

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 811 259**

51 Int. Cl.:

**C22C 49/00** (2006.01)  
**C22C 9/00** (2006.01)  
**C22C 9/01** (2006.01)  
**B23K 1/20** (2006.01)  
**C22C 1/02** (2006.01)  
**F16C 17/00** (2006.01)  
**F16C 33/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2015 E 15382669 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2020 EP 3187605**

54 Título: **Una aleación de bronce de aluminio híbrida y su método de preparación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**11.03.2021**

73 Titular/es:

**CASA MARISTAS AZTERLAN (50.0%)**  
**Aliendalde Auzunea, nº 6**  
**48200 Durango, Bizkaia, ES y**  
**VEIGALAN ESTUDIO 2010 S.L.U. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**SANTOS, FERNANDO;**  
**BAQUEDANO, ASIER;**  
**FERNÁNDEZ-CALVO, ANA ISABEL y**  
**LIZARRALDE, IBON**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 811 259 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

Una aleación de bronce de aluminio híbrida y su método de preparación

### 5 Campo de la invención

La presente invención se incluye dentro del sector de la industria metalúrgica. En particular, se refiere a una nueva aleación de bronce de aluminio con un buen equilibrio entre resistencia a la corrosión, transferencia de calor y resistencia al desgaste útil en diferentes aplicaciones tales como hélices marinas, cojinetes, engranajes, bombas de casquillo, componentes de intercambiadores de calor. La nueva aleación de bronce de aluminio comprende una estructura híbrida de una matriz de bronce de aluminio con microprecipitados dispersos de acero inoxidable martensítico. La nueva aleación de bronce de aluminio puede someterse a un proceso de tratamiento superficial termoquímico mediante el cual se mejora su dureza, dando lugar a una aleación de bronce de aluminio sometida a un tratamiento superficial termoquímico de la invención. La presente invención también se refiere a un método para la fabricación de las nuevas aleaciones de bronce de aluminio mencionadas.

### Antecedentes de la invención

Las aleaciones de bronce de aluminio se usan ampliamente en aplicaciones donde se requiere un equilibrio entre resistencia a la corrosión, resistencia (comparable a la del acero al carbono medio), altos valores de transferencia de calor y resistencia a la erosión por cavitación. No obstante, aunque la resistencia a la corrosión es satisfactoria para estas aplicaciones, las propiedades mecánicas están limitadas en la resistencia a la tracción, el límite elástico y la resistencia al desgaste.

Por otro lado, es bien sabido que los aceros inoxidable martensíticos presentan una peor resistencia a la corrosión que las aleaciones de bronce de aluminio, pero presentan mejores propiedades mecánicas. Las técnicas de endurecimiento superficial para aceros, como la nitruración, también son bien conocidas en la técnica. La nitruración permite la difusión de nitrógeno y carbono en el metal, que forma nitruros y carburos de cromo y hierro, respectivamente, aumentando la dureza superficial de los aceros. Los espesores afectados varían de 0,1 a 1 mm y la dureza alcanzada varía de 50 a 62 HRc. Sin embargo, las aleaciones de bronce de aluminio no pueden someterse a un proceso de nitruración, ya que el cobre no se combina con el carbono ni el nitrógeno, ni permite la difusión de estos elementos en la aleación. El intento seguido en el documento US5096508A describe un proceso de nitruración por medio de la adición de diferentes elementos a la aleación de cobre con una capa de modificación realmente limitada de solo 400 angstroms, no indicando ningún dato de dureza.

En vista de estas deficiencias de las aleaciones de bronce de aluminio, existe la necesidad en el estado de la técnica de proporcionar nuevas aleaciones alternativas de bronce de aluminio que mantengan las buenas propiedades de resistencia a la corrosión y transferencia de calor (para soluciones de intercambio de calor) de las aleaciones de bronce de aluminio, pero con propiedades de resistencia al desgaste mejoradas para soportar, por ejemplo, las condiciones de cavitación en agua marina.

El documento CN 102 899 522 B divulga una aleación de níquel-aluminio-bronce que contiene 70-82 % de Cu, 0,5-4,0 % de Mn, 7,0 - 11,0 % de Al, 2,0 - 6,0 % de Fe, 3-6 % de Ni y Zn < 1,0, a la que se añade Zr en un porcentaje en masa del 0,03 al 0,1 % y su método de producción.

El documento JPS5773146 A divulga una aleación de bronce de aluminio resistente al desgaste en la cual se usa grafito

### Descripción de los dibujos

**Figura 1:** Figura 1a: imagen SEM de una aleación de bronce de aluminio de la invención (de acuerdo con el Ejemplo 1B) y Figura 1b: una ampliación de un área de la imagen SEM de la Figura 1a. Se puede observar un microprecipitado de un tamaño de aproximadamente 100 micrómetros y la presencia de agujas de naturaleza martensítica en el interior.

**Figura 2:** Análisis de la composición del espectrómetro de dispersión de energía (EDS) de los microprecipitados mostrados en la Figura 1.

**Figura 3:** Análisis de la composición del espectrómetro de dispersión de energía (EDS) de la matriz de aleación de bronce de aluminio

**Figura 4:** Resultados de la prueba mecánica obtenidos con dos muestras (1A y 1B) de acuerdo con la invención y una muestra de acuerdo con el estado de la técnica (CC333G) para fines comparativos. Y (MPa) es el límite elástico, UTS (MPa) es la máxima resistencia a la tracción y E (%) es el porcentaje de alargamiento.

**Figura 5:** Imágenes que muestran el resultado de someter a una prueba de niebla salina dos muestras (1A y 1B) de acuerdo con la invención y una muestra de acuerdo con el estado de la técnica (CC333G) para fines comparativos.

### Descripción de la invención

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a la aleación de bronce de aluminio híbrida de la reivindicación 1.

