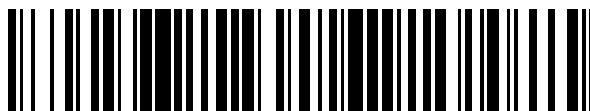


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 268**

51 Int. Cl.:

C21C 1/06 (2006.01)

C21C 1/10 (2006.01)

C22C 33/10 (2006.01)

F27D 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09251258 .1**

96 Fecha de presentación: **06.05.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2251443**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.11.2010**

54 Título: **CUCHARA DE TRATAMIENTO.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.02.2012

73 Titular/es:
FOSECO INTERNATIONAL LIMITED
1 Midland Way Central Park Barlborough Links
Derbyshire S43 4XA, GB

72 Inventor/es:
Berthelet, Emmanuel

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 373 268 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

Cuchara de tratamiento

La presente invención se refiere a una cuchara para el tratamiento de metal fundido con aditivos vaporizables, en particular, a una cuchara para el tratamiento de hierro con magnesio (Mg) para formar hierro dúctil.

- 5 El hierro dúctil, también conocido como hierro de grafito esferoidal o hierro nodular, se fabrica mediante tratamiento de hierro líquido con un denominado nodularizador (o nodulizador) antes de la colada. El nodularizador favorece la precipitación de grafito en forma de nódulos individuales. En la práctica, normalmente el nodularizador contiene magnesio, en forma de magnesio puro, o en forma de aleación, tal como magnesio-ferrosilicio (aleación de MgFeSi) o níquel-magnesio (aleación de NiMg), que puede contener metales de las tierras raras. En un procedimiento típico, se añade magnesio al hierro líquido para aportar un contenido de magnesio residual de aproximadamente 0,04 %, se inocula el hierro y se cuela. Resulta difícil añadir magnesio al hierro ya que el magnesio ebulle a una temperatura relativamente baja (1090 °C) de manera que se produce una agitación violenta del hierro líquido y una pérdida considerable de magnesio en forma de vapor.

Se han desarrollado varios procedimientos para preparar hierro dúctil, que incluyen:

- 15 La cuchara sandwich – la aleación de tratamiento se encuentra presente en un rebaje en la parte inferior de la cuchara y se encuentra cubierta con chatarra de acero. Se puede cubrir la cuchara, por ejemplo, con una cubierta de artesa refractaria. Posteriormente se vierte el hierro en el interior de la cuchara y se ralentiza la reacción con la aleación de tratamiento por medio de la barrera de chatarra de acero. Este procedimiento es simple y se usa ampliamente, aunque las tasas de recuperación de Mg no son constantes. Además, resulta necesario usar más nodularizador para conseguir de forma satisfactoria el nivel deseado de tratamiento.
- 20 Pistón – se sumerge la aleación de tratamiento en la cuchara usando una campana de pistón refractaria. Este procedimiento únicamente resulta práctico para grandes cantidades de metal.
- Convertidor – se colocar el nodularizador en un orificio en la base de la cuchara cilíndrica. Se llena la cuchara con hierro líquido mientras se encuentra en orientación horizontal, se sella y se hace rotar hasta la posición vertical de manera que el magnesio quede sumergido bajo el hierro.
- 25 Tratamiento con alambre con núcleo – se alimenta de forma mecánica el alambre que contiene en nodularizador (por ejemplo aleación de MgFeSi) en el interior del hierro usando una estación de construida para tal fin.
- Tratamiento en el interior de molde – se coloca el nodularizador (por ejemplo aleación de FeMgSi) en una cámara moldeada en el interior del sistema en operación de manera que el hierro es tratado de forma continua a medida que fluye sobre la aleación.
- 30

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una cuchara para el tratamiento de metal con aditivos vaporizables.

- 35 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento para el tratamiento de un metal fundido con aditivos vaporizables.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una cuchara de tratamiento que comprende una cubierta de cuchara que contiene un revestimiento de cuchara generalmente tubular y refractario, pudiendo dicha cuchara pivotar entre una posición horizontal y una posición vertical,

- 40 presentando dicho revestimiento de cuchara un primer extremo y un segundo extremo con una pared lateral continua entre ellos, quedando un espacio interior definido entre dicho primer y segundo extremos y la pared lateral continua,

- comprendiendo de manera adicional dicho revestimiento de cuchara una cavidad para albergar un agente de tratamiento, estando dicha cavidad ubicada en posición adyacente al primer extremo y en comunicación fluida con el espacio interior y ubicada más cerca de la parte superior que de la parte inferior del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición horizontal y más cerca de la parte inferior que de la parte superior del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical, y un canal de colada para recibir y verter el metal fundido ubicado más próximo a la parte superior que a la parte inferior del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en sus posiciones horizontal y vertical,
- 45

- 50 en la que en posición horizontal, el volumen inferior del espacio interior por debajo del plano a mitad de camino entre la parte superior y la parte inferior del espacio interior y entre el primer extremo y un plano vertical intermedio entre el primer y segundo extremos es mayor que el volumen superior del espacio interior definido por encima del plano a mitad de camino entre el primer extremo y dicho plano vertical.

A partir de lo anterior, debe entenderse que en la posición vertical, el primer extremo del revestimiento de la cuchara constituye el punto inferior del espacio interior.

- 55 Durante el uso, el agente de tratamiento se coloca en la cavidad y la cuchara se llena con el metal fundido mientras

que se encuentra en posición horizontal. En general, la cuchara se encuentra medio llena de forma que el metal fundido se llene hasta una altura que corresponde al plano que se encuentra a mitad de camino. Posteriormente, se pivota 90° la cuchara hasta la posición vertical de manera que el metal fluya al interior de la cavidad que contiene el agente de tratamiento. El agente de tratamiento se vaporiza tras el contacto con el metal fundido y borbotea a través de la cabeza del metal por encima de la cavidad. Posteriormente, la cuchara se pivota de nuevo con el fin de repartir el metal fundido tratado a través del canal de colada. En una realización particular, la cuchara se pivota más que 90° desde la posición horizontal, a través de la posición vertical, hasta una tercera posición en la que se dispensa el metal fundido tratado (posición de dispensación).

La cuchara de la presente invención resulta útil ya que minimiza el área superficial de metal que queda expuesta al aire cuando la cuchara se encuentra en posición horizontal. La reducción del área superficial se encuentra asociada a la reducción de pérdida de calor del metal. Si se reduce la pérdida de calor, el metal se puede verter en el interior de la cuchara a una temperatura más baja, reduciendo de este modo el desgaste del revestimiento refractario y de otros aparatos de fundición. Una temperatura más baja a la hora de verter en el interior de la cuchara también favorece una menor expansión del vapor de magnesio, lo que reduce la violencia de la reacción (entre el magnesio y el metal caliente). Se piensa que esto mejora la recuperación de magnesio, ya que se mantiene de forma eficaz mayor cantidad de vapor de magnesio en el interior del hierro líquido, y se reduce la pérdida de temperatura después del tratamiento ya que una menor violencia de reacción significa que existe menos contacto del metal con la atmósfera que se encuentra más fría.

