32 %, 0,33 %, 0,34 % o 0,35 % de Fe. Todo expresado en % en peso.
- 15
- En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud también incluye cobre (Cu) en una cantidad de entre 0,01 % y 0,20 % (por ejemplo, entre 0,03 % y 0,18 % o entre 0,05 % y 0,16 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 % o 0,20 % de Cu. Todo expresado en % en peso.
- 20
- En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye manganeso (Mn) en una cantidad de entre 0,01 % y 0,20 % (por ejemplo, entre 0,02 % y 0,15 %, entre 0,03 % y 0,12 %, o entre 0,04 % y 0,15 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 % o 0,20 % de Mn. Todo expresado en % en peso.
- 25
- En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye magnesio (Mg) en una cantidad de entre 0,15 % y 0,4 % (por ejemplo, entre 0,20 % y 0,35 % o entre 0,25 % y 0,35 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, 0,25 %, 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 %, 0,30 %, 0,31 %, 0,32 %, 0,33 %, 0,34 %, 0,35 %, 0,36 %, 0,37 %, 0,38 %, 0,39 % o 0,40 % de Mg. Todo expresado en % en peso.
- 30
- En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye cromo (Cr) en una cantidad de hasta 0,1 % (por ejemplo, de 0 % a 0,1 %, de 0,001 % a 0,05 %, o de 0,005 % a 0,04 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,001 %, 0,002 %, 0,003 %, 0,004 %, 0,005 %, 0,006 %, 0,007 %, 0,008 %, 0,009 %, 0,010 %, 0,011 %, 0,012 %, 0,013 %, 0,014 %, 0,015 %, 0,016 %, 0,017 %, 0,018 %, 0,019 %, 0,020 %, 0,021 %, 0,022 %, 0,023 %, 0,024 %, 0,025 %, 0,026 %, 0,027 %, 0,028 %, 0,029 %, 0,030 %, 0,031 %, 0,032 %, 0,033 %, 0,034 %, 0,035 %, 0,036 %, 0,037 %, 0,038 %, 0,039 %, 0,040 % de Cr. Todo expresado en % en peso.
- 35

0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 % o 0,1 % de Cr. En algunos casos, Cr no está presente en la aleación (es decir, 0 %) Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye níquel (Ni) en una cantidad de hasta 0,05 % (por ejemplo, de 0 % a 0,045 %, de 0,01 % a 0,04 %, o de 0,015 % a 0,034 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,010 %, 0,011 %, 0,012 %, 0,013 %, 0,014 %, 0,015 %, 0,016 %, 0,017 %, 0,018 %, 0,019 %, 0,020 %, 0,021 %, 0,022 %, 0,023 %, 0,024 %, 0,025 %, 0,026 %, 0,027 %, 0,028 %, 0,029 %, 0,030 %, 0,031 %, 0,032 %, 0,033 %, 0,034 %, 0,035 %, 0,036 %, 0,037 %, 0,038 %, 0,039 %, 0,040 %, 0,041 %, 0,042 %, 0,043 %, 0,044 %, 0,045 %, 0,046 %, 0,047 %, 0,048 %, 0,049 % o 0,050 % de Ni. En algunos casos, el Ni no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud también puede incluir zinc (Zn) en una cantidad de hasta 0,2 % (por ejemplo, de 0 % a 0,15 % o de 0,05 % a 0,1 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 % o 0,20 % de Zn. En algunos casos, Zn no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye titanio (Ti) en una cantidad de entre 0,01 % y 0,05 % (por ejemplo, entre 0,010 % y 0,035 %, entre 0,012 % y 0,028 % o entre 0,015 % y 0,030 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,010 %, 0,011 %, 0,012 %, 0,013 %, 0,014 %, 0,015 %, 0,016 %, 0,017 %, 0,018 %, 0,019 %, 0,020 %, 0,021 %, 0,022 %, 0,023 %, 0,024 %, 0,025 %, 0,026 %, 0,027 %, 0,028 %, 0,029 %, 0,030 %, 0,031 %, 0,032 %, 0,033 %, 0,034 %, 0,035 %, 0,036 %, 0,037 %, 0,038 %, 0,039 %, 0,040 %, 0,041 %, 0,042 %, 0,043 %, 0,044 %, 0,045 %, 0,046 %, 0,047 %, 0,048 %, 0,049 % o 0,050 % de Ti. Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye cobalto (Co) en una cantidad de hasta 0,05 % (por ejemplo, de 0 % a 0,04 % o de 0,01 % a 0,03 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, o 0,05 % de Co. En algunos casos, el Co no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye niobio (Nb) en una cantidad de hasta 0,05 % (por ejemplo, de 0 % a 0,04 % o de 0,01 % a 0,03 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, o 0,05 % de Nb. En algunos casos, Nb no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye vanadio (V) en una cantidad de hasta 0,05 % (por ejemplo, de 0 % a 0,045 % o de 0,01 % a 0,03 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,010 %, 0,011 %, 0,012 %, 0,013 %, 0,014 %, 0,015 %, 0,016 %, 0,017 %, 0,018 %, 0,019 %, 0,020 %, 0,021 %, 0,022 %, 0,023 %, 0,024 %, 0,025 %, 0,026 %, 0,027 %, 0,028 %, 0,029 %, 0,030 %, 0,031 %, 0,032 %, 0,033 %, 0,034 %, 0,035 %, 0,036 %, 0,037 %, 0,038 %, 0,039 %, 0,040 %, 0,041 %, 0,042 %, 0,043 %, 0,044 %, 0,045 %, 0,046 %, 0,047 %, 0,048 %, 0,049 % o 0,050 % de V. En algunos casos, V no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye zirconio (Zr) en una cantidad de hasta 0,05 % (por ejemplo, de 0 % a 0,04 % o de 0,01 % a 0,03 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, o 0,05 % de Zr. En algunos casos, Zr no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye tántalo (Ta) en una cantidad de hasta 0,05 % (por ejemplo, de 0 % a 0,04 % o de 0,01 % a 0,03 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, o 0,05 % de Ta. En algunos casos, Ta no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación central descrita en esta solicitud incluye hafnio (Hf) en una cantidad de hasta 0,05 % (por ejemplo, de 0 % a 0,04 % o de 0,01 % a 0,03 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, o 0,05 % de Hf. En algunos casos, Hf no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

Opcionalmente, las composiciones de aleación central descritas en esta solicitud pueden incluir además otros elementos menores, a los que en ocasiones se hace referencia como impurezas, en cantidades de 0,05 % o menos, 0,04 % o menos, 0,03 % o menos, 0,02 % o menos, o 0,01 % o menos. Estas impurezas pueden incluir, sin limitación, Zr, Sn, Ga, Ca, Bi, Na, Pb o combinaciones de las mismas. Por consiguiente, Zr, Sn, Ga, Ca, Bi, Na, o Pb pueden

estar presentes en aleaciones en cantidades of 0,05 % o menos, 0,04 % o menos, 0,03 % o menos, 0,02 % o menos, o 0,01 % o menos. La suma de todas las impurezas no excede 0,15 % (por ejemplo, 0,10 %). Todo expresado en % en peso. El porcentaje restante de cada aleación es aluminio.

5 En algunos ejemplos, la aleación para uso como la capa central puede tener la siguiente composición elemental: 1,15-1,4 % en peso de Si, 0,12-0,25 % en peso de Fe, 0,05-0,16 % en peso de Cu, 0,046-0,13 % en peso de Mn, 0,25-0,35 % en peso de Mg, 0,016-0,06 % en peso de Cr, 0-0,035 % en peso de Ni, 0-0,1 % en peso de Zn, 0,012-0,028 % en peso de Ti, 0-0,03 % en peso de Co, 0-0,03 % en peso de Nb, 0-0,03 % en peso de V, 0-0,03 % en peso de Zr, 0-0,03 % en peso de Ta, 0-0,03 % en peso de Hf, hasta 0,15 % en peso de impurezas y el Al restante.

10

El espesor de la capa central puede ser de aproximadamente 70 % a aproximadamente 90 % de las láminas de metal de capas múltiples descritas aquí. Por ejemplo, en una lámina de metal de capas múltiples con un espesor de 1000 micras, la capa central puede tener un espesor de aproximadamente 700 micras a aproximadamente 900 micras.

15 *Capa(s) de revestimiento*

Como se describió anteriormente, también se describe una aleación que contiene aluminio para utilizar como la o las capas de revestimiento en las láminas de metal de capas múltiples. Las aleaciones adecuadas para uso como las capas de revestimiento incluyen aleaciones que contienen hasta 0,6 % en peso de Fe y uno o más de los elementos

20 adicionales Mn, Ni, Ti, Co, Nb, Cr, V, Zr, Hf, y Ta como se define en la reivindicación 1. Las aleaciones para uso como las capas de revestimiento exhiben una flexión extremadamente buena y un alto alargamiento. Estas propiedades de las capas de revestimiento se logran en parte debido a la microestructura (por ejemplo, un tamaño de grano fino), que se logra mediante la composición elemental específica de la aleación de la capa revestida. En esta solicitud se describe una aleación que tiene la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 3 (no según la invención).

25

Tabla 3

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Fe	0,1 a 0,6,
Si	hasta 0,5
Cu	hasta 0,5
Mg	hasta 1,5
Cr	hasta 0,25
Zn	hasta 0,4
Mn	hasta 0,3
Ni	hasta 0,60
Ti	hasta 0,15
Co	hasta 0,60
Nb	hasta 0,3
V	hasta 0,2
Zr	hasta 0,25
Hf	hasta 0,30
Ta	hasta 0,20
Impurezas.	0 - 0,05 (cada una)
	0- 0,15 (total)
Al	Resto

En esta solicitud se describe otra aleación que tiene la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 4 (no según la invención).

30

Tabla 4

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Fe	0,1 a 0,55,

ES 2 818 186 T3

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Si	hasta 0,5
Cu	hasta 0,5
Mg	hasta 0,25
Cr	hasta 0,10
Zn	hasta 0,4
Mn	0,01 a 0,25,
Ni	hasta 0,50
Ti	hasta 0,15
Co	hasta 0,50
Nb	hasta 0,3
V	hasta 0,2
Zr	hasta 0,20
Hf	hasta 0,25
Ta	hasta 0,15
Impurezas.	0 - 0,05 (cada una)
	0- 0,15 (total)
Al	Resto

En esta solicitud se describe otra aleación que tiene la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 5 (no según la invención).

5

Tabla 5

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Fe	0,2 a 0,50,
Si	hasta 0,25
Cu	hasta 0,25
Mg	hasta 0,1
Cr	hasta 0,05
Zn	hasta 0,20
Mn	0,1 a 0,2,
Ni	hasta 0,40
Ti	hasta 0,12
Co	hasta 0,40
Nb	hasta 0,2
V	hasta 0,18
Zr	hasta 0,15
Hf	hasta 0,20
Ta	hasta 0,10
Impurezas.	0 - 0,05 (cada una)
	0-0,15 % (total)
Al	Resto

En esta solicitud se describe otra aleación que tiene la siguiente composición elemental como se proporciona en la Tabla 6 (no según la invención).

Tabla 6

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Fe	0,1 a 0,55,
Si	hasta 0,1
Cu	hasta 0,05
Mg	0,3 a 1,25,
Cr	hasta 0,10
Zn	hasta 0,05
Mn	0,01 a 0,25,
Ni	hasta 0,50
Ti	hasta 0,15
Co	hasta 0,50
Nb	hasta 0,3
V	hasta 0,2
Zr	hasta 0,20
Hf	hasta 0,25
Ta	hasta 0,15
Impurezas.	0 - 0,05 (cada una)
	0-0,15 % (total)
Al	Resto

En esta solicitud se describe otra aleación que tiene la siguiente composición elemental como se proporciona en la 5 Tabla 7 (no según la invención).

Tabla 7

Elemento	Porcentaje en peso (% en peso)
Fe	0,2 a 0,50,
Si	hasta 0,1
Cu	hasta 0,05
Mg	0,4 a 1,0,
Cr	hasta 0,05
Zn	hasta 0,05
Mn	0,1 a 0,2,
Ni	hasta 0,40
Ti	hasta 0,12
Co	hasta 0,40
Nb	hasta 0,2
V	hasta 0,18
Zr	hasta 0,15
Hf	hasta 0,20
Ta	hasta 0,10
Impurezas.	0 - 0,05 (cada una)
	0-0,15 % (total)
Al	Resto

La aleación revestida descrita en esta solicitud incluye hierro (Fe) en una cantidad de entre 0,2 % y 0,6 % (por ejemplo, entre 0,2 % y 0,6 %, entre 0,2 % y 0,5 %, o entre 0,3 % y 0,4 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, 0,25 %, 5 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 %, 0,30 %, 0,31 %, 0,32 %, 0,33 %, 0,34 %, 0,35 %, 0,36 %, 0,37 %, 0,38 %, 0,39 %, 0,40 %, 0,41 %, 0,42 %, 0,43 %, 0,44 %, 0,45 %, 0,46 %, 0,47 %, 0,48 %, 0,49 %, 0,50 %, 0,51 %, 0,52 %, 0,53 %, 0,54 %, 0,55 %, 0,56 %, 0,57 %, 0,58 %, 0,59 % o 0,60 % de Fe. Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud también incluye silicio (Si) en una cantidad de 10 hasta 0,1 % basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, o 0,14 % de Si. En algunos casos, el Si no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud también incluye cobre (Cu) en una cantidad de 15 hasta 0,5 % (por ejemplo, de 0 % a 0,5 %, de 0 % a 0,4 %, de 0,005 % a 0,45 %, de 0,01 % a 0,4 %, o de 0,02 % a 0,35 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,001 %, 0,002 %, 0,003 %, 0,004 %, 0,005 %, 0,006 %, 0,007 %, 0,008 %, 0,009 %, 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 % o 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, 0,25 %, 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 %, 0,30 %, 0,31 %, 0,32 %, 0,33 %, 0,34 %, 0,35 %, 20 0,36 %, 0,37 %, 0,38 %, 0,39 %, 0,40 %, 0,41 %, 0,42 %, 0,43 %, 0,44 %, 0,45 %, 0,46 %, 0,47 %, 0,48 %, 0,49 % o 0,50 % de Cu. En algunos casos, Cu no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud incluye magnesio (Mg) en una cantidad de hasta 0,25 % (por ejemplo, de 0 % a 0,25 %, de 0,01 % a 0,2 %, o de 0 % a 0,1 %) basada en el peso total de la aleación. 25 Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, o 0,25 % de Mg. En algunos casos, el Mg no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud también puede incluir zinc (Zn) en una cantidad 30 de hasta 0,4 % (por ejemplo, de 0 % a 0,4 %, de 0 % a 0,3 %, de 0,005 % a 0,35 %, de 0,01 % a 0,3 %, o de 0,03 % a 0,3 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,001 %, 0,002 %, 0,003 %, 0,004 %, 0,005 %, 0,006 %, 0,007 %, 0,008 %, 0,009 %, 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, o 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, 0,25 %, 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 %, 0,30 %, 0,31 %, 0,32 %, 0,33 %, 0,34 %, 0,35 %, 35 0,36 %, 0,37 %, 0,38 %, 0,39 % o 0,40 % de Zn. En algunos casos, Zn no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

La aleación revestida descrita en esta solicitud puede incluir además uno o más elementos promotores intermetálicos 40 adicionales. Como se usa en esta solicitud, el término "elemento activador intermetálico" se refiere a un elemento que activa la formación de compuestos intermetálicos, tales como $Al_a M_b$, $Al_a M_b N_c$, $Al_a M_b N_c O_d$, $Al_a M_b N_c O_d P_e$, o $Al_a Fe_b M_c A_d$, $Al_a Fe_b M_c N_d$, $Al_a Fe_b M_c N_d O_e$, $Al_a Fe_b M_c N_d O_e P_f$ o $Al_a Si_b Fe_c$, $Al_a Si_b Fe_c M_d$, $Al_a Si_b Fe_c M_d N_e$, $Al_a Si_b Fe_c M_d N_e O_f$, $Al_a Si_b Fe_c M_d N_e O_f P_g$ donde M, N, O y P son elementos metálicos y a, b, c, d, e, f y g son números enteros, por ejemplo, en algunos casos, un número entero de 1 a 100. Los elementos activadores intermetálicos (M, N, O, P) se pueden seleccionar entre Si, Mn, Ni, Ti, Co, Nb, Cr, V, Zr, Hf y Ta.

45 Opcionalmente, la aleación incluye uno de estos elementos adicionales. Opcionalmente, la aleación incluye dos o más de estos elementos adicionales. Por ejemplo, la aleación puede incluir una combinación de Fe, Si y uno o más de Mn, Ni, Ti, Co, Nb, Cr, V, Zr, Hf y Ta (por ejemplo, $AlSi_x Fe_y M_z$). En otro ejemplo, la aleación puede incluir una combinación de Mn y uno o más de Ni, Ti, Co, Nb, Cr, V, Zr, Hf y Ta (por ejemplo, $AlMn_x M_y$). Los elementos promotores intermetálicos, en combinación con Fe, dan como resultado una aleación con mejores propiedades de flexión y 50 alargamiento que, por ejemplo, las aleaciones AA6xxx. La combinación de los elementos activadores intermetálicos y Fe también da como resultado una aleación que tiene un tamaño de grano más pequeño que, por ejemplo, aleaciones blandas como AA1050 y AA5005. Por ejemplo, los compuestos intermetálicos pueden ser $Al_3 Fe$, $Al_4 (FeMn)$, $AlNb_2$, $Al_9 Co_2$ o similares.

55 La aleación revestida descrita en esta solicitud incluye manganeso (Mn) en una cantidad de 0,06 % a 0,25 % (por ejemplo, de 0,1 % a 0,2 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 % o 0,25 % de Mn. Todo expresado en % en peso.

60 En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud incluye níquel (Ni) en una cantidad de hasta 0,60 % (por ejemplo, de 0 % a 0,5 %, de 0 % a 0,4 %, 0,01 a 0,55 %, de 0,02 % a 0,45 %, o de 0,05 % a 0,4 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, 0,25 %, 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 %, 0,30 %, 0,31 %, 0,32 %, 0,33 %, 0,34 %, 0,35 %, 0,36 %, 0,37 %, 0,38 %, 0,39 %, 0,40 %, 0,41 %, 0,42 %, 0,43 %, 0,44 %, 0,45 %, 0,46 %, 0,47 %, 0,48 %, 0,49 %, 0,50 %, 0,51 %, 0,52 %, 0,53 %, 0,54 %, 0,55 %, 0,56 %, 0,57 %, 0,58 %, 0,59 % o 0,60 % de Ni. Todo expresado en % en peso.

