

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 113**

51 Int. Cl.:

C04B 33/36	(2006.01)	C04B 35/76	(2006.01)
C04B 33/04	(2006.01)		
C04B 35/63	(2006.01)		
C04B 35/632	(2006.01)		
C04B 35/634	(2006.01)		
C04B 35/66	(2006.01)		
C04B 35/626	(2006.01)		
F27D 1/00	(2006.01)		
F27D 1/10	(2006.01)		
C04B 35/101	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.06.2003 E 03815901 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.09.2012 EP 1603850**

54 Título: **Composición refractaria resistente a grietas**

30 Prioridad:

07.02.2003 US 361051

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

19.02.2013

73 Titular/es:

**ALLIED MINERAL PRODUCTS, INC. (100.0%)
2700 SCOTIO PARKWAY
COLUMBUS, OH 43221, US**

72 Inventor/es:

**DOZA, DOUGLAS K.;
GOSKI, DANA G. y
MA, YUECHU**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 396 113 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

Composición refractaria resistente a grietas

Antecedentes de la invención

5 Esta invención se refiere a un refractario seco (es decir, un refractario monolítico instalado en forma de polvo seco sin la adición de agua o a glutinantes químicos líquidos), en particular a un refractario seco adecuado para usar en aplicaciones de contención de metal, que proporciona una resistencia superior a la propagación de fisuras.

10 Los refractarios se usan ampliamente como revestimientos de trabajo y revestimientos secundarios (seguridad) en el procesado de metales y en campos relacionados. La solicitud de patente del Reino Unido nº GB-A-2287461 describe un ladrillo refractario basado en al menos un óxido de metal refractario con una fracción de partículas <8 mm que contiene 4-30% en peso de una fracción de refractario muy fino de <0,01 mm, preparado por cocción por debajo de la temperatura a la que las partículas de la fracción de refractario muy fino sinterizan por recristalización con crecimiento de grano. Estos revestimientos refractarios contienen metal fundido y escoria en los recipientes de procesado y transferencia del metal. Algunos revestimientos refractarios también se usan para contener el calor y gases asociados con las operaciones de procesado del metal dentro de los recipientes. Como se usa en la presente memoria, una aplicación de "contención de metal" es una en la que la contención de metal fundido y escoria es de importancia principal o incluso lo único importante, mientras que una aplicación de "contención de metal/calor" es una en la que tienen interés tanto la contención de calor (aislamiento) del recipiente como la contención del metal fundido y la escoria.

20 Los revestimientos refractarios para las aplicaciones de contención de metal y de calor/metall típicamente son consumibles. Se erosionan, se forman fisuras o se dañan de otra forma por exposición a las condiciones dentro del recipiente. Cuando se ha producido una determinada cantidad de consumo o de daño del revestimiento refractario, es necesaria la reparación o la sustitución del revestimiento. La reparación o la sustitución interrumpen la operación de procesado del metal, a veces durante un tiempo prolongado. Algunas interrupciones son inesperadas mientras que otras son más o menos predecibles. Debido a que la reparación o sustitución de un revestimiento refractario interrumpe las operaciones, es deseable que el revestimiento refractario se comporte de una forma predecible para poder planificar las reparaciones más que hacer reparaciones de emergencia.

30 La erosión del revestimiento refractario debido al contacto con el metal fundido y la escoria corrosivos produce un consumo gradual del revestimiento refractario. Las tasas de erosión en general se pueden predecir por inspección visual de las partes expuestas del revestimiento del recipiente u otras técnicas. Se puede establecer una tasa de erosión predecible para un revestimiento refractario particular, basándose en las características de contención térmicas y del metal de la aplicación y el consumo refractario histórico. Para los hornos eléctricos de inducción, la tasa de erosión también se puede calcular por los cambios en las lecturas eléctricas a lo largo del tiempo.

35 La formación de fisuras de un revestimiento refractario se produce cuando un refractario frágil, unido, se somete a tensiones térmicas y mecánicas. Estas tensiones son normalmente el resultado de la expansión y contracción del revestimiento como resultado de cambios en el entorno térmico. Las fisuras dejan que el metal fundido y la escoria se infiltren en el revestimiento, produciendo una zona de fallo aislada en el procesado del metal o el recipiente de transferencia. El fallo de un revestimiento refractario debido a fisuras es mucho menos predecible que la erosión. Las fisuras no se producen con frecuencia en una zona expuesta del revestimiento refractario por lo que la inspección visual normalmente no es útil para identificar las fisuras. La naturaleza de las fisuras que se forman en un revestimiento refractario también puede variar con la composición refractaria y las condiciones térmicas. Los revestimientos refractarios caracterizados por uniones más débiles tienden a formar microfisuras con la tensión, mientras que los revestimientos refractarios caracterizados por uniones más fuertes tienden a formar macrofisuras con las tensiones. Las macrofisuras son particularmente indeseables porque son resultado de la rotura de uniones muy resistentes.

45 Además de ser impredecibles, los fallos de fisuras pueden ser catastróficos. Una macrofisura que se extiende completamente por el revestimiento desde la cara caliente a la cara fría (p. ej., el lado del armazón de acero de un recipiente de procesado de metal) puede dejar que el metal fundido y/o la escoria alcancen el armazón exterior del recipiente mediante traslado por la fisura. Cuando esto ocurre, los materiales fundidos pueden quemar enteramente el armazón, lo cual puede producir un daño caro al equipamiento y/o lesiones al personal. Un quemado de este tipo puede producir retrasos largos no programados en la operación para hacer reparaciones en el revestimiento, el armazón de acero y la estructura, y cualquier equipamiento de alrededor.

55 También se pueden usar refractarios en las aplicaciones de aislamiento térmico (en el campo del procesado de metales u otros) donde se esperan repetidos choques térmicos. Dichas aplicaciones pueden incluir construcciones de cámaras de combustión e incineradoras. Aunque se puede producir erosión en las aplicaciones de refractarios de aislamiento térmico en entornos particularmente corrosivos, el fallo de los refractarios de aislamiento térmico normalmente es el resultado de las fisuras producidas por los choques térmicos repetidos.

Los refractarios secos, y en particular los refractarios secos que se instalan usando vibración para compactar el polvo refractario seco, proporcionan una resistencia superior a la propagación de fisuras, comparados con otros

tipos de revestimientos refractarios convencionales tales como refractarios para moldear, masas refractarias para apisonar, ladrillos y bloques refractarios. La resistencia superior a las fisuras de los revestimientos refractarios secos instalables por vibración es resultado de un sistema de unión único que permite que estos revestimientos respondan a las condiciones térmicas de la aplicación formando uniones térmicas en proporciones controladas en intervalos de temperatura predeterminados. Por ejemplo, en una aplicación de contención de metal, el revestimiento refractario responde a las condiciones térmicas del recipiente con metal fundido asociado y cualquier intrusión de metal fundido y escoria en el revestimiento. Las composiciones químicas y mineralógicas de los refractarios secos instalables por vibración usados en aplicaciones de contención de metal y contención de calor/metal, también se pueden seleccionar para que sean resistentes a tipos específicos de metales y escorias asociados con procedimientos particulares.

Un refractario seco instalable por vibración, instalado, inicialmente existe en un estado no unido. En este estado no unido, no presenta comportamiento frágil. El revestimiento refractario seco no unido no se fisura o fractura cuando se somete a tensiones externas sino que en su lugar absorbe y distribuye estas tensiones. Sin embargo, puesto que el revestimiento refractario instalado no unido está expuesto a calor, empieza a formar uniones térmicas. La región más cercana a la cara caliente tiende a formar uniones térmicas fuertes. El material refractario fuertemente unido se convierte en denso y duro y es química y físicamente resistente a la penetración por el metal fundido y la escoria.

La extensión de la unión térmica varía con la composición refractaria y las condiciones térmicas presentes en una aplicación particular. En algunas aplicaciones, se espera que esencialmente todo el material refractario esté fuertemente unido y presente comportamiento frágil. En otras aplicaciones, se espera que la región más lejos de la cara caliente permanezca en un estado no unido o no sinterizado y se espera que la zona intermedia forme uniones térmicas fritadas débiles. El refractario en las regiones fritadas y no sinterizadas retiene sus propiedades fluidas y forma una envuelta que sigue siendo capaz de absorber tensiones mecánicas y térmicas. Dentro de esta envuelta, el refractario fuertemente unido más cerca de la cara caliente puede presentar comportamiento frágil típico de las composiciones refractarias convencionales. Sin embargo, esta envuelta protectora se puede degradar o incluso eliminar si las condiciones térmicas en la aplicación producen uniones del refractario en las regiones fritadas y no sinterizadas.

La naturaleza de las uniones térmicas también varía con la composición refractaria y las condiciones térmicas presentes en una aplicación particular. Los revestimientos con uniones débiles tienden a formar microfisuras con las tensiones mientras que los revestimientos con uniones más fuertes tienden a formar macrofisuras con la tensión. Cuando se forman macrofisuras y entra el metal fundido y la escoria en el revestimiento refractario, el revestimiento adyacente a las fisuras responde a los cambios en las condiciones térmicas y empieza a formar uniones térmicas. Al continuar este ciclo, la proporción de revestimiento refractario que presenta comportamiento frágil aumenta progresivamente, llevando el plano térmico del revestimiento hacia el armazón. Si el revestimiento no ha fallado o se ha puesto fuera de servicio antes como resultado de la erosión, con el tiempo, la proporción de refractario no unido y unido débilmente disponible para absorber y distribuir la tensión es demasiado pequeño y se produce el fallo del revestimiento.

En vista de las desventajas de la técnica anterior, existe la necesidad de un refractario seco para aplicaciones de contención de metal que proporcione una mayor resistencia a la propagación de fisuras, presente un comportamiento menos frágil cuando está unido, y tenga una vida útil más larga.

Un objeto de la invención es proporcionar un refractario seco para aplicaciones de contención de metal que sea resistente a la propagación de fisuras, y en particular a la formación de macrofisuras.

Otro objeto de la invención es proporcionar un refractario seco para aplicaciones de contención de metal que presente un comportamiento menos frágil cuando el refractario instalado ha formado uniones fuertes en respuesta al calor.

Otro objeto más de la invención es proporcionar un refractario seco para la contención de metal que proporcione una vida útil del revestimiento más larga.

Resumen de la invención

De acuerdo con la invención se proporciona una composición refractaria seca, como se especifica en la reivindicación 1, una composición refractaria instalada como se especifica en la reivindicación 9, y un método para instalar un revestimiento refractario como se especifica en la reivindicación 13.

Los objetos anteriores se logran en una composición refractaria seca que incluye fibras metálicas. La invención abarca una composición refractaria seca que comprende (1) una mezcla refractaria seca que incluye un material matriz en una cantidad de 20 a 100 por ciento en peso y un agregado refractario denso en una cantidad de 0 a 80 por ciento en peso; y (2) fibras metálicas en una cantidad de 0,5 a 15 por ciento en peso de la mezcla refractaria seca. El material matriz tiene un tamaño de partículas menor de número de malla 100 y el agregado refractario denso tiene un tamaño de partículas mayor o igual que el número de malla 100. El material matriz y el agregado refractario denso se seleccionan de modo que cuando la composición se instala en forma de polvo sin adición de agua o aglutinantes químicos líquidos en una cavidad adyacente a una fuente de calor, al menos una primera parte

de la composición cerca de la fuente de calor forma uniones térmicas fuertes.

