

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 785 065**

51 Int. Cl.:

C22B 7/00 (2006.01)

C22B 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.07.2011 PCT/EP2011/063054**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.02.2012 WO12016913**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.07.2011 E 11741556 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.03.2020 EP 2601324**

54 Título: **Procedimiento para fundir chatarra**

30 Prioridad:

04.08.2010 EP 10305860

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

05.10.2020

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, Quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**JARRY, LUC y
TSIAVA, RÉMI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

Observaciones:

**Véase nota informativa (Remarks, Remarques o
Bemerkungen) en el folleto original publicado por
la Oficina Europea de Patentes**

ES 2 785 065 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

Procedimiento para fundir chatarra

La presente invención se refiere al reciclaje de metal por fundición de chatarra.

La fundición de chatarra es un aspecto importante de la industria metalúrgica.

5 De hecho, la chatarra se usa como materia prima para fundir metales en la industria metalúrgica ferrosa y no ferrosa por razones económicas, técnicas y medioambientales.

El desarrollo de la industria del reciclaje de metales depende en gran medida de la disponibilidad de la chatarra.

Un ejemplo típico en el campo de la metalurgia no ferrosa es el reciclaje de aluminio.

El aluminio es actualmente el metal más comúnmente reciclado posconsumo en el mundo.

10 En Europa, por ejemplo, las tasas de reciclaje de aluminio son altas, oscilando desde el 41 % para latas de bebida hasta el 85 % en el sector de la construcción y hasta el 95 % en el sector automotriz. Además, la industria está constantemente invirtiendo e investigando en mejoras en la recogida y clasificación para lograr los mejores niveles posibles de reciclaje.

15 Los recicladores de aluminio funden una gran variedad de chatarra de aluminio adquirida tanto en el mercado local como de importación.

Como la chatarra generalmente está hecha de material contaminado de composición variable, la industria de la fundición secundaria, como la industria de la chatarra de aluminio, necesita herramientas de producción y, en particular, hornos de fundición, que sean potentes y flexibles.

Una cuestión clave para los fundidores comerciales de chatarra es la eficacia del procedimiento.

20 La eficacia del procedimiento abarca en particular los siguientes factores:

- eficacia de tiempo: es decir, la velocidad a la que se funde una cantidad determinada de chatarra,
- eficacia de energía: es decir, la energía requerida para fundir una cantidad determinada de chatarra y
- eficacia de recuperación de metal: es decir, la relación entre metal fundido aprovechado y chatarra.

25 Es conocido en la técnica fundir chatarra en un horno mediante el calor generado por combustión de aire, es decir, por combustión de un combustible con aire como oxidante. Tales procedimientos de fundición generalmente presentan una eficacia baja en tiempo y energía, pero una eficacia de recuperación de metales relativamente alta.

30 También es conocido en la técnica fundir chatarra en un horno por medio del calor generado por combustión de oxígeno, es decir, por combustión de un combustible con oxígeno o con aire enriquecido con oxígeno como oxidante para aumentar la eficacia en tiempo y energía del procedimiento. Sin embargo, es un problema con los procedimientos de combustión con oxígeno existentes que, como se explicará a continuación, la eficacia de recuperación del metal se reduce de este modo, en particular debido al aumento de la oxidación del metal durante el procedimiento de fundición.

35 En el artículo «Burner developments of the messer group for the nonferrous metallurgical industry» por M. Potesser *et al.* (BMH, 153, Jg. (2008), Heft 3, págs. 121-125), se propone usar la combustión diluida o la combustión parcial diluida en hornos de solera para chatarra para una temperatura constante en el lado más alejado de los hornos y alcanzar un nivel admisible de baja emisión de contaminantes.

Además, se ha propuesto regular la potencia del quemador durante el procedimiento de fundición para mantener la oxidación del metal bajo control en la medida de lo posible en el caso de la combustión con oxígeno, por ejemplo, en función de la temperatura en el horno o del material refractario que rodea a la cámara de combustión.

40 Es un objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento de fundición de chatarra con una eficacia global del procedimiento mejorada.

El procedimiento para fundir chatarra en un horno según la invención comprende las etapas de:

- alimentar una carga de chatarra sólida al horno,
- suministrar combustible y un oxidante al horno,
- quemar el combustible con el oxidante para generar calor dentro del horno,

- fundir la carga de chatarra sólida en el horno mediante el calor generado por dicha combustión, obteniendo así metal fundido y
- retirar el metal fundido obtenido mediante la fundición de la carga de chatarra sólida del horno.