ES 2 818 186 T3

0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, 0,25 %, 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 %, 0,30 %, 0,31 %, 0,32 %, 0,33 %, 0,34 %, 0,35 %, 0,36 %, 0,37 %, 0,38 %, 0,39 %, 0,40 %, 0,41 %, 0,42 %, 0,43 %, 0,44 %, 0,45 %, 0,46 %, 0,47 %, 0,48 %, 0,49 %, 0,50 %, 0,51 %, 0,52 %, 0,53 %, 0,54 %, 0,55 %, 0,56 %, 0,57 %, 0,58 %, 0,59 % o 0,60 % de Ni. En algunos casos, el Ni no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud incluye titanio (Ti) en una cantidad de hasta 0,15 % (por ejemplo, de 0 % a 0,12 %, de 0,01 % a 0,15 %, o de 0,05 % a 0,10 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 % o 0,15 % de Ti. En algunos casos, Ti no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud incluye cobalto (Co) en una cantidad de hasta 0,60 % (por ejemplo, de 0 % a 0,5 %, de 0 % a 0,4 %, de 0,01 % a 0,55 %, de 0,05 % a 0,45 %, o de 0,4 % a 0,6 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, 0,25 %, 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 %, 0,30 %, 0,31 %, 0,32 %, 0,33 %, 0,34 %, 0,35 %, 0,36 %, 0,37 %, 0,38 %, 0,39 %, 0,40 %, 0,41 %, 0,42 %, 0,43 %, 0,44 %, 0,45 %, 0,46 %, 0,47 %, 0,48 %, 0,49 %, 0,50 %, 0,51 %, 0,52 %, 0,53 %, 0,54 %, 0,55 %, 0,56 %, 0,57 %, 0,58 %, 0,59 % o 0,60 % de Co. En algunos casos, el Co no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud incluye niobio (Nb) en una cantidad de hasta 0,3 % (por ejemplo, de 0 % a 0,2 %, de 0,01 % a 0,3 %, o de 0,05 % a 0,1 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, 0,25 %, 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 % o 0,30 % de Nb. En algunos casos, Nb no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud incluye cromo (Cr) en una cantidad de hasta 0,25 % (por ejemplo, de 0 % a 0,20 %, de 0 % a 0,15 %, de 0 % a 0,10 %, de 0 % a 0,08 %, de 0 % a 0,05 %, de 0,01 % a 0,05 %, o de 0,02 % a 0,04 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 % o 0,25 % de Cr. En algunos casos, Cr no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud incluye vanadio (V) en una cantidad de hasta 0,2 % (por ejemplo, de 0 % a 0,18 %, de 0,01 % a 0,2 %, o de 0,05 % a 0,15 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 % o 0,20 % de V. En algunos casos, V no está presente en la aleación (i.e., 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud incluye zirconio (Zr) en una cantidad de hasta 0,25 % (por ejemplo, de 0 % a 0,20 %, de 0 % a 0,15 %, o de 0,01 % a 0,10 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 % o 0,25 % de Zr. En algunos casos, Zr no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud incluye hafnio (Hf) en una cantidad de hasta 0,30 % (por ejemplo, de 0 % a 0,25 % o de 0 % a 0,20 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 %, 0,20 %, 0,21 %, 0,22 %, 0,23 %, 0,24 %, 0,25 %, 0,26 %, 0,27 %, 0,28 %, 0,29 % o 0,30 % de Hf. En algunos casos, Hf no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

En algunos ejemplos, la aleación revestida descrita en esta solicitud incluye tántalo (Ta) en una cantidad de hasta 0,20 % (por ejemplo, de 0 % a 0,15 % o de 0 % a 0,10 %) basada en el peso total de la aleación. Por ejemplo, la aleación puede incluir 0,01 %, 0,02 %, 0,03 %, 0,04 %, 0,05 %, 0,06 %, 0,07 %, 0,08 %, 0,09 %, 0,10 %, 0,11 %, 0,12 %, 0,13 %, 0,14 %, 0,15 %, 0,16 %, 0,17 %, 0,18 %, 0,19 % o 0,20 % de Ta. En algunos casos, Ta no está presente en la aleación (es decir, 0 %). Todo expresado en % en peso.

Opcionalmente, las composiciones de aleación revestida descritas en esta solicitud pueden incluir, además, otros elementos menores, a los que a veces se hace referencia como impurezas, en cantidades de 0,05 % o menos, 0,04 %

o menos, 0,03 % o menos, 0,02 % o menos, o 0,01 % o menos. Estas impurezas pueden incluir, sin limitación, Zr, Sn, Ga, Ca, Bi, Na, Pb o combinaciones de las mismas. Por consiguiente, Zr, Sn, Ga, Ca, Bi, Na, o Pb pueden estar presentes en aleaciones en cantidades de 0,05 % o menos, 0,04 % o menos, 0,03 % o menos, 0,02 % o menos o 0,01 % o menos. En algunos casos, la suma de todas las impurezas no excede de 0,15 % (por ejemplo, 0,10 %). Todo
5 expresado en % en peso. El porcentaje restante de la aleación es aluminio.

Las cantidades combinadas de Fe, Mn, Cr, Ti, Co, Ni, y V presentes en la aleación revestida oscilan de 0,60 % a 0,90 % (por ejemplo, de 0,65 % a 0,85 % o de 0,70 % a 0,80 %). Por ejemplo, las cantidades combinadas de Fe, Mn, Cr, Ti, Co, Ni, y V pueden ser aproximadamente 0,60 %, 0,61 %, 0,62 %, 0,63 %, 0,64 %, 0,65 %, 0,66 %, 0,67 %, 0,68 %, 10 0,69 %, 0,70 %, 0,71 %, 0,72 %, 0,73 %, 0,74 %, 0,75 %, 0,76 %, 0,77 %, 0,78 %, 0,79 %, 0,80 %, 0,81 %, 0,82 %, 0,83 %, 0,84 %, 0,85 %, 0,86 %, 0,87 %, 0,88 %, 0,89 % o 0,90 %.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,35-0,45 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,05 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0,10-
15 0,12 % de Ti, 0-0,03 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,35-0,45 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,05 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0,10-
20 0,12 % de Ti, 0-0,03 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0,12-0,18 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,2-0,3 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0,2-0,3 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 %
25 de Ti, 0-0,03 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,35-0,45 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0,2-0,3 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 %
30 de Ti, 0-0,03 % de Co, 0,05-0,2 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,2-0,3 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0,2-0,3 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 %
35 de Ti, 0,2-0,3 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,2-0,3 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0,4-0,6 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 %
40 de Ti, 0-0,03 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,2-0,3 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,03 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 %
45 de Ti, 0,4-0,6 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,15-0,25 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,05 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 %
50 de Ti, 0,2-0,3 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,4-0,55 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0,1-0,2 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 %
55 de Ti, 0,1-0,2 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,4-0,55 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,05 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 %
60 de Ti, 0,2-0,3 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,4-0,55 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0,2-0,3 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 % de Ti, 0-0,05 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

5

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,4-0,55 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0,05-0,15 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 % de Ti, 0-0,05 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

10

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,4-0,55 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,15 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0-0,05 % de Ti, 0-0,05 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0,2-0,3 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

15

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,35-0,45 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,15-0,25 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,05 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0,1-0,12 % de Ti, 0-0,03 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,03 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

20

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,4-0,55 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,05 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0,1-0,15 % de Ti, 0-0,03 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0,02-0,1 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

25

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,4-0,55 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,05 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0,02-0,08 % de Ti, 0-0,03 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0,12-0,18 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

30

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,4-0,55 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,05 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0,1-0,15 % de Ti, 0-0,03 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,05 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0,05-0,15 % de Ta, 0-0,03 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

35

En algunos ejemplos, la aleación revestida puede tener la siguiente composición elemental: 0-0,1 % de Si, 0,4-0,55 % de Fe, 0-0,05 % de Cu, 0,11-0,17 % de Mn, 0-0,1 % de Mg, 0-0,05 % de Cr, 0-0,05 % de Ni, 0-0,05 % de Zn, 0,1-0,15 % de Ti, 0-0,03 % de Co, 0-0,03 % de Nb, 0-0,05 % de V, 0-0,03 % de Zr, 0-0,03 % de Ta, 0,15-0,25 % de Hf, hasta 0,15 % de impurezas y el Al restante.

40

Como se describió anteriormente, las láminas de metal de capas múltiples pueden contener una capa de revestimiento o más de una capa de revestimiento. En algunos casos, las láminas de metal de capas múltiples contienen solo una primera capa de revestimiento. En algunos casos, las láminas de metal de capas múltiples contienen una primera capa de revestimiento y una segunda capa de revestimiento. En algunos casos, la primera capa de revestimiento y la segunda capa de revestimiento son idénticas en composición. En algunos casos, la primera capa de revestimiento y la segunda capa de revestimiento difieren en composición.

45

El espesor de la primera capa de revestimiento y la segunda capa de revestimiento puede ser de aproximadamente 2,5 % a aproximadamente 20 % del espesor total de la lámina. Por ejemplo, la primera y la segunda capas de revestimiento pueden ser cada una aproximadamente 20 %, 19,5 %, 19 %, 18,5 %, 18 %, 17,5 %, 17 %, 16,5 %, 16 %, 15,5 %, 15 %, 14,5 %, 14 %, 13,5 %, 13 %, 12,5 %, 12 %, 11,5 %, 11 %, 10,5 %, 10 %, 9,5 %, 9 %, 8,5 %, 8 %, 7,5 %, 7 %, 6,5 %, 6 %, 5,5 %, 5 %, 4,5 %, 4 %, 3,5 %, 3 %, o 2,5 % del espesor total de la lámina. La primera capa de revestimiento y la segunda capa de revestimiento pueden tener el mismo espesor entre sí, aunque no es necesario.

50

55 *Procedimientos de elaboración*

Las láminas de metal de capas múltiples, como se describe en esta solicitud, incluyen una capa central, una primera capa de revestimiento, y opcionalmente una segunda capa de revestimiento y pueden elaborarse mediante el uso de cualquier procedimiento convencional conocido por los expertos en la materia. Una capa revestida como se describe en esta solicitud puede acoplarse a una capa central como se describe en esta solicitud a través de cualquier medio conocido por un experto en la materia. Por ejemplo, una capa revestida puede acoplarse a una capa central mediante cofundición de enfriamiento directo como se describe, por ejemplo, en las patentes de Estados Unidos núms.

60

7.748.434 y 8.927.113; mediante laminación en caliente y en frío de un lingote fundido compuesto como se describe en la patente de Estados Unidos núm. 7.472.740; o mediante unión por laminación para alcanzar la unión metalúrgica requerida entre el centro y el revestimiento. Opcionalmente, la lámina de metal de capas múltiples se puede elaborar mediante laminación de metal en caliente o similar para unir el revestimiento y el centro.

5 Opcionalmente, las aleaciones descritas en esta solicitud para su uso como el centro y las capas de revestimiento pueden fundirse utilizando cualquier método de fundición adecuado conocido por los expertos en la materia. Como algunos ejemplos no limitantes, el proceso de fundición puede incluir un proceso de fundición de enfriamiento directo (DC) y un proceso de fundición continua (CC). El proceso de fundición se puede realizar según los estándares
10 comúnmente utilizados en la industria del aluminio, como los conoce un experto en la materia. El proceso de CC puede incluir, entre otros, el uso de fundidores de correa doble, fundidores de doble rodillo o fundidores de bloques.

En algunos ejemplos, el proceso de fundición se realiza mediante un proceso de fundición de DC para formar un lingote de fundición. El lingote fundido puede ser sometido a otras etapas de procesamiento. En algunos ejemplos, las
15 etapas de procesamiento incluyen someter el lingote de metal a una etapa de homogeneización, una etapa de laminación en caliente, una etapa de laminación en frío, y/o una etapa de recocido, como les consta a los expertos en la materia.

En la etapa de homogeneización, un lingote preparado a partir de las composiciones de aleación descritas en esta
20 solicitud se calienta a una temperatura que varía de aproximadamente 500 °C a aproximadamente 580 °C. El lingote se deja en remojo (es decir, se mantiene a la temperatura indicada) durante un período de tiempo. En algunos ejemplos, el lingote se deja en remojo hasta 48 horas.

Después de la etapa de homogeneización, se puede realizar una etapa de laminación en caliente. Antes del inicio de
25 la laminación en caliente, se puede dejar que el lingote homogeneizado se enfríe a aproximadamente 480 °C. Los lingotes se pueden laminar en caliente hasta un calibre de 4 mm a 16 mm de espesor. La temperatura de laminación en caliente puede variar de aproximadamente 200 °C a 450 °C.

Opcionalmente, se puede realizar una etapa de laminación en frío para obtener un calibre intermedio. El calibre
30 laminado puede entonces someterse a un proceso de recocido a una temperatura de aproximadamente 250 °C a aproximadamente 450 °C, con un tiempo de remojo de aproximadamente 2 horas y enfriamiento controlado a temperatura ambiente (por ejemplo, aproximadamente 20 °C a aproximadamente 25 °C)., incluidos 20 °C, 21 °C, 22 °C, 23 °C, 24 °C o 25 °C) a una velocidad de aproximadamente 5 °C/hora hasta 200 °C/hora. Después del procedimiento de recocido, el calibre laminado puede laminarse en frío a un espesor de calibre final de
35 aproximadamente 0,7 mm a 2,2 mm. La laminación en frío se puede realizar para dar como resultado un espesor de calibre final que representa una reducción general de calibre de 20 % a 95 %. Posteriormente, el paquete de capas múltiples puede someterse a una etapa de tratamiento térmico de solución a una temperatura de aproximadamente 500 °C a 580 °C, con inactivación con aire o agua.

Después de la etapa de tratamiento térmico de la solución, el paquete de capas múltiples puede someterse
40 opcionalmente a un tratamiento de preenvejecimiento calentándolo a una temperatura de aproximadamente 40 °C a 140 °C durante un período de tiempo de aproximadamente 30 minutos a 8 horas. Por ejemplo, el tratamiento previo al envejecimiento se puede realizar a una temperatura de 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C, 90 °C, 100 °C, 110 °C, 120 °C, 130 °C o 140 °C. Opcionalmente, el tratamiento previo al envejecimiento se puede realizar durante 30 minutos,
45 1 hora, 2 horas, 3 horas, 4 horas, 5 horas, 6 horas, 7 horas u 8 horas.

Propiedades de las aleaciones y las láminas de metal de capas múltiples

Las aleaciones y las láminas de metal de capas múltiples, como se describe en esta solicitud, tienen altas capacidades
50 de formación y muestran una capacidad de flexión y alargamiento excepcionales. Las aleaciones muestran un alargamiento en la rotura (A_{80}) de al menos 20 % (por ejemplo, al menos 25 %, al menos 30 %, o al menos 35 %) y un alargamiento uniforme (A_9) de al menos 18 % (por ejemplo, al menos 20 % o al menos 27 %). Las aleaciones y las láminas también son altamente reciclables.

55 Las aleaciones descritas en esta solicitud, particularmente las aleaciones para utilizar como capas de revestimiento, pueden alcanzar ángulos de flexión muy bajos. Por ejemplo, las aleaciones descritas en esta solicitud pueden alcanzar ángulos de flexión menores a 9 ° después de ser sometidas a un predeformación uniaxial a 15 % a 90 ° en la dirección de laminación y/o envejecimiento a 180 °C durante hasta 10 horas según métodos conocidos por los expertos en la materia.

60 Las aleaciones descritas aquí, particularmente las aleaciones para utilizar como capas de revestimiento, pueden utilizarse para producir una lámina que tiene un tamaño de grano fino. Como se usa en esta solicitud, un tamaño de

grano fino se refiere a un tamaño de grano dentro del intervalo de aproximadamente 10 micras a aproximadamente 30 micras.

Las aleaciones para su uso como capas de revestimiento muestran simultáneamente un tamaño de grano fino junto con un alto alargamiento en la rotura (A_{80}) en las direcciones longitudinal, transversal y diagonal en la dirección de laminación. En estos ejemplos, el contenido combinado de Fe, Mn, Cr, Ti, Co, Ni, y/o V presente en la aleación puede oscilar de 0,60 % en peso a 0,90 % en peso (por ejemplo, de 0,65 % en peso a 0,85 % en peso o de 0,70 % en peso a 0,80 % en peso).

10 Procedimientos de utilización

Las aleaciones de aluminio y las láminas de metal de capas múltiples descritas en esta solicitud se pueden utilizar en aplicaciones de transporte, incluidas aplicaciones automotrices, aeronáuticas y ferroviarias. En algunos casos, las aleaciones y las láminas se pueden utilizar para preparar productos de partes de carrocería de vehículos de motor, como un panel lateral de la carrocería, un panel exterior de la puerta, un panel exterior de la tapa del maletero o un capó exterior. La lámina de metal de capas múltiples también se puede utilizar para producir paneles interiores de puertas de embutición profunda, paneles interiores de tapa de maletero complicados, así como paneles interiores y túneles estructurales altamente deformados. Las aleaciones de aluminio y las láminas de metal de capas múltiples descritas en esta solicitud también se pueden utilizar en aplicaciones de aeronaves o vehículos ferroviarios, para preparar, por ejemplo, paneles externos (por ejemplo, paneles de revestimiento exterior) e internos.

Los siguientes ejemplos servirán para ilustrar adicionalmente la presente invención sin que, al mismo tiempo, constituyan ninguna limitación de la misma. Por el contrario, puede recurrirse a diversas realizaciones, modificaciones y equivalentes de las mismas que, después de leer la descripción en esta solicitud, pueden sugerirse a los expertos en la materia sin apartarse del espíritu de la invención. Durante los estudios descritos en los siguientes ejemplos, se siguieron procedimientos convencionales, a menos que se indique de otra forma. Algunos de los procedimientos se describen a continuación con fines ilustrativos.

EJEMPLO 1

Las aleaciones para utilizar como las capas de revestimiento como se describe en esta solicitud se prepararon fundiendo en moldes las aleaciones en lingotes, homogeneizando los lingotes a 540 °C durante 10 horas, laminando en caliente los lingotes homogeneizados a 340 °C - 370 °C, y luego permitiendo que las láminas laminadas en caliente se enfriaran a temperatura ambiente. Posteriormente, las láminas fueron laminadas en frío a 1 mm y recocidas a una temperatura máxima de metal de 540 °C durante 70 segundos.

Los intervalos de composición elemental para las aleaciones preparadas se muestran en la Tabla 8. La aleación comparativa 1 es una aleación AA8079 que contiene principalmente aluminio y hierro. La aleación comparativa 2 es una aleación AA1050, La aleación comparativa 3 es una aleación AA5005, Las aleaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 son aleaciones ejemplares descritas en esta solicitud.

Tabla 8

Aleación	Si	Fe	Mn	Mg	Ni	Ti	Co	V	Nb
Aleación comparativa 1 "Ref. AA8079"	0,04	1,1	-	-	-	-	-	-	-
Aleación comparativa 2 "Ref. AA1050"	0,03	0,1	-	-	-	-	-	-	-
Aleación 1	0,08	0,24	0,14	-	0,23	-	-	-	-
Aleación 2	0,09	0,22	0,13	-	0,22	-	0,23	-	-
Aleación 3	0,07	0,42	0,14	-	0,22	-	-	-	0,07
Aleación 4	0,09	0,44	0,14	-	-	0,11	-	0,15	-
Aleación 5*	0,06	0,14	-	-	0,54	-	-	-	-
Aleación 6*	0,07	0,14	-	-	-	-	0,56	-	-
Aleación comparativa 3 "Ref. AA5005"	0,10	0,30	0,08	1,0	-	-	-	-	-
Aleación 7*	0,09	0,21	0,16	0,51	-	-	-	-	-
Aleación 8*	0,09	0,21	0,15	0,51	-	0,10	-	-	-

Aleación	Si	Fe	Mn	Mg	Ni	Ti	Co	V	Nb
Aleación 9*	0,09	0,45	0,14	0,50	-	0,10	-	-	-

Todo expresado en % en peso. Hasta 0,15 % en peso impurezas. El resto es Al.

* no según la invención

Alargamiento y flexión

5 Se midieron las propiedades de alargamiento y flexión de las aleaciones ejemplares y comparativas. El alargamiento se midió según el método DIN EN ISO 6892-1:2009, a 90 ° en la dirección de laminación. El ángulo de flexión interno (β) se midió después de un predeformación uniaxial de la muestra 10 % o 15 % transversal en la dirección de laminación o después del envejecimiento artificial a 180 °C durante 10 horas. En la Figura 14 se proporciona una

10 ilustración que representa el significado del ángulo de flexión interno (β). La prueba de flexión se realizó según el procedimiento DIN EN ISO 7438; la línea de flexión era paralela en la dirección de laminado, la distancia entre los dos rodillos antes de la flexión era de dos veces el espesor del metal flexionado, y el radio del punzón era de 0,2 mm con un ángulo de punzón de 3°.

15 Como se muestra en la Figura 1, las aleaciones 1, 2, 3, 4 y 7 mostraron porcentajes relativamente altos de alargamiento uniforme (A_g) y alargamiento en la rotura (A_{80}). Las aleaciones 8 y 9, que contienen Ti y Mn, mostraron valores mejorados de A_g y A_{80} sobre la aleación AA5005 representada como aleación Comparativa 3, que no incluye Ti o Mn. La aleación comparativa 3 también incluye más Mg que las aleaciones 8 y 9,

20 Todas las aleaciones ejemplares mostraron muy buenas propiedades de flexión en comparación con las aleaciones comparativas. La figura 2 muestra los ángulos de flexión después de que las aleaciones fueron sometidas a un alargamiento del 15 % ("predeformación 15 % T" en la figura 2), un alargamiento del 10 % ("predeformación 10 % T" en la figura 2), y después tratamiento térmico a 180 °C durante 10 horas ("envejecimiento T6 (180°/10 h)" en la figura 2).

25 Las aleaciones también se probaron para determinar el grado de deformación de formación, como defectos de la cáscara de naranja. Como se muestra en la figura 3, la aleación 8 no mostró efectos de cáscara de naranja, mientras que la aleación comparativa 2 exhibió graves defectos de cáscara de naranja.

