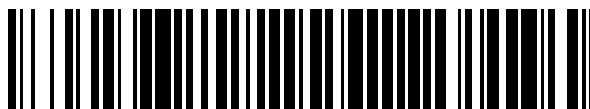


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 167**

51 Int. Cl.:

C22C 21/00 (2006.01)

C22F 1/043 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2016** **E 16382662 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2019** **EP 3342888**

54 Título: **Aleación de aluminio para fundición**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.04.2020

73 Titular/es:

BEFESA ALUMINIO, S.L. (100.0%)
Carretera Luchana Asúa nº 13
48950 Erandio, Bizkaia, ES

72 Inventor/es:

VICARIO GÓMEZ, IBAN;
SÁENZ DE TEJADA PICORNELL, FRANCISCO;
MONTERO GARCÍA, JESSICA;
MELÉNDEZ ARRANZ, ANTÓN y
ABUIN ARICETA, ALBERTO

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 753 167 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aleación de aluminio para fundición

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 El campo de la invención se refiere a aleaciones de aluminio para fundición. Específicamente, la presente invención se refiere a una aleación de aluminio secundaria útil para producir piezas inyectadas a alta presión, componentes que tienen que cumplir requisitos mecánicos importantes en condiciones de fundición en bruto.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

- 10 La inyección de aluminio a alta presión se ha limitado tradicionalmente en el transporte a aplicaciones de baja responsabilidad, mientras que los componentes estructurales se han fabricado en acero o con otros procedimientos de producción de piezas fundidas en aluminio, por ejemplo, por moldeo a baja presión (LPDC) o por moldeo por gravedad (GC).

- 15 No obstante, el procedimiento de fundición inyectada a alta presión (HPDC) se ha expandido espectacularmente a nuevas aplicaciones en los últimos veinte años, debido a su bajo coste para series medias o largas, a la elevada reproducibilidad y a la fiabilidad de los componentes obtenidos. En la expansión del proceso de la fundición inyectada (HPDC), además del desarrollo tecnológico del proceso de HPDC (moldeo al vacío, mejora de los materiales para los moldes, control térmico, etc.), se han desarrollado nuevas aleaciones con nuevas propiedades metalúrgicas y microestructurales, que presentan una elevada fluidez para permitir el llenado del molde de forma correcta, una baja tendencia al pegado en el molde, una fácil soldabilidad, una elevada maquinabilidad y por encima de todo alargamiento y propiedades mecánicas elevadas.

- 20 En el estado del arte se observa que existen aleaciones de primera fusión con una proporción Fe/Mn de en torno a 1/2 que disminuyen la tendencia al pegado de la aleación al molde y que a su vez reducen todo lo posible el efecto negativo de los compuestos intermetálicos de tipo Al_5FeSi sobre los valores de alargamiento. Una aleación de primera fusión implica principalmente un contenido en hierro inferior a 0,15% en peso, un contenido en cobre inferior a 0,03% en peso y un contenido en cinc inferior al 0,1% en peso, pudiéndose obtener estos contenidos únicamente si el aluminio se produce directamente mediante procesos electrolíticos a partir de alúmina en bruto. Todo el aluminio refinado producido a partir de chatarras, escorias y virutas procedentes de operaciones posteriores a la propia fundición y de materiales recuperados está limitado a aplicaciones mecánicas de baja responsabilidad, lo que es una gran limitación para la sostenibilidad de la industria y del sector de reciclaje del aluminio. Por último, el componente fundido producido en aluminio primario se puede tratar térmicamente con el fin de conseguir propiedades mecánicas similares a las producidas en procedimientos de fabricación alternativos como el LPDC o el CG.

- 35 Por desgracia, el tratamiento térmico, que es útil principalmente para la familia de las aleaciones de aluminio $AlSiMg$ y $AlCuTi$ implica un incremento de los costes y una instalación adicional de tratamiento térmico, además del horno de mantenimiento y la máquina de inyección ya existentes. Es bastante probable que la fabricación de piezas fundidas complejas se vea dificultada por la aparición de deformaciones y tensiones en las zonas con paredes finas. También se pueden formar ampollas sobre la superficie de las piezas si el metal líquido no ha llenado correctamente el molde o no se ha usado el sistema de vacío de un modo adecuado, lo que requiere de técnicos expertos.

