

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 389**

51 Int. Cl.:

C22B 9/10 (2006.01)

C22B 9/05 (2006.01)

C22B 21/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08730521 .5**

96 Fecha de presentación: **22.02.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2113033**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.11.2009**

54 Título: **Instalación y procedimiento para procesamiento en línea de metal fundido usando un reactivo salino en un desgasificador de caja profunda**

30 Prioridad:
23.02.2007 US 891310 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.08.2012

73 Titular/es:
**ALCOA INC.
ALCOA CORPORATE CENTER 201 ISABELLA
STREET
PITTSBURGH, PA 15069-0001, US**

72 Inventor/es:
**CHESONIS, Dawn Corleen y
DEYOUNG, David H.**

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

ES 2 386 389 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

Instalación y procedimiento para procesamiento en línea de metal fundido usando un reactivo salino en un desgasificador de caja profunda

Campo de la divulgación

- 5 En una realización, la presente divulgación se refiere a un aparato y a un procedimiento para el procesamiento de un metal fundido que elimina el uso del gas Cloro (Cl₂). En otra realización, la presente divulgación se refiere a una metodología para la desgasificación de un metal fundido usando un reactivo salino para sustituir el gas Cloro (Cl₂).

Antecedentes

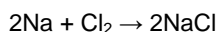
- 10 El documento WO 2006/109810 A1 se refiere a un procedimiento para el tratamiento de una aleación de aluminio fundido con un fundente sin sodio. El fundente sin sodio consiste en una masa de AlF₃ del 80 al 95 %, KCl del 2,5 al 10% y K₂SO₄ de 2,5 al 10 % como componentes esenciales y como componente de equilibrio el 5% en total de otros cloruros, fluoruros y nitratos como máximo. El documento JP 07 207 373 A se refiere a un procedimiento para el tratamiento de Al fundido o de una aleación de Al. Para mejorar la limpieza de la aleación del Al fundido, se sopla un gas inerte en la aleación de Al usando una boquilla rotatoria.

- 15 El documento US 6 887 424 B1 describe un aparato para la desgasificación en línea para la eliminación de los gases en disolución sólida así como las inclusiones no metálicas del metal fundido en un recipiente para la desgasificación, en el que se introduce continuamente el metal fundido para la operación de desgasificación y desde el que se elimina continuamente el metal fundido desgasificado. Se coloca un dispositivo de difusión rotatorio en el recipiente para la desgasificación para la generación de burbujas de gas inerte que se difunden en el metal fundido, atrapando
20 de ese modo los gases en disolución sólida así como las inclusiones no metálicas en las burbujas, las cuales se sacan a flote y se separan. Se proporcionan calentadores, que se prolongan, en un voladizo, desde una pared lateral del recipiente hasta una posición adyacente a la pared inferior del recipiente básicamente paralela a la pared inferior.

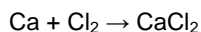
- 25 El documento US 6 375 712 B1 se refiere a un aparato y a un procedimiento para la eliminación de metales ligeros; sodio, litio, calcio y magnesio, a partir de aluminio virgen extraído a partir de una célula de reducción Hall Heroult usando LiF modificado o un electrolito de LiF+MgF₂. El procedimiento se lleva a cabo en un crisol o en una estación intermedia entre las células y los hornos en un taller de fundición.

- 30 El documento WO 2007/048240 A1 describe un aparato y un procedimiento para la desgasificación en línea básicamente continua de aluminio y/o de las aleaciones de aluminio, en ausencia de cloro y a través de la inyección de al menos una sal de haluro metálico que incluye un halógeno y agua y un gas inerte, en una artesa de transferencia antes de la fundición.

- 35 Una operación de desgasificación en línea se hace normalmente mediante el soplado de un gas inerte apropiado que contiene algún porcentaje de gas Cloro (Cl₂). El gas Cloro forma una especie de pequeñas burbujas en el metal fundido. La desgasificación se hace generalmente en una operación continua justamente antes de la fundición, lo que se puede hacer en sí mismo de manera continua. Se inyecta una mezcla de gas inerte y de Cl₂ (Cloro) en el metal fundido para tratar el metal fundido cuando fluye del horno al pozo de fundición. Mientras que el gas inerte puede eliminar de manera eficaz por sí solo el H₂ (hidrógeno) disuelto por transferencia de masa, la eliminación de las impurezas alcalinas y alcalinotérreas (tales como sodio (Na), litio (Li) y calcio (Ca)) en el metal fundido requiere un reactivo químico tal como el Cl₂, como se ha determinado mediante las reacciones químicas siguientes:



- 40 y



El Cloro (Cl₂) también puede mejorar la flotación y la eliminación de las inclusiones no metálicas, proporcionando una limpieza del metal mejorada.

- 45 Sin embargo, el uso de Cl₂ gaseoso representa una cuestión medioambiental y de higiene industrial. El Cloro gaseoso también es una fuente de emisiones reguladas a la atmósfera. Además, debido a la naturaleza peligrosa del Cl₂, también puede ser riguroso el almacenamiento, la conducción, la seguridad y los requisitos de entrenamiento. El Cl₂, también puede causar una corrosión aumentada y un desgaste de otro equipamiento en una planta. De este modo, se puede desear la eliminación en línea de los metales alcalinos y alcalinotérreos del aluminio fundido y de sus aleaciones sin el uso de Cl₂.

- 50 Para conseguir una desgasificación eficaz, todos los aparatos de desgasificación deben repartir un determinado volumen mínimo de gas por kilogramo de metal. La desgasificación se puede llevar a cabo en un desgasificador de tipo artesa o de tipo caja profunda. Un desgasificador de tipo artesa es un desgasificador con una relación volumen estático/volumen dinámico al menos menor que el 50% de la relación del volumen estático/volumen dinámico de un desgasificador de caja profunda y es uno que conserva poco o ningún metal cuando se interrumpe la fuente de metal

después de que la operación de desgasificación se completa. En un desgasificador de tipo artesa en el que el tiempo de permanencia del metal en la región en la que se suministra el gas es básicamente menor que en los desgasificadores de caja profunda, la cantidad de gas que debe repartir cada inyector rotatorio es elevada y la capacidad de repartir una cantidad de gas adecuada determina la eficacia en el diseño de un inyector.

- 5 Se ha observado que en un desgasificador de tipo artesa con rotores de gas capaces de repartir un volumen de gas adecuado a un metal fundido de manera que los gases tienden a ser liberados de los rotores de una manera irregular provoca salpicaduras en la superficie del metal fundido y una ineficacia en la eliminación del gas disuelto. Algunos desgasificadores de tipo artesa usan varios inyectores de gas rotatorios relativamente pequeños a lo largo de la longitud de una sección de un artesa hasta conseguir el equivalente de un reactor de flujo continuo o pseudo
- 10 "pistón" mejor que en un reactor de flujo bien mezclado o en un reactor continuo de tanque agitado (CSTR), que es característico de los desgasificadores de caja profunda. En un reactor de flujo de pistón ideal no hay mezcla y los elementos fluidos salen en el mismo orden en el que llegaron. Por lo tanto, un fluido que entra en el reactor en el tiempo t saldrá del reactor en el tiempo $t + \tau$, en el que τ es el tiempo de permanencia en el reactor ($E(t) = \delta(t-\tau)$). Un reactor continuo de tanque agitado ideal se basa en la suposición de que el flujo en la entrada se mezcla completamente e instantáneamente en el volumen del reactor. El CSTR y el fluido de salida tienen composiciones idénticas y homogéneas en todo momento. Un CSTR ideal tiene una distribución del tiempo de permanencia
- 15 exponencial ($E(t) = (1/\tau)e^{-(t/\tau)}$).

Sin embargo, los desgasificadores de tipo artesa con una pluralidad de inyectores de gas rotatorios pequeños no son capaces de repartir grandes volúmenes de gas en forma de burbujas finas en el metal fundido sin irregularidades importantes del flujo de gas y no son adecuados para su uso en cualquier aplicación en la que se requiere un reparto de gas en forma de finas burbujas tan elevado. Las Figuras 1A y 1B ilustran que un desgasificador de caja profunda (tal como el Alcoa A622) es más eficaz para eliminar el Hidrógeno y las inclusiones de metal fundido que un desgasificador de tipo artesa (tal como el ACD) cuando se usa el cloro como un agente de desgasificación. Se espera la misma mejora cuando se sustituye el cloro por una mezcla de sal fundente. Por lo tanto, los desgasificadores de caja profunda se deben utilizar para reducir las salpicaduras en la superficie del metal fundido y para maximizar la eficacia del gas disuelto y la eliminación de la inclusión.

20

25

Sumario

La presente divulgación se refiere a un procedimiento para el procesamiento de un metal fundido en un aparato para el tratamiento en línea de metal sin el uso del gas Cloro (Cl_2) que tiene un compartimento que contiene el metal fundido y un impulsor rotatorio sumergido en el metal fundido y un tanque de almacenamiento capaz de arrastrar o de contener un reactivo salino o fundente (los términos reactivo y fundente se usan de manera intercambiable desde el principio hasta el fin de la presente solicitud) y un gas inerte (por ejemplo, el gas Argón). El procedimiento comprende la inyección de una cantidad predeterminada de una mezcla de un gas inerte y de un reactivo salino que contiene una sal de haluro en el metal fundido en el compartimento a través del impulsor rotatorio sumergido en el metal fundido. El procedimiento incluye la etapa de la inyección adicional del reactivo salino a una velocidad controlada en el metal fundido a través del impulsor rotatorio como se ha definido en la reivindicación 1.

30

35

Para llevar a cabo el procedimiento de la presente invención se ha proporcionado un sistema de desgasificación en línea que incluye un compartimento que contiene el metal fundido; un impulsor rotatorio que tiene un eje hueco que es capaz de la inmersión en el metal fundido; y un tanque de almacenamiento que tiene una porción de salida acoplada al eje hueco mediante un regulador de flujo. El tanque de almacenamiento se configura para almacenar un gas inerte y un reactivo salino que contiene, por ejemplo, una sal de haluro. En una realización del tanque de almacenamiento, el regulador de flujo se configura para permitir la inyección de una combinación del gas inerte y del reactivo salino desde el tanque de almacenamiento en el metal fundido mediante el eje hueco del impulsor rotatorio sumergido en el metal fundido, en el que un reactivo salino sólido fluidificado sustituye al gas Cloro.

40

La presente divulgación se refiere a una alternativa al Cl_2 gaseoso más segura y no peligrosa (reactivo salino sin cloro) en los desgasificadores en línea. En otro aspecto, una alternativa seleccionada en base a la sal de haluro puede ser industrialmente higiénica, segura de almacenar y capaz eliminar en línea los metales alcalinos y alcalinotérreos del aluminio fundido y de sus aleaciones al menos una manera tan eficaz como el Cl_2 gaseoso.

45

Breve descripción de los dibujos

Para que la presente divulgación sea más fácilmente comprensible y puesta en práctica fácilmente, la presente divulgación se describirá ahora para los propósitos de ilustración y no de limitación, en conexión con las figuras siguientes, en las que:

50

Las Figuras 1A y 1B ilustran una eficacia en la eliminación de Hidrógeno con un desgasificador de caja profunda (tal como el Alcoa A622) y las concentraciones de inclusión después de la filtración comparadas con un desgasificador de tipo artesa (tal como el ACD) cuando se usa el cloro como un agente desgasificador;

55

La Figura 2 representa un sistema de procesamiento de un metal fundido en base a una sal de haluro de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

La Figura 3 ilustra un flujo de operaciones ejemplar en el sistema de desgasificación en línea de la Figura 1 de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

5 Las Figuras 4A y 4B muestran los ejemplos de las concentraciones de Na y de Ca, respectivamente, respecto al tiempo para el Ar por sí solo, 566 l/h (20 scfh) de Cl_2 en Ar y 7,6 kg/h (16,8 lb/hr) de una sal de aproximadamente el 40% de MgCl_2 - 60% de KCl en Ar en un ensayo en modo discontinuo de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

10 Las Figuras 5A y 5B ilustran las concentraciones de entrada (es decir, antes de la desgasificación) y de salida (es decir, después de que se lleve a cabo la desgasificación) y el porcentaje de eliminación de Na y de Ca para cada ensayo dinámico (enumerada a lo largo del eje x en las representaciones en las Figuras 5A - 5B) de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

La Figura 6 muestra una representación ejemplar que resume los resultados de la eliminación de hidrógeno a partir de varios ensayos dinámicos de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

15 La Figura 7 ilustra una representación ejemplar que representa los valores de las emisiones de partículas y de cloruro durante seis ensayos dinámicos diferentes que involucran a tres reactivos (dos sales y el gas cloro; dos ensayos por cada reactivo), cada uno de ellos en combinación con el gas Ar para la desgasificación durante el correspondiente par de ensayos de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

La Figura 8 muestra una representación ejemplar que representa la utilización de cloruro con tres reactivos (dos sales de haluro y el cloro gaseoso, cada uno de ellos combinado con gas Ar) durante un número de ensayos dinámicos de acuerdo con una realización de la presente divulgación;

20 La Figura 9 ilustra una representación ejemplar que representa los resultados de ensayo de la generación de espuma para tres reactivos (dos sales de haluro y el Cl_2 gaseoso, cada uno de ellos combinado con gas Ar) durante un número de ensayos dinámicos de acuerdo con una realización de la presente divulgación; y

25 Las Figuras 10A - 10B muestran representaciones ejemplares que ilustran los resultados del ensayo para la limpieza del metal para tres reactivos (dos sales de haluro y el cloro gaseoso) durante un número de ensayos dinámicos de acuerdo con una realización de la presente divulgación.