Otra ventaja de la cuchara de la presente invención es que maximiza la cabeza de metal que se encuentra por encima del agente de tratamiento cuando la cuchara se encuentra en posición vertical. Una mayor cabeza de metal se asocia a una reducción de la violencia de la reacción entre el metal y el agente de tratamiento y, en el caso de un agente de tratamiento que contenga magnesio, una recuperación de magnesio mejor y más constante.

Debe entenderse que las ventajas de la presente invención se obtienen debido a la forma del revestimiento de la cuchara, en particular a la forma de las partes del revestimiento de la cuchara que se encuentran en contacto con el metal fundido cuando se llena la cuchara (posición horizontal) y cuando el metal fundido está siendo tratado (posición vertical). Se escoge un plano vertical (intermedio entre el primer y segundo extremos del revestimiento cuando la cuchara se encuentra en su posición horizontal) con el fin de evaluar la forma del revestimiento de la cuchara. Se debe escoger el plano vertical de manera que represente el corte transversal típico del revestimiento de la cuchara. Cuando el revestimiento de la cuchara presenta forma regular de manera que el corte transversal de la pared lateral continua sea constante a lo largo de su longitud, se puede escoger el plano vertical en cualquier punto entre el primer y segundo extremos. De manera conveniente, el plano vertical puede ser equidistante entre el primer y segundo extremos del revestimiento cuando la cuchara se encuentra en su posición horizontal.

En una realización particular, la cavidad se extiende desde el primer extremo del revestimiento de la cuchara hacia afuera del espacio interior (es decir, se extiende por debajo del primer extremo cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical). Esto proporciona un incremento adicional en la cabeza del metal sobre el agente de tratamiento cuando la cuchara se encuentra en la posición vertical ya que el metal fundido puede llenar la cavidad. Como se ha comentado anteriormente, un mayor cabeza de metal se asocia a una reducción de la violencia de la reacción entre el metal y el agente de tratamiento y, en el caso de un agente de tratamiento que contiene magnesio, una recuperación de magnesio mayor y más constante. En una realización en la que la cavidad se extiende desde el primer extremo, la longitud de la cavidad puede ser de 50 a 1200 mm, de 200 a 1000 mm o de 400 a 600 mm.

En una realización alternativa, la cavidad se encuentra ubicada dentro del espacio interior. En cualquier caso, la cavidad debe encontrarse en comunicación fluida con el espacio interior o ser capaz de encontrarse en comunicación fluida con el interior tras entrar en contacto con el metal. Por ejemplo, la cavidad puede estar definida por una malla o enrejado que presente aberturas suficientemente pequeñas para retener el agente de tratamiento al tiempo que permite que el metal fundido pase a través suya, o puede estar fabricada de un material que se funde (tal como un metal) proporcionando de este modo acceso a los contenidos de la cavidad. Debe entenderse que generalmente el volumen de la cavidad puede ser pequeño con respecto al volumen del espacio interior. La forma de la cavidad no se encuentra particularmente limitada pero, de manera conveniente, la cavidad se amplía con el fin de garantizar la retención del agente de tratamiento. Puede tener un corte transversal circular o triangular.

La proporción del volumen inferior con respecto al volumen superior puede ser de al menos 1,5:1, al menos 2:1 o al menos 3:1.

La altura del espacio interior (la distancia entre la parte superior y la parte inferior del espacio interior, como se define por medio del interior de la pared lateral continua), cuando la cuchara se encuentra en su posición horizontal, puede ser de 220 mm a 1500 mm, de 400 mm a 1000 mm, o de 600 mm a 800 mm.

La altura del espacio interior (la distancia entre la parte superior y la parte inferior del espacio interior), cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical, puede ser de 400 mm a 3000 mm, de 800 mm a 2000 mm o de 1000 mm a 1500 mm.

La proporción de la altura del espacio interior, cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical, con respecto a

la altura del espacio interior, cuando la cuchara se encuentra en su posición horizontal, puede ser de al menos 1:1, al menos 2:1, al menos 3:1 o al menos 5:1. La proporción de la altura del espacio interior, cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical, con respecto a la altura del espacio interior, cuando la cuchara se encuentra en su posición horizontal, puede ser no más que 6:1, no más que 4:1 o no más que 3:1.

- 5 En una realización en la que la cavidad se extiende desde el primer extremo hacia afuera del espacio interior, la proporción de la altura del espacio interior, cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical, con respecto a la longitud de la cavidad puede ser de al menos 1,5:1, al menos 2:1, al menos 2,5:1 o al menos 3:1.

- 10 La pared lateral presenta una superficie interior y una superficie exterior que pueden tener formas iguales o diferentes. De manera conveniente, la pared lateral presenta un espesor uniforme tal que las superficies interior y exterior tiene la misma forma. Debe entenderse que es la superficie interior de la pared lateral continua la que define la forma del espacio interior y por tanto, las referencias al corte transversal de la pared lateral continua se refieren al corte transversal de la superficie interior de la pared lateral continua.

- 15 La pared lateral continua puede estar definida por tres o más partes de pared de manera que el corte transversal de la pared lateral continua sea considerablemente poligonal. En una realización en la que la pared lateral continua está definida por tres partes de pared, el corte transversal de la pared lateral continua es considerablemente triangular. En una realización en la que la pared lateral continua está definida por tres o más partes de pared de igual longitud, el corte transversal de la pared lateral continua tiene la forma de un triángulo equilátero. En cualquiera de las realizaciones en las que el corte transversal está basado en un polígono, las esquinas pueden ser redondeadas y/o los lados pueden estar curvados hacia afuera. De manera conveniente, el corte transversal de la pared lateral se puede medir en el plano vertical intermedio entre el primer y segundos extremos.

En una realización en la que la pared lateral continua está definida por tres partes de pared lateral, dicho corte transversal de la pared lateral continua es considerablemente triangular, pudiendo ser la proporción de la altura del espacio interior, cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical, con respecto a la altura de la parte de la pared lateral de al menos 1:1, al menos 1,5:1 o al menos 2:1.

- 25 En una realización en la que la pared lateral viene definida por tres partes de pared lateral, dicho corte transversal de la pared lateral continua es considerablemente triangular, el corte transversal triangular define un círculo inscrito, es decir, el círculo de mayor tamaño que puede quedar contenido en el interior del triángulo. En tal caso, la proporción de la altura del espacio interior, cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical, con respecto al radio del círculo inscrito por el corte transversal triangular puede ser de al menos 1,5:1, al menos 2:1 o al menos 3:1.

