

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 795 843**

51 Int. Cl.:

B22D 41/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.02.2016 PCT/US2016/019280**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.09.2016 WO16153693**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2016 E 16769260 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2020 EP 3274111**

54 Título: **Revestimiento de recipiente metalúrgico con estructura de perforación configurada**

30 Prioridad:

24.03.2015 US 201562137498 P

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

24.11.2020

73 Titular/es:

**VESUVIUS U S A CORPORATION (100.0%)
1404 Newton Drive
Champaign, IL 61822, US**

72 Inventor/es:

**MADDALENA, ROGER;
SIMOES, JOSE;
PATEL, BABU y
PILLAI, SUNILKUMAR C.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 795 843 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

Revestimiento de recipiente metalúrgico con estructura de perforación configurada

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere en general a líneas de formación de metal tales como líneas de colada de metal en continuo. En particular, se refiere a un revestimiento para un recipiente metalúrgico, tal como una artesa, capaz de reducir sustancialmente la formación de inclusiones de óxido en la masa fundida de metal.

Antecedentes de la invención

10 En los procesos de formación de metal, la masa fundida de metal se transfiere de un recipiente metalúrgico a otro, a un molde o a una herramienta. Por ejemplo, una artesa de gran capacidad se alimenta regularmente con una masa fundida de metal mediante una cuchara que transfiere la masa fundida de metal desde un horno a la artesa. Esto permite la colada continua de metal desde la artesa a una herramienta o molde. El flujo de masa fundida de metal fuera de los vasos metalúrgicos es impulsado por la gravedad a través de sistemas de boquillas ubicados en el fondo de los recipientes, generalmente provistos de un sistema de compuerta para controlar (abrir o cerrar) el flujo de masa fundida de metal a través de dicho sistema de boquillas. Para resistir las altas temperaturas de las masas fundidas de metal, las paredes de los recipientes están revestidas con material refractario.

15 Las masas fundidas de metal, en particular el acero, son altamente reactivas a la oxidación y, por lo tanto, deben protegerse de cualquier fuente de especies oxidativas. A menudo se agregan pequeñas cantidades de aluminio para pasivar el hierro en el caso de que las especies oxidativas entren en contacto con la masa fundida. En la práctica, parece que a menudo esto no es suficiente para evitar la formación de inclusiones de óxido en la masa fundida que producen defectos en una parte final producida a partir de la masa fundida. Se ha descrito que una colada de acero de 10 kg puede contener hasta mil millones de inclusiones no metálicas, la mayoría de las cuales son óxidos. Las inclusiones deben eliminarse de la parte final mediante rectificado o corte; estos procedimientos aumentan el costo de producción y generan grandes cantidades de chatarra.

20 Las inclusiones pueden ser el resultado de reacciones con la masa fundida de metal; estas inclusiones se conocen como inclusiones endógenas. Las inclusiones exógenas son aquellas en las que los materiales no proceden de la masa fundida de metal, tales como arena, escoria y restos de las boquillas; las inclusiones exógenas son generalmente más gruesas que las inclusiones endógenas.

25 Las inclusiones endógenas comprenden principalmente óxidos de hierro (FeO), aluminio (Al₂O₃), y del resto de los componentes presentes en, o en contacto con la masa fundida, tales como MnO, Cr₂O₃, SiO₂, TiO₂. Otras inclusiones pueden comprender sulfuros y, en menor medida, nitruros y fosfuros. Dado que las masas fundidas de metal están a temperaturas muy altas (del orden de 1600 °C para aceros con bajo contenido de carbono) está claro que la reactividad de un átomo de hierro con un óxido es muy alta y no se puede evitar la reacción.

30 Hasta la fecha, la mayoría de las medidas para reducir la presencia de inclusiones en una colada de acero es retenerlas en el recipiente metalúrgico en el que se formaron. La presente invención propone una solución radicalmente diferente al reducir sustancialmente la formación de inclusiones endógenas en un recipiente metalúrgico con medios simples, confiables y económicos.

Sumario de la invención

35 La presente invención está definida por las reivindicaciones independientes adjuntas. Las reivindicaciones dependientes definen varias realizaciones. En particular, la presente invención se refiere a un revestimiento para un recipiente metalúrgico para la colada de una masa fundida de metal. Los ejemplos de tales recipientes metalúrgicos comprenden un fondo, rodeado de paredes sobre todo el perímetro de dicho fondo, y una salida, o múltiples salidas, localizadas en dicho fondo, caracterizadas porque al menos una porción del fondo y/o de las paredes comprende medios para crear en la colada una capa amortiguadora de la oxidación en una interfase de la masa fundida de metal que se extiende desde la interfaz entre la masa fundida de metal y las paredes y el fondo del recipiente metalúrgico, de modo que durante la colada, el caudal de metal en dicha capa amortiguadora de la oxidación es sustancialmente nulo, y la concentración de inclusiones endógenas, en particular óxidos, en dicha capa amortiguadora de la oxidación es sustancialmente mayor que en la mayor parte de la masa fundida de metal.

40 En una realización particular, la estructura para crear durante la colada una capa amortiguadora de la oxidación comprende una capa de inmovilización porosa que recubre dicho fondo y al menos algunas de las paredes del recipiente, teniendo dicha capa de inmovilización una porosidad abierta, con poros o perforaciones de diámetro y energía superficial tal como para permitir la penetración en la misma de una masa fundida de metal, estando dicha capa de inmovilización porosa hecha de un material sustancialmente no oxidativo con respecto a dicha masa fundida

de metal. El metal puede permanecer en forma fundida en la capa de inmovilización, o puede convertirse parcial o completamente al estado sólido en la capa de inmovilización. Una perforación es un canal o paso a través de una capa, lo que permite que un fluido pase de un lado de la capa al otro. La masa fundida de metal que penetra en la porosidad o perforación de esta capa de inmovilización queda atrapada en la estructura porosa o perforada, que actúa como una jaula; el caudal se vuelve sustancialmente nulo. Como está en contacto estrecho con el material refractario que recubre las paredes y el fondo de un recipiente metalúrgico, dicho material refractario se identifica como una fuente importante de reactivos para la formación de inclusiones endógenas, ya sea por difusión del aire ambiente o por reacción de algunos de sus componentes, la capa de metal atrapada en la capa de inmovilización comprende una concentración de inclusiones endógenas mucho más alta que el grueso de la masa fundida de metal.

La capa de inmovilización perforada o altamente porosa o la estructura de panal pueden estar hechas de materiales tales como magnesia, alúmina, circonia, mullita, y combinaciones de estos materiales.

En otra realización particular de la invención, la estructura porosa o perforada está configurada para tener una pluralidad de regiones planas, ortogonales a una dirección de porosidad pasante, que tienen valores numéricos diferentes de poro o área de perforación. En un ejemplo de esta realización de la invención, la estructura porosa o perforada contiene poros o perforaciones individuales que tienen un área transversal de poro o perforación más grande adyacente a una cara de la estructura de poro o perforación, y un área transversal de poro o perforación más pequeña adyacente a otra cara del poro o estructura de perforación.