5 Siguiendo la etapa de alimentación de la carga de chatarra sólida al horno, el combustible se quema con el oxidante en un primer modo de combustión para generar una o más llamas visibles en el horno por encima de la carga.

Sin embargo, antes de la etapa de retirada del metal fundido del horno, el combustible se quema con el oxidante en un segundo modo de combustión para generar una combustión sin llama en el horno sobre el metal fundido.

Según la presente invención, el oxidante tiene un contenido de oxígeno de al menos el 60 % en volumen.

10 La combustión sin llama es un modo de combustión mediante el cual, con un quemador y una cámara de combustión del horno de geometría adecuada, la alimentación de oxidante y combustible se realiza por separado (para proporcionar una combustión altamente escalonada) y con altas velocidades de inyección de al menos un agente reaccionante, típicamente el oxidante, para crear dentro de la cámara de combustión una recirculación interna sustancial de los productos de combustión al quemador a una temperatura mayor o igual que la temperatura de autoignición del combustible. La llama ya no se puede ver entonces a simple vista y la combustión se distribuye en un gran volumen o incluso en todo el volumen de la atmósfera de la cámara de combustión.

15 Los quemadores adecuados para generar combustión sin llama están ahora disponibles comercialmente. Los quemadores adecuados preferidos para la combustión sin llama se describen en la Solicitud de Patente Provisional de EE.UU., en tramitación con la presente, número 61/363.627 presentada el 12 de julio de 2010, la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU., en tramitación con la presente, número 12/848.131 presentada el 31 de julio de 2010 y de la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU., en tramitación con la presente, número 12/848.132 presentada el 31 de julio de 2010.

En el presente contexto, el término «quemador» se usa para describir, en términos generales, un dispositivo o equipo para combinar al menos un combustible con al menos un oxidante para la combustión de al menos dicho combustible con al menos un oxidante.

25 El procedimiento según la invención puede ser un procedimiento discontinuo, por el que toda la chatarra sólida se alimenta al horno de una vez.

El procedimiento según la invención también puede ser un procedimiento semicontinuo, por el que la chatarra sólida para fundir se alimenta al horno en varias etapas, alimentándose en cada etapa una carga de chatarra sólida al horno seguido por la combustión del combustible con el oxidante en el primer modo de combustión para generar una o más llamas visibles en el horno por encima de la carga.

30 Las figuras 1 a 3 son ilustraciones esquemáticas de tres tipos de hornos conocidos usados para fundir chatarra, por lo que la figura 1 representa un horno de fundición fijo, la figura 2 representa un horno de fundición de tambor giratorio y la figura 3 representa un horno basculante.

El horno puede ser, por ejemplo, un horno de fundición fijo.

35 Según una realización específica de la invención, el horno es un horno rotativo de tambor giratorio que tiene una pared 21 refractaria sustancialmente cilíndrica, una primera pared 22 extrema en un extremo de la pared 21 refractaria cilíndrica y una segunda pared 23 extrema en el extremo opuesto de la pared 21 cilíndrica refractaria.

40 Según otra realización, el horno puede ser un horno basculante, a veces también denominado horno rotativo basculante. Este es un tipo de horno que puede inclinarse sobre su eje x-x principal para facilitar el vertido de la carga fundida. Tales hornos a menudo tienen una capacidad mayor que la de los hornos fijos, estando algunos de los primeros diseñados para aceptar hasta 300 toneladas. Los hornos basculantes comprenden típicamente una cavidad 31 basculante, el quemador 34, estando montados los quemadores o las lanzas en la abertura 33 de vertido y carga de dicha cavidad.

45 Para facilitar la operación, el número de llamas visibles generadas en el primer modo de combustión se seleccionará típicamente para que sea lo más pequeño posible garantizándose al mismo tiempo una cobertura de llama adecuada de la carga. Por ejemplo, en los hornos rotativos de tambor giratorio se generará típicamente una sola llama visible en el primer modo de combustión por medio de un quemador montado en la primera o en la segunda pared del extremo del horno rotativo y, en los hornos basculantes, una sola llama visible típicamente se generará en el primer modo de combustión por medio de un quemador montado en la abertura de la cavidad basculante.