En una realización preferida, el material matriz y el agregado refractario denso se seleccionan de modo que cuando se instala la composición refractaria seca, una segunda parte de la composición más lejos de la fuente de calor que la primera parte, permanece en una forma no sinterizada. En otra realización preferida, el material matriz está presente en una cantidad de 20 a 60 por ciento en peso y el agregado refractario denso está presente en una cantidad de 40 a 80 por ciento en peso. La mezcla refractaria seca también puede incluir un agente ligante termoactivado en una cantidad de 0,1 a 8 por ciento en peso o un supresor de polvo en una cantidad suficiente para controlar el polvo visible y respirable durante la instalación de la composición.

Las fibras metálicas de la composición descrita antes pueden ser de acero inoxidable, acero al carbono, una aleación de cromo, una aleación de cobre, una aleación de aluminio, una aleación de titanio o una mezcla de estos. Las fibras metálicas preferiblemente tienen una longitud de aproximadamente 12,7 mm a aproximadamente 50,8 mm.

La invención también abarca una composición refractaria instalada. La composición descrita antes se instala en forma de polvo sin la adición de agua o aglutinantes químicos líquidos en una cavidad adyacente a una fuente de calor, de modo que al menos una primera parte de la composición instalada cerca de la fuente de calor forma uniones térmicas fuertes. En una realización preferida, una segunda parte de la composición más lejos de la fuente de calor que la primera parte, permanece en una forma no sinterizada.

La invención también abarca un método para hacer una composición refractaria. El método comprende las etapas de seleccionar una mezcla refractaria seca que incluye un material matriz en una cantidad de 20 a 100 por ciento en peso y un agregado refractario denso en una cantidad de 0 a 80 por ciento en peso; seleccionar fibras metálicas en una cantidad de 0,5 a 15 por ciento en peso de la mezcla refractaria seca; y mezclar la mezcla refractaria seca y las fibras metálicas en ausencia de agua o aglutinantes químicos líquidos añadidos. En este método, el material matriz y el agregado refractario denso se seleccionan de modo que cuando la composición mezclada se instala en forma de polvo sin adición de agua o aglutinantes químicos líquidos en una cavidad adyacente a una fuente de calor, al menos una primera parte de la composición cerca de la fuente de calor forma uniones térmicas fuertes. En una realización preferida, el método también incluye la etapa de seleccionar el material matriz y un agregado refractario denso de modo que cuando se instala la composición mezclada, una segunda parte de la composición más lejos de la fuente de calor que la primera parte, permanece en una forma no sinterizada.

Las fibras metálicas en la composición del método descrito antes se seleccionan de acero inoxidable, acero al carbono, una aleación de cromo, una aleación de cobre, una aleación de aluminio, una aleación de titanio o una combinación de estos. El método puede incluir la etapa de seleccionar fibras metálicas que tienen una longitud de aproximadamente 12,7 mm a aproximadamente 50,8 mm.

El método descrito antes puede incluir seleccionar un agente ligante termoactivado en una cantidad de 0,1 a 8 por ciento en peso de la mezcla refractaria seca y mezclar el agente ligante termoactivado con la mezcla refractaria seca. El método también incluye seleccionar un supresor de polvo en una cantidad suficiente para controlar el polvo visible y respirable durante la instalación de la composición y mezclar el supresor de polvo con la mezcla refractaria seca.

La invención también abarca un método de instalación de un revestimiento refractario. El método comprende las etapas de seleccionar una mezcla refractaria seca que incluye un material matriz en una cantidad de 20 a 100 por ciento en peso y un agregado refractario denso en una cantidad de 0 a 80 por ciento en peso; seleccionar fibras metálicas en una cantidad de 0,5 a 15 por ciento en peso de la mezcla refractaria seca; mezclar la mezcla refractaria seca y las fibras metálicas en ausencia de agua o aglutinantes químicos líquidos añadidos; verter la composición mezclada en forma de polvo en una cavidad adyacente a una fuente de calor; desairear la composición vertida; y calentar la composición desaireada de forma que al menos una primera parte de la composición cerca de la fuente de calor forma uniones térmicas fuertes. El método también puede incluir la etapa de seleccionar el material matriz y el agregado refractario denso de modo que cuando se calienta la composición desaireada, una segunda parte de la composición más lejos de la fuente de calor que la primera parte, permanece en una forma no sinterizada. Las fibras metálicas de la composición descrita antes se seleccionan de acero inoxidable, acero al carbono, una aleación de cromo, una aleación de cobre, una aleación de aluminio, una aleación de titanio o una combinación de estos. La etapa de desaireación también puede incluir compactar la composición.

También están dentro del alcance de la invención una composición y métodos para usarla en un horno de inducción eléctrico en contacto con metal. Una realización preferida de la invención es una composición refractaria seca que comprende (1) una mezcla refractaria seca que incluye un material matriz en una cantidad de 20 a 100 por ciento en peso y un agregado refractario denso en una cantidad de 0 a 80 por ciento en peso, y (2) fibras metálicas en una cantidad de 0,5 a 15 por ciento en peso de la mezcla refractaria seca. El material matriz y el agregado refractario denso se seleccionan de modo que cuando la composición refractaria seca se instala en forma de polvo sin adición de agua o aglutinantes químicos líquidos en una cavidad adyacente a la cara caliente de un horno eléctrico de inducción en contacto con metal, al menos una primera parte de la composición cerca de la cara caliente forma uniones térmicas fuertes. Preferiblemente, el material matriz y el agregado refractario denso se seleccionan de modo

que cuando se instala la composición refractaria seca, una segunda parte de la composición más lejos de la cara caliente que la primera parte, permanece en una forma no sinterizada. El material matriz puede estar presente en una cantidad de 20 a 60 por ciento en peso y el agregado refractario denso puede estar presente en una cantidad de 40 a 80 por ciento en peso. La mezcla refractaria seca de la composición descrita antes puede incluir un agente ligante termoactivado en una cantidad de 0,1 a 8 por ciento en peso.

Las fibras metálicas se seleccionan de acero inoxidable, acero al carbono, una aleación de cromo, y mezclas de los mismos. Las fibras metálicas pueden tener una longitud de aproximadamente 12,7 mm a aproximadamente 50,8 mm.

Otra realización preferida de la invención es una composición refractaria instalada. La composición descrita antes se instala en forma de polvo sin adición de agua o aglutinantes químicos líquidos en una cavidad adyacente a la cara caliente de un horno eléctrico de inducción en contacto con metal, de modo que al menos una primera parte de la composición instalada cerca de la cara caliente forma uniones térmicas fuertes. Preferiblemente, el material matriz y el agregado refractario denso se seleccionan de modo que cuando se instala la composición refractaria seca, una segunda parte de la composición más lejos de la cara caliente que la primera parte, permanece en una forma no sinterizada.

Otra realización preferida más de la invención es un método de instalación de un revestimiento refractario. El método comprende las etapas de seleccionar una mezcla refractaria seca que incluye un material matriz en una cantidad de 20 a 100 por ciento en peso y un agregado refractario denso en una cantidad de 0 a 80 por ciento en peso; seleccionar fibras metálicas en una cantidad de 0,5 a 15 por ciento en peso de la mezcla refractaria seca; mezclar la mezcla refractaria seca y las fibras metálicas en ausencia de agua o aglutinantes químicos líquidos añadidos; verter la composición mezclada en forma de polvo en una cavidad adyacente a la cara caliente de un horno eléctrico de inducción en contacto con metal; de sairear la composición vertida; compactar la composición; y calentarla a una composición desaireada de forma que al menos una primera parte de la composición cerca de la cara caliente forma uniones térmicas fuertes. Las fibras metálicas se seleccionan de acero inoxidable, acero al carbono, una aleación de cromo, y mezclas de los mismos. Preferiblemente, el método también incluye la etapa de seleccionar el material matriz y el agregado refractario denso de modo que cuando la composición desaireada se calienta, una segunda parte de la composición más lejos de la cara caliente que la primera parte, permanece en una forma no sinterizada.

Estos y más objetivos de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista esquemática del corte transversal de un recipiente de fusión de metal que tiene un revestimiento de trabajo refractario seco instalable por vibración, convencional.

La figura 2 es una vista esquemática parcial del revestimiento refractario de la figura 1 antes del calentamiento.

La figura 3 es una vista esquemática parcial del revestimiento refractario de la figura 1 después del calentamiento inicial.

La figura 4 es una vista esquemática parcial del revestimiento refractario de la figura 3 después de que el revestimiento se ha usado durante un tiempo cercano a su vida útil.

La figura 5 es una vista esquemática parcial del revestimiento refractario de la figura 3 que muestra la respuesta del revestimiento a una fisura.

La figura 6 es una vista esquemática parcial del revestimiento refractario que incluye fibras metálicas, instalado en el recipiente de la figura 1, que muestra la respuesta del revestimiento a una fisura.

La figura 7 es una curva de resistencia a la flexión para un refractario seco instalable por vibración, convencional.

La figura 8 es una curva de resistencia a la flexión para un refractario seco instalable por vibración que incluye fibras metálicas.

Descripción detallada de la o las realizaciones preferidas

La composición de la presente invención es un refractario monolítico para instalar en forma de polvo seco sin la adición de agua o aglutinantes químicos líquidos. La composición incluye fibras metálicas que disminuyen la característica de fragilidad de la parte unida de la composición instalada y resisten la formación de fisuras. Las instalaciones de prueba de composiciones refractarias secas que incluyen fibras metálicas han demostrado una mayor vida útil comparado con refractarios secos instalables por vibración convencionales.

Las composiciones refractarias secas que incluyen fibras metálicas se pueden usar en aplicaciones de contención de metal, de contención de metal/calor y de aislamiento térmico. Estas composiciones son útiles en instalaciones que incluyen, pero sin limitarse, hornos eléctricos de inducción sin núcleo magnético y de canal, revestimientos secundarios en artesas y cucharas de altos hornos usados en la producción de acero, soleras de hornos de

tratamiento térmico, hornos de calcinación de carbón, cajas de filtros de aluminio y magnesio en fusión, revestimientos divididos en zonas en la parte superior de los recipientes de procesamiento de metales (p. ej. terminales superiores), hornos de cuba, hornos de reverbero, sistemas de reguera de colada de manipulación de metales, y picaduras del metal.

- 5 La composición refractaria de la presente invención es particularmente adecuada para usar en aplicaciones de contención de metal. Las composiciones refractarias particularmente adecuadas para usar en aplicaciones de contención de metal/calor y de aislamiento térmico, son el objeto de la solicitud de patente de los autores de la invención en tramitación junto con la presente (publicada como patente de EE.UU. nº 6.893.992) titulada "Crack-Resistant Insulating Dry Refractory" presentada el 7 de febrero de 2003.
- 10 La composición refractaria seca de la presente invención incluye al menos material matriz y fibras metálicas. La composición también puede incluir otros materiales refractarios, e n particular agregado refractario denso. La composición refractaria seca también puede incluir un agente ligante termoactivado para promover la formación de uniones fuertes dentro de la composición, un supresor de polvo para controlar el polvo visible y respirable durante la instalación de la composición en forma de polvo seco, o tanto un agente ligante como un supresor de polvo.
- 15 Las fibras o agujas metálicas pueden ser de cualquier material ferroso o no ferroso adecuado, incluyendo, pero sin limitar, acero inoxidable, acero al carbono, una aleación de cromo, una aleación de cobre, una aleación de aluminio, una aleación de titanio o una combinación de estos. La composición, número y tamaño de las fibras metálicas se pueden seleccionar basándose en el entorno químico y térmico del recipiente. Por ejemplo, se pueden usar fibras de una aleación de cromo exenta de níquel en lugar de acero inoxidable en refractarios para operaciones de procesamiento de magnesio, para evitar la contaminación del magnesio por el níquel, y se pueden usar fibras de una aleación Serie 406 en refractarios para recipientes con una atmósfera rica en hidrógeno. El uso de una combinación de fibras que tienen diferentes composiciones puede dar resultados superiores.