Breve descripción de las figuras

Diversas realizaciones de la presente invención se ilustran en las Figuras adjuntas:

- La Figura 1 muestra esquemáticamente los diversos componentes de una línea de colada de metal en continuo típica;
- La Figura 2 muestra esquemáticamente las definiciones de los términos utilizados para describir la geometría de un recipiente metalúrgico de acuerdo con la presente invención;
- La Figura 3 es un dibujo en perspectiva de un recipiente metalúrgico que contiene una estructura de revestimiento de acuerdo con la presente invención;
- La Figura 4 muestra una representación esquemática del caudal de metal, Q y la concentración de óxido de hierro en función de la distancia desde una pared o fondo de un recipiente metalúrgico de acuerdo con la presente invención;
- La Figura 5 muestra esquemáticamente las definiciones de los términos utilizados para describir la geometría de un recipiente metalúrgico de acuerdo con la presente invención; y
- La figura 6 es un dibujo en perspectiva de una parte de una estructura de sacrificio para usar en la colada de la estructura perforada de un revestimiento de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

Como se puede ver en la representación de un aparato de colada (10) en la Figura 1, una artesa generalmente está provista de una o varias salidas generalmente localizadas en uno o ambos extremos del recipiente, y lejos del punto donde se alimenta la masa fundida de metal (12) desde una cuchara (14). La masa fundida de metal sale de la cuchara (14) a través de una válvula de cuchara (16) y el sistema de boquilla de cuchara (18) hacia la artesa (20), y sale del artesa 20 a través de la válvula de artesa (24) y el sistema de boquilla de artesa (26) hacia el molde (28). Una artesa actúa como una bañera con grifo abierto y salida abierta, creando flujos de masa fundida de metal dentro de la artesa. Estos flujos contribuyen a una homogeneización de la masa fundida de metal y también a la distribución dentro del grueso de la masa de cualquier inclusión. Con respecto a las inclusiones endógenas, se sospechaba que la velocidad de reacción (principalmente oxidación) está fuertemente controlada por la difusión de moléculas reactivas. Esta suposición fue confirmada por un experimento, en el que una masa fundida de acero con bajo contenido de carbono se mantuvo en un crisol colocado en una cámara de acondicionamiento sin oxígeno. Se introdujo una tubería en dicha masa fundida de metal y se inyectó oxígeno a baja velocidad. Después de un tiempo, la masa fundida de metal se dejó solidificar y se analizó la composición del lingote así obtenido. Como cabía esperar, la región oxidada se limitaba a una pequeña región alrededor de la salida de la tubería de oxígeno, confirmando así la suposición de que la reacción de oxidación está fuertemente controlada por difusión. De ello se deduce que si se puede detener el flujo de metal, la oxidación también se detendría. Como es evidente, esto no es posible en una operación de colada continua que, como su nombre indica, se caracteriza por un flujo continuo de la masa fundida de metal.

La segunda suposición que condujo a la presente invención fue que los reactivos de oxidación se originan en las paredes y el fondo del recipiente metalúrgico. En particular, se cree que los reactivos de oxidación provienen de dos fuentes principales:

- (a) Óxidos reactivos del revestimiento refractario, en particular silicatos tales como la olivina ((Mg,Fe)₂SiO₄); y
- (b) El aire y la humedad se difunden desde el ambiente a través del revestimiento refractario del recipiente

metalúrgico y emergen en la superficie del fondo y las paredes de dicho recipiente (por ejemplo, una artesa).

Esta segunda suposición fue validada por pruebas de laboratorio.

La solución, por lo tanto, procedió de estos dos supuestos de partida:

- (a) La velocidad de la reacción de oxidación del metal está controlada por difusión, y
- 5 (b) Los reactivos de oxidación del metal se alimentan a la masa fundida desde las paredes y el fondo de un recipiente metalúrgico.

Los inventores han propuesto la siguiente solución para prevenir la formación de inclusiones endógenas en la mayor parte de la masa fundida de metal. Si fuera posible inmovilizar los átomos que forman la masa fundida de metal cerca de la fuente de especies oxidativas, es decir, las paredes y el fondo de un recipiente metalúrgico, se formaría una "capa pasivante" o una "capa amortiguadora" que se dejaría oxidar pero, dado que la difusión es muy lenta y carece de flujo significativo, la reacción de oxidación no se extendería a la mayor parte de la masa fundida de metal. Este principio se ilustra esquemáticamente en la Figura 4, en donde el caudal, Q , de la masa fundida de metal es sustancialmente cero en una distancia, δ , desde la pared o el fondo revestido con un material refractario. Esta interfase de grosor, δ , se denomina en el presente documento "capa amortiguadora de la oxidación". En dicha capa, la concentración de óxidos es sustancialmente mayor que en la mayor parte de la masa fundida de metal. La razón es que la fuente de especies de oxidación son las paredes y el fondo del recipiente metalúrgico. Dado que el caudal en la capa amortiguadora de oxidación es casi cero, la reacción de oxidación está controlada por difusión y, por lo tanto, no se propaga rápidamente. Por encima de dicha capa amortiguadora de la oxidación, sin embargo, el caudal de la masa fundida de metal aumenta y la reacción de oxidación se extendería más rápidamente pero, en ausencia de reactivos de oxidación, solo tienen lugar reacciones de oxidación muy limitadas por encima de la capa amortiguadora.

Está claro que aunque las reacciones de oxidación se han mencionado en la explicación anterior, lo mismo se aplica *mutatis mutandis* a otras reacciones como la formación de sulfuros, nitruros y fosfuros, cuyas velocidades de reacción con átomos como el Fe también se controlan por difusión.

Se pueden proponer varios dispositivos o medios para formar una capa amortiguadora de la oxidación. En una primera realización, el dispositivo tiene la forma de una estructura de revestimiento perforada. Esta estructura de revestimiento perforada puede ser monolítica o puede estar compuesta por una pluralidad de componentes. La estructura de revestimiento perforada se puede usar para revestir parte o la totalidad del fondo de un recipiente refractario, y se puede utilizar para revestir parte o la totalidad de las paredes de un recipiente refractario. Los poros o perforaciones de la estructura de revestimiento tienen un diámetro y energía superficial tal como para permitir la penetración en la misma de una masa fundida de metal. La estructura de revestimiento está hecha de un material sustancialmente no oxidativo con respecto a la masa fundida de metal.

La estructura de revestimiento debe estar hecha de un material que no sea reactivo con las masas fundidas de metal, en particular los aceros con bajo contenido de carbono. Ciertas realizaciones de la invención se caracterizan por la ausencia de silicatos. Los materiales utilizados para fabricar filtros de espuma de artesa son adecuados para fabricar la estructura de revestimiento de la presente invención. En particular, circonia, alúmina, magnesia, mullita y una combinación de estos materiales puede ser adecuada para formar la estructura de revestimiento de la presente invención y son de fácil acceso en el mercado.

Los poros o perforaciones de la estructura de revestimiento tienen una energía superficial de la pared compatible con el líquido metálico que se está colando, y permiten que la masa fundida de metal pase a través del grosor de la estructura de revestimiento hasta alcanzar volúmenes de captación dentro de la estructura de revestimiento, y el revestimiento refractario que forma las paredes internas y el fondo del recipiente metalúrgico. Los volúmenes de captación están configurados para maximizar el área de la masa fundida de metal en contacto con el revestimiento refractario. Los átomos metálicos en contacto con el revestimiento refractario entran en contacto con reactivos de oxidación, tales como el oxígeno o los componentes que se difunden desde el revestimiento refractario, y reaccionan formando rápidamente óxidos, en particular FeO en coladas de acero con bajo contenido de carbono. La masa fundida de metal, sin embargo, queda atrapada dentro de los poros o perforaciones, y volúmenes de captación, y no puede fluir. Dado que la diseminación controlada por difusión de las reacciones de oxidación es muy lenta en las masas fundidas de metal, la reacción se propagará de forma extremadamente lenta a través del grosor, δ , de la estructura de revestimiento. Por lo tanto, la masa fundida de metal que fluye sobre la estructura de revestimiento no se pone en contacto con los reactivos de oxidación hasta que la reacción de oxidación haya pasado por el grosor, δ , de la capa, lo que puede llevar más tiempo que una operación de colada.

