

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 862 528**

51 Int. Cl.:

**C22B 21/06** (2006.01)

**C22B 9/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.06.2010 PCT/CA2010/000866**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.12.2010 WO10142025**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.06.2010 E 10785623 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2020 EP 2446065**

54 Título: **Uso de un fundente salino binario de NaCl y MgCl<sub>2</sub> para la purificación de aluminio o aleaciones de aluminio, y método del mismo**

30 Prioridad:

**08.06.2009 CA 2668473**

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

**07.10.2021**

73 Titular/es:

**PYROTEK, INC. (100.0%)  
9503 E. Montgomery Avenue  
Spokane, WA 99206, US**

72 Inventor/es:

**TREMBLAY, SYLVAIN;  
DESROSIERS, LUC y  
LEVESQUE, DANIEL**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 862 528 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

Uso de un fundente salino binario de NaCl y MgCl<sub>2</sub> para la purificación de aluminio o aleaciones de aluminio, y método del mismo

**Campo de la invención**

- 5 La invención se refiere al uso de un fundente salino binario que comprende NaCl y MgCl<sub>2</sub> para la purificación de un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio y aleaciones de aluminio, más en particular para la eliminación de metales alcalinos y alcalinotérreos. La invención también se refiere a un método para la purificación de dicho metal con dicho fundente salino binario.

**Antecedentes de la técnica**

- 10 El uso de fundentes es muy conocido en el campo de la metalurgia y estos fundentes cumplen diversas funciones.

Los fundentes pueden ser usados para formar una capa protectora en la superficie de una aleación para evitar la oxidación. Cuando los fundentes contienen agentes químicos activos, pueden ser usados para limpiar las paredes del horno al suavizar las capas acumuladas de corindón. Algunos fundentes exotérmicos también son usados para la limpieza de la escoria y la eliminación del aluminio atrapado en las capas de óxido.

- 15 Los fundentes que están basados en cloruros alcalinos y cloruros alcalinotérreos también son usados para la refinación de aleaciones. Los expertos en la técnica definen en general la refinación como la eliminación de metales alcalinos y alcalinotérreos, inclusiones no metálicas e hidrógeno de las aleaciones.

- El sodio y el calcio siempre están presentes como impurezas en el aluminio obtenido del proceso Hall-Heroult. A menudo es añadido fluoruro de litio al baño electrolítico para mejorar la eficiencia de las celdas. Sin embargo, una pequeña cantidad en estado metálico está disuelta en el aluminio. Estas impurezas conllevan problemas de calidad. Por ejemplo, en una aleación que contiene magnesio, la presencia de sodio puede interferir durante los procesos de laminación en caliente. La presencia de sodio en las aleaciones de aluminio y silicio neutraliza el efecto del fósforo usado para la refinación de granos. Por estas razones antes mencionadas, no es recomendado el uso de fundentes que contienen sodio para el aluminio y sus aleaciones, más en particular para las aleaciones de aluminio que comprenden un contenido de magnesio superior al 3% en peso o un contenido de silicio superior al 10% en peso.

- 20 Además, la presencia de hidrógeno en una concentración demasiado alta puede conducir a una porosidad demasiado alta del aluminio durante su solidificación. Durante el reciclaje de aluminio, la presencia de inclusiones no metálicas es importante.

- Ha sido estudiada bien la cinética de reacción para la extracción de calcio y sodio en una aleación de aluminio. Naturalmente, en estas aleaciones, ambas impurezas desaparecen de acuerdo con una cinética de orden 1 para concentraciones pequeñas y de orden 0 para concentraciones altas. Debido a su alta tensión de vapor, el sodio se oxida con más rapidez que el calcio, por eso es usado calcio durante las pruebas de limpieza. La adición de fundentes implica un aumento de las constantes de reacción y, por lo tanto, una reducción más rápida del contenido de impurezas. La mezcla también tiene un efecto no despreciable sobre la reducción de impurezas. La mezcla acelera la extracción de impurezas por medio del aumento del contacto entre las impurezas y el fundente salino.

- El MgCl<sub>2</sub> es uno de los agentes químicos activos usados para la extracción de impurezas en las aleaciones. Su concentración tiene un efecto directo sobre la cinética de extracción de calcio y sodio. Su punto de fusión es de 714 °C, pero en fundentes comunes, es mezclado con otras sales para obtener un punto de fusión entre 400 y 550 °C. Sin embargo, el MgCl<sub>2</sub> es higroscópico y no puede ser expuesto durante un período de tiempo prolongado al aire circundante. Los fundentes obtenidos por fusión de sales que comprenden cloruro de magnesio tienen propiedades higroscópicas. En consecuencia, el embalaje es un factor importante para limitar la absorción de humedad durante la fabricación de dichos fundentes.

- Existen ejemplos de fundentes que están basados en cloruro de magnesio. La Patente de los Estados Unidos Núm. 1.377.374 se refiere al uso de un fundente que tiene una composición equimolar de cloruro de sodio y cloruro de magnesio para la producción de aleaciones de manganeso o magnesio. La Patente de los Estados Unidos Núm. 1.754.788 se refiere al uso de este mismo fundente en un proceso de limpieza de magnesio. La Patente de los Estados Unidos Núm. 1.519.128 se refiere a la adición de cloruro de calcio a esta composición y la Patente de los Estados Unidos Núm. 2.262.105 se refiere a la adición de cloruro de potasio y óxido de magnesio además del cloruro de calcio. La Patente de los Estados Unidos Núm. 5.405.427 menciona un fundente a base de cloruro de sodio, cloruro de magnesio, cloruro de potasio y carbono para el tratamiento de metales.

- El artículo titulado "Salt Fluxes for Alkali and Alkali and Alkaline Earth Element Removal from Molten Aluminum" de David H. DeYoung muestra el uso de una sal ternaria basada en cloruro de magnesio, cloruro de sodio y cloruro de potasio para la eliminación de sodio, calcio y litio a partir de aleaciones de aluminio. Sin embargo, el artículo titulado "The Treatment of Liquid Aluminum-Silicon Alloys" de Gruzleski *et al.*, págs. 204 y 205 indica que es importante para los expertos en la técnica no usar fundentes que contengan sales de sodio. Por lo tanto, incluso si pueden ser toleradas

sales de flujo ternario que tienen un bajo contenido en sales de sodio, los expertos en la técnica son invitados de manera expresa a evitar el uso de sales de sodio.

