

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 403 369**

51 Int. Cl.:

B22D 23/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2007 E 07763446 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.01.2013 EP 1981668**

54 Título: **Método de preparación de una estructura metálica adecuada para el procesamiento de metal semisólido**

30 Prioridad:

02.02.2006 US 764348 P

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

17.05.2013

73 Titular/es:

**NATIONAL SCIENCE AND TECHNOLOGY
DEVELOPMENT AGENCY (100.0%)
111 THAILAND SCIENCE PARK PHAHOLYOTHIN
ROAD, KLONG 1, KLONG LUANG
PATHUMTHANI 12120, TH**

72 Inventor/es:

**WANNASIN, JESSADA;
MARTINEZ, RAUL A. y
FLEMMINGS, MERTON C.**

74 Agente/Representante:

DURÁN MOYA, Luis Alfonso

ES 2 403 369 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

Método de preparación de una estructura metálica adecuada para el procesamiento de metal semisólido.

5 La presente invención se refiere a un método de preparación de mezclas semisólidas no dendríticas de metales para el moldeo y la formación de semisólidos. En particular, en la presente invención se hacen circular burbujas de gas a través, como mínimo, de un medio sólido insertado en el metal o la aleación líquidos o que se dispone en los mismos, enfriando, de este modo, el metal o la aleación líquidos hasta una temperatura por debajo de la temperatura de fusión de los mismos, mientras se agita el metal o la aleación líquidos con las burbujas de gas y se forman fracciones de sólido en las mismas.

10 La estructura metálica adecuada para el procesamiento de metales semisólidos (SSM) fue dada a conocer por primera vez a principios de los años 70 en una tesis doctoral de D.B. Spencer titulada "Rheology of Liquid-Solid Mixtures of Lead Tin," (Reología de mezclas sólido-líquidas de plomo y estaño), M.C. Flemings como asesor, Massachusetts Institute of Technology (junio de 1971). Los autores agitaban de manera mecánica una aleación en solidificación en el intervalo de temperaturas de sólido-líquido y hallaron que la fase sólida no estaba en forma de dendritas, sino en forma de partículas esferoidales. La naturaleza no dendrítica de la fase sólida proporcionó a estas "mezclas" de metales unas propiedades de fluidez únicas. Una mezcla de metales que contiene hasta el 50% de fase sólida circula de manera homogénea con órdenes de magnitud de la "viscosidad eficaz" superiores a las de la aleación líquida. Si las mezclas de metales se conforman en piezas, una mayor viscosidad conducirá a un llenado menor del molde, produciendo, de este modo, piezas de calidad elevada al minimizar la retención de aire y las inclusiones.

25 Desde la invención de los procesos SSM, la industria ha crecido cada vez más consciente de su potencial. Actualmente, la investigación de los SSM se realiza a nivel académico e industrial por todo el mundo. Sin embargo, la proliferación de aplicaciones de los SSM en la industria se encuentra aún en sus fases iniciales. Las aplicaciones en la automoción de aleaciones de aluminio han sido el foco principal del interés industrial en los SSM. La preocupación sobre la eficacia del combustible y sobre el medio ambiente ha dado lugar a un impulso hacia vehículos más ligeros. Esto ha conducido a un incremento continuo en la utilización de fundiciones de aluminio en vehículos y una necesidad creciente por procesos del tipo SSM que puedan producir piezas de aluminio de calidad elevada. Algunas de las piezas de los automóviles que se consideran para los SSM de aluminio son los componentes de la suspensión, los compresores del aire acondicionado, y los cilindros del freno principal, tal como se dan a conocer por S.P. Midson y K. Brissing en un artículo titulado "Semi-Solid Casting of Aluminum Alloys: A Status Report" (Moldeo semisólido de aleaciones de aluminio: Informe sobre la situación) (Modern Casting, Febrero, 1997, pág. 41-43). Un fabricante de automóviles utilizaba un proceso de "fundición reológica" para fabricar los bloques de cilindros para la siguiente línea de motores turbo diésel. Véase M. Yamazaki y otros, Development of a High-Strength Aluminum Cylinder Block for Diesel Engine Employing a New Production Process ("Desarrollo de bloques de cilindros de aluminio de alta resistencia para motores diésel utilizando un nuevo proceso de producción"), SAE International, Publicación 2004-01-1447.