30 *Estructura de grano*

Las estructuras de grano para las aleaciones comparativas y las aleaciones ejemplares descritas en esta solicitud se analizaron mediante microscopía óptica utilizando una técnica de difracción retrodispersada de electrones en un microscopio electrónico de barrido (SEM-EBSD). Para el método de microscopía óptica, las muestras se prepararon

35 siguiendo procedimientos metalográficos estándar conocidos por los expertos en la materia. Las muestras se anodizaron mediante el uso del reactivo de Barker a un voltaje de 30 V durante 2 minutos. Para preparar una solución de 1000 ml de reactivo de Barker, se mezclaron 60 ml de solución de ácido tetrafluorobórico (32 %) con 940 ml de agua. La estructura del grano se observó bajo luz polarizada mediante el uso de un microscopio Leica DM6000 (Leica Microsystems Inc.; Buffalo Grove, IL). La figura 4 contiene imágenes de aleaciones y sus respectivas imágenes de

40 estructura de grano para aleaciones comparativas y aleaciones ejemplares. Las figuras 5 y 6 muestran que aumentar los porcentajes en peso Fe, Ni, Co y Nb reduce el tamaño de grano. Asimismo, la aleación 4 (véase la figura 5), que contiene 0,4 % de Fe, 0,1 % de Ti, 0,1 % de V, y 0,1 % de Mn, exhibe un tamaño de grano fino. La figura 6 muestra que la aleación 6, que incluye Co, y la aleación 5, que incluye Ni, tienen un tamaño de grano muy fino. Ambas aleaciones 4 y 5 tienen un contenido muy bajo de Fe.

45 La difracción de retrodispersión de electrones (EBSD) se realizó en un microscopio electrónico de barrido de emisión de campo (Zeiss SUPRA-40; Carl Zeiss Microscopy GmbH; Jena, Alemania) y se analizó mediante el uso de un analizador de datos Oxford - Canal 5. Se estableció un nivel umbral para los límites de grano como 10 ° de desorientación. Las imágenes obtenidas del EBSD se muestran en la figura 7 para la aleación comparativa 2 (rotulada como "Ref. AA1050"), la aleación comparativa 1 (rotulada como "Ref. AA8079"), aleación 6, aleación 2, aleación 3 y

50 aleación 4. El tamaño de grano se midió para las aleaciones con EBSD y los datos se proporcionan en la Tabla 9, donde D_x es el diámetro de grano promedio paralelo al eje x y D_y es el diámetro promedio de grano paralelo al eje y.

Tabla 9

Aleación	D_x (μm)	D_y (μm)
Comp. 2 ("Ref. AA1050")	48	47
Comp. 1 ("Ref. AA8079")	18	18

Aleación	Dx (µm)	Dy (µm)
2	22	21
3	20	19
4	16	17
6*	20	19

*no según la invención

Se analizó el efecto de la textura en los tipos de aleación. No hubo un efecto significativo sobre las propiedades de las aleaciones, como el alargamiento y la flexión, como resultado de las variaciones en la textura.

5

La estructura del grano también se analizó para la aleación comparativa 3 ("Ref. AA5005 "), aleación 7, aleación 8 y aleación 9 (véase la figura 8). No hubo una reducción significativa del grano para las aleaciones 7 y 8, que contienen 0,2 % en peso de Fe, en comparación con una aleación comparativa 3. Sin embargo, la adición de 0,45 % en peso de Fe, 0,14 % en peso de Mn, y 0,1 % en peso de Ti produce un tamaño de grano fino (aleación 9).

10

En síntesis, los datos muestran que un muy buen desempeño de flexión y de tamaño de grano fino proviene de incluir Fe a un nivel de 0,4 % en peso, como se muestra en las aleaciones 4 y 9. Además, la adición de Co, Ni, y/o Nb conduce de manera similar a un buen desempeño de flexión y de tamaño de grano fino proviene de niveles de Fe más bajos (por ejemplo, 0,25 % en peso), como se muestra en la aleación 2.

15

EJEMPLO 2

Las láminas de metal de capas múltiples se prepararon fundiendo un lingote que estaba doblemente revestido sobre un centro AA6016, homogeneizando el lingote a 545 °C +/- 5 °C durante al menos cuatro horas, y laminando en caliente el lingote a un espesor de 10 mm a una temperatura adecuada para el recocido automático (aproximadamente 430 °C). Las láminas laminadas en caliente se laminaron a continuación en frío a un espesor de 1,02 mm y, a continuación, la solución se trató térmicamente a una temperatura de metal pico que oscila de 545 °C a 565 °C. Opcionalmente, se realizó una etapa de interconexión a 4 mm a una temperatura de 350 °C durante 2 horas (véase la tabla 10).

25

Como se muestra en la tabla 10, la aleación AA6016 se usó como centro para la muestra A y la aleación 12 se utilizó como revestimiento para la muestra A. Véase la tabla 11 para la aleación 12, La aleación 12 contiene 0,4 % en peso de Fe, 0,14 % en peso de Mn, y 0,1 % en peso de Ti. La aleación AA6016 también se usó como centro para la muestra B y la aleación 13 se usó como las capas de revestimiento para la muestra B. Véase la tabla 11 para la aleación 13, La aleación 13 es similar a la aleación 12, excepto que la aleación 13 adicionalmente incluye 0,15 % en peso de V. Las muestras comparativas A y B incluyen cada una la aleación AA6016 como el centro y 11 % de la aleación comparativa 4 como las capas de revestimiento. La muestra comparativa C incluye AA6016 como centro y una aleación AA5005 como capas de revestimiento.

35

Tabla 10

Muestra	Etapas de interconexión	Centro	Revestimiento
A	No	AA6016	Aleación 12; 2 lados donde cada capa es 11 % del espesor de la capa central
B	No	AA6016	11 % de aleación 13; 2 lados donde cada capa es 11 % del espesor de la capa central
Muestra comparativa A	Sí	AA6016	Aleación comparativa 4; 2 lados donde cada capa es 11 % del espesor de la capa central
Muestra comparativa B	No	AA6016	Aleación comparativa 4; 2 lados donde cada capa es 11 % del espesor de la capa central
Muestra comparativa C	No	AA6016	AA5005; 2 lados donde cada capa es 11 % del espesor de la capa central

Tabla 11

Elemento	Centro	Revestimiento		
		Aleación 12 (% en peso)	Aleación 13 (% en peso)	Aleación comparativa 4 (% en peso)
Si	1,35	0,05	0,05	0,18
Fe	0,2	0,37	0,40	1,0
Cu	0,11	0,005	0,005	0,005
Mn	0,08	0,13	0,13	0,005
Mg	0,31	0,05	0,05	0,05
Cr	0,01	0,005	0,005	0,005
Ni	-	-	-	
Zn	-	-	-	
Ti	0,02	0,12	0,10	0,01
V	0,008	-	0,13	0,008

Todo expresado en % en peso. Hasta 0,15 % en peso impurezas. El resto es Al.

Reciclabilidad

- 5 Para propósitos de reciclaje, el contenido de Fe de la lámina de capas múltiples debería ser de 0,28 % o menor para evitar chatarra 6xxx que contiene Fe. Niveles de Fe más altos que 0,28 % en una aleación 6xxx (por ejemplo, una aleación AA6016 o una aleación AA6014) tienen efectos perjudiciales sobre el alargamiento y la flexión. El contenido elemental de una lámina de capas múltiples como se describe en esta solicitud (muestra C), que contiene 0,45 % en peso de Fe en las capas revestidas, y de una lámina de capas múltiples comparativa (muestra comparativa D), que contiene 1,1 % de Fe en las capas revestidas, se muestran en las tablas 12 y 13, respectivamente. Como se muestra en la tabla 12, el contenido de hierro de las láminas de capas múltiples como se describe en esta solicitud era de 0,25 %, que se encuentra dentro del límite aceptable en términos de reciclabilidad. El contenido de hierro de la lámina de capas múltiples comparativa, preparada mediante el uso de un revestimiento de AA8079, fue de 0,38 %, que indica que la lámina de capas múltiples comparativa no es adecuada para reciclaje (véase la tabla 13).

15

Tabla 12

Muestra C					
	Espesor de la capa (%)	Fe (%)	Mn (%)	Ti (%)	V (%)
Revestimiento	1,00 %	0,45	0,14	0,10	0,015
Centro	80,0 %	0,2	0,08	0,02	0,008
Elemento total en la lámina de capas múltiples		0,25	0,092	0,0360	0,0364

Tabla 13

Muestra comparativa D				
	Espesor de la capa (%)	Fe (%)	Ti (%)	V (%)
Revestimiento	10,0%	1,1	0,01	0,008
Centro	80,0 %	0,2	0,02	0,008
Elemento total en la lámina de capas múltiples		0,38	0,0180	0,008

20 Estructura de grano

- Como se describió anteriormente, se necesita un tamaño de grano fino para dibujar piezas que exijan una alta conformación y también para evitar los efectos de la cáscara de naranja. Se analizó la estructura de grano para cada una de las muestras A y B y las muestras comparativas A y B. Como se muestra en la figura 9, el tamaño de grano en las muestras A y B, que contenían 0,45 % en peso de Fe en la capa de revestimiento, es relativamente pequeño y similar en tamaño a la muestra comparativa B, que contenía 1 % en peso de Fe en la capa de revestimiento. Los tamaños de grano de las muestras A y B son más pequeños que la muestra comparativa A, que se procesó mediante el uso de una etapa de interconexión, como se describió anteriormente. El tamaño de grano en la muestra A también se comparó con la muestra comparativa C. Como se muestra en la Figura 10, el tamaño de grano en la muestra A es

25

más fino que en la muestra comparativa C.

Distribución de tamaño de partícula (μm)

- 5 La distribución de partículas de Fe se analizó para cada una de las muestras A y B y las muestras Comparativas A y B. Como se muestra en la Figura 11, el tamaño de partícula de Fe en las Muestras A y B es pequeño. Las muestras comparativas A y B, que tienen un alto contenido de Fe, poseen más partículas de Fe que las muestras A y B. Como las muestras A y B tienen un tamaño de grano similar o menor en comparación con las muestras comparativas A y B, el tamaño de grano fino de las muestras A y B resulta del tamaño de partícula fino de Fe y también del efecto de
- 10 elementos promotores intermetálicos, como Mn, Ni, Ti, Co, Nb, Cr, Zr, Hf, Ta y V.

Alargamiento y flexión del paquete de capas múltiples en comparación con una aleación central monolítica

- Alto alargamiento y la muy buena flexión son criterios claves para las piezas que requieren una alta conformación, como las partes de vehículos de motor (por ejemplo, carrocería, paneles internos de la puerta, paneles internos de la
- 15 tapa del maletero, paneles externos de la tapa del maletero, paneles internos del capó, piezas de la pared frontal), etc.) La muestra A, como se describió anteriormente, y la aleación central monolítica de la muestra A se sometieron a 15 % de predeformación. El alargamiento y el ángulo de flexión interno se compararon para la aleación central monolítica de la muestra A y para la muestra A. Se logró un alto alargamiento tanto con la aleación central monolítica
- 20 como con el paquete de capas múltiples como se describe en esta solicitud mediante el uso de diferentes etapas de solución de tratamiento térmico. Véase la figura 12, Sin embargo, la muestra A mostró una flexión superior en comparación con la aleación del centro de la muestra A. Específicamente, la muestra A (es decir, un paquete de capas múltiples) mantuvo una flexión muy buena con un ángulo de flexión interno menor que 15 ° y un alargamiento (Ag) de 90 ° en la dirección de laminación, de más de 23 %.

25

Resistencia

- Para piezas de embutición profunda automotriz, se requiere una menor resistencia entrante para minimizar los efectos de recuperación elástica. Según los estándares de la industria, se garantiza que la resistencia entrante estará dentro
- 30 de un cierto intervalo hasta 6 meses después del tratamiento térmico con solución. Por lo tanto, las partes adecuadas deben demostrar estabilidad en las propiedades de resistencia durante un período de tiempo al mantener valores de resistencia entre 70 MPa y 110 MPa. Los niveles de resistencia para las muestras A y B se midieron en diferentes días después del tratamiento térmico con solución (SHT) según DIN EN ISO 6892-1:2009 y 90 ° en la dirección de laminación. Los niveles de resistencia de los paquetes de capas múltiples como se describen en esta solicitud, como
- 35 las muestras A y B descritas anteriormente, permanecieron dentro del intervalo de 70 MPa a 110 MPa hasta 180 días. Véase la figura 13,

Respuesta de horneado de pintura

- 40 La respuesta mínima de horneado de pintura para paquetes de capas múltiples Las muestras A y B se determinaron después de 2 % de predeformación a 90 ° en la dirección de laminación y envejecimiento artificial de 185 °C durante 20 minutos. El límite elástico, determinado como el valor $R_{p0,2}$ fue mayor que 160 MPa. El límite elástico máximo, determinado como el valor de R_m , fue mayor que 220 MPa. El alargamiento total, determinado como el valor A_{80} fue mayor que 18 %.

45

Matriz cruzada

- Se realizaron pruebas de matriz cruzada en el centro de la muestra A y en las muestras A y B. Véase la tabla 10. Las pruebas de matriz cruzada se realizaron con una herramienta estándar de matriz cruzada a una fuerza de estampado
- 50 de 25 kN, una velocidad de estampado de 20 mm/min, y una profundidad de estampado de entre 40-60 mm. El tamaño de las piezas en bruto iniciales fue de 250 mm de ancho y 250 mm de largo y el espesor inicial fue de 1,02 mm. Las láminas se lubricaron mediante el uso de una barra de pulverización electrostática con una colada en caliente a un peso de revestimiento de 1,5 g/m² para eliminar los posibles efectos de fricción durante la prueba de matriz cruzada.
- 55 Como se muestra en la figura 20, las muestras A y B tuvieron un mejor desempeño en la prueba de estampado de matriz cruzada que el centro comparativo de la muestra A. Específicamente, la muestra A proporcionó una profundidad de 58 mm y la muestra B proporcionó una profundidad de 55 mm, mientras que el centro comparativo de la muestra A proporcionó una profundidad de solo 45 mm.

60 *Corrosión y unión*

Para los paneles automotrices, las aleaciones formadas a partir de los lingotes deben ser resistentes a las pruebas de

corrosión automotriz como el pulverizador de sal de ácido acético acelerado con cobre (CASS) y las pruebas filiformes. La prueba CASS expone las muestras a un entorno altamente corrosivo para el análisis de resistencia a la corrosión. La prueba filiforme se emplea para analizar la corrosión de muestras de aleaciones recubiertas. Otro criterio importante puede ser el desempeño de unión de la superficie del revestimiento ejemplar.

5 El centro de la muestra B y la muestra B revestida central se analizaron para comparación. La figura 21 muestra los resultados de analizar el rendimiento de la unión de las diferentes aleaciones. Se usó una prueba de niebla salina neutra (NSS 35 °C) para evaluar el desempeño de la unión de las aleaciones. La prueba NSS 35 °C se realizó según las especificaciones conocidas por los expertos en la materia y consistentes con lo siguiente: el adhesivo de unión
10 utilizado para la prueba NSS 35 °C fue BETAMATE™ BM1630 (Dow Automotive Systems). Las muestras unidas fueron fosfatadas con Zn y recubiertas con E antes de la prueba NSS a 35 °C. La pérdida de resistencia se midió según la norma de prueba DIN EN 1465, La muestra B, así como el centro de la muestra B, mostraron buenos resultados de unión, incluso después de una exposición de 3000 horas a un entorno corrosivo definido en la norma DIN EN ISO 9227, No se observó la pérdida de resistencia máxima permitida del 20 % para ninguna de las aleaciones.

15 Las figuras 22A y 22B muestran los resultados del análisis superficial de la muestra B, el centro de la muestra B y una aleación comparativa, AA6014, después de las pruebas CASS. La prueba CASS se realizó según la norma DIN EN ISO 9227, Antes de la exposición a condiciones corrosivas, las muestras fueron fosfatadas con Zn y recubiertas con E según las especificaciones conocidas por los expertos en la materia, y luego preparadas con raspones según DIN
20 EN ISO 17872. La figura 22A muestra que la ampolla promedio en el recubrimiento medida en los raspones corroídos fue menor que 1 mm. La figura 22B muestra la cobertura de las ampollas en el recubrimiento a lo largo de los raspones. La figura 22B muestra que ambas aleaciones, la muestra B y el centro de la muestra B, demostraron una resistencia superior a la formación de ampollas que la aleación comparativa AA6014,

25 Las figuras 23A y 23B muestran los resultados del análisis superficial de la muestra B, el centro de la muestra B y la aleación comparativa, AA6014, después de la prueba filiforme. Las muestras fueron fosfatadas con Zn y recubiertas con E. Las muestras se analizaron en condiciones de corrosión filiforme según DIN EN ISO 9227, Los tamaños de filamento se midieron según DIN EN ISO4628-10, Tanto la muestra B como el centro de la muestra B se desempeñaron tan bien o mejor que la aleación comparativa AA6014,

30 Tanto en la CASS como en las pruebas de corrosión filiforme, las aleaciones ejemplares descritas en esta solicitud demostraron una resistencia a la corrosión superior en comparación con la aleación comparativa AA6014,

Resumen

35 Piezas que requieren una alta formación, como las piezas de vehículos de motor (por ejemplo, lados de la carrocería) requieren un alargamiento máximo, propiedades de flexión superiores, tamaño de grano fino y deben ser altamente reciclables. Como se describió anteriormente y se resume en la Tabla 14 a continuación, los paquetes de varias capas de las muestras A y B son capaces de cumplir con cada uno de estos requisitos. Las láminas comparativas de capas
40 múltiples, que contienen capas de revestimiento preparadas a partir de aleaciones AA1050, AA8079 o AA5005, sufrieron en una o más de las áreas requeridas.

Tabla 14

Propiedades	Revestida con ref. AA1050	Revestida con ref. AA8079	Revestida con ref. AA5005	Muestras A y B
Reciclaje	Bueno	Muy malo (alto contenido de Fe)	Bueno	Bueno
Alargamiento %	Bueno	Bueno	Suficiente	Bueno
Tamaño de grano	Malo (piel de naranja)	Bueno	Malo (piel de naranja)	Bueno
Flexión	Buena	Buena	Suficiente	Buena

45 EJEMPLO 3

Las aleaciones para uso como capas de revestimiento como se describe en esta solicitud se prepararon como se describe anteriormente en el ejemplo 1. Los intervalos de composición elemental para las aleaciones preparadas se muestran en la tabla 15, La aleación comparativa 5 es una aleación que contiene principalmente aluminio, silicio y
50 hierro. La aleación comparativa 6 es una aleación que contiene principalmente aluminio, silicio, hierro y manganeso. Las aleaciones 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 y 24 son aleaciones prototípicas.

Tabla 15

Aleación	Si	Fe	Mn	Cr	Ti	Zr	V	Co	Ni
Aleación comparativa 5	0,03	0,85	-	-	-	-	-	-	-
Aleación comparativa 6	0,10	1,04	0,19	-	-	-	-	-	-
Aleación 14*	0,08	0,43	-	-	-	-	-	-	-
Aleación 15*	0,08	0,44	0,14	-	-	-	-	-	-
Aleación 16	0,08	0,44	0,14	0,10	-	-	-	-	-
Aleación 17*	0,08	0,44	0,14	-	-	0,15	-	-	-
Aleación 18*	0,08	0,19	0,14	-	-	-	-	0,23	-
Aleación 19	0,08	0,44	0,14	-	-	-	-	-	0,23
Aleación 20	0,08	0,45	0,14	-	-	-	-	0,24	-
Aleación 21	0,08	0,47	0,14	-	-	-	-	0,14	0,15
Aleación 22	0,08	0,47	0,15	-	0,05	-	0,14	-	-
Aleación 23	0,08	0,48	0,14	-	0,13	-	0,06	-	-
Aleación 24*	0,08	0,49	0,20	-	0,11	-	0,14	-	-

Todo expresado en % en peso. Hasta 0,15 % en peso impurezas. El resto es Al.

* no según la invención

5 Resistencia y alargamiento

Se midieron las propiedades de resistencia y alargamiento de las aleaciones enumeradas en la tabla 15, en el temple T4, Véanse los ejemplos 15 y 16, El límite elástico y la resistencia a la tracción se midieron según el método DIN EN ISO 6892-1:2009, a 0 ° (longitudinal), 45 ° y 90 ° (transversal) en la dirección de laminación. El alargamiento se midió según el método DIN EN ISO 6892-1:2009, a 0 °, 45 ° y 90 ° en la dirección de laminación.