50 En el primer modo de combustión, una o más llamas visibles pueden tener una orientación fija. Alternativamente, la orientación de al menos una llama visible puede variar en el primer modo de combustión. Dicha variación de la orientación de una llama visible se puede hacer de forma escalonada, gradualmente o una combinación de ambas. Variando la orientación de una llama visible es posible aumentar la cobertura de la carga por dicha llama evitándose

al mismo tiempo el sobrecalentamiento local de dicha carga. Los métodos y dispositivos preferidos para modificar la orientación de una llama visible se describen en las Solicitudes de Patente Internacional anteriores del solicitante WO-A-2008/003908, WO-A-2009092949 y WO-A-2009087227.

5 En el primer modo de combustión, al menos una llama visible se dirige ventajosamente hacia la carga. Cuando se genera más de una llama visible en el primer modo de combustión, preferiblemente cada una de las llamas visibles se dirige hacia la carga. Acercando la llama o las llamas visibles a la carga, se mejora la transferencia de calor de la llama a la carga de chatarra sólida. En algunos casos, una llama visible dirigida hacia la carga también puede afectar a la carga. En otros casos, sin embargo, será preferible que una llama visible dirigida hacia la carga no afecte a la carga, en particular para evitar fenómenos perjudiciales como que se impulsen partículas sólidas de la carga contra las paredes del horno o la oxidación local del metal.

10 Cuando el horno es un horno rotativo de tambor giratorio no solo se puede mejorar la transferencia de calor de la llama a la carga dirigiendo al menos una llama hacia la carga como se describió anteriormente. La transferencia de calor de una llama a la carga también se puede mejorar indirectamente dirigiendo la llama hacia la pared 21 cilíndrica giratoria para aumentar la temperatura de dicha pared cilíndrica antes de que se deslice bajo la carga. Por lo tanto, cuando el horno es un horno rotativo de tambor giratorio al menos una llama visible se dirige preferiblemente hacia la carga y/o hacia la pared refractaria cilíndrica en el primer modo de combustión.

Se pueden usar diferentes quemadores para generar al menos una llama visible en el primer modo de combustión y la combustión sin llama en el segundo modo de combustión.

20 Preferiblemente, sin embargo, se usa un mismo quemador para generar una llama visible en el primer modo de combustión y una combustión sin llama en la segunda fase de combustión. A continuación se describen los quemadores capaces de generar tanto una llama visible como una combustión sin llama en la Solicitud de Patente Provisional de EE.UU., en tramitación con la presente, número 61/363.627 presentada el 12 de julio de 2010, la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU., en tramitación con la presente, número 12/848.131 presentada el 31 de julio de 2010 y la Solicitud de Patente No Provisional de EE.UU., en tramitación con la presente, número 12/848.132 presentada el 31 de julio de 2010.

Según una realización de la invención, la combustión en el segundo modo de combustión antes de la etapa de retirada del metal fundido sigue directamente a la combustión en el primer modo de combustión después de la etapa de alimentación de una carga de chatarra sólida.

30 Según una realización diferente de la invención, el procedimiento comprende un modo de combustión de transición entre el primer y el segundo modo de combustión, por lo que durante el modo de combustión de transición el combustible se quema con el oxidante para generar al menos una llama visible y aumentar la temperatura de al menos el área de la atmósfera del horno donde se llevará a cabo la combustión sin llama en el segundo modo de combustión posterior a una temperatura al menos mayor o igual que la temperatura de autoignición del combustible.

35 El procedimiento de la presente invención es particularmente útil para fundir chatarra no ferrosa. Sin embargo, el procedimiento también es útil para fundir chatarra/aleaciones ferrosas, en particular en aquellos procedimientos de fundición en los que se debe evitar sustancialmente la oxidación de la chatarra.

40 Cuando el procedimiento se usa para fundir metales no ferrosos, la chatarra se selecciona ventajosamente del grupo que consiste en aluminio, cobre, zinc, plomo, níquel, cobalto, titanio, cromo y metales preciosos y aleaciones de estos metales y más ventajosamente se selecciona de aluminio, cobre, zinc, plomo, cobalto, titanio, cromo y metales preciosos y aleaciones de estos metales. El procedimiento es de particular interés para fundir chatarra de aluminio y aleaciones de aluminio de chatarra.

El combustible puede ser un combustible líquido como el fueloil o el fueloil ligero.

El combustible es preferiblemente un combustible gaseoso. Los combustibles gaseosos preferidos se seleccionan del grupo que consiste en: gas natural, propano y butano y mezclas de los mismos.

45 Como se mencionó anteriormente, el oxidante contiene al menos el 60 % en volumen de oxígeno. Preferiblemente, el oxidante tiene un contenido de oxígeno de al menos el 65 % en volumen, preferiblemente de al menos el 80 % en volumen y más preferiblemente de al menos el 90 % en volumen.

