(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 820 500**

(51) Int. CI.:

C04B 35/66 (2006.01)
B32B 18/00 (2006.01)
C04B 35/043 (2006.01)
C04B 35/05 (2006.01)
C04B 35/20 (2006.01)
C04B 35/443 (2006.01)
C04B 35/626 (2006.01)
C04B 35/634 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2016 PCT/CN2016/110249**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **22.06.2017 WO17101827**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2016 E 16874884 (6)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 3392226**

(54) Título: **Método de preparación de ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y ladrillo de espinela de magnesio-aluminio preparado usando el mismo**

(30) Prioridad:

16.12.2015 CN 201510936752

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
21.04.2021

(73) Titular/es:

ZIBO CITY LUZHONG REFRACTORIES CO., LTD. (100.0%)
Niecun, Luocun, Zichuan District
Zibo, Shandong 255138, CN

(72) Inventor/es:

CHEN, JUNHONG;
FENG, JISHENG;
JIA, YUANPING;
WU, YANXIA;
ZHU, BO y
GUO, YUTAO

(74) Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

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

Método de preparación de ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y ladrillo de espinela de magnesio-aluminio preparado usando el mismo

Campo técnico

La presente invención pertenece al campo de materiales refractarios, específicamente, se refiere a un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica y a un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica que se fabrican empleando el método de fabricación.

Antecedentes

Tal como se conoce bien, un horno rotatorio es uno de los principales aparatos en un procedimiento de producción de cemento, cal viva, etc.

Tomando la producción de cemento como ejemplo:

Existen dos avances tecnológicos importantes a principios del siglo XX. El primero es que el horno rotatorio se popularizó por completo a principios del siglo XX, y el segundo es la aparición de la tecnología de precalcinación. Mejoran en gran medida la eficiencia térmica y la capacidad de producción individual de una máquina del horno de cemento, ayudan a que la industria del cemento se desarrolle a gran escala y se modernice y, por consiguiente, también ayudan en gran medida al desarrollo de materiales refractarios que acompañan a la industria del cemento. Desde comienzos del siglo pasado hasta la década de los años 50, se usan materiales refractarios de arcilla con alto contenido en alúmina para la producción y el desarrollo de hornos rotatorios convencionales que son principalmente hornos de procesamiento en húmedo. Después de la década de los años 50, sobre la base de mejorar adicionalmente el rendimiento de los materiales mencionados anteriormente, los materiales refractarios de magnesia aparecieron sucesivamente para adaptarse al desarrollo del precalentador de suspensión, la tecnología del horno de precalcinación, y se mejoraron de manera continua con el desarrollo de la tecnología del horno de precalcinación.

En la actualidad, la configuración de los materiales refractarios del horno rotatorio de cemento doméstico se muestra en la figura 1.

La configuración de materiales refractarios para el horno rotatorio de cemento doméstico es (en el orden de una zona de precalentamiento hasta una zona de cocido) básicamente: ladrillo con alto contenido en aluminio antiseparación/ladrillos de mullita de silicio, ladrillos de espinela de magnesio-aluminio/ladrillos de mullita de silicio, ladrillos de espinela de magnalio-hierro-aluminio/pleonastos, ladrillos de espinela de magnesio-aluminio/ladrillos rojos de mullita de silicio, etc.

Se colocan los ladrillos de espinela de magnesio-aluminio o ladrillos rojos de mullita de silicio usados comúnmente en una zona de transición. Sin embargo, debido a que la temperatura de la carcasa para la colocación de ladrillos de espinela de magnesio-aluminio es comparativamente alta, a menudo también se usan ladrillos de mullita de silicio en la zona de transición del horno rotatorio doméstico. En comparación con el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio, la conductividad térmica del ladrillo de mullita de silicio es baja hasta cierto punto.

Con respecto a la conductividad térmica de materiales refractarios para el horno rotatorio, los índices enumerados por las empresas nacionales, así como los datos relevantes de la bibliografía nacional, no son estrictos. En muchos casos, sólo se anotan los datos de conductividad térmica, y no se anotan los límites de temperatura. Por tanto, Zibo City Luzhong Refractories Co., Ltd. encomienda al Instituto Nacional de Materiales de Construcción someter a prueba el ladrillo con alto contenido en aluminio antiseparación, el ladrillo de mullita de silicio y la espinela de magnesio-aluminio usada actualmente en el horno rotatorio para determinar los coeficientes de conductividad térmica a 350ºC, 700ºC respectivamente, cuyos índices se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Coeficientes de conductividad térmica de algunos materiales usados para un horno rotatorio

elemento de prueba	unidad	ladrillo con alto contenido en aluminio antiseparación	ladrillo de mullita de silicio	ladrillo de espinela de magnesio-aluminio
coeficiente de conductividad térmica a 350ºC	W/m·k	1,972	2,861	3,822
coeficiente de conductividad térmica a 700ºC	W/m·k	1,868	2,723	3,713

Tal como se observa a partir de la tabla 1, aunque el coeficiente de conductividad térmica del ladrillo de mullita de silicio es muy bajo en comparación con el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio, los coeficientes de conductividad térmica del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y del ladrillo de mullita de silicio todavía son comparativamente altos. El coeficiente de conductividad térmica del material refractario es comparativamente alto y la pérdida térmica de la carcasa del horno es grande, que es uno de los factores que conducen a una pérdida térmica comparativamente alta del clínker de cemento.

La zona de transición del horno de cemento es una zona en la que la condición de uso del material refractario en el horno rotatorio de cemento es la más rigurosa. En esta zona, la temperatura cambia con frecuencia, la llama entra y sale, el recubrimiento del horno se adhiere y se desprende, los materiales de revestimiento del horno a menudo están en un estado en el que no están protegidos por el recubrimiento del horno, exponiéndose directamente a la radiación de alta temperatura y a la socavación por la corriente térmica. Por tanto, los materiales de revestimiento del horno en esta zona sufren la erosión química provocada por el clínker y los compuestos alcalinos, el desprendimiento por choque térmico de los materiales debido a la tensión térmica provocada por el cambio de temperatura, desgaste por socavación de los materiales y la tensión mecánica de la vibración mecánica. Por tanto, el material refractario de baja conducción térmica para la zona de transición debe tener en primer lugar un buen rendimiento a alta temperatura, tal como resistencia a la erosión, resistencia a la socavación, resistencia al choque térmico, resistencia a la tensión mecánica y, sobre esta base, debe tener un coeficiente de conductividad térmica que sea lo más bajo posible.

En la actualidad, los principales materiales usados en la zona de transición del horno rotatorio en países extranjeros son básicamente ladrillos de espinela de magnesio-aluminio, tal como ANKRAL-RE de RHI Company. Aunque el rendimiento de estos materiales es muy adecuado para las condiciones de uso de la zona de transición, el coeficiente de conductividad térmica de los mismos es muy alto, el coeficiente de conductividad térmica a 500ºC es de hasta 4,3 W/m·k. Este también es un factor muy importante que restringe la aplicación del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio. Con el fin de reducir la temperatura de la carcasa, en este país, se usan el ladrillo de mullita de silicio o el ladrillo rojo de mullita de silicio en más casos en la zona de transición, cuyos índices se enumeran en la tabla 2 (citados a partir de la bibliografía). Aunque la temperatura de la carcasa del ladrillo de mullita de silicio es relativamente baja, el rendimiento del mismo puede adaptarse con dificultad a la condición de trabajo de la zona de transición.

Tabla 2. Índices fisicoquímicos del ladrillo de mullita de silicio y del ladrillo rojo de mullita de silicio

número de serie	modelo de producto	Al_2O_3 (%)	SiO_2+SiC (%)	porosidad aparente (%)	densidad volumétrica (g/cm^3)	resistencia a la compresión(MPa)	refractariedad bajo carga (ºC)	estabilidad frente al choque térmico(1100ºC, veces)	coeficiente de desgaste(cm^3)	conductividad térmica (W/m·K)
1	sin nombrar 1	61,85	36	19	-	85	1650	24	-	-
2	HMS-1680	65			2,65	85	1650	10	7,8	2,3
	HMS-1650	63			2,60	90	1600	12	8,2	2,5
	HMS-1550	60			2,55	75	1550	12	9,2	
	HMS-1450	58			2,50	70	1450	10	9,9	
3			SiO_2							
	KBN-1	75	5	18	2,95	9,0	1450	>46		<2,4
	KBN-11	80	10	18	3,00	9,0	1500	>46		<2,4

El ladrillo de mullita de silicio es un material refractario que se fabrica usando carburo de silicio y bauxita como materias primas. El carburo de silicio se introduce debido a su buena resistencia a la erosión alcalina. Sin embargo, a la temperatura de uso, el carburo de silicio tiende a oxidarse para dar SiO_2. Por tanto, la cantidad de carburo de silicio que existe en la cara caliente del ladrillo de mullita de silicio (es decir, el extremo de la cara caliente en contacto con los materiales de cemento) es muy pequeña. Es decir, la cara caliente del ladrillo de mullita de silicio es en realidad un sistema de Al_2O_3-SiO_2. Sin embargo, el uso del material del sistema de Al_2O_3-SiO_2 en la zona de transición tiene su debilidad, tal como se muestra en la figura 2.