- 5 Esta nueva aleación de bronce de aluminio híbrida, denominada en lo sucesivo la primera aleación híbrida de la invención, comprende microprecipitados dispersos de acero inoxidable martensítico en una matriz de bronce de aluminio como se muestra en la Figura 1. Estos microprecipitados son más duros que la matriz de bronce de aluminio, y ventajosamente aumentan la resistencia al desgaste de la aleación de bronce de aluminio utilizada como material de partida para su fabricación, sin afectar sustancialmente a su resistencia a la corrosión.
- 10 Se sabe que el acero inoxidable martensítico tiene un aspecto de agujas debido a que la austenita sufre una transformación de fase sin difusión. El acero inoxidable martensítico es una fase dura. Ocurre regularmente en aceros cuando se realizan tratamientos térmicos de enfriamiento. La aparición de la martensita le confiere al acero la mayor dureza. Por lo tanto, estas agujas martensíticas proporcionan esta primera aleación de bronce de aluminio híbrida de la invención con una resistencia al desgaste mejorada.
- 15 El análisis de la composición EDS de una primera aleación híbrida de la invención, ha demostrado que los microprecipitados de la región de acero inoxidable martensítico son ricos en cromo, lo que significa que contienen más cromo que la matriz de bronce de aluminio. Esto se puede ver en las Figuras 2 y 3. Los microprecipitados de la región de acero inoxidable martensítico tienen una composición que consiste principalmente en Fe, Cr, Ni y C (Figura 2). Los microprecipitados están dentro de los granos, como se puede ver en la Figura 1b). Los microprecipitados también muestran una forma de aguja típica como la que se encuentra en el acero inoxidable martensítico, y tienen una longitud promedio de entre 2 y 200  $\mu\text{m}$  de acuerdo con lo determinado por SEM. En la siguiente Tabla 1, se muestran las propiedades mecánicas de la primera aleación híbrida de la invención y se comparan con las de CC333G (EN 1982:2008), una aleación comercial estándar.
- 20 La primera aleación híbrida de la invención muestra una dureza Brinell ventajosamente más alta en comparación con la aleación CC333G, que presenta las propiedades máximas alcanzables para este tipo de aleaciones de bronce de aluminio en términos de dureza Brinell y módulo elástico del 0,2 %:
- 25

Tabla 1: Propiedades mecánicas

	Resistencia a la tracción (N/mm <sup>2</sup> )	Módulo elástico 0,2 % (N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento, (%)	Dureza Brinell HB
CC333G	600	250	13	140
Primera aleación híbrida de la invención	528-535	245-294	14,1 - 5,9	141-163

- 30 La primera aleación híbrida de la invención presenta una resistencia al desgaste mejorada, como se puede concluir en vista de su dureza mejorada y la presencia de microprecipitados de acero martensítico.

De acuerdo con una realización particular, la cantidad de Cr está comprendida entre 1,5 y 2,8 % en peso, como 1,6, 1,8, 2,2, o 2,4, donde las aleaciones son más susceptibles de tratamiento superficial termoquímico que CC333G, muestran mayor dureza y mejor resistencia al desgaste que CC333G, y muestran muy buena resistencia a la corrosión.

35 De acuerdo con una realización particular, la cantidad de Cr es de 0,5 a menos de 1,5 % en peso, como 0,7, 0,9, 1,1 o 1,3 donde los inventores han observado que las aleaciones también son endurecibles por procesos superficiales termoquímicos mientras que CC333G no lo es, muestran mayor dureza y mejor resistencia al desgaste que CC333G, y muestran muy buena resistencia a la corrosión, sin embargo, en menor medida.

40

De acuerdo con otra realización particular, la cantidad de C está comprendida entre 0,01 y 0,04 % en peso, como 0,02 y 0,03 donde los inventores han observado que las aleaciones también muestran una mayor dureza en comparación con CC333G. De acuerdo con otra realización particular, la cantidad de C está comprendida entre más del 0,04 y el 0,20 % en peso, como 0,05, 0,07, 0,10, 0,15 o 0,18 % en peso, donde las aleaciones muestran una mayor dureza en comparación con CC333G pero en menor medida.

45

De acuerdo con otra realización particular, la cantidad de Fe en la composición de la primera aleación híbrida está comprendida entre 5,0 y menos del 10 % donde la resistencia a la corrosión es muy similar a la de la aleación CC333G. De acuerdo con otra realización particular, la cantidad de Fe en la composición de la primera aleación híbrida es del 10 % al 14 %, como del 11 %, 12 % o 13 %, donde la resistencia a la corrosión es entonces ligeramente menor que la de la aleación CC333G (ejemplo 3, Figura 4), sin embargo, la dureza es mayor que la de CC333G y también es endurecible por procesos de tratamiento superficial termoquímico, mientras que CC333G no lo es (ejemplo 4).

50

De acuerdo con otra realización particular, la cantidad de Ni está comprendida entre 4 y 7 %, tal como 5 %, o 6 %, donde la aleación muestra una resistencia a la corrosión muy buena, como CC333G. De acuerdo con una realización particular, la cantidad de Ni es de 2 a menos de 4 %, tal como 2,5, 3, o 3,5 %, donde la resistencia a la corrosión es muy buena, similar a la de CC333G, pero ligeramente menor.

55

Además, los inventores también han descubierto sorprendentemente que la superficie de la primera aleación híbrida de la invención puede tratarse termoquímicamente, mientras que las aleaciones de bronce de aluminio convencionales tales como CC330G, CC331G y CC333G no se pueden tratar. Por consiguiente, la primera aleación híbrida de la

60

invención puede someterse a un proceso de tratamiento superficial termoquímico que produce una aleación modificada adicional, que muestra propiedades mecánicas mejoradas, tales como dureza. El hierro y el cromo presentes en la primera aleación promueven la difusión de nitrógeno en la aleación. A esta aleación sometida a un tratamiento superficial electroquímico endurecida, que es otro aspecto de la invención, se la denominará en lo sucesivo también como la segunda aleación híbrida de la invención y se puede obtener sometiendo la primera aleación híbrida de la invención a un proceso de tratamiento superficial termoquímico como se explica más adelante.