De la explicación anterior queda claro que los materiales de espuma utilizados tradicionalmente como filtros en las operaciones de colada pueden usarse para formar una capa amortiguadora de la oxidación, pero no se pueden usar como filtros, a través de los cuales el metal entra y sale, sino para restringir el flujo de metal. En una realización de la presente invención, un primer material con una primera porosidad, o primera área de perforación transversal sumada,

se usa como una primera capa en contacto con el cuerpo de la masa fundida de metal, y un segundo material con una segunda porosidad, o segunda área transversal máxima sumada de volumen abierto, se usa como una segunda capa, dispuesta entre la primera capa y una tercera capa de refuerzo de una estructura de revestimiento. La segunda porosidad, o segunda área transversal máxima sumada de volumen abierto del segundo material en esta realización es mayor que la primera porosidad, o primera área de perforación transversal sumada, del primer material.

Como alternativa a los paneles de espuma, pueden usarse en ciertas realizaciones de la invención los paneles de panal. Estos se usan además de, y sobre, la capa de refuerzo y no como un sustituto de la capa de refuerzo. El eje de las celdas del panal (es decir, que se extiende de una abertura a la otra) debe ser normal a la pared o al fondo al que se aplica. Cada celda puede actuar, dependiendo de la posición en la que se usa el panel en el revestimiento, como una primera capa en la que las celdas actúan como poros o perforaciones y controlan el flujo de la masa fundida hasta una segunda capa con mayor porosidad o área de volumen de captación transversal medida en un plano paralelo al plano principal del panel, o como una segunda capa, en la que las celdas del panel actúan como volúmenes de captación y tienen, en resumen, un área transversal mayor que los volúmenes de captación, medido en un plano paralelo al plano principal del panel, que la primera capa superpuesta que tiene un área transversal de porosidad, medida en un plano paralelo al plano principal del panel. Las estructuras de panal se caracterizan por celdas hexagonales. También pueden ser adecuadas otras geometrías de celda, tales como las celdas que tienen secciones circulares o cuadradas. Para los paneles de panal pueden usarse circonia, alúmina, magnesia, mullita y combinaciones de las mismas.

En otra realización de la invención, un recipiente refractario que tiene una capa de refuerzo está provisto de costillas o protuberancias que se extienden hacia el interior del recipiente. Se instala una primera capa que tiene poros o perforaciones en el interior del recipiente refractario de modo que una superficie principal de la primera capa esté en contacto con las costillas o protuberancias de la capa de refuerzo. Las costillas o protuberancias están configuradas de modo que los volúmenes de captación se definan entre la superficie principal de la primera capa que se aleja del cuerpo de la masa fundida de metal y la superficie de la capa de refuerzo que se dirige hacia el cuerpo de la masa fundida de metal. La separación entre la superficie principal de la primera capa que se aleja del cuerpo de la masa fundida de metal y la superficie de la capa de refuerzo que se dirige hacia el cuerpo de la masa fundida de metal puede estar en el intervalo desde 1 mm hasta 50 mm, ambos inclusive, desde 1 mm hasta 30 mm, ambos inclusive, desde 1 mm hasta 20 mm, ambos inclusive, y desde 2 mm hasta 30 mm, ambos inclusive.

De acuerdo con la presente invención, una estructura de revestimiento para un recipiente refractario puede comprender (a) una primera capa que tiene una primera superficie principal de la primera capa y una segunda superficie principal de la primera capa dispuesta opuesta a la primera superficie principal de la primera capa, y (b) una segunda capa que tiene una primera superficie principal de la segunda capa y una segunda superficie principal de la segunda capa dispuesta opuesta a la primera superficie principal de la segunda capa, en donde la segunda superficie principal de la primera capa está en contacto con la primera superficie principal de la segunda capa, en donde la primera capa comprende una pluralidad de poros o perforaciones que van desde la primera superficie principal de la primera capa hasta la segunda superficie principal de la primera capa, en donde la segunda capa comprende al menos un volumen de captación, en donde el al menos un volumen de captación está en comunicación fluida con al menos un poro o perforación de la primera capa y en donde el al menos un volumen de captación está en comunicación fluida con la segunda superficie principal de la segunda capa; y en donde la suma de las áreas transversales de todos los poros o perforaciones de la primera capa es menor que la suma de las áreas transversales máximas de todos los volúmenes de captación de la segunda capa.

En realizaciones particulares de la invención, la primera capa y la segunda capa pueden comprender una única estructura monolítica. La estructura de revestimiento puede estar compuesta de circonia, alúmina, magnesia o mullita, y combinaciones de estos materiales. La suma de las áreas transversales máximas de todos los volúmenes de captación en la segunda capa puede ser al menos un factor de 10, al menos un factor de 30, al menos un factor de 100, al menos un factor de 300, al menos un factor de 1000, al menos un factor de 3000, o al menos un factor de 10000 mayor que la suma de las áreas transversales de todos los poros o perforaciones de la primera capa. La segunda capa puede comprender una pluralidad de estructuras de separación que sobresalen de la segunda superficie principal de la primera capa. La segunda capa puede comprender una pluralidad de nichos que tienen interiores y se abren en la dirección de la segunda superficie principal de la segunda capa, y los interiores de los nichos pueden comprender volúmenes de captación. La segunda capa puede comprender una pluralidad de ranuras que tienen interiores y se abren en la dirección de la segunda superficie principal de la segunda capa, y los interiores de los nichos pueden comprender volúmenes de captación. La segunda capa también puede comprender una pluralidad de estructuras de separación en comunicación con la primera capa y la tercera capa. Las estructuras de separación pueden tener cualquier geometría adecuada, tal como esferas, cilindros, secciones cónicas o prismas de polígonos. La primera capa y la tercera capa pueden estar provistas de geometrías receptoras para que las estructuras de separación se inmovilicen cuando la primera capa se instala con respecto a la tercera capa.

En realizaciones particulares de la invención, La primera capa tiene un grosor en intervalo desde 5 mm hasta 150 mm, ambos inclusive, en el intervalo desde 5 mm hasta 100 mm, ambos inclusive, en el intervalo desde 10 mm hasta 150 mm, ambos inclusive, o en el intervalo desde 10 mm hasta 100 mm, ambos inclusive. En realizaciones particulares

de la invención, la segunda capa tiene un grosor en intervalo desde 1 mm hasta 50 mm, ambos inclusive, en el intervalo desde 2 mm hasta 50 mm, ambos inclusive, en el intervalo desde 5 mm hasta 50 mm, ambos inclusive, en el intervalo desde 1 mm hasta 25 mm, ambos inclusive, en el intervalo desde 2 mm hasta 25 mm, ambos inclusive, y en el intervalo desde 5 mm hasta 25 mm, ambos inclusive.

5 La estructura de revestimiento de la presente invención puede incluir además una tercera capa o capa de refuerzo no perforada que tiene una primera superficie principal de la tercera capa en contacto o comunicación con la segunda superficie principal de la segunda capa. La segunda capa se puede formar a partir de, o tener un grosor definido por, una pluralidad de estructuras de separación que sobresalen de la primera superficie principal de la tercera capa.

10 Los poros o perforaciones en la primera capa pueden tener una geometría acampanada en su intersección con la superficie principal de la primera capa. Los poros o perforaciones pueden tener una geometría transversal seleccionada entre el grupo que consiste en geometría circular, geometría elíptica, geometría ovalada, geometría cuadrada, geometría rectangular, geometría poligonal, geometría de paralelogramo, y geometría de lente. Los poros o perforaciones tienen un diámetro transversal mínimo desde 2 mm hasta 50 mm, ambos inclusive, desde 2 mm hasta 40 mm, ambos inclusive, desde 2 mm hasta 25 mm, ambos inclusive, y desde 2 mm hasta 15 mm, ambos inclusive.
 15 Los poros o perforaciones pueden tener la forma de canales o hendiduras definidas por el espaciado entre los paneles adyacentes que forman la primera capa, en donde los canales o hendiduras proporcionan comunicación fluida entre la primera superficie principal de la primera capa y la segunda superficie principal de la primera capa.