Tal como se observa a partir de la figura 2, las composiciones químicas se ubican en un extremo rico en Al_2O_3 del extremo del Al_2O_3-SiO_2. Al aumentar la cantidad de reacción con CaO, el contenido en fase líquida de las mismas aumenta continuamente. Es decir, se genera fase líquida siempre que estén en contacto con CaO. Además, con la generación de fase líquida, la reacción química de las mismas se vuelve más adecuada. Esto es porque el ladrillo de mullita de silicio se daña de manera muy rápida y muy grave, cuando se usa ladrillo de mullita de silicio en la zona de transición, sólo si la temperatura es comparativamente alta y se genera fase líquida.

Por el contrario, la aplicabilidad y la durabilidad bajo una condición en la que un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio basado en un sistema de MgO-Al_2O_3 entra en contacto con CaO son mucho mejores, lo que puede observarse a partir del diagrama de fases en la figura 3.

Además, la temperatura de la zona de transición es comparativamente alta, toda la sal de metal alcalino está básicamente en un estado de fase líquida, su profundidad de penetración en materiales es comparativamente grande, la erosión del ladrillo de mullita de silicio por el metal alcalino es muy rigurosa, lo que también provoca que el ladrillo de mullita de silicio no tenga la aplicabilidad del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio.

Con el desarrollo y el progreso de la industria, el horno rotatorio de cemento funciona como el entorno óptimo para el procesamiento cooperativo, la gama de procesamiento cooperativo del horno rotatorio de cemento se volverá cada vez más amplia. Por tanto, esto también da como resultado una fluctuación cada vez más frecuente de la atmósfera dentro del horno, de la concentración de sales volátiles, de la razón de sulfato alcalino, etc., y la aplicabilidad de los materiales se volverá cada vez más crítica.

Basándose en los factores mencionados anteriormente, esta invención tecnológica se basa en el sistema de espinela de magnesio-aluminio. Mediante la combinación de materiales, se controla el rendimiento de los materiales y se logra una reducción eficaz del coeficiente de conductividad térmica. Además, el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio obtenido incluye un recubrimiento retardador de la llama de material de espinela de magnesio-aluminio de alta pureza y una capa de aislamiento térmico de material de olivino compuesto de magnesio-hierro, tiene un buen rendimiento útil, tal como alta resistencia a la socavación por temperatura, resistencia a la erosión y un bajo coeficiente de conductividad térmica, puede aplicarse al horno rotatorio de cemento, el horno rotatorio de cal viva y diversos hornos de alta temperatura, para obtener los efectos de una larga vida útil y ahorro de energía.

A continuación, se enumera el estado de la técnica anterior.

ChangHe Gao *et al*. han desarrollado "一种高强低导镁铝尖晶石砖 (documento CN201310240755)". Sus materias primas son las siguientes: el 20%~25% de material sintético de magnesio-aluminio de granularidad 5 mm~3 mm, el 20%~25% de material sintético de magnesio-aluminio de granularidad 3 mm~1 mm, el 12%~16% de magnesia fundida de granularidad 1 mm~0 mm, el 12%~16% de magnesia fundida de granularidad 180F, el 10%~12% de material sintético de magnesio-aluminio de granularidad 180F, el 4%~8% de espinela de magnesio-aluminio fundida de granularidad 180F, el 2%~5% de polvo de α-Al_2O_3, más lignosulfonato de calcio que es el 3,5%~5% del peso total de las materias primas mencionadas anteriormente. El coeficiente de conductividad térmica del ladrillo es de 1,7 W/(m·ºC)~2,2 (W/m·ºC). Esta solución técnica emplea un único material. La materia prima empleada es principalmente un material sintético de magnesio-aluminio ligero. La temperatura de sinterización de la fabricación es baja, se reducen el rendimiento a alta temperatura, la resistencia a la erosión y el rendimiento de resistencia a la penetración, afectando de ese modo a la vida útil de la fabricación.

JiaBang Wang *et al*. han desarrollado "一种镁铝尖晶石结构隔热一体化复合砖及制备方法 (documento CN201010192161)". Incluye un recubrimiento retardador de la llama pesado y denso de la espinela de magnesio-aluminio, así como una capa de aislamiento térmico ligera que usa bolas huecas de óxido de aluminio o bolas huecas de aluminio-magnesio o bolas huecas de corindón o una mezcla de estos tres tipos de bolas huecas como agregado ligero. Adopta compresión por choque o moldeo a máquina. La proporción de longitudes del recubrimiento retardador de la llama pesado y la capa de aislamiento térmico ligera 1~5:2~1. Esta invención supera el defecto de que el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio para el horno rotatorio tiene un alto coeficiente de conductividad térmica. Proporciona un ladrillo compuesto de aislamiento integralmente térmico de la estructura de espinela de magnesio-aluminio con una buena resistencia al desgaste, una alta resistencia al fuego, una gran resistencia estructural y un buen rendimiento de aislamiento térmico. El coeficiente de conductividad térmica de dicho recubrimiento retardador de la llama de espinela de magnesio-aluminio es: 2,7 W/(m·K)~3,9 W/(m·K); el coeficiente de conductividad térmica de dicha capa de aislamiento térmico ligera es: 0,6 W/(m·K) - 1,3 W/(m·K); la cara de unión del recubrimiento retardador de la llama de espinela de magnesio-aluminio y la capa de aislamiento térmico ligera es plana. Esta solución técnica adopta una estructura compuesta de un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico, pero la cara de unión es plana, en la que el recubrimiento retardador de la llama de la misma es un material de espinela de magnesio-aluminio denso, la capa de aislamiento térmico es un material de bolas huecas de óxido de aluminio o bolas huecas de aluminio-magnesio o bolas huecas de corindón o una mezcla de estos tres tipos de bolas huecas como agregado ligero. El recubrimiento retardador de la llama y la capa de

aislamiento térmico tienen una diferencia significativa en el rendimiento de la materia prima, ambas materias primas también tienen una diferencia significativa en la temperatura de sinterización, de tal manera que las expansividades lineales del recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico no son consistentes y la resistencia a alta temperatura de la superficie de contacto de unión es comparativamente baja, es fácil que se produzca un fenómeno de rotura y es difícil garantizar el uso normal.

JieZeng Wang *et al*. han desarrollado “方镁石-镁铝尖晶石复合耐火砖及其生产工艺 (documento CN200810146977)”. La razón de mezclado del mismo es: ① recubrimiento retardador de la llama: el 29%~48% de magnesia de 5 mm~1 mm, el 7%~16% de espinela de magnesio-aluminio de 3 mm~1 mm, el 6%~20% de magnesia de 1 mm~0,088 mm, el 0~4% de gránulo de zirconio desilicatado de 0,4 mm~0,088 mm, el 16%~25% de magnesia de ≤0,088 mm, el 0~10% de micropolvo de magnesia de ≤0,020 mm, el 0 - 5% de micropolvo de zirconio desilicatado de ≤0,020 mm, el 0~3% de micropolvo de carbonato de calcio de ≤0,020 mm, el 0~6% de micropolvo de óxido de lantano de <0,020 mm, más el 0~0,3% de agente reductor de agua (polímero de sulfonato de naftaleno y formaldehído + polímero de sulfonato de melamina + ácido policarboxílico o sal de sodio de mismo); ② capa de aislamiento térmico: el 0~20% de magnesia de 3,2 mm~1,0 mm, el 35%~45% de forsterita de 3,2 mm~1,0 mm, el 5%~15% de magnesia de 1,0 mm~0,088 mm, el 5%~15% de forsterita de 1,0 mm~0,088 mm, el 30%~40% de polvo molido conjuntamente de magnesia y forsterita de ≤0,088 mm. La cara de unión del recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico de este ladrillo compuesto tiene forma de diente de sierra. Mediante examen, el coeficiente de conductividad térmica del recubrimiento retardador de la llama es: 3,7 W/(m·K)~3,8 W/(m·K), el coeficiente de conductividad térmica de la capa de aislamiento térmico es de 1,6 W/(m·K)~1,8 W/(m·K). Aunque esta solución técnica adopta una estructura compuesta de un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico, el recubrimiento retardador de la llama de la misma adopta micropolvo adicional. Esto reduce la temperatura de sinterización del recubrimiento retardador de la llama, de tal manera que se reduce el rendimiento a alta temperatura, tal como la refractariedad bajo carga del recubrimiento retardador de la llama. Por tanto, es difícil satisfacer la condición de trabajo de la zona de transición del horno de cemento.