- 20 Las fibras metálicas útiles en la práctica de la invención preferiblemente tienen una longitud de aproximadamente 12,7 mm a aproximadamente 50,8 mm, más preferiblemente de aproximadamente 12,7 mm a aproximadamente 25,4 mm. El uso de una combinación de longitudes de fibras, sea de una sola composición de metal o una combinación de composiciones de metal, puede dar resultados superiores. Las agujas metálicas disponibles en el comercio típicamente varían en el tamaño del corte transversal y la configuración. Las agujas metálicas se pueden producir por troquelado de chapa metálica, dando como resultado formas de agujas cortadas en la chapa deformadas o no deformadas (disponibles, por ejemplo, en Fibercon International, Inc., Evans City, PA), o por extracciones en fundido, dando como resultados formas de aguja con forma de canoa (disponibles, por ejemplo, en Ribbon Technology Corp, Gahanna, OH). Típicamente, las anchuras de las agujas están en el intervalo de aproximadamente 0,254 mm a aproximadamente 3,175 mm, las longitudes de las agujas están en el intervalo de aproximadamente 12,7 mm a aproximadamente 50,8 mm, y la relación de dimensiones está en el intervalo de aproximadamente 4:1 a aproximadamente 200:1. Las variaciones de tamaño y configuración de las agujas dentro de los intervalos descritos antes, no parece que afecten de forma adversa al comportamiento de la composición refractaria reivindicada.

- 25 Las fibras metálicas están presentes en la composición en una cantidad de aproximadamente 0,5 a aproximadamente 15 por ciento en peso de la mezcla refractaria seca. Las fibras de materiales más pesados, tales como acero, preferiblemente están presentes en una cantidad de aproximadamente 3 a aproximadamente 10 por ciento en peso, más preferiblemente de aproximadamente 4 a aproximadamente 7 por ciento en peso. Las fibras de materiales más ligeros, tales como aleaciones de aluminio, preferiblemente están presentes en menores cantidades, p. ej., de aproximadamente 2 a aproximadamente 5 por ciento en peso, más preferiblemente de aproximadamente 3 a aproximadamente 5 por ciento en peso, porque los pesos inferiores proporcionan un número suficiente de agujas. Las fibras metálicas en general se añaden a los ingredientes de la composición refractaria seca durante el mezclado.

- 30 La mezcla refractaria se ca se diseña o se selecciona para una aplicación particular, basándose en el entorno químico y térmico al que va a estar expuesta la mezcla refractaria. Las mezclas refractarias para aplicaciones de contención de metal típicamente contienen material matriz y agregado refractario denso, mientras que las mezclas refractarias para aplicaciones de contención de metal/calor y aislamiento térmico, típicamente contienen predominantemente material matriz y material de carga ligera, con poco o sin agregado refractario denso.

- 35 Para las aplicaciones de contención de metal, el entorno químico y térmico le puede afectar (1) las condiciones de los límites en relación con las dimensiones del armazón y la capacidad deseada de masa de metal fundido, (2) la identidad y las propiedades físicas del metal, y (3) el entorno de operación esperado del recipiente, incluyendo su capacidad establecida, la presencia de características tales como la inyección de oxígeno, sopletes de plasma y dispositivos de enfriamiento por agua o aire, valor de aislamiento deseado, tiempo de campaña, facilidad de reparación y costes de materiales. En general, los materiales se seleccionan para la composición refractaria de modo que la composición puede tolerar el entorno térmico del recipiente, mantener la integridad estructural de cualquier armazón que rodea el recipiente, y proporcionar el valor de aislamiento deseado. Se usan análisis térmicos y técnicas de diseño de revestimientos convencionales para desarrollar un perfil térmico del recipiente basado en estos factores.

El material matriz se selecciona para potenciar el rendimiento de la composición en un entorno de operación particular. Por ejemplo, se seleccionarían diferentes materiales matriz para usar en refractarios dirigidos a usar en fusión de hierro, fusión de acero y contención de metal fundido de cobre y aluminio. El material matriz es un refractario granular fino, natural o sintético, capaz de impartir una buena resistencia química y térmica al entorno en el que se usará la composición. La alta superficie específica de las partículas finamente divididas y la composición mineralógica de estas partículas promueven la unión cuando las partículas son expuestas al calor.

Los materiales matriz adecuados pueden incluir silicatos, refractarios que contienen alúmina, aluminosilicatos, y aluminosilicatos alcalinos. Preferiblemente, el material matriz se selecciona de alúmina calcinada, alúmina fundida, magnesia sinterizada, magnesia fundida, humo de sílice, sílice fundida, carburo de silicio, carburo de boro, diboruro de titanio, boruro de zirconio, nitruro de boro, nitruro de aluminio, nitruro de silicio, nitruro de ferrosilicio, Sialon (oxinitruro de aluminio y silicio), óxido de titanio, sulfato de bario, zircón, un mineral del grupo de la silimanita, pirofilita, arcilla refractaria, carbón, wollastonita, fluoruro de calcio (fluorspar), espinela, óxido de cromo, olivino, un agregado de aluminato de calcio, un silicato alúmina-zirconia, cromita, óxido de calcio, dolomita, y otros materiales matriz conocidos en la materia. Si se desea se puede usar una combinación de materiales matriz.

El tipo de material matriz y el tamaño de partículas seleccionados dependen de la aplicación, seleccionándose el material más económico para mantener la constancia volumétrica para aplicaciones de contención de no metales. Típicamente, el material matriz tiene un tamaño de partículas menor de aproximadamente $149 \mu\text{m}$ (n° de malla 100), más preferiblemente menor de aproximadamente $230 \mu\text{m}$ (n° de malla 65), aunque se pueden usar otros tamaños de partículas. El material matriz está presente en una cantidad de aproximadamente 20 a aproximadamente 80 por ciento en peso para las aplicaciones de contención de metal y en una cantidad de aproximadamente 15 a aproximadamente 50 por ciento en volumen para aplicaciones de contención de metal/calor y de aislamiento térmico.

La composición puede incluir agregado refractario denso, dependiendo de la aplicación y de las características de los otros constituyentes de la mezcla refractaria. El agregado refractario denso contribuye a la integridad estructural de la composición y típicamente está presente en composiciones refractarias que serán expuestas a metales fundidos corrosivos, tales como hierro y acero. Preferiblemente, está presente al menos una pequeña cantidad de agregado refractario denso en las composiciones refractarias usadas en aplicaciones de contención de metal/calor y de aislamiento térmico. El agregado refractario denso puede incluir mineral es natural o sintéticos, o una combinación de los dos. Los minerales naturales pueden incluir arcilla refractaria calcinada, chamota calcinada, un mineral del grupo de la silimanita, bauxita calcinada, pirofilita, sílice, zircón, baddeleyita, cromita, dolomita, y olivino. Los minerales sintéticos pueden incluir corindón, carburo de silicio, alúmina sinterizada (p. ej., alúmina tabular), alúmina fundida, sílice fundida, mullita sinterizada, mullita fundida, zirconia fundida, zirconia-mullita sinterizada, zirconia-mullita fundida, magnesia sinterizada, magnesia fundida, espinela sinterizada, espinela fundida, chamota refractaria densa, un agregado de cromo-alúmina, un agregado de aluminato de calcio, y un silicato alúmina-zirconia. Se puede usar una combinación de agregados refractarios densos para lograr resultados particulares.

Típicamente, el tamaño de partículas del agregado refractario denso será mayor de $149 \mu\text{m}$ (n° de malla 100). El agregado refractario denso puede estar presente en una cantidad de aproximadamente 0 a aproximadamente 80 por ciento en peso para las aplicaciones de contención de metal y en una cantidad de aproximadamente 0 a aproximadamente 70 por ciento en volumen para aplicaciones de contención de metal/calor y de aislamiento térmico.

La composición mineralógica del material matriz y el agregado refractario denso puede ser idéntica, con el mismo material refractario realizando las funciones de proporcionar el cuerpo o esqueleto refractario y potenciar el rendimiento de la composición en el entorno de funcionamiento. Las partículas más grandes, típicamente mayores de aproximadamente $149 \mu\text{m}$ (n° de malla 100), funcionan principalmente como agregado refractario denso que potencia la integridad estructural de la composición y las partículas más pequeñas, típicamente menores de aproximadamente $149 \mu\text{m}$ (n° de malla 100), más preferiblemente menores de aproximadamente n° de malla 65, funcionan principalmente como material matriz que proporciona una buena resistencia al entorno químico y térmico en el que se usará la composición. Las partículas en el intervalo de aproximadamente $149 \mu\text{m}$ (n° de malla 100) pueden presentar una función secundaria además de su función principal, es decir, algunas partículas del agregado refractario denso en este intervalo de tamaño, pueden tener propiedades de unión que potencian la resistencia química y térmica, y algunas partículas del material matriz en este intervalo de tamaño pueden potenciar la integridad estructural.

El material de carga ligero comprende un agregado refractario aislante que reduce la densidad de la composición y potencia sus propiedades de aislamiento térmico. El material de carga ligero puede ser un material natural o sintético, lo más típicamente un óxido refractario. Más específicamente, el material de carga ligero se puede seleccionar de perlita, vermiculita, piedra pómez, esquisto expandido (p. ej., K T 200 y K T 500, disponible en K T Pumice, Inc.), arcilla refractaria expandida (p. ej., CE Mulcoa 471.W disponible en C-E Minerals y agregado con bajo contenido de hierro Whi-Agg disponible en Whitfield & Son Ltd.), esferas huecas de sílice y alúmina expandida (p. ej., microesferas de cerámica huecas Fillite disponibles en Trelleborg Fillite, Inc. y agregado Verilite disponible en A.P. Green Industries, Inc.), alúmina en burbuja, alúmina inaportada sintetizada (p. ej., catalizador de alúmina), un agregado aislante de espinela de alúmina, un agregado aislante de aluminato de calcio (p. ej., agregado superligero

Alcoa SLA-92), mullita expandida, aluminosilicato ligero, chamota ligera, y anortita. También se pueden usar otros agregados refractarios aislantes o minerales porosos (incluyendo minerales expandidos sintéticamente) conocidos en la técnica. Si se desea también se puede usar una combinación de materiales de carga ligeros.

5 El material de carga ligero típicamente tiene un tamaño de partículas de aproximadamente 9,525 mm o menos. El material de carga ligero típicamente no está presente en cantidades apreciables en las aplicaciones de contención de metal, pero está presente en una cantidad de aproximadamente 15 a aproximadamente 85 por ciento en volumen, preferiblemente de aproximadamente 50 a aproximadamente 80 por ciento en volumen, en las aplicaciones de contención de metal/calor y de aislamiento térmico.