La presente invención también se refiere al uso de la estructura de revestimiento como se describió previamente en un recipiente refractario, y a un recipiente metalúrgico que tiene un interior y un exterior, en donde el interior del
 20 recipiente metalúrgico comprende una estructura de revestimiento como se describió previamente.

La presente invención también se refiere a un proceso para la minimización de la oxidación de un masa fundida de metal durante la transferencia, que comprende (a) transferir masa fundida de metal a un recipiente que tiene una estructura de revestimiento como se describió previamente, y (b) transferir la masa fundida de metal fuera del
 recipiente.

25 La figura 2 representa una estructura de revestimiento 30 de acuerdo con la presente invención. La primera capa 34 tiene una primera superficie principal 36 de la primera capa y una segunda superficie principal 38 de la primera capa dispuesta opuesta a la primera superficie principal 36 de la primera capa. La segunda capa 42 tiene una primera superficie principal de la segunda capa 44 y una segunda superficie principal de la segunda capa 46 dispuesta opuesta a la primera superficie principal de la segunda capa 44. La segunda superficie principal de la primera capa 38 está en
 30 contacto con la primera superficie principal de la segunda capa 44. La tercera capa 50 tiene una primera superficie principal de la tercera capa 52 y una segunda superficie principal de la tercera capa 54, dispuesta opuesta a la primera superficie principal de la tercera capa 52. La primera capa 34 comprende una pluralidad de perforaciones 60 que van desde la primera superficie principal 36 de la primera capa hasta la segunda superficie principal 38 de la primera capa. El elemento 62 es la sección transversal de una perforación en el plano del dibujo. La segunda capa 42 mostrada
 35 comprende al menos un volumen de captación 64 en comunicación fluida con al menos una perforación 60 de la primera capa. El al menos un volumen de captación 64 está en comunicación fluida con la segunda superficie principal 54 de la segunda capa. El elemento 66 es la sección transversal de un volumen de captación 64 en el plano del dibujo.

La figura 3 representa un recipiente metalúrgico 80 que contiene una estructura de revestimiento de acuerdo con la presente invención, y que tiene un volumen interior 82. El elemento 84 es la carcasa, la capa aislante y la capa de
 40 seguridad refractaria dentro de la cual está contenida la estructura de revestimiento. El elemento 84 está en comunicación con la tercera capa o capa de refuerzo 50. La tercera capa o capa de refuerzo 50 está en comunicación con la segunda capa 42. La segunda capa 42 está en comunicación con la primera capa 34. La segunda capa 42 contiene una pluralidad de volúmenes de captación 64. Una primera superficie principal de una primera capa 36 contiene perforaciones 60 a través de las cuales se proporciona comunicación fluida entre el volumen interior 82 y los
 45 volúmenes de distribución 64. Cuando está en uso, la masa fundida de metal se introduce en el volumen interior 82. Una porción de la masa fundida de metal es admitida, a través de las perforaciones 60, dentro de los volúmenes de distribución 64. El movimiento de la masa fundida de metal en los volúmenes de distribución 64 está restringido. El metal en los volúmenes de distribución 64 puede permanecer total o parcialmente en el estado fundido, o puede experimentar parcial o totalmente un cambio de fase al estado sólido. Se cree que el metal en cualquier fase contribuiría al funcionamiento de la invención, ya que la masa fundida de metal reaccionaría con las especies emitidas por la capa de refuerzo 50 para evitar que pasen al volumen interior 82, y el metal sólido proporcionaría una barrera
 50 física a las especies emitidas por la capa de refuerzo 50.

La figura 4 representa gráficos de propiedades dentro de un recipiente metalúrgico que contiene un revestimiento de acuerdo con la invención. Las propiedades se muestran con respecto a la distancia desde la tercera capa 50 de un
 55 revestimiento de la presente invención, en donde el caudal, Q , de la masa fundida de metal es sustancialmente cero en una distancia, δ , desde la tercera capa 50 del revestimiento, que puede ser una pared o fondo revestidos con un material refractario. Esta interfase de grosor δ se denomina "capa amortiguadora de la oxidación". En esta realización, corresponde al grosor de una primera capa 34 soportada por una segunda capa 42. La primera capa 34 está en

comunicación con el volumen interior 82 del recipiente metalúrgico. La línea de trazado 90 indica el caudal de metal con respecto a la distancia desde la tercera capa 50, con valores que aumentan de izquierda a derecha. La línea de trazado 92 indica la concentración de óxidos con respecto a la distancia desde la tercera capa 50, con valores que aumentan de izquierda a derecha.

5 La figura 5 representa una sección transversal 100 de un revestimiento de la presente invención. La primera capa 34 está soportada por una segunda capa 42, que a su vez está soportada en la primera superficie principal 52 de la
 10 tercera capa 50. La primera capa 34 contiene perforaciones 60 que proporcionan comunicación fluida entre el volumen interior 82 del recipiente y los volúmenes de distribución 64. El plano principal interno de la primera capa 102 es un
 15 plano contenido dentro de la primera capa 34 y paralelo a la primera superficie principal de la tercera capa 52 de la
 20 tercera capa 50. El plano principal interno de la segunda capa 104 es un plano contenido dentro de la segunda capa
 25 42 y paralelo a la primera superficie principal 52 de la tercera capa 50.

Se puede instalar una estructura perforada configurada de la presente invención en un revestimiento de refuerzo de un recipiente refractario colocando una estructura de sacrificio en contacto con el revestimiento de refuerzo. La
 15 estructura de sacrificio está configurada de tal manera que, cuando se elimina por combustión, calor, acción química o física, se formarán la primera y segunda capas que tendrán estructuras que les permitirán funcionar de acuerdo con
 20 la presente invención. Las estructuras de sacrificio pueden construirse con materiales celulósicos, plásticos u otros materiales orgánicos, materiales grafiticos, vidrios, minerales permeables, materiales gaseosos o metales, y combinaciones de los mismos. El material utilizado en la estructura de sacrificio puede tener la forma de una lámina,
 25 polvo, suspensión acuosa pulverizada o gel. A continuación, se aplican uno o más materiales refractarios a la estructura de sacrificio para proporcionar, después de la eliminación de la estructura de sacrificio, la primera y segunda
 30 capas de acuerdo con la presente invención. Los materiales refractarios se pueden aplicar con pistola, pulverización, alisado, colada, aplicación de vibración en seco, granallado, lechada, vertido, inyección o colocación de piezas preformadas. A continuación, los materiales refractarios se pueden secar, curar o estabilizar para solidificarlos según
 35 sea necesario. La estructura en capas resultante se expone a la acción física o química para eliminar o transformar la estructura de sacrificio para crear volúmenes de distribución en la segunda capa que pueden estar en comunicación
 40 fluida con el interior del recipiente metalúrgico.

Una estructura perforada configurada de la presente invención puede instalarse en un revestimiento de refuerzo de un recipiente refractario proporcionando una estructura preformada para servir como la primera capa y colocando la
 30 estructura preformada cerca de una tercera capa. La primera capa y la tercera capa pueden comunicarse entre sí por medio de separadores que sobresalen de la primera capa, por medio de separadores que sobresalen de la tercera
 35 capa o por medio de separadores dispuestos entre la primera capa y la tercera capa. La segunda capa se forma entre la primera capa y la tercera capa, y se forma un volumen de distribución en un volumen de la segunda capa no ocupado
 40 por separadores, espaciadores u otras estructuras de soporte. Los separadores, espaciadores u otras estructuras de soporte pueden disponerse para proporcionar una segunda capa que tiene un grosor desde 0,25 mm, 1 mm, 2 mm,
 45 3 mm, 4 mm, 5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm y 10 mm hasta 5 mm, todos inclusive, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm,
 50 10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm, 50 mm, 60 mm, 70 mm, 80 mm, 90 mm y 100 mm.