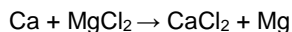
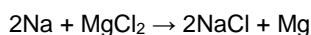
Entre los beneficios y mejoras que se han desvelado, se harán evidentes otros objetos y ventajas de la presente invención a partir de la siguiente descripción tomada en conjunto con los dibujos adjuntos. Los dibujos constituyen una parte de la presente especificación e incluyen las realizaciones ejemplares de la presente invención e ilustran diversas realizaciones y características de los mismos.

30 **Descripción detallada**

Las figuras adjuntas y la descripción que sigue exponen la presente divulgación en las realizaciones de la presente divulgación. Sin embargo, se contempla que las personas generalmente familiarizadas con la fusión, la fundición, la filtración y la desgasificación de metales fundidos serán capaces de aplicar las enseñanzas de la presente divulgación en otros contextos mediante la modificación de determinados detalles. En consecuencia, las figuras y la descripción no se deben de tomar como una restricción del alcance de la presente divulgación, sino que se deben de entender como enseñanzas amplias y generales. En la discusión en el presente documento, cuando se hace referencia a cualquier intervalo numérico de valores, se entiende que tal intervalo incluye todos y cada uno de los miembros y/o fracciones entre el intervalo indicado como mínimo y máximo. Por último, para el propósito de la descripción más adelante en el presente documento, los términos "parte superior," "parte inferior," "derecha," "izquierda," "vertical," "horizontal," "parte superior," "parte inferior" y los derivados de los mismos harán referencia a la presente divulgación ya que se orientan en las figuras de los dibujos proporcionados en el presente documento.

La presente divulgación se refiere a un tratamiento en línea de un metal fundido en el que, en lugar de Cl_2 gaseoso, una cantidad predeterminada de un reactivo salino sólido o que contiene un fundente, por ejemplo, una sal de haluro (por ejemplo, MgCl_2) como uno de sus componentes se puede inyectar en el metal fundido junto con un gas inerte (normalmente argón). La corriente del gas inerte al desgasificador, que se usa para la eliminación de H_2 , también se puede usar para fluidificar y transportar el reactivo salino sólido. El reactivo salino se puede dosificar en la corriente del gas inerte a una velocidad controlada. El reactivo salino puede reaccionar con metales alcalinos y alcalinotérreos para eliminarlos del metal fundido como cloruros. La eliminación de los metales alcalinos y alcalinotérreos puede ser igual a la obtenida con la cantidad equivalente de Cl_2 gaseoso en el que, por ejemplo, se usa un reactivo en base a la sal de haluro en vez de Cl_2 gaseoso de acuerdo con una realización de la presente divulgación. De este modo, usando el fundente sólido en base a la sal de haluro de acuerdo con las enseñanzas de una realización de la presente divulgación, se pueden conseguir los beneficios del metal alcalino, alcalinotérreo y la eliminación de la inclusión sin los asuntos de la higiene industrial, medioambiental y de seguridad relacionados con el almacenamiento y usando el Cl_2 gaseoso y peligroso durante la desgasificación del metal fundido. El metal fundido se define como una aleación, por ejemplo aluminio o cualquier aleación de aluminio, a una temperatura superior a la temperatura de fusión o de líquido.

En el caso del aluminio fundido, por ejemplo, la siguiente reacción química puede ilustrar cómo el $MgCl_2$ elimina las impurezas de los metales alcalinos y alcalinotérreos (por ejemplo, Na y Ca) del aluminio fundido:



- 5 De este modo, los metales alcalinos y alcalinotérreos se eliminan del metal fundido como cloruros. Otros componentes de la sal inyectada disminuyen el punto de fusión de la mezcla de la sal (que incluye la sal de haluro, por ejemplo, $MgCl_2$) a un valor que permite a la sal inyectada permanecer fundida a la temperatura del metal, permitiendo de ese modo a la sal su dispersión por todo el metal fundido. De este modo, se puede usar un reactivo salino sólido como un reactivo químico mejor que el cloro gaseoso para llevar a cabo la limpieza del metal fundido.
- 10 En lugar de $MgCl_2$, se pueden usar otras sales de haluro diversas como parte del reactivo salino sólido que incluyen, por ejemplo, cloruro potásico (KCl), fluoruro de aluminio (AlF_3), cloruro sódico (NaCl), cloruro cálcico ($CaCl_2$), fluoruro sódico (NaF), fluoruro cálcico (CaF_2), etcétera.

15 Una sal generalmente es un compuesto iónico compuesto por cationes (iones cargados positivamente, tales como sodio (Na^+), calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+), etcétera) y aniones (iones negativos tales como cloruro (Cl^-), óxido (O^{2-}), fluoruro (F^-), etcétera) de manera que el producto es neutro (sin una carga neta). En las sales de haluro de la presente divulgación, los aniones componentes son inorgánicos (por ejemplo, los que tienen base de Cl^-). Las sales se forman generalmente cuando los ácidos y las bases reaccionan. Un haluro, por otro lado, es un compuesto binario, en el que una parte es un átomo de halógeno y la otra parte es un elemento o un radical que es menos electronegativo que el halógeno, para formar un compuesto de fluoruro, cloruro, bromuro, yoduro o astaturo.

20 Los aniones haluro son fluoruro (F^-), cloruro (Cl^-), bromuro (Br^-), yoduro (I^-) y astaturo (At^-). Tales iones están presentes en todas las sales de haluro iónicas.

En una realización de la presente invención, se puede usar como reactivo salino una sal mezclada que contiene aproximadamente el 75% de $MgCl_2$, el 15% de KCl y el 10% de NaCl. En otra realización, se puede usar como fundente salino una sal mezclada (denominada en adelante en el presente documento como fundente salino "AEP-27") que contiene aproximadamente el 40% de $MgCl_2$ y el 60% de KCl. En una realización adicional, se puede usar como fundente salino una sal fundida (denominada en adelante en el presente documento como fundente salino "AEP-40") que contiene aproximadamente el 40% de $MgCl_2$ y el 60% de KCl. En aún otra realización, se puede usar como fundente salino una sal mezclada que contiene aproximadamente el 70% de $MgCl_2$ y el 30% de KCl. En una realización adicional, se puede usar como fundente salino una sal mezclada que contiene aproximadamente el 20%

25

30 de $MgCl_2$ y aproximadamente el 80% de KCl.

En una realización de la presente invención, el tamaño del grano del fundente salino (que incluye la sal de haluro) puede estar en el intervalo de aproximadamente 1 a 3 mm. En una realización adicional, el fundente salino puede contener cloruro de magnesio mezclado con cloruro potásico, en el que el cloruro de magnesio puede representar aproximadamente del 40% al 60% de la porción del reactivo salino. En una realización de la presente invención el tamaño del grano de cada escama de $MgCl_2$ puede ser inferior a aproximadamente 6,35 mm (1/4").

35

La velocidad de alimentación del fundente se puede ajustar en el intervalo de aproximadamente 1 a 15 gramos por minuto, con una velocidad mínima permisible de aproximadamente 0,5 gramos por minuto y una velocidad máxima permisible para la velocidad de alimentación del fundente de aproximadamente 20 gramos por minuto, con un máximo de aproximadamente 100 gramos por minuto. En una realización, la exactitud de la velocidad de alimentación puede estar en el intervalo de aproximadamente +/- 5%. El fundente salino se puede envasar previamente en bolsas con una capacidad de aproximadamente 4,53 kg (10 lb) (alrededor de 5 kg) o se puede preparar en el momento de la operación de desgasificación en la cantidad deseada.

40

En una realización de la presente invención, el caudal del gas inerte (por ejemplo, argón) en el metal fundido se puede ajustar a aproximadamente 4248 l/h (150 scfh), con una velocidad mínima permisible de aproximadamente 566 l/h (20 scfh) y una velocidad máxima permisible de aproximadamente 5664 l/h (200 scfh,) (en la que "scfh" se refiere a "pies cúbicos por hora en condiciones estándar"). La exactitud del ajuste del caudal del gas inerte de ser de aproximadamente el +/- 5% al +/- 1% del caudal.

45

Volviendo ahora a la Figura 2, se muestra una vista esquemática del sistema de procesamiento del metal fundido de un reactivo salino 40 de acuerdo con una realización de la presente divulgación. En una realización, el metal fundido puede incluir aluminio o sus aleaciones, magnesio o sus aleaciones, etcétera. En una realización adicional, se muestra el sistema 40 para incluir una unidad 42 para el procesamiento en línea del metal fundido, tal como una unidad de desgasificación, acoplada a un tanque de almacenamiento o a un tanque inyector de sal 44 mediante una unidad de acoplamiento o una junta rotatoria 43. Aunque la presente divulgación describe una unidad de desgasificación, están dentro de la contemplación de la presente invención otras unidades de procesamiento en línea del metal fundido. Sólo se proporciona un ejemplo esquemático para la unidad 42 de desgasificación en la Figura 2. En una realización, el desgasificador 42 en línea generalmente puede proporcionar el tratamiento del metal fundido mediante la inyección de los reactivos fluidificados sin base de cloro (se analiza a continuación más adelante) junto con un gas inerte (por ejemplo, argón) a través del eje hueco (se analiza con más detalle a

50

55

continuación) de un impulsor rotatorio o rotor 50. En otra realización, el metal fundido 51 en bruto a procesar se puede recibir a través del orificio de entrada 46, mientras que el metal fundido 53 procesado sale a través del orificio de salida 48 para su procesamiento adicional al final de la línea de producción (por ejemplo, fundición). Durante el procesamiento, el metal fundido en bruto así como los restos procesados quedan contenidos en un compartimento 47. Se observa que el orificio de entrada 46 y el orificio de salida 48 en la unidad de desgasificación 42 en la Figura 2 se colocan en las caras opuestas del compartimento 47. Sin embargo, en una realización alternativa, se puede concebir otra colocación para estos orificios de acuerdo con los requisitos del diseño para la instalación del procesamiento en línea del metal. Se observa adicionalmente que la metodología para el tratamiento en base al reactivo salino analizada en el presente documento se refiere al tratamiento de metal fundido 51 en bruto antes de que se convierta en el metal fundido 53 procesado.

En una realización, el rotor 50 en la unidad 42 de procesamiento en línea del metal se muestra adicionalmente para incluir un conducto 52, que se puede formar haciendo el eje hueco del rotor desde dentro. En una realización alternativa, el conducto 52 puede actuar como un conducto para la combinación del gas inerte y de los reactivos fluidificados recibidos desde el inyector de sal 44 (analizados con más detalle a continuación) a través de la junta rotatoria 43, que puede estar en una comunicación fluida con el conducto 52. En una realización adicional, se puede proporcionar un deflector 54 para hacer una partición de las porciones de salida y de entrada del compartimento 47. En una realización, el desgasificador 42 también puede incluir elementos calentadores o calentadores de inmersión (no se han mostrado) para mantener o controlar la temperatura del metal fundido antes de, durante y/o después de la operación de desgasificación. En la Figura 2, el número de referencia "56" se usa para indicar un nivel representativo del metal fundido en el compartimento 47. El compartimento 47 tiene un volumen estático cuando el metal fundido no fluye y un volumen dinámico cuando el metal fundido fluye. El volumen estático del compartimento es proporcional a la Distancia D1 (profundidad estática del compartimento 47), medido desde la parte inferior 49 del compartimento 47 a la parte inferior 55 de la artesa de salida 48. El volumen dinámico del compartimento 47 es proporcional a la Distancia D2 (profundidad dinámica del metal fundido), medido desde la parte inferior 49 del compartimento 47 hasta el nivel del metal 56. Un desgasificador de caja profunda se define por la relación entre la profundidad estática y la profundidad dinámica (D1/D2) mayor que 0,5. Un desgasificador de tipo artesa se define por la relación entre la profundidad estática y la profundidad dinámica (D1/D2) menor que 0,5. El presente nivel de metal es solamente para la ilustración. En la práctica, el nivel del metal fundido puede variar del indicado en la Figura 2 dependiendo de, por ejemplo, los requisitos para el procesamiento del metal fundido en una planta particular, la capacidad de procesamiento de un desgasificador en funcionamiento, etcétera.

En una realización, la unidad 42 para el procesamiento del metal puede ser un desgasificador en línea con una parte superior cubierta (no se ha mostrado) para un rendimiento mejorado. Los detalles similares adicionales para la construcción y el funcionamiento de la unidad 42 tampoco se muestran en la Figura 2 ni se analizan en el presente documento. Además, aquí se señala que, en una realización, todos los montajes del calentador (no se han mostrado) se pueden instalar en la proximidad de la misma pared del compartimento 47 o se pueden disponer en otras posiciones diferentes a lo largo de compartimento 47 si es necesario.

También, en una realización adicional, el sistema 40 puede incluir más de un compartimento 47 para el procesamiento (junto con los rotores correspondientes y las juntas rotatorias para la inyección de sal) para procesar una mayor cantidad de metal. Tales compartimentos adicionales (no se han mostrado) pueden funcionar en serie o en cualquier otra disposición compatible con los requisitos de funcionamiento deseados. Cada compartimento tal puede incluir un dispositivo para la introducción de gas (similar a, por ejemplo, al rotor 50) y, posiblemente, uno o más calentadores de inmersión (no se han mostrado en la Figura 2) para controlar la temperatura del metal fundido que se está procesando. Un compartimento para el procesamiento podría contener más de un rotor y juntas rotatorias.