Inicialmente, la refinación del aluminio fue llevada a cabo por medio del burbujeo de cloro y argón en el metal líquido. Sin embargo, esto generó problemas ambientales debido a las emisiones de cloro, ácido clorhídrico y partículas en suspensión. El uso de fundentes salinos fue adoptado más tarde como una solución más ecológica.

Los fundentes de refinación suelen estar compuestos por cloruros alcalinos o cloruros alcalinotérreos, que son mezclados para obtener puntos de fusión inferiores a la temperatura de funcionamiento de las aleaciones, el punto de fusión de los compuestos puros es bastante alto.

Pueden ser usados varios métodos para incorporar fundentes salinos en una aleación. La Patente de los Estados Unidos Núm. 4.099.965 se refiere a un método en el que es añadido un fundente de KCl y  $MgCl_2$  en forma sólida en el fondo de un recipiente precalentado antes de la adición de aluminio. Más actualmente, los fundentes son añadidos por medio de un gas inerte en una tubería debajo de la superficie del metal (fundente de lanza). Recientemente, fue desarrollado un método en el que un eje hueco lleva el fundente salino en la aleación con un gas portador y el fundente salino es dispersado por medio de un agitador (inyección de fundente rotatorio). Este método reduce la cantidad de fundente salino necesaria para llevar a cabo la purificación al mismo tiempo que aumenta la dispersión de este fundente salino en la aleación. Después de la adición de un fundente salino al metal, las impurezas y las sales flotan en la superficie del metal líquido y pueden ser eliminadas con facilidad.

También es conocido por el documento US 5.427.602 un método de tratamiento de partículas sólidas que contienen metal fundido suspendidas en el mismo para reducir el número de dichas partículas sólidas haciendo pasar el metal fundido a través de medios porosos construidos y dispuestos de manera tal que el movimiento del metal fundido a través de ellos provoca que las partículas suspendidas se puedan separar por gravedad, dicha separación está precedida por un tratamiento de dicho metal fundido con un material, dicho tratamiento crea partículas de sal líquida en dicho metal fundido, dichas partículas de sal líquida están suspendidas en dicho metal fundido y dicho material es potencialmente un material es un material clorado tal como cloruro de magnesio, cloruro de litio, cloruro de potasio, cloruro de sodio y combinaciones de los mismos.

También es conocido por el artículo de Antony Cox "Separation of Mg and Mn from Beverage Can Scrap using a Recessed-Channel Cell" *Journal of the Electrochemical Society*, 150 (12) D200 a D208 (2003) un proceso de separación por el uso de una Celda de Canal Rebajado.

De manera ventajosa, el uso de compuestos sólidos obtenidos por medio de fusión de sales controla la granulometría. Las partículas pueden ser usadas en procesos por lotes o en procesos continuos.

Sin embargo, los costos relacionados con los flujos de sal, tales como las mezclas binarias de cloruro de magnesio y cloruro de potasio, son altos. Además, los expertos en la técnica no recomiendan el uso de fundentes salinos que tengan un contenido sustancial en cloruro de sodio debido a los efectos negativos percibidos del contenido de sodio en el aluminio o las aleaciones de aluminio resultantes. De hecho, cuando el cloruro de sodio está presente en los fundentes para la purificación de aluminio o aleaciones de aluminio, los expertos en la técnica evitarán o limitarán actualmente el uso de cloruro de sodio. Más en particular, en el caso de ciertos tipos de aleaciones tales como, por ejemplo, las aleaciones de aluminio con un contenido de silicio superior al 10% en peso y más en particular las aleaciones de aluminio con un contenido de magnesio superior al 3% en peso, los expertos en la técnica actualmente recomiendan no usar cloruro de sodio en el fundente salino.

Durante la búsqueda del Solicitante de una solución más eficaz al problema de la purificación, de manera sorprendente fue observado que, de manera contraria a las aprehensiones y creencias actuales de los expertos en la técnica, en un fundente salino que contiene  $MgCl_2$ , es posible reemplazar el costoso KCl por el económico NaCl. En consecuencia, la presente invención ofrece una solución económica para el tratamiento de aluminio o aleaciones de aluminio con una eficacia de purificación equivalente a los métodos usados actualmente. De hecho, de manera contraria a lo que creen los expertos en la técnica, no hay una cantidad significativa de sodio en el aluminio o las aleaciones de aluminio resultantes cuando es usado el método de purificación inventivo descrito en la presente memoria.

Las realizaciones de la presente invención muestran las siguientes ventajas:

- Ventajas económicas
  - o Menores costos de producción dado que el punto de fusión del fundente es menor.
  - o Menores costos de materia prima.
- Eficiencia equivalente a los métodos de purificación que usan un fundente salino muy conocido existente comercializado bajo la marca comercial Promag (40% en peso de KCl - 60% en peso de  $MgCl_2$ ).
- Alternativa económica al producto existente comercializado bajo la marca comercial Promag sin crear una acumulación significativa de sodio en el aluminio o las aleaciones de aluminio.

**Sumario de la invención**

El presente texto describe el uso de un fundente salino para la purificación de un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio y aleaciones de aluminio, dicho metal está en fase líquida y dicho fundente salino es una mezcla binaria de NaCl y MgCl<sub>2</sub>.

- 5 Este texto también describe el uso de un fundente salino para la purificación de un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio y aleaciones de aluminio, dicho metal está en una fase líquida, donde el fundente salino es una mezcla de partículas de NaCl y partículas de MgCl<sub>2</sub>, dicha mezcla binaria comprende de 40 a 50% en peso de NaCl y de 50 a 60% en peso de MgCl<sub>2</sub>; o en el que el fundente salino está en forma de partículas obtenidas por medio de la trituración de una sal fundida de NaCl y MgCl<sub>2</sub>, dicha mezcla binaria comprende de 40 a 50% en peso de NaCl y de 50 a 60% en peso de MgCl<sub>2</sub>.