Las perforaciones en la primera capa pueden tener cualquier estructura que permita el flujo desde el cuerpo de una
 40 masa fundida de metal a través de la primera capa hasta un volumen distribuidor de la segunda capa. Las perforaciones en la primera capa pueden tener cualquier forma, o combinación de formas, que les permita funcionar
 45 de acuerdo con la invención. Las perforaciones tienen una forma cilíndrica, prismática o cónica truncada. Las perforaciones pueden tener un perfil biselado, cónico, de ángulo recto o redondeado en su intersección con la primera
 50 superficie de la primera capa. Las perforaciones en la primera capa pueden tener la forma de canales o hendiduras o huecos formados entre paneles adyacentes en configuraciones en las que la primera capa comprende una serie de
 55 paneles adyacentes. Los canales o hendiduras o huecos pueden formar una red continua. Los canales o hendiduras
 60 o huecos individuales que separan un par de paneles adyacentes pueden ser continuos o discontinuos. Los paneles pueden estar provistos de separadores que pueden estar orientados hacia la tercera capa. Las perforaciones pueden
 65 formarse por métodos mecánicos, como la eliminación de un material de sacrificio, por punzonado o por perforación.

Las perforaciones en la primera capa pueden formarse proporcionando un material de sacrificio en un material
 70 monolítico aplicado a la tercera capa, junto con, o en ausencia de, una estructura de sacrificio en comunicación con la
 75 tercera capa. El material de sacrificio y la estructura de sacrificio pueden ser eliminados o transformados a continuación por los métodos descritos previamente.

El distribuidor en la segunda capa puede tener la forma de un volumen en el que el espacio entre la primera capa y la
 80 tercera capa se mantiene mediante formas cilíndricas, formas sólidas cónicas, formas de prisma rectangular, formas
 85 de prisma poligonal, esferas o costillas.

55 La figura 6 representa una estructura de sacrificio 110 que puede usarse para formar una estructura perforada configurada de acuerdo con la presente invención. La estructura de sacrificio contiene un patrón de distribuidor de
 60 sacrificio 112 en comunicación con un patrón de perforación 114 de la primera capa. El patrón de distribuidor de
 65 sacrificio 112 puede incluir perforaciones de separación 116 de la segunda capa que proporcionan comunicación entre

la primera capa y una tercera capa instalada en un recipiente refractario. Cuando está en uso, la estructura de sacrificio 110 se coloca en comunicación con la tercera capa de modo que el patrón de distribuidor de sacrificio 112 está en comunicación con la tercera capa. El material refractario se cuela a continuación sobre el patrón de perforación de la primera capa de modo que se forman los paneles de la primera entre los componentes del patrón de perforación 114 de la primera capa, y de modo que el material de colada llena las perforaciones de separación 116 de la segunda capa. Como alternativa, la estructura de sacrificio 110 puede configurarse para coincidir con la tercera capa de modo que las protuberancias de la tercera capa ocupen al menos una porción de las perforaciones 116 de separación de la segunda capa. El material de colada que llena las perforaciones 116 de separación de la segunda capa forma estructuras de separación entre la primera capa de la estructura perforada configurada y la tercera capa del revestimiento refractario del recipiente. El material de sacrificio se puede eliminar mediante los procesos descritos anteriormente. La primera capa de la estructura perforada configurada, que resulta del material fundido que llena volúmenes vacíos en el patrón de perforación 114 de la primera capa, contiene perforaciones que pueden tener la forma de canales o hendiduras o huecos entre estructuras de paneles adyacentes. Los canales o hendiduras o huecos pueden ser continuos a lo largo de un borde de una estructura de panel, o pueden ser discontinuos. Los canales o hendiduras o huecos pueden definir una separación entre paneles desde 0,1 mm hasta 10 mm, ambos inclusive, desde 0,5 mm hasta 10 mm, ambos inclusive, desde 1 mm hasta 10 mm, ambos inclusive, desde 2 mm hasta 10 mm, ambos inclusive, desde 5 mm hasta 10 mm, ambos inclusive, desde 0,1 mm hasta 20 mm, ambos inclusive, desde 0,5 mm hasta 20 mm, ambos inclusive, desde 1 mm hasta 20 mm, ambos inclusive, desde 2 mm hasta 20 mm, ambos inclusive, desde 5 mm hasta 20 mm, ambos inclusive, desde 0,1 mm hasta 30 mm, ambos inclusive, desde 0,5 mm hasta 30 mm, ambos inclusive, desde 1 mm hasta 30 mm, ambos inclusive, desde 2 mm hasta 30 mm, ambos inclusive, y desde 5 mm hasta 30 mm, ambos inclusive. Una hendidura es una abertura larga. Una hendidura puede tener una longitud igual o mayor que un orden de magnitud mayor que su ancho.

Un recipiente construido de acuerdo con la presente invención puede usarse en procesos metalúrgicos. Un método de uso puede incluir la introducción de una masa fundida de metal en un recipiente que tiene un revestimiento de acuerdo con la presente invención, y posteriormente retirar la masa fundida de metal del recipiente a través de una boquilla.

EJEMPLO I

Se prepararon paneles de muestra de un revestimiento de una artesa multicapa con una capa interna (o segunda) fugitiva (o de sacrificio). La capa interna fugitiva está configurada para separar la primera capa (o exterior) y la tercera capa (o refuerzo) durante la producción de un panel.

La capa de sacrificio se puede formar a partir de una lámina de poliestireno, lámina de polietileno expandido, cartón, polímero de espuma o lámina corrugada o cualquier material similar que se queme por debajo de 1100 grados C (2000 grados F) y deje un mínimo de residuos. Para los ejemplos específicos descritos, se utilizó cartón con corrugaciones en cada lado (flauta B de alta resistencia). La altura de las corrugaciones a cada lado del cartón era de aproximadamente 3 mm.

Se utilizaron formadores de orificios para la entrada de acero para producir orificios en el cartón corrugado. Se insertaron tacos de madera con un diámetro de 3 mm y una longitud de 38 mm en los agujeros perpendiculares al plano del cartón.

Se prepararon cinco paneles para la prueba.

Los paneles de base se prepararon a partir de alúmina y contenido ultrabajo de cemento moldeable similar al material utilizado como revestimiento de seguridad dentro de una artesa de acero. Las dimensiones de cada panel de base fueron 90 cm x 60 cm x 12,5 cm (36 pulgadas x 24 pulgadas x 5 pulgadas). Primero, se roció un material de revestimiento de artesa (Basilite, un material de pulverización ligero a base de magnesita que contenía > 70 % en peso de magnesita) sobre el panel de base a aproximadamente 2,5 cm (1 pulgada) de grosor, usando una máquina de pulverización de Basilite. Las láminas de capa de sacrificio 50 cm x 30 cm (20 pulgadas x 12 pulgadas) que tienen diferentes configuraciones de apertura de acuerdo con la Tabla I se presionaron de forma segura contra el revestimiento de Basilite. A continuación, se pulverizó un material a base de alúmina (alúmina > 80 % en peso) hasta un espesor de aproximadamente 2 cm (1 pulgada) sobre toda la superficie.

En los paneles en los que se usaron dos láminas de capa de sacrificio una al lado de la otra separada (paneles 2, 3 y 4), las láminas de capa de sacrificio una al lado de la otra se dispusieron de manera que estuvieran separadas por un hueco de aproximadamente 2,5 cm (una pulgada).