50 El punto, durante el procedimiento de fundición, en el cual se termina la combustión del combustible en el primer modo de combustión después de la etapa de alimentación de la carga de chatarra sólida y se inicia la combustión del combustible en el segundo modo de combustión o en el modo de combustión de transición, como puede ser el caso, puede determinarse de diversas maneras para optimizar la eficacia del procedimiento mediante la obtención de una combinación optimizada de eficacia de tiempo, eficacia de energía y eficacia de recuperación de metales.

55 Por ejemplo, como se indicó anteriormente, es conocido en la técnica aplicar un procedimiento de fundición de chatarra en un horno como un procedimiento semicontinuo mediante el cual la chatarra sólida que se va a fundir se alimenta al horno en diversas etapas, yendo seguida cada etapa de alimentación de una carga de chatarra sólida al horno de la

5 combustión del combustible con el oxidante en el primer modo de combustión para generar una o más llamas visibles en el horno por encima de la carga. El lapso de tiempo entre la etapa final de alimentación de chatarra sólida al horno y el cambio de la combustión de combustible en el primer modo de combustión a la combustión de combustible en el modo de combustión de transición o en el segundo modo de combustión puede corresponder al lapso de tiempo entre dos etapas sucesivas de alimentación de chatarra sólida al horno y puede basarse en los mismos criterios, tales como temperatura, propiedades de los gases de combustión o detección óptica, reflejando típicamente un grado de finalización de la fundición de dicha chatarra.

10 En general, el cambio de la combustión de combustible en el primer modo de combustión a la combustión de combustible en el modo de combustión de transición o en el segundo modo de combustión puede determinarse en función de la temperatura del material refractario en el área del horno donde tiene lugar la combustión. En particular, la combustión de combustible puede cambiar del primer modo de combustión al modo de combustión de transición o al segundo modo de combustión cuando la temperatura del material refractario excede de un límite predeterminado.

15 También es posible cambiar la combustión de combustible del primer modo de combustión al modo de combustión de transición o al segundo modo de combustión en función de la temperatura dentro del horno, en función de la temperatura del metal fundido en el horno o en función de la temperatura del gas de combustión que sale del horno.

También es posible medir la concentración de ciertos componentes, como el oxígeno, en la atmósfera del horno y regular el cambio de la combustión de combustible en el primer modo de combustión a la combustión de combustible en el modo de combustión de transición o en el segundo modo de combustión en función de la misma.

20 Asimismo, dicho cambio puede regularse en función de diferentes propiedades medidas del gas de combustión a medida que sale del horno, tales como temperatura, concentración de oxígeno, concentración de hidrocarburos, concentración de CO, etc. Un método adecuado para detectar diferentes propiedades del gas de combustión que sale de un horno de fundición de aluminio se describe, por ejemplo, en la Patente Internacional WO-A-03056044 a nombre del solicitante.

25 Una posibilidad adicional es determinar el grado en que se funde la carga de chatarra sólida en el horno por medios ópticos como la vigilancia por infrarrojos o la videovigilancia óptica.

30 Naturalmente, cuando las propiedades del horno y de la chatarra son conocidas, típicamente como resultado de numerosas observaciones, el operador del horno puede conocer la duración óptima aproximada de la combustión del combustible en el primer modo de combustión o la cantidad óptima aproximada de energía (por ejemplo, medida en términos de combustible u oxígeno consumidos) que se proporcionará durante dicha combustión en el primer modo de combustión para una carga determinada de chatarra. En ese caso, el operador puede cambiar automáticamente de la combustión en el primer modo de combustión a la combustión en el modo de transición o en el segundo modo de combustión después de que expire dicha duración óptima o una vez que se haya suministrado dicha cantidad óptima de energía.

35 Existe otra posibilidad interesante en el caso de hornos rotativos de tambor giratorio. De hecho, la viscosidad de un metal fundido varía en función de su temperatura. El par de motor requerido para hacer rotar al tambor giratorio es, por lo tanto, una indicación indirecta de la temperatura del metal fundido, teniendo en cuenta la cantidad de metal fundido y la naturaleza (composición) del metal o de la aleación presente en el horno. Por lo tanto, es posible cambiar de combustión en el primer modo de combustión a combustión en el modo de combustión de transición o en el segundo modo de combustión cuando el par de motor requerido para hacer rotar al tambor giratorio alcanza un límite inferior predeterminado o desciende por debajo de un límite inferior predeterminado seleccionado en función de la naturaleza y la cantidad de metal fundido presente.