La invención se refiere a un método para la purificación de un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio y aleaciones de aluminio, en el que dicho método comprende:

- calentar el metal hasta una fase líquida; y
- poner en contacto el metal líquido con un fundente salino, en el que dicho fundente salino es una mezcla binaria de partículas de NaCl y partículas de MgCl<sub>2</sub>, dicha mezcla binaria comprende de 40 a 50% en peso de NaCl y de 50 a 60% en peso de MgCl<sub>2</sub>, o está en forma de partículas obtenidas por medio de la trituración de una sal fundida de NaCl y MgCl<sub>2</sub>, dicha mezcla binaria comprende de 40 a 50% en peso de NaCl y de 50 a 60% en peso de MgCl<sub>2</sub>.

El presente texto además describe el uso y la invención se refiere a un método como fue definido con anterioridad, en el que el fundente salino:

- es una mezcla binaria de partículas de NaCl y partículas de MgCl<sub>2</sub>; o
- consiste en partículas resultantes de la molienda de una sal fundida de NaCl y MgCl<sub>2</sub> en estado sólido; o
- es una mezcla líquida de NaCl y MgCl<sub>2</sub>.

- 25 El presente texto además desvela el uso y la invención se refiere a un método como fue definido en una cualquiera de las realizaciones mencionadas con anterioridad, en el que la mezcla binaria comprende: a) de 40 a 50% en peso de NaCl; y b) de 50 a 60% en peso de MgCl<sub>2</sub>. Más en particular, esta mezcla binaria comprende 45% en peso de NaCl y 55% en peso de MgCl<sub>2</sub> para formar una mezcla eutéctica que tiene un punto de fusión de aproximadamente 459 °C.

La mezcla binaria puede comprender:

- a) 45% en peso de NaCl; y
  - b) 55% en peso de MgCl<sub>2</sub>;
- 30 para formar una mezcla binaria eutéctica que tiene un punto de fusión de 459 °C.

Otra realización de la invención se refiere a un método como fue definido en una cualquiera de las realizaciones mencionadas con anterioridad, en el que cuando el fundente salino está en forma de partículas, esas partículas tienen un tamaño promedio de partícula entre 100 μm y 3,35 mm. Preferentemente, dichas partículas pueden tener un tamaño de partícula entre 0,85 mm y 3,15 mm o entre 100 μm y 1 mm. El presente texto desvela tal uso.

- 35 Otra realización de la invención se refiere a un método como fue definido en una cualquiera de las realizaciones mencionadas con anterioridad, en el que las partículas se ponen en contacto con el metal líquido por medio de inyección con un equipo de inyección de gas. Un ejemplo no limitativo de un equipo de inyección de gas puede consistir en un inyector giratorio conocido con el nombre comercial SNIF PHD-50 comercializado por el Solicitante. El presente texto describe tal uso.

- 40 Otra realización de la invención se refiere a un método como fue definido en una cualquiera de las realizaciones mencionadas con anterioridad, en el que el metal es una aleación de aluminio que tiene un contenido de magnesio superior al 3% en peso. El presente texto desvela tal uso.

- 45 Otra realización de la invención se refiere a un método como fue definido en una cualquiera de las realizaciones mencionadas con anterioridad, en el que el metal es una aleación de aluminio que tiene un contenido de silicio superior al 10% en peso. El presente texto describe tal uso.

La presente invención será comprendida mejor con referencia a los siguientes dibujos:

- Figura 1: diagrama de fases de una sal fundida KCl/NaCl/MgCl<sub>2</sub>;
- Figura 2: diagrama de fases de una sal fundida KCl/MgCl<sub>2</sub>;

- Figura 3: diagrama de fases de una sal fundida NaCl/MgCl<sub>2</sub>; y
- Figura 4: gráfico comparativo de los ejemplos 5 a 8.

Los diagramas de fase de las Figuras 1 a 3 fueron extraídos del sitio web de hechos (<http://factsage.com>).

### **Descripción de realizaciones de la invención**

5 En los siguientes ejemplos, el Solicitante ha observado, de manera contraria a las aprehensiones de los expertos en la técnica, que las formulaciones de fundentes salinos que comprenden una mezcla binaria de NaCl y MgCl<sub>2</sub> no implican un aumento de la concentración de sodio metálico en una aleación de aluminio que tiene un contenido de magnesio. Un ejemplo no limitativo de dicha aleación de aluminio puede consistir en una aleación de aluminio que  
10 tenga un contenido de magnesio del 5% en peso. En consecuencia, parece que no hay contraindicaciones de usar un fundente salino binario que comprenda NaCl y MgCl<sub>2</sub> para la limpieza del aluminio, en especial en el caso de una aleación de aluminio con alto contenido de magnesio.

Las formulaciones basadas en NaCl y MgCl<sub>2</sub> propuestas de acuerdo con la presente invención, muestran puntos de fusión inferiores a los de las composiciones de fundente salino comercializadas por el Solicitante bajo la marca comercial Promag (40% en peso de KCl, 60% en peso de MgCl<sub>2</sub>), para cantidades equivalentes de MgCl<sub>2</sub> que es el agente químicamente activo para la eliminación de impurezas. La disminución de los puntos de fusión representa una  
15 disminución de los costos de energía al derretir el fundente salino sólida.

Han sido evaluadas dos sales fusionadas en los ejemplos de aquí en adelante, es decir (en peso) el siguiente fundente salino del sistema binario y el fundente salino del sistema ternario (técnica anterior):

- 45% de NaCl y 55% de MgCl<sub>2</sub> con un punto de fusión de 459 °C; y
- 20 • 20% de NaCl, 20% de KCl y 60% de MgCl<sub>2</sub> con un punto de fusión de 396 °C.

Además, el ejemplo 1 ilustra un efecto inesperado con respecto a la concentración de sodio en una aleación de aluminio cuando es añadido NaCl en una aleación de aluminio líquida, es decir, no aumenta el contenido de sodio en la aleación obtenida.

La preparación de cada fundente salino fue llevada a cabo por medio de la mezcla de las sales en una fase sólida anhidra en un horno apropiado. Luego, por medio del aumento de la temperatura del horno, fue obtenido un compuesto fundido en forma líquida. Luego, el líquido fue enfriado con rapidez, triturado y tamizado para obtener una granulometría adecuada para el método seleccionado. En el ejemplo 7 de aquí en adelante, el fundente salino fue  
25 preparado solo por medio de la mezcla de las sales en una fase sólida anhidra.