- 40 Más recientemente se han desarrollado otras aleaciones de la familia de $AlMg$ con el fin de eliminar los tratamientos térmicos, pero siempre con una característica común, es decir manteniendo porcentajes muy bajos de elementos que actúan como impurezas, tales como el hierro, cobre y cinc, entre otros, que solo se puede conseguir con las aleaciones primarias.

- 45 El documento de patente DE 19524564 describe una aleación de aluminio-silicio para la fundición de culatas. Pequeñas variaciones en la composición de las aleaciones provocan un cambio sobre las diferentes propiedades de las aleaciones. Añadiendo elementos de aleación minoritarios o variando la concentración de los elementos de aleación, se pueden obtener propiedades no esperadas. En este documento no se citan las propiedades mecánicas obtenidas por la aleación desarrollada ni menciona el proceso de fundición a alta presión (HPDC). Este documento describe una aleación del 5-11% y del 8-11% de silicio y entre el 0,8-2% de cobre en peso.

- Dependiendo del proceso de producción empleado para la fabricación de una pieza, las propiedades mecánicas obtenidas pueden cambiar totalmente, como se observa en la norma DIN 1706, donde las propiedades mecánicas para moldeo en arena, coquilla, fundición a presión (HPDC) y a la cera perdida varían.

- 50 El anexo A de la norma EN AC 43000 describe las propiedades mecánicas de las aleaciones fundidas a presión (Tabla A.1 – Propiedades mecánicas de las aleaciones para fundición inyectada).

- 5 El documento EP 1978120 A1 describe una aleación aluminio-silicio para componentes de motor. En el documento no hay referencias al proceso de fundición inyectada a alta presión (HPDC). Este documento describe aleaciones con valores de alargamiento muy bajos en las muestras obtenidas en estado bruto de colada a temperatura ambiente ($<0,7\%$). Todos los ejemplos descritos en el documento tienen valores de Si con una composición eutéctica o hipereutéctica, muy por encima del 9% en peso. El documento también describe una aleación con el silicio entre del 5-25% y con el carbono entre el 0,0007-0,1% en peso.
- 10 Las aleaciones de aluminio secundarias descritas en el estado del arte tienen limitados valores del alargamiento debido a la presencia de agujas beta perjudiciales de Al_5FeSi . El estado del arte describe diferentes maneras de eliminar la formación de la fase $\beta-Al_5FeSi$: adicionando suficiente manganeso y, en aleaciones sin manganeso empleando grandes velocidades de enfriado. Otra manera de evitar este problema se basa en el desarrollo de aleaciones primarias con muy pequeños porcentajes de hierro, como las aleaciones AuralTM con un porcentaje en peso del hierro menor del 0,22% y del 0,03% del cobre. También se han descrito aleaciones con mayores alargamientos con porcentajes en hierro en peso menores del 0,2% y otras con porcentajes máximos de silicio en peso del 0,15% para obtener aleaciones de alto alargamiento.