NAZIRIZADEH MORTEZA *et al*. han desarrollado “Magnesia and spinel refractory brick (documento US4729974)”. Un ladrillo refractario de espinela de magnesio-aluminio incluye óxido de magnesio sinterizado y espinela de magnesio-aluminio, así como dopantes que pueden llegar hasta el 3%. Dichos dopantes son óxido de calcio, óxido de hierro, óxido de silicio. Este ladrillo refractario puede soportar una alta temperatura de 1740ºC, y es especialmente aplicable al horno rotatorio de cemento.

HARAGUCHI JUNICHI *et al*. han desarrollado “ALUMINA-MAGNESIA REFRACTORY BRICK (documento JP2001158661)”. Un ladrillo refractario de magnesio-aluminio tiene una porosidad aparente de no más del 13%, y tiene una excelente resistencia a la corrosión por escorias. Este ladrillo refractario incluye de 1 a 2 tipos de clínker de espinela y clínker de óxido de magnesio.

El documento CN 101 412 629 da a conocer un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio, en el que dicho ladrillo de espinela de magnesio-aluminio comprende un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico.

Sumario

La presente invención proporciona un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica y un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica que se fabrica empleando el método. Este ladrillo de espinela de magnesio-aluminio tiene un recubrimiento retardador de la llama de material de espinela de magnesio-aluminio de alta pureza y una capa de aislamiento térmico de material de olivino compuesto de magnesio-hierro. Al ajustar la fórmula de la capa de aislamiento térmico, se garantizan un bajo coeficiente de conductividad térmica y la consistencia de expansividad lineal del recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico, se aumenta la temperatura de sinterización de la capa de aislamiento térmico y se hace coincidir con el recubrimiento retardador de la llama.

Solución técnica:

Un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio, en el que dicho ladrillo de espinela de magnesio-aluminio comprende un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico, las etapas de fabricación específicas son las siguientes:

(1) preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa, el 40%~70% de magnesia sinterizada de granularidad ≤5 mm, el 10%~40% de magnesia fundida de granularidad ≤3 mm, el 10%~20% de espinela de magnesio-aluminio de granularidad ≤4 mm, el 0%<corindón≤10% de granularidad ≤2 mm se mezclan de manera uniforme para preparar polvo mixto de materias primas del recubrimiento retardador de la llama, a continuación se añade adicionalmente el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto de materias primas del recubrimiento retardador de la llama como base, las materias primas del recubrimiento

retardador de la llama se preparan después de mezclar de manera uniforme;

(2) preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa, el 40%~60% de forsterita, el 10%~40% de fayalita, el 10%~50% de magnesia se seleccionan para mezclarse de manera uniforme, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; se usa hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm como única materia prima, se añade adicionalmente el 1%~5% de aglutinante de naftaleno, se mezclan de manera uniforme para preparar materias primas de la capa de aislamiento térmico;

(3) la materia prima del recubrimiento retardador de la llama y la materia prima de la capa de aislamiento térmico mencionadas anteriormente se espacian y se cargan en un molde usando láminas delgadas de hierro corrugado, se prensan para dar ladrillos frescos mediante una máquina de prensado, se mantienen a una temperatura de 110ºC durante 24 horas, se secan y se cuecen para dar ladrillos de espinela de magnesio-aluminio a una temperatura de 1550ºC~1750ºC en un horno de túnel;

en el que la secuencia de la etapa (1) y la etapa (2) puede invertirse.

Además, dicha etapa (1) es: preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa, el 45%~70% de magnesia sinterizada de granularidad ≤5 mm, el 15%~40% de magnesia fundida de granularidad ≤3 mm, el 10%~20% de espinela de magnesio-aluminio de granularidad ≤4 mm, el 0%<corindón≤10% de granularidad ≤2 mm se mezclan de manera uniforme para preparar polvo mixto de materias primas del recubrimiento retardador de la llama, a continuación se añade adicionalmente el 2%~5% de aglutinante de naftaleno basandose en el polvo mixto de materias primas del recubrimiento retardador de la llama, las materias primas del recubrimiento retardador de la llama se preparan después de mezclar de manera uniforme;

dicha etapa (2) es: preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa, el 50%~60% de forsterita, el 20%~30% de fayalita, el 20%~30% de magnesia se seleccionan para mezclarse de manera uniforme, se añade el 2%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; se usa hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm como única materia prima, se añade adicionalmente el 2%~5% de aglutinante de naftaleno, se mezclan de manera uniforme para preparar materias primas de la capa de aislamiento térmico.

Además, en dicha etapa (2), dicha etapa “se usa hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm como única materia prima” consiste en usar hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm del 65%~75% de contenido en porcentaje en masa y hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤0,088 mm del 25~35% de contenido en porcentaje en masa como única materia prima.

Además, el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm es del 67%~70%, y el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤0,088 mm es del 30%~33%.

Además, el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm es del 67%, por consiguiente, el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤0,088 mm es del 33%; o el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm es del 68%, por consiguiente, el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤0,088 mm es del 32%; o el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm es del 70%, por consiguiente, el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤0,088 mm es del 30%.

Además, dicho aglutinante de naftaleno es condensado de sulfonato de naftaleno y formaldehído.

Además,

en dichas materias primas del recubrimiento retardador de la llama:

el contenido en porcentaje en masa de MgO en dicha magnesia sinterizada está por encima del 96,5%; el contenido en porcentaje en masa de MgO en dicha magnesia fundida está por encima del 97%; dicha espinela de magnesio-aluminio es espinela de magnesio-aluminio sinterizada o espinela de magnesio-aluminio fundida, el contenido en porcentaje en masa de Al_2O_3 en dicha espinela de magnesio-aluminio sinterizada es del 66%~73%, el contenido en porcentaje en masa de Al_2O_3 en dicha espinela de magnesio-aluminio fundida es del 70%~75%; el contenido en

porcentaje en masa de Al_2O_3 en dicho corindón está por encima del 99%;

en dichas materias primas de la capa de aislamiento térmico:

el contenido en porcentaje en masa de MgO en dicha forsterita es del 62%~67% y el contenido en porcentaje en masa de SiO_2 en dicha forsterita es del 25%~30%; el contenido en porcentaje en masa de FeO en dicha fayalita es del 48%~53% y el contenido en porcentaje en masa de SiO_2 en dicha fayalita es del 41%~46%; dicha magnesia es magnesia sinterizada o magnesia fundida, el contenido en porcentaje en masa de MgO en dicha magnesia sinterizada está por encima del 96,5%, el contenido en porcentaje en masa de MgO en dicha magnesia fundida está por encima del 97%.

La presente invención también proporciona un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio, dicho ladrillo de espinela de magnesio-aluminio se fabrica mediante el método de fabricación mencionado anteriormente.

En comparación con la técnica anterior, las ventajas de la presente patente de invención son:

1. El ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica incluye un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico, el recubrimiento retardador de la llama es espinela de magnesio-aluminio de alta pureza, la capa de aislamiento térmico es olivino compuesto de magnesio-hierro. El recubrimiento retardador de la llama mantiene el buen comportamiento mecánico a alta temperatura, tal como resistencia a la erosión, resistencia a la socavación, resistencia al choque térmico, resistencia a la tensión mecánica, que tiene el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio, para la cara caliente (la cara de trabajo), sin embargo el coeficiente de conductividad térmica es comparativamente alto, la pérdida térmica es comparativamente grande; mientras que la capa de aislamiento térmico tiene un coeficiente de conductividad térmica menor que el del recubrimiento retardador de la llama, manteniendo el mismo tiempo el buen comportamiento mecánico a alta temperatura del recubrimiento retardador de la llama.

2. La capa de aislamiento térmico es un material compuesto de forsterita y fayalita. La fayalita es un soluto sólido en la forsterita para formar una disolución de hortonolita sólida cuya fase de cristalización principal es forsterita. No hay cambio de forma de cristal desde temperatura ambiente hasta el punto de fusión a 1890ºC, la estabilidad volumétrica es buena en uso, el coeficiente de conductividad térmica es bajo.

3. Dado que la fayalita es un soluto sólido en la forsterita, los coeficientes de expansión térmica de la capa de aislamiento térmico y el recubrimiento retardador de la llama logran una transición moderada, de tal manera que el recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico, que son dos tipos de materiales que tienen propiedades diferentes, pueden unirse con firmeza. Las resistencias de la espinela de magnesio-aluminio, la hortonolita, así como su punto de unión, son muy próximos entre sí.

4. La fórmula de la capa de aislamiento térmico de la presente invención puede aumentar la temperatura de sinterización de la capa de aislamiento térmico, haciéndola coincidir con el recubrimiento retardador de la llama, de tal manera que se garantiza la consistencia de la expansividad lineal del recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico. Como tal, partiendo de la premisa de que se garantiza el rendimiento útil, se logra la reducción del coeficiente de conductividad térmica.