Los fundentes salinos han demostrado una eficacia óptima para la extracción de Ca, Na y Li cuando son usados con un inyector rotatorio tal como un SNIF PHD-50 (nombre comercial) comercializado por el Solicitante (Pyrotek). Por supuesto, pueden ser usados otros métodos de adición muy conocidos por los expertos en la técnica y ya mencionados para su uso en relación con los métodos de purificación de la técnica anterior para llevar a cabo la purificación. Las concentraciones de fundentes salinos necesarias para llevar a cabo la purificación pueden variar de acuerdo con el método seleccionado.

#### **Ejemplo 1**

En un crisol de grafito, fueron agitados cien gramos (100 g) de NaCl en forma de polvo y comercializado bajo la marca comercial SIFTO INDUSTRIAL, en 1,5 kg de un aluminio líquido AA110 (comercializado bajo la marca comercial Alcan) en el que fueron añadidos 5% en peso de magnesio sólido. El crisol fue mantenido a 850 °C durante toda la prueba. Fueron tomadas muestras todos los días durante 7 días. De acuerdo con estos análisis diarios, el contenido de sodio  
40 de la aleación de aluminio resultante estuvo en un nivel mínimo de 2 ppm durante todo el ensayo, lo que demuestra que, de manera contraria a lo que sospechan los expertos en la técnica, una adición de NaCl no implica una absorción de sodio en una aleación de aluminio con alto contenido de magnesio.

#### **Ejemplo 2**

En un crisol de grafito, fueron agitados quince gramos (15 g) de un fundente salino que consistía en una mezcla binaria de 45% en peso de NaCl y 55% en peso de MgCl<sub>2</sub> en 1,5 kg de una aleación de aluminio líquida AA1100 (comercializada bajo la marca comercial Alcan) en la que fue añadida 5% en peso de magnesio. El crisol fue mantenido a 720 °C durante 90 minutos y fueron tomadas muestras cada 30 minutos. El nivel de sodio en el crisol fue mantenido a un nivel mínimo de 3 ppm durante todo el experimento, lo que demuestra que la adición de un fundente que comprende NaCl no implica la absorción de sodio en una aleación de aluminio con alto contenido de magnesio. El  
50 fundente salino fue preparado a partir de NaCl en forma de polvo y fue comercializado con la marca comercial SIFTO INDUSTRIAL y MgCl<sub>2</sub> en forma de escamas y fue comercializado con la marca comercial SKYLINE.

**Ejemplo 3 (estado de la técnica)**

En un crisol de grafito, fueron agitados quince gramos (15 g) de un fundente salino que consistía en una mezcla ternaria de 20% en peso de NaCl, 20% en peso de KCl y 60% en peso de MgCl<sub>2</sub> y fueron añadidos en 1,5 kg de una aleación de aluminio líquida AA1100 (comercializada bajo la marca comercial Alcan) en la que fue añadida 5% en peso de magnesio. El crisol fue mantenido a 720 °C durante 90 minutos y fueron tomadas muestras cada 30 minutos. El nivel de sodio en el crisol fue mantenido a un nivel mínimo de 3 ppm durante todo el experimento, lo que demuestra que la adición de un fundente ternario que comprende una pequeña cantidad de NaCl no implica una absorción de sodio en una aleación de aluminio con alto contenido de magnesio. El fundente salino fue preparado a partir de NaCl en forma de polvo y fue comercializado con la marca comercial SIFTO INDUSTRIAL, KCl en forma de polvo y fue comercializado con la marca comercial IMC KALIUM y MgCl<sub>2</sub> en forma de escamas y fue comercializado con la marca comercial SKYLINE.

**Ejemplo 4**

Aproximadamente setenta y cinco kilos (75 kg) de aleación A356 fueron fundidos y mantenidos en estado líquido a 700 °C en un crisol hecho de carburo de silicio. A continuación, fueron añadidos 535 g de una aleación de aluminio que contenía un 10% en peso de calcio a la aleación líquida A356 mientras se mezclaba con un agitador de palas rectas. Luego, la aleación de aluminio resultante contenida en el crisol se dejó sin agitar durante 5 horas. Durante este tiempo, el contenido de calcio de la aleación de aluminio resultante fue reducido de 350 ppm a 150 ppm. A continuación, fueron añadidos a la aleación resultante trescientos sesenta gramos (360 g) de un fundente salino hecho de 45% en peso de NaCl y 55% en peso de MgCl<sub>2</sub> mientras se agitaba a fin de purificarla más. El fundente salino fue preparado a partir de NaCl en forma de polvo y fue comercializado con la marca comercial SIFTO INDUSTRIAL y MgCl<sub>2</sub> en forma de escamas y fue comercializado con la marca comercial SKYLINE.

Los análisis llevados a cabo en la aleación de aluminio purificado han mostrado una reducción del contenido de Ca de 150 ppm a 70 ppm, es decir, una reducción del 53%, inmediatamente después de la adición del fundente salino, y este contenido de Ca cae a 25 ppm 3 horas después la adición. Además, los análisis han demostrado que el contenido de sodio era del orden de 2 ppm.

**Ejemplo 5**

Fueron preparados cincuenta gramos de un fundente en un pequeño crisol de alúmina por medio de la mezcla de 22,5 gramos de NaCl en forma de polvo y comercializado bajo la marca comercial SIFTO INDUSTRIAL, y 27,5 gramos de MgCl<sub>2</sub> en forma de escamas y comercializado bajo la marca comercial SKYLINE. La mezcla fue sometida a una temperatura de 550 °C durante 45 minutos. La mezcla líquida obtenida fue vertida luego en un cuenco revestido de esmalte para una rápida solidificación. A continuación, el fundente salino obtenido fue triturado en un mortero y tamizado. Fue recuperada la fracción que tenía un tamaño de partícula inferior a 3150 micrones y superior a 105 micrones.