10 Las características del material de carga ligero pueden variar con la aplicación. En las aplicaciones de contención de metal/calor, el material de carga ligero debe tener propiedades compatibles con el metal, por ejemplo, un agregado aislante de aluminosilicato en aplicaciones de contención de hierro, así como las propiedades de contención de calor deseadas. En aplicaciones de aislamiento térmico, el material de carga ligero se debe seleccionar por el valor de aislamiento o incluso el costo bajo. En general, se prefiere el material de carga ligero que tiene tamaños de microporos. Es más fácil formar enlaces alrededor del material de carga ligero de tamaño de microporos en las aplicaciones de contención de metal/calor y en otras aplicaciones exigentes, dando como resultado una estructura de uniones más fuerte. Los materiales de carga ligeros que tienen tamaños de microporos también tienen valores de aislamiento más altos.

20 La unión térmica de la composición refractaria instalada se puede llevar a cabo mediante unión cerámica a alta temperatura del material matriz y cualquier agregado refractario denso en res puesta al entorno térmico de la composición instalada. Por ejemplo, la unión cerámica del material matriz y cualquier agregado refractario denso puede proporcionar suficiente unión en aplicaciones tales como aquellas en las que no se desea la formación de unión hasta que la composición alcanza aproximadamente 1093,33°C. Por consiguiente, la presencia de un agente ligante discreto no es necesaria para el buen rendimiento de la composición refractaria seca.

25 Sin embargo, si se desea, la composición puede contener al menos un agente ligante termoactivado discreto para controlar la resistencia del material y el desarrollo de uniones después de aplicar calor a la composición refractaria instalada. El agente ligante se puede seleccionar basándose en la temperatura a la que se va a exponer la aplicación, de modo que la unión puede completarse sustancialmente a temperaturas tan bajas como aproximadamente 176,67°C o tan altas como 982,22°C o más. Preferiblemente, el agente ligante no es líquido a temperatura ambiente, aunque la adición de un agente ligante líquido atomizado durante la preparación de la composición (no durante la instalación) también puede dar resultados aceptables. Cuando se usa, el agente ligante típicamente está presente en una cantidad de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 8 por ciento en peso para las aplicaciones de contención de metal y de aproximadamente 0,1 a aproximadamente 15 por ciento en volumen para las aplicaciones de contención de metal/calor y de aislamiento térmico.

35 Para aplicaciones en las que se usa un agente ligante termoactivado discreto, el agente ligante puede ser un solo agente ligante o una combinación de agentes ligantes. El agente ligante puede ser un agente ligante orgánico, un agente ligante inorgánico o una combinación de estos. Como se ha descrito antes, la unión cerámica del material matriz y cualquier agregado refractario denso también pueden contribuir a la unión de una composición refractaria instalada, incluso cuando está presente un agente ligante discreto.

40 Los agentes ligantes orgánicos que se usan típicamente para temperaturas inferiores a aproximadamente 315,55°C, desarrollan resistencia durante el calentamiento en el intervalo de temperaturas. La resina fenólica (fenol-formaldehído) que incluye resina novolac (una resina de fenol-formaldehído seca termoendurecible) es un agente ligante orgánico preferido. Las resinas con bajo contenido en fenol son particularmente preferidas. Otros agentes ligantes orgánicos adecuados incluyen resina furánica, brea, gilsonita, lignosulfonato, azúcar, metil/etilcelulosa, almidón y ácido oxálico.

45 Los agentes ligantes inorgánicos típicamente se usan para el desarrollo de la unión a temperaturas mayores de aproximadamente 315,55°C. Promueven la formación de enlaces vítreos a intervalos de temperatura intermedios y enlaces cerámicos a intervalos de temperatura más altos. Los agentes ligantes inorgánicos adecuados incluyen óxido de boro, ácido bórico, criolita, una sal de fluoruro o nitrato cálcico (p. ej., fluoruro de aluminio o fluoruro de magnesio), un compuesto de silicato (p. ej., silicato sódico o silicato potásico), un compuesto de borato (p. ej., borato sódico o fluoroborato potásico), un compuesto de fosfato (p. ej., un polvo seco de ortofosfato), un cemento de silicato cálcico, un cemento de aluminato cálcico, cloruro magnésico, arcilla plástica, caolín, un compuesto de sulfato (p. ej., sulfato de aluminio, sulfato cálcico o sulfato magnésico), un polvo de metal (p. ej., aluminio en polvo o aleaciones con silicio) y frita refractaria. También se pueden usar otros agentes reconocidos en la técnica como agentes ligantes termoactivados. El óxido de boro y el ácido bórico son agentes ligantes inorgánicos particularmente preferidos porque son eficaces y baratos. La frita refractaria (tamaño de partículas típicamente menor de 74 μm (n° de malla 200)) también es un agente ligante inorgánico preferido. Las fritas de bajo punto de fusión se prefieren para aplicaciones que requieren la unión a baja temperatura y las fritas de alto punto de fusión se prefieren para aplicaciones con límites de temperatura de servicio más altas.

El tamaño de partículas de los agentes ligantes típicamente es menor de aproximadamente n° de malla 100, más

preferiblemente menor de aproximadamente n° de malla 60. Las partículas más finas proporcionan una dispersión mejor pero las partículas más gruesas pueden estar más disponibles o estas disponibles a menor precio.

5 La mezcla refractaria seca también puede incluir una pequeña cantidad de un supresor de polvo. El supresor de polvo funciona principalmente para reducir el polvo visible para mantener el entorno de la instalación limpio y facilitar el uso. También funciona para mantener los niveles de polvo respirable transportado por el aire de los materiales de la composición por debajo de sus respectivos límites de exposición, aunque las partículas de polvo respirables tienden a pegarse a partículas de polvo visibles más grandes cuando hay polvo visible. En general, es necesario un supresor de polvo en las composiciones que se van a instalar en condiciones que es probable que produzcan la generación de grandes cantidades de polvo, en particular instalaciones a gran escala y aquellas sin sistemas de ventilación de control del polvo. El supresor de polvo no es necesario para contener satisfactoriamente el metal fundido o el calor o proporcionar aislamiento térmico, por lo que el supresor de polvo se puede omitir. Cuando se usa, el supresor de polvo está presente en una cantidad suficiente para controlar el polvo visible y respirable durante la instalación de la composición, típicamente de aproximadamente 0 a aproximadamente 2 por ciento para las aplicaciones de contención de metal, y de aproximadamente 0 a aproximadamente 3 por ciento en volumen para las aplicaciones de contención de metal/calor y de aislamiento térmico.

20 Un supresor de polvo preferido es un aceite ligero, tal como un aceite mineral. Cuanto menor es el peso del aceite, mayor es la cantidad de supresor de polvo que es probable que se necesite para lograr resultados satisfactorios. Por ejemplo, una realización preferida de una mezcla refractaria seca para una aplicación de contención de metal/calor puede incluir aceite ligero en una cantidad de aproximadamente 0,25 a aproximadamente 1,6 por ciento en volumen. También se pueden usar otras sustancias que reducen la formación de polvo sin interferir con el rendimiento refractario, tal como otros aceites ligeros, queroseno, glicoles y polímeros orgánicos viscosos (preferiblemente formulaciones no acuosas). Si se desea también se puede usar una combinación de supresores de polvo, tales como una mezcla de aceite ligero y queroseno.

A continuación se describe una composición refractaria seca para una aplicación de contención de metal:

25 (1) una mezcla refractaria seca que incluye los siguientes ingredientes listados en porcentaje en peso aproximado

Ingrediente	Porcentaje en peso
material matriz	de 20 a 100
agregado refractario denso	de 0 a 80
agente ligante termoactivado	de 0 a 8
supresor de polvo	de 0 a 2;

y

(2) agujas metálicas en una cantidad de 0,5 a 15 por ciento en peso de la mezcla descrita antes.

30 Preferiblemente, la mezcla refractaria seca descrita antes incluye los siguientes ingredientes listados en porcentaje en peso aproximado:

Ingrediente	Porcentaje en peso
material matriz	de 20 a 60
agregado refractario denso	de 40 a 80
agente ligante termoactivado	de 0 a 5
supresor de polvo	de 0 a 2.

A continuación se describe una composición refractaria seca para aplicaciones de contención de metal/calor y de aislamiento térmico:

35 (1) una mezcla refractaria seca que incluye los siguientes ingredientes listados en porcentaje en volumen aproximado:

Ingrediente	Porcentaje en peso
material matriz	de 15 a 50
material de carga ligero	de 15 a 85
agregado refractario denso	de 0 a 70
agente ligante termoactivado	de 0 a 15
supresor de polvo	de 0 a 3;

y

(2) agujas metálicas en una cantidad de 0,5 a 15 por ciento en peso de la mezcla descrita antes.

40 Preferiblemente, la mezcla refractaria seca descrita antes incluye los siguientes ingredientes listados en porcentaje en volumen aproximado

Ingrediente	Porcentaje en peso
material matriz	de 15 a 35
material de carga ligero	de 35 a 75
agregado refractario denso	de 0 a 65
agente ligante termoactivado	de 0 a 10
supresor de polvo	de 0 a 3.

5 La composición refractaria seca no contiene humedad o aglutinantes químicos líquidos añadidos. La composición no lleva humedad en su estado instalado. Se espera que la composición refractaria instalada contenga menos de aproximadamente 0,5 por ciento en peso de agua que resulta de las aguas de hidratación asociadas con los constituyentes refractarios y/o la humedad absorbida del entorno, aunque esta cantidad puede variar con la composición refractaria específica y las condiciones ambientales durante el almacenamiento y la instalación.

10 La composición refractaria seca se puede preparar combinando las materias primas disponibles en el comercio (previamente seleccionadas para los tamaños de partículas deseados) para la mezcla refractaria seca con las fibras metálicas en un mezclador. Los materiales se mezclan entre sí para proporcionar una distribución sustancialmente continua. El procedimiento y equipamiento de mezcla son típicamente los usados en métodos conocidos para hacer refractarios secos instalables por vibración. Se puede añadir un supresor de polvo a la composición durante la mezcla. También se puede pulverizar un supresor de polvo atomizado en la composición.

15 La composición refractaria se puede instalar de la misma forma que un refractario seco instalable por vibración, vertiéndola en el sitio (p. ej., en una cavidad adyacente a una fuente de calor) y después desaireándola o densificándola. Esto se puede llevar a cabo compactando la composición en el sitio, por ejemplo, por vibración o apisonamiento. Para composiciones más densas, la desaireación también se puede llevar a cabo mediante horquillado de la composición (usando una herramienta de horquilla o aparato similar) para eliminar el aire atrapado en la composición durante el vertido. La eliminación del aire atrapado lleva a las partículas a un mejor contacto de unas con otras y proporciona un empaquetamiento de partículas suficiente para permitir la formación de enlaces fuertes y el desarrollo de capacidad de llevar carga (si se desea) en el refractario unido.

25 Las diferencias entre un refractario seco instalable por vibración convencional instalado y un refractario instalado que incluye fibras metálicas en una aplicación de contención de metal de ejemplo, se pueden ver con referencia a las figuras 1-6. La figura 1 es una vista esquemática del corte transversal de un recipiente de fusión de metal 10 que tiene un revestimiento refractario de trabajo 12. El lado del revestimiento más cerca de la masa de metal fundido 14 se denomina la cara caliente 16 y el lado del revestimiento más cerca del almacén exterior 18 que contiene el revestimiento en el sitio antes de ser compactado, se denomina la cara fría 20. Para el propósito de este ejemplo, se supone que el recipiente 10 es un horno eléctrico de inducción en contacto con metal que contiene aluminio fundido 14 a una temperatura de aproximadamente 760°C. La figura 2 es una vista esquemática parcial del revestimiento refractario 12 de la figura 1 antes de calentarlo, que ilustra la forma no sinterizada del refractario.