40 Para mejorar la fiabilidad de dicha regulación, se pueden combinar algunos de los criterios anteriores.

45 Según una realización del procedimiento, el cambio de la combustión de combustible en el primer modo de combustión a la combustión de combustible en el modo de combustión de transición o en el segundo modo de combustión, según sea el caso, tiene lugar cuando se funde sustancialmente toda la chatarra sólida.

Alternativamente, para aumentar la eficacia de recuperación de metal, el cambio se puede hacer un poco antes de que se alcance dicha fase, es decir, en una fase del procedimiento en la que se funde una parte importante de la chatarra sólida, pero en la que todavía hay una cantidad no insignificante de chatarra sólida presente en el horno.

50 La presente invención proporciona, así, un procedimiento de fundición de chatarra con una eficacia mejorada del procedimiento.

La eficacia de energía se mejora en primer lugar mediante el uso de un oxidante que tenga un mayor contenido de oxígeno que el aire. De esta manera, se reduce la concentración de gas inerte o gas de lastre en el oxidante, lo que a su vez conduce a una mayor eficacia de energía del procedimiento de combustión.

Siguiendo a la etapa de alimentación de la carga de chatarra sólida, el procedimiento se beneficia de la eficacia de energía y tiempo que se puede lograr calentando y fundiendo chatarra sólida con una o más llamas visibles, siendo las llamas visibles típicamente llamas de alta temperatura.

5 Sin embargo, cuando se fundió chatarra sólida con alta eficacia de energía y de tiempo con una o más llamas visibles, en particular cuando dichas llamas visibles se generaban quemando un combustible con un oxidante rico en oxígeno, la pérdida de metal y, por lo tanto, la eficacia de recuperación de metal reducida parecieron estar así lejos de ser una consecuencia inevitable.

10 En el caso de fundición de chatarra de aluminio, por ejemplo, las pérdidas durante la fundición y la colada resultan principalmente de la formación de impurezas, una mezcla de óxido y masa fundida. Incluso si parte del óxido de aluminio puede recuperarse y usarse en la fabricación secundaria de acero para la desoxidación de escoria, hoy el coste del metal perdido por impurezas se ha vuelto inaceptablemente alto al igual que la carga medioambiental correspondiente.

15 Además, el óxido de aluminio se forma rápidamente en la superficie de las masas fundidas de aluminio cuando la temperatura de dicha masa fundida se aproxima a 750 °C. Esta capa de óxido de aluminio constituye una barrera térmica altamente eficaz que confina al aluminio fundido, de modo que la formación de impurezas no solo reduce la eficacia de recuperación del metal, sino también la eficacia de energía y, por lo tanto, la eficacia de tiempo del procedimiento de fundición.

Se ha observado que el problema de la formación de impurezas es más significativo en un procedimiento de fundición usando combustión con oxígeno que en un procedimiento de fundición usando la combustión con aire.

20 En el caso de los hornos de fundición rotativos de tambor giratorio, un aspecto adicional de este problema es la formación de una capa de impurezas en la pared cilíndrica refractaria del horno. Esta capa de impurezas nuevamente constituye una barrera térmica entre el calor generado por la combustión del combustible y las paredes refractarias y evita que dicha pared cilíndrica alcance una temperatura suficientemente alta, lo que nuevamente afecta a la eficacia de energía y tiempo del procedimiento de fundición. Además, se ha observado que este problema aumenta significativamente en el caso de un oxidante rico en oxígeno, compensándose al menos parcialmente de ese modo las ventajas de la fundición por medio de la combustión con oxígeno del combustible.

30 Es conocido en la técnica limitar la pérdida de metal debido a la oxidación mediante la adición de sales a la carga o al metal fundido. Sin embargo, el uso de tales sales en sí conlleva costes significativos para el fundidor de chatarra, que compensa parcial o totalmente incluso la ganancia en la eficacia de recuperación de metal. Además, el uso de tales sales puede presentar problemas medioambientales adicionales.

Sorprendentemente, se ha encontrado que, según la presente invención, la oxidación del metal puede limitarse con alta eficacia de tiempo y alta eficacia de energía por una combinación de (a) fundición rápida con combustión en el primer modo de combustión con un sistema radiactivo y convectivo de llama oxigenada dirigida hacia la carga y (b) cuando la carga se ha fundido parcial o totalmente, combustión sin llama según el segundo modo de combustión.