- 30 La cuchara comprende un canal de colada para recibir inicialmente y posteriormente repartir el metal fundido tras el tratamiento. Esto resulta particularmente beneficioso ya que permite que el metal sea vertido directamente desde la cuchara al interior de los moldes de colada, sin necesidad de operaciones de re-utilización de la cuchara. Esto presenta el beneficio doble de reducir la pérdida de temperatura y mejorar la productividad de la colada mediante la eliminación de una etapa en el procedimiento de colada.

- 35 Materiales refractarios apropiados incluyen los descritos por ejemplo en el documento EP 0675862B1 y en particular KALTEK (RTM) que es un revestimiento refractario fabricado de sílice, alúmina y magnesita que se encuentra unido por medio de un material orgánico tal como una resina fenólica. En una realización particular, la pared lateral continua es de construcción unitaria.

- 40 La cuchara se puede montar sobre una grúa o montacargas de horquilla u otra maquinaria con el fin de hacer pivotar la cuchara.

- 45 La cubierta de la cuchara puede ser una cubierta cilíndrica convencional o una cubierta solidificada adaptada a la forma del revestimiento de la cuchara. Si se emplea una cubierta cilíndrica convencional, es necesario que las superficies interior y exterior de la pared lateral continua tengan formas diferentes, es decir, que el revestimiento refractario no presente un espesor uniforme. Si se emplea una cubierta no cilíndrica, las superficies interior y exterior de la pared lateral continua pueden presentar la misma forma. Por ejemplo, cuando el revestimiento de la cuchara comprende una pared lateral que tiene un corte transversal triangular, la cubierta también puede presentar un corte transversal triangular, es decir, puede presentar forma de prisma triangular.

- 50 En una realización particular, la cubierta de la cuchara y el revestimiento de la cuchara presentan considerablemente la misma forma. Esto presenta la ventaja de que se puede emplear una cantidad mínima de material refractario. De manera alternativa, la cuchara puede comprender una cubierta de cuchara cilíndrica convencional. Esto puede resultar apropiado cuando se re-utiliza una cubierta cilíndrica convencional. Las eficacias del revestimiento de la cuchara compensarían, al menos parcialmente, el coste del material refractario adicional necesario para encajar el revestimiento de cuchara en el interior de la cubierta.

- 55 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento para el tratamiento de un metal fundido que comprende

cargar la cuchara del primer aspecto colocando un agente de tratamiento en la cavidad,

llenar la cuchara al tiempo que se encuentra en su posición horizontal hasta un nivel por debajo de la cavidad con metal fundido,

y pivotar la cuchara desde su posición vertical de manera que el metal fundido fluya sobre el agente de tratamiento en el interior de la cavidad.

5 En una realización particular, el procedimiento comprende hacer pivotar la cuchara más que 90° desde la posición horizontal, a través de la posición vertical hasta una posición de reparto en la que el metal fundido se reparte a través del canal de colada después del tratamiento. En otra realización, el procedimiento comprende hacer pivotar la cuchara aproximadamente 180° desde la posición horizontal, a través de la posición vertical, hasta la posición de reparto en la que el metal tratado es repartido.

10 En una realización particular, se llena la cuchara hasta un nivel que corresponde al plano a mitad de camino entre la parte superior y la parte inferior del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en posición horizontal.

El procedimiento de la presente invención resulta particularmente apropiado para la preparación de hierro dulce, en el caso de que el agente de tratamiento sea un nodularizador y el metal fundido sea hierro.

15 En una realización, el agente de tratamiento es un nodularizador que contiene magnesio. Nodularizadores apropiados incluyen magnesio puro, aleación de ferrosilicio y magnesio (aleación de MgFeSi), aleación de níquel-magnesio y briquetas de magnesio-hierro.

La cuchara y el procedimiento de la presente invención se pueden usar para la producción tanto de hierro dúctil (grafito esferoidal) como de hierro vermicular (grafito compactado).

20 El procedimiento puede comprender la inoculación de metal fundido después de la reacción con el agente de tratamiento (por ejemplo, el nodularizador). Los inoculantes son aleaciones añadidas en cantidades pequeñas para inducir la nucleación eutéctica del grafito. Inoculantes apropiados incluyen los basados en ferrosilicio y en siliciuro de calcio.

25 El procedimiento puede comprender la preparación del metal fundido antes de la reacción con el agente de tratamiento. Se piensa que el agente de preparación evita la actividad de oxígeno del metal fundido de forma que el tratamiento posterior resulte más satisfactorio. Agentes de preparación apropiados incluyen los descritos en el documento WO 2008/012492.

A continuación se describen realizaciones de la invención a modo de ejemplo únicamente haciendo referencia a los dibujos adjuntos en los que:

30 La Figura 1A es una vista en perspectiva de una cuchara de acuerdo con una realización de la invención.
La Figura 1B es una vista en perspectiva y la Figura 1C es un corte transversal de la cuchara que se muestra en la Figura 1A durante el ensamblaje.
La Figura 1D y 1E son cortes transversales de dispositivos de conformación del ensamblaje de la cuchara que se muestra en la Figura 1A.
La Figura 1F es un corte transversal de la cuchara que se muestra en la Figura 1A.
35 La Figura 2A y 2B son dibujos esquemáticos de la cuchara que se muestra en la Figura 1A.
La Figura 3A y 3C muestran una cuchara de acuerdo con una realización de la invención.
La Figura 4A y 4B muestran una cuchara convencional a modo de comparación.
La Figura 5A a 5D muestran simulaciones que usan el soporte lógico MAGMASOFT (RTM).

40 La Figura 1A muestra una cuchara 10 de acuerdo con una realización de la invención. De manera general, la cuchara 10 comprende una cubierta 12 de acero tubular y un revestimiento 14 refractario generalmente tubular (parcialmente visible) en el interior de la cubierta 12. La cuchara 10 presenta una abertura 16 en su extremo superior y un proyección 18 en su extremo inferior. La forma de la cubierta 12 es complementaria a la forma exterior del revestimiento refractario 14 de manera que la proyección 18 corresponde a la forma de una cavidad (no visible) para albergar el agente de tratamiento. La cuchara también comprende una tapa 20 que se puede cerrar, cuya superficie interna define el segundo extremo del revestimiento refractario 14. La cubierta 12 y el revestimiento refractario 14 sobresalen hacia el extremo superior, adyacente a la abertura 16 para formar un canal de colada 17. La cuchara 10 se muestra en su posición vertical de manera que el canal de colada se encuentra en la parte superior de la cuchara y la cavidad se encuentra en la parte inferior de la cuchara. En esta configuración, el agente de tratamiento se puede introducir de forma sencilla en el interior de la cavidad por medio de la abertura 16.