- 15 El documento US 5573606 describe la adición de magnesio y limitando el contenido de hierro a un porcentaje menor del 0,6% en peso.
- 20 El documento EP 2771493 A2 describe una aleación de fundición $AlSiMgCu$. El documento describe un porcentaje en peso del cobre del 0.5-2% y el uso de tratamientos térmicos. El documento describe que un aumento en el contenido de Cu puede aumentar la resistencia debido a la mayor cantidad de precipitados $\Theta'-Al_2Cu$ y Q' pero reduciendo la ductilidad. En este documento se busca optimizar la composición, los tratamientos térmicos de solubilización y envejecimiento para minimizar/eliminar las fases no disueltas de la fase $Q-(AlSiMgSi)$ y maximizar el endurecimiento por solubilización/precipitación en estado sólido.
- 25 El documento JPH093610 (A) propone una aleación para fundición conteniendo del 5 al 13% de Si, hasta el 0,5% de Mg, de 0,1 a 1,0% de Mn y del 0,1 al 2,0% en peso de Fe. En este documento, los elementos de aleación contaminantes Cu y Zn no son tomados en consideración, cuando suelen estar en cantidades significativas en las aleaciones de aluminio secundario. El documento describe que los tratamientos térmicos son necesarios para aumentar la ductilidad, porque el silicio eutéctico toma una forma redondeada tras el tratamiento térmico.
- 30 El documento EP2657360 describe una aleación para fundición inyectada que contiene un 6-12% de Si, al menos un 0,3% de Fe, 0,25% de Mn, 0,1% de Cu y del 0,24 al 0,8% de Mg y del 0,4 al 1,5% en peso de Zn. El documento describe el uso de modificantes del eutéctico, como el Sr, Na y Sb, solos o en combinación, y de afinantes de grano como el Ti, Zr, V.
- 35 El documento EP 1612286 describe una aleación de aluminio para fundición inyectada con el 8 al 11,5% de Si, 0,3 a 0,8% de Mn, 0,08 a 0,4% de Mg, máx. 0,4% de Fe, máx. 0,1% de Cu, máx. 0,1% de Zn, máx. 0,15% de Ti y entre el 0,05 al 0,5% en peso de Mo. Los porcentajes de Cu y Zn se han restringido y el contenido de la aleación secundaria es muy restrictivo, por lo que es necesaria su producción mediante electrolisis.
- 40 El problema a resolver es el desarrollo de una nueva aleación de calidad secundaria producida para HPDC que se pueda usar en estado bruto de fundición y que presente los siguientes valores de alargamiento y propiedades mecánicas: Alargamiento (A) igual o superior al 2%, límite elástico ($R_{p0.2}$) igual o superior a 165MPa y carga de rotura (R_m) igual o superior a 260 MPa. Dichos valores de alargamiento y propiedades mecánicas son necesarios para los componentes de seguridad que están diseñados para soportar impactos por colisión (alta absorción de energía, es decir una gran deformación) y/o cargas de flexión estática grandes (resistencia elevada). Las aleaciones de la invención también mantienen otras propiedades de procesado como la fluidez de la aleación, baja tendencia al pegado en el molde, fácil soldeo o elevada maquinabilidad, entre otros.