30 Antes del funcionamiento de un recipiente recién revestido o reparado 10, la temperatura del revestimiento 12 se puede aumentar gradualmente hacia la temperatura de funcionamiento. Durante este periodo de calentamiento, pueden tener lugar muchas reacciones químicas y físicas muy deseables e importantes en el revestimiento 12. La temperatura creciente del revestimiento 12 puede iniciar o acelerar estas reacciones, incluyendo la activación de cualquiera de los agentes ligantes termoactivados presentes en la composición. Debido a que no hay presentes agua o aglutinantes químicos líquidos en el revestimiento refractario seco 12 instalado, no es necesaria una etapa de secado prolongada entre la instalación y el calentamiento.

40 La composición refractaria seca preferiblemente se selecciona con un intervalo de temperatura de sinterización adecuado que permita la formación de uniones térmicas fuertes en una región predeterminada del cuerpo refractario 12 instalado. Después de la instalación, el revestimiento refractario 12 formará progresivamente uniones térmicas en respuesta a la exposición al calor.

45 Las figuras 3-5 muestran la formación progresiva de uniones en un revestimiento refractario seco 12 instalable por vibración convencional y la figura 6 muestra la formación progresiva de uniones en un revestimiento refractario 12' instalado, que incluye fibras metálicas 30. El gradiente de temperatura (también denominado plano térmico) del revestimiento 12, 12', desde la cara caliente 16 a la cara fría 20, se muestra en la parte inferior de cada diagrama.

50 La figura 3 es una vista esquemática parcial del revestimiento refractario 12 de la figura 1 después de calentamiento inicial. La región 22 del revestimiento 12 adyacente a la cara caliente 16 tiende a formar uniones fuertes (es decir, uniones con una resistencia mayor de aproximadamente 6,89 MPa para una aplicación de horno eléctrico de inducción en contacto con aluminio). El refractario fuertemente unido 22 es denso y duro y puede presentar comportamiento frágil. La región 24 del revestimiento 12, la más lejos de la cara caliente 16 y adyacente al almacén 18 tiende a permanecer en un estado no sinterizado (es decir, con una resistencia menor de aproximadamente 1,38 MPa para una aplicación de horno eléctrico de inducción en contacto con aluminio). La región intermedia 26 tiende a formar uniones fritadas débiles (es decir, con una resistencia mayor de aproximadamente 1,38 MPa pero menor de aproximadamente 6,89 MPa para una aplicación de horno eléctrico de inducción en contacto con aluminio). Las

regiones fritada 26 y no sinterizada 24 del revestimiento 12 retienen sus propiedades fluidas y forman una envuelta que sigue siendo capaz de absorber tensiones mecánicas y térmicas. Con el propósito de ilustrar, las regiones 22, 24 y 26 caracterizadas por diferentes resistencias de unión se muestran como áreas discretas con límites claros. Sin embargo, como se ha descrito antes, las uniones formadas en el revestimiento 12 en respuesta al calor son progresivas y en naturaleza de modo que existe un continuo de resistencias de unión desde la cara caliente 16 al refractario no sinterizado 24.

La figura 4 es una vista esquemática parcial del revestimiento 12 de la figura 3, después de haber usado el revestimiento refractario 12 durante un tiempo que se aproxima a su vida útil. El revestimiento 12 se ha erosionado fuera de su localización original de la cara caliente 16 para definir una nueva cara caliente 16A y desplazar el plano térmico del revestimiento 12 hacia la cara fría 20. El resto del refractario todavía incluye regiones fuertemente unidas 22, fritadas 26 y no sinterizadas 24.

La figura 5 es una vista esquemática parcial del revestimiento 12 de la figura 3, en el que se ha formado una fisura 28 en la región frágil, fuertemente unida 22, dejando que el metal fundido 14 penetre profundamente en el revestimiento 12. En respuesta a las condiciones térmicas que resultan de esta penetración, el revestimiento refractario 12 ha formado progresivamente uniones térmicas adicionales 22A, 24A, 26A adyacentes a la fisura 28, produciendo un desplazamiento localizado del plano térmico del revestimiento 12. La propagación de la fisura 28 se ha parado por la formación de nuevas uniones fuertes 22A que proporcionan una buena resistencia a la penetración del metal fundido, pero solo queda una capa fina de refractario no sinterizado 24A para absorber y distribuir las tensiones.

El revestimiento refractario 12' que incluye fibras metálicas 30 presenta las mismas características que el revestimiento seco instalable por vibración convencional 12 mostrado en las figuras 2-4, pero responde de forma diferente a la formación de fisuras. La figura 6 es una vista esquemática parcial del revestimiento refractario 12' instalado que contiene fibras metálicas 30, que muestra la respuesta del revestimiento 12' a una fisura 28'. Las fibras metálicas 30 en el revestimiento 12' resisten la propagación de la fisura 28' de modo que la fisura 28' penetra solo una distancia corta en la región fuertemente unida 22'. Incluso si la fisura se ha propagado en el revestimiento 12' en la misma extensión mostrada en la figura 5, de modo que solo queda una capa fina de refractario no sinterizado 24', el revestimiento 12' es más capaz de absorber y distribuir tensiones porque la región fuertemente unida 22' es menos frágil que la del revestimiento refractario 12 convencional mostrado en la figura 5.

En la aplicación de ejemplo descrita antes, el gradiente térmico era tal que el continuo de las resistencias de unión en el revestimiento refractario 12 se extendía a través de las regiones 22, 24 y 26, cada uno caracterizado por una resistencia de unión diferente. Sin embargo, no es necesario que el gradiente térmico se extienda a través de las tres regiones en todas las aplicaciones. Dependiendo de las características del diseño del refractario seco y del entorno térmico, el gradiente térmico puede ser tal que el revestimiento 12 instalado presente resistencias de unión en solo dos regiones o incluso en una región. En una aplicación que tenga un gradiente térmico bajo, el revestimiento instalado puede consistir en regiones fuertemente unidas y fritadas, esencialmente sin que haya presente refractario no sinterizado. En una aplicación que tiene un gradiente térmico incluso más bajo, esencialmente todo el refractario instalado puede estar fuertemente unido. Un revestimiento refractario instalado también puede resistir la formación de uniones fuertes en la región más cercana a la cara caliente después del calentamiento inicial y permanecer en forma no sinterizada (o una combinación de forma fritada y no sinterizada), formándose uniones fuertes en la región más cercana a la cara caliente solo en respuesta a un cambio posterior en las condiciones térmicas, tal como la penetración de gases calientes a través de las fisuras o juntas en un revestimiento de trabajo de una cámara de combustión. La resistencia de las uniones formadas en una región particular también puede variar basándose en las características de la composición refractaria y el entorno térmico de la aplicación.

El número de regiones con uniones resistentes en una aplicación particular incluso puede cambiar en respuesta a condiciones térmicas. En la figura 5, la cantidad de refractario no sinterizado 24 en la proximidad de la fisura 18 es pequeña. La propagación adicional de la fisura podría producir la unión de todo el refractario no sinterizado 24 en esta zona.

Sin querer estar ligados por la teoría, parece que las fibras metálicas en el revestimiento refractario interfieren con la propagación de las fisuras y reducen la naturaleza frágil (aumentando la resistencia a la tensión) de la región fuertemente unida del revestimiento refractario. Parece que fibras más cortas contribuyen más a la interferencia con la propagación de fisuras mientras que las fibras más largas contribuyen más a la reducción de la naturaleza frágil del revestimiento refractario unido. El uso de una combinación de fibras que tenga tanto fibras largas como cortas, puede producir un revestimiento refractario que tiene una resistencia a las fisuras óptima.

El comportamiento de la composición refractaria con fibras metálicas en respuesta a la tensión difiere notablemente del de los refractarios secos instalables por vibración convencionales. Las curvas de resistencia a la flexión para una composición refractaria seca convencional y una composición refractaria seca que incluye fibras metálicas, respectivamente, se muestran en las figuras 7 y 8. Se preparó una muestra de un refractario seco instalable por vibración convencional (Allied Mineral Products, Inc. Dri-Vibe 493A) compactando el refractario seco instalable por vibración, cociéndolo a una temperatura de 982,22°C y enfriándolo a temperatura ambiente. Se preparó una muestra

- 5 de refractario seco instalable por vibración que incluía fibras metálicas (modificación de Dri-Vibe 493A que contiene aproximadamente 4,6 por ciento en peso de fibras de aleación de cromo exenta de níquel) por el mismo método. La resistencia a la flexión de las muestras con la misma tasa de carga se determinó usando un aparato de medición de módulo de rotura de 3 puntos. Como se muestra en la figura 7, la muestra convencional tenía una respuesta generalmente lineal a la carga a lo largo del tiempo antes de romperse por la mitad. La muestra refractaria con fibras metálicas, mostrada en la figura 8, tenía una respuesta más irregular a la carga a lo largo del tiempo y se flexionaba sin romperse. Se cree que la respuesta irregular es indicativa de microfisuras y flexión.

A continuación se dan ejemplos de composiciones refractarias para aplicaciones particulares.

Ejemplo 1

- 10 Se preparó una composición refractaria seca para un horno eléctrico de inducción sin núcleo en contacto con aluminio, mezclando los siguientes ingredientes de una mezcla refractaria seca:

Ingrediente	Porcentaje en peso
alúmina fundida marrón, 4,00 mm + 2,0 mm (nº de malla 5 + 10)	26,1
alúmina fundida marrón, 2,00 mm + 595 µm (nº de malla 10 + 30)	27,1
alúmina fundida marrón, - 595 µm (nº de malla -30)	18,3
alúmina fundida marrón, - 149 µm (nº de malla -100)	8,1
alúmina fundida blanca, - 74 µm (nº de malla -200)	8,1
silíce, - 74 µm (nº de malla -200)	4,0
alúmina calcinada, - 44 µm (nº de malla -325)	5,4
frita refractaria, - 149 µm (nº de malla -100)	2,9;

- 15 con agujas de acero inoxidable en una cantidad de aproximadamente 4,6 por ciento de la mezcla refractaria seca. En la industria de los hornos eléctricos de inducción, algunos creían que dicha composición refractaria era inadecuada para usar en un horno eléctrico de inducción debido a la presencia de corriente eléctrica en el revestimiento refractario. A pesar de esto, la composición refractaria consiguió resultados satisfactorios cuando se instaló en un horno eléctrico de inducción en contacto con aluminio, sin observarse problemas relacionados con la conductividad eléctrica por las fibras metálicas.