Por consiguiente, mientras que los materiales de partida CC330G, CC331G y CC333G utilizados para la fabricación de la primera aleación de la invención no pueden someterse a tratamiento superficial termoquímico y su dureza es de aproximadamente 100HB a 140 HB, la primera aleación de la invención muestra valores de dureza más altos entre 141 y 163 HB, y la segunda aleación híbrida de la invención alcanza valores de dureza aún mayores de aproximadamente 205-238 HB.

En un aspecto adicional, la invención se refiere al proceso de preparación descrito en la reivindicación 10.

La aleación de bronce de aluminio utilizada como material de partida e introducida en la etapa (i) en el horno puede ser lingotes de bronce de aluminio comercializados, como calidad CC330G, CC331G o CC333G, o mezclas de los mismos, cuyas especificaciones de composición se muestran en la siguiente Tabla 2, y en donde la nomenclatura se ajusta a la norma EN 1982:2008.

Tabla 2: Composición en porcentaje en peso (% en peso) de acuerdo con la norma EN 1982:2008.

(% en peso)	Cu	Al	Fe	Mn	Si	Ni	Pb	Zn	Sn
CC330G	88,0-92,0	8,0-10,5	<1,2	<0,50	<0,2	<1	<0,3	<0,5	<0,3
CC331G	83,0-89,5	8,7-10,5	1,5-3,5	<1,0	<0,2	<1,5	<0,1	<0,5	<0,2
CC333G	76,0-83,0	8,5-10,5	4-5,5	<3	<0,1	4-6	<0,03	<0,5	<0,1

El horno de acuerdo con una realización particular es un horno convencional como un horno de fusión por inducción. Los elementos de aleación Fe, Cr, Ni y C se agregan al horno en la etapa (ii), por medio, por ejemplo, de las siguientes chatarras y/o ferroaleaciones:

- Chatarra de acero inoxidable
- Grafito puro (99-100 % C)
- Ferrocromo con 60-75 % de contenido de cromo
- Cromo puro (99-100 % Cr),
- Níquel puro (99-100 % Ni)

para obtener la composición deseada de la primera aleación híbrida de la invención. El ajuste de las adiciones y la composición deseada puede ser realizado fácilmente por un experto en la materia. Además, la persona experta conoce otras posibles materias primas que se pueden utilizar para agregar estos elementos de aleación.

La chatarra de acero inoxidable que es útil para llevar a cabo la presente invención puede presentar diferentes composiciones químicas; la carga del horno se equilibrará para lograr la composición final de la primera aleación híbrida de la invención.

Durante el proceso de la invención, es necesario proteger la superficie de la masa fundida en el horno con un fundente protector para evitar pérdidas por oxidación de los elementos de aleación (como el aluminio) y la absorción de gases de la atmósfera. Con la primera carga de aleación de bronce de aluminio en el horno, se introduce un fundente protector superficial para crear una capa superficial no reactiva que evitará que los gases se difundan en el metal cuando ya está fundido. Además, durante el proceso, el metal puede cubrirse con una manta de fibra cerámica para evitar que el hidrógeno de la atmósfera se disuelva en el metal fundido y que también se produzcan oxidaciones metálicas.

Una vez que el metal está fundido, los productos de reacción (escoria) se eliminan de la parte superior de la superficie del horno. Para facilitar la eliminación de escoria, se puede agregar un fundente de coagulación de escoria. El horno debe apagarse para detener la turbulencia y permitir que la escoria flote en los hornos de inducción.

Durante el proceso de fusión, el oxígeno y el hidrógeno se disuelven en la masa fundida debido a la turbulencia generada, pudiendo causar porosidad e inclusiones. Si no se eliminan los gases, estos se acumulan y aparecen agujeros en la última etapa de solidificación. La eliminación del oxígeno se realiza mediante agentes de eliminación de óxido como el litio, introducidos en una proporción fija (por ejemplo, un tubo desoxidante cada 25 kg de metal fundido) en el horno una vez que todos los elementos cargados se han cargado y están fundidos. El hidrógeno se elimina mediante nitrógeno o argón burbujeando desde el fondo del horno por medio de un tapón poroso.

Posteriormente, se lleva a cabo una etapa adicional para eliminar la escoria de la parte superior de la superficie del horno apagándolo y dejando flotando la escoria. Entonces es conveniente agregar un fundente de coagulación de escoria hasta que la escoria sea lo suficientemente gruesa y se elimine con la barra de metal. Antes de verter la masa fundida en el molde, el metal debe permanecer fundido durante un período de tiempo para permitir una correcta homogeneización de los elementos de carga. Normalmente el tiempo no es inferior a 10 minutos.

La temperatura de fusión y vertido es variable dependiendo, por ejemplo, del grosor de la pieza a fundir. Habitualmente la temperatura está en el intervalo de 1250 °C-1300 °C, por ejemplo 1300 °C para las piezas de menos de 38 mm de

grosor, y para las partes de más de 38 mm de grosor, 1250 °C.

Como ya se mencionó, la primera aleación híbrida de la invención puede someterse a un proceso de tratamiento superficial termoquímico para obtener la segunda aleación híbrida de la invención que presenta una superficie reforzada.

5 Por consiguiente, la invención se refiere además a un proceso para la fabricación de una aleación sometida a un tratamiento superficial termoquímico, denominada en el presente documento la segunda aleación híbrida de la invención, que comprende someter la primera aleación híbrida de la invención a un proceso de tratamiento superficial termoquímico.