40 Dos rutas de procesamiento de metales semisólidos son factibles industrialmente: "fundición tixotrópica" y "fundición reológica". La "fundición tixotrópica" es un proceso en el que se obtiene una estructura no dendrítica mediante el recalentamiento de un lingote completamente solidificado hasta el intervalo de temperaturas de sólido-líquido, conformándolo a continuación en una pieza. La "fundición reológica" es un proceso en el que se crea una mezcla con estructura no dendrítica a partir de una aleación líquida y, a continuación, se conforma en una pieza.

50 Durante los últimos 30 años, la ruta de procesamiento SSM utilizado en la industria se ha realizado mediante fundición tixotrópica tal como se presenta por M.C. Flemings y W.L. Johnson en un artículo titulado "High Viscosity Liquid and Semi-Solid Metal Casting: Processes and Products" ("Fundición de líquidos de viscosidad elevada y metales semisólidos: procesos y productos") en la Conferencia mundial de la fundición celebrada en Kynogju, Corea, Octubre 20-24, 2002. Se produce un lingote agitado de manera electromagnética mediante agitadores continuos tal como se describe por C. Vives en un artículo titulado "Elaboration of Semisolid Alloys by Means of New Electromagnetic Rheocasting" ("Elaboración de aleaciones semisólidas mediante nueva fundición reológica electromagnética") (Processes, Metallurgical Transactions B, (23b), Abril, 1992, pág 189-206). El fundidor tixotrópico adquiriría estos lingotes, los recalentaría en el intervalo de temperaturas de sólido-líquido y los conformaría en piezas. Aunque se obtienen piezas de aluminio de calidad elevada, aspectos, tales como el coste de la operación y el control del proceso, han evitado la adopción extendida de la fundición tixotrópica. En el año 2000, se estimó que el proceso de fundición tixotrópica representaba únicamente aproximadamente el 1% de los 2,5 millones de toneladas de fundiciones de aluminio en América del norte, Europa y Japón (o aproximadamente 25.000 toneladas) en un artículo de P. Kapranos y otros, titulado "Near net shaping by semi-solid metal processing" (Conformación casi final mediante el procesamiento de metales semisólidos") (Materials and Design, (21), 2000, pág. 387-394).

65 Por lo tanto, la tendencia actual en el procesamiento de metales semisólidos es avanzar hacia la ruta de la "fundición reológica". La "fundición reológica" presenta sobre la fundición tixotrópica ventajas inmediatas de costes, ya que se puede formar una aleación líquida en una mezcla no dendrítica de metales en el lugar de producción y los metales de desecho se pueden reciclar internamente. Actualmente, existen varios procesos para crear estructuras no

dendríticas a partir de aleaciones líquidas. La primera estrategia utilizada fue la agitación mecánica del metal en el intervalo de temperaturas de sólido-líquido. Varios documentos de patente, que incluyen las patentes de Estados Unidos No. 5.555.926, 5.887.640 y 5.983.978, da a conocer el equipo diseñado para crear mezclas de metales mediante agitación mecánica. Véase también S. Ji, Z. Fan, M.J. Bevis. Semi-solid processing of engineering alloys by a twin-screw rheomoulding process (Procesamiento de semisólidos en el diseño de aleaciones mediante un proceso de moldeo reológico con doble husillo), Materials Science and Engineering A, (299A), 2001, pág. 210-217. Sin embargo, la falta de materiales de agitación resistentes capaces de soportar la exposición a aluminio fundido durante periodos largos de tiempo, ha limitado la utilización de los métodos de agitación mecánica en la industria.