SUMARIO DE LA INVENCION

- 45 Una realización preferida de la presente invención es una aleación de aluminio para fundición, en que dicha aleación consiste en:
- 11,5-12% en peso de silicio,
 - 0,3-0,7% en peso de hierro,
 - menos del 0,2% en peso de cobre,
 - 50 menos del 0,45% en peso de manganeso,

- menos del 0,3% en peso de cinc,
- 0,4-0,7% en peso de magnesio,
- menos del 0,25% en peso de titanio,
- 0,015-0,1% en peso de cromo,
- 5 menos del 0,2% en peso de níquel,
- menos del 0,025% en peso de estroncio,
- menos del 0,1% en peso de plomo, y
- menos del 0,05% en peso de estaño,
- y el aluminio como elemento restante.
- 10 En la invención, el contenido en silicio se ha restringido a un intervalo estrecho entre 11,5-12% en peso para reducir todo lo posible la fracción eutéctica, que ayuda a maximizar el alargamiento, pero mantiene la fluidez en unos valores mínimos que permiten un adecuado llenado del molde.
- En la invención, el contenido en cobre se ha restringido a un mínimo del 0,2% en peso para garantizar un valor adecuado del límite elástico y de carga de rotura.
- 15 En la invención, el contenido en hierro se ha limitado a 0,3-0,7% en peso para garantizar una baja tendencia al pegado de la pieza en el molde y una baja concentración en el volumen de los intermetálicos de tipo Al_5FeSi , que, al mismo tiempo, se minimizan con el contenido en manganeso.
- En la invención, el contenido en manganeso se ha limitado a 0,45% en peso lo que ayuda a transformar los compuestos intermetálicos alfa- Al_5FeSi en fases alfa $Al_{12}(Mn,Fe)Si_2$, reduciendo en todo lo posible el efecto negativo de dichos compuestos intermetálicos y para evitar los problemas de sedimentación que ocurren cuando hay altos porcentajes de Mn en combinación con Fe y otros elementos de la aleación.
- 20 En la invención, el contenido en magnesio ayuda a aumentar el límite elástico, pero siempre con un porcentaje mínimo de cobre y hierro para evitar afectar al alargamiento. Para pequeños incrementos de los porcentajes de magnesio si se dispone de suficiente silicio se pueden llegar a producir compuestos intermetálicos de Mg_2Si .
- 25 En la invención, el contenido en cinc ayuda a conseguir valores de alargamiento mayores con bajos contenidos de magnesio, aprovechando su elevado índice de solubilidad en el aluminio, lo que significa que para contenidos menores del 0,3% en peso de cinc, se pueden alcanzar límites de alargamiento mayores sin afectar a los valores del alargamiento, ya que no aparece discontinuidad de la matriz.
- 30 Las propiedades deseadas son obtenidas debido a la formación de fases eutécticas muy finas, con una forma semi-globular de las dendritas y la ausencia de agujas frágiles β de hierro en las muestras obtenidas mediante fundición a alta presión (HPDC) debido a la combinación de los diferentes elementos con el hierro en la nueva aleación desarrollada. Puede observarse en la Figura 1 un ejemplo de las microestructuras descritas con algo de porosidad inherente al proceso estándar de fundición a alta presión (HPDC) a 25 aumentos.
- 35 En la figura 2 se puede observar la ausencia de agujas β de hierro a 400 aumentos. La aleación de acuerdo a la invención difiere de la aleación de la patente DE 19524564 en que contiene del 11,5-12% de silicio y menos de un 0,2% en peso de cobre.
- 40 El contenido de los elementos de aleación en la aleación de acuerdo a la presente invención está relacionado con las propiedades mecánicas obtenidas. Estas propiedades mecánicas varían claramente con pequeñas variaciones en la composición. Esto puede observarse en las aleaciones del ejemplo, que muestran cambios en las propiedades obtenidas con pequeños cambios en la composición.
- La aleación de acuerdo a la invención difiere de la del documento patente EP 1978120 A1 en que contiene del 11,5-12% de silicio y no contiene C.
- La aleación de acuerdo a la invención difiere de la de la EP 2771493 A2 en que contiene menos de un 0,2% de cobre.

La concentración de cobre en la aleación de acuerdo con la invención provoca un aumento del alargamiento, en comparación con los valores mencionados en EP 2771493A2, que indica que un aumento del porcentaje del Cu puede aumentar la resistencia debido a una mayor concentración de fase Θ' -Al₂Cu y precipitado Q', pero reduciendo la ductilidad.

5 El tratamiento térmico de la aleación de acuerdo con el primer aspecto de la invención no es necesario, debido a la aparición de un eutéctico muy fino con estructura dendrítica bastante globular en la aleación. El reducido contenido en Cu y Zn en comparación con la aleación JPH093610 (A) invalida el uso de aluminio secundario como se describe en la patente JPH093610 (A).

10 La aleación de acuerdo a la invención difiere principalmente de la aleación del documento EP2657360 en que contiene menos de un 0,3% en peso de Zn. Un incremento del porcentaje del Zn provoca una menor resistencia a la corrosión, y debido a esto, el contenido en Zn ha sido limitado en la aleación de acuerdo a la invención, lo que ayuda también a obtener piezas que no necesitan adicionales tratamientos superficiales. Además, la aleación de acuerdo a la invención tiene una gran ductilidad.

La aleación de acuerdo a la invención difiere de la del documento EP 1612286 en que no contiene Mo.

15 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Figura 1. Microestructura de la aleación 2 inyectada a alta presión (HPDC) a 25 aumentos.

1: Porosidad

2: Dendritas semi-globulares.

3: Estructura eutéctica fina.