35 En teoría, la eficacia de recuperación de metales se optimizaría cuando se operase en el segundo modo de combustión para mantener la temperatura del horno solo ligeramente por encima del punto de solidificación del metal y/o para controlar el suministro de oxígeno al horno para evitar una atmósfera sustancialmente oxidante arriba en contacto con el metal fundido. Sin embargo, en la práctica, para garantizar que el metal esté completamente en estado fundido y sea suficientemente homogéneo y para compensar la pérdida de calor durante el transporte del metal fundido desde el horno a la máquina de conformación o al horno de retención, cuando se opera en el segundo modo de combustión, la temperatura del horno se mantiene en un nivel algo más alto.

45 La temperatura del horno o del metal fundido en el horno que regula el cambio de la combustión en el primer modo de combustión a la combustión en el modo de combustión de transición o en el segundo modo de combustión se puede medir con termopares ubicados en diversos puntos como: en la puerta del horno a través del cual la chatarra sólida se alimenta al horno, en el camino del gas de combustión que sale del horno y/o en el revestimiento refractario del horno. Las mediciones desde estas ubicaciones proporcionan información fiable sobre el estado de la carga en el horno. Son posibles otros indicadores, como el par de motor, en el caso de un horno rotativo, y la medición de la temperatura refractaria de la cara caliente dentro del horno mediante un pirómetro infrarrojo óptico «guiado por láser» que permite establecer la temperatura del metal.

50 La fundición del metal de chatarra sólida a metal fundido se logra principalmente mediante la combustión del combustible en el primer modo de combustión, hasta que el metal fundido alcanza una temperatura máxima predeterminada dependiendo del tipo de metal o aleación para fundir.

55 Cuando la carga se encuentra principal o totalmente en forma de metal fundido, la carga se calienta mediante la combustión del combustible en el segundo modo de combustión para garantizar que la fundición se complete por completo y para alcanzar y mantener un nivel suficiente de homogeneidad del metal fundido hasta que el metal fundido se retira del horno. Durante este período, la carga se mantiene en la fase líquida a una temperatura que asimismo depende del tipo de metal o aleación.

Dicha temperatura puede seleccionarse además para compensar las pérdidas de calor del metal durante el transporte del metal fundido desde el horno a la máquina de conformación o al horno de retención.

Las ventajas de la presente invención se hacen evidentes además en el siguiente ejemplo.

5 La chatarra sólida de aluminio en forma de latas de bebida recicladas se alimenta a un horno rotatorio de tambor giratorio en tres etapas de alimentación sucesivas.

Después de cada etapa de alimentación de una carga de chatarra sólida de aluminio al horno, el combustible se quema con el oxidante por medio del quemador ubicado en una pared extrema del horno para generar una sola llama larga de oxigas natural en el horno por encima de la carga, variándose la dirección de dicha llama como se describe en la Patente Internacional WO-A-2009087227.

10 Cuando la temperatura del metal fundido alcanza aproximadamente 620 °C, según lo determinado por el par de motor requerido para hacer rotar el horno, se alimenta una nueva carga de chatarra de aluminio sólida al horno, lo que reduce la temperatura dentro del horno y del metal fundido, después de lo cual el combustible se vuelve a quemar con el oxidante por medio del quemador ubicado en una pared extrema del horno para generar una sola llama larga de oxigas natural de dirección variable en el horno por encima de la carga.

15 Cuando, después de la alimentación de la tercera carga de chatarra sólida de aluminio, la temperatura de la masa fundida ha alcanzado nuevamente aproximadamente 620 °C, la combustión del combustible se cambia al modo de transición, siendo dirigida sustancialmente ahora la única llama visible a lo largo de los ejes del tambor giratorio, hasta que la temperatura de la atmósfera del horno exceda de la temperatura de autoignición del gas natural.

20 Posteriormente, la combustión del combustible se cambia del modo de transición al segundo modo de combustión para generar una combustión sin llama por encima del aluminio fundido en una atmósfera de horno sin un exceso sustancial de oxígeno. De esta manera, el aluminio fundido se calienta y posteriormente se mantiene a una temperatura de aproximadamente 720 °C hasta que se retira del horno para la colada.

No se añadió sal para reducir la formación de impurezas.

25 Se descubrió que la eficacia de energía y tiempo del procedimiento ejecutado según la presente invención es a veces mejor o al menos es equivalente a la eficacia de energía y tiempo de los correspondientes procedimientos de combustión de oxicombustible conocidos. Al mismo tiempo, se encontró que la eficacia de recuperación de metal era equivalente y, a veces, era mejor que la obtenida con los correspondientes procedimientos de fundición por combustión de aire sin sal.