Hasta ahora, el desafío de la fundición reológica ha sido el conocimiento limitado de cómo procesar de manera eficaz aleaciones líquidas para crear mezclas no dendríticas de metales. Actualmente se sabe que mediante el control de las condiciones presentes durante las etapas iniciales de solidificación (la formación de solamente los primeros porcentajes de fase sólida), se pueden formar fácilmente estructuras no dendríticas. Mediante la combinación de un enfriado rápido localizado y una agitación vigorosa en el caldo de fusión, de manera que la temperatura disminuya desde junto por encima a justo por debajo la temperatura del líquido, se puede conseguir una estructura no dendrítica en cuestión de segundos, tal como se describe por R.A. Martínez en su tesis de máster titulada "A New Technique for the Formation of Semisolid Structures" ("Una nueva técnica para la formación de estructuras semisólidas") (junio del 2001) y en su tesis doctoral titulada "Formation and Processing of Rheocast Microstructures" ("Formación y procesamiento de microestructuras por fundición reológica") (junio del 2004), profesor M.C. Flemings como asesor, Massachusetts Institute of Technology.

La patente de Estados Unidos 6.645.322 se refiere a un método que funde reológicamente y de manera eficaz una aleación con partículas esféricas mediante la inmersión de una varilla giratoria fría en un caldo de fusión mantenido por encima de la temperatura de líquido. La inmersión de la varilla giratoria crea de manera simultánea una región de enfriamiento local elevado, proporciona una convección vigorosa y disminuye la temperatura de fusión global por debajo de la temperatura de líquido. El proceso puede crear una mezcla a partir del metal líquido con una amplia variabilidad en el sobrecalentamiento, haciéndolo un método fiable y eficaz para producir mezclas de aleaciones de aluminio. Sin embargo, dado que el método requiere un medio sólido en movimiento, se pueden anticipar algunas cuestiones. En primer lugar, puede no ser simple la aplicación de un sistema de enfriamiento de agua a la varilla de forma continua mientras la varilla va girando. Puede no ser simple unir los sensores, tales como los sensores de temperatura, en el interior de la varilla para medir las temperaturas. Además, mientras la varilla va girando, existe la posibilidad de que se forme un remolino. La formación de un remolino puede dar lugar a una oxidación incrementada del metal.

Según el documento US 2001/020759 A1, un recipiente de metal fundido incluye una primera cámara para contener el metal fundido, tal como aluminio fundido en el mismo, una cámara de filtración en la que se eliminan las impurezas contenidas en el metal fundido, y una segunda cámara para conservar el metal fundido limpio para suministrar a un molde de fundición. El metal fundido circula desde la primera cámara a la segunda cámara a través de la cámara de filtración. En la cámara de filtración se disponen una pareja de filtros, de manera preferente una pareja de filtros cilíndricos, de manera que se pueden filtrar dos veces las impurezas contenidas en el metal fundido. Los filtros están unidos a la base de la cámara de filtración, en la que apenas se desarrollan óxidos de metal fundido, de manera que los filtros se sustituyen fácilmente por nuevos para fines de mantenimiento. En los filtros cilíndricos puede disponerse un calentador en forma de varilla para mantener la temperatura del metal fundido en un intervalo estrictamente controlado. De este modo, las impurezas se eliminan de manera eficaz del metal fundido a través de los filtros que son fácilmente sustituibles.

En la patente de Estados Unidos 6.521.015 B1, se da a conocer un método para filtrar aluminio fundido que contiene partículas suspendidas utilizando un medio de filtración mejorado, comprendiendo el método las etapas de disponer una fuente de aluminio fundido y disponer de un medio que tiene un recubrimiento sobre el mismo, teniendo el recubrimiento un punto de ablandamiento a las temperaturas del aluminio fundido para proporcionar propiedades adhesivas y unir las partículas suspendidas en el aluminio fundido al mismo. El medio de filtración está en contacto con el aluminio fundido y las partículas suspendidas están unidas de manera adhesiva al mismo para proporcionar un aluminio fundido que tiene partículas suspendidas eliminadas del mismo.