10 Este proceso de tratamiento superficial termoquímico se puede llevar a cabo de cualquier manera convencional conocida por el experto en la materia. En una realización particular, el tratamiento superficial termoquímico comprende una etapa de nitruración. Dicha etapa puede llevarse a cabo en una atmósfera de amoníaco. Únicamente a modo de ejemplo, la nitruración se puede llevar a cabo normalmente en una atmósfera de amoníaco a temperaturas normalmente entre 480-560 °C. El tiempo también varía dependiendo de factores como el tamaño de la pieza, y puede ser, por ejemplo, normalmente de 4 a 60 horas.

15 En el proceso, el amoníaco se descompone en la superficie del metal. El nitrógeno liberado entra en la matriz y se combina con Fe, Cr y Al, produciendo una capa superficial más dura que comprende los nitruros formados con estos metales. La profundidad de la capa más dura resultante dependerá de factores tales como la temperatura y el tiempo de exposición a la atmósfera de amoníaco. Las profundidades de capa alcanzadas varían normalmente de 125 µm a 700 µm. En una realización particular, la profundidad de la capa es igual o mayor de 200 µm, preferentemente 400 µm, más preferentemente 500 µm e incluso más preferentemente 600 µm. Además de la presencia de esta capa superficial, con su composición termoquímicamente modificada, la segunda aleación híbrida presenta la misma composición química y estructura que la primera híbrida divulgada anteriormente.

25 Otro aspecto de la invención se refiere al uso de la primera y la segunda aleaciones híbridas de la invención para la fabricación de piezas generalmente preparadas a partir de aleaciones de bronce de aluminio, tales como hélices marinas, cojinetes, engranajes, bombas de casquillos y componentes de intercambiadores de calor, por ejemplo. Los siguientes ejemplos no son limitativos y son meramente representativos de la invención.

### Ejemplos

30 Para los ensayos realizados en relación con la presente invención, los bloques de quilla Y2 se prepararon usando moldes de arena unidos químicamente, siguiendo la norma estándar UNE-EN 1563:1998. Los bloques de quilla Y2 se extrajeron a continuación de los moldes y se limpiaron por granallado.

35 A continuación, se cortaron los bloques de quilla y se prepararon muestras de ensayo para inspección micrográfica de dimensiones rectangulares de aproximadamente 30 x 30 x 10 mm mediante pulido de superficie y a continuación se analizaron sus microestructuras con un microscopio electrónico de barrido (SEM) con cañón de emisión de campo (Modelo ULTRA PLUS, Zeiss). Además, se obtuvieron muestras de ensayo de tracción de los bloques de quilla Y2. Se probaron a temperatura ambiente de acuerdo con el método establecido en la norma UNE-EN-ISO 6892-1:2010 utilizando barras de ensayo de 10 mm de diámetro y rosca M16. Los ensayos de tracción se llevaron a cabo utilizando una máquina de ensayo Instron Universal para obtener el límite elástico (Y, MPa), la resistencia a la tracción máxima (UTS, MPa) y el porcentaje de alargamiento (E %). La dureza Brinell se determinó utilizando un equipo INSTROM WOLPER modelo TESTOR 971/3000. Se usó el espectrómetro de dispersión de energía EDS (Spectrolab M10 de la empresa SPECTRO) para el análisis químico cuantitativo de las aleaciones.

45 Los lingotes de bronce de aluminio utilizados en la fabricación de la aleación de la invención del ejemplo fueron lingotes suministrados desgasificados y con una composición química certificada que se refiere a un material estándar CC331 G que se muestra en la siguiente Tabla 3:

Tabla 3: Composición química del lingote de aluminio y bronce (% en peso)

CC331G	Cu	Al	Fe	Mn	Ni
Composición	89,0	9,2	2,1	<0,50	<1,5

50 **Ejemplo 1: Proceso para la preparación de las aleaciones híbridas de la invención y moldes.**

#### Ejemplo 1A

55 Se introdujo un lingote CC331 G (34 kg) en un horno de inducción de 150 kg de capacidad. Para facilitar la disolución y el ajuste de diferentes aleaciones, se agregaron juntas chatarra certificada (Tabla 4) de acero inoxidable CA40 (6 kg) con la siguiente composición química.

Tabla 4: Composición química de la chatarra de acero inoxidable (% en peso)

Acero inoxidable CA40	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Ti
Composición	0,33	0,27	0,19	0,02	<0,005	13,6	0,16	0,66	1,2	<0,005

60 Se añadió fundente protector (ALBRAL 05, Foseco) en una proporción de 150 gramos por cada 40 kg de metal para la protección de la superficie (evitando la difusión de gases en el metal fundido). La fusión se realizó hasta alcanzar una temperatura de 1300 °C. A continuación, se realizó la eliminación de oxígeno

usando dos tubos de litio E1, (Foseco) (un tubo por cada 25 kg). La purga de nitrógeno se realizó por el fondo del horno para eliminar el hidrógeno con un tapón poroso.

Una vez que se fundió el metal y se retiró la escoria de la parte superior del horno, se esperaron 10 minutos para obtener una mezcla adecuada de los elementos.

El vertido se realizó en dos bloques de quilla Y2 para obtener muestras de ensayo para un ensayo posterior. La composición final se puede ver en la tabla 5

Tabla 5. Composición química de la muestra 1A (% en peso).

	Al	Fe	Cr	C	Ni	Mn
Composición 1A	7,51 %	9,81 %	1,13 %	0,02 %	4,68 %	0,93 %
Resto Cu						

### Ejemplo 1B

Se preparó otra aleación de la invención con mayor contenido de Fe, Cr, C y Ni. Se vertieron dos bloques de quilla Y2. Las muestras de prueba de 30 x 30 x 20 mm se prepararon mecánicamente y se analizó su microestructura. Se realizó una evaluación del tipo y distribución de las diferentes fases. Las imágenes SEM de una muestra se muestran en la Figura 1.