Fueron fundidos dos kg de aleación de aluminio AA1100 (comercializada bajo la marca comercial Alcan) y fueron mantenidos en estado líquido a 700 °C en un crisol de grafito. A esta aleación, se le añadieron 2 gramos de una aleación de aluminio que consistía en 90% en peso de aluminio y 10% en peso de calcio (comercializado bajo la marca comercial KB Alloys) en un vórtice formado con un agitador en el metal líquido, dicho agitador tenía palas rectas. La agitación fue mantenida durante 2 minutos. Fue tomada una muestra del metal para su análisis. Fueron añadidos dos gramos del fundente formado con anterioridad a la aleación de aluminio líquido dopada con calcio mientras se agitaba durante 2 minutos. Fueron tomadas muestras inmediatamente después del final de la agitación, así como también 30, 60 y 90 minutos más tarde.

Los análisis de muestras han mostrado una reducción del nivel de Ca de 115 ppm a 3 ppm después de la adición del fundente salino. Treinta minutos más tarde, el nivel de calcio estaba por debajo de 2 ppm. No fue observado ningún aumento en el contenido de sodio durante la prueba. El nivel de sodio en la aleación fue del orden de 2 ppm.

**Ejemplo 6 (técnica anterior)**

Fueron preparados cincuenta gramos de un fundente salino en un pequeño crisol de alúmina por medio de la mezcla de 10 gramos de NaCl en forma de polvo y comercializado bajo la marca comercial SIFTO INDUSTRIAL, 10 gramos de KCl en forma de polvo y comercializado bajo la marca comercial IMC KALIUM y 30 gramos de MgCl<sub>2</sub> en forma de escamas y comercializado bajo la marca comercial SKYLINE. La mezcla fue sometida a una temperatura de 550 °C durante 45 minutos. La mezcla líquida obtenida fue vertida luego en un cuenco revestido de esmalte para una rápida solidificación. A continuación, el fundente salino obtenido fue triturado en un mortero y tamizado. Fue recuperada la fracción que tenía un tamaño de partícula inferior a 3150 micrones y superior a 105 micrones.

Fueron fundidos dos kg de aleación de aluminio AA1100 (comercializada bajo la marca comercial Alcan) y fueron mantenidos en estado líquido a 700 °C en un crisol de grafito. A esta aleación, se le añadieron 2 gramos de una aleación de aluminio que consistía en 90% en peso de aluminio y 10% en peso de calcio (comercializado bajo la marca comercial KB Alloys) en un vórtice formado con un agitador en el metal líquido, dicho agitador tenía palas rectas. La agitación fue mantenida durante 2 minutos. Fue tomada una muestra del metal para su análisis. Fueron añadidos dos gramos del fundente salino formado con anterioridad a la aleación de aluminio líquido dopada con calcio mientras se agitaba durante 2 minutos. La agitación fue detenida y fueron tomadas muestras inmediatamente después del final de

la agitación, así como también 30, 60 y 90 minutos más tarde.

El análisis de muestras muestra una reducción del nivel de Ca de 108 ppm a 7 ppm después de la adición del fundente salino. Treinta minutos más tarde, el nivel de calcio estaba en 2 ppm y después de 60 minutos el nivel de calcio estaba por debajo de 1 ppm. No fue observado ningún aumento en el contenido de sodio durante la prueba. El nivel de sodio fue del orden de 2 ppm. Este ejemplo muestra que un fundente ternario que tiene un contenido bajo en NaCl no aumenta el nivel de sodio en la aleación.

**Ejemplo 7**

Fueron preparados cincuenta gramos de un fundente salino solo por medio de la mezcla de 22,5 gramos de NaCl en forma de polvo y comercializado bajo la marca comercial SIFTO INDUSTRIAL con una granulometría 95% inferior a 840 micrones y 95% superior a 300 micrones, y 27,5 gramos de MgCl<sub>2</sub> en forma de escamas y comercializado bajo la marca comercial SKYLINE con una granulometría 90% menor que 4,7 mm y 85% superior a 1 mm.

Fueron fundidos dos kg de aleación de aluminio AA1100 (comercializada bajo la marca comercial Alcan) y fueron mantenidos en fase líquida a 700 °C en un crisol de grafito. A esta aleación, se le añadieron 2 gramos de una aleación de aluminio que consistía en 90% en peso de aluminio y 10% en peso de calcio (comercializado bajo la marca comercial KB Alloys) en un vórtice formado con un agitador en el metal líquido, dicho agitador tenía palas rectas. La agitación fue mantenida durante 2 minutos. Fue tomada una muestra del metal para su análisis. Fueron añadidos dos gramos del fundente salino formado con anterioridad a la aleación de aluminio líquido dopada con calcio mientras se agitaba durante 2 minutos. La agitación fue detenida y fueron tomadas muestras inmediatamente después del final de la agitación, así como también 30, 60 y 90 minutos más tarde.

Los análisis de muestras han mostrado una reducción del nivel de Ca de 77 ppm a 2 ppm después de la adición del fundente salino. Treinta minutos más tarde, el nivel de calcio estaba por debajo de 1 ppm. No fue observado ningún aumento en el contenido de sodio durante la prueba. El nivel de sodio fue del orden de 2 ppm.

**Ejemplo 8**

Fueron fundidos dos kg de aleación de aluminio AA1100 (comercializada bajo la marca comercial Alcan) y fueron mantenidos en estado líquido a 700 °C en un crisol de grafito. A esta aleación, se le añadieron 2 gramos de una aleación de aluminio que consistía en 90% en peso de aluminio y 10% en peso de calcio (comercializado bajo la marca comercial KB Alloys) en un vórtice formado con un agitador en el metal líquido, dicho agitador tenía palas rectas. La agitación fue mantenida durante 2 minutos. Fue tomada una muestra del metal para su análisis. Fueron añadidos dos gramos de PROMAG SI (marca comercial) formado por 40% en peso de KCl y 60% en peso de MgCl<sub>2</sub>, con una granulometría 99% inferior a 3150 micrones y 95% superior a 850 micrones, a la aleación dopada con calcio mientras se agitaba durante 2 minutos. La agitación fue detenida y posteriormente fueron tomadas muestras inmediatamente después del final de la agitación, así como también 30, 60 y 90 minutos más tarde.

Los análisis de muestras han mostrado una reducción del nivel de Ca de 75 ppm a 7 ppm después de la adición del fundente salino. Treinta minutos más tarde, el nivel de calcio estaba por debajo de 5 ppm (véase la Figura 4). Estos análisis muestran que los flujos binarios de NaCl y MgCl<sub>2</sub> son más eficientes que un flujo ternario de NaCl, KCl y MgCl<sub>2</sub> o el flujo binario, KCl y MgCl<sub>2</sub>.