Como se muestra en la figura 15, las aleaciones 14-24, que contenían Fe en el intervalo de 0,2 a 0,45 % en peso, exhibieron límites elásticos ($R_{p0,2}$) y resistencia a la tracción (R_m) similares que las aleaciones que contenían cantidades mayores de Fe (es decir, ejemplos comparativos 5 y 6). Como se muestra en la figura 16, las aleaciones 14-24 mostraron porcentajes de alargamiento uniforme (A_g) y alargamiento en la rotura (A_{80}) uniformes relativamente altos en todas las direcciones medidas. Además, las aleaciones que contenían 0,45 % en peso o 0,48 % en peso de Fe en combinación con Mn, Ti, y V (es decir, aleaciones 22, 23, y 24) produjeron un alto alargamiento en los valores de rotura (A_{80}) en las tres direcciones y, en particular, a 0° en la dirección de laminado. La figura 17 muestra la diferencia entre los porcentajes de alargamiento en la rotura y de alargamiento uniforme para la aleación comparativa 5, la aleación comparativa 6 y las aleaciones 14-24 a 0 °, 45 ° y 90 ° en la dirección de laminación. También se midieron las propiedades de alargamiento de las aleaciones en el temple T62 en la dirección transversal. El temple T62 se logró calentando la aleación durante 30 minutos a 205 °C. Como se muestra en la figura 17, las aleaciones que contienen Ti y V (es decir, aleaciones 22, 23 y 24) dieron como resultado valores altos de A_{80} en la dirección transversal.

25 Tamaño de grano

El tamaño de grano para las aleaciones comparativas y las aleaciones ejemplares se analizó mediante microscopía óptica mediante el uso de una técnica de difracción retrodispersada de electrones en un microscopio electrónico de barrido (SEM-EBSD). Como se muestra en la figura 18, las aleaciones 14 y 15 que contienen hierro y aluminio solamente o hierro, manganeso y aluminio solamente dieron como resultado tamaños de grano relativamente grandes. Sin embargo, las aleaciones 16 y 19-24 muestran todas valores de tamaño de grano de 25 μm y menores. Las aleaciones 17 y 18 mostraron un tamaño de grano entre 25 μm y 30 μm . Las imágenes SEM de la aleación 14 y la aleación 16 se muestran y comparan en las figuras 19A y 19B.

35 Resumen

En algunos casos, se observó una conformabilidad óptima en aleaciones con el tamaño de grano promedio más pequeño, mayor alargamiento (A_{80}) a 0° (indicado como "L"), 45°, y 90° (indicado como "T") en la dirección de laminación y la composición combinada de Fe, Mn, Cr, Ti, Co, Ni y V estaba entre 0,60 y 0,90 % en peso (por ejemplo, 0,60 % en peso \leq [Fe + Mn + Cr + Ti + Co + Ni + V] \leq 0,90 % en peso).

EJEMPLO 4

Las aleaciones para uso como capas de revestimiento como se describe en esta solicitud se prepararon como se describe anteriormente en el ejemplo 1. Los intervalos de composición elemental para las aleaciones preparadas se muestran en la tabla 16. Las aleaciones 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34 y 35 son aleaciones ejemplares. Para aumentar el contenido de reciclaje de la aleación de fundición por fusión con chatarra proveniente de las aleaciones 2xxx, 5xxx, 6xxx y 7xxx de la aleación central, se sometieron a prueba algunas adiciones de Si, Cu, Mg y Zn en la capa de revestimiento.

Tabla 16

Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Hf	Ta	Ti
Aleación 25	0,04	0,51	0,06	0,14					0,08
Aleación 26	0,04	0,41	0,19	0,14					0,12
Aleación 27	0,03	0,37	0,4	0,14					0,11
Aleación 28	0,11	0,32	0,2	0,14		0,2			0,15
Aleación 29	0,09	0,48		0,14		0,2			0,11
Aleación 30	0,05	0,51		0,14		0,41			0,07
Aleación 31*	0,05	0,29		0,15	0,2				0,05
Aleación 32*	0,05	0,33		0,15	0,35				0,08
Aleación 33	0,11	0,37		0,15	0,21				0,11
Aleación 34	0,08	0,41		0,14				0,07	0,12
Aleación 35	0,08	0,44		0,13			0,19		0,11

10 Todo expresado en % en peso. Hasta 0,15 % en peso impurezas. El resto es Al.
* no según la invención

Tamaño de grano

15 Como se muestra en la figura 24, aumentar la cantidad de Si, Cu, Mg y Zn en la aleación revestida puede afectar el tamaño del grano. El tamaño de grano promedio más pequeño para las aleaciones ejemplares 25 a 33 se observó en la aleación 28 (figura 25A) y el tamaño de grano promedio más grande se observó en la aleación 32 (figura 25B). Las aleaciones 34 y 35 demuestran el efecto de agregar Ta y Hf, respectivamente. Todas las aleaciones ejemplares 25 a 35 demostraron tamaños de grano menores a 30 micras.

20

Resistencia

25 Las figuras 26A y 26B muestran histogramas de los resultados de la prueba de alargamiento del punto de fluencia (Rp02, figura 26A) y la prueba de tracción final (Rm, figura 26B). Las pruebas se realizaron según la norma DIN EN ISO 6892-1:2009, a 90 ° (transversal) en la dirección de laminación. El aumento de Cu de 0,05 % en peso a 0,41 % en peso mostró una mejora de la relación Rp02/Rm, mostrada cuando se compara la aleación 25 con la aleación 27.

Resumen

30 En algunos casos, aumentar la cantidad de Si, Mg, Cu y Zn en las aleaciones ejemplares 25 a 33 no redujo el tamaño de grano. Sin embargo, como se ve en las aleaciones 34 y 35, la adición de Ta (aleación 34) y Hf (aleación 35) puede aumentar ligeramente el tamaño de grano en la aleación, pero el tamaño de grano promedio sigue siendo menor que 30 micras.

REIVINDICACIONES

1. Una aleación de aluminio que comprende 0,2 a 0,6 % en peso de Fe, 0,06 a 0,25 % en peso de Mn, hasta 0,1 % en peso de Si, hasta 0,5 % en peso de Cu, hasta 0,25 % en peso de Mg, hasta 0,4 % en peso de Zn, uno o más elementos adicionales seleccionados de entre el grupo que consiste en Ni hasta 0,60 % en peso, Ti hasta 0,15 % en peso, Co hasta 0,60 % en peso, Nb hasta 0,3 % en peso, Cr hasta 0,25 % en peso, V hasta 0,2 % en peso, Zr hasta 0,25 % en peso, Hf hasta 0,3 % en peso y Ta hasta 0,20 % en peso y hasta 0,15 % en peso de impurezas, el resto es Al, donde el contenido combinado de Fe, Mn, Cr, Ti, Co, Ni y V presente en la aleación oscila de 0,60 % en peso a 0,90 % en peso.
2. La aleación de aluminio de la reivindicación 1, que comprende 0,25 a 0,55 % en peso de Fe, 0,08 a 0,20 % en peso de Mn, hasta 0,1 % en peso de Si, hasta 0,25 % en peso de Cu, hasta 0,25 % en peso de Mg, hasta 0,20 % en peso de Zn, uno o más elementos adicionales seleccionados de entre el grupo que consiste en Ni hasta 0,60 % en peso, Ti hasta 0,15 % en peso, Co hasta 0,60 % en peso, Nb hasta 0,3 % en peso, Cr hasta 0,25 % en peso, V hasta 0,2 % en peso, Zr hasta 0,25 % en peso y Ta hasta 0,20 % en peso y hasta 0,15 % en peso de impurezas, el resto es Al.
3. La aleación de aluminio de la reivindicación 1 o 2, donde el uno o más elementos adicionales comprenden Ti en una cantidad de 0,01 a 0,15 % en peso.
4. La aleación de aluminio de la reivindicación 1 o 2, donde el uno o más elementos adicionales comprenden V en una cantidad de entre 0,01 y 0,2 % en peso.
5. La aleación de aluminio de la reivindicación 1 o 2, donde el uno o más elementos adicionales comprenden Ni en una cantidad de entre 0,01 y 0,60 % en peso.
6. La aleación de aluminio de la reivindicación 1 o 2, donde el uno o más elementos adicionales comprenden Co en una cantidad de entre 0,01 y 0,60 % en peso.
7. La aleación de aluminio de la reivindicación 1 o 2, donde el uno o más elementos adicionales comprenden Nb en una cantidad de entre 0,01 y 0,3 % en peso.
8. La aleación de aluminio de la reivindicación 1 o 2, donde el uno o más elementos adicionales comprenden Cr en una cantidad de entre 0,01 y 0,2 % en peso.
9. La aleación de aluminio de la reivindicación 1 o 2, donde el uno o más elementos adicionales comprenden Zr en una cantidad de entre 0,01 y 0,25 % en peso.
10. La aleación de aluminio de la reivindicación 1 o 2, donde el uno o más elementos adicionales comprenden Hf en una cantidad de entre 0,01 y 0,30 % en peso.
11. La aleación de aluminio de la reivindicación 1 o 2, donde el uno o más elementos adicionales comprenden Ta en una cantidad de entre 0,01 y 0,20 % en peso.
12. La aleación de aluminio de la reivindicación 1, que comprende 0,2 a 0,5 % en peso de Fe, hasta 0,1 % en peso de Si, hasta 0,25 % en peso de Cu, 0,1 a 0,2 % en peso de Mn, hasta 0,1 % en peso de Mg, hasta 0,15 % en peso de Cr, hasta 0,20 % en peso de Zn, hasta 0,60 % en peso de Ni, hasta 0,12 % en peso de Ti, hasta 0,60 % en peso de Co, hasta 0,2 % en peso de Nb, hasta 0,18 % en peso de V, hasta 0,25 % en peso de Zr, hasta 0,30 % en peso de Hf, hasta 0,15 % en peso de Ta y hasta 0,15 % en peso de impurezas, el resto es Al.
13. La aleación de aluminio de cualquiera de las reivindicaciones 1-12, donde la aleación forma una lámina que tiene un tamaño de grano de entre 10 micras y 30 micras o donde la aleación forma una lámina que tiene un tamaño de grano de entre 15 micras y 25 micras.
14. Una lámina de metal de capas múltiples que comprende una capa central y una primera capa de revestimiento que comprende la aleación de aluminio de cualquiera de las reivindicaciones 1-13, donde la capa central comprende un primer lado y un segundo lado, y la primera capa de revestimiento está en el primer lado o el segundo lado.
15. La lámina metálica de capas múltiples de la reivindicación 14, donde la capa central comprende una aleación AA6xxx, una aleación AA2xxx, una aleación AA5xxx o una aleación AA7xxx.

16. La lámina de metal de capas múltiples de las reivindicaciones 14 o 15, que comprende además una segunda capa de revestimiento en la capa central, donde la segunda capa de revestimiento comprende la aleación de aluminio de cualquiera de las reivindicaciones 1-13.

5

17. La lámina metálica de capas múltiples de la reivindicación 16, donde el primer lado de la capa central es adyacente a la primera capa de revestimiento para formar una primera interfaz y el segundo lado de la capa central es adyacente a la segunda capa de revestimiento para formar una segunda interfaz

10 18. Un producto preparado a partir de la lámina de metal de capas múltiples de cualquiera de las reivindicaciones 14-17, donde el producto es una parte de la carrocería del vehículo de motor y, en particular, donde la parte de la carrocería del vehículo de motor es un panel lateral de la carrocería.