5. En comparación con el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y el ladrillo de mullita de silicio convencionales, el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica fabricado por la presente invención reduce las cargas y la resistencia mecánica del cuerpo del horno rotatorio de cemento, mejora la resistencia de la capa de aislamiento térmico a la separación, tiene una larga vida útil. Se reduce la capacidad de conducción térmica del cuerpo del horno rotatorio de cemento, la temperatura de la carcasa es baja, se reduce en gran medida la pérdida térmica. Es el material ideal de la zona de transición del horno rotatorio de cemento actual.

6. En este método, se usa aglutinante de naftaleno, tal como condensado de sulfonato de naftaleno y formaldehído. Tiene un buen efecto de dispersión, no introduce aire, tiene un pequeño efecto sobre el tiempo de fraguado de los materiales, tiene una alta resistencia de moldeo del producto semiacabado. La característica más importante es que es alcalino y no reacciona con los materiales refractarios alcalinos.

Dibujos

La figura 1 es la configuración de materiales refractarios de un horno rotatorio de cemento doméstico;

La figura 2 es un diagrama de fases del sistema de Al_2O_3-SiO_2-CaO;

La figura 3 es un diagrama de fases del sistema de MgO-Al_2O_3-CaO.

Descripción detallada

En las siguientes realizaciones, un aglutinante de naftaleno emplea condensado de sulfonato de naftaleno y formaldehído. El uso de aglutinante de naftaleno mejora el efecto de dispersión del aglutinante, no introduce aire, tiene un pequeño efecto sobre el tiempo de fraguado de los materiales, tiene una alta resistencia de moldeo del producto semiacabado. La característica más importante es que es alcalino y no reacciona con los materiales refractarios alcalinos.

En las siguientes realizaciones, en las materias primas del recubrimiento retardador de la llama:

el contenido en porcentaje en masa de MgO en la magnesia sinterizada adoptada está por encima del 96,5%; el contenido en porcentaje en masa de MgO en la magnesia fundida adoptada está por encima del 97%; la espinela de magnesio-aluminio puede adoptar espinela de magnesio-aluminio sinterizada o espinela de magnesio-aluminio fundida, y si se adopta la espinela de magnesio-aluminio sinterizada, el contenido en porcentaje en masa de Al_2O_3 en la espinela de magnesio-aluminio sinterizada es del 66%~73%, y si se adopta la espinela de magnesio-aluminio fundida, el contenido en porcentaje en masa de Al_2O_3 en la espinela de magnesio-aluminio fundida es del 70%~75%; el contenido en porcentaje en masa de Al_2O_3 en corindón adoptado está por encima del 99%;

en las materias primas de la capa de aislamiento térmico:

el contenido en porcentaje en masa de MgO en la forsterita adoptada es del 62%~67% y el contenido en porcentaje en masa de SiO_2 es del 25%~30%; el contenido en porcentaje en masa de FeO en la fayalita adoptada es del 48%~53% y el contenido en porcentaje en masa de SiO_2 es del 41%~46%; la magnesia puede adoptar magnesia sinterizada o magnesia fundida, y si se adopta la magnesia sinterizada, el contenido en porcentaje en masa de MgO en la magnesia sinterizada está por encima del 96,5%, y si se adopta la magnesia fundida, el contenido en porcentaje en masa de MgO en la magnesia fundida está por encima del 97%.

Realización 1

La presente realización proporciona un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio que se fabrica empleando el método. El ladrillo de espinela de magnesio-aluminio incluye un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico. Las etapas de fabricación específicas son las siguientes:

(1) preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

magnesia sinterizada, cuya granularidad es ≤5 mm, representa el 45% de la cantidad total;

espinela de magnesio-aluminio, cuya granularidad es ≤4 mm, representa el 10% de la cantidad total

magnesia fundida, cuya granularidad es ≤3 mm, representa el 40% de la cantidad total;

corindón, cuya granularidad es ≤2 mm, representa el 5% de la cantidad total.

Se pesan las materias primas mencionadas anteriormente, se mezclan y se combinan con el aglutinante de naftaleno para fabricar materias primas del recubrimiento retardador de la llama del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica. La cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% (porcentaje en masa) tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. Preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. En la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

(2) preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

forsterita que representa el 40%~60% de la cantidad total, fayalita que representa el 10%~40% de la cantidad total, magnesia que representa el 10%~50% de la cantidad total se seleccionan para mezclarse de manera uniforme, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno adicional tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; específicamente, en la presente realización, se mezclan de manera uniforme forsterita que representa el 50% de la cantidad total, fayalita que representa el 20% de la cantidad total, magnesia que representa el 30% de la cantidad total, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; en el que la cantidad del

aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

Se hace que una masa de una porción, que tiene una granularidad ≤5 mm, de la materia prima de hortonolita compuesta agregada fabricada mencionada anteriormente represente el 67% de la cantidad total, se hace que una masa de una porción, que tiene una granularidad ≤0,088 mm, represente el 33% de la cantidad total, a continuación se añade adicionalmente el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base, se preparan las materias primas de la capa de aislamiento térmico después de mezclar de manera uniforme; preferiblemente, en este caso, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base.

(3) la materia prima del recubrimiento retardador de la llama y la materia prima de la capa de aislamiento térmico mencionadas anteriormente se espacian y se cargan en un molde usando láminas delgadas de hierro corrugado, se prensan para dar ladrillos frescos mediante una máquina de prensado después de retirar las láminas delgadas de hierro, se mantienen a una temperatura de 110ºC durante 24 horas, se secan y se cuecen para dar ladrillos de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica a una temperatura de 1710ºC en un horno de túnel.

en el que la secuencia de la etapa (1) y la etapa (2) es irrelevante.

Después de las tres etapas mencionadas anteriormente, se obtiene el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica.

Realización 2

La presente realización proporciona un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio que se fabrica empleando el método, que puede usarse para una zona de transición de un horno de cemento. El ladrillo de espinela de magnesio-aluminio incluye un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico. Las etapas de fabricación específicas son las siguientes:

(1) preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

magnesia sinterizada, cuya granularidad es ≤5 mm, representa el 60% de la cantidad total;

espinela de magnesio-aluminio, cuya granularidad es ≤4 mm, representa el 10% de la cantidad total;

magnesia fundida, cuya granularidad es ≤3 mm, representa el 25% de la cantidad total;

corindón, cuya granularidad es ≤2 mm, representa el 5% de la cantidad total.

Se pesan las materias primas mencionadas anteriormente, se mezclan y se combinan con el aglutinante de naftaleno para fabricar materias primas del recubrimiento retardador de la llama del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica. La cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% adicional tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. Preferiblemente, en este caso, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% adicional tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 3% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

(2) preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

el 40%~60% de forsterita, el 10%~40% de fayalita, el 10%~50% de magnesia se seleccionan para mezclarse de manera uniforme, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; específicamente, en la presente realización, se mezclan de manera uniforme forsterita que representa el 55% de la cantidad total, fayalita que representa el 25% de la cantidad total, magnesia que representa el 20% de la cantidad total, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; en el que la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado

anteriormente como base; preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 3% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

Se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤5 mm, de la materia prima de hortonolita compuesta agregada fabricada mencionada anteriormente represente el 70% (porcentaje en masa) de la cantidad total, se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤0,088 mm, represente el 30% (porcentaje en masa) de la cantidad total, a continuación se añade adicionalmente el 1%~5% (porcentaje en masa) de aglutinante de naftaleno tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base, se preparan las materias primas de la capa de aislamiento térmico después de mezclar de manera uniforme; preferiblemente, en este caso, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 3% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base.

(3) la materia prima del recubrimiento retardador de la llama y la materia prima de la capa de aislamiento térmico mencionadas anteriormente se espacian y se cargan en un molde usando láminas delgadas de hierro corrugado, se prensan para dar ladrillos frescos mediante una máquina de prensado después de retirar las láminas delgadas de hierro, se mantienen a una temperatura de 110ºC durante 24 horas, se secan y se cuecen para dar ladrillos de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica a una temperatura de 1630ºC en un horno de túnel.

en el que la secuencia de la etapa (1) y la etapa (2) es irrelevante.

Después de las tres etapas mencionadas anteriormente, se obtiene el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica.

Realización 3

La presente realización proporciona un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio que se fabrica empleando el método, que puede usarse para una zona de transición de un horno de cemento. El ladrillo de espinela de magnesio-aluminio incluye un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico. Las etapas de fabricación específicas son las siguientes:

(1) preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

magnesia sinterizada, cuya granularidad es ≤5 mm, representa el 68% de la cantidad total;

espinela de magnesio-aluminio, cuya granularidad es ≤4 mm, representa el 10% de la cantidad total;

magnesia fundida, cuya granularidad es ≤3 mm, representa el 19% de la cantidad total;

corindón, cuya granularidad es ≤2 mm, representa el 3% de la cantidad total.