El EDS (espectrómetro de dispersión de energía) para el análisis químico de los elementos presentes en los microprecipitados dio como resultado la composición que se muestra en la Figura 2.

En la Figura 1A, los microprecipitados se muestran en color gris oscuro. Estos son precipitados martensíticos ricos en elementos de Fe, Cr y C que se han visto concentrados en los mismos. El Cr por ejemplo no se detecta en la matriz. Se puede observar que están incrustados en la matriz (color gris claro). En la Figura 1B (ampliación de un área pequeña de la Figura 1A) se puede observar que los precipitados son de tipo martensítico (visto en la Figura 2) y su forma de aguja es típica de este tipo de microestructura. Estos son similares a los que se encuentran en el acero inoxidable martensítico. Como ya se mencionó, los microprecipitados tienen una longitud promedio de 2-200 µm y su disposición está dentro de los granos.

La composición química de la muestra final se puede ver en la tabla 6.

Tabla 6 Composición química de la muestra 1B (% en peso)

	Al	Fe	Cr	C	Ni	Mn
Composición 1B	7,01 %	13,70 %	1,68 %	0,05 %	6,68 %	0,88 %
Resto Cu						

### Ejemplo 2: Propiedades mecánicas.

Las composiciones 1A y 1B se comparan con CC333G en la Tabla 7, de acuerdo con la norma (CC333G EN 1982:2008).

Tabla 7: Comparación de la composición de aleación de bronce de aluminio (% en peso)

	Al	Fe	Cr	C	Ni	Mn
CC333G	9,23 %	4,52 %	---	---	4,51 %	1,33 %
Composición 1A	7,51 %	9,81 %	1,13 %	0,02 %	4,68 %	0,93 %
Composición 1B	7,01 %	13,70 %	1,68 %	0,05 %	6,68 %	0,88 %
Resto Cu						

El resultado de las propiedades mecánicas de la comparación de las tres composiciones (composición 1A, 1B y CC333G) se puede ver en la Figura 4 donde se representa el límite elástico (Y), la resistencia a la tracción (UTS) y el alargamiento (E%).

Los resultados muestran que las propiedades mecánicas como Y y UTS para la aleación de la invención no se ven afectadas en comparación con la CC333G convencional.

También se ha visto que para las primeras aleaciones híbridas de la invención con una menor cantidad de hierro (9,8 %) y una menor cantidad de níquel (4,6 % en peso) (Composición 1A), el alargamiento también es comparable a CC333G. Sin embargo, para las primeras aleaciones híbridas de la invención con una mayor cantidad de hierro (13,7 % en peso) y una mayor cantidad de níquel (6,7 % en peso) (Composición 1B), el alargamiento se reduce en más del 50 % en comparación con CC333G y la Composición 1A.

Tabla 8 Comparación de las propiedades mecánicas

Propiedades mecánicas	Resistencia a la tracción (N/mm <sup>2</sup> )	Prueba de resistencia 0,2 % (N/mm <sup>2</sup> )	Alargamiento (%)	Dureza Brinell HBW
CC333G	600	250	13,0	140
Composición 1A	528	245	14,1	141
Composición 1B	535	294	5,9	163

**Ejemplo 3: Resistencia a la corrosión**

5 En este ejemplo, el comportamiento frente a la corrosión de la Composición 1A y la Composición 1B se ha ensayado utilizando una cámara de niebla salina y siguiendo la norma UNE EN-ISO 9227:2007. Los resultados se muestran en la Figura 5.

Una muestra de material comercial, CC333G, también se sometió a la prueba para comparación.

10 Los resultados muestran que la resistencia a la corrosión de la aleación híbrida de la invención es óptima y comparable a la de la aleación CC333G para contenidos de Fe más bajos (véase el resultado en la Figura 5, correspondiente a la Composición 1A). La resistencia a la corrosión disminuye sin embargo para la aleación de la invención cuando aumenta el contenido de Fe (Composición 1B).

**Ejemplo 4: Dureza y proceso de tratamiento superficial termoquímico**

15 Las composiciones 1A y 1B se sometieron a un tratamiento superficial termoquímico mediante un proceso de nitruración gaseosa y se realizaron pruebas de dureza antes y después en las muestras sometidas a tratamiento superficial termoquímico resultantes (segundas aleaciones de la invención). Se usó CC333G como comparación.

20 Como se esperaba, el material comercial CC333G no se podía someter a tratamiento superficial termoquímico y la dureza de la superficie seguía siendo la misma, después del tratamiento superficial termoquímico.

La composición 1A y la composición 1B se pudieron someter a tratamiento superficial termoquímico, y su dureza aumentó significativamente después del proceso de tratamiento superficial termoquímico. Como se muestra en la Tabla 6 a continuación, las composiciones 1A y 1B antes del tratamiento superficial termoquímico presentaron una mayor dureza que CC333G. Después del tratamiento superficial termoquímico, las composiciones 1A y 1B alcanzaron una dureza de 205 y 238 HB respectivamente.

25 Se puede observar un aumento en la dureza para las aleaciones con mayores contenidos de hierro (13,70 % en peso) y cromo (1,68 % en peso) (Composición 1A en comparación con la Composición 1B).

Tabla 9 - Comparación de la dureza (HB) en un estado fundido y después del tratamiento superficial termoquímico

	HB	
	Fundido	Con tratamiento superficial termoquímico
CC333G	140	140 (No eficaz)
Composición 1A	141	205
Composición 1B	163	238

30

**REIVINDICACIONES**

1. Una aleación de bronce de aluminio híbrida que comprende microprecipitados dispersos de acero inoxidable martensítico en una matriz de bronce de aluminio y que consiste en la siguiente composición química; donde los porcentajes se expresan en peso con respecto al peso total de la aleación.