20 Figura 2. Microestructura de la aleación 2 inyectada a alta presión (HPDC) a 400 aumentos.

4: Eutéctico Al Si

5: Al

6: Si

7: Al_{11.7-16.5}(Fe,Mn,Cr)_{2.3-3.3}Si₂

25 DESCRIPCIÓN DE LAS REALIZACIONES

Ejemplo 1. Aleaciones de aluminio para fundición (preparación, composición y propiedades mecánicas)

30 Se han preparado composiciones de aluminio partiendo de una aleación estándar EN-AC 43000 en un horno de mantenimiento a 690 °C y, después, se ha vertido la aleación fundida en el contenedor de inyección, y se ha inyectado en la cavidad del molde de una máquina HPDC con una fuerza de cierre de 950 toneladas a una temperatura de 685°C. No se ha empleado el vacío.

Se produjo una serie de 30 muestras para cada composición. Las muestras inyectadas se enfriaron con aire. Las dimensiones de las muestras y la posterior caracterización mecánica se fijaron y se llevaron a cabo siguiendo, respectivamente, las normas UNE-EN ISO 6892-1 B:2010.

35 Se analizaron varias composiciones, cuyo contenido se especifica en la Tabla 1. La Aleación 1 y la Aleación 2 son ejemplos comparativos y no son aleaciones de acuerdo a la invención. La Aleación 3 es una aleación según la invención. Los resultados obtenidos también se especifican en la Tabla 1.

Tabla 1

	Aleación 1	Aleación 2	Aleación 3
Si (% en peso)	11,49	12,07	11,65

	Aleación 1	Aleación 2	Aleación 3
Fe (% en peso)	0,91	0,83	0,337
Cu (% en peso)	0,419	0,134	0,199
Mn (% en peso)	0,67	0,492	0,302
Mg (% en peso)	0,399	0,281	0,58
Zn (% en peso)	0,147	0,024	0,028
Ti (% en peso)	0,231	0,084	0,239
Cr (% en peso)	0,135	0,032	0,017
Ni (% en peso)	0,0037	0,167	0,196
Pb (% en peso)	0,18	0,18	0,073
Sn (% en peso)	0,04	0,06	0,032
Sr (% en peso)	0,046	0,033	0,021
Rp0,2 (MPa)	163	154	175
Rm (MPa)	257	230	279
A (%)	1,8	2,5	2,4

Pequeñas variaciones en los valores de composición reivindicados dan valores fuera del objetivo y para la Aleación 3 el valor del alargamiento (A) fue 2.4%, el valor del límite elástico (Rp0,2) obtenido fue de 175 MPa y la carga de rotura (Rm) fue 279 MPa. La aleación del ejemplo con valores de composición dentro de la invención tiene un valor de alargamiento (A) igual o superior al 2%, valor del límite elástico (Rp0,2) superior a 170 MPa y valor de carga de rotura (Rm) por encima de 260 MPa. Como comparación, la Aleación 1 tiene menor valor de alargamiento (1,8%) y valores de límite elástico (163 Mpa) y la Aleación 2 tiene valores más pequeños de límite elástico (154 Mpa) y valores de carga de rotura (230) que lo que muestra la invención.

El documento EP2657360 (B1) describe el uso de modificantes del eutéctico, como el Sr, Na y el Sb, solos o en combinación, y de afinantes de grano como el Ti, Zr, V. La aleación de acuerdo a la invención tiene menos de un 0,25% de titanio y menos del 0,025% en peso de estroncio. El uso del estroncio en las aleaciones del ejemplo no muestra un incremento significativo del alargamiento, como por ejemplo la Aleación 1 modificada con mayor contenido de estroncio que la Aleación 3 pero con un menor valor de alargamiento. En el caso del titanio, las aleaciones del ejemplo no muestran un incremento significativo del alargamiento, con valores similares. La Aleación 1 y la Aleación 3 han sido afinadas con titanio, obteniendo un 0,231 y 0,239% en peso de titanio en su composición final, y la Aleación 1 del ejemplo no muestra un beneficio significativo sobre el alargamiento. Esto puede ser explicado debido a que el afinado y modificado de la estructura puede ser obtenido por el rápido enfriamiento (hasta 100°C/s) de la pieza inyectada y a la presión de multiplicación (hasta 120 Mpa) aplicada sobre el metal durante la solidificación en el proceso de fundición inyectada a alta presión (HPDC).