Ejemplo 2

- 20 Se preparó una composición refractaria seca para un horno eléctrico de inducción en contacto con magnesio, mezclando los siguientes ingredientes de una mezcla refractaria seca:

Ingrediente	Porcentaje en peso
alúmina fundida marrón, 4,00 mm + 2,0 mm (nº de malla 5 + 10)	18,7
alúmina fundida marrón, 2,00 mm + 595 µm (nº de malla 10 + 30)	24,1
alúmina fundida marrón, - 595 µm (nº de malla -30)	14,4
alúmina fundida blanca, - 293 µm (nº de malla -50)	5,3
alúmina fundida marrón, - 74 µm (nº de malla -200)	18,6
alúmina calcinada, - 44 µm (nº de malla -325)	10,9
magnesia calcinada, - 74 µm (nº de malla -200)	4,8
frita refractaria, - 149 µm (nº de malla -100)	3,2;

con agujas de aleación de cromo exenta de níquel en una cantidad de aproximadamente 4,6 por ciento de la mezcla refractaria seca.

Ejemplo 3

25 Una composición refractaria seca para un revestimiento secundario de aislamiento térmico en una cámara de combustión sometida a repetidos choques térmicos, que está fuera del alcance de la presente invención, se preparó mezclando los siguientes ingredientes de una mezcla refractaria seca:

Ingrediente	Porcentaje en volumen
arcilla de sílex calcinado -4,76 mm (nº de malla -4)	12,8
mineral del grupo de la silimanita -500 µm (nº de malla -35)	4,8
pirofilita, -1,19 µm (nº de malla -16)	3,0
perilita, - 2,00 µm (nº de malla -10)	77,0
arcilla refractaria, - 149 µm (nº de malla -100)	1,0
frita refractaria, - 149 µm (nº de malla -100)	0,9
aceite mineral	0,5;

con agujas de acero inoxidable en una cantidad de aproximadamente 5 por ciento en peso de la mezcla refractaria seca.

5 Una composición refractaria que incluye fibras metálicas también ha logrado resultados satisfactorios como revestimiento secundario de cuchara de colada en el refinamiento del acero. Típicamente, las cucharas de colada usan ladrillos refractarios como revestimiento secundario detrás de un revestimiento de trabajo de ladrillos. A pesar de la presencia de un revestimiento secundario, el armazón de la cuchara de colada tiende a distorsionarse por el calor y las tensiones mecánicas durante el uso, haciendo difícil encajar los ladrillos cuando es necesaria una sustitución del revestimiento secundario y los huecos entre los ladrillos pueden dejar que el metal fundido o la escoria penetre en el armazón, produciendo más distorsión. El uso de un refractario seco instalable por vibración que contiene fibras metálicas como revestimiento secundario en una cuchara de colada proporciona un revestimiento sin juntas con resistencia satisfactoria al acero fundido y la escoria, que se puede instalar por métodos en seco por vibración convencionales, evitando la necesidad de encajar ladrillos en el revestimiento secundario, que requiere tiempo. El uso de un refractario seco que contiene fibras metálicas también potencia la vida útil del revestimiento secundario reduciendo los fallos relacionados con la formación de fisuras, en particular durante el desgarro de la cara caliente.

10 A lo largo de esta memoria descriptiva, cuando se define un intervalo de condiciones o un grupo de sustancias con respecto a una característica particular (p. ej., temperatura, porcentaje en volumen y similares) de la presente invención, la presente invención se refiere e incorpora explícitamente todos los miembros específicos y la combinación de subintervalos o subgrupos en los mismos. Cualquier intervalo o grupo especificado debe entenderse como una forma abreviada de referirse a cada miembro de un intervalo o grupo individualmente, así como a cada posible subintervalo o subgrupo abarcado por el mismo; e igualmente con respecto a cualquier subintervalo o subgrupo en el mismo.

25 La presencia en la composición refractaria de cantidades accidentales de partículas constituyentes del refractario seco (p. ej., material matriz, agregado refractario seco o material de carga ligero) con un tamaño fuera de un intervalo especificado, no destruye la utilidad de la invención. Las mezclas que contienen predominantemente partículas constituyentes del refractario seco del intervalo especificado y cantidades accidentales de partículas constituyentes del refractario seco fuera del intervalo especificado, se considera que están dentro del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1.- Una composición refractaria seca, que comprende:

(a) una mezcla refractaria seca en forma de un polvo seco para verter en una cavidad de revestimiento refractario y que incluye un material matriz que tiene un tamaño de partículas menor de $149 \mu\text{m}$ (n° de malla 100) en una cantidad de 20 a 100 por ciento en peso, seleccionándose el material matriz de alúmina calcinada, alúmina fundida, magnesia sinterizada, magnesia fundida, humo de sílice, sílice fundida, carburo de silicio, carburo de boro, diboruro de titanio, boruro de zirconio, nitruro de boro, nitruro de aluminio, nitruro de silicio, nitruro de ferrósilicio, Sialon, óxido de titanio, sulfato de bario, zircón, un mineral del grupo de la silimanita, pirofilita, arcilla refractaria, wollastonita, fluoruro de calcio, espinela, óxido de cromo, olivino, un agregado de aluminato de calcio, un silicato alúmina-zirconia, cromita, óxido de calcio, dolomita, y mezclas de los mismos; y

un agregado refractario denso que tiene un tamaño de partículas mayor o igual que $149 \mu\text{m}$ (n° de malla 100), en una cantidad de 0 a 80 por ciento en peso, seleccionándose el agregado refractario denso de arcilla refractaria calcinada, chamota calcinada, un mineral del grupo de la silimanita, bauxita calcinada, pirofilita, sílice, zircón, baddeleyita, cromita, dolomita, olivino, cordierita, carburo de silicio, alúmina sinterizada, alúmina fundida, sílice fundida, mullita sinterizada, mullita fundida, zirconia fundida, zirconia sinterizada, mullita, zirconia-mullita fundida, magnesia sinterizada, magnesia fundida, espinela sinterizada, espinela fundida, chamota refractaria densa, un agregado de cromo-alúmina, un agregado de aluminato de calcio, un silicato alúmina-zirconia y mezclas de los mismos; y

opcionalmente, un agente ligante termoactivado en una cantidad de 0,1 a 8 por ciento en peso;

seleccionándose el material matriz, el agregado refractario denso y el agente ligante termoactivado, si se incluye, de modo que cuando la composición refractaria seca se instala en forma de polvo sin adición de agua o aglutinantes químicos líquidos en una cavidad de revestimiento refractario adyacente a una fuente de calor, una primera parte de la composición cerca de la fuente de calor forma uniones térmicas fuertes; y

(b) fibras metálicas en una cantidad de 3 a 15 por ciento en peso, basado en el peso de la mezcla refractaria seca; y en la que el material matriz, el agregado refractario denso y el agente ligante termoactivado, si se incluye, se seleccionan de modo que cuando la composición refractaria seca se instala en una cavidad de un revestimiento refractario adyacente a una fuente de calor, una segunda parte de la composición más lejos de la fuente de calor que la primera parte, permanece en forma no sinterizada.

2.- La composición refractaria seca de la reivindicación 1, en la que las fibras metálicas se seleccionan de acero inoxidable, acero al carbono, una aleación de cromo, una aleación de cobre, una aleación de aluminio, una aleación de titanio y mezclas de los mismos.

3.- La composición refractaria seca de la reivindicación 1 o reivindicación 2, en la que las fibras metálicas tienen una longitud de aproximadamente 12,7 mm a aproximadamente 50,8 mm.

4.- La composición refractaria seca de cualquier reivindicación precedente, en la que la mezcla refractaria seca comprende el agente ligante termoactivado en una cantidad que mantiene la forma de polvo seco de la mezcla refractaria seca y está en el intervalo de 0,1 a 8 por ciento en peso; y en la que, opcionalmente, el agente ligante termoactivado se selecciona de óxido de boro, ácido bórico, criolita, una sal de fluoruro no cálcico, un compuesto de silicato, un compuesto de borato, un compuesto de fosfato, un cemento de silicato cálcico, un cemento de aluminato cálcico, cloruro magnésico, arcilla plástica, caolín, un compuesto de sulfato, un polvo de metal, frit refractaria, resina fenólica; resina furánica, brea, gilsonita, lignosulfonato, azúcar, metil/etilcelulosa, almidón, ácido oxálico y mezclas de los mismos.

5.- La composición refractaria seca de cualquier reivindicación precedente, en la que la mezcla refractaria seca comprende además un supresor de polvo en una cantidad que mantiene la forma de polvo seco de la mezcla refractaria seca y es suficiente para controlar el polvo visible y respirable durante la instalación de la composición; y en la que, opcionalmente, el supresor de polvo se selecciona de un aceite ligero, queroseno, un glicol, un polímero orgánico viscoso, y mezclas de los mismos.

6.- La composición refractaria seca de cualquier reivindicación precedente, en la que la mezcla refractaria seca incluye material matriz en una cantidad de 20 a 60 por ciento en peso y agregado refractario denso en una cantidad de 40 a 80 por ciento en peso.

7.- La composición refractaria seca de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en la que la mezcla refractaria seca comprende además carbono.

8.- La composición refractaria seca de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4-7, en la que el agente ligante termoactivado comprende frit refractaria.

9.- Una composición refractaria instalada, que comprende:

la composición refractaria seca de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, instalada en forma de polvo sin la adición de agua o aglutinantes químicos líquidos en una cavidad adyacente a una fuente de calor, formando al menos una primera parte de la composición instalada cerca de la fuente de calor uniones térmicas fuertes.

5 10.- La composición refractaria instalada de la reivindicación 9, en la que una segunda parte de la composición más lejos de la fuente de calor que la primera parte, permanece en una forma no sinterizada.

11.- La composición refractaria instalada de acuerdo con la reivindicación 9 o reivindicación 10, en la que la fuente de calor es la cara caliente de un horno eléctrico de inducción en contacto con metal.

12.- Una cavidad de revestimiento refractario llenada con la composición refractaria seca de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en forma seca sin adición de agua o aglutinantes químicos líquidos.

10 13.- Un método de instalación de un revestimiento refractario, que comprende las etapas de verter una composición refractaria seca que comprende

(a) una mezcla refractaria seca en forma de un polvo seco en una cavidad de revestimiento refractario adyacente a una fuente de calor, incluyendo la mezcla refractaria seca

15 un material matriz que tiene un tamaño de partículas menor de 149 μm (nº de malla 100) en una cantidad de 20 a 100 por ciento en peso, seleccionándose el material matriz de alúmina calcinada, alúmina fundida, magnesia sinterizada, magnesia fundida, humo de sílice, sílice fundida, carburo de boro, diboruro de titanio, boruro de zirconio, nitruro de boro, nitruro de aluminio, nitruro de silicio, nitruro de ferrósilicio, Sialon, óxido de titanio, sulfato de bario, un mineral del grupo de la silimanita, pirofillita, arcilla refractaria, wollastonita, fluoruro de calcio, espinela, óxido de cromo, olivino, un agregado de aluminato de calcio, un silicato alúmina-zirconia, cromita, óxido de calcio, dolomita, y mezclas de los mismos;

20

y un agregado refractario denso que tiene un tamaño de partículas mayor o igual que 149 μm (nº de malla 100), en una cantidad de 0 a 80 por ciento en peso, seleccionándose el agregado refractario denso de arcilla refractaria calcinada, chamotacalcinada, un mineral del grupo de la silimanita, bauxita calcinada, pirofillita, sílice, zircón, baddeleyita, cromita, dolomita, olivino, cordierita, carburo de silicio, alúmina sinterizada, alúmina fundida, sílice fundida, mullita sinterizada, mullita fundida, zirconia fundida, zirconia-mullita sinterizada, zirconia-mullita fundida, magnesia sinterizada, magnesia fundida, espinela sinterizada, espinela fundida, chamot refractaria densa, un agregado de cromo-alúmina, un agregado de aluminato de calcio, un silicato alúmina-zirconia, y mezclas de los mismos; y

25

opcionalmente, un agente ligante termoactivado en una cantidad de 0,1 a 8 por ciento en peso;

30 comprendiendo además la composición refractaria seca

(b) fibras metálicas en una cantidad de 3 a 15 por ciento en peso, basado en el peso de la mezcla refractaria seca, seleccionándose las fibras metálicas de acero inoxidable, acero al carbono, una aleación de cromo, una aleación de cobre, una aleación de aluminio, una aleación de titanio y mezclas de los mismos;

35 seleccionándose el material matriz, el agregado refractario denso y el agente ligante termoactivado, si se incluye, de modo que cuando la composición refractaria seca se instala en forma de polvo sin adición de agua o aglutinantes químicos líquidos en una cavidad adyacente a una fuente de calor, al menos una primera parte de la composición cerca de la fuente de calor forma uniones térmicas fuertes y una segunda parte de la composición más lejos de la fuente de calor que la primera parte, permanece en forma no sinterizada,

desairear la composición vertida; y

40 calentar la composición desaireada de modo que al menos una primera parte de la composición cerca de la fuente de calor forma uniones térmicas fuertes y una segunda parte de la composición más lejos de la fuente de calor que la primera parte, permanece en una forma no sinterizada.