En una realización, la unidad de desgasificación 42 se puede conseguir en un número de empresas. Algunos modelos ejemplares que se pueden usar en el sistema 40 de la Figura 2 incluyen, por ejemplo, la unidad Alcoa A622, la unidad Pechiney Alpur y el sistema Pyrotek SNIF.

El análisis adicional de los detalles de funcionamiento del sistema 40 para el procesamiento del metal fundido en la Figura 2 se proporciona a continuación junto con el análisis de la Figura 3, que ilustra un flujo ejemplar de operaciones en el ejemplo de un sistema 40 de desgasificación en línea de la Figura 2 de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Estas etapas de funcionamiento se representan por los bloques 70, 74 y 78 en la Figura 3. En particular, el bloque 78 de la Figura 3 incluye un reactivo salino sólido (fundido o mezclado físicamente) que contiene una sal de haluro (por ejemplo, cloruro de magnesio ($MgCl_2$)) como uno de sus componentes que se fluidifica e inyecta, junto con un gas vehículo inerte (por ejemplo, Argón), a través del conducto 52 (Figura 2) del rotor impulsor desgasificador 50 (Figura 2) mediante la junta rotatoria 43 (Figura 2). Sal fundida significa que los componentes individuales de la sal se mezclan entre sí, se funden, se solidifican, se aplastan y se les da un tamaño para formar un material homogéneo. Una sal físicamente mezclada significa que se mezclan entre sí los granos de cada componente para formar una mezcla heterogénea de los dos o más tipos de partículas. Como se ha indicado anteriormente, la presente divulgación se refiere a la desgasificación en línea sin el uso de cloro gaseoso.

Ahora volviendo a la Figura 2, una realización de la presente invención ilustra que el tanque de almacenamiento 44 puede recibir un fundente (que contiene la sal de haluro) desde una primera fuente de suministro externo 32 y el gas inerte (por ejemplo, argón) desde una segunda fuente de suministro externo 33 como se ha indicado mediante las respectivas flechas de entrada en la Figura 2. El fundente y el gas inerte se pueden suministrar en el tanque de almacenamiento 44 mediante los respectivos conductos o tuberías o mangueras (no se han mostrado) conectados al tanque de almacenamiento 44. El argón se puede usar para presurizar el tanque 44 y para transportar el fundente al rotor 50. En aún otra realización, se puede unir un rotámetro 58 al tanque inyector de sal 44 y se puede acoplar al conducto de entrada del argón (no se ha mostrado) para controlar el caudal de Ar en el tanque 44 con el fin de mantener una presión apropiada en el interior del tanque 44. Por ejemplo, si se reduce el fundente dentro del tanque 44 durante el funcionamiento, se puede permitir más Ar en el tanque 44 para mantener una presión adecuada (aproximadamente de 21 a 69 kPa) dentro del tanque 44 y, por lo tanto, para facilitar el transporte adicional del fundente restante al conducto del rotor 52 con la ayuda del gas Ar. Si se aumenta el flujo de Ar dentro del conducto 52, entonces se puede usar el rotámetro 58 para introducir más Ar en el tanque 44 para mantener una presión adecuada dentro del tanque. En una realización, el tanque inyector de sal puede ser una versión modificada adecuadamente del tanque Pyrotek™ FIM5. El rotámetro 58 se puede calibrar para el argón y también para un caudal de argón de aproximadamente 0 a 5664 l/h (de 0 a 200 scfh) durante la inyección del fundente. En una realización, se puede proporcionar una línea de derivación para la alimentación de gas - indicado por una línea punteada ejemplar 35 en la Figura 2 - para alimentar el argón directamente en la junta rotatoria (es decir, sin alimentar el argón dentro del tanque inyector de sal 44), por ejemplo, mientras que el tanque 44 se está despresurizando y se está añadiendo el fundente al tanque 44. El rotámetro 58 se puede calibrar adicionalmente con aproximadamente de 0 a 566 l/h (de 0 a 20 scfh) de argón para la derivación del gas durante la carga del fundente en el tanque 44.

En una realización adicional del tanque de almacenamiento 44, también se puede proporcionar un regulador de flujo 60 dentro o unido a un orificio de salida (no se ha mostrado) del inyector de sal 44 para controlar o regular la velocidad de alimentación de sal del fundente saliendo del inyector de sal 44. En una realización, también se puede usar el regulador de flujo 60 para controlar el caudal de Ar dentro del conducto del rotor 52 (mediante la junta rotatoria 43). En una realización, el regulador de flujo 60 está en la forma de un taladro (no se ha mostrado). En otra realización, el regulador de flujo 60 está en la forma de un cilindro rotatorio con muescas (no se ha mostrado). Se puede determinar una velocidad de alimentación de la sal predeterminada adecuada pesando la cantidad de sal en el tanque 44 al comienzo y al final de cada lote.

Haciendo referencia al flujo de funcionamiento en la Figura 3, aquí se observa que las etapas del procedimiento indicadas por los bloques 72, 76 y 80 se pueden llevar a cabo opcionalmente durante la operación de desgasificación. Por ejemplo, con la ayuda de un conjunto de elementos calentadores (no se ha mostrado), se puede mantener la temperatura del metal fundido mientras que la operación de desgasificación está en proceso (bloque 72) como se ha analizado anteriormente. De manera similar, en una realización, el caudal del gas Ar y/o la velocidad de alimentación del fundente fluidificado (que contiene la sal de haluro) en el conducto del rotor 52 también se puede ajustar (por ejemplo, mediante el regulador de flujo 60) durante la operación de desgasificación como se ha indicado en los bloques 76 y 80, respectivamente. De manera alternativa, se pueden llevar a cabo los ajustes del caudal de argón o de la velocidad de alimentación del reactivo salino antes del comienzo de la desgasificación y no se puede controlar adicionalmente durante la desgasificación. En otra realización, la entrada de argón también se puede supervisar y ajustar usando el rotámetro 58 como se ha mencionado anteriormente. Después de la finalización de la operación de desgasificación, se puede transportar el metal fundido procesado al siguiente proceso que se lleva a cabo en línea (por ejemplo, el proceso de fundición) como se ha indicado en el bloque 82 en la Figura 3.

Volviendo a la Figura 2, una realización adicional de la presente invención ilustra que se puede proporcionar una unidad de detección 64 en el tanque de inyector de sal 44 para supervisar un número de parámetros de detección. Aunque en la realización de la Figura 2 sólo se muestra una unidad de detección 64; aquí se indica que las funcionalidades de detección asociadas con la unidad de detección 64 (como describe el presente documento) se pueden complementar usando un sistema de detección distribuido que tiene varios detectores (no se ha mostrado) situados en diferentes lugares en o a alrededor del tanque inyector de sal 44. En una realización, la unidad de detección 64 puede contener uno o más detectores para detectar un número de parámetros que incluyen, por ejemplo, la presión de entrada del gas argón que se está recibiendo dentro del tanque inyector 44, la presión de funcionamiento dentro del tanque 44, el nivel de fundente dentro del tanque 44, etcétera. En una realización, la unidad de detección 61 se puede configurar para proporcionar alarmas (por ejemplo, indicaciones visuales o audibles) a un usuario en un número de situaciones que incluyen, por ejemplo, cuando la presión de entrada de argón es inferior a la del valor umbral predeterminado, cuando la presión de funcionamiento del tanque es menor que un primer umbral predeterminado o superior a la de un segundo umbral predeterminado o cuando el nivel del reactivo salino dentro del tanque inyector es menor que un nivel establecido previamente o deseado, etcétera. En una realización, el nivel del reactivo salino se puede determinar pesando el fundente. En otra realización, se puede registrar automáticamente el tiempo y el peso del fundente para cada bloque de 15 minutos y el total para el ciclo del proceso total durante la operación de alimentación de fundente mediante un sistema de adquisición de datos en planta (no se ha mostrado). En una realización, un sistema de registro de datos a distancia (no se ha mostrado) se puede comunicar con este sistema de adquisición de datos en planta para recibir los datos del mismo para supervisar y analizar adicionalmente el funcionamiento del sistema 40. En una realización adicional, el tanque de

fundente 44 se puede configurar con una capacidad para almacenar de aproximadamente 22,7 a 45,4 kg (de 50 a 100 lbs) de sal fundente.

En una realización alternativa, se puede diseñar el sistema 40 de tal manera que diversos componentes eléctricos en ella son dispositivos aprobados por UL y CE que son compatibles con los códigos eléctricos de los Estados Unidos de América y de la UE (Unión Europea) y funcionan a 110/220 VCA, 50 - 60 Hz. En una realización adicional, se puede proporcionar una conexión universal (no se ha mostrado) en el tanque 44 para permitir la conexión de los accesorios que usan el sistema inglés o el sistema métrico de diversos tubos o conductos para su conexión al tanque inyector de sal 44 (por ejemplo, el conducto o tubería de entrada de argón o la tubería de salida del argón más el fundente, etcétera). En otra realización, el tanque 44 puede ser un recipiente de presión revestido en polvo con una presión máxima permisible en el tanque menor que aproximadamente 103 kPa (15 psig). En una realización, el tanque 44 se puede equipar con la válvula de alivio de la presión (no se ha mostrado) para mantener un estado estacionario deseado así como las presiones de funcionamiento. En una realización, la presión de operación del tanque puede estar en el intervalo de aproximadamente 21 a 48 kPa (de aproximadamente 3 a 7 psig). En una realización alternativa, se puede proporcionar una ventanilla (no se ha mostrado) en el tanque 44 para permitir la inspección visual del interior de tanque y de sus contenidos. En una realización adicional, se puede proporcionar un dispositivo de drenaje (no se ha mostrado) en el tanque 44 para permitir la eliminación del fundente para su mantenimiento o para el cambio de las composiciones del reactivo salino.

Ejemplo de ensayo

El análisis en el presente documento se refiere al ensayo de rendimiento comparativo de las operaciones de desgasificación en línea usando la combinación convencional Ar-Cl₂ contra Ar y la combinación del reactivo de sal de haluro de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación. Se observa a partir de los datos de rendimiento que se han analizado anteriormente con referencia a las Figuras 4 a 10 que la inyección de la sal sólida como se ha descrito en el presente documento puede proporcionar una eliminación de Na, Ca e H₂ al menos igual a la de una cantidad equivalente de Cl₂ gaseoso. Las emisiones de partículas fueron las mismas que cuando se usó Cl₂ y se mejoró la limpieza del metal sobre Cl₂ gaseoso. Estos resultados indican de este modo que el fundente sólido en base a la sal de haluro se puede usar de acuerdo con las enseñanzas de la presente divulgación en lugar de Cl₂ gaseoso y peligroso durante la desgasificación del metal fundido.

Como muestra la Figura 2, la combinación de Ar y de sal fundente (que contiene la sal de haluro) a partir del tanque inyector de sal 44 puede fluir dentro de la junta rotatoria 43 mediante un conducto 61. En una realización de ensayo, el desgasificador en línea 42 fue la unidad Alcoa A622, cuyo rotor se acopló a una junta rotatoria Barco 43 con un diámetro de 25,4 mm (1"). La salida de Ar y sal fundente fluidificado desde el regulador de flujo 60 se llevó a cabo dentro de la junta rotatoria 43 a través de una manguera de goma con un diámetro de 19 mm (3/4") como un conducto 61. La junta Barco 43 en la presente realización se seleccionó para permitir que el flujo fuera vertical hacia abajo a través de la junta en lugar de tener un giro de 90 ° como en el caso de las juntas Barco estándar. El rotor A622 tenía un eje con un diámetro de 10 cm (4") y un impulsor con un diámetro de 30 cm (12") con un agujero con un diámetro de 12,7 mm (1/2") o un conducto a través de la longitud del eje para la alimentación del gas. El rotor A622 fue una unidad en fase única de 66 cm (26") de ancho por 93,68 cm (36,88") de largo. La profundidad del metal en el compartimento del metal fundido de la unidad A622 oscilaba de aproximadamente 66 cm (26") cuando funcionaba en el modo discontinuo a aproximadamente 86 cm (34") en el modo dinámico. En el modo discontinuo, el desgasificador A622 se llenó con metal fundido, pero el metal no fluyó a través de la unidad. Mientras, en el modo dinámico, el metal fluyó desde un horno de 4536 kg (10000 lb) (no se ha mostrado) a través del desgasificador A622 en bandejas de drenaje a una velocidad controlada de aproximadamente 4536 kg/h (10000 lb/hr). La presente unidad A622 se calentó con unos calentadores de inmersión calentados con gas y no se selló ni se hizo inerte. Todos los ensayos usaron una velocidad del rotor de aproximadamente 170 rpm; el flujo de Ar de aproximadamente 9912 l/h (350 scfh) para los ensayos discontinuos y aproximadamente 8496 l/h (300 scfh) para los ensayos dinámicos. Estos caudales de Ar fueron superiores a los que se usan normalmente en un A622 porque se requirió un caudal de gas superior para presurizar el tanque de inyector de sal 44 y evitar el taponamiento de las líneas de alimentación (por ejemplo, la manguera del conducto 61 y la línea de alimentación 62 que conecta la junta rotatoria 43 con el conducto del rotor 52).

En una realización del ensayo, el Modelo II del inyector de fundente Anicor Inyecta se usó como tanque inyector de sal 44 y se llenó con sal antes de cada ensayo. El flujo de Ar se usó para presurizar el tanque y para transportar la sal dentro del rotor de A622. Un rotámetro (por ejemplo, similar al rotámetro 58 en la Figura 2) unido al inyector de fundente Amcor controló el caudal de Ar. Un taladro dentro del inyector de fundente controló la velocidad de alimentación de sal. El promedio de la velocidad de alimentación de sal para cada ensayo se determinó pesando la cantidad de sal en el tanque al comienzo y al final de cada ensayo.