30 Por lo tanto, la presente invención presenta la ventaja principal de permitir que se incremente la eficacia global del procedimiento con respecto tanto a los procedimientos conocidos de combustión de aire y combustible como a los procedimientos conocidos de combustión de oxicombustible.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fundir chatarra en un horno, comprendiendo dicho procedimiento las etapas de:

- alimentar una carga de chatarra sólida al horno,
- suministrar combustible y un oxidante que tenga un contenido de oxígeno de al menos el 60 % en volumen al horno y quemar el combustible con el oxidante para generar calor dentro del horno,
- fundir la carga de chatarra sólida en el horno mediante el calor así generado, obteniéndose así metal fundido,
- retirar el metal fundido del horno,

por lo cual, siguiendo la etapa de alimentación de la carga de chatarra sólida al horno, el combustible se quema con el oxidante en un primer modo de combustión para generar una o más llamas visibles en el horno por encima de la carga,

caracterizándose el procedimiento por que: antes de la etapa de retirada del metal fundido del horno, el combustible se quema con el oxidante en un segundo modo de combustión para generar una combustión sin llama en el horno sobre el metal fundido.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que una o más llamas visibles tienen una orientación fija en el primer modo de combustión.

3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la orientación de al menos una llama visible se varía en el primer modo de combustión.

4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, en el primer modo de combustión, al menos una llama visible se dirige hacia la carga.

5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el horno es un horno rotativo, que tiene una pared (21) refractaria sustancialmente cilíndrica, una primera pared (22) extrema en un extremo de la pared (21) refractaria cilíndrica y una segunda pared (23) extrema en el extremo opuesto de la pared cilíndrica refractaria.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, en el que, durante el primer modo de combustión, al menos una llama visible se dirige hacia la carga y/o hacia la pared (21) refractaria cilíndrica.

7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el horno es un horno basculante que tiene una cavidad (31) basculante con una abertura (33) de vertido y carga y un quemador (34) montado en la abertura (33) de vertido y carga.

8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un mismo quemador genera una llama visible durante el primer modo de combustión y una combustión sin llama durante el segundo modo de combustión.

9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un modo de combustión de transición entre el primer modo de combustión y el segundo modo de combustión, en el que en el modo de combustión de transición el combustible se quema con el oxidante para generar al menos una llama visible y aumentar la temperatura de la atmósfera del horno al menos en el área de la atmósfera del horno donde se llevará a cabo la combustión sin llama en el segundo modo de combustión posterior a una temperatura por encima del límite inferior de inflamación del combustible.

10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la chatarra se selecciona del grupo que comprende aluminio, cobre, zinc, plomo, cobalto, titanio, cromo, y metales preciosos y aleaciones de estos metales.

11. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la chatarra es aluminio o una aleación de aluminio.

12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el combustible es un combustible gaseoso.

13. Procedimiento según la reivindicación 12, en el que el combustible se selecciona del grupo que comprende gas natural, butano y propano y sus mezclas.

14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el oxidante tiene un contenido de oxígeno de al menos el 65 % en volumen, preferiblemente de al menos el 80 % en volumen y más preferiblemente de al menos el 90 % en volumen.

15. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera fase de combustión finaliza cuando se funde sustancialmente toda la chatarra sólida.