50 La cuchara 10 está formada por dos partes como se muestra en las figuras 1B y 1C. El cuerpo principal de la cuchara 10a está fabricado colocando un dispositivo de conformación 22a dentro de la cubierta 12 y llenando el espacio entre la cubierta 12 y el dispositivo de conformación 22a con un material refractario (KALTEK (RTM)). Una vez que el material refractario solidifica, se retira el dispositivo de conformación 22a. De manera similar, la parte de proyección de la cuchara 10b está fabricada colocando otro dispositivo de conformación 22b en la cubierta que
55 corresponde a la proyección 18 y llenando el espacio entre el dispositivo de conformación 22b y la proyección 18 con un material refractario. Se entiende que las superficies externas de los dispositivos de conformación 22a, 22b

corresponden a la forma del interior del revestimiento 14 refractario de la cuchara. Posteriormente, las dos partes 10 a, b se unen la una a la otra.

La Figura 1C muestra un corte transversal de la cuchara 10 antes de que se hayan retirado los dispositivos de conformación 22a, 22b y sin la tapa 20. El revestimiento refractario 14 comprende una pared 24 lateral continua, un extremo inferior 26 (un primer extremo) y debido a que la tapa 20 no se encuentra ajustada, la cuchara se encuentra completamente abierta en su extremo superior. La parte más superior de la pared lateral continua define la posición en la que se encaja la tapa 20 (el segundo extremo 28). El revestimiento 14 de la cuchara comprende una cavidad 30 para albergar el agente de tratamiento. La cavidad 30 se extiende desde el primer extremo 26. Esto proporciona la ventaja de que existe una mayor cabeza del metal por encima del agente de tratamiento. Nótese que las paredes de la cavidad 30 son más gruesas que la pared lateral continua 24. La pared más gruesa proporciona un aislamiento adicional para la vaporización del agente de tratamiento.

La altura del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical se encuentra marcada con x. La altura del espacio interior cuando la cuchara pivota para colocarse en su posición horizontal se encuentra marcada con y. La profundidad de la cavidad se encuentra marcada con z. En esta realización, los valores aproximados de x, y y z son 1380 mm, 640 mm y 480 mm, respectivamente. Además, la proporción de x : y es de aproximadamente de 2,2:1 y la proporción de x : z es de aproximadamente 2,9:1.

La Figura 1D muestra un corte transversal del dispositivo de conformación 22a. La superficie externa del dispositivo de conformación 22a define la superficie interior de la pared lateral continua 24 y además el corte transversal del espacio interior. El corte transversal del dispositivo de conformación 22a está basado en un triángulo equilátero en el que las esquinas han sido redondeadas y los lados están doblados hacia afuera.

La Figura 1E muestra un corte transversal del dispositivo de conformación 22b. La superficie externa del dispositivo de conformación 22b define las paredes de la cavidad 30. En esta realización, el corte transversal del dispositivo de conformación 22b está relacionado con el corte transversal del dispositivo de conformación 22a (mostrado con líneas discontinuas). De nuevo, el corte transversal del dispositivo de conformación 22b es aproximadamente triangular. Se entiende que la cavidad 30 puede presentar un corte transversal diferente, por ejemplo, un corte transversal circular. No obstante, se piensa que un corte transversal triangular puede resultar ventajoso ya que contribuye a retener el agente de tratamiento en el interior de la cavidad 30 cuando la cuchara pivota desde la posición vertical hasta la posición horizontal.

La figura 1F muestra un corte transversal de la parte principal de la cuchara 10a que comprende la cubierta 12 y la pared 24 lateral refractaria. La pared lateral 24 está basada en un triángulo equilátero (mostrado con líneas de puntos) en el que cada esquina hace contacto con la pared lateral 24. En esta realización, la longitud de cada lado del triángulo es de aproximadamente 740 mm, de manera que la proporción de la altura del espacio interior, cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical (marcada con x en la figura 1C), con respecto a la longitud de una parte de la pared lateral es de aproximadamente 1,8:1. El triángulo comprende un círculo inscrito (también mostrado como una línea de puntos). En esta realización, el círculo inscrito presenta un diámetro de aproximadamente 427 mm de manera que la proporción de la altura del espacio interior, cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical (marcada con x en la figura 1C) con respecto a la longitud del diámetro del círculo es de aproximadamente 3,2:1.

Las proporciones de la cuchara que se muestra en las Figuras 1A a 1F se consideran particularmente beneficiosas para el tratamiento del metal con el agente de tratamiento, combinando una buena retención de calor con un tratamiento eficaz.

Las Figuras 2A y 2B son dibujos esquemáticos de la cuchara 10 que se muestra en la Figura 1A en su posición horizontal. La cuchara 10 comprende un primer extremo 26, un segundo extremo 28 y una pared 24 lateral continua, como se ha descrito previamente. En esta configuración horizontal, la parte superior de la pared lateral define la parte superior 40 del espacio interior y la parte inferior de la pared lateral define la parte inferior 42 del espacio interior. Se muestra un plano vertical 44 intermedio entre el primer y el segundo extremos. El plano vertical se escoge de forma que se encuentra más próximo al primer extremo 26 que al segundo extremo 28 ya que esto corresponde a una posición en la que la pared 24 lateral continua presenta una forma regular. Se muestra un plano horizontal 46 a mitad de camino entre la parte superior 40 y la parte inferior 42 del espacio interior. El volumen del espacio interior definido entre la parte inferior del espacio interior 42, el primer extremo 26, el plano 46 a mitad de camino y el plano vertical 44 está marcado con I (el volumen inferior). El volumen del espacio interior definido entre la parte superior del espacio interior 40, el primer extremo 26, el plano 46 a mitad de camino y el plano vertical 44 se encuentra marcado con II (el volumen superior). En referencia a la Figura 2A, los volúmenes I y II parecen que son iguales pero, a partir de la Figura 2B, está claro que el volumen I es mayor que el volumen 2, debido a la forma del corte transversal de la pared 24 lateral continua.

La forma de prisma triangular de la cuchara de acuerdo con una realización de la presente invención resulta ventajosa en comparación con la cuchara cilíndrica, en términos de pérdida de calor del metal cuando se encuentra en posición horizontal y de una mayor cabeza del metal sobre el agente de tratamiento cuando se encuentra en posición vertical (la segunda posición). Como resulta evidente a partir del dibujo esquemático de la Figura 2B, si se

llena la cuchara hasta la mitad, la superficie del metal expuesta al aire será menor que en una cuchara cilíndrica comparable. De manera similar, cuando se hace pivotar la cuchara desde la posición horizontal hasta la posición vertical, la altura de metal es mayor que la de una cuchara cilíndrica comparable.