Todos los ensayos analizados en el presente documento usaron la aleación de aluminio 5052, con aproximadamente el 2,5% de Mg y el 0,25% de Cr. La fase inicial del ensayo se hizo en el modo discontinuo - el desgasificador A622 se llenó con metal, pero el metal no fluyó a través del desgasificador. En el modo discontinuo, se añadieron Na y Ca al metal antes de cada ensayo; se tomaron las muestras de cuantómetro en intervalos de 3 minutos para determinar las velocidades de eliminación de Na y de Ca. En el modo discontinuo, el objetivo para las concentraciones iniciales de Na y de Ca (en el metal fundido) fue de aproximadamente el 0,005 % en peso. Las

velocidades de alimentación de Cl_2 y de sal se establecieron para dar aproximadamente el 100% y el 200%, respectivamente, de la necesidad estequiométrica. En la realización del ensayo usando la sal AEP-40, la sal fluyó a través del rotor (de la unidad desgasificadora A622) a una velocidad deseada sin obstrucciones.

5 Las Figuras 4A y 4B muestran los ejemplos de las concentraciones de Na y de Ca (en el metal fundido), respectivamente, contra el tiempo para el Ar solo, aproximadamente 566 l/h (20 scfh) de Cl_2 en Ar y aproximadamente 7,6 kg/h (16,8 lb/hr) de la sal AEP-40 (MgCl_2 al 40%) en Ar en un ensayo en modo discontinuo de acuerdo con una realización. La representación en la Figura 4A se refiere a los resultados de la eliminación de Na en el modo de ensayo discontinuo, mientras que la representación en la Figura 4B se refiere a los resultados de la eliminación de Ca en el modo de ensayo discontinuo. Se observa a partir de las representaciones en las Figuras 4A - 10 4B, respectivamente, que solamente con el flujo de Ar en el metal fundido (a través del rotor del A622), hubo alguna eliminación de Na debido a la elevada presión de vapor del Na a la temperatura del aluminio fundido. La velocidad de eliminación de Na sólo con Ar fue, sin embargo, considerablemente más lenta que la obtenida cuando se usó una combinación de Ar con Cl_2 o con la sal AEP-40. Se indica con referencia a la representación en la Figura 4B que no hubo una eliminación significativa de Ca solo con Ar. Es evidente a partir de estas representaciones que se puede añadir algún fundente al Ar para eliminar en línea el Na y el Ca de una manera eficaz. Se observa a partir de la representación en la Figura 4A que una combinación de Ar con un fundente de sal de haluro (AEP-40) de acuerdo con una realización de la presente divulgación llevada a cabo básicamente de una manera similar a la de la combinación de Ar con Cl_2 en la eliminación de Na a partir del metal fundido. Sin embargo, en el caso de la eliminación de Ca, se observa a partir de la representación en la Figura 4B que la combinación Ar- Cl_2 resultó en cierto modo con más eliminación de Ca que con la combinación de Ar y AEP-40. Sin embargo, en comparación, se observa que la eliminación de Ca usando el reactivo salino estuvo aún más significativamente cerca de la conseguida usando la combinación de Ar- Cl_2 .

En la segunda fase del ensayo, se usó el mismo desgasificador A622, pero en un modo dinámico o continuo. Como se ha indicado anteriormente, en el modo dinámico, el metal fundido fluyó desde un horno de 4536 kg (10000 lb) a través del A622 en las bandejas de drenaje a una velocidad controlada de aproximadamente 4536 kg/h (10000 lb/hr). En el ensayo en modo dinámico, se añadieron Na y Ca al metal en el horno antes de cada ensayo. Las muestras de Cuantómetro, Ransley y PoDFA (Aparato de Filtración con Disco Poroso) se tomaron antes y después de la operación de desgasificación A622 para analizar Na, Ca, H_2 y para las inclusiones. Se usó un LIMCA (Analizador de Limpieza en Metal Líquido) para proporcionar la medida continua de las concentraciones de la inclusión al comienzo de la línea de producción y al final de la línea de producción del A622. Los ensayos de emisión de partículas, HCl y Cl_2 se realizaron también durante la fase de ensayo dinámica. Para los ensayos dinámicos, se escogieron dos composiciones salinas para su comparación con la inyección de Cl_2 . La sal AEP-27 (mezclada con MgCl_2 a aproximadamente el 40%) de Amcor™ se escogió como una de las composiciones salinas. Para determinar si las sales fundidas son más eficaces que las sales mezcladas, se escogió la sal AEP-40 (fundida con aproximadamente el 40% de MgCl_2) como la segunda composición salina. En el ensayo dinámico, las concentraciones del horno objetivo fueron aproximadamente del 0,003 % en peso para cada una de Na y Ca; sin embargo, los niveles reales entrantes (en el metal fundido recibido dentro del A622 desde el horno) fueron generalmente de aproximadamente el 0,005 % en peso de Na aproximadamente el 0,004 % en peso de Ca. El A622 se llenó antes de poner en funcionamiento el inyector salino y se tomó en cuenta el tiempo requerido por la sal para pasar a través de las mangueras y para su dispersión en el metal a través del rotor.

Las Figuras 5A y 5B ilustran las concentraciones en la entrada (es decir, antes de la desgasificación) y en la salida (es decir, después de llevar a cabo la desgasificación) y el porcentaje de eliminación de Na y de Ca en cada ensayo dinámico (enumeradas a lo largo del eje x en las representaciones en las Figuras 5A - 5B) de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Los resultados para el Na se representan en el gráfico superior (Figura 5A) y los resultados para el Ca se representan en el gráfico inferior (Figura 5B). Se observa a partir del gráfico en la Figura 5A que, entre los tres reactivos (es decir, la sal AEP-27, la sal AEP-40 y el Cl_2 gaseoso), que las eficacias en la eliminación de Na oscilaron de aproximadamente el 84% al 93%, con un promedio de aproximadamente el 89%. Como se ha indicado anteriormente, se mezcló con Argón un reactivo diferente a los tres reactivos durante el ensayo o ensayos correspondientes en las representaciones en las Figuras 5A - 5B. La eficacia en la eliminación de Ca, sin embargo, osciló de aproximadamente el 48% al 87%, con un promedio de aproximadamente el 68%. Los análisis estadísticos indican que no hubo diferencias significativas en las eficacias en la eliminación del Na y del Ca para los tres reactivos (es decir, las dos sales AEP-27 y AEP-40 y el Cl_2) en las Figuras 5A y 5B. Sin embargo, en comparación, la sal fundida (AEP-40) dio mejor rendimiento que los otros dos reactivos como se puede ver en las representaciones en las Figuras 5A - 5B, respectivamente. Las sales fundidas pueden ser más eficaces porque, en las sales fundidas, la mezcla, (de los ingredientes salinos) se funde, se solidifica, se aplasta y se ajusta su tamaño.

La Figura 6 muestra una representación ejemplar que resume los resultados de la eliminación del hidrógeno en diversos ensayos dinámicos de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se ha indicado anteriormente, durante los ensayos dinámicos, el Ar se alimentó en el desgasificador con un reactivo diferente a los tres mencionados (las dos sales AEP 27 y AEP-40 y el Cl_2 gaseoso) dependiendo del ensayo (indicado en el eje x en la representación en la Figura 6). Las muestras Ransley se tomaron al principio, en la mitad y al final de cada ensayo. Sin embargo, solamente se analizaron mediante Leco™ las muestras tomadas para H_2 en la mitad del ensayo. El H_2 entrante (en el metal fundido desde el horno) generalmente fue de aproximadamente 0,4 a 0,5 $\text{cm}^3/100\text{g}$. Se observa a partir de la representación en la Figura 6 que, entre los tres reactivos, la eficacia en la

eliminación de H₂ osciló de aproximadamente el 29% al 67%, con un promedio de aproximadamente el 45%. Los análisis estadísticos indicaron que no hubo diferencias estadísticamente significativas en las eficacias en la eliminación de H₂ para los tres reactivos. Sin embargo, se puede ver a partir de la representación en Figura 6 que la sal fundida (AEP-40) dio mejor rendimiento que los otros dos reactivos en la reducción de la concentración de H₂ desde el metal fundido en la entrada.

En una realización, los ensayos de emisión de las partículas, HCl (cloruro) y gas cloro se llevaron a cabo durante seis ensayos de inyección dinámicos. La Figura 7 ilustra una representación ejemplar que representa los valores de las emisiones de las partículas y de cloruro durante seis ensayos dinámicos diferentes que involucran a los tres reactivos (dos sales y el gas cloro; dos ensayos por cada reactivo), cada uno combinado con el gas Ar para la desgasificación durante el correspondiente par de ensayos de acuerdo con una realización de la presente divulgación. Se observa desde el eje x en la representación en la Figura 7 que dos de los ensayos dinámicos se llevaron a cabo por cada reactivo. Se observa con referencia a la representación en la Figura. 7 que la mayoría de los valores para el cloruro (por ejemplo, HCl) y todos los valores para las partículas superaron los límites MACT Secundarios para los desgasificadores de partículas de aproximadamente 0,018 kg/ton (0,04 lb/ton) de HCl a aproximadamente 0,0045 kg/ton (0,01 lb/ton). Algunas de las razones para tales valores más elevados pueden ser: (1) la unidad A622 no se selló durante la desgasificación, (2) los flujos equivalentes elevados de Cl₂ contribuyeron a los valores elevados de cloruro y (3) el tiempo relativamente elevado de permanencia del metal fundido en la unidad A622 debido al bajo caudal del metal. Se observa, sin embargo, a partir de la representación en la Figura 7 que las emisiones con las sales no fueron significativamente superiores a aquellas con Cl₂. Por lo tanto, en una realización, se pudieron obtener las emisiones dentro de los límites MACT Secundarios si el proceso de desgasificación se llevaba a cabo en una unidad A622 sellada. Además, se indica que no hubo diferencias estadísticamente significativas en las emisiones entre las sales mezcladas (AEP-27) y las sales fundidas (AEP-40).

La Figura 8 muestra una representación ejemplar que representa la utilización de cloruro con tres reactivos (dos sales de haluro y el cloro gaseoso) durante un número de ensayos dinámicos de acuerdo con una realización de la presente divulgación. La utilización de cloruro para la sal AEP-27 se calculó para tres ensayos dinámicos, mientras que las utilidades de cloruro para la sal AEP-40 y el cloro gaseoso se calcularon para cuatro ensayos dinámicos cada uno de los cuales se puede ver en el eje x en la representación en la Figura 8. En una realización, la cantidad de Cl usado (cloruro o HCl) se calculó como:

$$\text{Cl Usado (kg/h)} = 0,454 \text{ kg/lb} * F * \{ [(Na_{\text{entrada}} - Na_{\text{salida}}) * 35,45 \text{ kg Cl} / 23 \text{ kg Na}] + [(Ca_{\text{entrada}} - Ca_{\text{salida}}) * 70,9 \text{ kg Cl} / 40,1 \text{ kg Ca}] \}$$

En la ecuación mencionada anteriormente, F es el caudal del metal en lb/hr; Na_{entrada} y Ca_{entrada} son las concentraciones de entrada de Na y de Ca como fracciones en peso (% en peso/100); Na_{salida} y Ca_{salida} son las concentraciones de salida de Na y de Ca en las mismas unidades de medida. En una realización, el Cl (cloruro) usado como un porcentaje de la necesidad estequiométrica osciló de aproximadamente el 69 al 90%, con un promedio de aproximadamente el 79% de utilización de Cl. Se observa a partir de la Figura 8 que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las dos sales y el Cl₂ en términos de utilización de cloruro. En particular, la utilización de Cl con AEP-40 es claramente no inferior a la de la utilización con AEP-27 o con Cl₂. Además, la utilización de cloruro aumentó como cloruro en exceso (en el metal fundido) aumentado durante la desgasificación.

La Figura 9 ilustra una representación ejemplar que describe los resultados del ensayo de generación de espuma para los tres reactivos (dos sales de haluro y el Cl₂ gaseoso) durante un número de ensayos dinámicos de acuerdo con una realización de la presente divulgación. La generación de espuma para la sal AEP-27 se calculó para tres ensayos dinámicos, mientras que las generaciones de espuma para la sal AEP-40 y el cloro gaseoso se calcularon para cuatro ensayos dinámicos cada uno de los cuales se pueden observar en el eje x en la representación en la Figura 9. Se observa con referencia a la Figura 9 que los pesos de la espuma oscilaron de aproximadamente 36 a 79 kg (de 80 a 175 lbs). Un análisis estadístico indicó que AEP-27 produjo un peso de espuma promedio (aproximadamente 70 kg (155 lbs)) mayor que el de Cl₂ (aproximadamente 49 kg (109 lbs)). La generación de espuma con reactivos fundentes en base a la sal de haluro puede ser superior porque la unidad desgasificadora A622 no se selló durante el ensayo. En el presente documento se indica que el exceso de cloruro (Cl) en el metal fundido no tiene casi impacto en la generación de espuma.