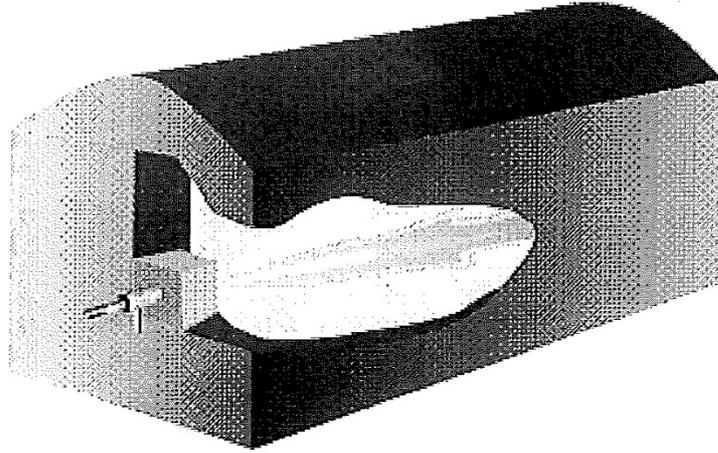


FIGURA 1

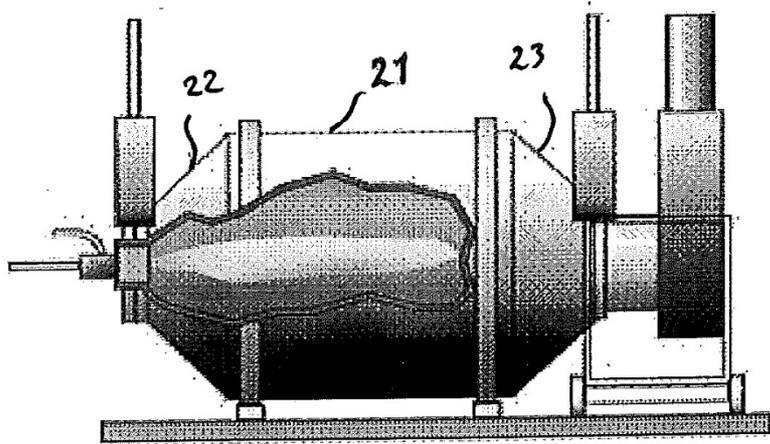


FIGURA 2

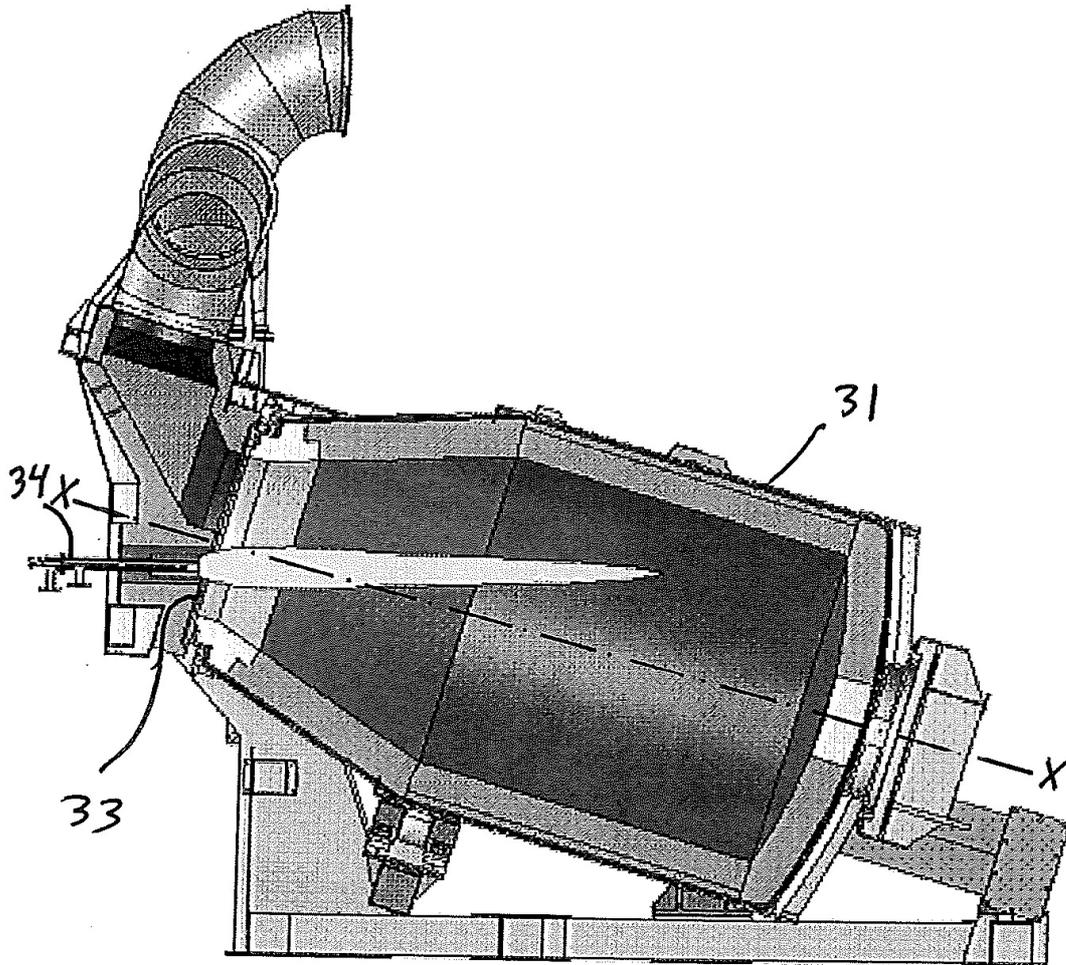


FIGURA 3