Se pesan las materias primas mencionadas anteriormente, se mezclan y se combinan con el aglutinante de naftaleno para fabricar materias primas del recubrimiento retardador de la llama del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica. La cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. Preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. En la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 3% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

(2) preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

el 40%~60% de forsterita, el 10%~40% de fayalita, el 10%~50% de magnesia se seleccionan para mezclarse de manera uniforme, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; específicamente, en la presente realización, se mezclan de manera uniforme forsterita que representa el 40% de la cantidad total, fayalita que representa el 40% de la cantidad total, magnesia que representa el 20% de la cantidad total, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; en el que la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado

anteriormente como base; preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 4% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

Se hace que una masa de una porción, que tiene una granularidad ≤5 mm, de la materia prima de hortonolita compuesta agregada fabricada mencionada anteriormente represente el 68% de la cantidad total, se hace que una masa de una porción, que tiene una granularidad ≤0,088 mm, represente el 32% de la cantidad total, a continuación se añade adicionalmente el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base, se preparan las materias primas de la capa de aislamiento térmico después de mezclar de manera uniforme; preferiblemente, en este caso, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 5% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base.

(3) la materia prima del recubrimiento retardador de la llama y la materia prima de la capa de aislamiento térmico mencionadas anteriormente se espacian y se cargan en un molde usando láminas delgadas de hierro corrugado, se prensan para dar ladrillos frescos mediante una máquina de prensado después de retirar las láminas delgadas de hierro, se mantienen a una temperatura de 110ºC durante 24 horas, se secan y se cuecen para dar ladrillos de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica a una temperatura de 1580ºC en un horno de túnel.

en el que la secuencia de la etapa (1) y la etapa (2) es irrelevante.

Después de las tres etapas mencionadas anteriormente, se obtiene el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica.

Realización 4

La presente realización proporciona un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio que se fabrica empleando el método, que puede usarse para una zona de transición de un horno de cemento. El ladrillo de espinela de magnesio-aluminio incluye un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico. Las etapas de fabricación específicas son las siguientes:

(1) preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

magnesia sinterizada, cuya granularidad es ≤5 mm, representa el 40% de la cantidad total;

espinela de magnesio-aluminio, cuya granularidad es ≤4 mm, representa el 20% de la cantidad total;

magnesia fundida, cuya granularidad es ≤3 mm, representa el 30% de la cantidad total;

corindón, cuya granularidad es ≤2 mm, representa el 10% de la cantidad total.

Se pesan las materias primas mencionadas anteriormente, se mezclan y se combinan con el aglutinante de naftaleno para fabricar materias primas del recubrimiento retardador de la llama del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica. La cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. Preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. En la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

(2) preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

se mezclan de manera uniforme forsterita que representa el 40% de la cantidad total, fayalita que representa el 10% de la cantidad total, magnesia que representa el 50% de la cantidad total, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; en el que la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

Se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤5 mm, de la materia prima de hortonolita compuesta agregada fabricada mencionada anteriormente represente el 65% (porcentaje en masa) de la cantidad total,

se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤0,088 mm, represente el 35% (porcentaje en masa) de la cantidad total, a continuación se añade adicionalmente el 1%~5% (porcentaje en masa) de aglutinante de naftaleno tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base, se preparan las materias primas de la capa de aislamiento térmico después de mezclar de manera uniforme; preferiblemente, en este caso, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 5% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base.

(3) la materia prima del recubrimiento retardador de la llama y la materia prima de la capa de aislamiento térmico mencionadas anteriormente se espacian y se cargan en un molde usando láminas delgadas de hierro corrugado, se prensan para dar ladrillos frescos mediante una máquina de prensado después de retirar las láminas delgadas de hierro, se mantienen a una temperatura de 110ºC durante 24 horas, se secan y se cuecen para dar ladrillos de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica a una temperatura de 1550ºC en un horno de túnel.

en el que la secuencia de la etapa (1) y la etapa (2) es irrelevante.

Después de las tres etapas mencionadas anteriormente, se obtiene el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica.

Realización 5

La presente realización proporciona un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio que se fabrica empleando el método, que puede usarse para una zona de transición de un horno de cemento. El ladrillo de espinela de magnesio-aluminio incluye un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico. Las etapas de fabricación específicas son las siguientes:

(1) preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

magnesia sinterizada, cuya granularidad es ≤5 mm, representa el 50% de la cantidad total;

espinela de magnesio-aluminio, cuya granularidad es ≤4 mm, representa el 18% de la cantidad total;

magnesia fundida, cuya granularidad es ≤3 mm, representa el 30% de la cantidad total;

corindón, cuya granularidad es ≤2 mm, representa el 2% de la cantidad total.

Se pesan las materias primas mencionadas anteriormente, se mezclan y se combinan con el aglutinante de naftaleno para fabricar materias primas del recubrimiento retardador de la llama del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica. La cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. Preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. En la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 3% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

(2) preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

se mezclan de manera uniforme forsterita que representa el 60% de la cantidad total, fayalita que representa el 20% de la cantidad total, magnesia que representa el 20% de la cantidad total, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; en el que la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 3% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

Se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤5 mm, de la materia prima de hortonolita compuesta agregada fabricada mencionada anteriormente represente el 70% (porcentaje en masa) de la cantidad total, se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤0,088 mm, represente el 30% (porcentaje en masa) de la cantidad total, a continuación se añade adicionalmente el 1%~5% (porcentaje en masa) de aglutinante de naftaleno tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base, se preparan las materias primas de la capa de aislamiento térmico después de mezclar de manera uniforme;

preferiblemente, en este caso, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 4% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base.

(3) la materia prima del recubrimiento retardador de la llama y la materia prima de la capa de aislamiento térmico mencionadas anteriormente se espacian y se cargan en un molde usando láminas delgadas de hierro corrugado, se prensan para dar ladrillos frescos mediante una máquina de prensado después de retirar las láminas delgadas de hierro, se mantienen a una temperatura de 110ºC durante 24 horas, se secan y se cuecen para dar ladrillos de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica a una temperatura de 1750ºC en un horno de túnel.

en el que la secuencia de la etapa (1) y la etapa (2) es irrelevante.

Después de las tres etapas mencionadas anteriormente, se obtiene el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica.

Realización 6

La presente realización proporciona un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio que se fabrica empleando el método, que puede usarse para una zona de transición de un horno de cemento. El ladrillo de espinela de magnesio-aluminio incluye un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico. Las etapas de fabricación específicas son las siguientes:

(1) preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

magnesia sinterizada, cuya granularidad es ≤5 mm, representa el 70% de la cantidad total;

espinela de magnesio-aluminio, cuya granularidad es ≤4 mm, representa el 10% de la cantidad total;

magnesia fundida, cuya granularidad es ≤3 mm, representa el 15% de la cantidad total;

corindón, cuya granularidad es ≤2 mm, representa el 5% de la cantidad total.

Se pesan las materias primas mencionadas anteriormente, se mezclan y se combinan con el aglutinante de naftaleno para fabricar materias primas del recubrimiento retardador de la llama del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica. La cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. Preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. En la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

(2) preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

se mezclan de manera uniforme forsterita que representa el 50% de la cantidad total, fayalita que representa el 30% de la cantidad total, magnesia que representa el 20% de la cantidad total, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; en el que la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

Se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤5 mm, de la materia prima de hortonolita compuesta agregada fabricada mencionada anteriormente represente el 69% (porcentaje en masa) de la cantidad total, se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤0,088 mm, represente el 31% (porcentaje en masa) de la cantidad total, a continuación se añade adicionalmente el 1%~5% (porcentaje en masa) de aglutinante de naftaleno tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base, se preparan las materias primas de la capa de aislamiento térmico después de mezclar de manera uniforme; preferiblemente, en este caso, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 3% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base.

(3) la materia prima del recubrimiento retardador de la llama y la materia prima de la capa de aislamiento térmico mencionadas anteriormente se espacian y se cargan en un molde usando láminas delgadas de hierro corrugado, se prensan para dar ladrillos frescos mediante una máquina de prensado después de retirar las láminas delgadas de hierro, se mantienen a una temperatura de 110ºC durante 24 horas, se secan y se cuecen para dar ladrillos de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica a una temperatura de 1600ºC en un horno de túnel.

en el que la secuencia de la etapa (1) y la etapa (2) es irrelevante.

Después de las tres etapas mencionadas anteriormente, se obtiene el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica.

Realización 7

La presente realización proporciona un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio que se fabrica empleando el método, que puede usarse para una zona de transición de un horno de cemento. El ladrillo de espinela de magnesio-aluminio incluye un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico. Las etapas de fabricación específicas son las siguientes:

(1) preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

magnesia sinterizada, cuya granularidad es ≤5 mm, representa el 70% de la cantidad total;

espinela de magnesio-aluminio, cuya granularidad es ≤4 mm, representa el 10% de la cantidad total;

magnesia fundida, cuya granularidad es ≤3 mm, representa el 10% de la cantidad total;

corindón, cuya granularidad es ≤2 mm, representa el 10% de la cantidad total.