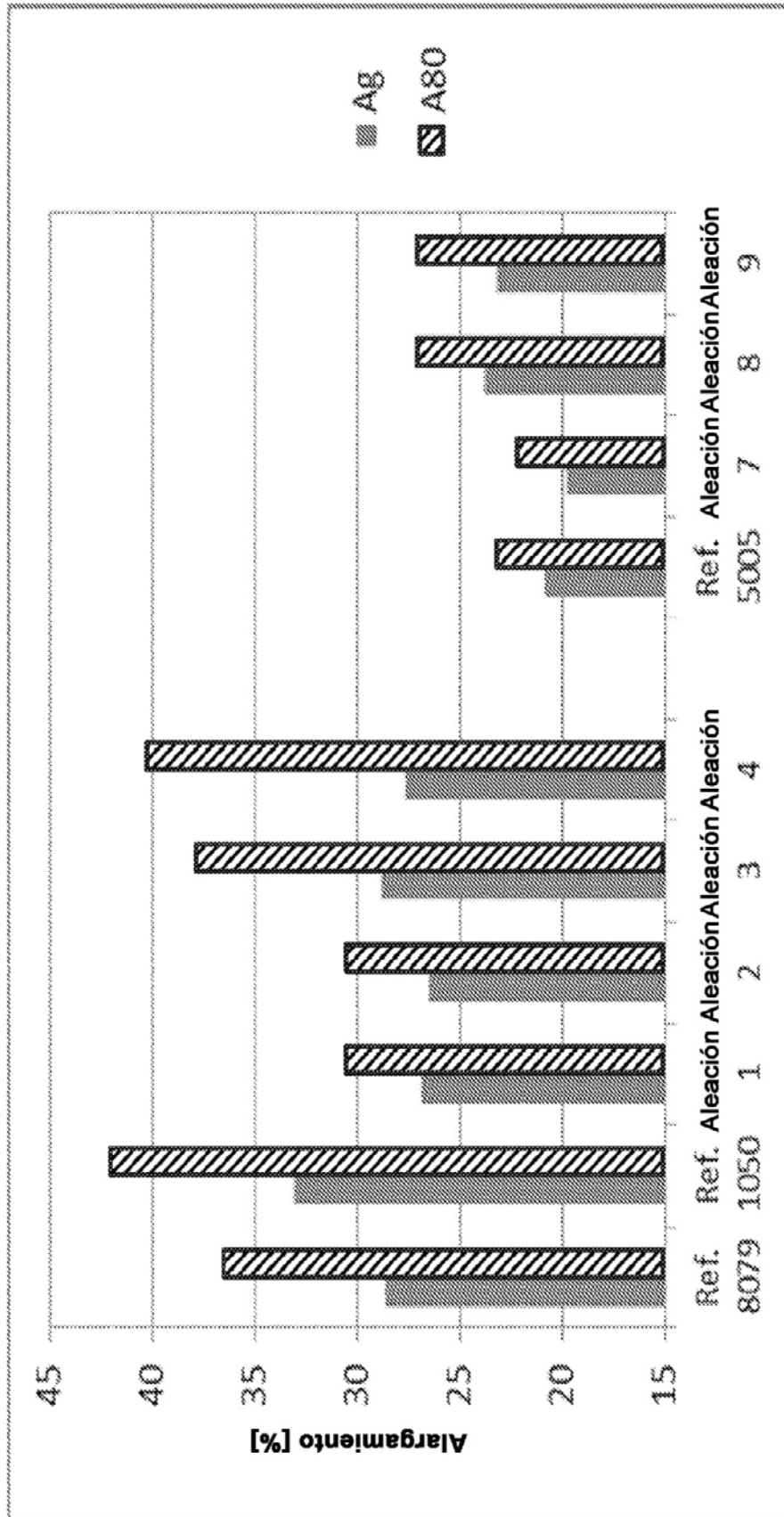


Figura 1

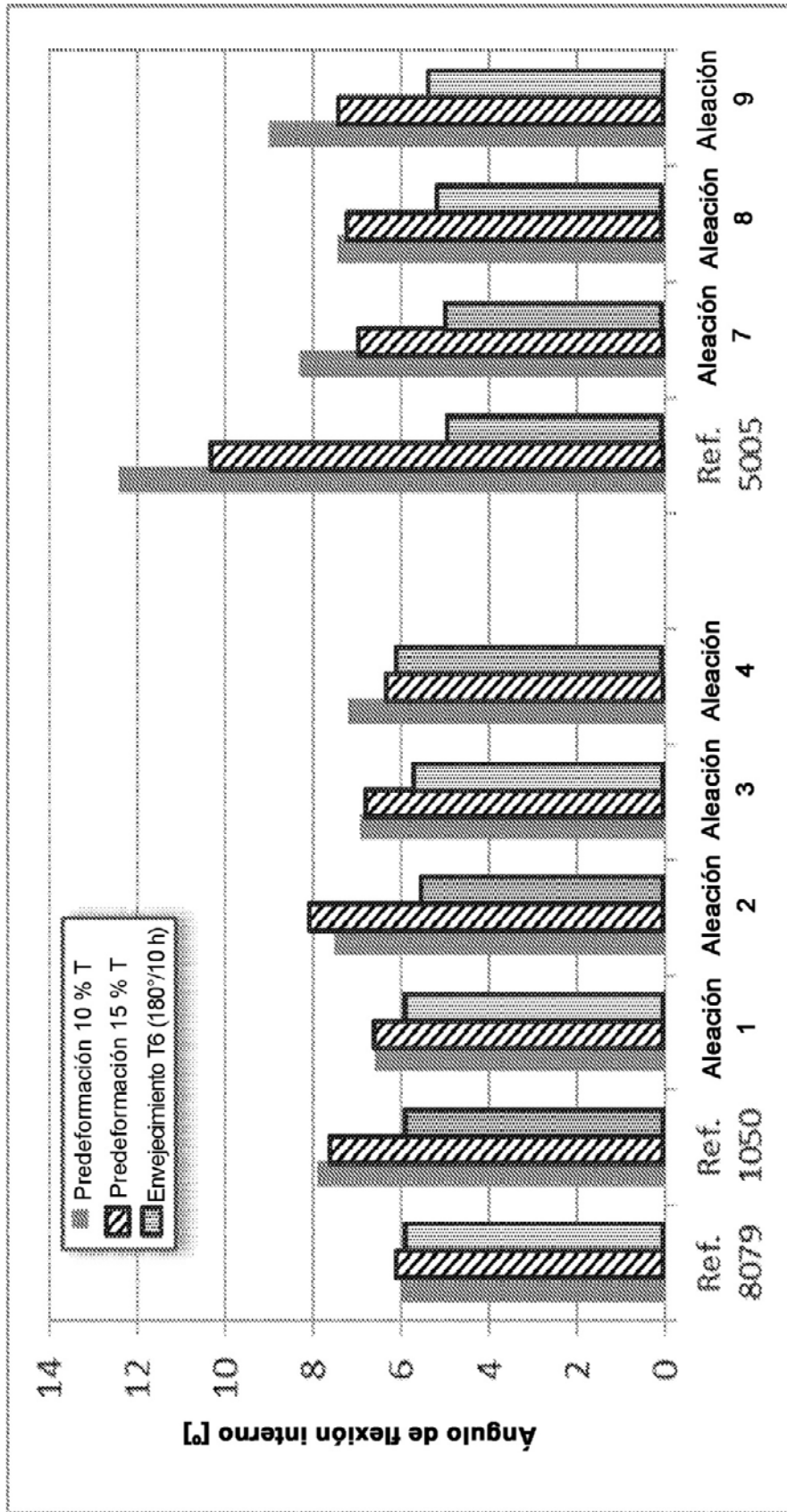


Figura 2

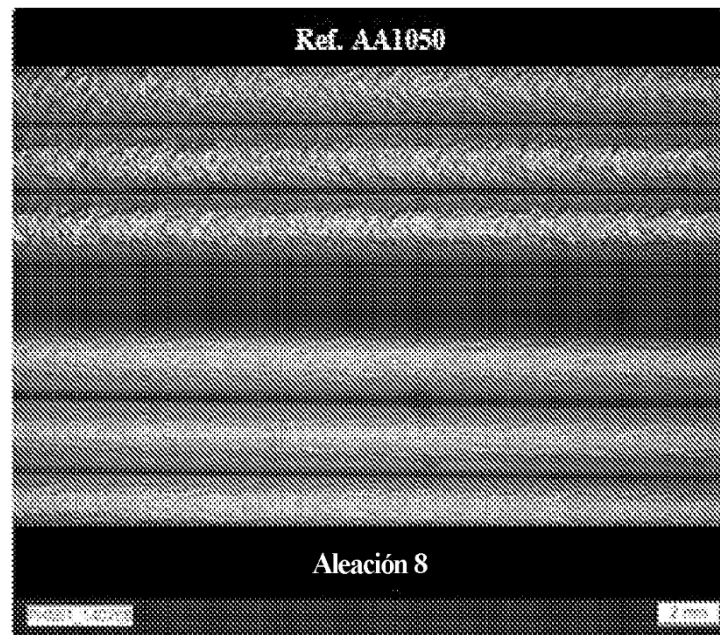


Figura 3

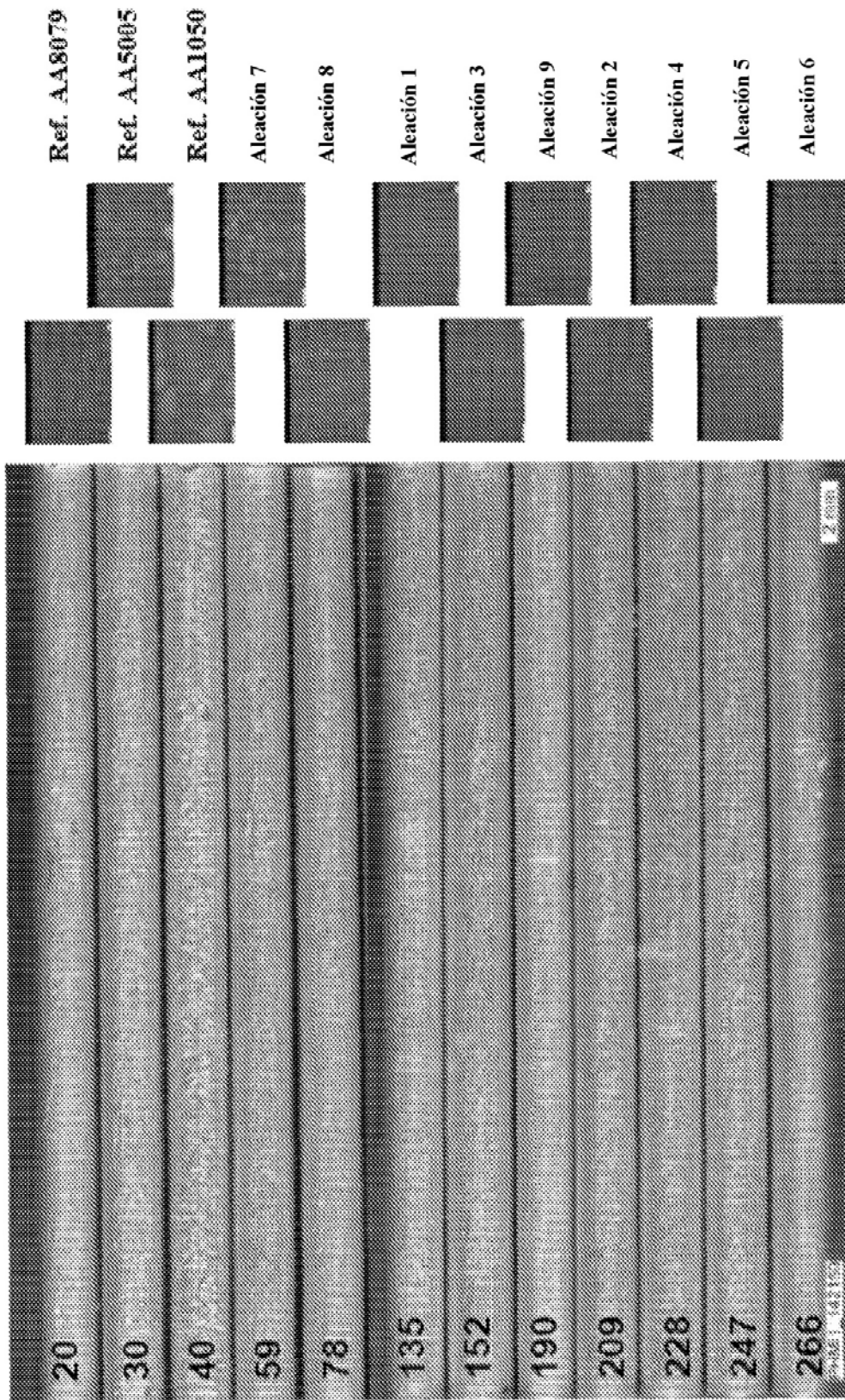
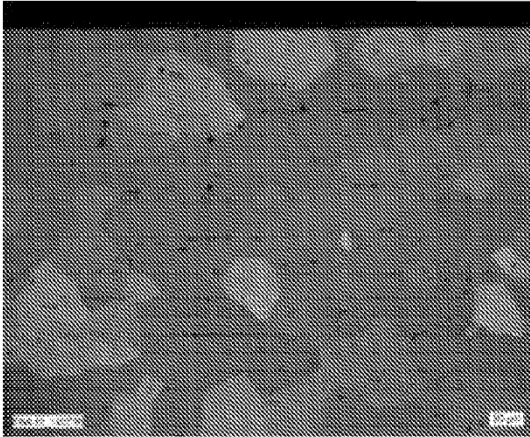
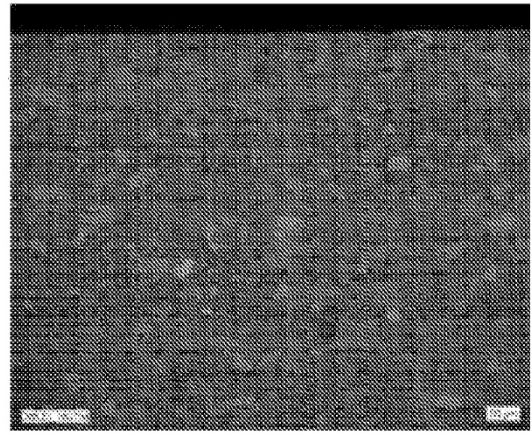


Figura 4

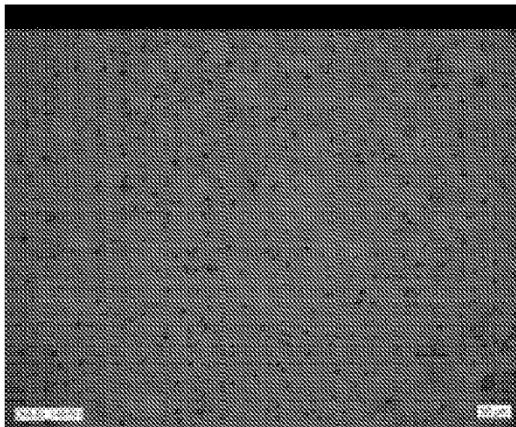
Ref. AA1050



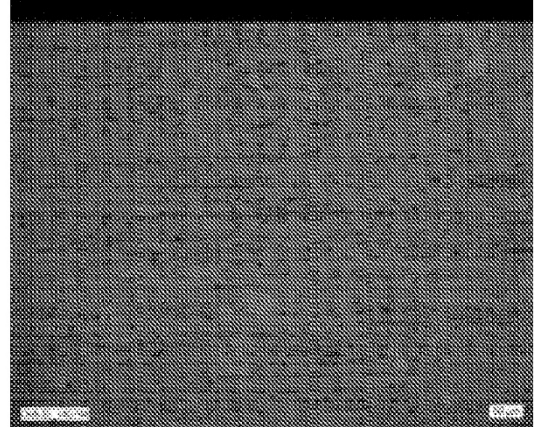
Ref. AA8079



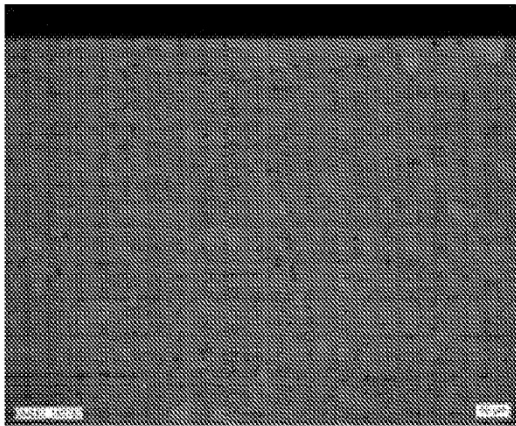
Aleación 1



Aleación 2



Aleación 3



Aleación 4

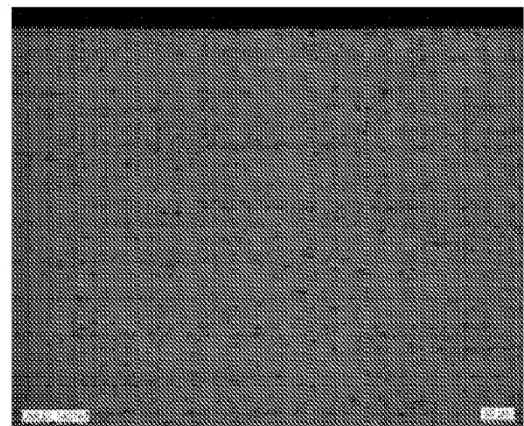
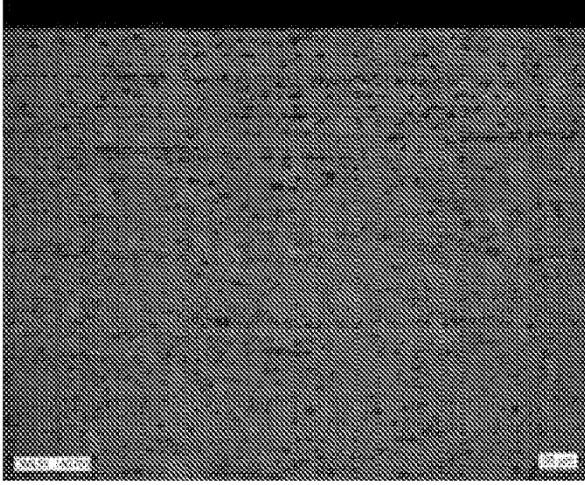


Figura 5

Aleación 5



Aleación 6

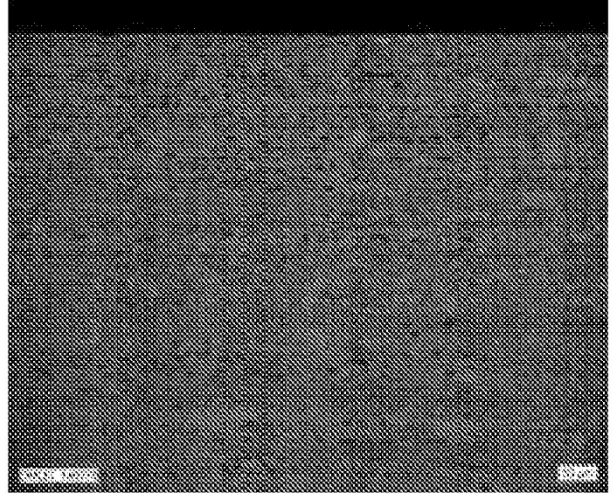
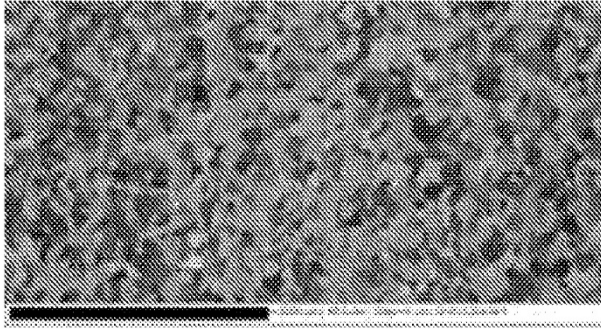
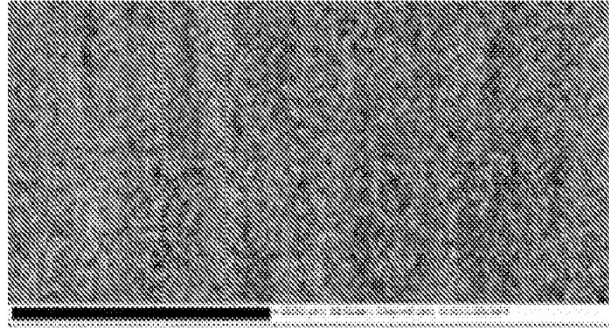


Figura 6

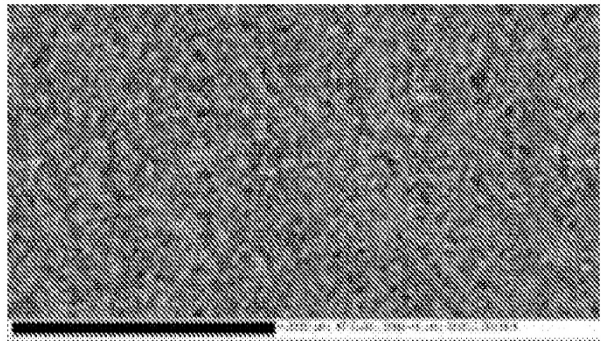
Ref. AA1050



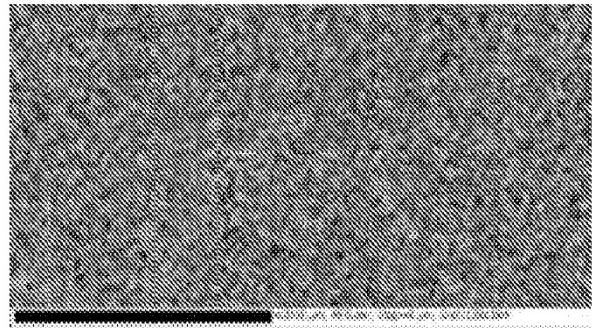
Ref. AA8079



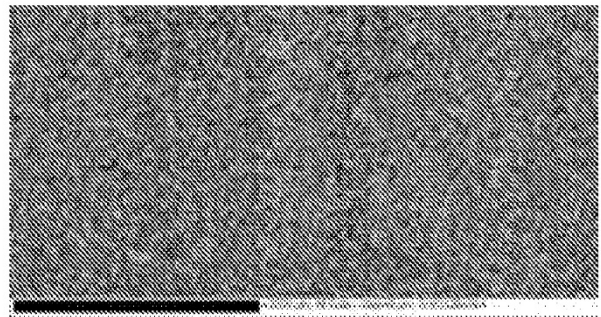
Aleación 6



Aleación 2



Aleación 3



Aleación 4

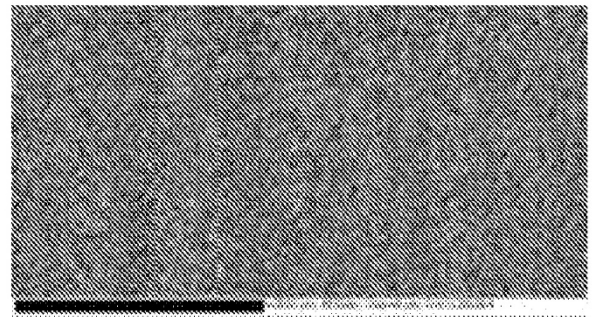
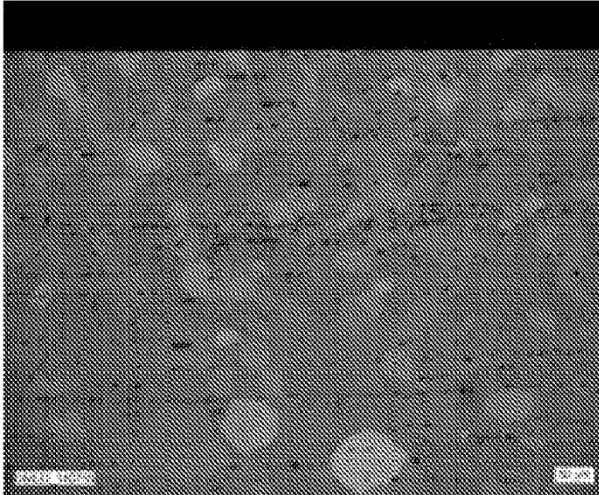
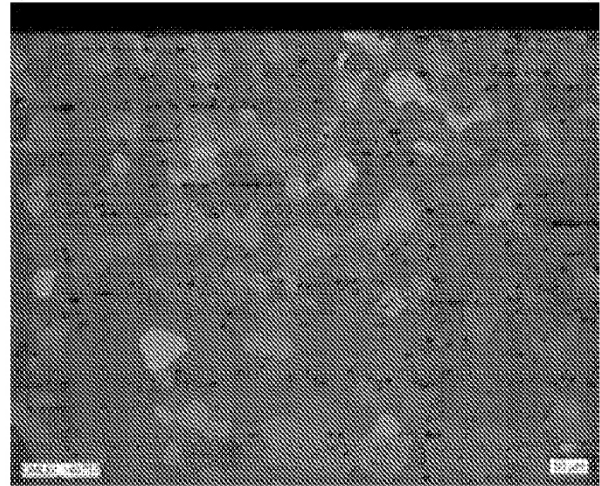