	Ej. 5 NaCl-MgCl <sub>2</sub> (45-55) Fusionado	Ej. 6 NaCl-KCl-MgCl <sub>2</sub> (20- 20-60) Fusionado	Ej. 7 NaCl-MgCl <sub>2</sub> (45-55) Mezcla	Ej. 8 Promag SI * (KClReferencia - MgCl <sub>2</sub> ) (40-60)	(sin flujo)
Tiempo Después de Ca	115	108	77	75	77
Después de la sal	3	7	2	7	-
30 min	< 1	2	< 1	< 5	58
60 min	< 1	< 1	< 1	< 5	-
90 min	< 1	< 1	< 1	< 5	-
120 min	-	-	-	-	39

\* marca comercial

La presente invención ha sido descrita con respecto a sus realizaciones preferidas. La descripción y los dibujos están destinados únicamente a ayudar a la comprensión de la invención y no pretenden limitar su alcance. Será evidente

para los expertos en la técnica que pueden ser llevadas a cabo numerosas variaciones y modificaciones a la implementación de la invención sin estar fuera del alcance de la invención. Tales variaciones y modificaciones están cubiertas por la presente invención. La invención será descrita ahora en las siguientes reivindicaciones:

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la purificación de un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio y aleaciones de aluminio, en el que dicho método comprende:
- calentar el metal hasta una fase líquida; y
- 5 poner en contacto el metal líquido con un fundente salino, en el que dicho fundente salino es una mezcla binaria de partículas de NaCl y partículas de MgCl<sub>2</sub>, comprendiendo dicha mezcla binaria de 40 a 50% en peso de NaCl y de 50 a 60% en peso de MgCl<sub>2</sub>, o que está en forma de partículas obtenidas por medio de la trituración de una sal fundida de NaCl y MgCl<sub>2</sub>, comprendiendo dicha mezcla binaria de 40 a 50% en peso de NaCl y de 50 a 60% en peso de MgCl<sub>2</sub>.
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la mezcla binaria comprende:
- 10 a) 45% en peso de NaCl; y  
b) 55% en peso de MgCl<sub>2</sub>;
- para formar una mezcla binaria eutéctica que tiene un punto de fusión de 459 °C.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dichas partículas tienen un tamaño promedio de partícula comprendido entre 100 μm y 3,35 mm, en particular entre 0,85 mm y 3,15 mm y más en particular entre 100 μm y 1 mm.
- 15 4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dichas partículas se ponen en contacto con el metal líquido por medio de inyección con un equipo de inyección de gas.
5. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el metal es una aleación de aluminio que tiene un contenido de magnesio superior al 3% en peso.
- 20 6. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el metal es una aleación de aluminio que tiene un contenido de silicio superior al 10% en peso.

NaCl - KCl - MgCl<sub>2</sub>  
 Proyección de líquido calculada

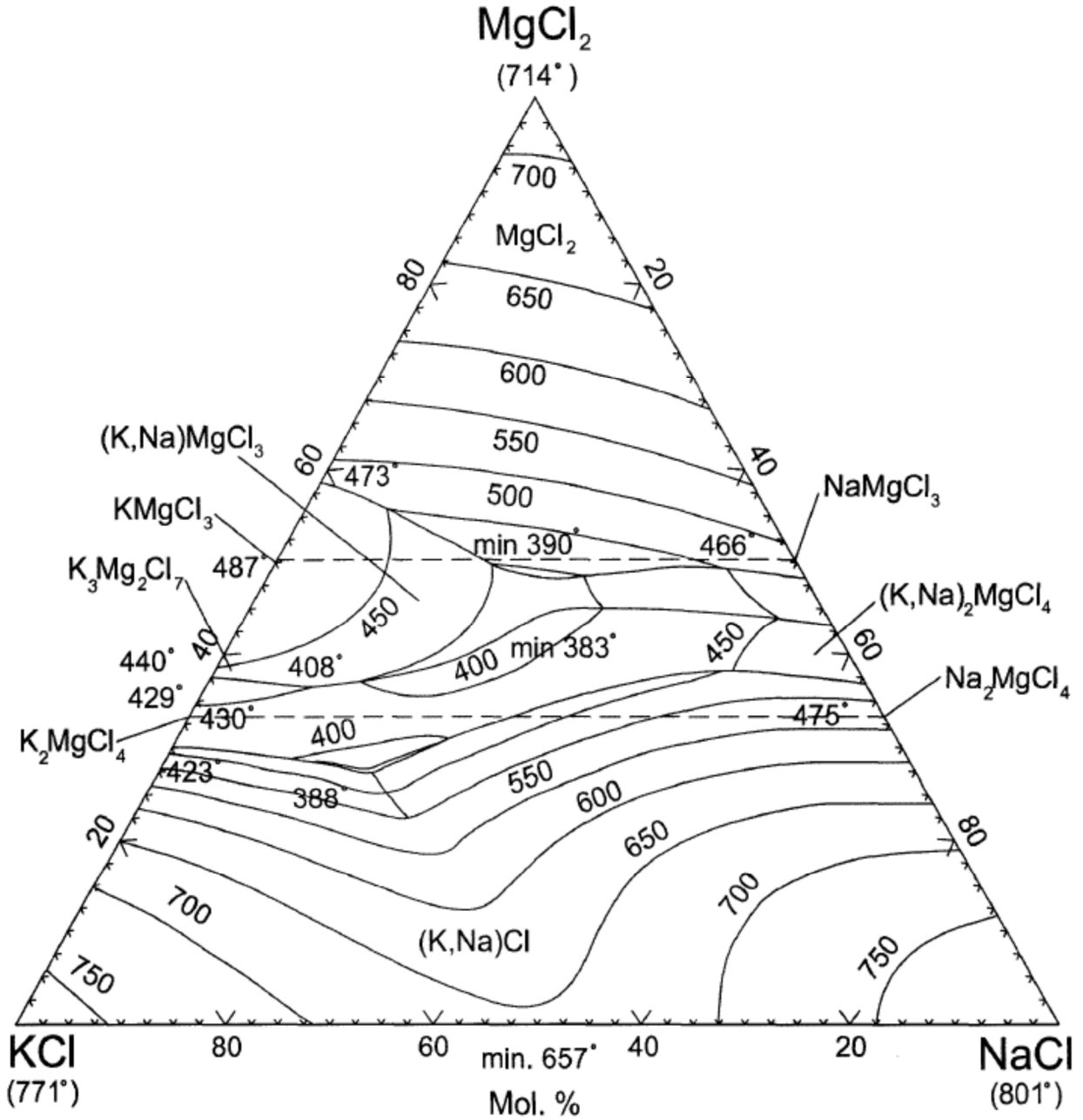


FIGURA 1  
 (TÉCNICA ANTERIOR)