Las Figuras 10A - 10B muestran representaciones ejemplares que ilustran los resultados del ensayo de la limpieza del metal para tres reactivos (dos sales de haluro y el cloro gaseoso) durante un número de ensayos dinámicos de acuerdo con una realización de la presente divulgación. En una realización, LIMCA se llevó al eje x para supervisar la limpieza del metal fundido al comienzo de la línea de producción (es decir, antes de la desgasificación) y al final de la línea de producción (es decir, posteriormente a la desgasificación) del desgasificador A622 durante siete ensayos dinámicos, que se enumeran a lo largo del eje x en las representaciones en la Figuras 10A - 10B. En las representaciones en las figuras 10A - 10B, los términos "N20" y "N50" representan las concentraciones de las

partículas mayores que 20 y 50 micrómetros, respectivamente, en el metal fundido que se está ensayando para su limpieza. Los valores promedio de N20 y de N50 para cada ensayo se dieron en K/kg (miles de partículas por cada kilogramo de metal fundido). Se observa a partir de las representaciones en las figuras 10A - 10B que los ensayos con Cl₂ tuvieron valores N20 al final de la línea de producción del A622 superiores a los de los ensayos con sales de haluro. Los datos estadísticos indicaron que no hubo diferencias significativas en los valores LiMCA al comienzo de la línea de producción entre los tres reactivos. Al final de la línea de producción del A622, los valores para N20 y N50 fueron significativamente superiores con Cl₂ que con cualquiera de las dos sales. Aunque no se muestran las representaciones para N100, aquí se indica que no hubo diferencias entre los tres reactivos para los valores al final de la línea de producción para N100. Para N50, la sal AEP-40 tuvo valores al final de la línea de producción significativamente menores que aquellos obtenidos con la sal AEP-27. La eficacia del desgasificador A622 en la filtración aumentó con el aumento del tamaño de la partícula. Las figuras 10A - 10B también muestran las representaciones lineales para la eficacia en la filtración sobreimpuesta en los histogramas para la limpieza del metal. Se observa que la eficacia en la filtración negativa para N20 en alguno de los ensayos implica que la unidad desgasificadora A622 añadió partículas en aquel intervalo de tamaño. Estas partículas pueden ser gotitas de la sal MgCl₂, microburbujas de argón o las partículas de NaCl y de CaCl₂ que son los productos de reacción. Como promedio, la unidad A622 eliminó aproximadamente el 73% de las partículas de tamaño superior a 50 micrómetros (N50) y el 93% de las partículas de tamaño superior a 100 micrómetros (N100) (no se ha mostrado). En otra técnica para la medida de la inclusión, las muestras PoDFA se tomaron al comienzo de la línea de producción y al final de la línea de producción del desgasificador A622 para permitir el examen microscópico de los tipos de inclusiones presentes en el metal. La existencia de las gotitas de sal fue de interés particular. Tampoco el reactivo salino generó más gotitas de sal en el metal que las que se formaron a partir de la adición de Cl₂. Se indicó la posible presencia de cloruros (Cl) en la mayoría de las muestras. Ya que la técnica de pulido acuoso normal puede eliminar los cloruros, no se pueden distinguir de las microburbujas a menos que las muestras se pulan en seco y se analicen mediante SEM. Los análisis estadísticos indicaron que aunque las concentraciones de cloruro al final de la línea de producción eran superiores a las de los valores al comienzo de la línea de producción, no hubo diferencias significativas en las concentraciones de cloruro entre los tres reactivos como se ha indicado en los gráficos en la Figuras 10A - 10B.

A partir de la discusión de las Figuras 5 a 10 mencionadas anteriormente, se puede observar que la inyección de las sales que contienen MgCl₂ (en el metal fundido) a través del rotor de un desgasificador A622 puede proporcionar una eliminación de Na y de Ca similar a la obtenida con una cantidad equivalente de Cl₂ gaseoso. El contenido de cloruro en las sales se usó de manera eficaz para la eliminación de Na y de Ca con aproximadamente una utilización de aproximadamente el 75 al 85%. La eliminación de hidrógeno y la generación de espuma con las adiciones de sal fueron las mismas que aquellas obtenidas con los flujos equivalentes de Cl₂. No hubo diferencias en las emisiones de partículas entre los tres reactivos (Cl₂, la sal fundida AEP-40 y la sal mezclada AEP-27). Sin embargo, la adición de sal produjo un metal más limpio que con la adición de Cl₂, como se ha medido con LiMCA. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre las dos sales y el Cl₂ en términos de la utilización de cloruro (Cl). Además, no hubo diferencias significativas en el rendimiento entre las sales fundidas y las sales mezcladas. Se pudo alimentar un amplio intervalo de tamaños de partícula de la sal de manera eficaz a través del sistema inyector del rotor del desgasificador A622.

Lo mencionado anteriormente describe un tratamiento en línea del metal fundido en el que, se puede inyectar, en lugar de Cl₂ gaseoso, un reactivo salino sólido que contiene una sal de haluro (por ejemplo, MgCl₂) como uno de sus componentes en el metal fundido junto con el gas inerte (generalmente argón) a través del impulsor desgasificador existente. La corriente del gas inerte al desgasificador, que se usa para la eliminación de H₂, también se puede usar para fluidificar y transportar el reactivo salino sólido a través de una conexión rotatoria al eje del desgasificador. Se puede medir fundente en la corriente del gas inerte a una velocidad controlada. La porción de MgCl₂ de la sal puede reaccionar con los metales alcalinos y alcalinotérreos para eliminarlos del metal fundido como cloruros. Usando un reactivo en base a una sal de haluro de acuerdo con una realización de la presente divulgación, la eliminación del metal alcalino y alcalinotérreo puede ser igual a aquella conseguida con la cantidad equivalente de Cl₂ gaseoso. Además, la eliminación de la inclusión no metálica con un reactivo salino puede seguir igual a mejor que aquella conseguida con una cantidad equivalente de Cl₂ gaseoso. La eliminación de hidrógeno puede no verse afectada por la adición de la sal a la corriente del gas inerte. De este modo, usando el fundente sólido en base a la sal de haluro de acuerdo con las enseñanzas de una realización de la presente divulgación, se pueden conseguir los beneficios de la eliminación del metal alcalino, alcalinotérreo e inclusión sin las cuestiones de higiene industrial, medioambiental y de seguridad asociadas con el almacenamiento y el uso de Cl₂ gaseoso y peligroso durante la desgasificación del metal fundido.

Mientras que la presente divulgación se ha descrito al detalle y con referencia a las realizaciones específicas de la misma, será evidente para alguien experto en la materia que se pueden hacer diversos cambios y modificaciones en la misma sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. De este modo, se tiene la intención de que la presente divulgación cubra las modificaciones y variaciones de la presente divulgación siempre que entren dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y de sus equivalentes.

60

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para el procesamiento de un metal fundido, procedimiento que comprende las etapas de:
- hacer fluir de manera continua el metal fundido dentro y fuera de un compartimento; e
 - inyección en el compartimento de manera continua de un reactivo salino fluidificado que comprende una sal de haluro y un gas inerte,
- 5
- en el que el reactivo salino fluidificado es alimentado de manera continua a una velocidad de aproximadamente 0,57 m³/h a aproximadamente 5,66 m³/h en el metal fundido; y
- en el que la etapa de hacer fluir de manera continua el metal fundido dentro y fuera de un compartimento comprende la etapa de hacer fluir de manera continua el metal fundido dentro y fuera de un compartimento que tiene una relación de profundidad estática a profundidad dinámica mayor que aproximadamente 0,5.
- 10
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el gas inerte es argón (Ar) y en el que el metal fundido es seleccionado del grupo que consiste en aluminio, aleaciones de aluminio, magnesio y aleaciones de magnesio.
3. El procedimiento de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que la sal de haluro es seleccionada del grupo que consiste en cloruro de magnesio (MgCl₂), cloruro de potasio (KCl), fluoruro de aluminio (AlF₃), cloruro sódico (NaCl), cloruro cálcico (CaCl₂), fluoruro sódico (NaF) y fluoruro cálcico (CaF₂).
- 15
4. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de inyección de manera continua del reactivo salino comprende la etapa del transporte de manera continua del reactivo salino fluidificado en el metal fundido a través de un impulsor sumergido dentro del metal fundido.
- 20
5. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de inyección de manera continua de un reactivo salino fluidificado comprende la etapa de ajuste del caudal.
- 25
6. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa de inyección de manera continua de un reactivo salino fluidificado comprende la etapa de inyección de manera continua del reactivo salino fluidificado con un caudal de aproximadamente 2,83 m³/h a aproximadamente 4,25 m³/h.
- 30
7. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el reactivo salino fluidificado contiene una sal de haluro en una forma mezclada o en una forma fundida.
8. El procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en el que el procedimiento comprende la etapa adicional anterior a la etapa de inyección:
- almacenamiento del gas inerte y de la sal de haluro en un tanque.
- 35
9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, que comprende adicionalmente la etapa de presurización del tanque a una presión de funcionamiento de aproximadamente 21 a 48 kPa.