En la construcción de paneles seleccionados, se proporcionaron aberturas rectangulares en las láminas de capa de sacrificio. Las aberturas rectangulares en las láminas de capa de sacrificio medían 2,5 cm x 15 cm (1" x 6"). Los volúmenes de estas aberturas se rellenaron con material refractario durante la construcción del panel, de modo que se estableció un contacto directo, a través de las aberturas, entre los revestimientos en contacto con cada una de las

superficies de las láminas de capa de sacrificio.

TABLA I

PANEL	DESCRIPCIÓN
1	Sin lámina de capa de sacrificio
2	Dos láminas de capa de sacrificio (una al lado de la otra) a) lámina de capa de sacrificio con 22 clavijas transversales, una abertura rectangular con dirección longitudinal de la abertura orientada a la dirección longitudinal del panel. b) lámina de capa de sacrificio con 21 clavijas transversales, dos aberturas rectangulares dispuestas de extremo a extremo con la dirección longitudinal de las aberturas orientada a la dirección longitudinal del panel.
3	Dos láminas de capa de sacrificio (una al lado de la otra) a) lámina de capa de sacrificio con 25 clavijas transversales, dos aberturas rectangulares dispuestas a lo largo de una línea diagonal panel-esquina-a-panel-esquina, con la dirección longitudinal de las aberturas orientada a la dirección longitudinal del panel. b) lámina de capa de sacrificio con 10 clavijas transversales, tres aberturas rectangulares dispuestas a lo largo de una línea diagonal panel-esquina-a-panel-esquina, con la dirección longitudinal de las aberturas orientada a la dirección longitudinal del panel.
4	Dos láminas de capa de sacrificio (una al lado de la otra) a) lámina de capa de sacrificio con 14 clavijas transversales, dos aberturas rectangulares dispuestas una al lado de la otra y orientadas perpendicularmente a la dirección longitudinal del panel. b) lámina de capa de sacrificio con 8 clavijas transversales, tres aberturas rectangulares dispuestas una al lado de la otra y orientadas perpendicularmente a la dirección longitudinal del panel.
5	b) Una lámina de capa de sacrificio sin clavijas transversales, con tres aberturas rectangulares: una en cada extremo del panel de la capa de sacrificio orientada perpendicular a la dirección longitudinal del panel, y una abertura localizada en el centro de la lámina de la capa de sacrificio y orientada a la dirección longitudinal del panel.

5 Los paneles 1, 2, 3 y 4 permanecieron intactos después de la pulverización con aerosol de alúmina. En el panel 5, la alúmina pulverizada comenzó a deslizarse hacia abajo. Se produjo una grieta visible en la superficie de la alúmina del panel 5.

Después de tres horas de secado con aire caliente, todos los paneles se levantaron verticalmente y se trasladaron al fondo del horno.

10 Se observó que se producía delaminación y el aplanamiento del cartón corrugado cuando estaba húmedo y sin soporte, como en el caso del panel 5. La planitud de la superficie del revestimiento de Basilité es importante para la colocación adecuada de la capa fugitiva. Hacer agujeros después de rociar la capa a base de alúmina, y colocar clavijas en los agujeros, puede funcionar solo si el cartón está soportado después de rociar la capa de Basilité.

Los paneles se colocaron a continuación en el fondo de un horno para su secado a 480 grados Celsius (900 grados Fahrenheit). Después del tratamiento térmico, los paneles 1 y 2 no exhibieron grietas de separación significativas. Los paneles 3, 4 y 5 exhibieron una grieta de separación, predominantemente en la interfaz panel de base - Basilité.

15 Se realizó una comprobación de la continuidad de los huecos en el panel 2. Se introdujo tinta en una abertura formada en la primera capa (o exterior) del panel. Se observó que la tinta fluía hacia otras aberturas formadas en la primera capa del panel, confirmando así la formación de una red de volúmenes de captación que se extienden por toda el área formada por la eliminación de la capa de sacrificio.

20 Se observó una disminución de la fuerza de unión tanto del Basilité como de la alúmina en las áreas de contacto producidas por espacios rectangulares en la capa fugitiva.

Ejemplo II

25 Se retiró una porción de material multicapa de un panel formado de acuerdo con la descripción del Ejemplo I, y se configuró para un tratamiento térmico a 1100 grados C (2000 grados F) durante 2 horas. Se descubrió que la capa fugitiva de cartón dejaba un residuo del 9 % en peso después del tratamiento térmico, con un valor de LOI (pérdida por ignición) del 90,8 % en peso. El residuo contenía 15,51 % en peso de Al₂O₃, y 23,84 % en peso de SiO₂, 51,32 % en peso de CaO, 3,15 % en peso de MgO, 0,70 % en peso de Na₂O, 0,330 % en peso de P₂O₅, 1,63 % en peso de Fe₂O₃, 0,62 % en peso de K₂O, 0,019 % en peso de Cr₂O₃, 1,020 % en peso de TiO₂, y 0,053 % en peso de ZrO₂.

La capa interna fugitiva se convierte en cenizas u otros residuos después de someter los paneles al tratamiento térmico. En este caso, la mayoría de los residuos provienen de los aditivos de procesamiento utilizados para la fabricación de cartón corrugado.

5 Son posibles numerosas modificaciones y variaciones de la presente invención. Por lo tanto, debe entenderse que dentro del ámbito de las siguientes reivindicaciones, la invención puede llevarse a la práctica de una forma distinta a la descrita específicamente.

REIVINDICACIONES

1. Una estructura de revestimiento para un recipiente refractario, que comprende
 - a) una primera capa que tiene una primera superficie principal de la primera capa y una segunda superficie principal de la primera capa dispuesta opuesta a la primera superficie principal de la primera capa; y
 - b) una segunda capa que tiene una primera superficie principal de la segunda capa y una segunda superficie principal de la segunda capa dispuesta opuesta a la primera superficie principal de la segunda capa;

en donde la segunda superficie principal de la primera capa está en contacto con la primera superficie principal de la segunda capa;

en donde la primera capa comprende una pluralidad de perforaciones que van desde la primera superficie principal de la primera capa hasta la segunda superficie principal de la primera capa;

en donde la segunda capa comprende al menos un volumen de captación, en donde al menos un volumen de captación está en comunicación fluida con al menos una perforación de la primera capa,

en donde el al menos un volumen de captación está en comunicación fluida con la segunda superficie principal de la segunda capa; y

en donde la suma de las áreas transversales de todas las perforaciones en la primera capa es menor que la suma de las áreas transversales máximas de todos los volúmenes de captación en la segunda capa.
2. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde la primera capa y la segunda capa comprenden una única estructura monolítica.
3. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde la estructura de revestimiento comprende un material seleccionado entre el grupo que consiste en magnesia, alúmina, circonia, mullita, y combinaciones de estos materiales.
4. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde la suma de las áreas transversales máximas de todos los volúmenes de captación en la segunda capa es al menos un factor de 10 veces la suma de las áreas transversales de todas las perforaciones en la primera capa.
5. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde la segunda capa comprende una pluralidad de estructuras de separación que sobresalen de la segunda superficie principal de la primera capa.
6. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde al menos un volumen de captación comprende al menos un nicho o al menos una ranura.
7. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde la primera capa tiene un grosor en el intervalo desde 5 mm hasta 100 mm, ambos inclusive y/o la segunda capa tiene un grosor en el intervalo desde 1 mm hasta 50 mm, ambos inclusive.
8. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, que comprende además una tercera capa no perforada que tiene una primera superficie principal de la tercera capa en comunicación con la segunda superficie principal de la segunda capa.
9. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde la segunda capa comprende una pluralidad de estructuras de separación que sobresalen de la primera superficie principal de la tercera capa.
10. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde las perforaciones tienen una geometría acampanada en su intersección con la primera superficie principal de la primera capa.
11. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde las perforaciones pueden tener una geometría transversal seleccionada entre el grupo que consiste en geometría circular, geometría elíptica, geometría ovalada, geometría cuadrada, geometría rectangular, geometría poligonal, geometría de paralelogramo, y geometría de lente.
12. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde las perforaciones tienen un diámetro transversal mínimo desde 2 mm hasta 50 mm, ambos inclusive.
13. La estructura de revestimiento de la reivindicación 1, en donde la primera capa comprende una serie de paneles adyacentes y en donde las perforaciones comprenden una pluralidad de hendiduras descritas por paneles adyacentes.
14. Un recipiente metalúrgico que tiene un interior y un exterior, en donde el interior del recipiente metalúrgico comprende una estructura de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 8.