Se pesan las materias primas mencionadas anteriormente, se mezclan y se combinan con el aglutinante de naftaleno para fabricar materias primas del recubrimiento retardador de la llama del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica. La cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. En la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

(2) preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

se mezclan de manera uniforme forsterita que representa el 55% de la cantidad total, fayalita que representa el 35% de la cantidad total, magnesia que representa el 10% de la cantidad total, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; en el que la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 3% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

Se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤5 mm, de la materia prima de hortonolita compuesta agregada fabricada mencionada anteriormente represente el 75% (porcentaje en masa) de la cantidad total, se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤0,088 mm, represente el 25% (porcentaje en masa) de la cantidad total, a continuación se añade adicionalmente el 1%~5% (porcentaje en masa) de aglutinante de naftaleno tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base, se preparan las materias primas de la capa de aislamiento térmico después de mezclar de manera uniforme; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base.

(3) la materia prima del recubrimiento retardador de la llama y la materia prima de la capa de aislamiento térmico mencionadas anteriormente se espacian y se cargan en un molde usando láminas delgadas de hierro corrugado, se prensan para dar ladrillos frescos mediante una máquina de prensado después de retirar las láminas delgadas de hierro, se mantienen a una temperatura de 110ºC durante 24 horas, se secan y se cuecen para dar ladrillos de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica a una temperatura de 1580ºC en un horno de túnel.

en el que la secuencia de la etapa (1) y la etapa (2) es irrelevante.

Después de las tres etapas mencionadas anteriormente, se obtiene el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica.

Realización 8

La presente realización proporciona un método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio y un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio que se fabrica empleando el método, que puede usarse para una zona de transición de un horno de cemento. El ladrillo de espinela de magnesio-aluminio incluye un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico. Las etapas de fabricación específicas son las siguientes:

(1) preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

magnesia sinterizada, cuya granularidad es ≤5 mm, representa el 50% de la cantidad total;

espinela de magnesio-aluminio, cuya granularidad es ≤4 mm, representa el 20% de la cantidad total;

magnesia fundida, cuya granularidad es ≤3 mm, representa el 20% de la cantidad total;

corindón, cuya granularidad es ≤2 mm, representa el 10% de la cantidad total.

Se pesan las materias primas mencionadas anteriormente, se mezclan y se combinan con el aglutinante de naftaleno para fabricar materias primas del recubrimiento retardador de la llama del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica. La cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. Preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base. en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 4% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

(2) preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa,

se mezclan de manera uniforme forsterita que representa el 55% de la cantidad total, fayalita que representa el 20% de la cantidad total, magnesia que representa el 25% de la cantidad total, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada; en el que la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 1%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; preferiblemente, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 2%-5% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 4% tomando el polvo mixto mencionado anteriormente como base.

Se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤5 mm, de la materia prima de hortonolita compuesta agregada fabricada mencionada anteriormente represente el 68% (porcentaje en masa) de la cantidad total, se hace que una porción, que tiene una granularidad ≤0,088 mm, represente el 32% (porcentaje en masa) de la cantidad total, a continuación se añade adicionalmente el 1%~5% (porcentaje en masa) de aglutinante de naftaleno tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base, se preparan las materias primas de la capa de aislamiento térmico después de mezclar de manera uniforme; en la presente realización, la cantidad del aglutinante de naftaleno añadido es del 3% tomando la materia prima de hortonolita compuesta agregada como base.

(3) la materia prima del recubrimiento retardador de la llama y la materia prima de la capa de aislamiento térmico mencionadas anteriormente se espacian y se cargan en un molde usando láminas delgadas de hierro corrugado, se prensan para dar ladrillos frescos mediante una máquina de prensado después de retirar las láminas delgadas de hierro, se mantienen a una temperatura de 110ºC durante 24 horas, se secan y se cuecen para dar ladrillos de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica a una temperatura de 1650ºC en un horno de túnel.

en el que la secuencia de la etapa (1) y la etapa (2) es irrelevante.

Después de las tres etapas mencionadas anteriormente, se obtiene el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de baja conducción térmica.

A continuación, se realiza una prueba de rendimiento sobre los ladrillos de espinela de magnesio-aluminio obtenidos mediante las 8 realizaciones mencionadas anteriormente de la siguiente manera.

Tabla 3. Comparación de la resistencia a la flexión a alta temperatura del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de la presente invención y el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de la técnica anterior

elemento		resistencia a la flexión a alta temperatura/MPa (mantener la temperatura a 1100ºC durante 0,5 horas)	resistencia a la flexión a alta temperatura/MPa (mantener la temperatura a 1400ºC durante 0,5 horas)
ladrillo de espinela de magnesio-aluminio anterior		4,73	1,12
Realización 1	recubrimiento retardador de la llama	4,67	1,04
	capa de aislamiento térmico	4,34	1,21
	punto de unión entre el recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico	4,12	1,13
Realización 2	recubrimiento retardador de la llama	4,13	0,91
	capa de aislamiento térmico	4,15	0,98
	punto de unión entre el recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico	4,06	0,95
Realización 3	recubrimiento retardador de la llama	3,70	0,84
	capa de aislamiento térmico	3,68	0,88
	punto de unión entre el recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico	3,73	0,86
Realización 4	recubrimiento retardador de la llama	3,51	0,56
	capa de aislamiento térmico	3,24	0,51
	punto de unión entre el recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico	3,17	0,58
Realización 5	recubrimiento retardador de la llama	4,11	0,85
	capa de aislamiento térmico	4,23	0,90
	punto de unión entre el recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico	4,06	0,88
Realización 6	recubrimiento retardador de la llama	4,18	0,77
	capa de aislamiento térmico	4,06	0,74
	punto de unión entre el recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico	4,00	0,71
Realización 7	recubrimiento retardador de la llama	3,66	0,73
	capa de aislamiento térmico	3,57	0,69

	punto de unión entre el recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico	3,60	0,75
Realización 8	recubrimiento retardador de la llama	4,20	0,81
	capa de aislamiento térmico	4,01	0,86
	punto de unión entre el recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico	3,94	0,83

Tabla 4. Índices fisicoquímicos del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio de la presente invención

elemento		densidad volumétrica	resistencia a la compresión a temperatura ambiente	refractariedad bajo carga a 0,2 MPa	porosidad aparente	estabilidad frente al choque térmico (enfriamiento con agua a 1100ºC)	coeficiente de conductividad térmica a 700ºC	coeficiente de expansión a 1450ºC
unidad		g/cm^3	MPa	ºC	%	veces	W/m·K	W/m·K
Realización 1	recubrimiento retardador de la llama	2,96	65	>1700	15,5	>10	3,713	1,77
	capa de aislamiento térmico	2,63	42	1684,5	23,1	/	2,508	1,58
Realización 2	recubrimiento retardador de la llama	2,94	58	>1700	16,1	>10	3,735	1,78
	capa de aislamiento térmico	2,65	39	1651,2	22,6	/	2,539	1,61
Realización 3	recubrimiento retardador de la llama	2,93	54	1675,1	17,2	>10	3,746	1,88
	capa de aislamiento térmico	2,68	23	1590,6	21,1	/	2,711	1,60
Realización 4	recubrimiento retardador de la llama	2,90	49	1683,5	17,8	>10	3,725	1,96
	capa de aislamiento térmico	2,71	25	1610	20,7	/	2,763	1,69
Realización 5	recubrimiento retardador de la llama	2,95	60	>1700	15,7	>10	3,715	1,75
	capa de aislamiento térmico	2,60	33	1637	22,8	/	2,515	1,57

Realización 6	recubrimiento retardador de la llama	2,94	55	>1700	16,3	>10	3,741	1,82
	capa de aislamiento térmico	2,66	35	1655	23,3	/	2,522	1,63
Realización 7	recubrimiento retardador de la llama	2,93	49	1692,5	16,9	>10	3,746	1,90
	capa de aislamiento térmico	2,66	29	1617	21,5	/	2,526	1,66
Realización 8	recubrimiento retardador de la llama	2,94	59	>1700	15,9	>10	3,737	1,79
	capa de aislamiento térmico	2,64	42	1670,5	22,6	/	2,551	1,62

Tal como puede observarse a partir de las tablas 3 y 4, el recubrimiento retardador de la llama del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio mantiene el buen comportamiento mecánico a alta temperatura, tal como resistencia a la erosión, resistencia a la socavación, resistencia al choque térmico, resistencia a la tensión mecánica, que tiene el ladrillo de espinela de magnesio-aluminio, pero el coeficiente de conductividad térmica es comparativamente alto, la pérdida térmica es comparativamente grande; mientras que la capa de aislamiento térmico tiene un coeficiente de conductividad térmica menor que el del recubrimiento retardador de la llama, manteniendo el mismo tiempo el buen comportamiento mecánico a alta temperatura del recubrimiento retardador de la llama. Pueden unirse de manera firme dos tipos de materiales con propiedades diferentes del recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico. Las resistencias de la espinela de magnesio-aluminio, la hortonolita, así como su punto de unión son muy próximas entre sí. La fórmula de la capa de aislamiento térmico puede aumentar la temperatura de sinterización de la capa de aislamiento térmico, haciéndola coincidir con el recubrimiento retardador de la llama, de tal manera que se garantiza la consistencia de la expansividad lineal del recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico. Como tal, partiendo de la premisa de que se garantiza un rendimiento útil, se logra la reducción del coeficiente de conductividad térmica.