La patente de Estados Unidos 5.846.481 A se refiere a un aparato mejorado de refino de aluminio fundido en el que el conducto del gas refinador está definido por una ranura helicoidal en la varilla del rotor y el manguito para calentar un gas mediante el contacto con el manguito a medida que circula hacia el rotor hasta, en general, la temperatura del caldo de fusión; que comprende un estator que rodea el manguito y que ocupa una parte de la superficie del aluminio fundido, y en el que el recipiente comprende paredes laterales que divergen en sentido ascendente en un ángulo desde aproximadamente 5 grados hasta aproximadamente 16 grados para permitir que las burbujas de gas se expandan sin una coalescencia sustancial a medida que las burbujas se mueven en sentido ascendente en el caldo de fusión, reduciendo la presión metalostática en las burbujas respectivas.

El documento de la patente de Estados Unidos 4.154.689 da a conocer una mejora en la filtración de metal fundido, de manera especial aluminio, utilizando una placa de filtro extraíble dispuesta de manera vertical y, como mínimo, una entrada de gas de circulación situada de tal manera que se introduce el gas de circulación en la placa de filtro.

La placa de filtro está dispuesta con una superficie periférica biselada que se aparea con una superficie de tipo biselada en una cámara de filtro, de manera que la placa de filtro se puede insertar de manera conveniente en la cámara y se puede extraer de la misma. El gas de circulación se provee al caldo de fusión a través de la entrada y circula a través de la placa de filtro para asegurar un contacto amplio con el caldo de fusión. De este modo, se apartan y se extraen los gases disueltos y las inclusiones no metálicas.

Según el documento EP 1004682 A1, se da a conocer un difusor de gas monolítico de cerámica cocida para inyectar gas en un baño de metal fundido, que incluye una primera pieza, una segunda pieza integrada con la primera pieza, y una perforación que pasa a través de la primera pieza y que comunica con la segunda pieza para suministrar gas a la segunda pieza, en el que, como mínimo, la segunda pieza tiene una red de poros interconectados que proporciona un flujo preferente de gas desde la perforación a través de la segunda pieza para inyectar gas en el baño de metal fundido.

El documento EP 1561529 A1 da a conocer un aparato de conformación reológica que asegura la fabricación de productos con partículas esféricas pequeñas y uniformes con mejoras en la eficacia de la energía y las propiedades mecánicas de los productos, una reducción de costes, la conveniencia de la conformación y una duración más corta del proceso. El aparato incluye un primer manguito, un extremo del cual está formado con un puerto de salida de la mezcla para liberar la mezcla, un segundo manguito para retener el metal fundido, un extremo del cual se comunica con el primer manguito, un elemento de sellado para abrir y cerrar el extremo del segundo manguito, una unidad de agitación para aplicar un campo electromagnético al segundo manguito, y un émbolo, que se inserta de manera deslizante en el otro extremo del segundo manguito para presionar la mezcla producida en el segundo manguito.

En la patente de Estados Unidos 4.108.643 A, una composición metálica se caracteriza por más del 65 por ciento en peso de partículas sólidas discretas primarias dendríticas o nodulares degeneradas suspendidas en una fase secundaria que tiene un punto de fusión inferior que las partículas primarias y cuya fase secundaria puede ser sólida o líquida. El método implica el aumento de la temperatura de una aleación metálica hasta un valor en el que la aleación está de manera amplia o completa en estado fundido. A continuación, el caldo de fusión se somete a agitación vigorosa en un aparato que tiene una superficie interna que contacta el líquido y la composición sólida primaria que no está humedecida por la composición y se extrae el calor para incrementar la parte de la mezcla que está en forma sólida degenerada de dendrita o nodular en más de aproximadamente el sesenta y cinco por ciento mientras continúa la agitación.

En vista de lo anterior, sería deseable tener un método que no requiera un medio sólido para girar para evitar las desventajas mencionadas anteriormente.

Esto se consigue mediante el método de la reivindicación 1.

Las realizaciones preferentes de la presente invención se caracterizan en las reivindicaciones dependientes.