Ejemplo 1 y Ejemplo Comparativo 1: Simulaciones

- 5 Con el fin de evaluar de forma precisa la tasa de pérdida de calor de una cuchara de acuerdo con una realización de la presente invención (Ejemplo 1), los inventores diseñaron dos cucharas, Ejemplo 1 (de acuerdo con una realización de la invención) y otra cuchara a modo de comparación (Ejemplo Comparativo 1) y llevaron a cabo simulaciones usando la herramienta de simulación MAGMASOFT. MAGMASOFT es una herramienta de simulación líder suministrada por MAGMA Gießereitechnologie GmbH que modeliza el llenado del molde y la solidificación de las coladas. Típicamente se usa en fundiciones para evitar ensayos de fundición costosos y prolongados.

- 10 La cuchara del Ejemplo 1 se muestra en la Figura 3A (posición vertical) y en las Figuras 3B y 3C (posición horizontal). El espacio interior presenta un corte transversal considerablemente triangular. El Ejemplo Comparativo 1 se muestra en la Figura 4A (posición vertical) y en las Figuras 4B y 4C (posición horizontal). El espacio interior presenta un corte transversal circular. La líneas de puntos se muestra en cada figura para demostrar el nivel de metal fundido cuando se llenan las cucharas hasta sus capacidades de trabajo. La tabla siguiente muestra una comparación de las propiedades de las dos cucharas.

	Ejemplo 1	Ejemplo Comparativo 1
Capacidad de trabajo (kg)	3000	3000
Área superficial total del volumen de metal (mm ²)	3719746	3892335
Área superficial superior (mm ²)	1028446	1354917
Altura de metal – horizontal (mm)	417,7	427
Altura de metal – vertical (mm)	897	747
Módulo geométrico (volumen/área superficial) (cm)	11,5	11

- 20 Como puede verse, incluso aunque ambas cucharas contengan las misma cantidad de metal, se llena a diferentes niveles debido a sus formas diferentes. En la posición horizontal, el metal se llena hasta una altura similar en ambos casos, pero cuando las cucharas se rotan hasta la posición vertical, la altura del metal es mucho mayor para el Ejemplo 1 que para el Ejemplo Comparativo 1. La mayor altura del metal por encima del agente de tratamiento vaporizable significa que el agente de tratamiento vaporizable debe viajar a través de más metal y por tanto es más probable que permanezca en el interior del metal fundido, dando lugar a mayores tasas de recuperación.

- 25 Además, el área de superficie total del metal (en contacto con el aire o con las paredes de la cuchara) y el área superficial superior del metal (en contacto con el aire) es menor para el Ejemplo 1 que para el Ejemplo Comparativo 1. Esto corresponde a un mayor módulo para el Ejemplo 1 que para el Ejemplo Comparativo 1. Por tanto, el metal fundido de la cuchara del Ejemplo 1 se enfriaría mucho más rápidamente que el metal fundido de la cuchara del Ejemplo Comparativo 1.

- 30 En las simulaciones, se modelizó la cuchara de manera que contuviera acero fundido y que presentar un revestimiento refractario con propiedades aislantes como las del material KALTEK (RTM). El modelo considera que el material de frontera por encima del metal es aire. La simulación se llevó a cabo a dos temperaturas de comienzo diferentes (1400 °C y 1580 °C) para el revestimiento refractario. Los resultados después de 240 segundos se muestran en las figuras 5A a 5D. El resultado de la simulación es un diagrama de contorno conformado del metal, siendo la oscuridad del sombreado inversamente proporcional a la temperatura del metal líquido, es decir, cuanto más oscura sea la zona sombreada más frío se encuentra el metal – los valores actuales vienen indicados por la temperatura clave en la simulación.

- 35 La Figura 5A y 5B muestran la temperatura superficial del metal cuando el revestimiento refractario presenta una temperatura de partida de 1400 °C para el Ejemplo 1 y para el Ejemplo Comparativo 1 respectivamente. La temperatura superficial del metal es mayor para la cuchara de la invención que para el ejemplo comparativo, incluso aunque ambas cucharas contengan la misma cantidad de metal y presenten idénticas temperaturas de partida. Esto se observa por la mayor proporción de contornos más oscuros (sombreado) de la superficie metálica de la Figura 5B en comparación con 5A ya que cuanto más oscuro sea el sombreado más frío se encuentra el metal.

Las Figuras 5C y 5D muestran la temperatura superficial del metal cuando el revestimiento refractario presenta una temperatura de partida de 1580 °C para el Ejemplo 1 y para el Ejemplo Comparativo 1 respectivamente. De nuevo, la temperatura superficial del metal es mayor para la cuchara de la invención que para el ejemplo comparativo, como se muestra por el sombreado más claro de la figura 5C en comparación con la figura 5D. Esto demuestra que la

Ejemplo 2 y Ejemplo Comparativo 2 – preparación de hierro dúctil

Se preparó hierro dúctil usando una cuchara de acuerdo con una realización de la invención (Ejemplo 2) y una cuchara de artesa refractaria estándar (Ejemplo Comparativo 2). En cada caso, se trató el hierro fundido con aleación de magnesio ferrosilicio (FeSiMg). Se midió la recuperación de magnesio después de 4 y 9/10 minutos. Se

$$\% \text{ de recuperación de Mg} = (0,76 \cdot (\% \text{ S en el metal de base} - \% \text{ de S residual}) + \% \text{ Mg residual}) \times 100 / \% \text{ de Mg añadido}$$

Ejemplo 2

Se colocó la cuchara 10 que se muestra en la Figura 1A en posición vertical con la cavidad 18 en el punto más inferior. Posteriormente se introdujeron 20,8 kg de aleación de magnesio ferrosilicio (5,38 % de Mg) en el interior de la cavidad usando un embudo de cuello largo colocado en la abertura. Tras haber introducido el agente de tratamiento se rotó 90° la cuchara hasta una posición horizontal. Posteriormente se llenó la cuchara con 1600 kg de hierro fundido a una temperatura de 1480 °C. A continuación, se rotó la cuchara de nuevo hasta la posición vertical de forma que el hierro fundido fluyera hacia el interior de la cavidad. Se observó una llama de color blanco a medida que el hierro fundido reaccionaba con la aleación de magnesio. Se vertió el metal fuera de la cuchara inclinándola y vertiendo fuera del canal de colada 17. Los resultados se muestran a continuación.

Ejemplo Comparativo 2

Se colocaron 14,4 kg de aleación de magnesio ferrosilicio (5,38% de Mg) en un rebaje de una cuchara con artesa refractaria estándar y se vertieron 800 kg de hierro fundido a una temperatura de 1500 °C (práctica estándar) en el interior de la cuchara. Los resultados se muestran a continuación.

	Ejemplo 2		Ejemplo Comparativo 2	
	4 minutos	10 minutos	4 minutos	9 minutos
Mg residual (%)	0,0550	0,0474	0,0450	0,0350
S antes del tratamiento (%)	0,0140	0,0140	0,0070	0,0070
S después del tratamiento (%)	0,0110	0,0104	0,0046	0,0040
Mg añadido (%)	0,06994	0,06994	0,09684	0,09684
Recuperación de Mg (%)	82	72	48	38

Se considera que la recuperación de magnesio es mayor para el Ejemplo 2 que para el Ejemplo Comparativo 2. Por tanto, parece que la cuchara de acuerdo con una realización de la presente proporciona mejores tasas de recuperación que la cuchara de artesa refractaria estándar.