Al:	6 - 9 %
Fe:	5,0 - 14 %
Ni:	2,0 - 7 %
Cr:	0,5 - 2,8 %
C:	0,01 - 0,20 %
Mn:	<3 %
Zn:	<0,5 %
Si:	<0,2 %
Sn:	<0,3 %
Pb:	<0,3 %

Resto Cu e impurezas adicionales en una cantidad total de menos del 0,5 %.

2. Una aleación de bronce de aluminio híbrida de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la cantidad de Cr está comprendida entre el 1,5 y el 2,8 %.

3. Una aleación de bronce de aluminio híbrida de acuerdo con cualquiera de la reivindicación 1, en donde la cantidad de Cr es del 0,5 a menos del 1,5 %.

4. Una aleación de bronce de aluminio híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la cantidad de C es del 0,01 al 0,04 % en peso.

5. Una aleación de bronce de aluminio híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la cantidad de C está comprendida entre más del 0,04 y el 0,20 % en peso.

6. Una aleación de bronce de aluminio híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la cantidad de Fe está comprendida entre el 5 % y menos del 10 %.

7. Una aleación de bronce de aluminio híbrida de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde la cantidad de Fe está comprendida entre el 10 % y el 14 %.

8. Una aleación de bronce de aluminio híbrida de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 7, en donde la cantidad de Ni está comprendida entre el 4 % y el 7 %.

9. Una aleación de bronce de aluminio híbrida de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 7, en donde la cantidad de Ni está comprendida entre el 2 % y menos del 4 %.

10. Un proceso para la preparación de la aleación con un fundente protector de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende las siguientes etapas:

- (i) Introducir en un horno una aleación de bronce de aluminio con una composición seleccionada del grupo que consiste en CC330G, CC331G, CC333G y sus mezclas;
- (ii) Añadir a la misma los siguientes elementos de aleación: Fe, Cr, Ni y C para obtener la composición química de la primera aleación híbrida como se ha divulgado anteriormente,
- (iii) Eliminar la escoria mediante la adición de fundente, si es necesario
- (iv) Eliminar el oxígeno y eliminar el hidrógeno,
- (v) Eliminar la escoria mediante la adición de fundente, si es necesario
- (vi) Mantener el estado fundido para homogeneización
- (vii) Verter en un molde.

11. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 10, en donde los elementos de aleación Fe, Cr, Ni y C se agregan en la etapa (ii), por medio de las siguientes chatarras y/o ferroaleaciones:

- Chatarra de acero inoxidable
- Grafito puro: 99 - 100 % de C
- Ferrocromo con un 60-75 % de contenido de cromo
- Cromo puro: 99 - 100 % de Cr
- Níquel puro: 99-100 % de Ni

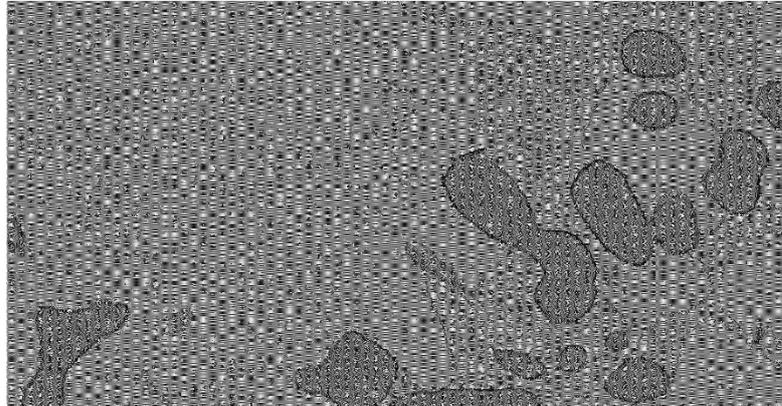
12. Un proceso que comprende someter la aleación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, a un

proceso de tratamiento superficial termoquímico.

13. Un proceso de acuerdo con la reivindicación 12, donde el tratamiento superficial termoquímico comprende una etapa de nitruración.

5 14. Una aleación sometida a tratamiento superficial termoquímico obtenida mediante el proceso de acuerdo con las reivindicaciones 12 o 13 con una superficie reforzada.

10 15. Uso de la aleación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 o la reivindicación 14 para la fabricación de hélices marinas, cojinetes, engranajes, bombas de casquillos y componentes de intercambiadores de calor.



10  $\mu\text{m}$  EHT = 20,00 kV Señal A = AsB Tamaño de apertura = 30,00  $\mu\text{m}$   
Aum. = 2,27 K X Anch. = 8,9 mm Corriente alta = Desconectado