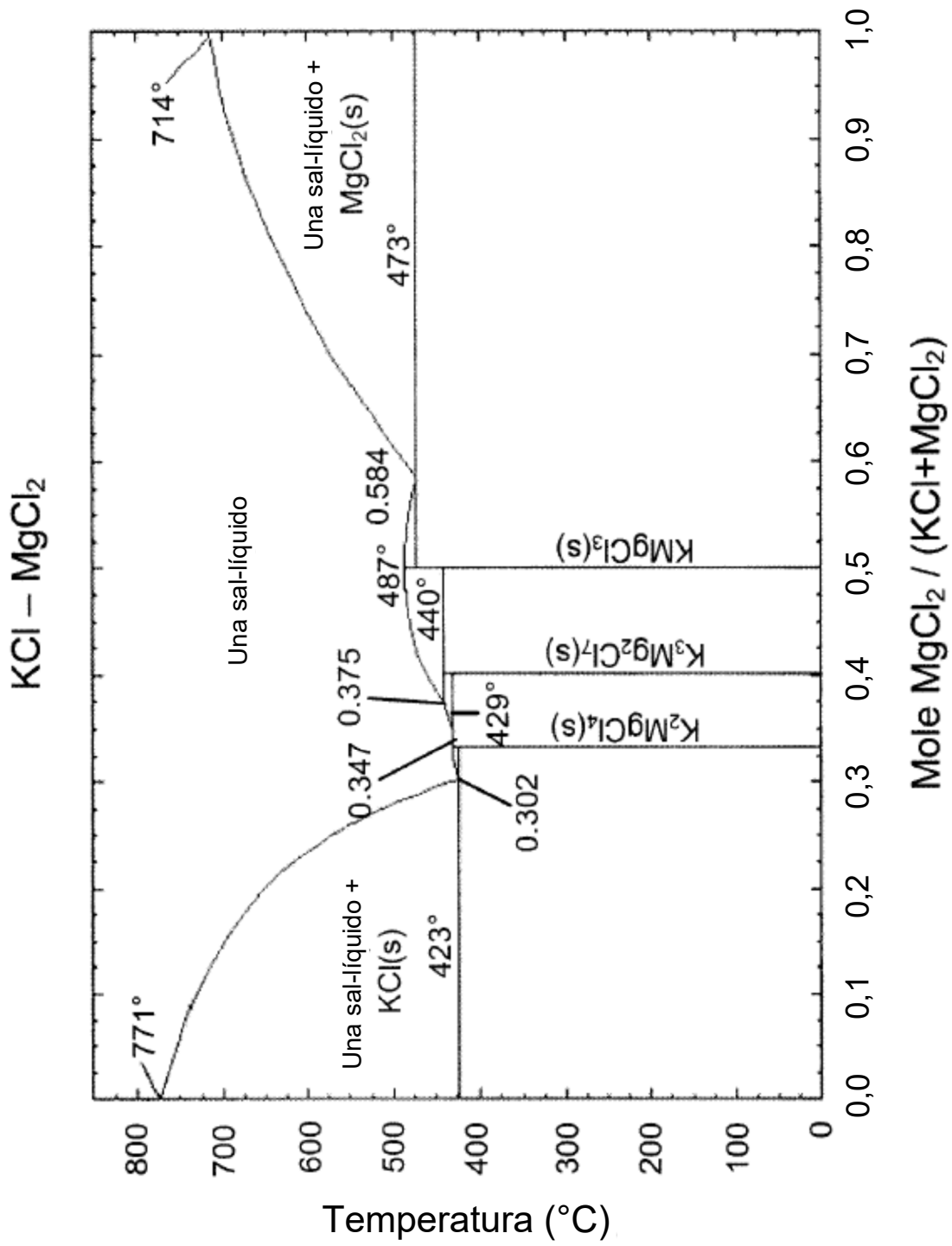


FIGURA 2  
(TÉCNICA ANTERIOR)