REIVINDICACIONES

1. Una cuchara de tratamiento que comprende una cubierta de cuchara que contiene un revestimiento de cuchara refractario y generalmente tubular, pudiendo dicha cuchara pivotar entre una posición horizontal y una posición vertical,
- 5 presentando dicho revestimiento de cuchara un primer extremo y un segundo extremo con una pared lateral continua entre ellos, estando definido un espacio interior entre dicho primer y segundo extremos y la pared lateral continua, comprendiendo dicho revestimiento de cuchara de manera adicional una cavidad para albergar un agente de tratamiento, estando dicha cavidad ubicada adyacente al primer extremo y en comunicación fluida con el espacio interior y colocada más próxima a la parte superior que a la parte inferior del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición horizontal y más próxima a la parte inferior que a la parte superior del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical, y un canal de colada para recibir y verter el metal fundido ubicado más próximo a la parte superior que a la parte inferior del espacio interior cuando al cuchara se encuentra en sus posiciones horizontal y vertical,
- 10 en la que en la posición horizontal, el volumen menor del espacio interior definido por debajo de un plano a mitad de camino entre el parte superior y la parte inferior del espacio interior y entre el primer extremo y un plano vertical intermedio entre el primer y segundos extremos es mayor que el volumen superior del espacio interior definido por encima del plano a mitad de camino y entre el primer extremo y dicho plano vertical.
2. La cuchara de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la cavidad se extiende desde el primer extremo del revestimiento de la cuchara hacia fuera del espacio interior.
- 20 3. La cuchara de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que la proporción del volumen inferior con respecto al volumen superior es de al menos 1,5:1.
4. La cuchara de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la proporción de la altura del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical con respecto a la altura del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición horizontal es de al menos 2:1.
- 25 5. La cuchara de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la proporción de la altura del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical con respecto a la altura del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición horizontal no es más que 6:1.
6. La cuchara de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cavidad se extiende desde el primer extremo del revestimiento de la cuchara hacia fuera del espacio interior y la proporción de la altura del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical con respecto a la longitud de la cavidad es de al menos 2:1.
- 30 7. La cuchara de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la pared lateral está definida por tres o más partes de pared de forma que el corte transversal de la pared lateral continua sea considerablemente poligonal.
- 35 8. La cuchara de acuerdo con la reivindicación 7, en la que la pared lateral continua está definida por tres partes de pared, de forma que el corte transversal de la pared lateral continua sea considerablemente triangular.
9. La cuchara de acuerdo con la reivindicación 7 ó 8, en la que las esquinas del polígono son redondeadas y/o los lados del polígono están curvados hacia afuera.
- 40 10. La cuchara de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la pared lateral continua está definida por tres partes de pared lateral, de manera que el corte transversal de la pared lateral es considerablemente triangular y la proporción de la altura del espacio interior cuando la cuchara se encuentra en su posición vertical con respecto a la longitud de al menos una de las partes de la pared lateral es de al menos 1,5:1.
11. La cuchara de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la pared lateral es de construcción unitaria.
- 45 12. La cuchara de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cubierta de la cuchara y el revestimiento de la cuchara presentan considerablemente la misma forma.
13. Un procedimiento para el tratamiento de metal fundido que comprende cargar la cuchara de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 colocando un agente de tratamiento en la cavidad,
- 50 llenar la cuchara con metal fundido mientras se encuentra en su posición horizontal hasta un nivel por debajo de la cavidad, y pivotar la cuchara hasta su posición vertical de manera que el metal fundido fluya sobre el agente de tratamiento de la cavidad.
14. El procedimiento de la reivindicación 13, en el que la cuchara se pivota más que 90° desde la posición horizontal,

a través de la posición vertical hasta una posición de reparto en la que el metal tratado es repartido a través del canal de colada.

15. El procedimiento de la reivindicación 13 ó 14, en el que el agente de tratamiento es un nodularizador.

FIG 1A

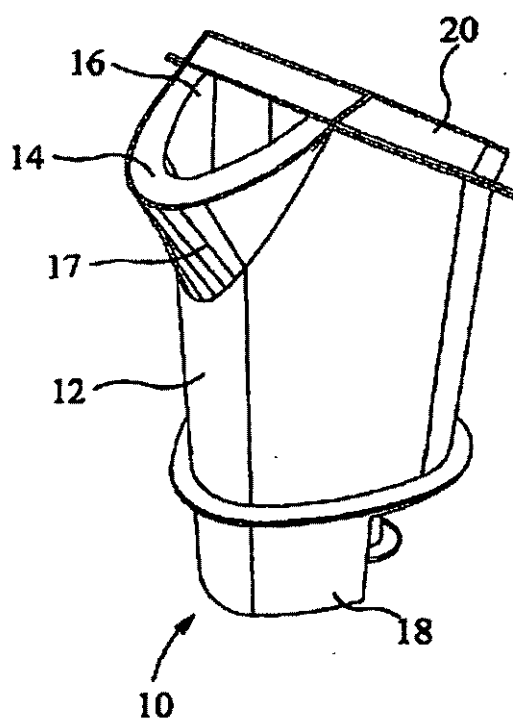


FIG 1B

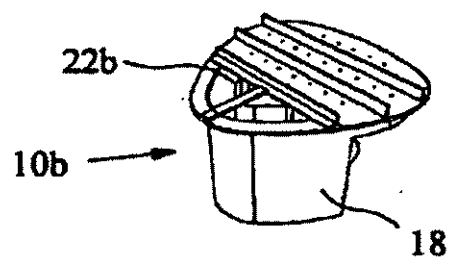
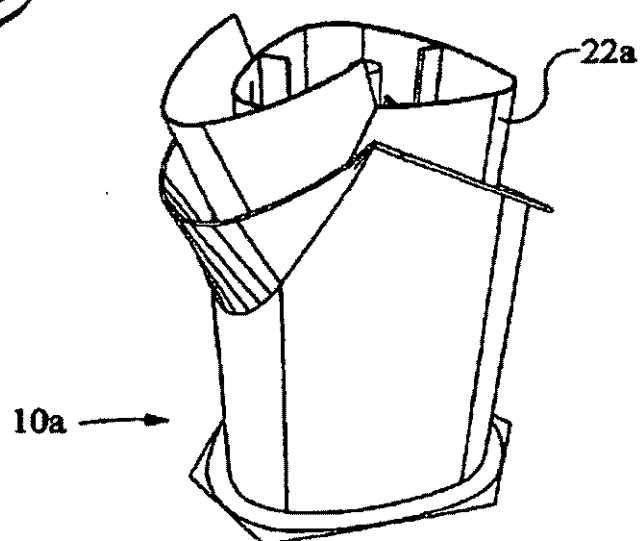