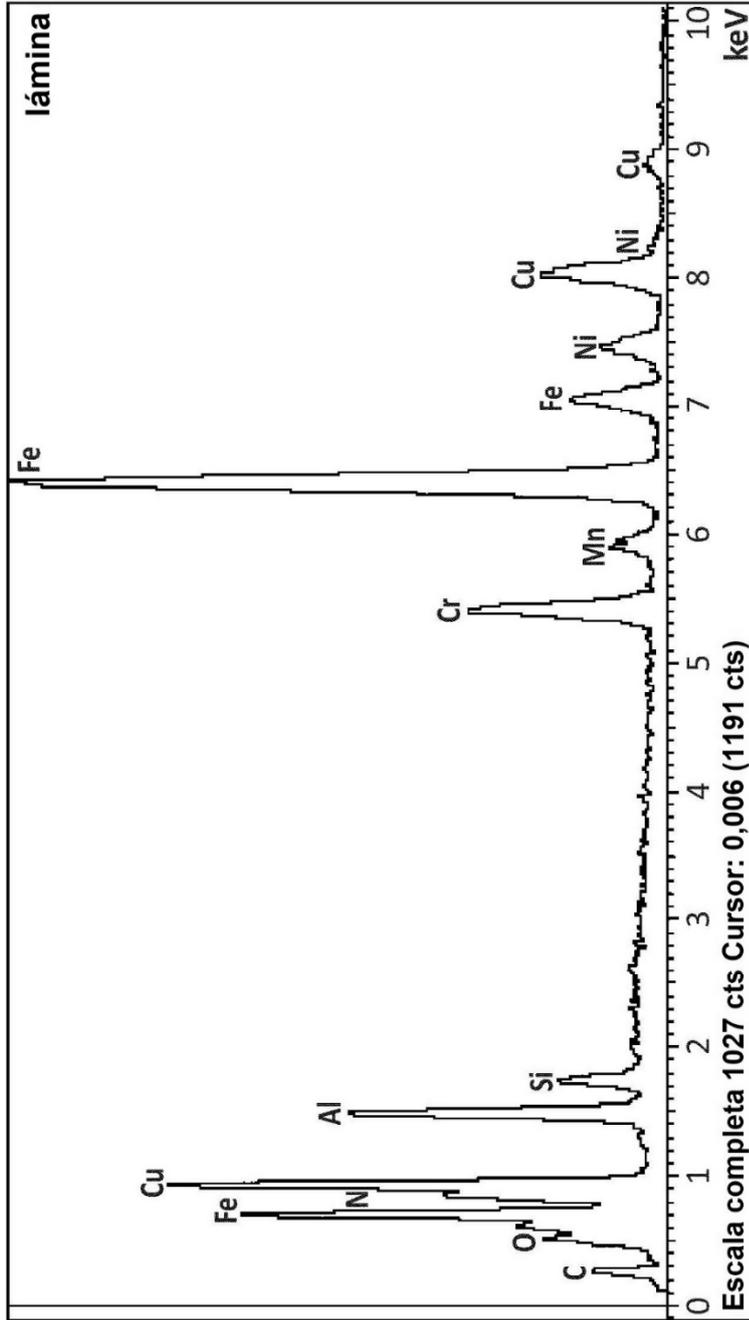
**Fig. 1a**



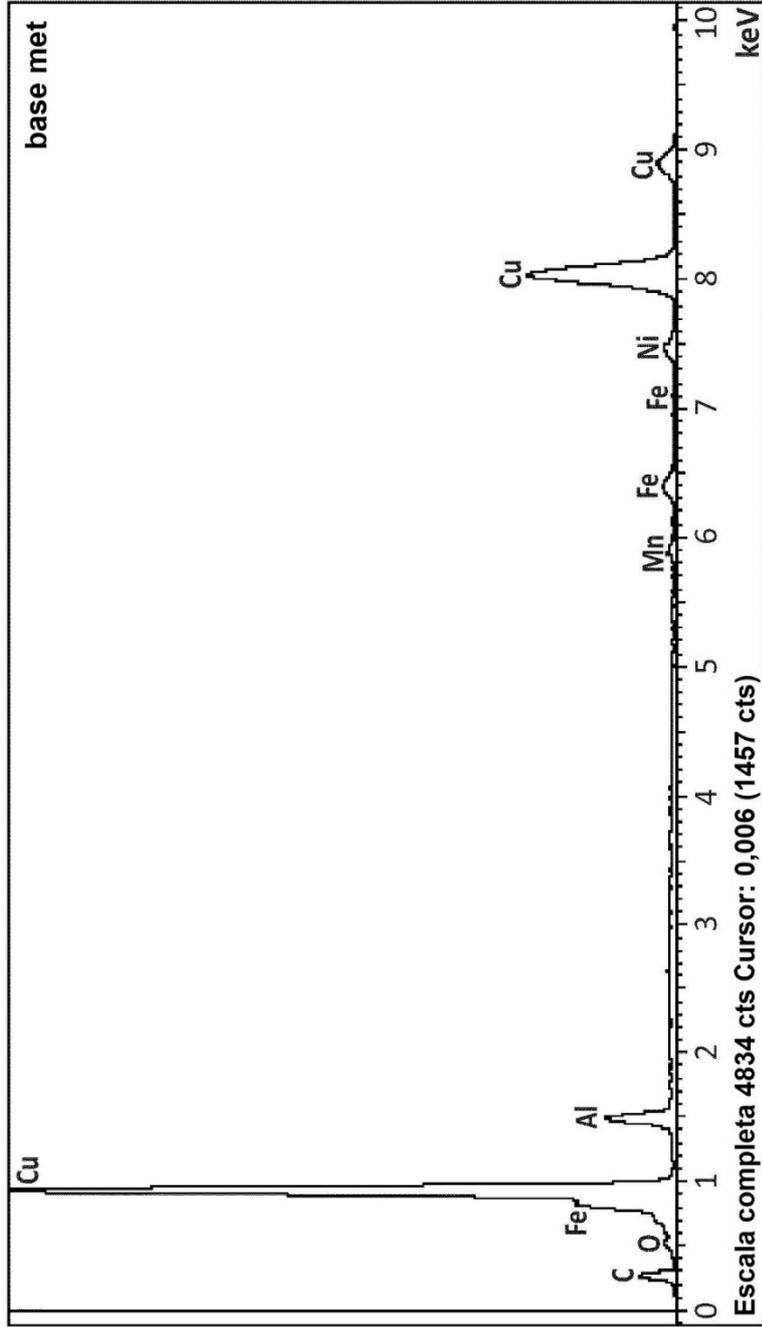
2  $\mu\text{m}$  EHT = 20,00 kV Señal A = InLens Tamaño de apertura = 30,00  $\mu\text{m}$   
Aum. = 7,93 K X Anch. = 8,9 mm Corriente alta = Desconectado