14.- El método de la reivindicación 13, en el que la etapa de desaireación además comprende la etapa de:

compactar la composición.

45 15.- El método de acuerdo con la reivindicación 13 ó 14, en el que la fuente de calor es la cara caliente de un horno eléctrico de inducción en contacto con metal.

16.- El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13-15, en el que la mezcla refractaria seca en forma de un polvo seco incluye el material matriz en una cantidad de 20 a 60 por ciento en peso y el agregado refractario denso en una cantidad de 40 a 80 por ciento en peso.

50 17.- El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 13-16, en el que la mezcla refractaria seca en forma de un polvo seco incluye el agente ligante termoactivado en una cantidad que mantiene la forma de polvo

seco de la mezcla refractaria seca y está en el intervalo de 0,1 a 8 por ciento en peso.

18.- El método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que el agente ligante termoactivado comprende frita refractaria.

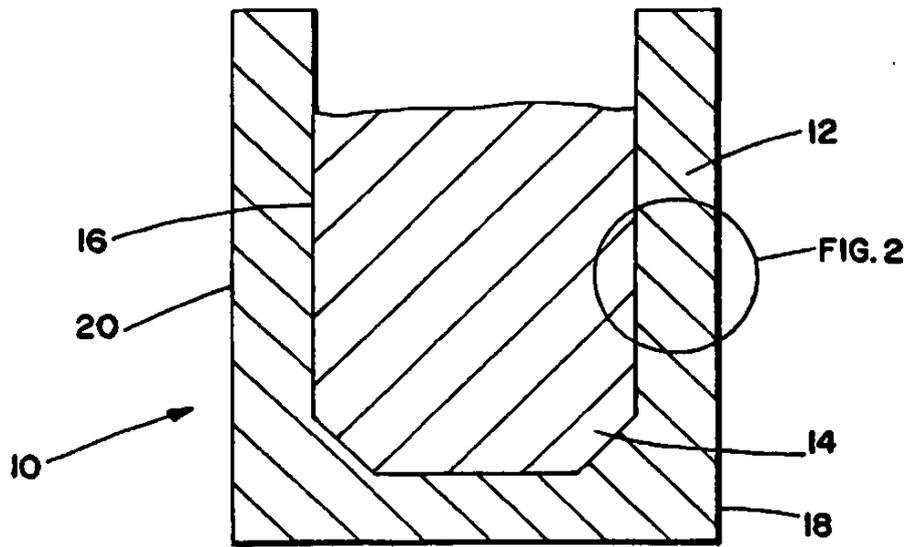


Fig. 1

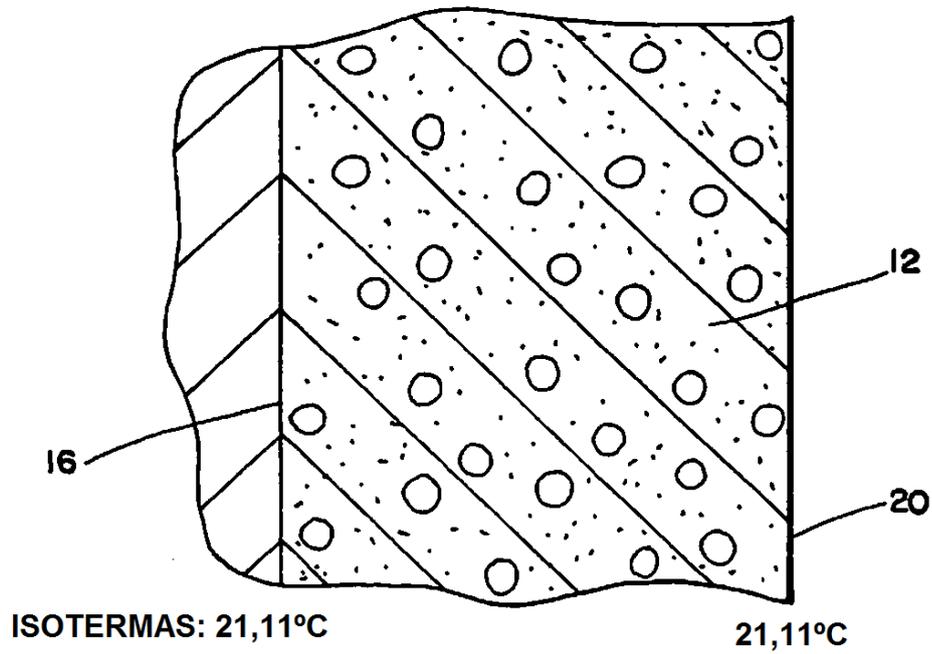


Fig. 2
(TÉCNICA ANTERIOR)

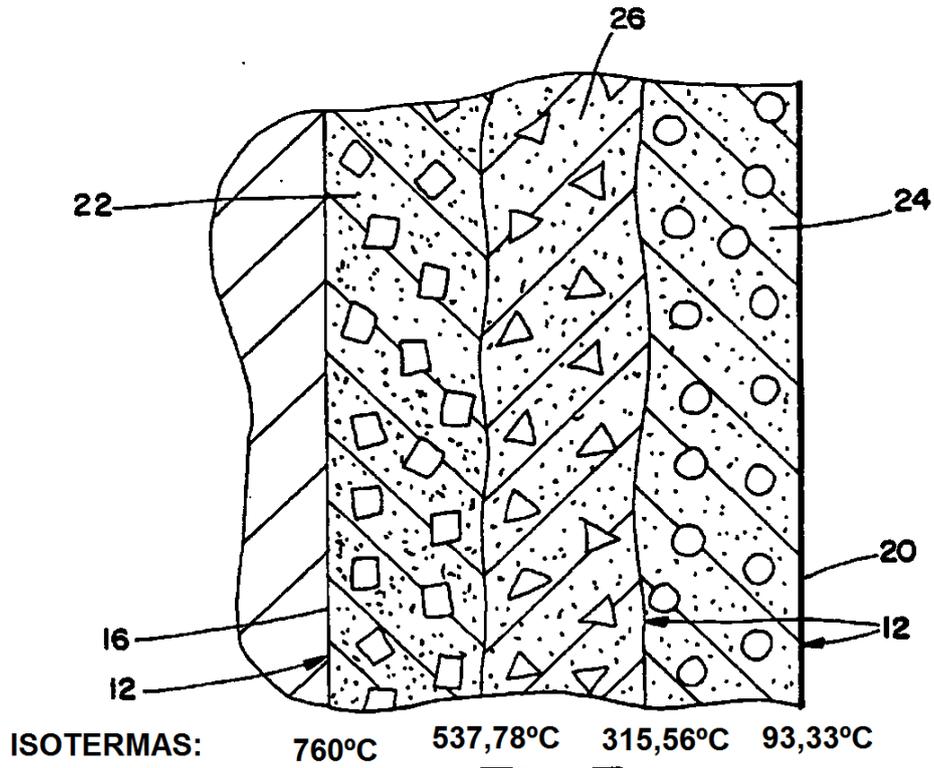


Fig. 3
(TÉCNICA ANTERIOR)

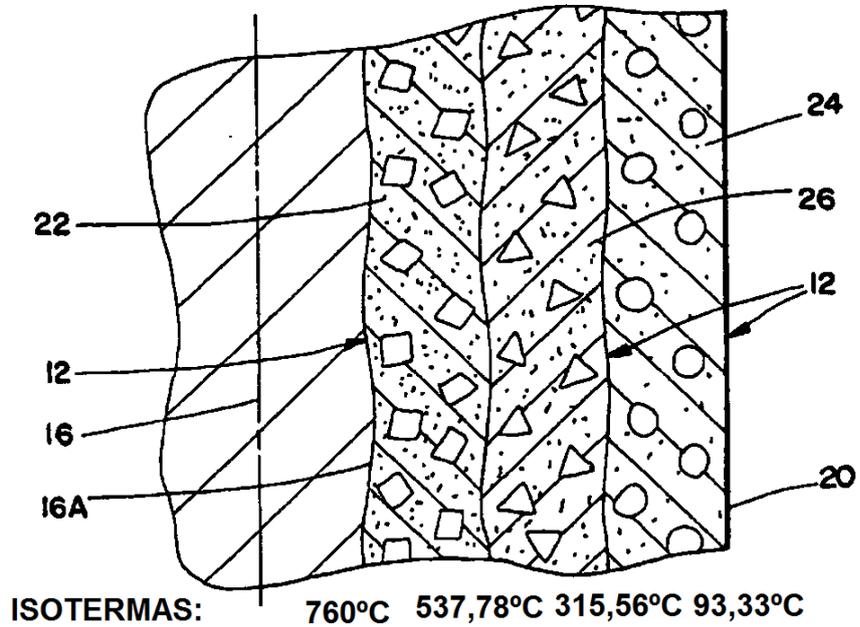


Fig. 4
(TÉCNICA ANTERIOR)