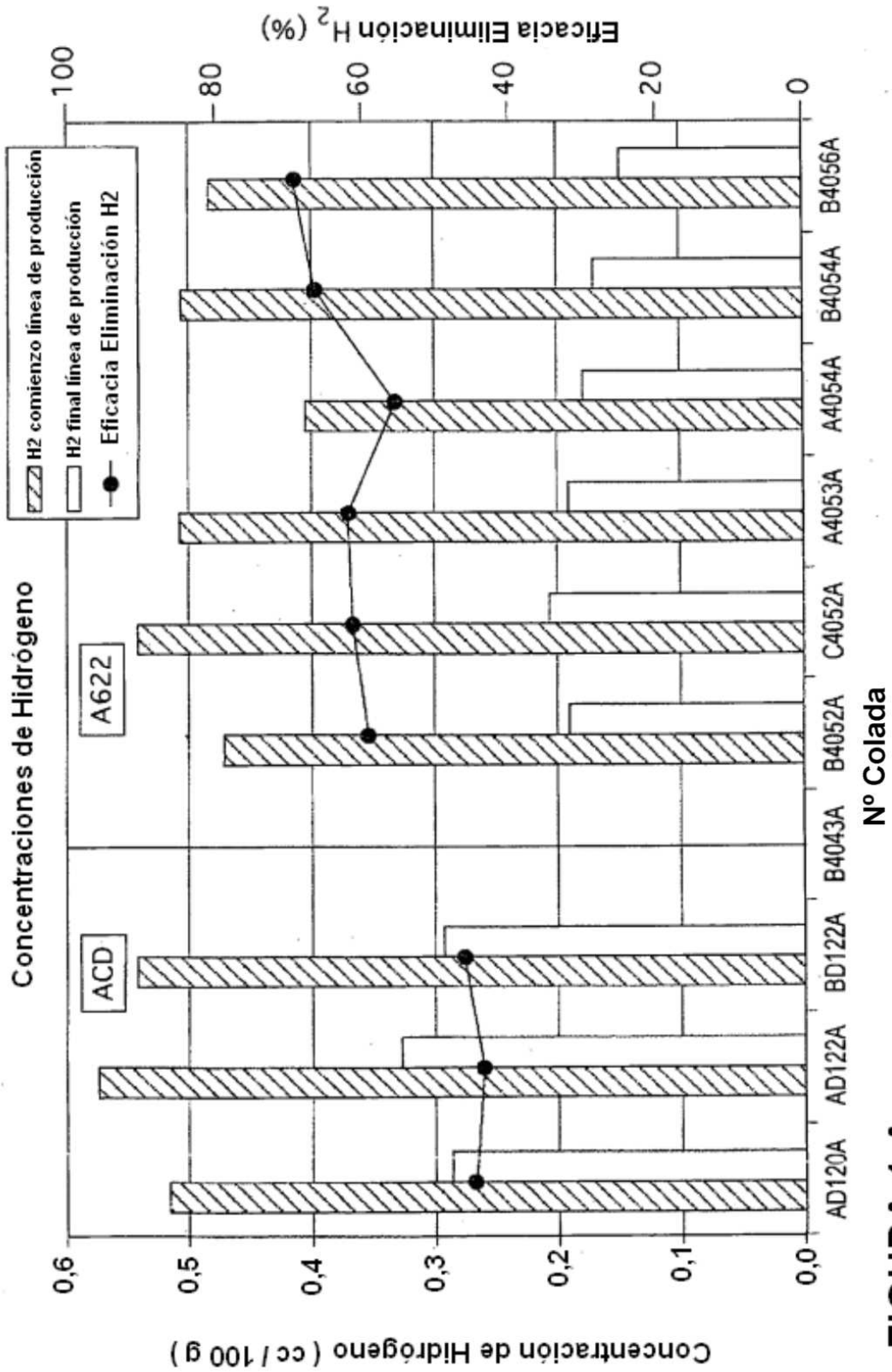


FIGURA 1 A

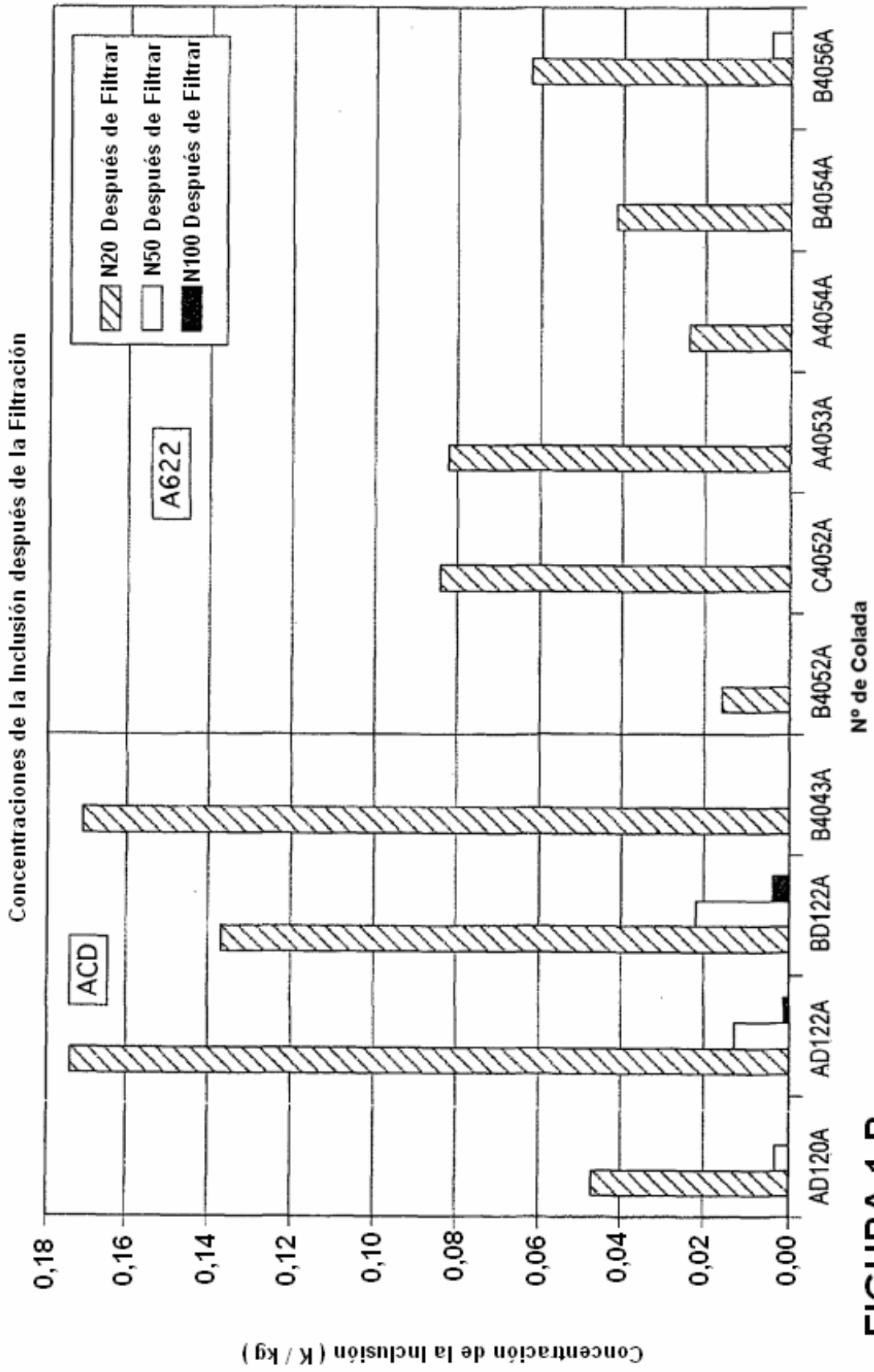


FIGURA 1 B

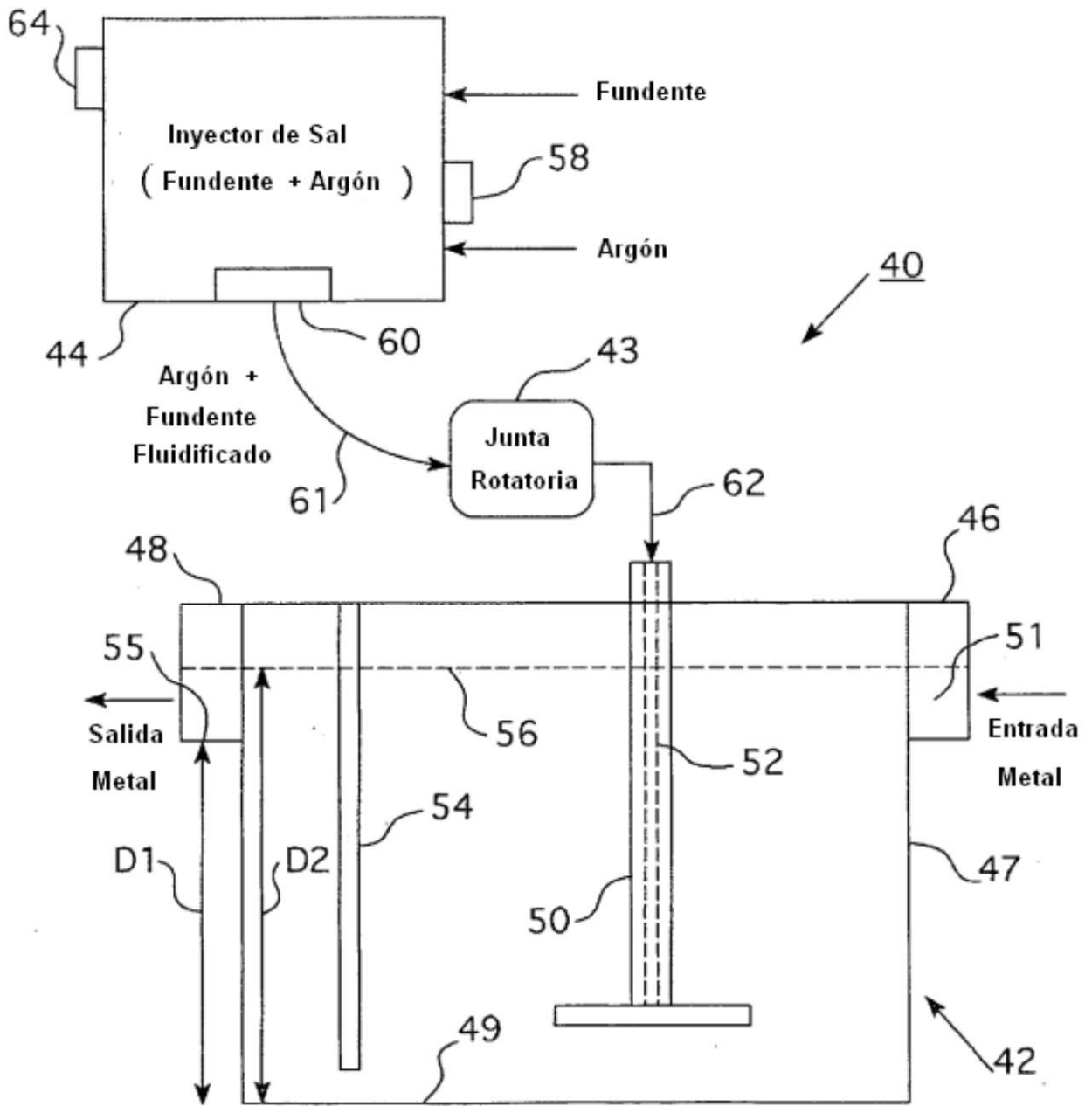


FIGURA 2

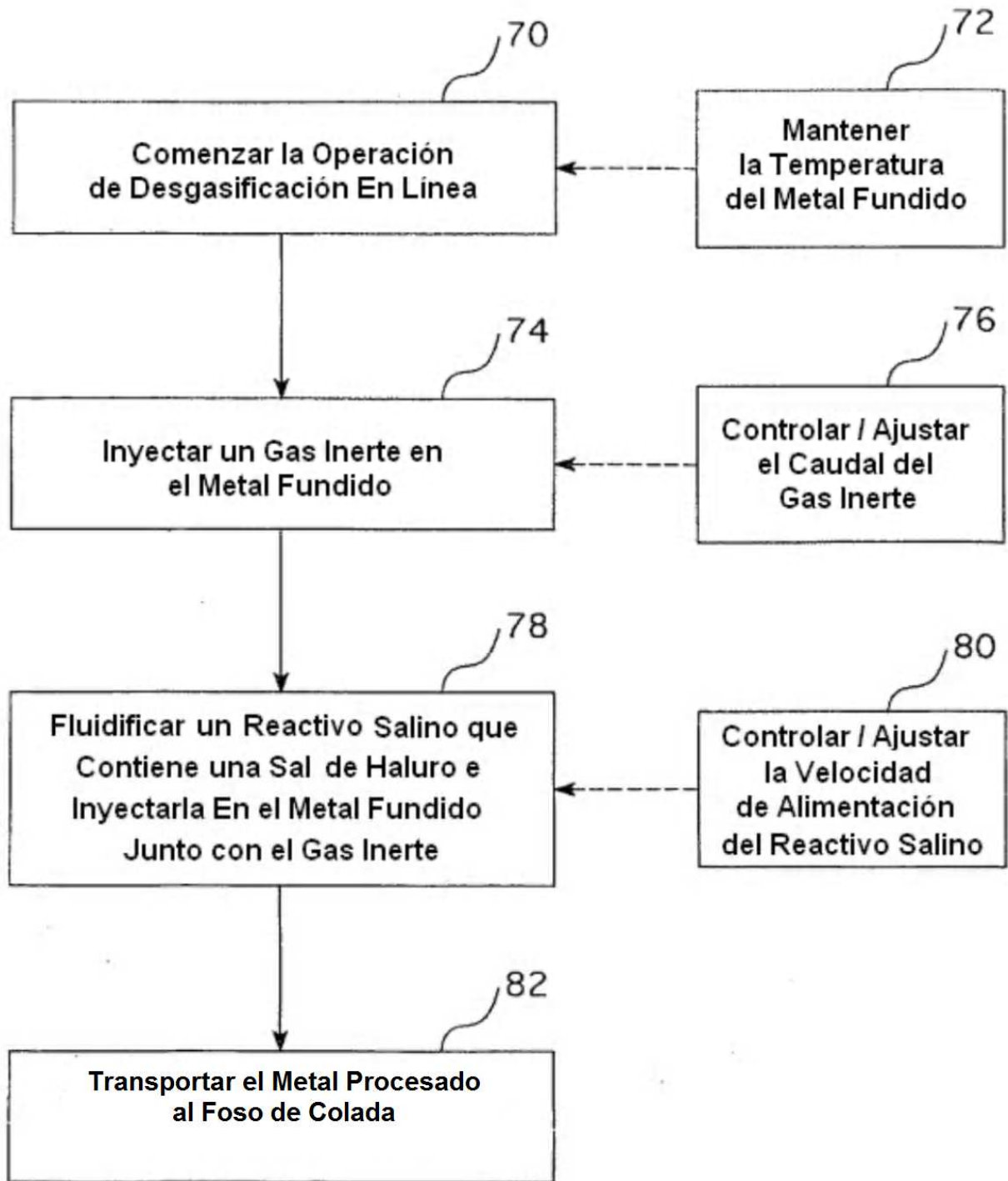


FIGURA 3

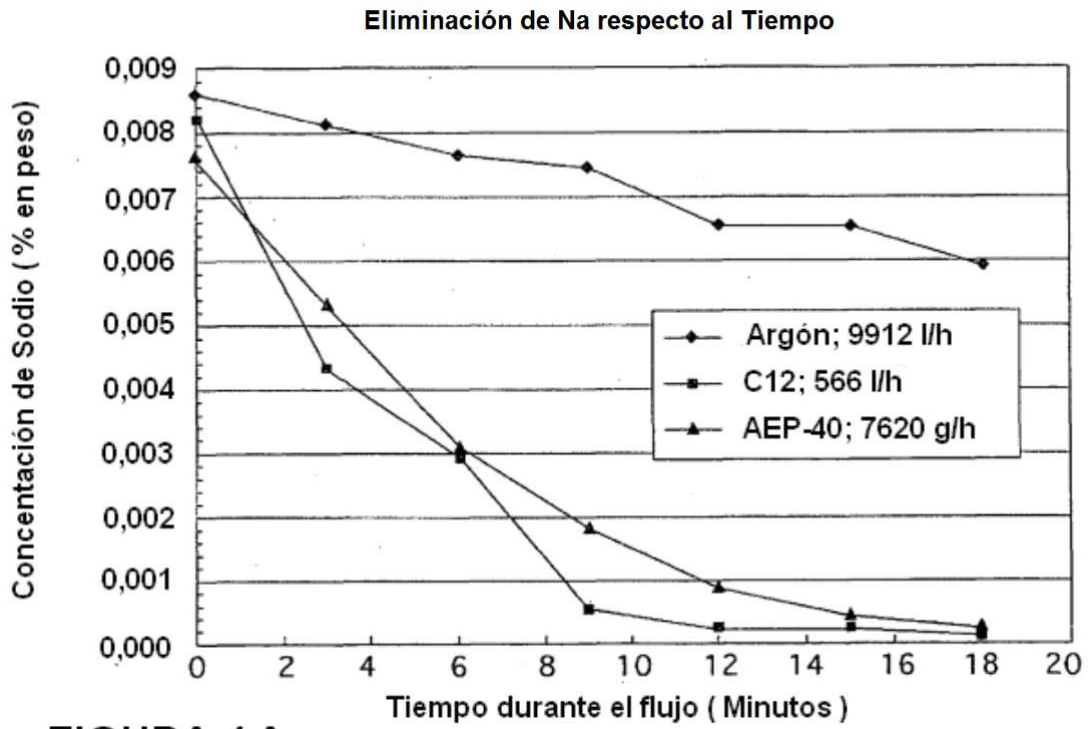