La presente invención utiliza el principio presentado por Martínez y Flemings que si se aplica una combinación de frío localizado con convección vigorosa a un caldo de fusión mantenido justo por encima de su temperatura de líquido, se puede formar una estructura no dendrítica en cuestión de segundos después de que empiece la solidificación. En la presente invención, se ha descubierto que mediante la circulación de burbujas de gas a través de un objeto sólido en una aleación metálica fundida mantenida a una temperatura por encima de la temperatura de líquido, se obtiene una mezcla no dendrítica de metales semisólidos. En la presente invención, las burbujas de gas proporcionan una convección vigorosa a la vez que proporciona también algo de frío localizado. El frío localizado también se consigue a través de la utilización de un objeto sólido. A diferencia de las invenciones previas, la presente invención utiliza burbujas de gas como el medio para proporcionar agitación, no objetos sólidos, tales como impulsores o varillas cilíndricas como en la técnica anterior.

En un aspecto, la presente invención da a conocer un método para preparar mezclas no dendríticas semisólidas mediante la introducción de burbujas de gas a través de un objeto sólido en una aleación metálica fundida mantenida a una temperatura por encima de la temperatura de líquido. En la presente invención, dado que el objeto sólido no es giratorio, se pueden anticipar varias ventajas. Sin piezas giratorias, se pueden aplicar un sistema de enfriamiento y sistemas sensoriales con diseños simples. Dado que no se forma un remolino en la aleación metálica fundida, se evita la oxidación metálica incrementada debida al remolino. Si se utiliza un objeto sólido poroso para proporcionar burbujas de gas, se evitan a humectación y la reacción entre la aleación metálica fundida y el medio sumergido, ya que la circulación de las burbujas de gas fuera de los poros en el medio sólido actúa como una capa protectora entre la aleación metálica fundida y las superficies del medio. Además, la circulación de las burbujas de gas en el interior de la aleación metálica fundida ayuda a eliminar la escoria, los gases disueltos y cualquier impureza de la aleación metálica fundida, estos procesos utilizados ampliamente son conocidos como procesos desgasificantes o de desescorificación.

Los rasgos y características anteriores y adicionales de la presente invención serán más evidentes a partir de la siguiente descripción detallada considerada en referencia a los dibujos que se acompañan en los que los números de referencia iguales designan elementos iguales y en los que:

La figura 1 muestra la primera realización de un aparato para preparar mezclas no dendríticas de metales semisólidos según la presente invención.

5 La figura 2 muestra la segunda realización de un aparato para preparar mezclas no dendríticas de metales semisólidos según la presente invención.

La figura 3 muestra la tercera realización de un aparato para preparar mezclas no dendríticas de metales semisólidos según la presente invención.

10 La figura 4 muestra la cuarta realización de un aparato para preparar mezclas no dendríticas de metales semisólidos según la presente invención.

15 La figura 5 muestra una micrografía representativa de una microestructura dendrítica proporcionada sin aplicar la presente invención.

La figura 6 muestra una micrografía representativa de una estructura no dendrítica proporcionada según la presente invención.

20 La figura 7 muestra una micrografía representativa de otra microestructura proporcionada según la presente invención.

En la figura 1 se muestra un aparato para la preparación de mezclas no dendríticas de metales semisólidos según una realización de la presente invención. El aparato incluye un recipiente de soporte para recibir y contener una aleación metálica fundida, una lanza (un tubo cilíndrico hueco) para proporcionar burbujas de gas inerte, y un objeto sólido para proporcionar un enfriamiento más localizado. En un proceso, la lanza se sumerge en la aleación metálica fundida que se mantiene a una temperatura por encima de la temperatura del líquido. A continuación, se hace circular el gas inerte por la lanza creando burbujas de gas, mientras se introduce el objeto sólido en la aleación metálica fundida. El gas se selecciona del grupo que comprende nitrógeno, argón, dióxido de carbono y una mezcla de estos gases. La aleación metálica se selecciona del grupo que comprende aleaciones de aluminio, aleaciones de magnesio, aleaciones de cobre, aleaciones de hierro, aleaciones de zinc, aleaciones de níquel y aleaciones de titanio.