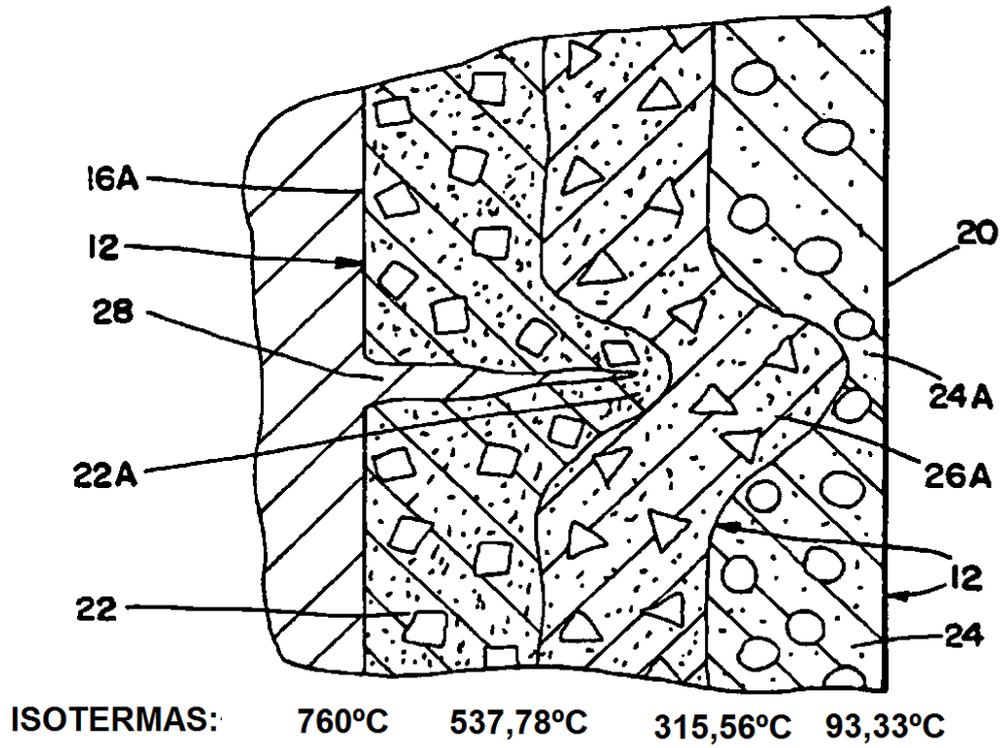


Fig. 5

(TÉCNICA ANTERIOR)

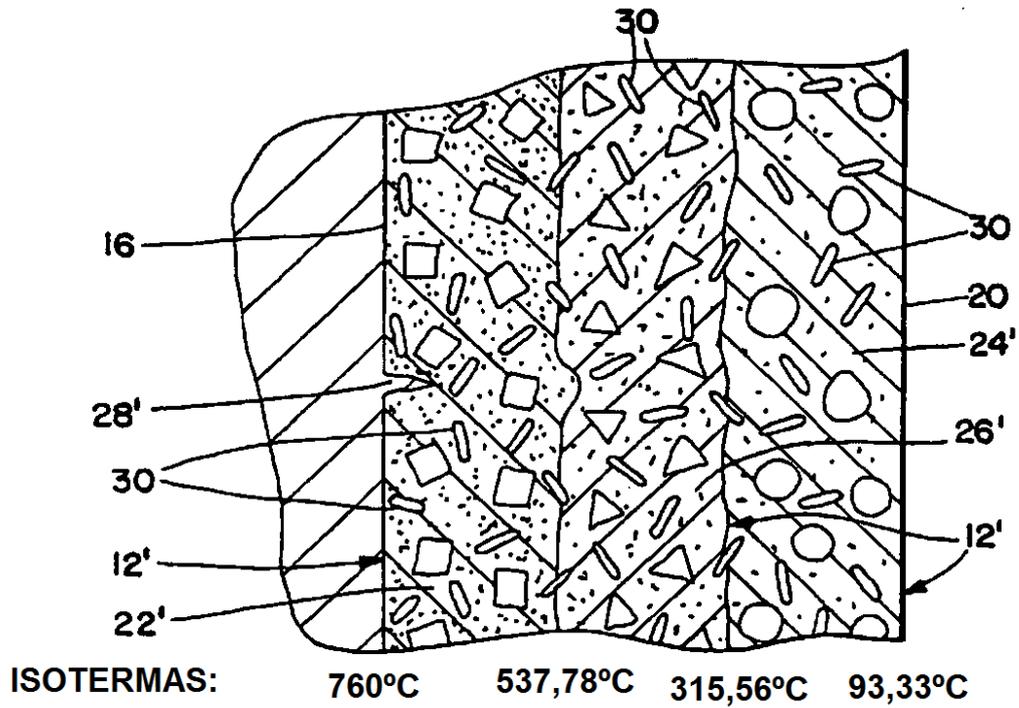


Fig. 6

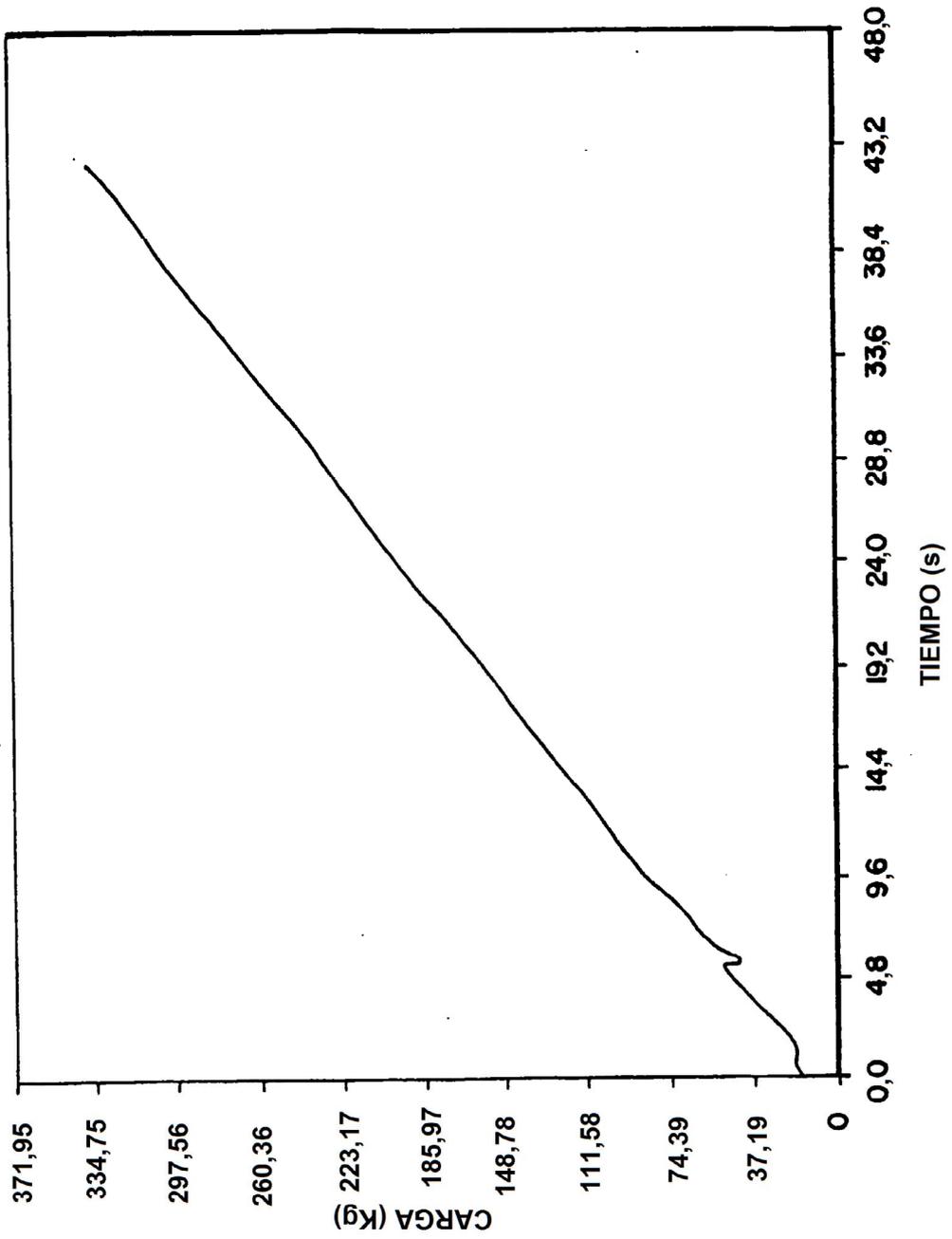


Fig. 7
(TÉCNICA ANTERIOR)

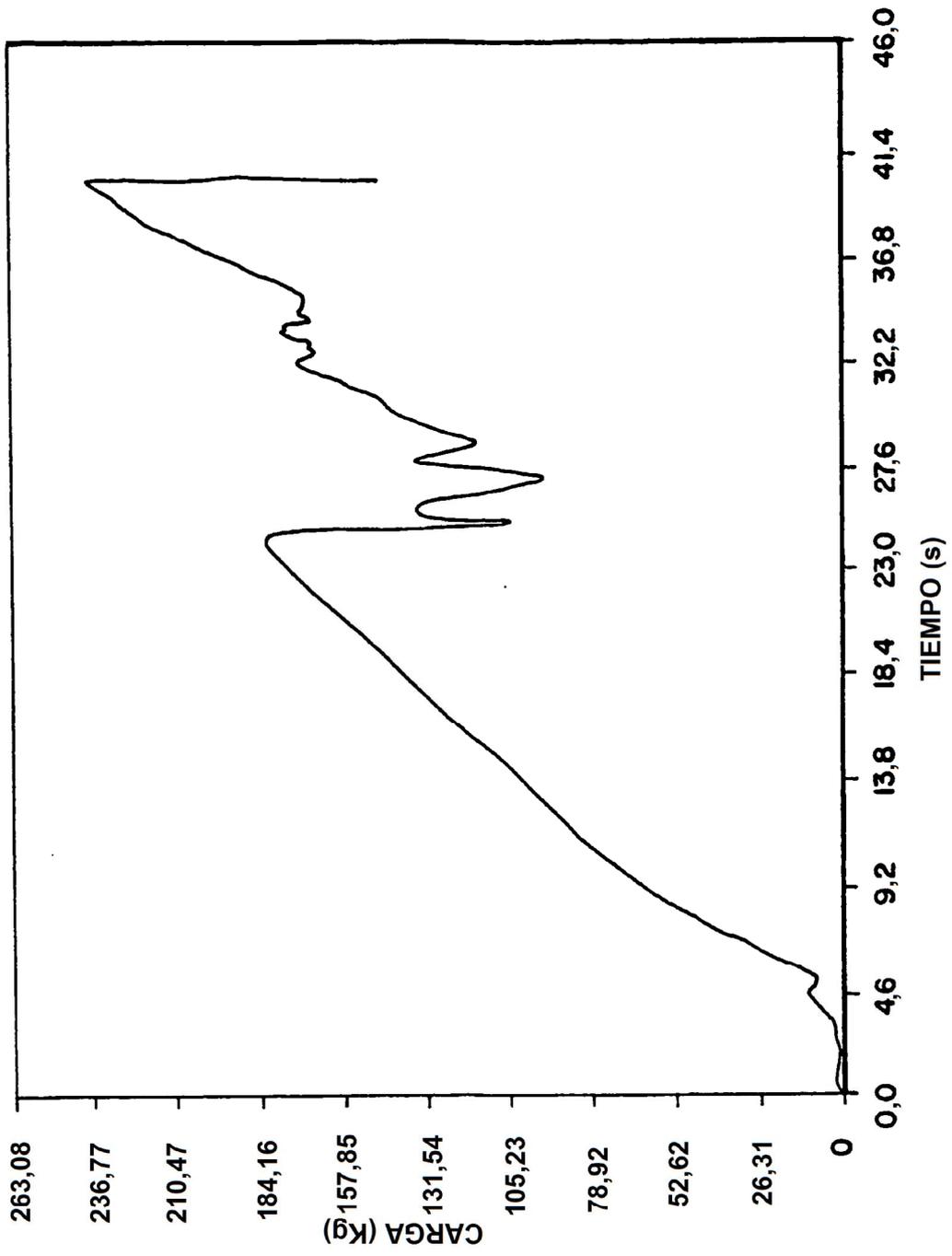


Fig. 8