REIVINDICACIONES

1. Aleación de aluminio para fundición, caracterizada por que dicha aleación consiste en:

- 5 11,5-12% en peso de silicio,
 0,3-0,7% en peso de hierro,
 menos del 0,2% en peso de cobre,
 menos de 0,45% en peso de manganeso,
 menos del 0,3% en peso de cinc,
 0,4-0,7% en peso de magnesio,
 menos del 0,25% en peso de titanio,
10 0,015-0,1% en peso de cromo,
 menos del 0,2% en peso de níquel,
 menos del 0,025% en peso de estroncio,
 menos del 0,1% en peso de plomo, y
 menos del 0,05% en peso de estaño,
15 y el aluminio como elemento restante.

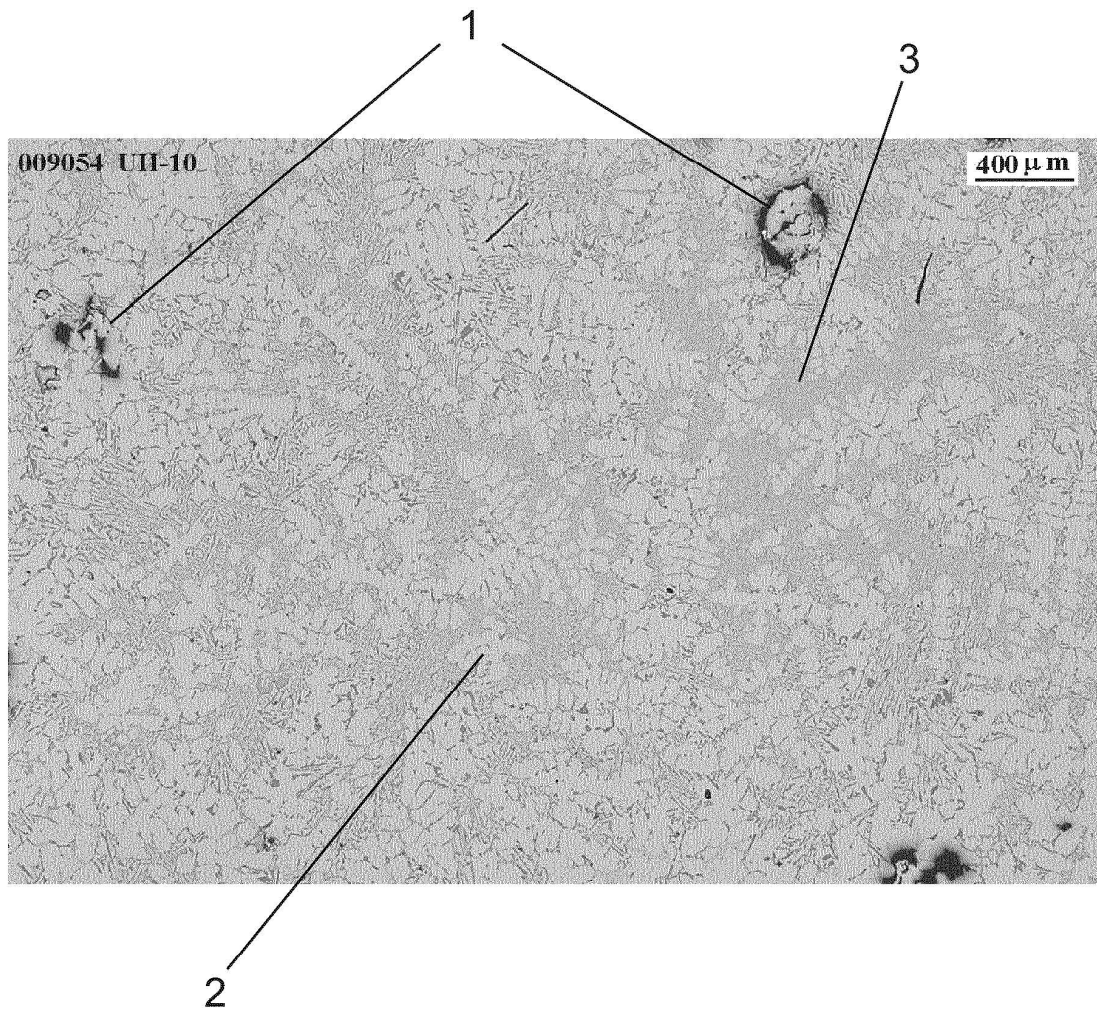


Fig. 1

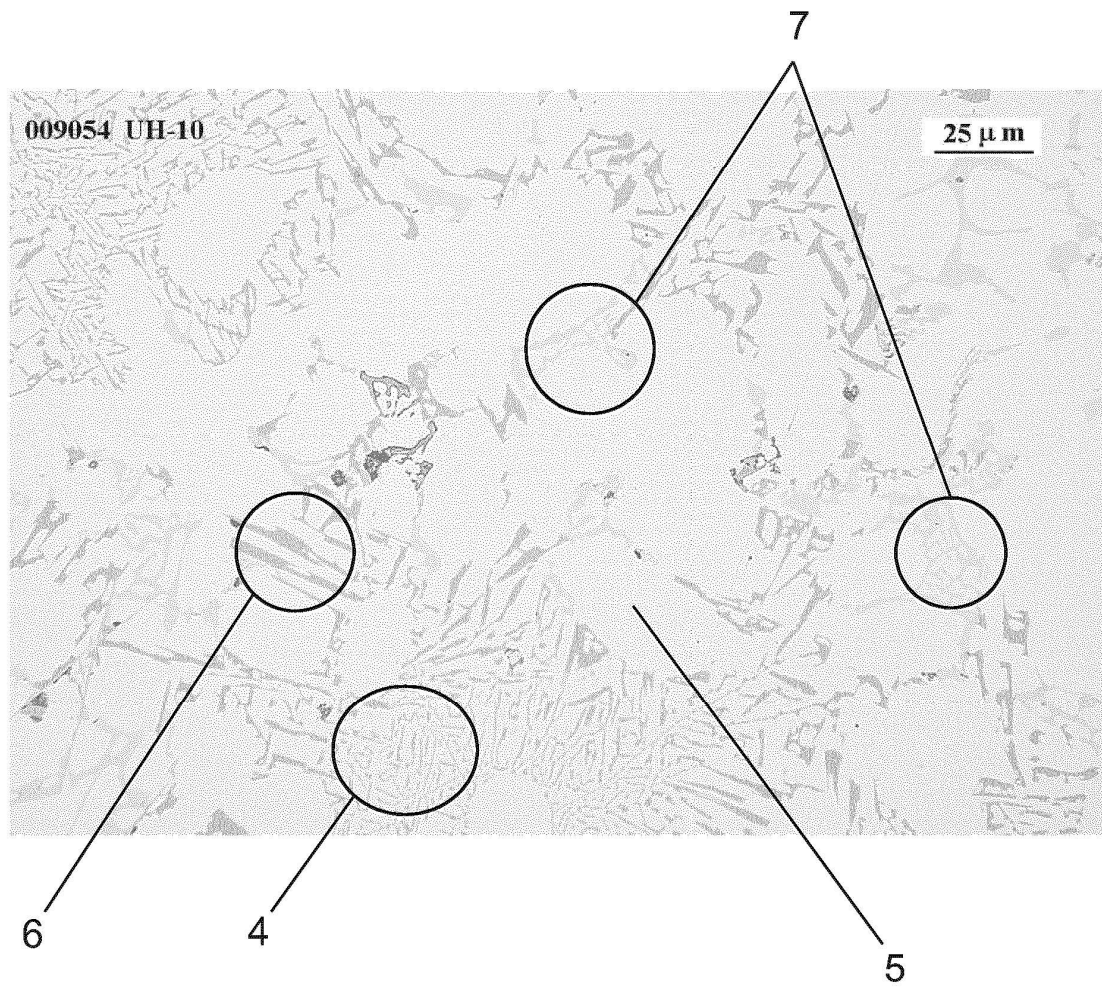


Fig. 2