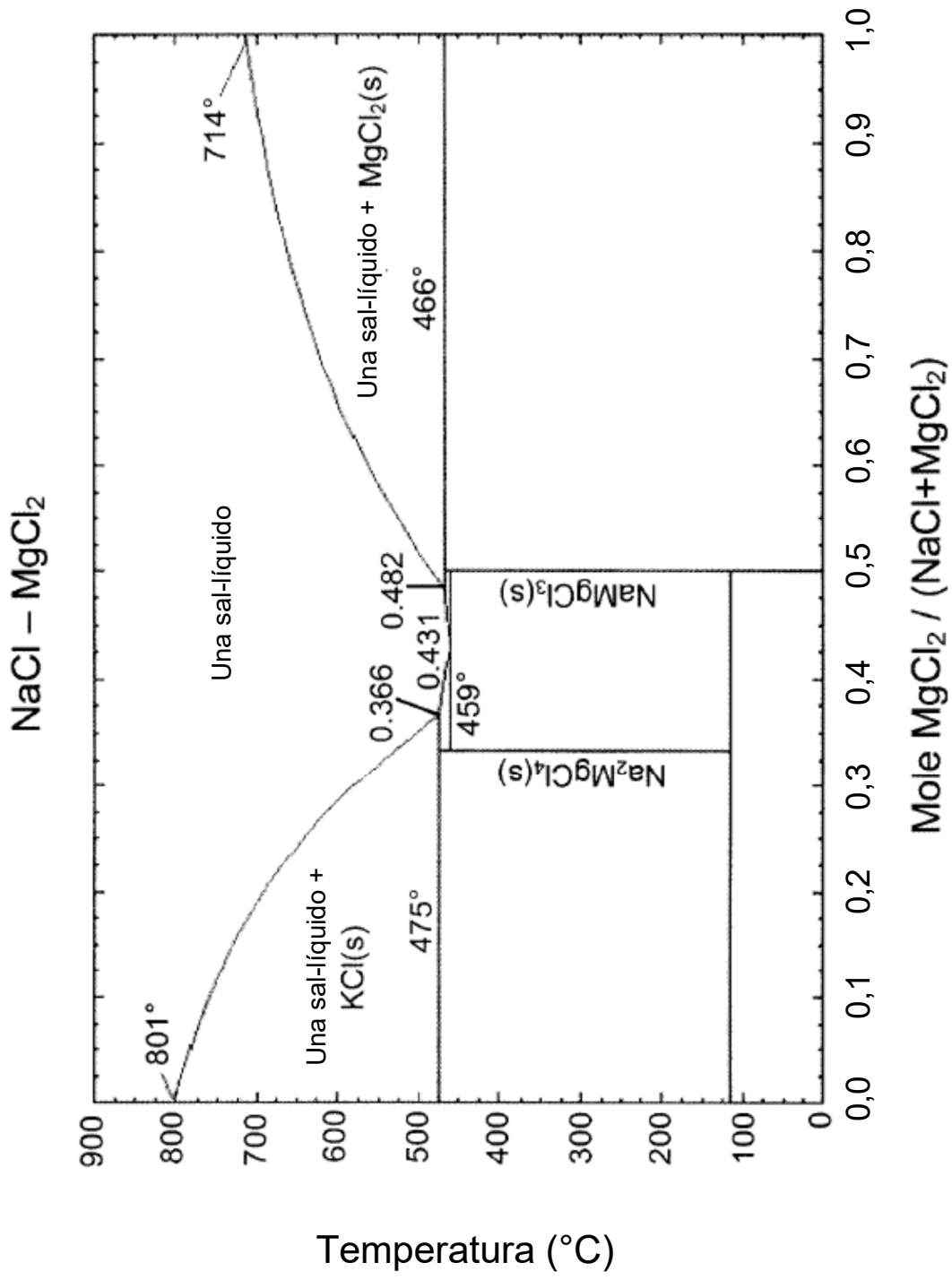


FIGURA 3  
(TÉCNICA ANTERIOR)

Eficiencia de la extracción de calcio en una aleación de aluminio 1100 de 2 kg a 700 °C

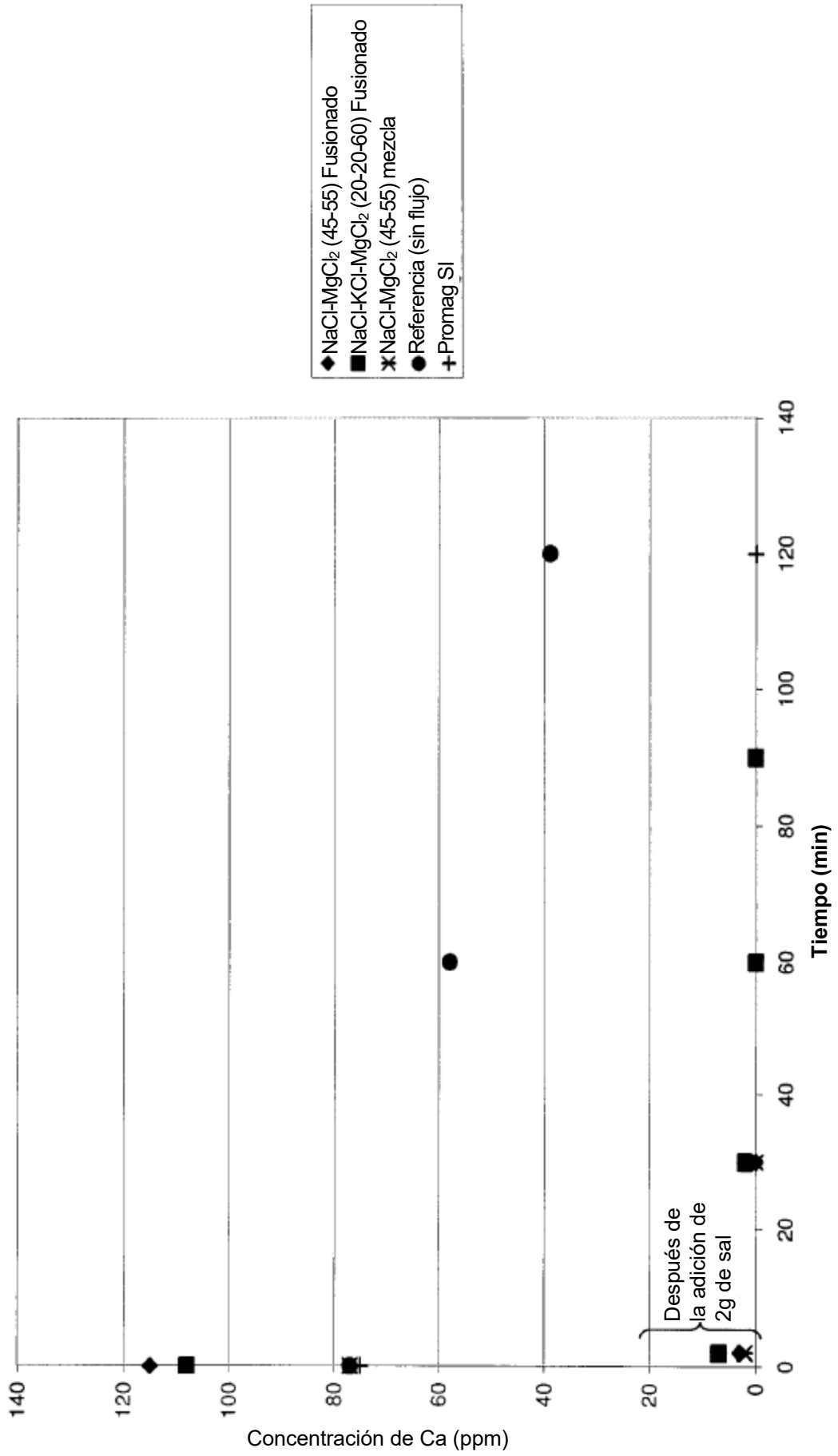


FIGURA 4