FIGURA 4 A

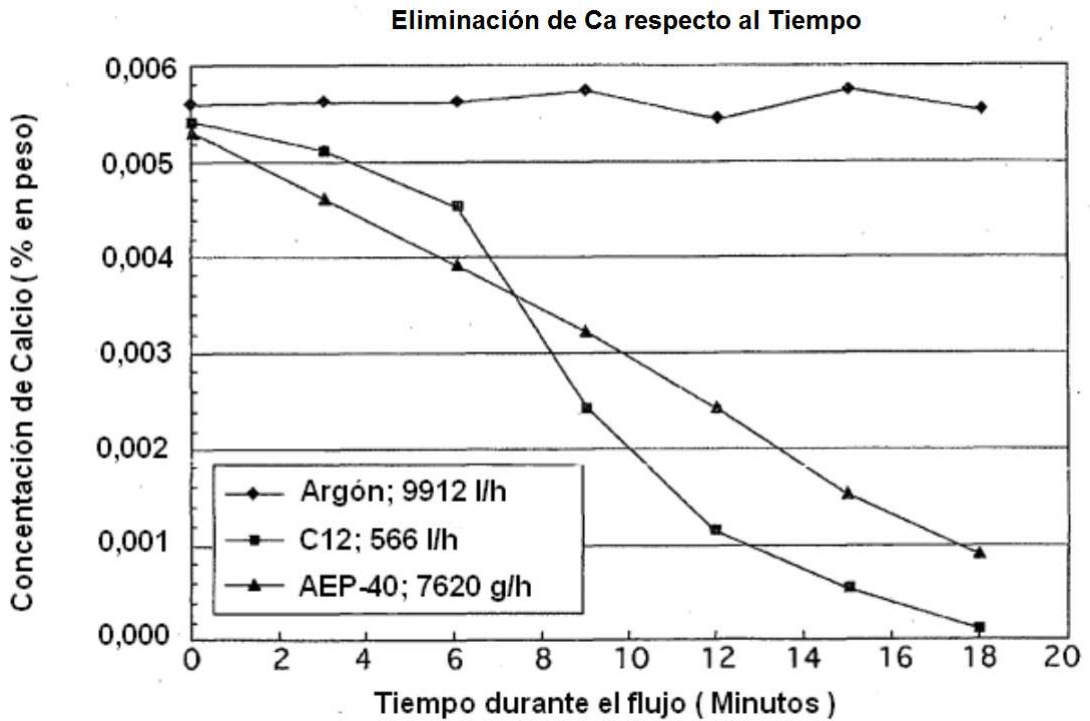


FIGURA 4 B

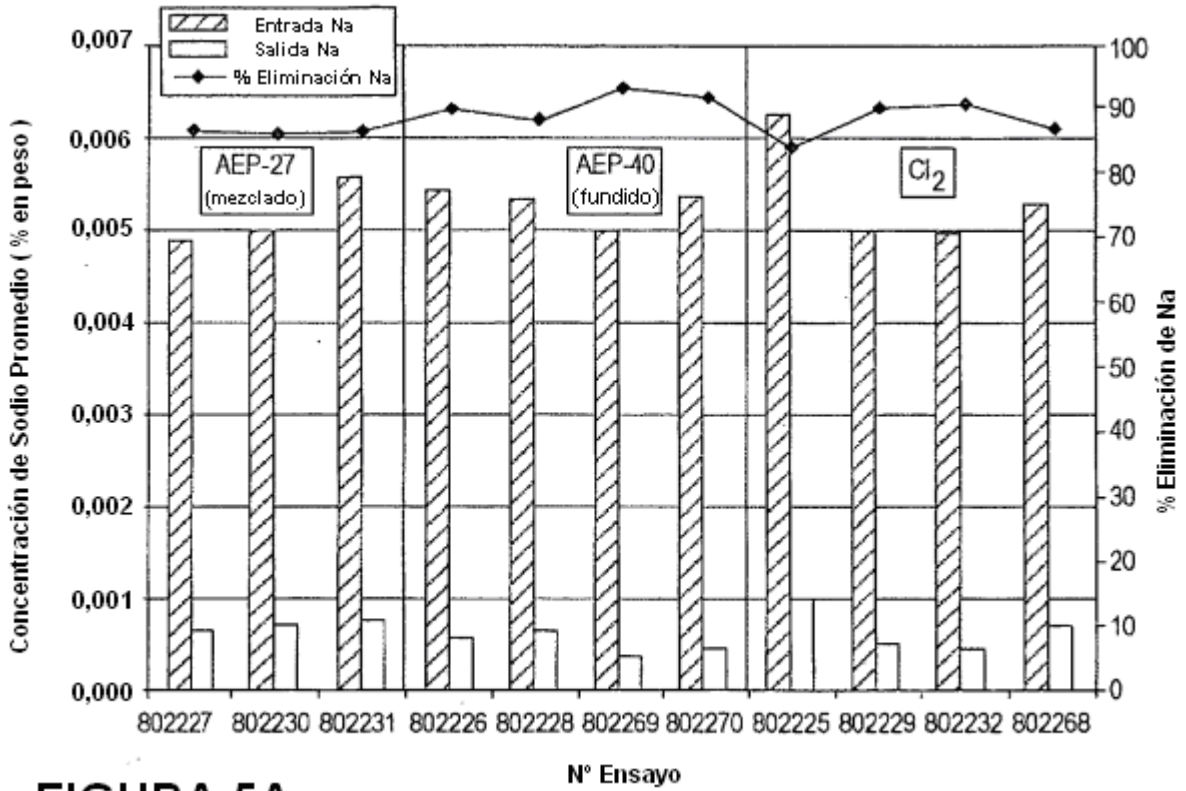


FIGURA 5A

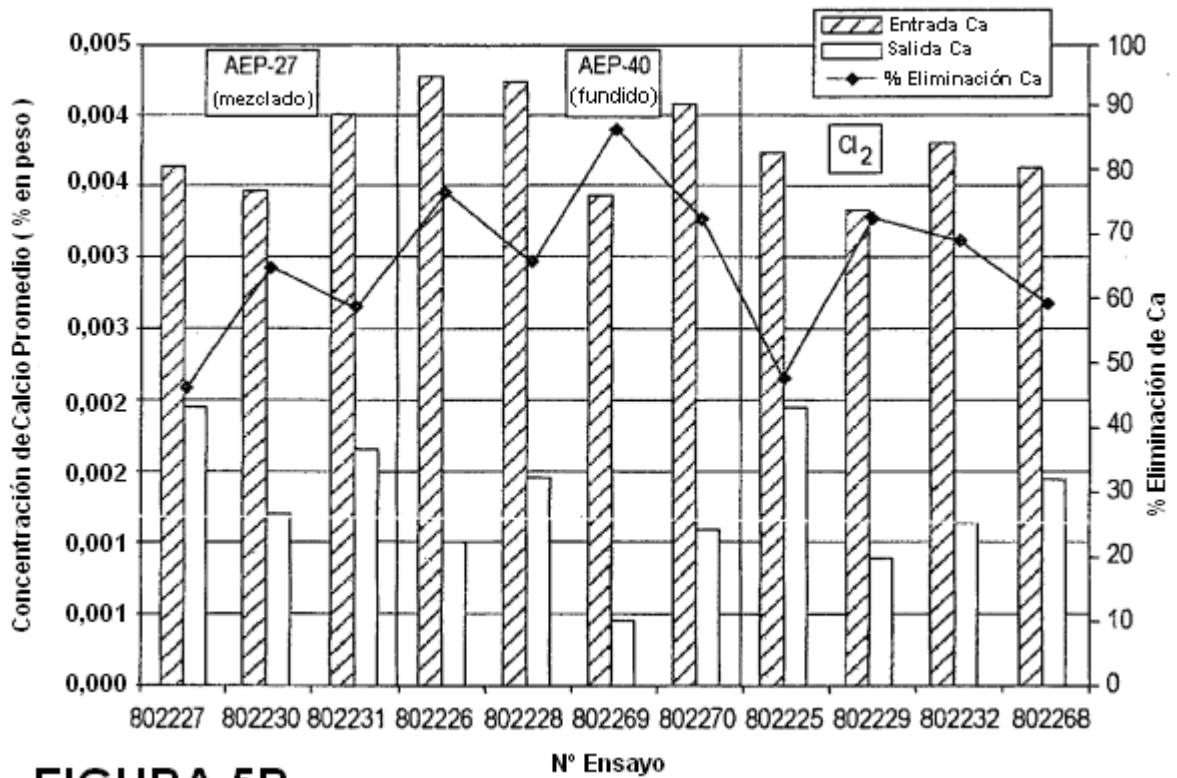


FIGURA 5B

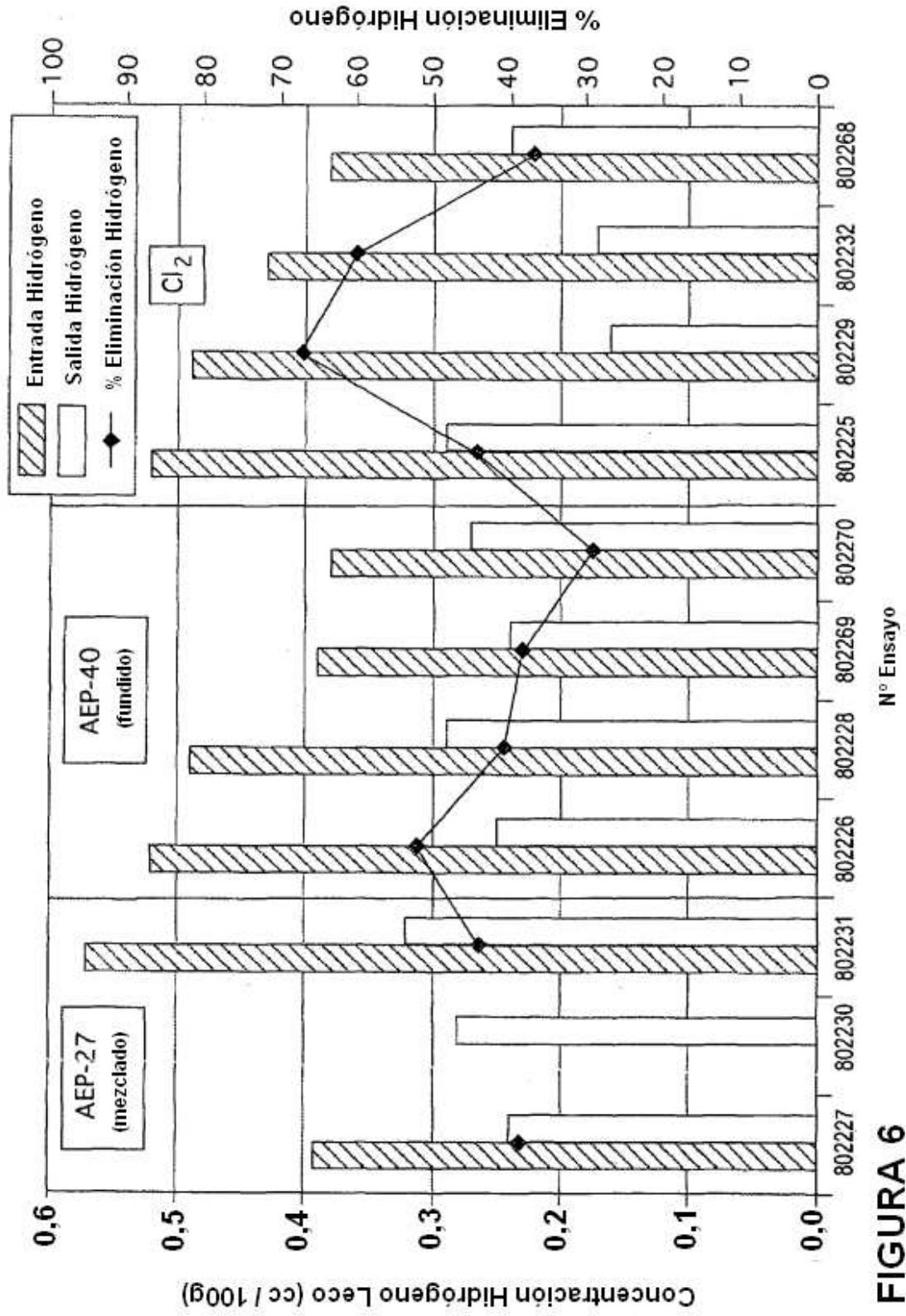


FIGURA 6