Figura 7

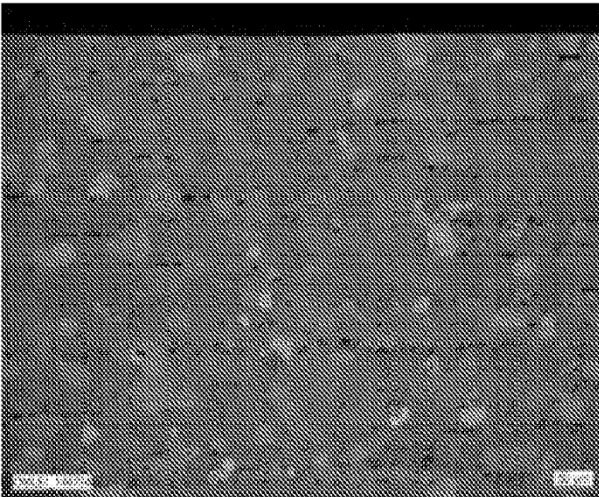
Ref. AA5005



Aleación 7



Aleación 8



Aleación 9

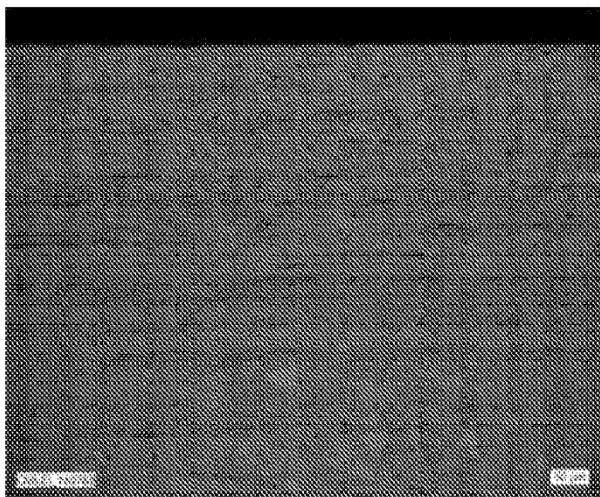


Figura 8

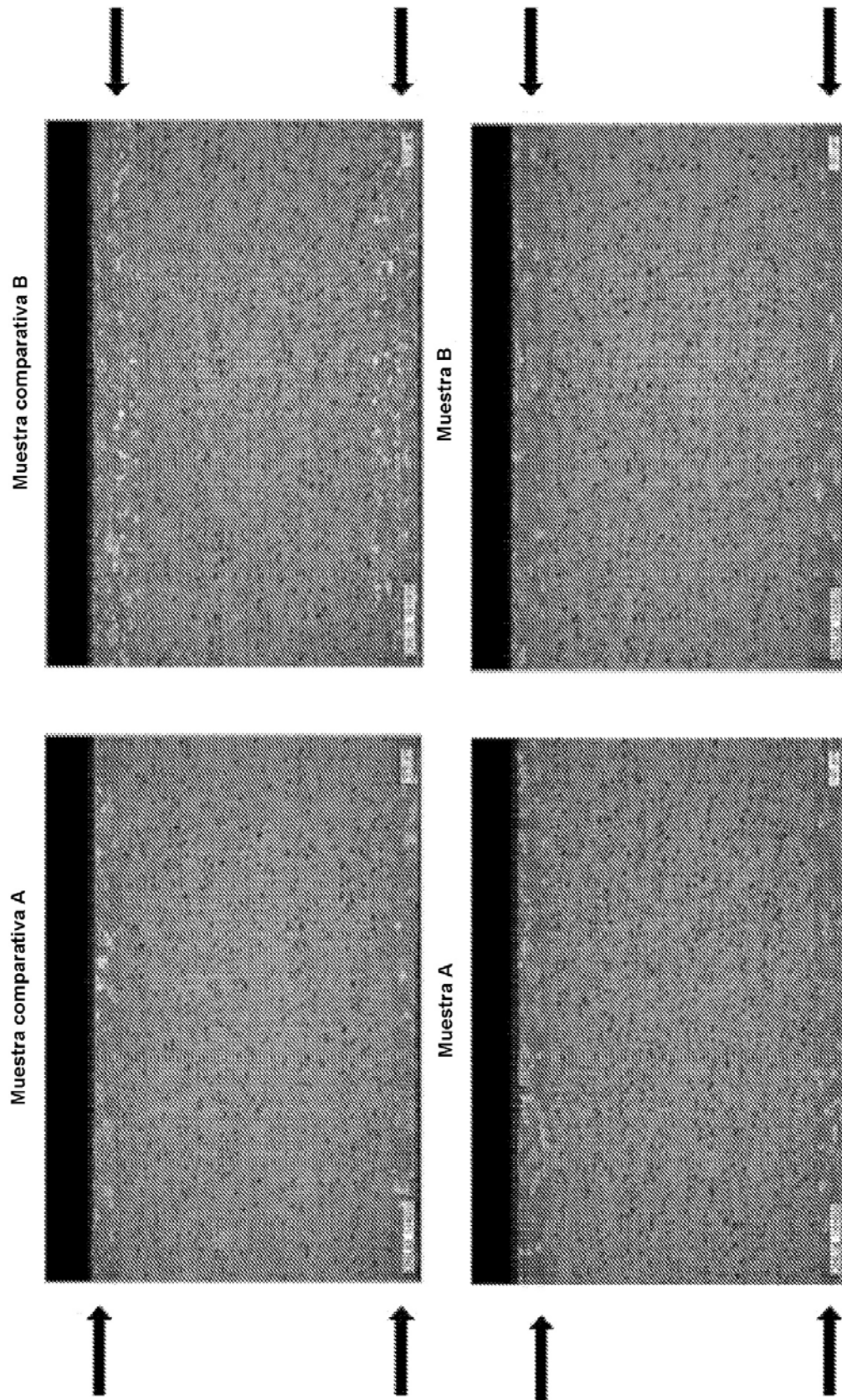


Figura 9

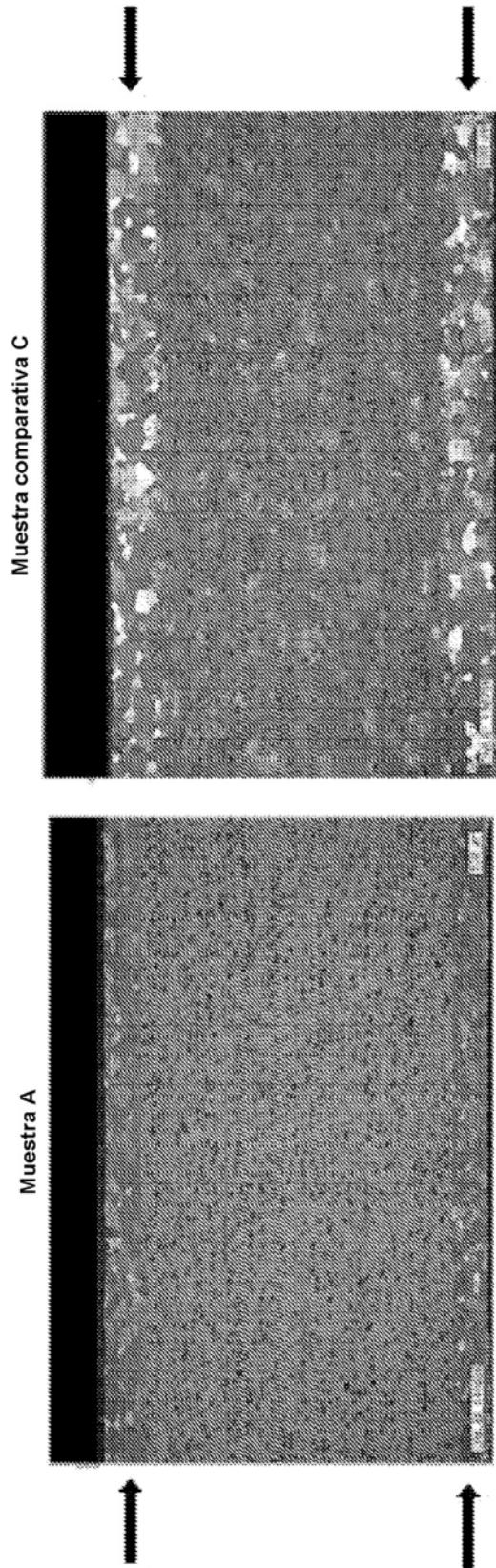


Figura 10

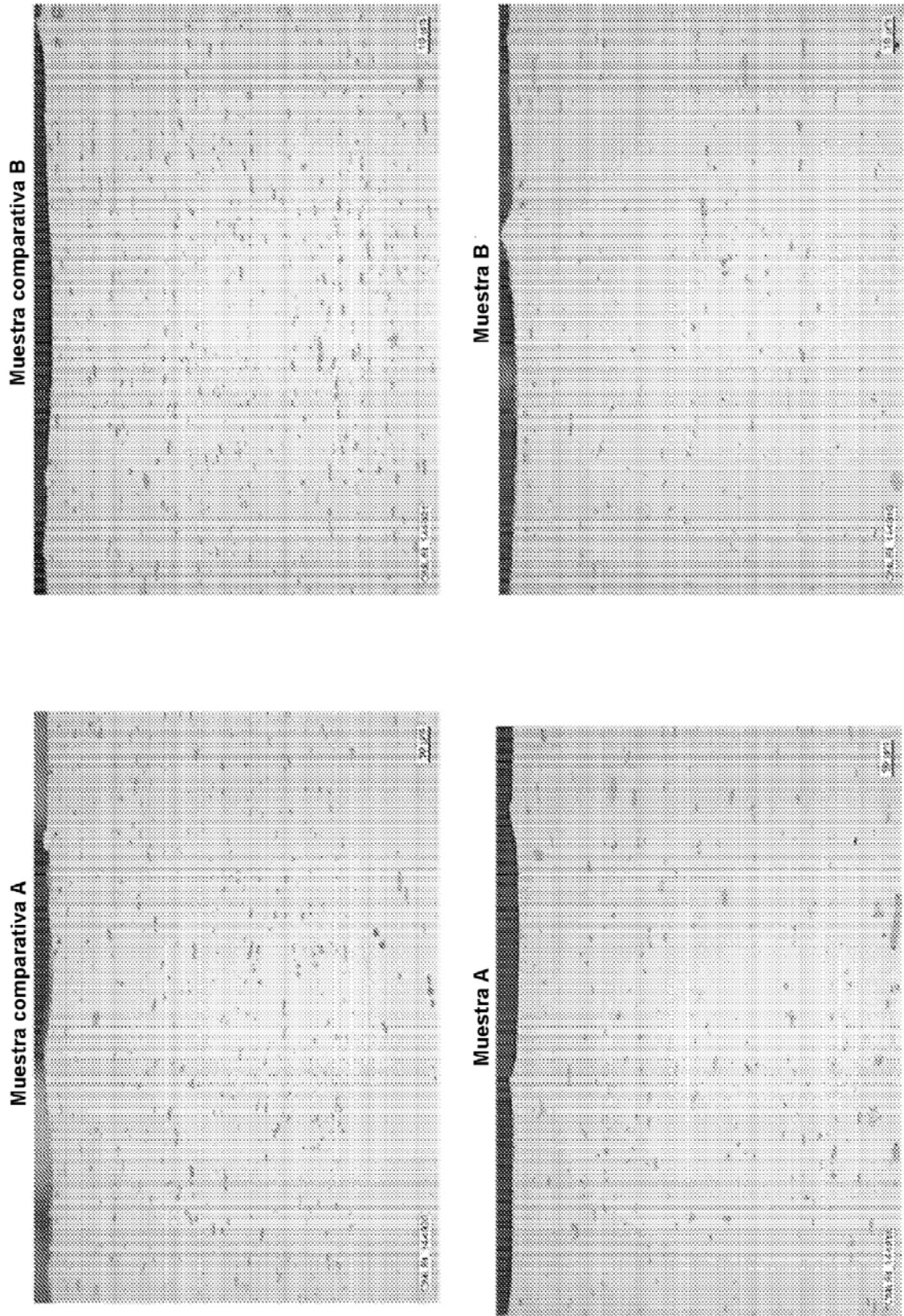


Figura 11

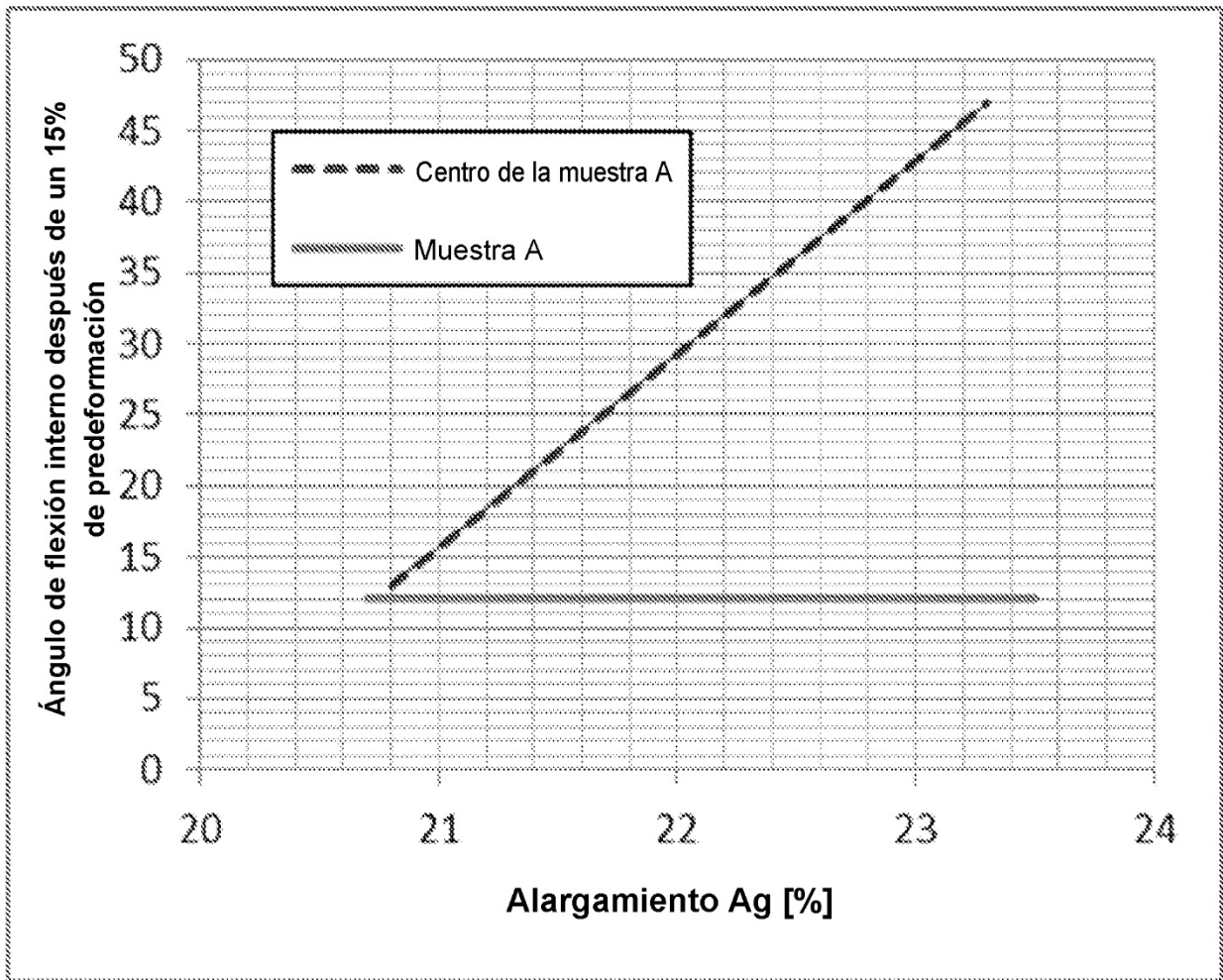


Figura 12

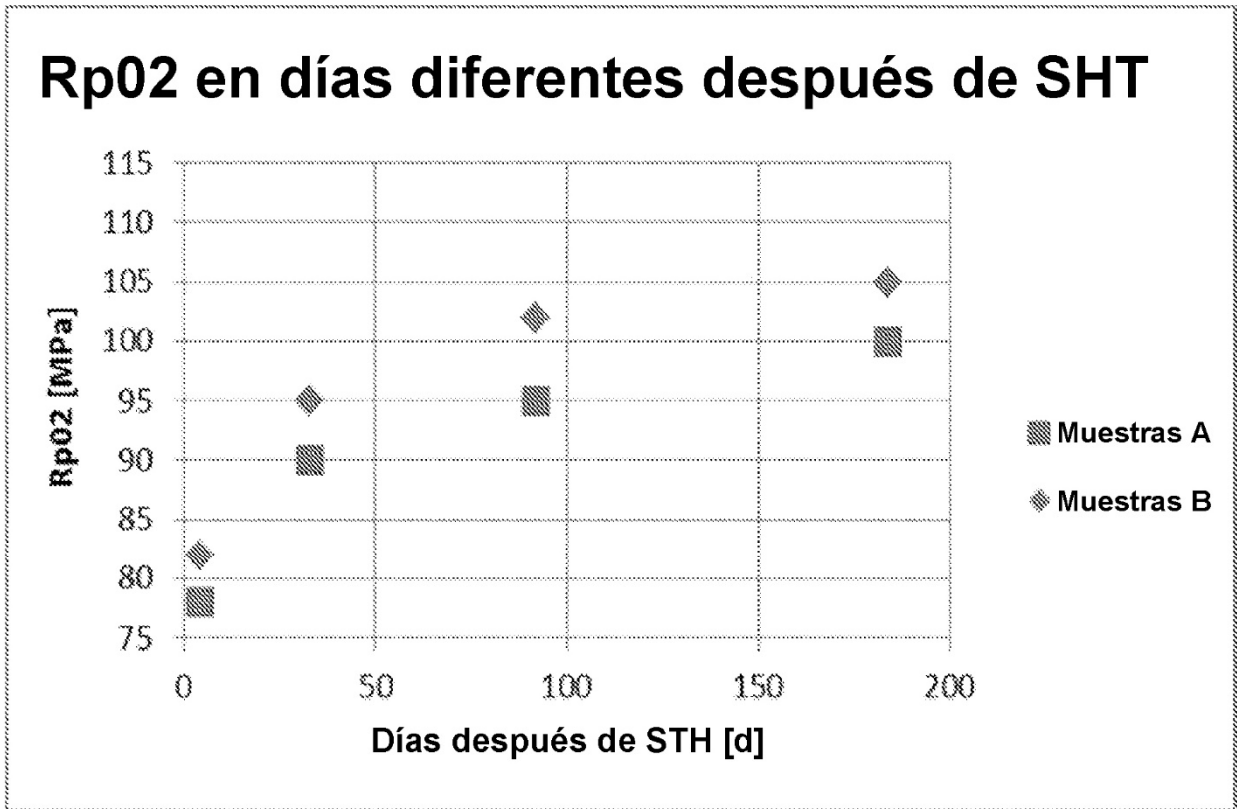


Figura 13

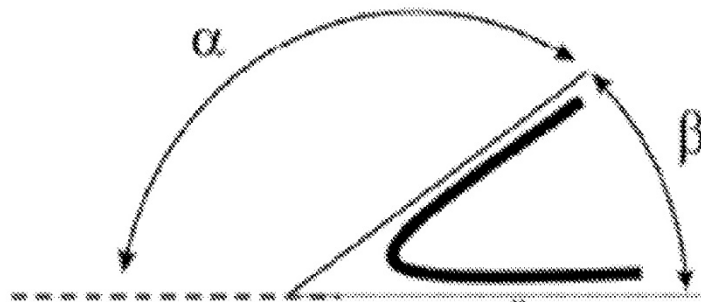


Figura 14