35 A medida que la temperatura del metal disminuye por debajo de la temperatura de líquido, se forma la mezcla no dendrítica de metales semisólidos. Cuando la mezcla de metales presenta un contenido en sólidos de aproximadamente el 1% a aproximadamente el 50% en peso, se extrae el objeto sólido y se detiene la circulación de gas.

40 Son posibles otras variaciones de la presente invención, tales como un conducto, un impulsor, una varilla o un recipiente. Algunos de ellos se muestran en las figuras 2-4. La figura 2 muestra otra realización. En este proceso, el gas inerte circula a través de una tobera de un objeto sólido. En otra realización, la figura 3, el gas inerte circula a través de un objeto sólido poroso. En este caso, se obtienen burbujas pequeñas y uniformes. La figura 4 muestra otra realización. En un proceso, se hace circular gas inerte a través de un sólido poroso situado en la pared. Se pueden introducir burbujas pequeñas de gas en todas las superficies de la pared y las superficies de la base o sólo partes de las superficies. El objeto sólido puede estar fabricado de grafito, cerámica, metales o compuestos de estos materiales.

50 El metal o la aleación fundidos se enfrían mediante la circulación de burbujas de gas en los mismos y mediante el contacto con el objeto sólido. Dado que se puede utilizar de manera simultánea más de un objeto sólido descrito anteriormente, el metal o la aleación fundidos se pueden enfriar mediante el contacto con múltiples objetos sólidos. Además, el objeto sólido se enfría mediante la circulación de aire, agua o cualquier fluido de enfriamiento a través del mismo.

55 Además de las funciones de enfriamiento y agitación, las burbujas de gas también protegen el objeto sólido de la reacción con el metal o la aleación y eliminan la escoria, los gases disueltos, o las impurezas del metal o la aleación.

Otras realizaciones de la presente invención serán evidentes para los expertos en la materia a partir de la consideración de la memoria o la práctica de la invención dada a conocer en el presente documento.

60 **Ejemplo 1**

Aleación A357 procesada utilizando un difusor de grafito poroso

65 A continuación, se proporciona una descripción detallada de un método para la preparación de mezclas no dendríticas semisólidas de la aleación A357, con referencia a la figura 3.

Se fundieron aproximadamente 520 g de aleación de aluminio A357 (Al 7,0% en peso - Si 0,5% en peso - Mg) en un crisol de acero inoxidable recubierto con nitruro de boro en un horno eléctrico. Se mecanizó una varilla de grafito poroso (2,54 cm de diámetro externo, 1,5 cm de diámetro interno, 15,24 cm de largo, 2,6 g/cm³) para formar un difusor. La pared del difusor de grafito tenía una porosidad de aberturas de aproximadamente el 10%. A continuación, se conectó el difusor de grafito a un cilindro con gas argón equipado con un caudalímetro de gas para proporcionar burbujas pequeñas de gas en el caldo de fusión. La aleación se fundió y se calentó hasta 630°C. El caldo de fusión se enfrió lentamente hasta 625°C con una velocidad de enfriamiento de aproximadamente 1°C/minuto y el difusor se sumergió rápidamente introduciendo burbujas pequeñas de gas argón con el caudal volumétrico de aproximadamente 2 litros/min. El proceso de burbujeo se llevó a cabo hasta que se consiguió una fase sólida de aproximadamente el 10% en el caldo de fusión antes de que el difusor se extrajera rápidamente y se dejara enfriar lentamente el caldo de fusión. Cuando la temperatura del metal alcanzó los 580°C (fracción sólida de aproximadamente el 45%), se extrajo una tira del metal del crisol y se enfrió con agua.

A continuación, se pulieron las muestras y se examinaron bajo un microscopio óptico. Para la comparación, se proporciona la figura 5 para mostrar una micrografía representativa de la microestructura dendrítica no procesada. La micrografía muestra la estructura en grano grueso con más de 400 µm de tamaño. En cambio, la figura 6 muestra una micrografía representativa de la estructura no dendrítica semisólida procesada mediante este método. En este método, la estructura en grano es significativamente más pequeña con menos de 200 µm de tamaño.