FIG 1C

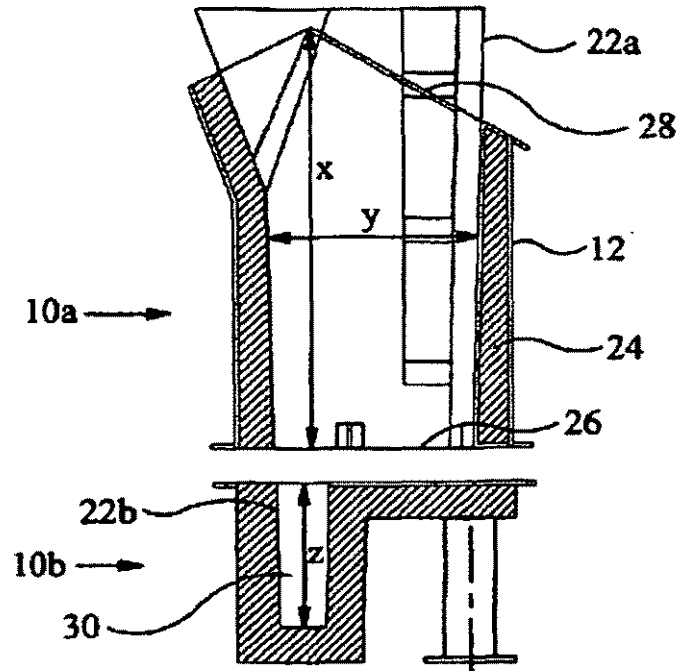


FIG 1D

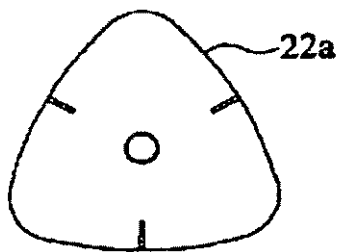


FIG 1F

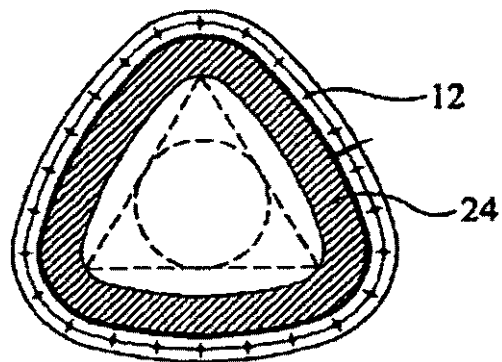
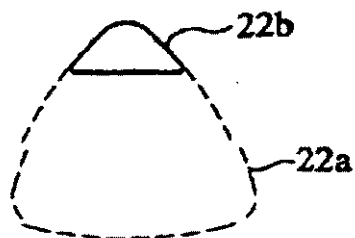