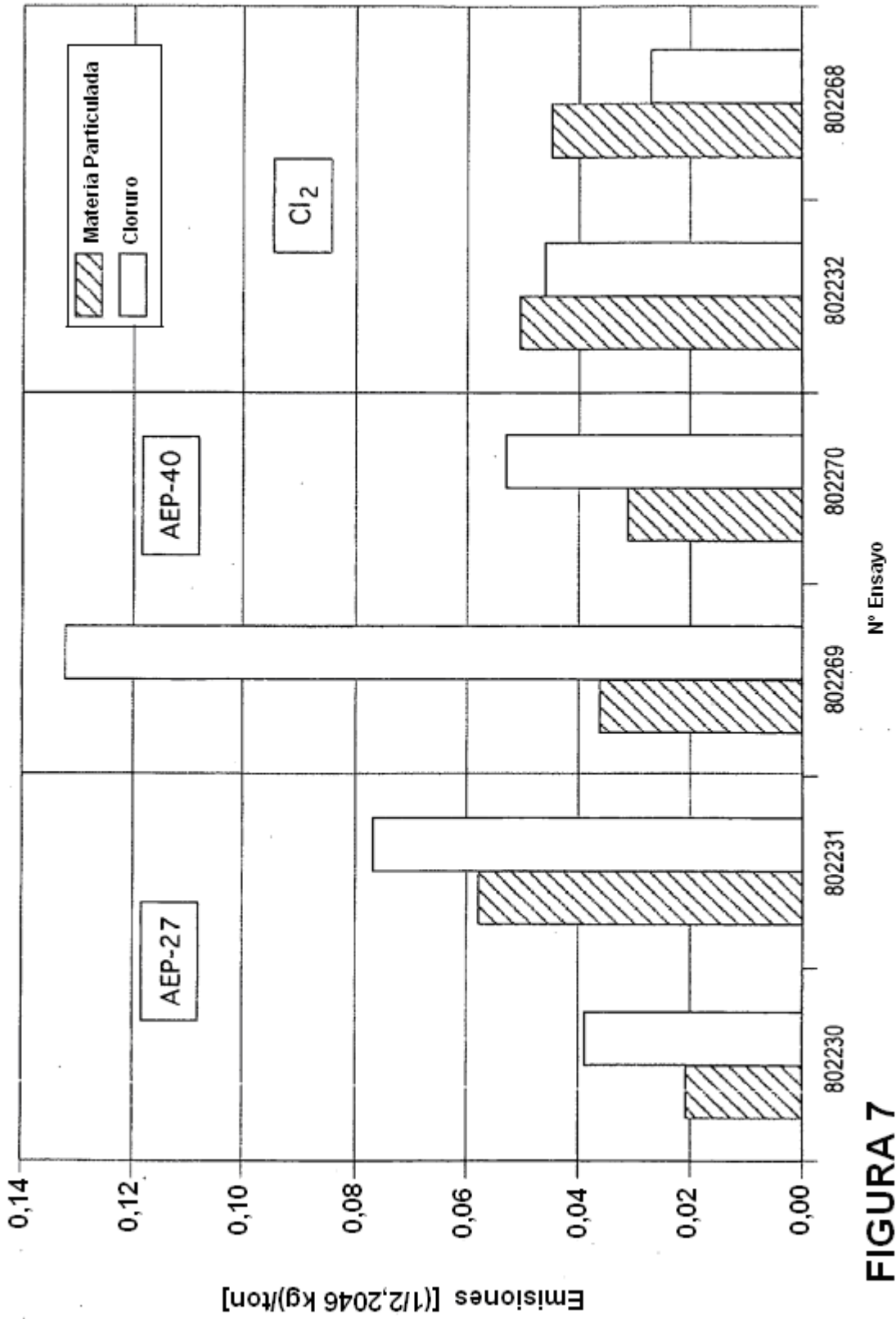


FIGURA 7

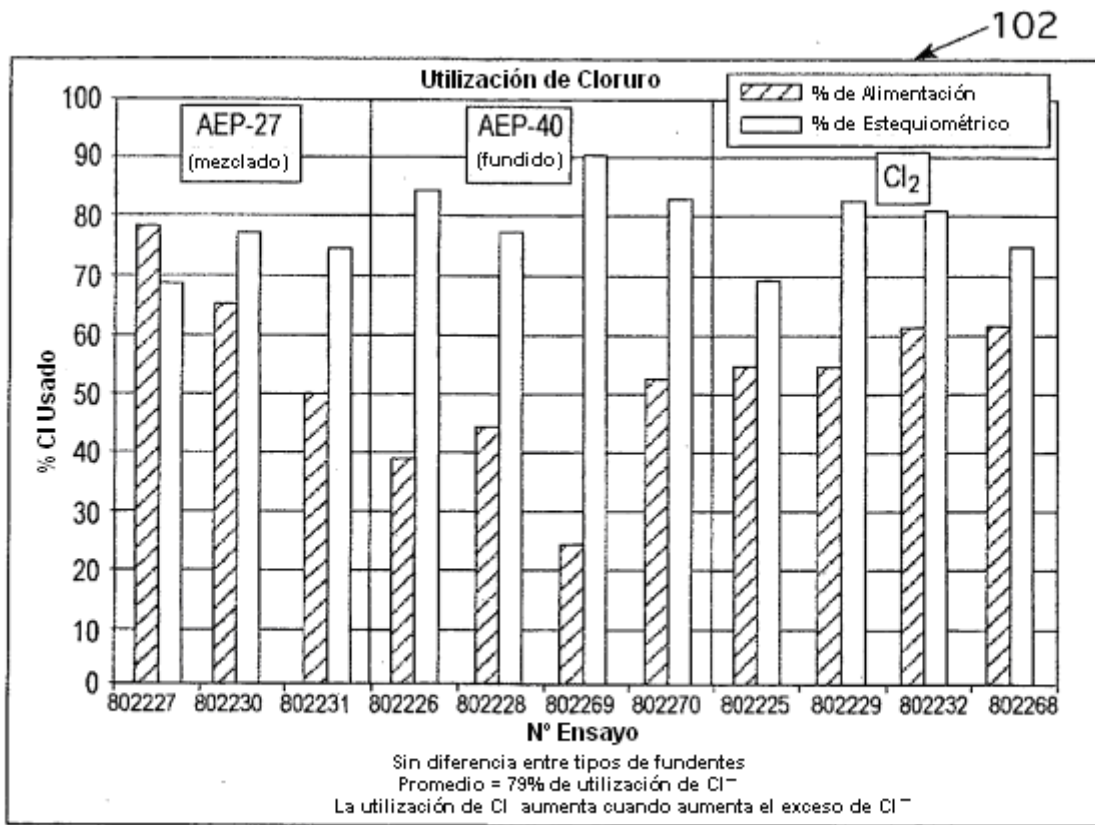


FIGURA 8

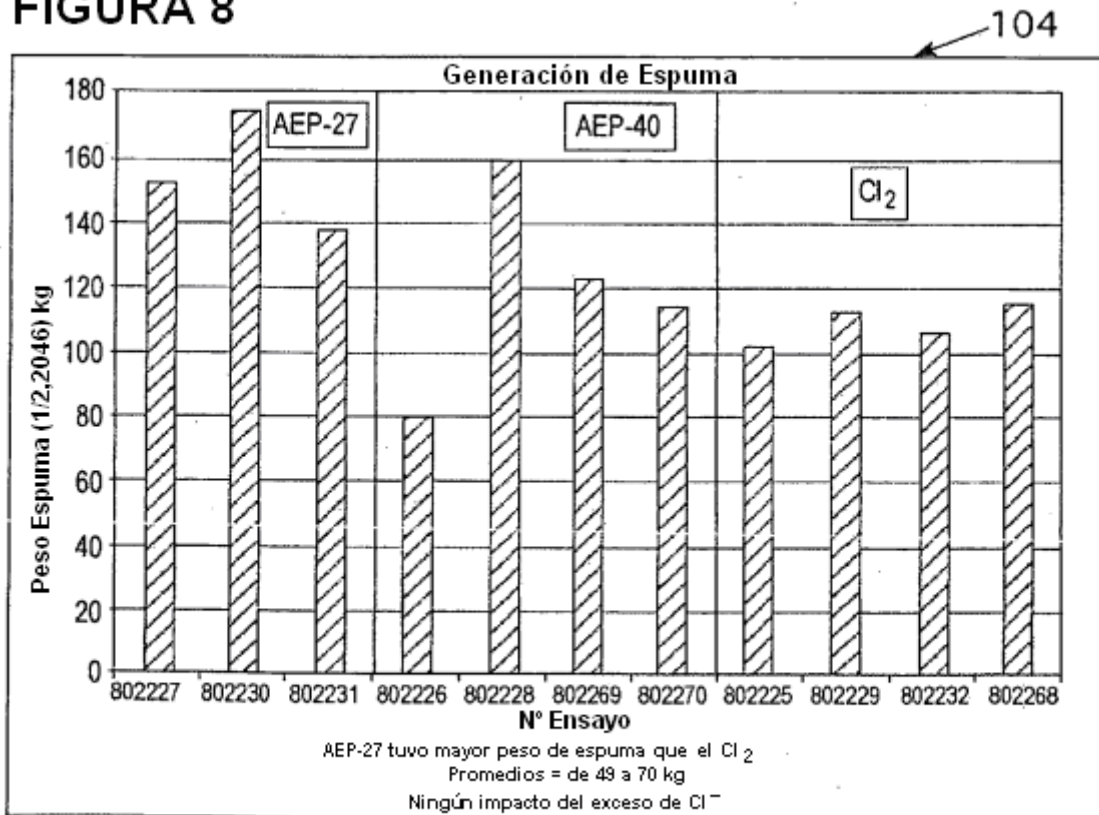


FIGURA 9

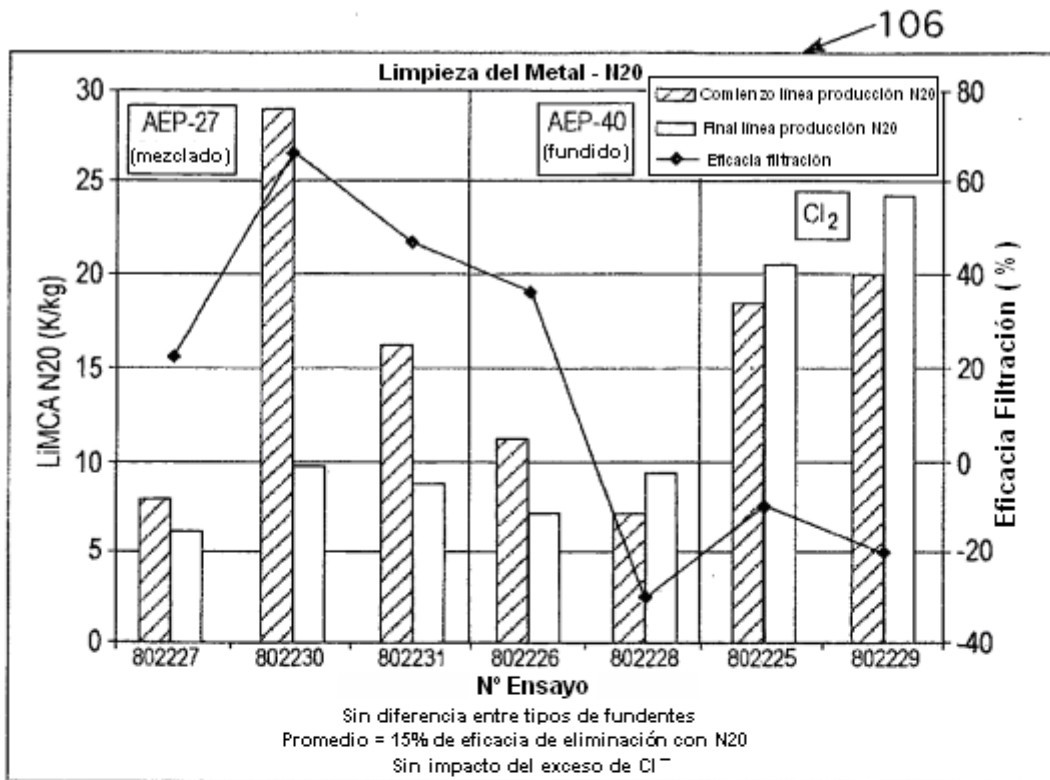


FIGURA 10A

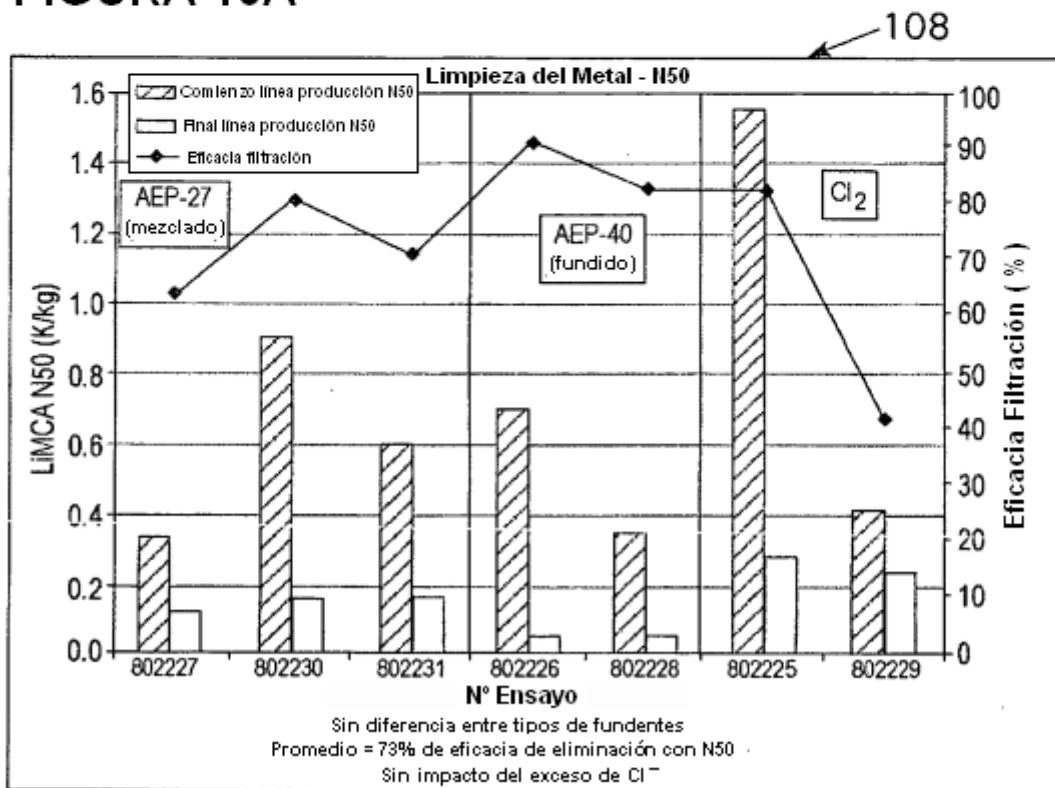


FIGURA 10B