20 **Ejemplo 2**

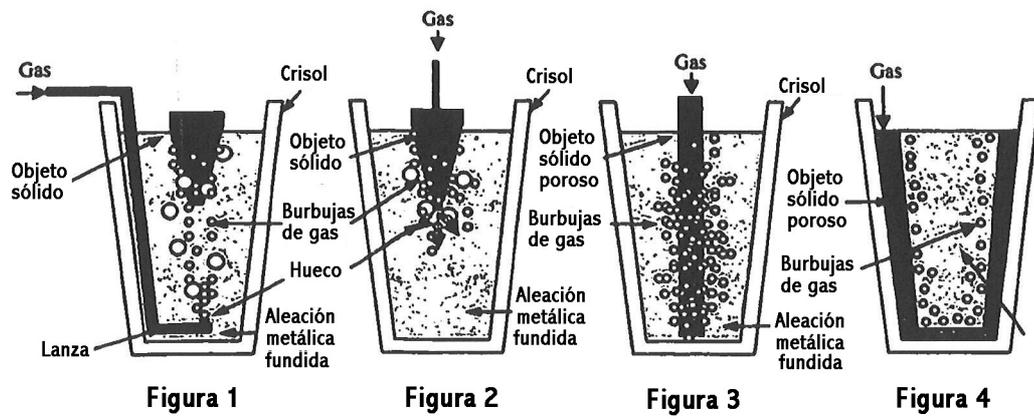
Aleación A357 procesada utilizando una lanza

A continuación, se proporciona una descripción detallada de un método para la preparación de mezclas no dendríticas semisólidas de la aleación A357, con referencia a la figura 1.

Se fundieron aproximadamente 520 g de aleación de aluminio A357 (Al 7,0% en peso - Si 0,5% en peso - Mg) en un crisol de acero inoxidable recubierto con nitruro de boro en un horno eléctrico. Se mecanizó un tubo de acero inoxidable (0,4 cm de diámetro interno, 0,6 cm de diámetro externo) para formar una lanza tal como se muestra en la figura 1. El extremo del tubo se cerró mecánicamente y se mecanizó una pequeña tobera. La lanza se recubrió con nitruro de boro y, a continuación, se conectó a un cilindro con gas argón equipado con un caudalímetro de gas para proporcionar burbujas pequeñas de gas en el caldo de fusión. La lanza se sumergió en el caldo de fusión, mientras la aleación se calentaba hasta 630°C. El caldo de fusión se enfrió lentamente hasta 625°C con una velocidad de enfriamiento de aproximadamente 1°C/minuto y el cobre sólido frío cubierto con grafito se sumergió rápidamente con las burbujas pequeñas de gas argón que se introducían a la vez a través de la lanza, véase la figura 1. El caudal volumétrico fue de aproximadamente 1,5 litros/min. El proceso de burbujeo se llevó a cabo hasta que se consiguió una fase sólida de aproximadamente el 5% en el caldo de fusión antes de que el cobre sólido frío se extrajera rápidamente y se detuviera la circulación de gas. A continuación, el caldo de fusión se dejó enfriar lentamente. Cuando la temperatura del metal alcanzó los 580°C (fracción sólida de aproximadamente el 45%), se extrajo una tira del metal del crisol y se enfrió con agua. A continuación, se pulieron las muestras y se examinaron bajo un microscopio óptico. La figura 7 muestra una micrografía representativa de la microestructura.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la formación de un metal o aleación semisólidos que tiene estructuras de granos no dendríticos, que utiliza burbujas de gas, que comprende:
- una primera etapa de calentamiento del metal o la aleación por encima de la temperatura de fusión de las mismas para disponer de un metal o aleación líquidos;
- 10 una segunda etapa de circulación de burbujas de gas a través, como mínimo, de un medio sólido insertado en dicho metal o aleación líquidos o dispuesto en los mismos, enfriando de este modo dicho metal o aleación líquidos hasta una temperatura por debajo de dicha temperatura de fusión de los mismos, mientras se agita dicho metal o aleación líquidos con las burbujas de gas y se forman fracciones sólidas en las mismas; y
- 15 una tercera etapa de interrupción de la circulación de dichas burbujas de gas cuando la fracción sólida de dicho metal o aleación líquidos alcanza un intervalo de 0,01-0,5 en peso, de manera preferente un intervalo de 0,01-0,2 en peso, proporcionando de este modo el metal o aleación semisólidos con estructuras en granos no dendríticos.
- 20 2. Método, según la reivindicación 1, en el que el enfriamiento se consigue de manera adicional mediante el contacto de dicho metal o aleación líquidos con dicho medio sólido.
3. Método, según la reivindicación 1, en el que dicha etapa de burbujas de gas circulantes proporciona una velocidad de enfriamiento, como mínimo, de 1 grado Celsius por minuto.
- 25 4. Método, según la reivindicación 3, en el que el enfriamiento se consigue de manera adicional mediante el contacto de dicho metal o aleación líquidos con, como mínimo, otro medio sólido que es diferente de dicho medio sólido.
5. Método, según la reivindicación 3, en el que dicho medio sólido se enfría mediante la circulación de aire o un fluido de enfriamiento a través del mismo.
- 30 6. Método, según la reivindicación 1, en el que se evita la agitación o rotación del medio sólido.