Preferiblemente, en comparación con otras realizaciones, para las realizaciones 1, 2, 5, 6 y 8: (1) los coeficientes de expansión del recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico son más consistentes; (2) el comportamiento mecánico es mejor; (3) la unión del recubrimiento retardador de la llama y la capa de aislamiento térmico es más firme.

Finalmente, ha de explicarse que las realizaciones anteriores se usan sólo para explicar las soluciones técnicas de la presente invención, pero no para limitar la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de un ladrillo de espinela de magnesio-aluminio, en el que dicho ladrillo de espinela de magnesio-aluminio comprende un recubrimiento retardador de la llama y una capa de aislamiento térmico, las etapas de fabricación específicas son las siguientes:

(1) preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa, el 40%~70% de magnesia sinterizada de granularidad ≤5 mm, el 10%~40% de magnesia fundida de granularidad ≤3 mm, el 10%~20% de espinela de magnesio-aluminio de granularidad ≤4 mm, el 0%<corindón≤10% de granularidad ≤2 mm se mezclan de manera uniforme para preparar polvo mixto de materias primas del recubrimiento retardador de la llama, a continuación se añade adicionalmente el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto de materias primas del recubrimiento retardador de la llama como base, las materias primas del recubrimiento retardador de la llama se preparan después de mezclar de manera uniforme;

(2) preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa, el 40%~60% de forsterita, el 10%~40% de fayalita, el 10%~50% de magnesia se seleccionan para mezclarse de manera uniforme, se añade el 1%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada;

se usa hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm como única materia prima, se añade adicionalmente el 1%~5% de aglutinante de naftaleno, se mezclan de manera uniforme para preparar materias primas de la capa de aislamiento térmico;

(3) la materia prima del recubrimiento retardador de la llama y la materia prima de la capa de aislamiento térmico mencionadas anteriormente se espacian y se cargan en un molde usando láminas delgadas de hierro corrugado, se prensan para dar ladrillos frescos mediante una máquina de prensado, se mantienen a una temperatura de 110ºC durante 24 horas, se secan y se cuecen para dar ladrillos de espinela de magnesio-aluminio a una temperatura de 1550ºC~1750ºC en un horno de túnel;

en el que la secuencia de la etapa (1) y la etapa (2) puede invertirse.

2. Método de fabricación del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio según la reivindicación 1, en el que:

dicha etapa (1) es: preparación de materias primas del recubrimiento retardador de la llama: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa, el 45%~70% de magnesia sinterizada de granularidad ≤5 mm, el 15%~40% de magnesia fundida de granularidad ≤3 mm, el 10%~20% de espinela de magnesio-aluminio de granularidad ≤4 mm, el 0%<corindón≤10% de granularidad ≤2 mm se mezclan de manera uniforme para preparar polvo mixto de materias primas del recubrimiento retardador de la llama, a continuación se añade adicionalmente el 2%~5% de aglutinante de naftaleno basándose en el polvo mixto de materias primas del recubrimiento retardador de la llama, las materias primas del recubrimiento retardador de la llama se preparan después de mezclar de manera uniforme;

dicha etapa (2) es: preparación de materias primas de la capa de aislamiento térmico: el contenido de los componentes respectivos se expresa en porcentaje en masa, el 50%~60% de forsterita, el 20%~30% de fayalita, el 20%~30% de magnesia se seleccionan para mezclarse de manera uniforme, se añade el 2%~5% de aglutinante de naftaleno tomando el polvo mixto como base, se moldean mediante una prensa de fricción, se secan a 110ºC~150ºC, se cuecen a alta temperatura por encima de 1000ºC para obtener materias primas de hortonolita compuesta agregada;

se usa hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm como única materia prima, se añade adicionalmente el 2%~5% de aglutinante de naftaleno, se mezclan de manera uniforme para preparar materias primas de la capa de aislamiento térmico.

3. Método de fabricación del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio según la reivindicación 1 ó 2, en el que:

en dicha etapa (2), dicha etapa “se usa hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm como única materia prima” consiste en usar hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm del 65%~75% de contenido en porcentaje en masa y hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤0,088 mm del 25~35% de contenido en porcentaje en masa como única materia prima.

4. Método de fabricación del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio según la reivindicación 3, en el que: el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm es del

67%~70%, y el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤0,088 mm es del 30%~33%.

5. Método de fabricación del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio según la reivindicación 4, en el que: el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm es del 67%, por consiguiente, el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤0,088 mm es del 33%; o el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm es del 68%, por consiguiente, el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤0,088 mm es del 32%; o el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤5 mm es del 70%, por consiguiente, el contenido en porcentaje en masa de dicha hortonolita compuesta agregada de granularidad ≤0,088 mm es del 30%.

6. Método de fabricación del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio según una de las reivindicaciones 1-5, en el que dicho aglutinante de naftaleno es condensado de sulfonato de naftaleno y formaldehído.

7. Método de fabricación del ladrillo de espinela de magnesio-aluminio según una de las reivindicaciones 1-6, en el que

en dichas materias primas del recubrimiento retardador de la llama:

el contenido en porcentaje en masa de MgO en dicha magnesia sinterizada está por encima del 96,5%; el contenido en porcentaje en masa de MgO en dicha magnesia fundida está por encima del 97%; dicha espinela de magnesio-aluminio es espinela de magnesio-aluminio sinterizada o espinela de magnesio-aluminio fundida, el contenido en porcentaje en masa de Al_2O_3 en dicha espinela de magnesio-aluminio sinterizada es del 66%~73%, el contenido en porcentaje en masa de Al_2O_3 en dicha espinela de magnesio-aluminio fundida es del 70%~75%; el contenido en porcentaje en masa de Al_2O_3 en dicho corindón está por encima del 99%;

en dichas materias primas de la capa de aislamiento térmico:

el contenido en porcentaje en masa de MgO en dicha forsterita es del 62%~67% y el contenido en porcentaje en masa de SiO_2 en dicha forsterita es del 25%~30%; el contenido en porcentaje en masa de FeO en dicha fayalita es del 48%~53% y el contenido en porcentaje en masa de SiO_2 en dicha fayalita es del 41%~46%; dicha magnesia es magnesia sinterizada o magnesia fundida, el contenido en porcentaje en masa de MgO en dicha magnesia sinterizada está por encima del 96,5%, el contenido en porcentaje en masa de MgO en dicha magnesia fundida está por encima del 97%.

8. Ladrillo de espinela de magnesio-aluminio, en el que dicho ladrillo de espinela de magnesio-aluminio se fabrica mediante el método de fabricación según una de las reivindicaciones 1-7.

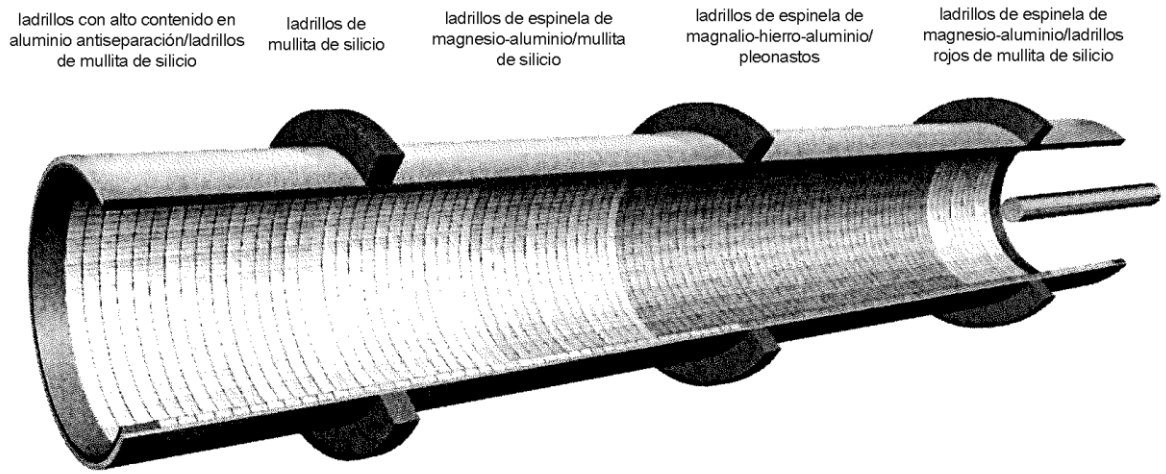
ladrillos con alto contenido en aluminio antiseparación/ladrillos de mullita de silicio
ladrillos de mullita de silicio
ladrillos de espinela de magnesio-aluminio/mullita de silicio
ladrillos de espinela de magnalio-hierro-aluminio/ pleonastos
ladrillos de espinela de magnesio-aluminio/ladrillos rojos de mullita de silicio