FIG 1E



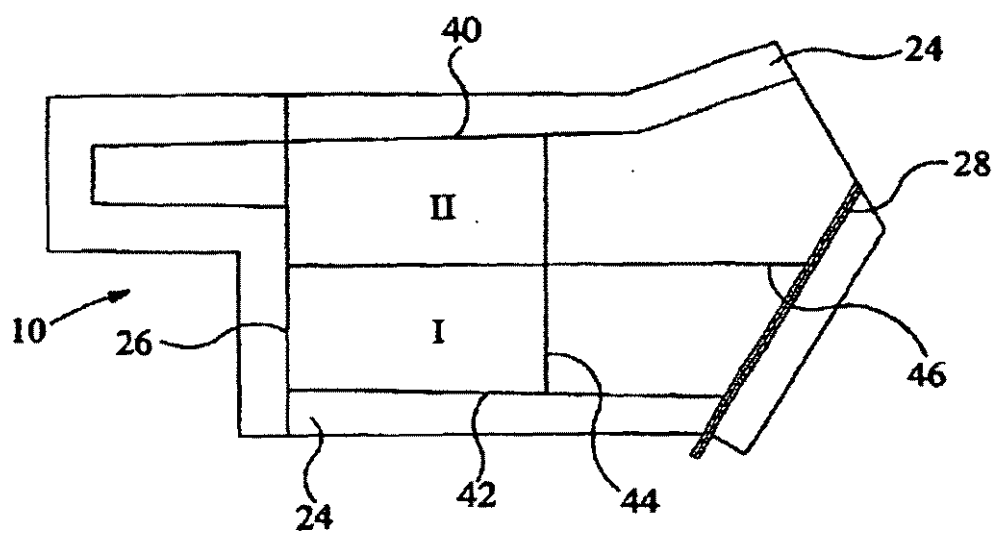


FIG 2A

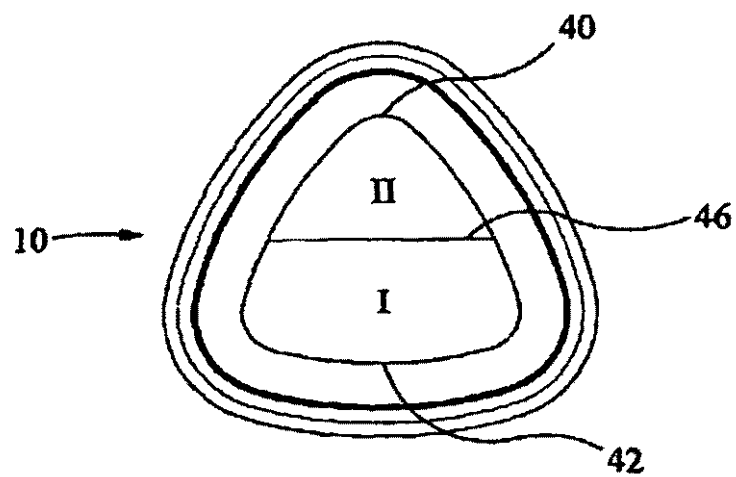


FIG 2B

FIG 3A

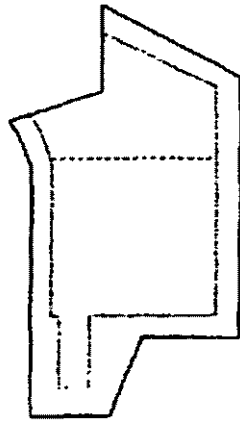


FIG 4A

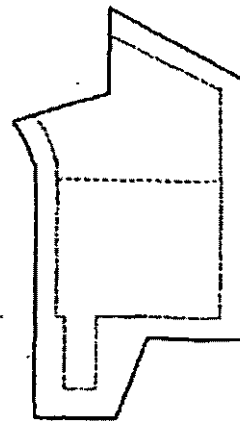


FIG 3B

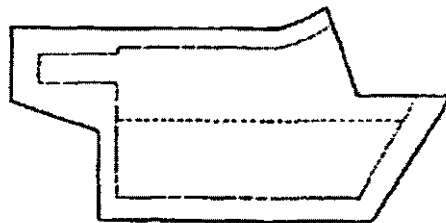


FIG 4B

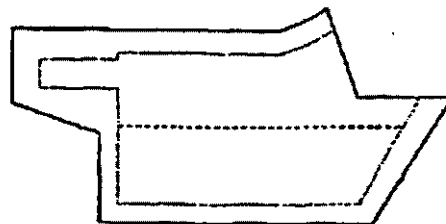


FIG 3C

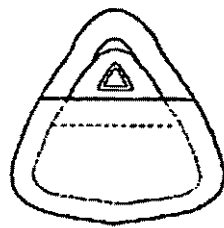


FIG 4C

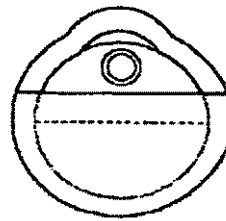


FIG 5A

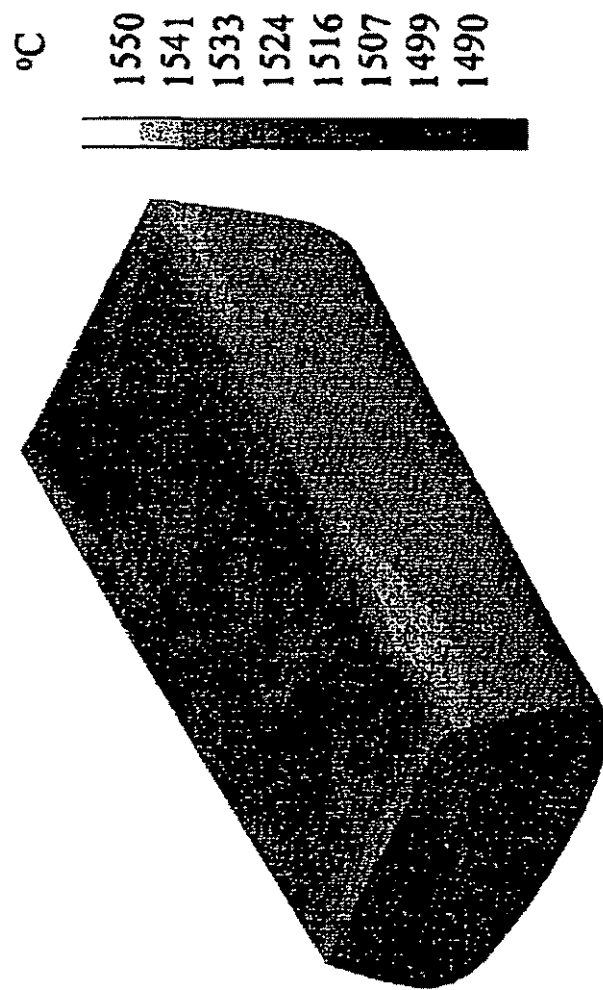


FIG 5B

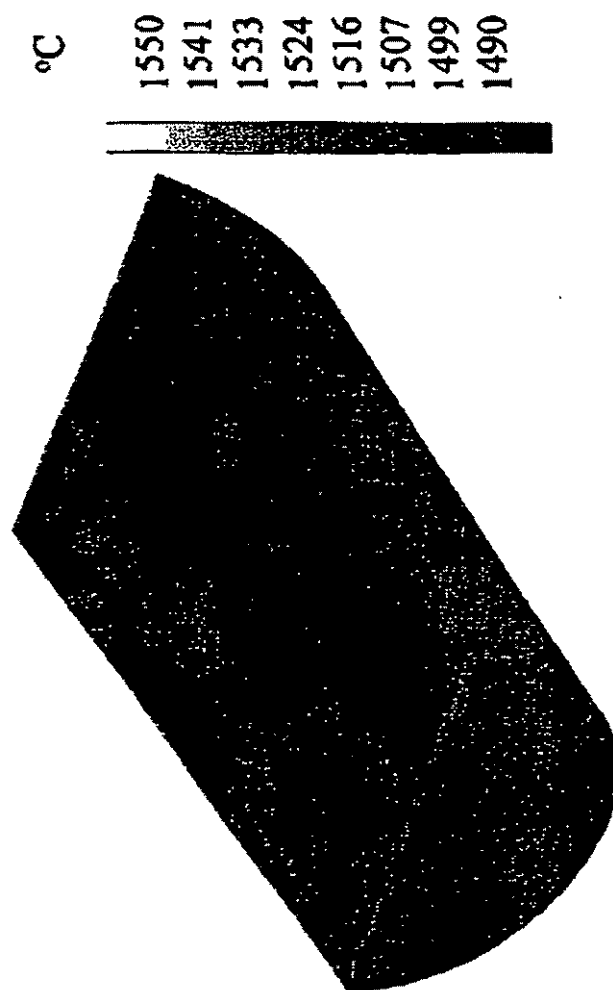


FIG 5C

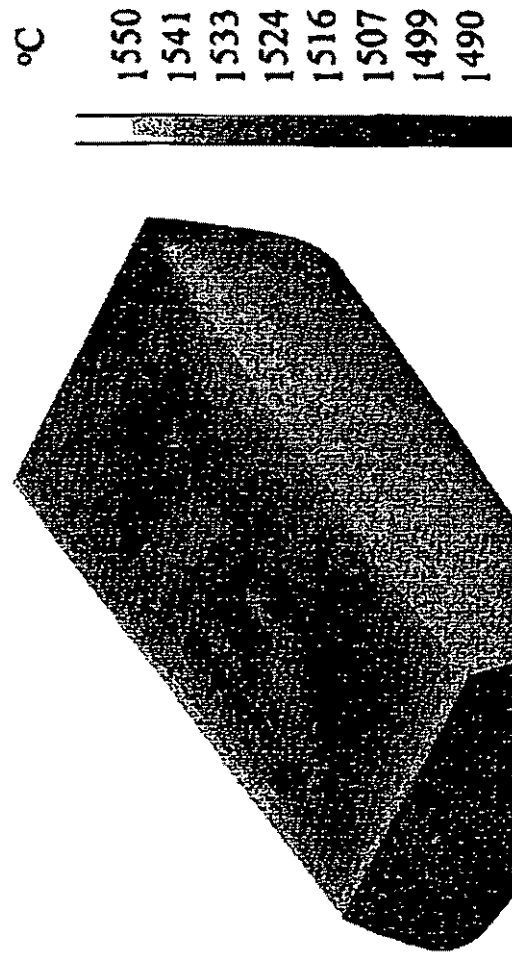


FIG 5D