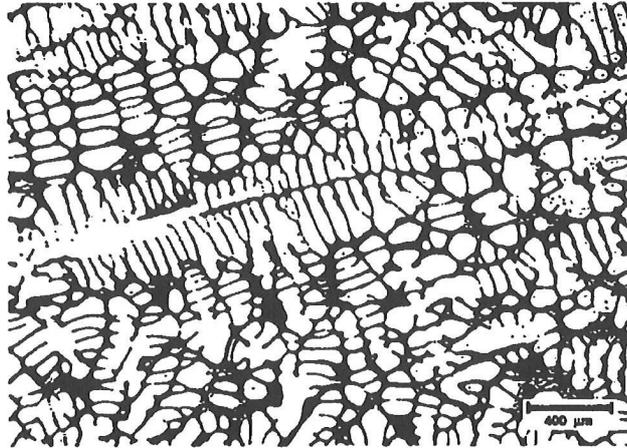


FIG. 5

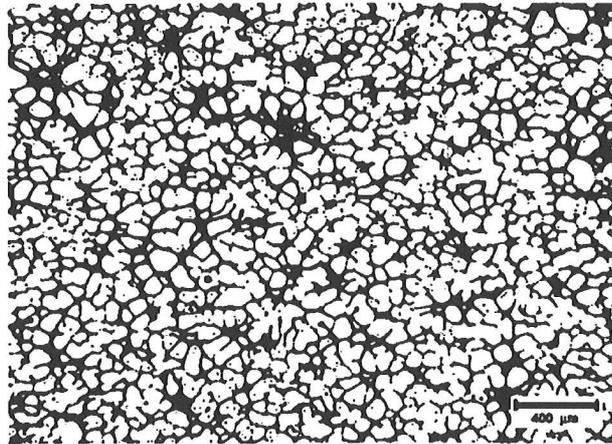


FIG. 6

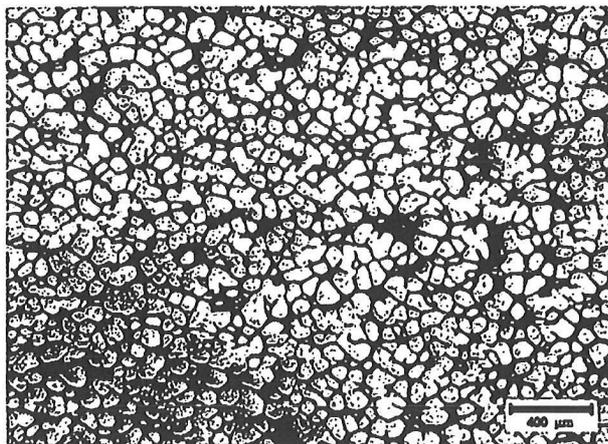


FIG. 7