Fig.1

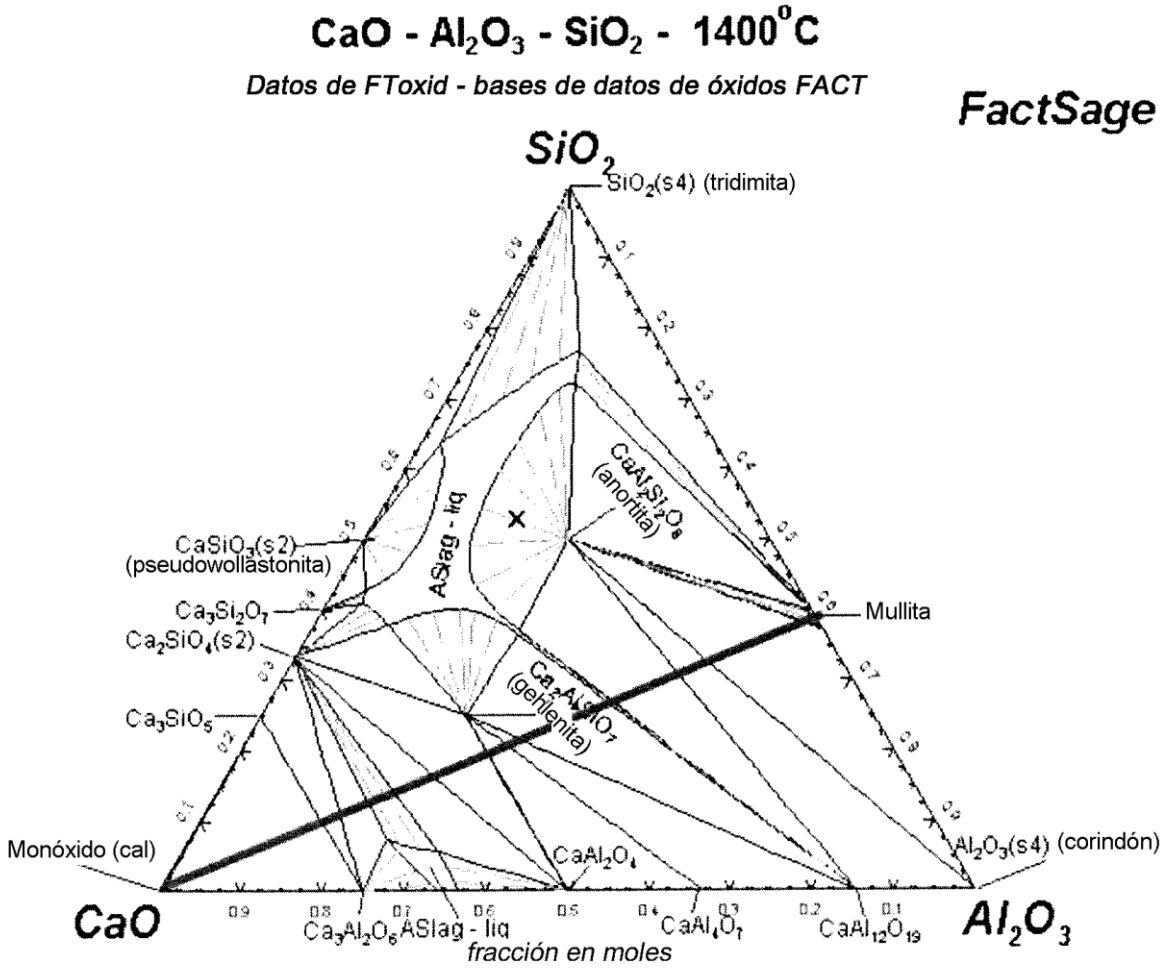
CaO - Al2O3 - SiO2 - 1400°C
Datos de FToxid - bases de datos de óxidos FACT
FactSage
SiO2
SiO2(s4) (tridimita)
CaAl2Si2O8 (anortita)
ASlag - liq
CaSiO3(s2) (pseudowollastonita)
Ca3Si2O7
Ca2SiO4(s2)
Ca3SiO5
Ca2Al2SiO7 (gehlenita)
Mullita
Monóxido (cal)
CaO
CaAl2O4
Ca3Al2O6
ASlag - liq
CaAl4O7
CaAl12O19
Al2O3(s4) (corindón)
Al2O3
fracción en moles

Fig.2

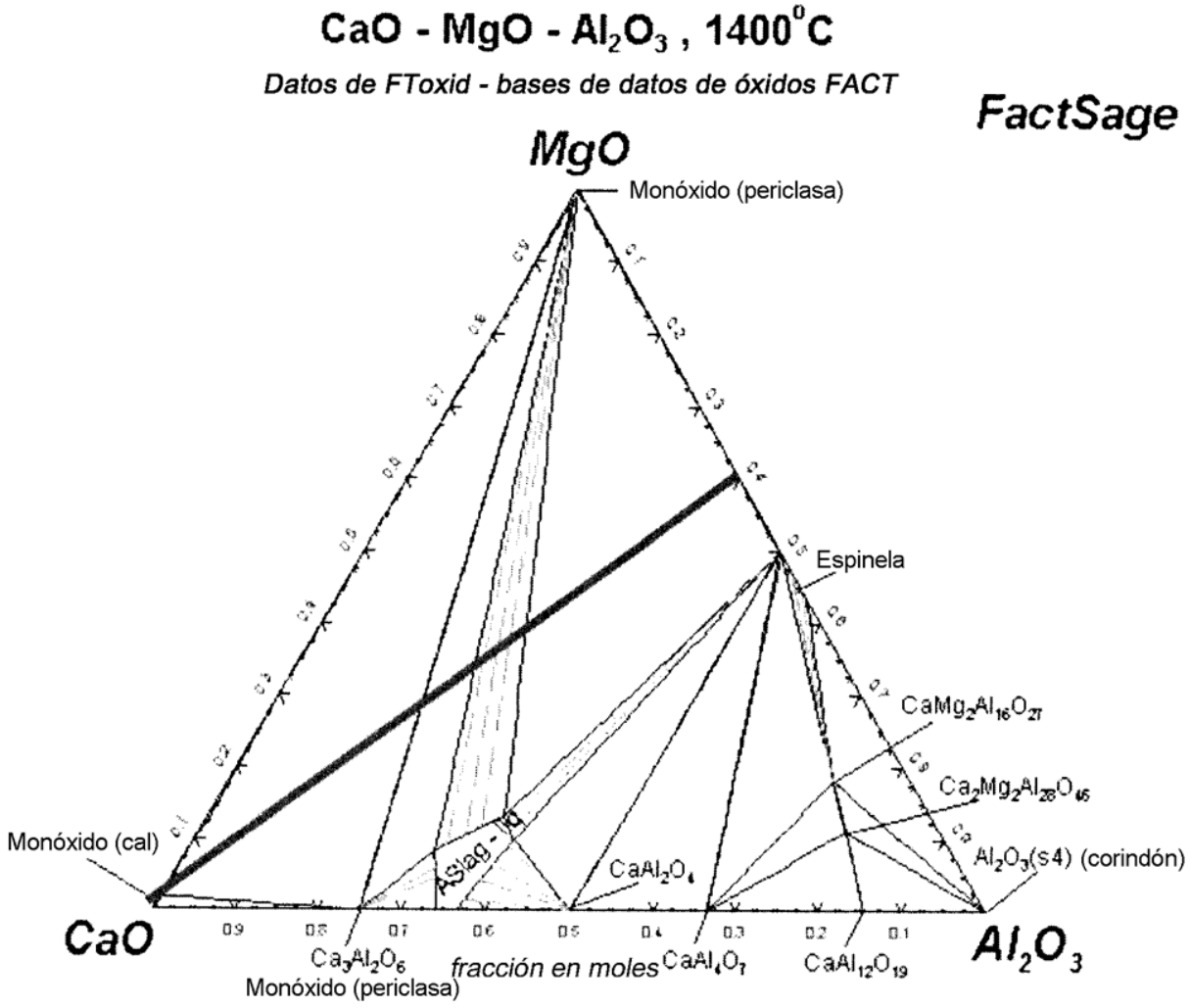
CaO - MgO - Al2O3 , 1400°C
Datos de FToxid - bases de datos de óxidos FACT
FactSage
MgO
Monóxido (periclasa)
Espinela
CaMg2Al16O27
Ca2Mg2Al28O46
Al2O3(s4) (corindón)
Monóxido (cal)
ASlag - liq
CaAl2O4
CaO
Ca3Al2O6
Monóxido (periclasa)
fracción en moles
CaAl4O7
CaAl12O19
Al2O3

Fig.3