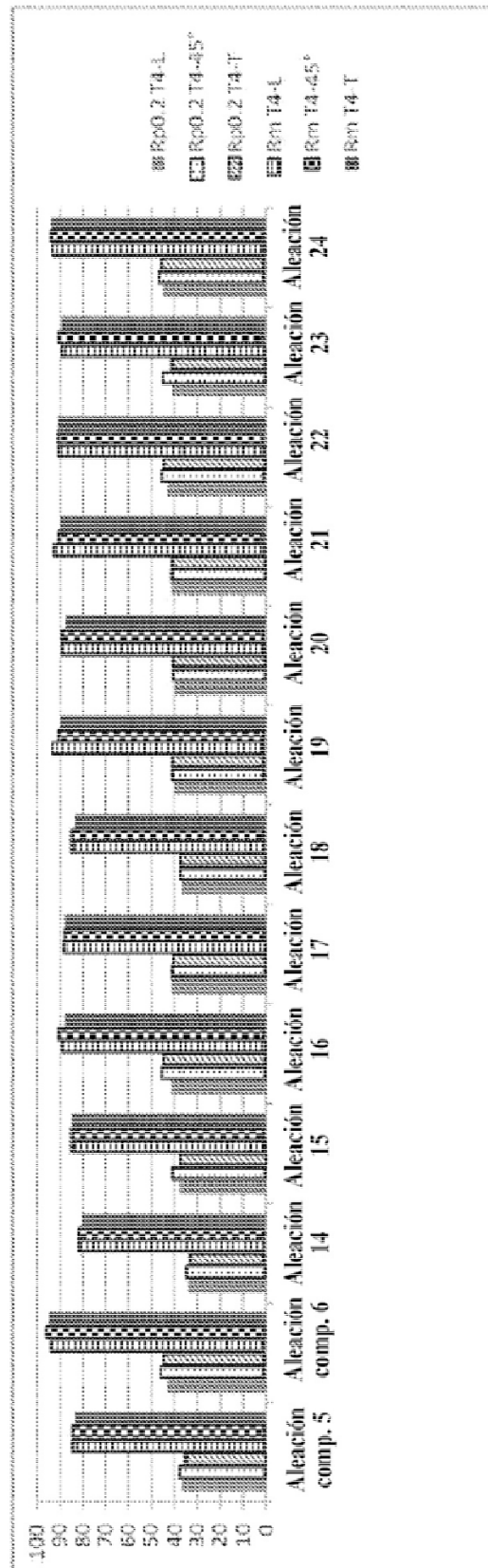


Figura 15

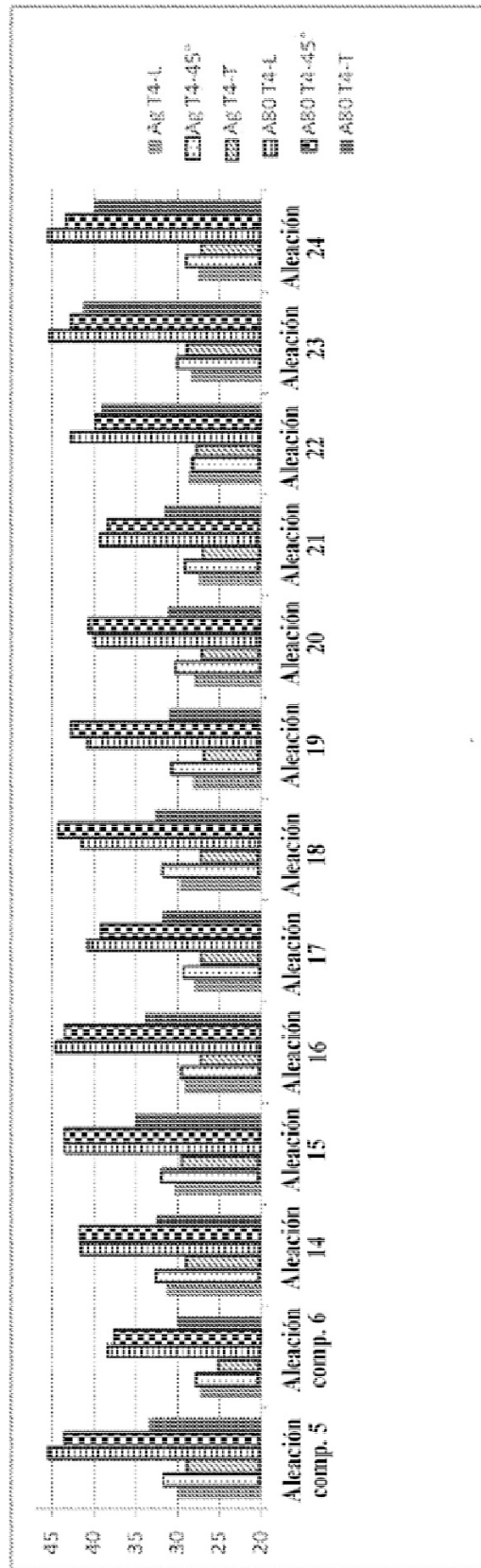


Figura 16

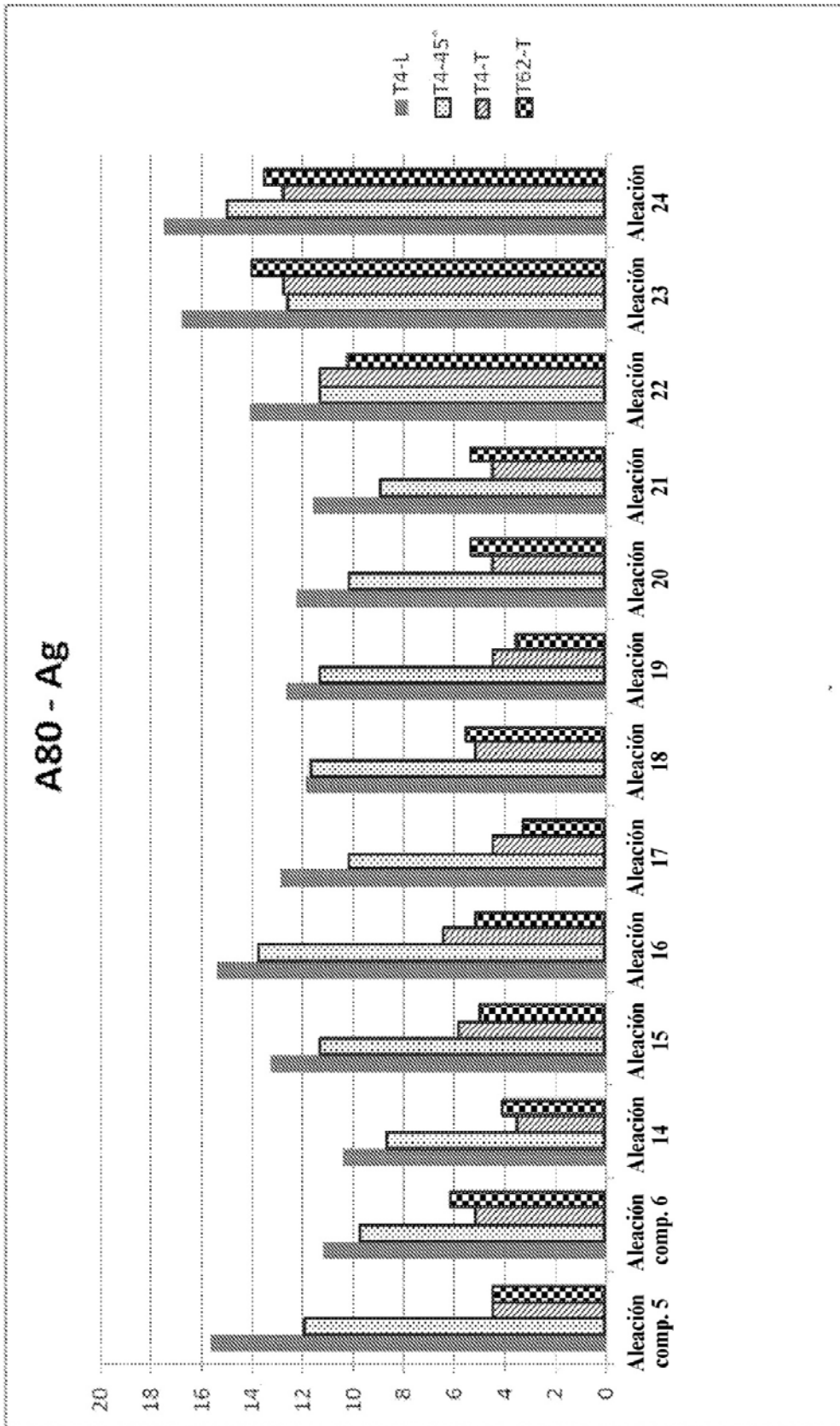


Figura 17

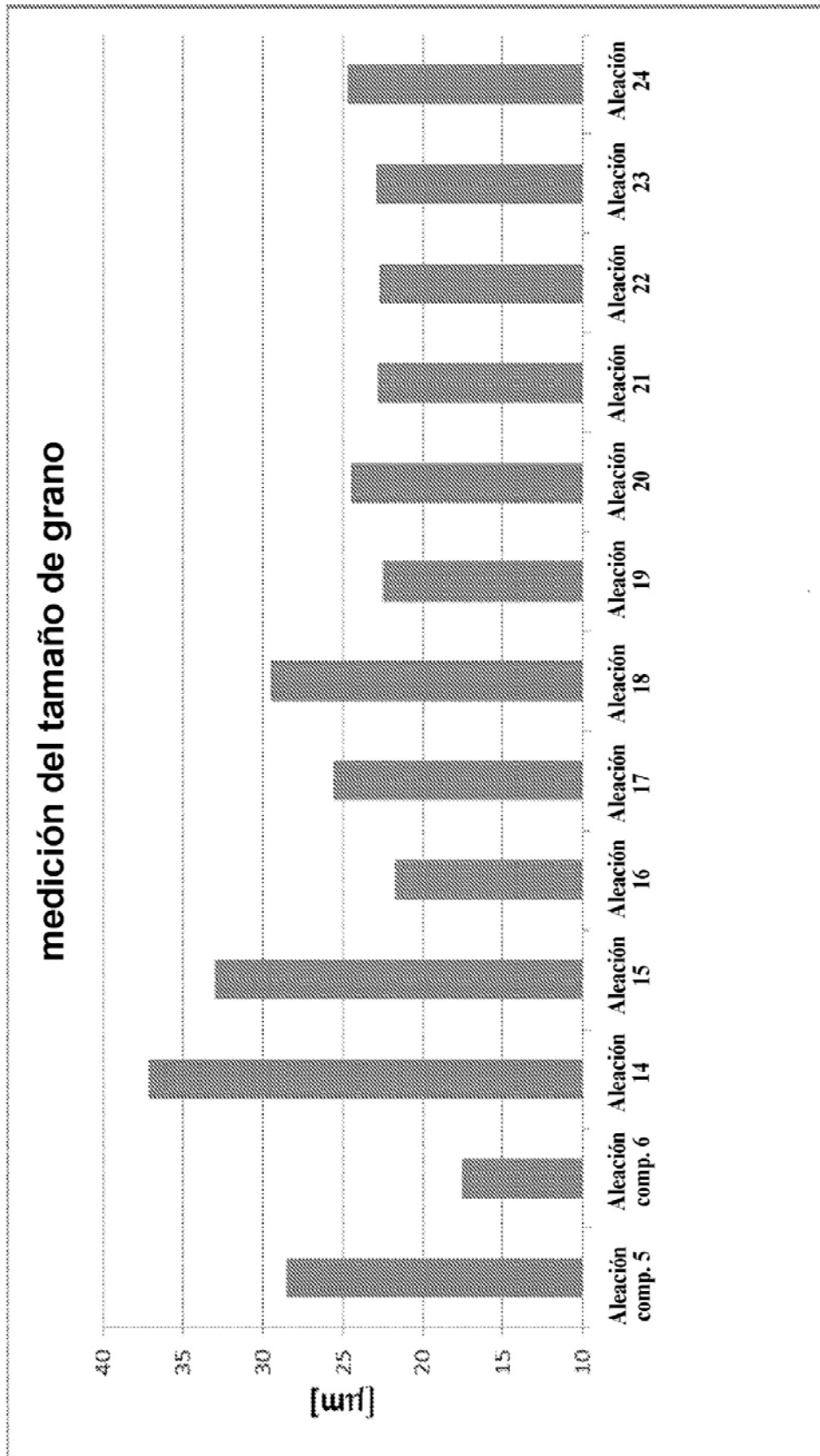


Figura 18

Aleación 16

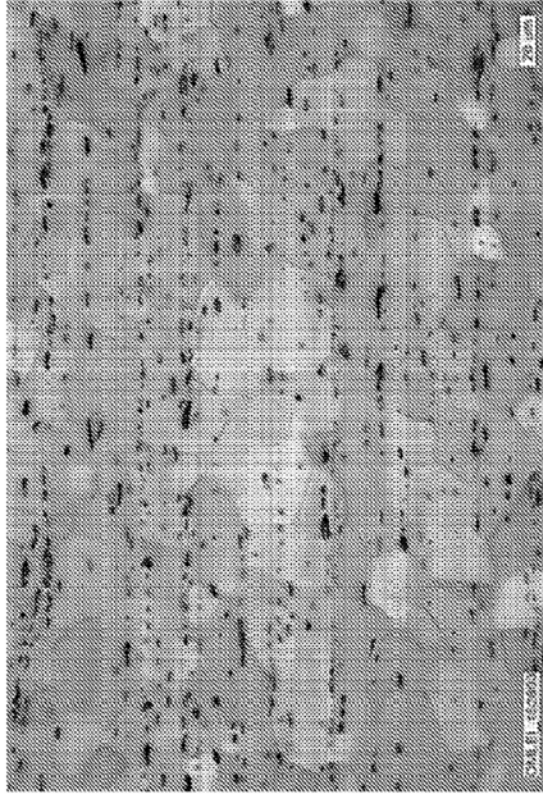


Figura 19B

Aleación 14

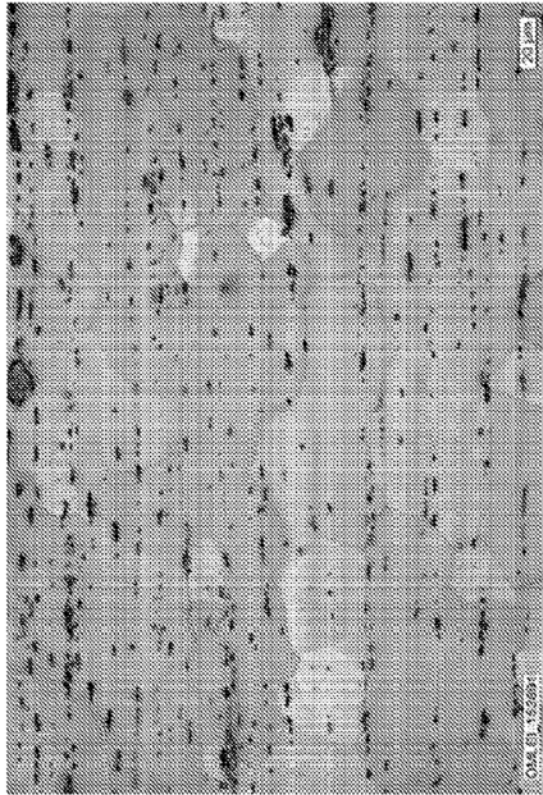


Figura 19A

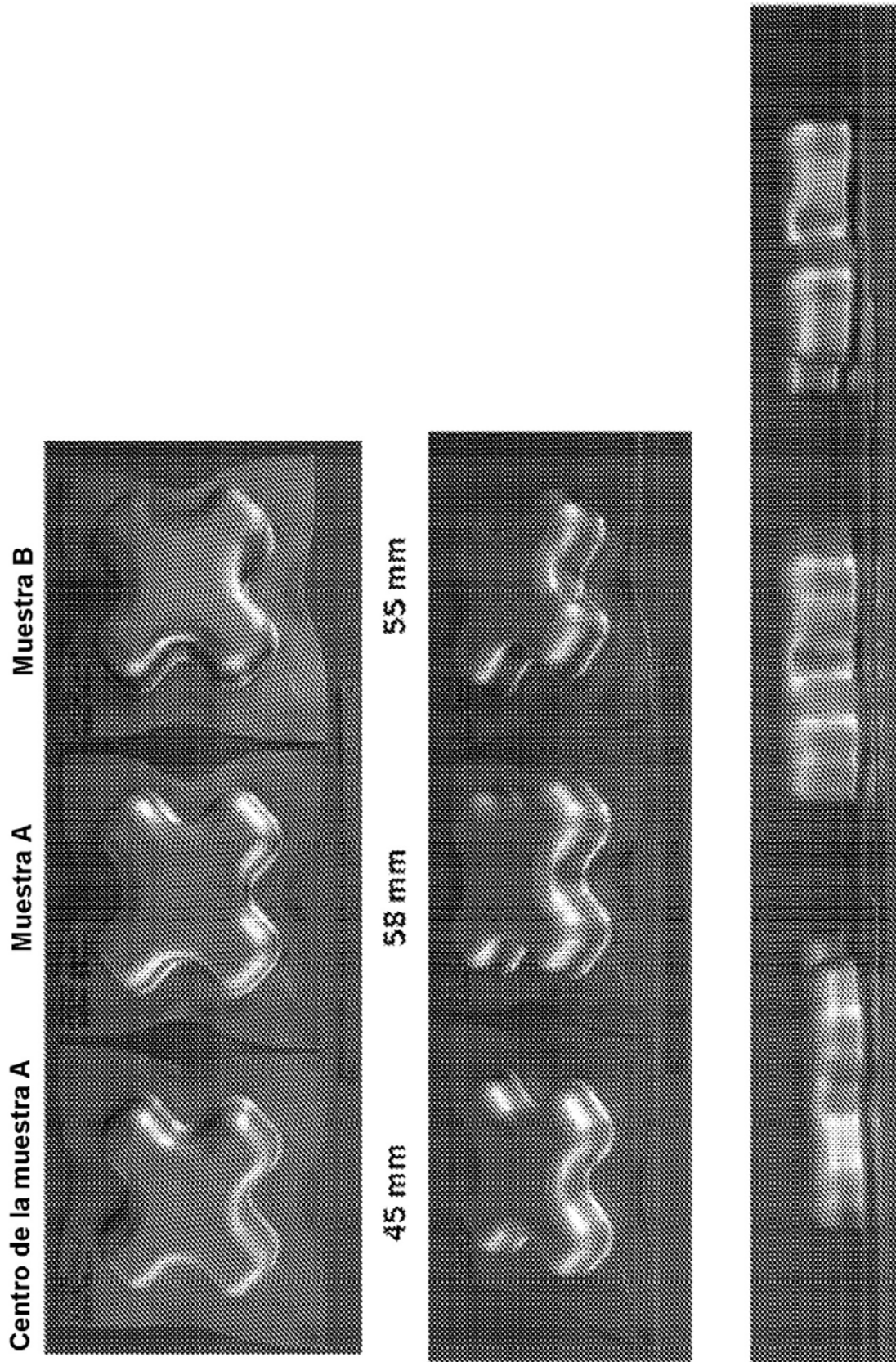


Figura 20

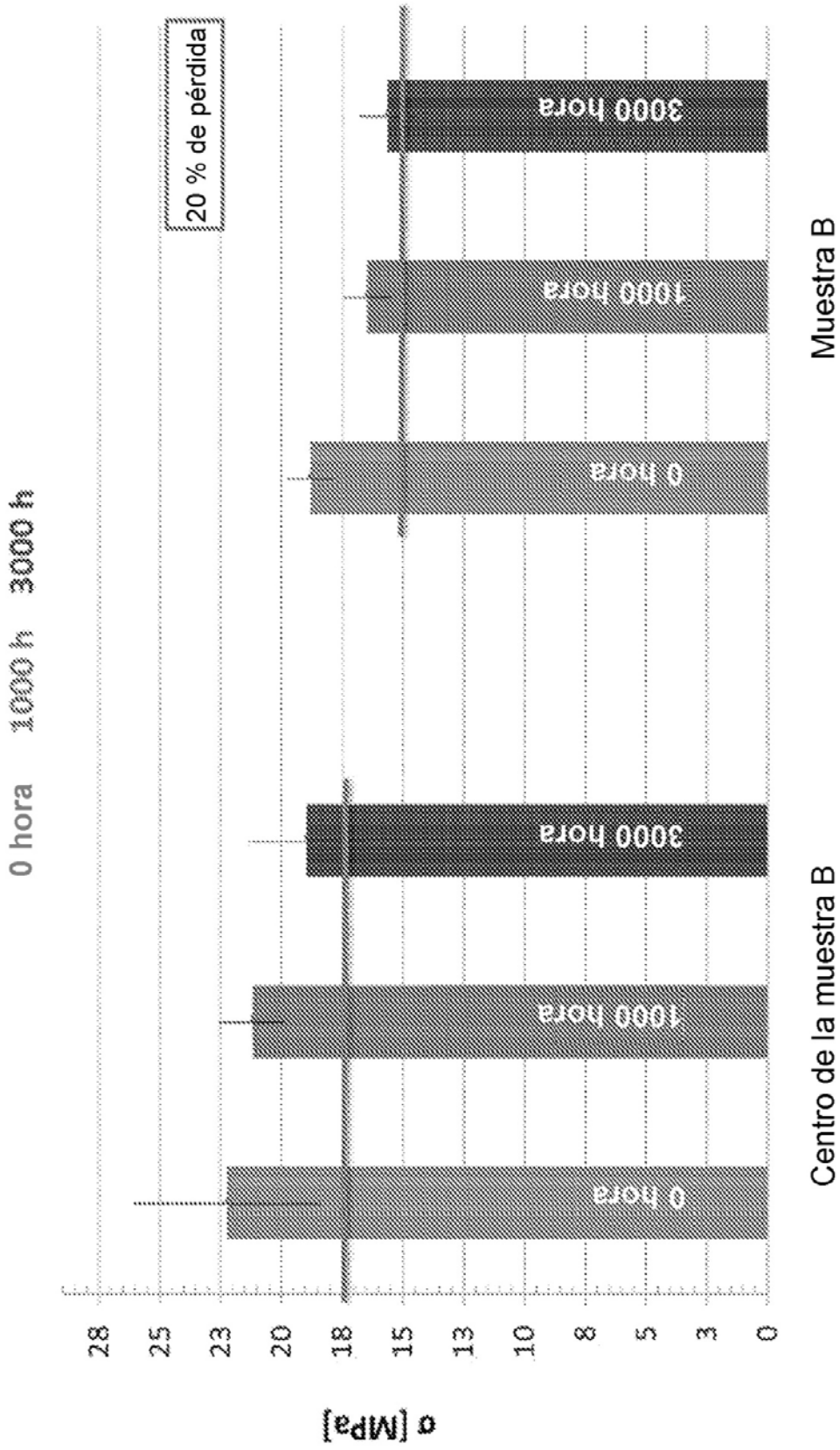


Figura 21

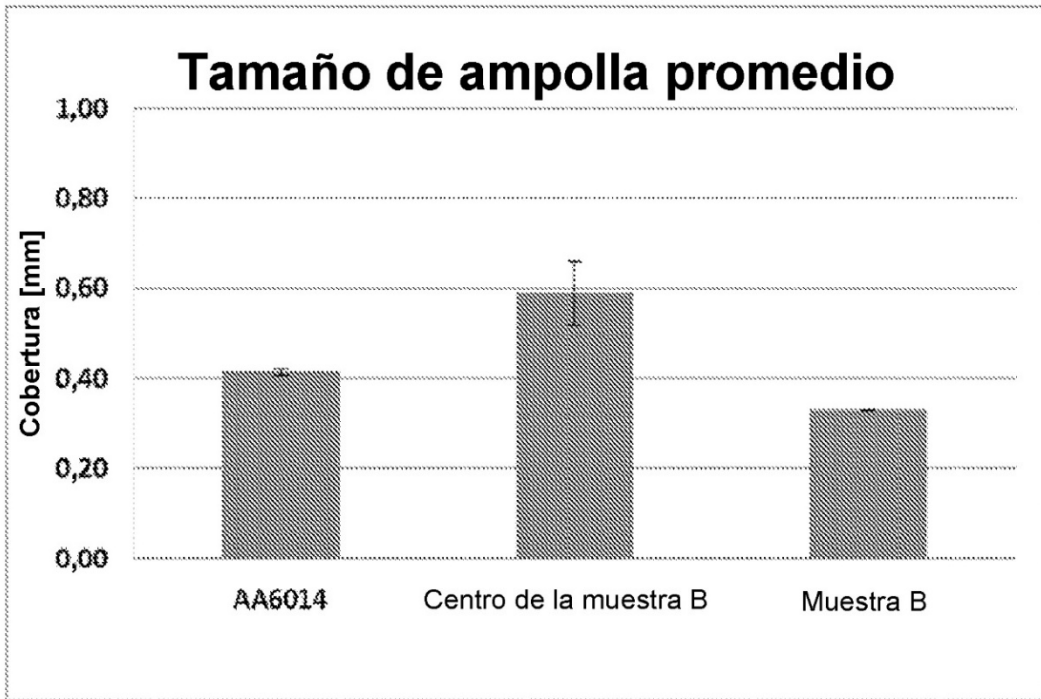