15. Proceso para la minimización de la oxidación de un metal fundido, que comprende

- a) transferir el metal fundido a un recipiente que tiene una estructura de revestimiento de acuerdo con la reivindicación 1, y
- b) transferir el metal fundido fuera del recipiente.

5

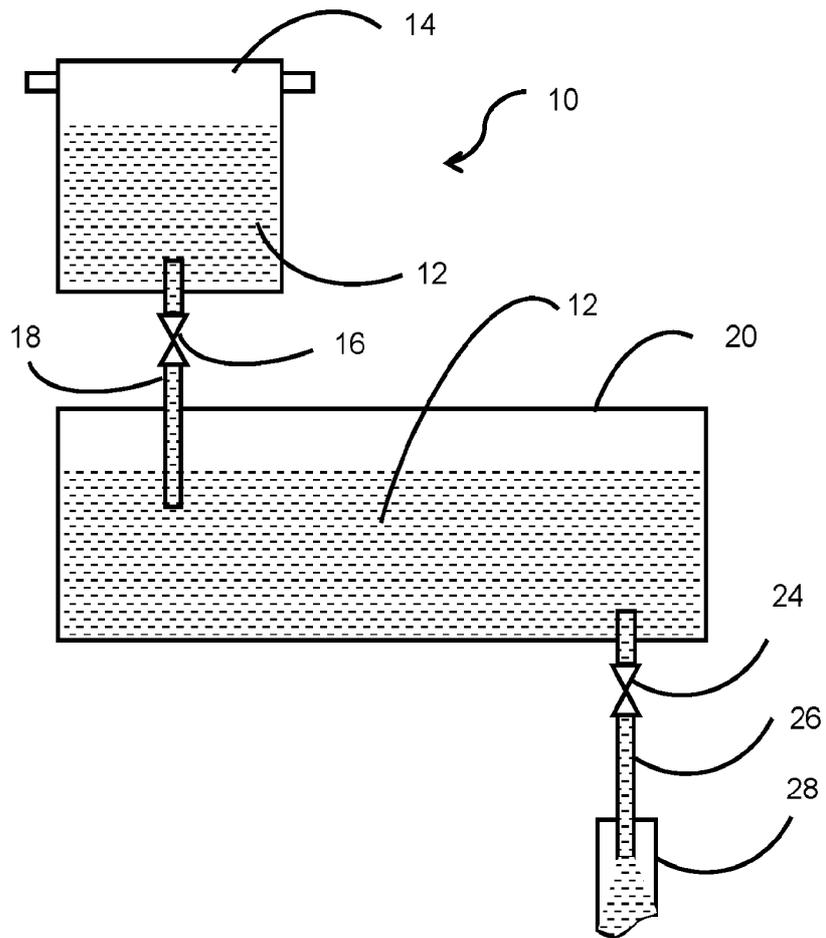


Fig. 1

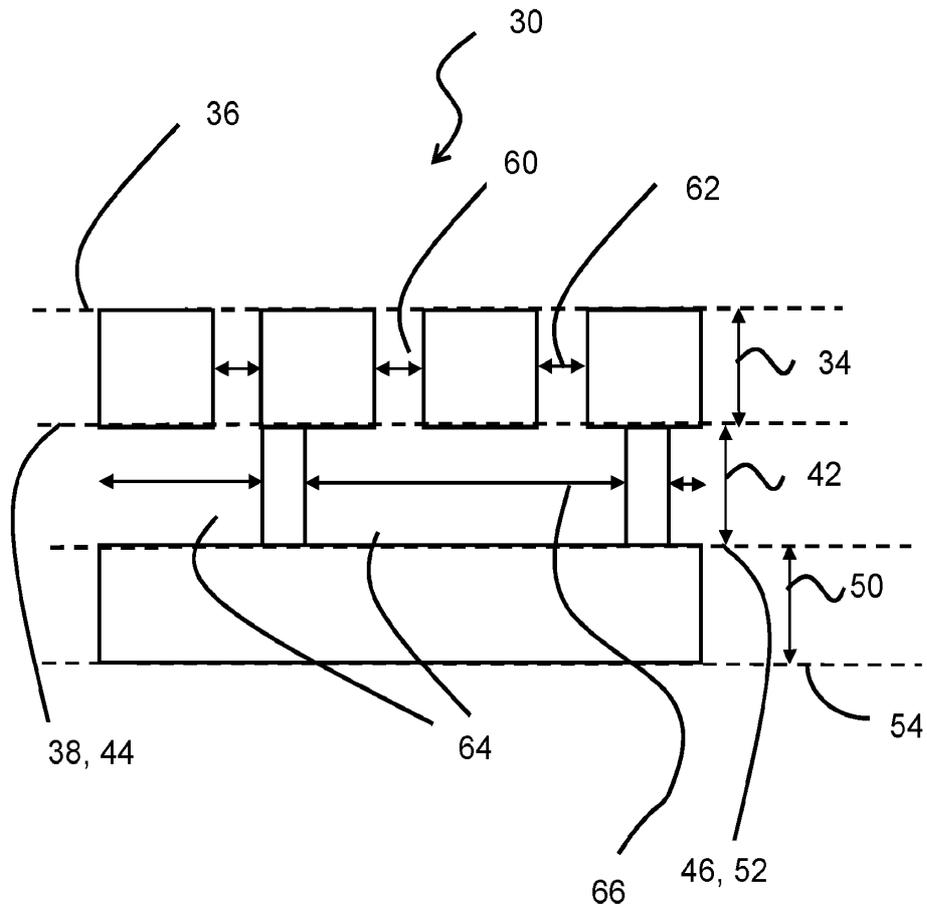


Fig. 2

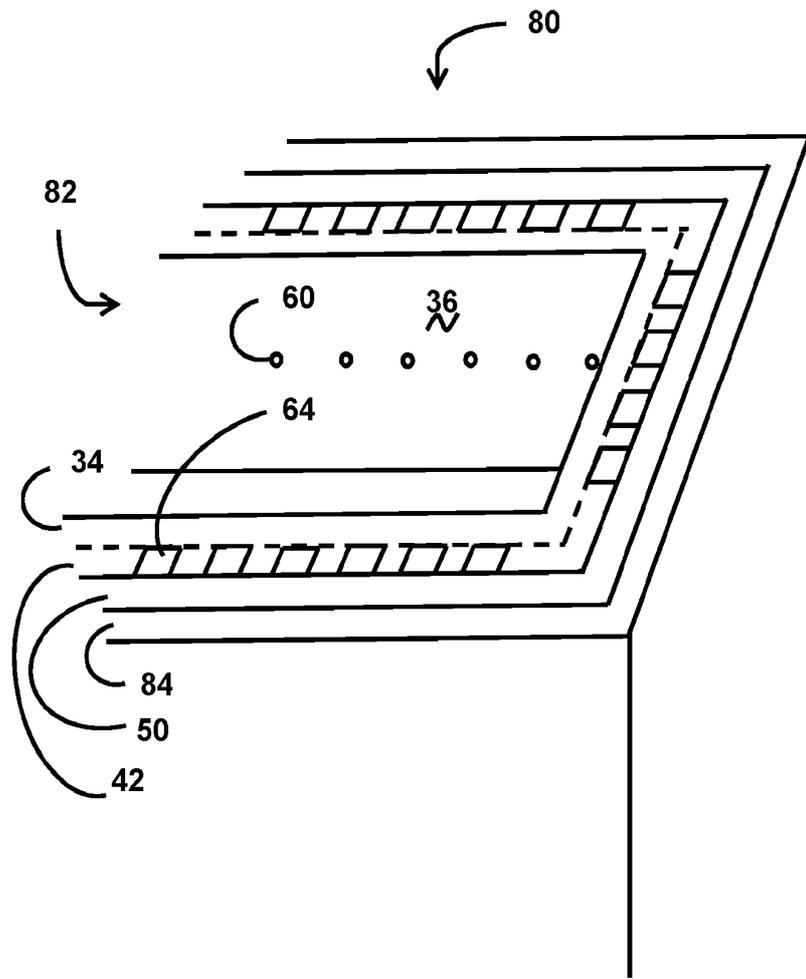


Fig. 3

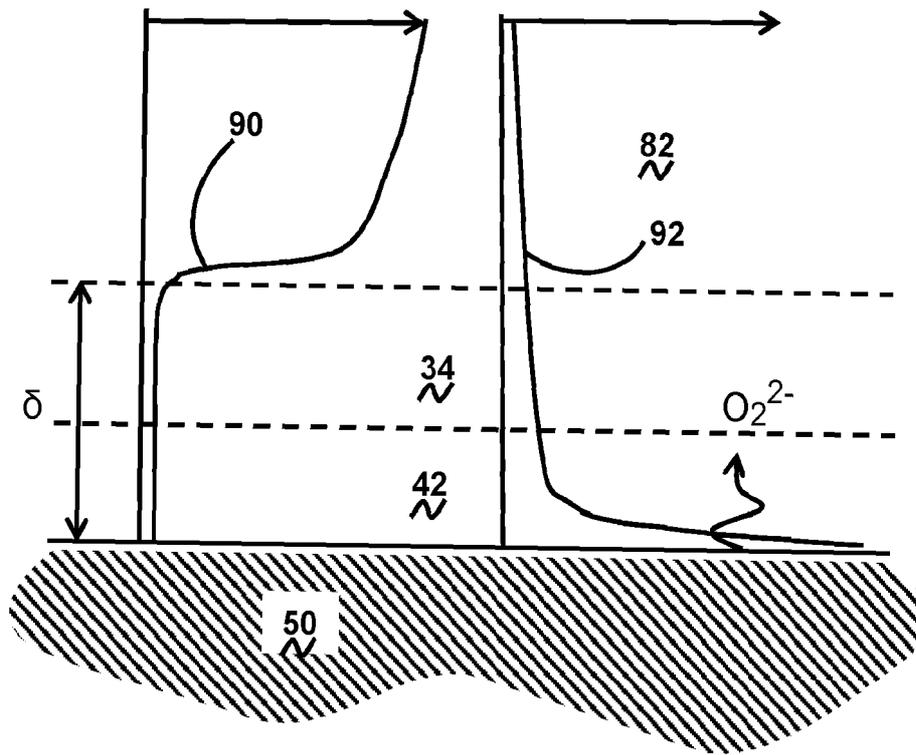


Fig. 4

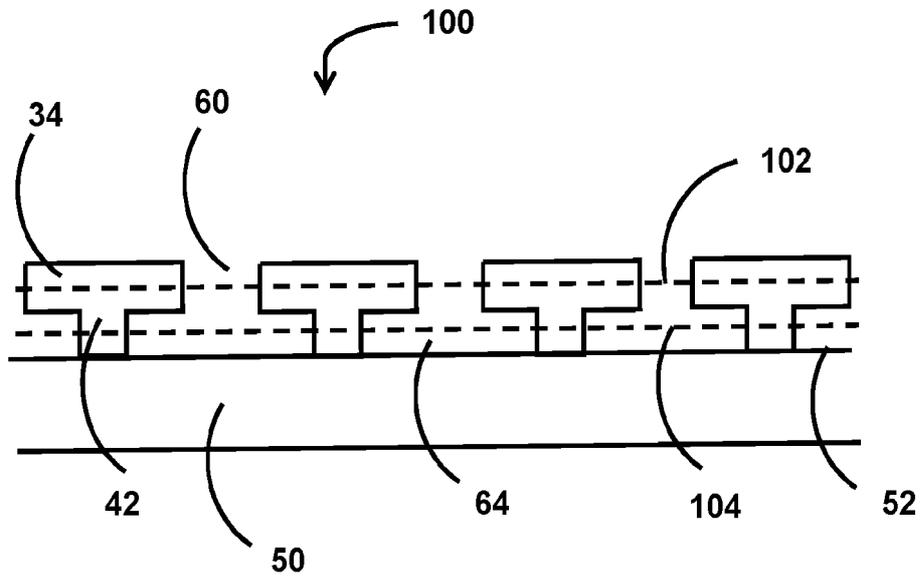


Fig. 5

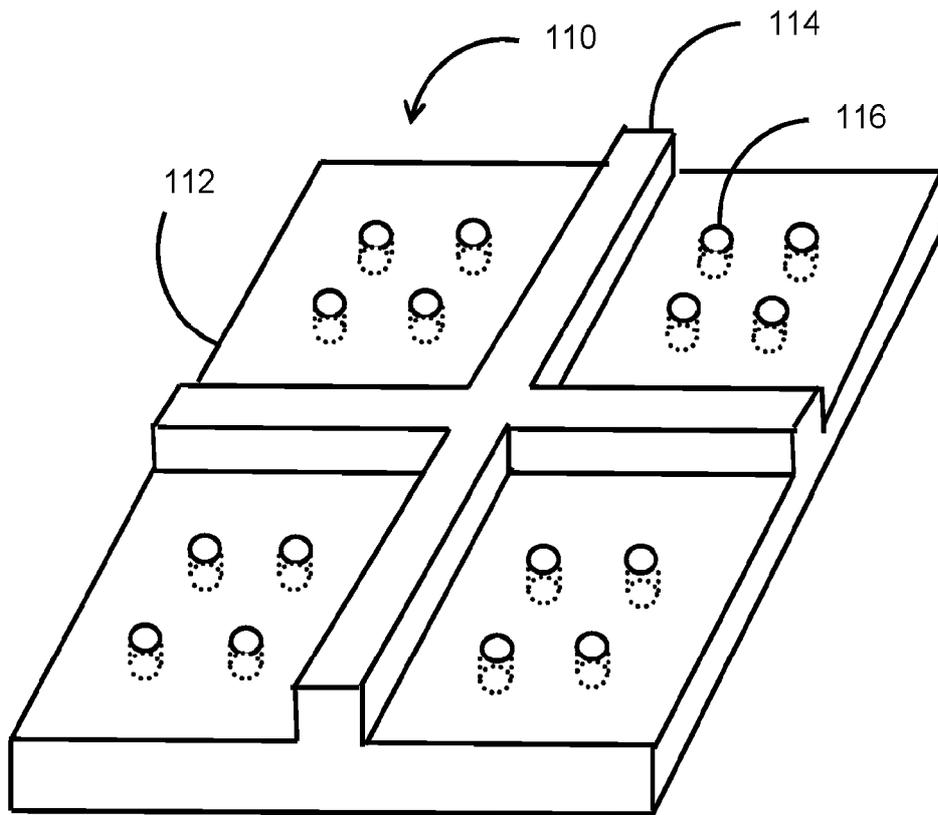


Fig. 6