**Fig. 1b**

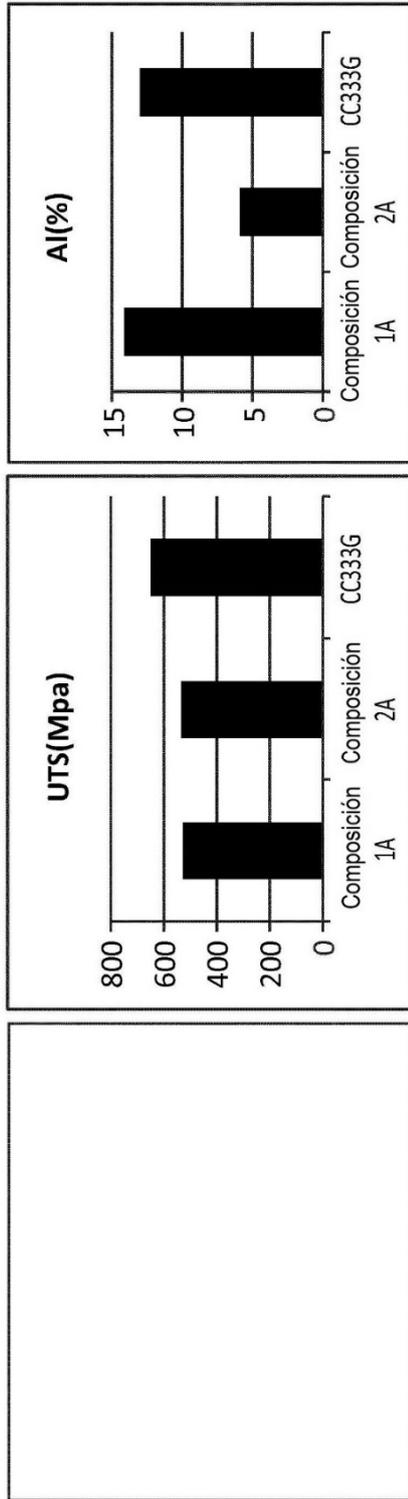
**FIG. 1**



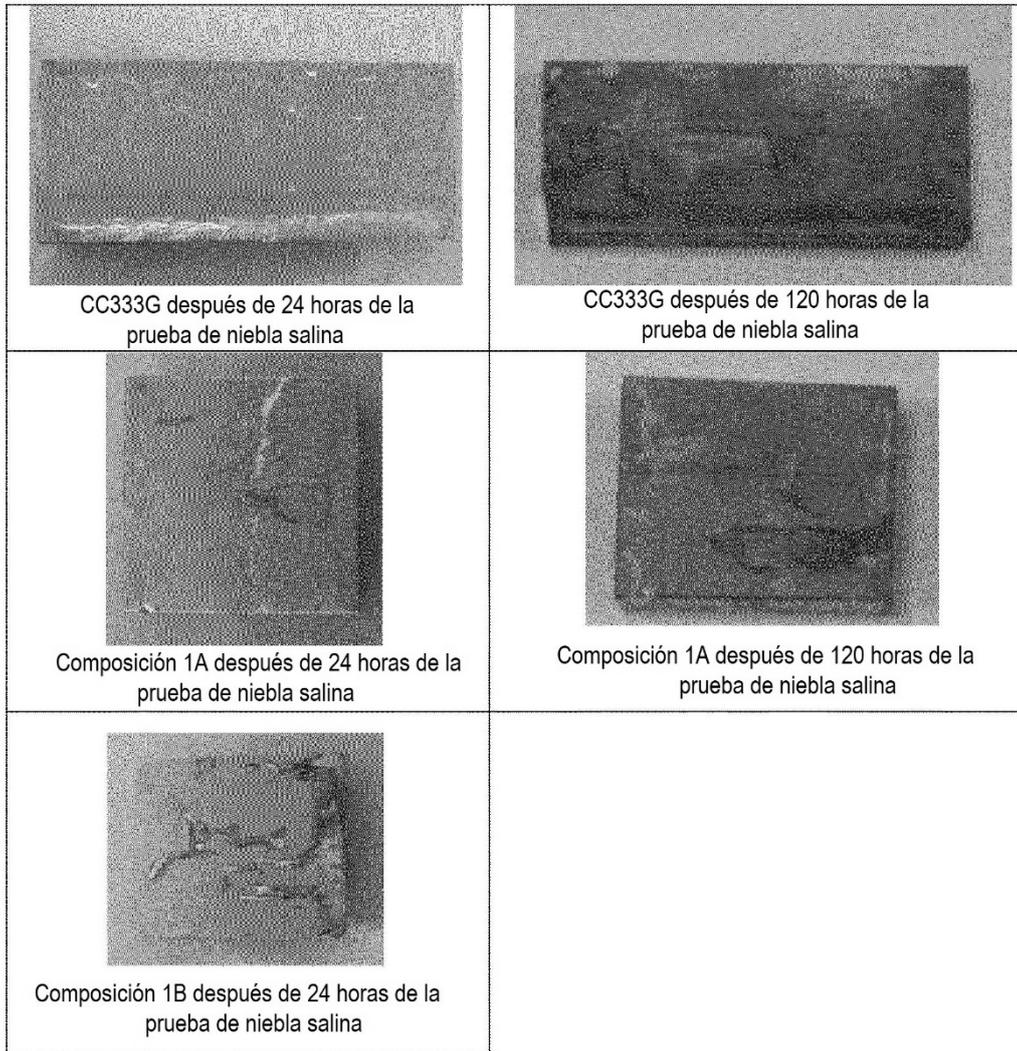
**FIG. 2**



**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**