Figura 22A

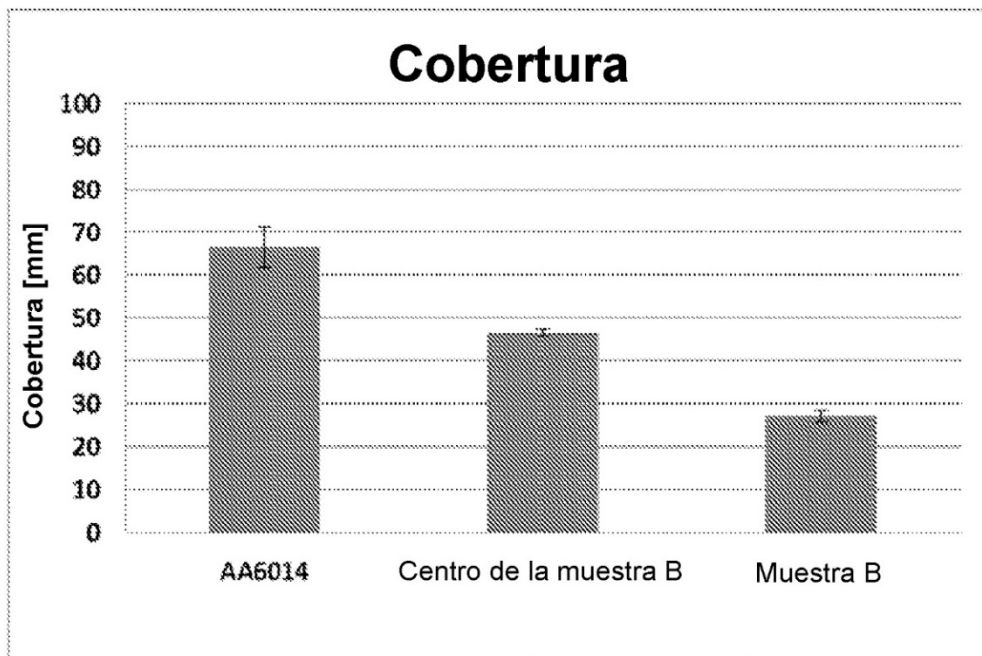


Figura 22B

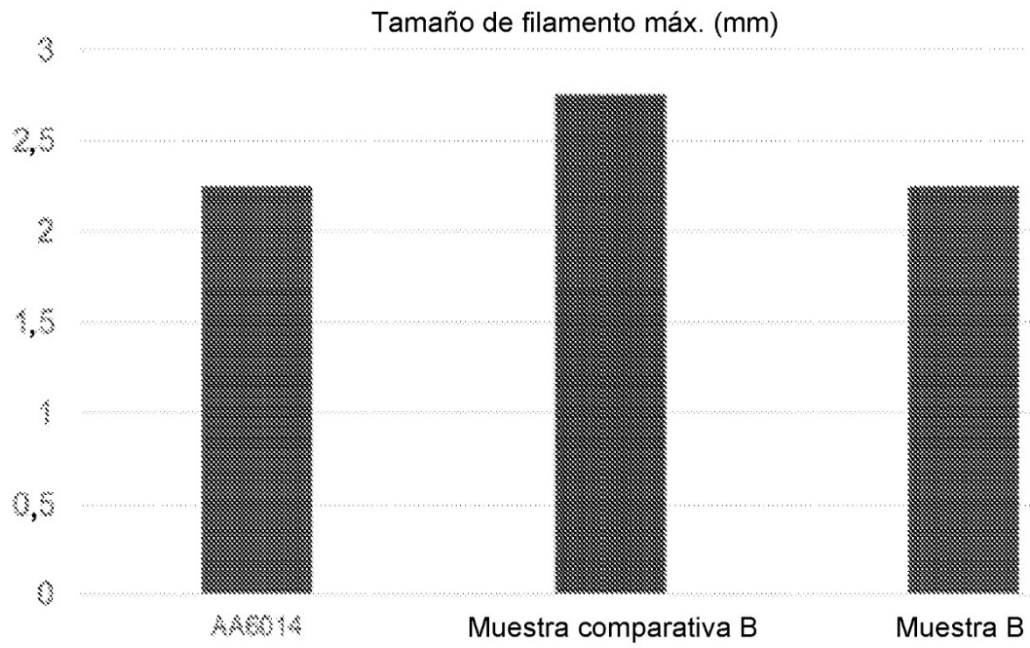


Figura 23A

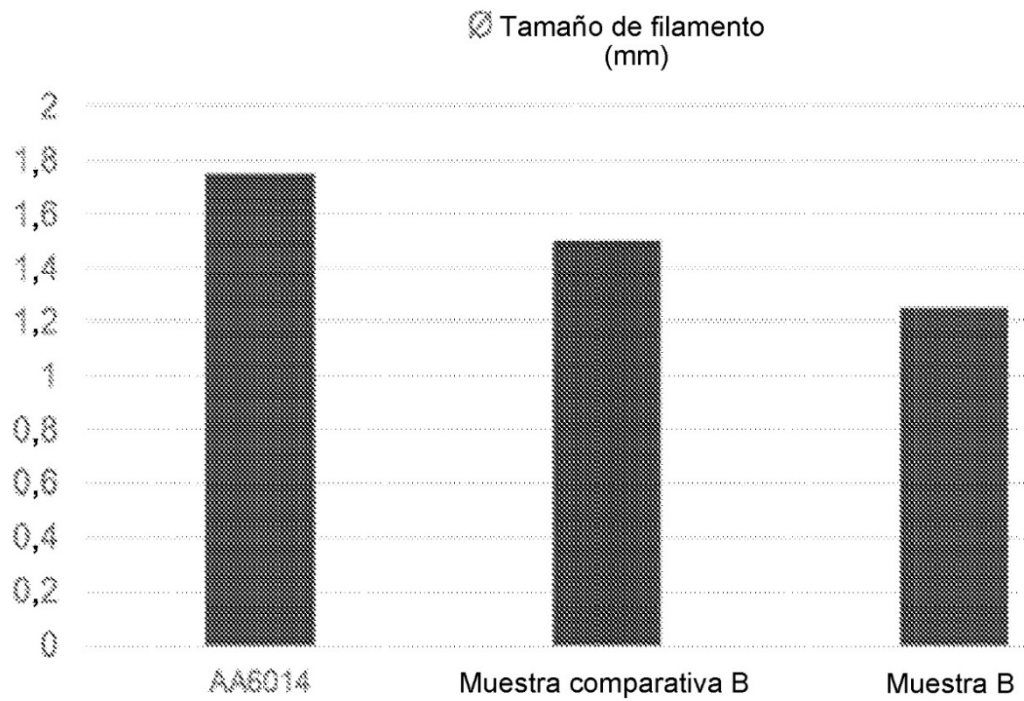


Figura 23B

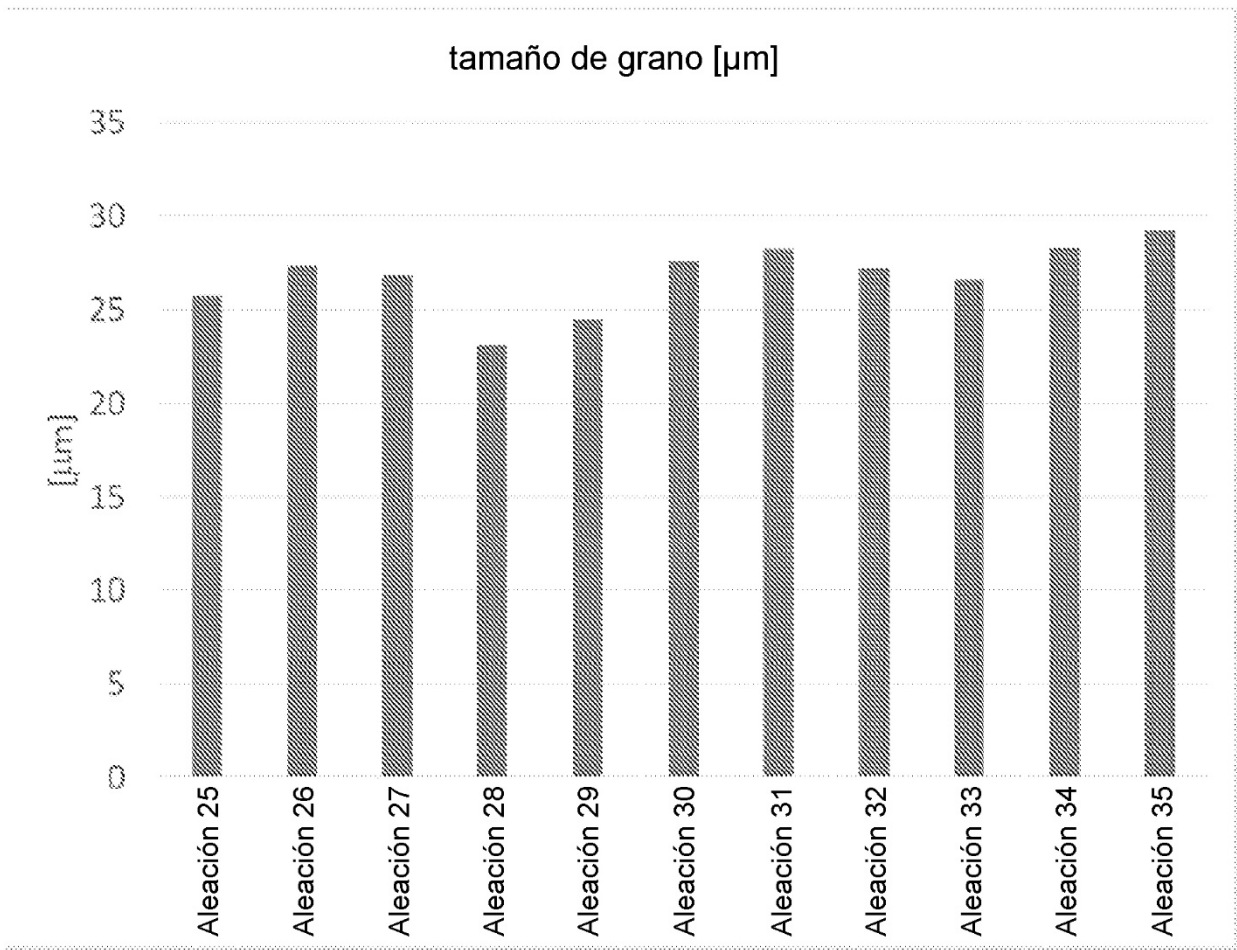


Figura 24

Aleación 32

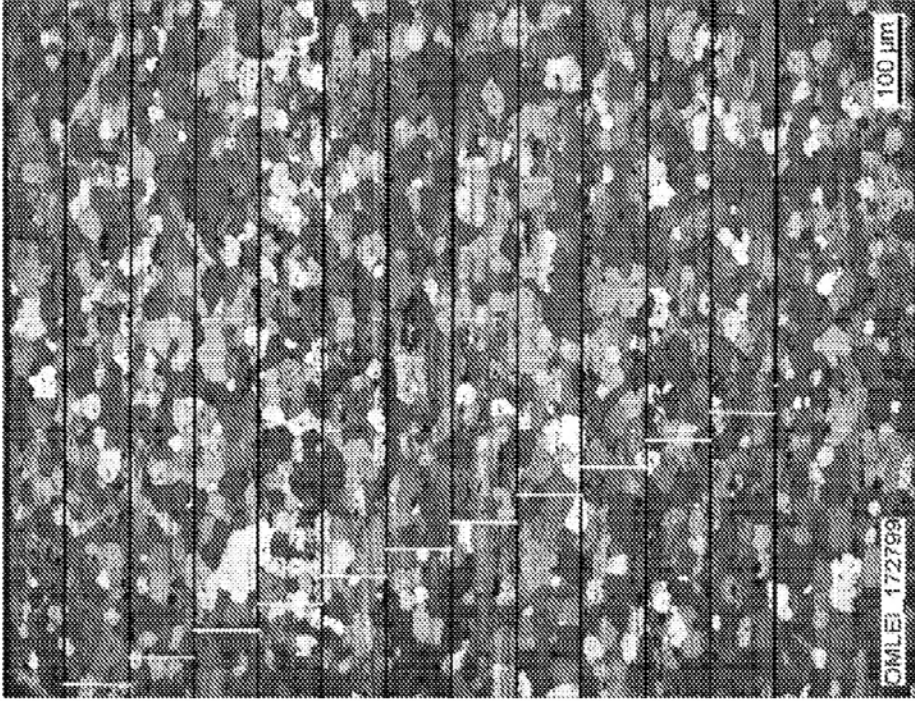


Figura 25B

Aleación 28

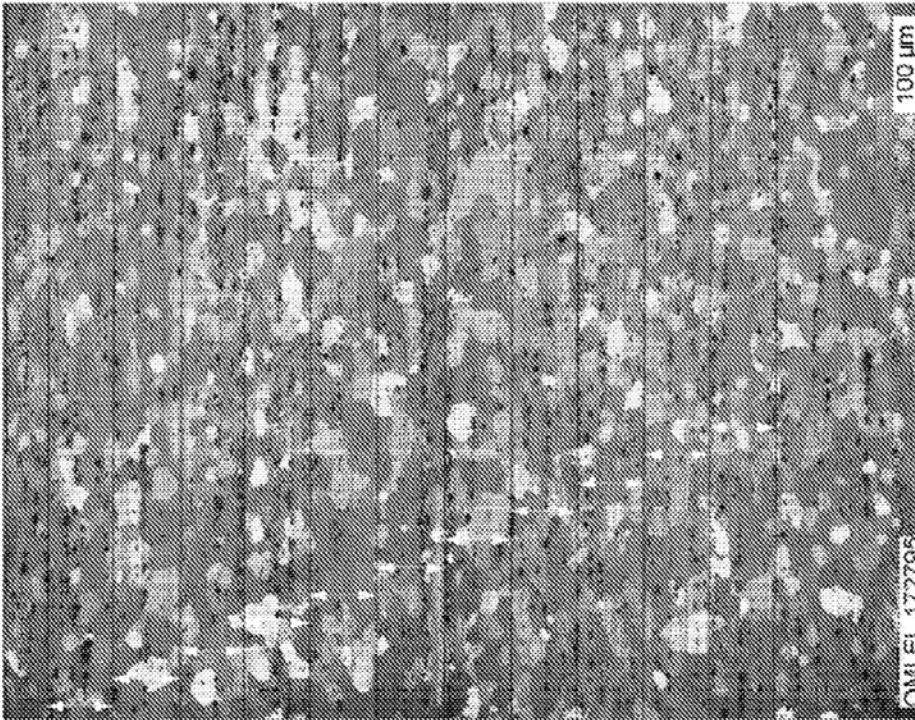


Figura 25A

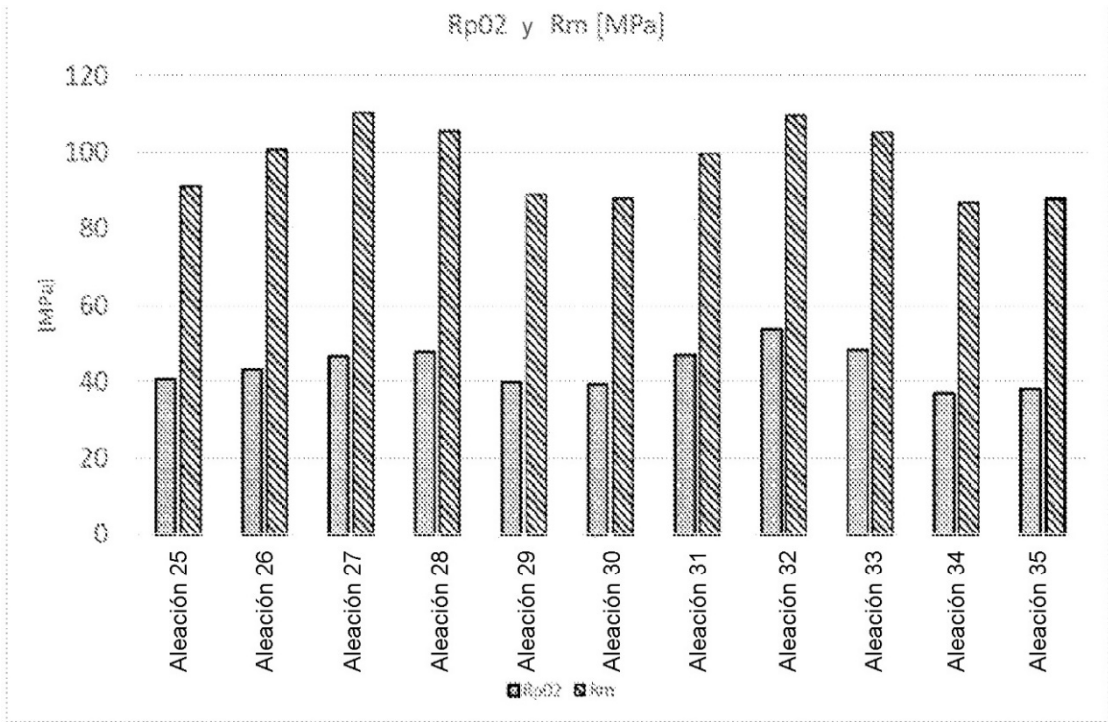


Figura 26A

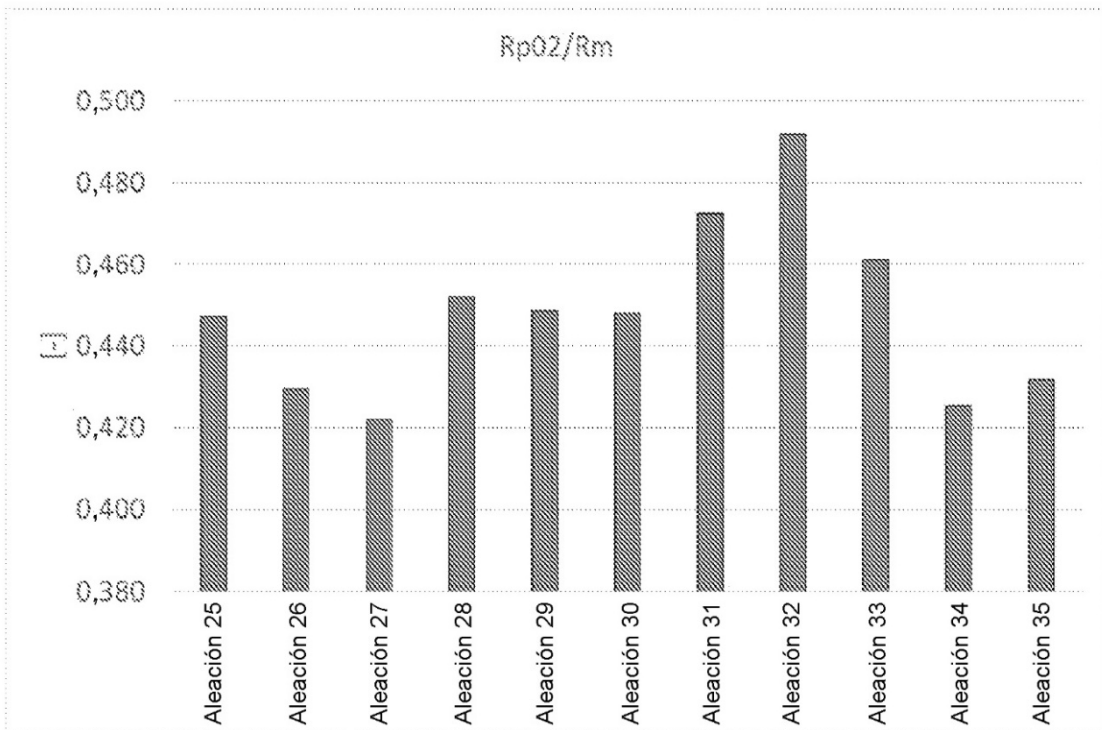


Figura 26B