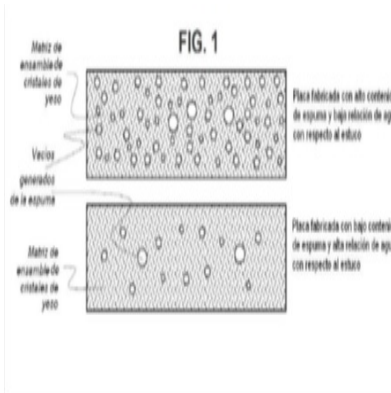


DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

SOLICITUD FASE NACIONAL - PCT



1	Título de la Invención (200 caracteres o espacios máximos)		
PANEL DE YESO PRODUCIDO MEDIANTE UNA ALTA RELACIÓN DE AGUA CON RESPECTO A ESTUCO			
2	Datos del Solicitante		
Nombre:	UNITED STATES GYPSUM COMPANY	Dirección Electrónica:	notificaciones.patentes@roclaw.co
Dirección:	550 West Adams Street, Chicago, Illinois 60661 – 3676 (US)	Domicilio/País de constitución:	ESTADOS UNIDOS DE AMERICA - ILLINOIS - CHICAGO
Identificación:			

☐ CEDULA DE CIUDADANIA
☒ EMPRESA EXTRANJERA
☐ PASAPORTE

☐ CEDULA DE EXTRANJERIA
☐ NIT

Número:

1012950-

3

Solicitantes

Apellidos - Nombres o Razón Social

Tipo

Identificación

1. UNITED STATES GYPSUM
COMPANY

EE

1012950

4

Datos del Inventor

Nombre:

Bangji CAO

Dirección
Electrónica:

notificaciones.patentes@roclaw.co

Dirección:

507 Bourbon
Lane, Naperville,
IL 60565 (US)

Domicilio/País de
constitución:

ESTADOS UNIDOS DE
AMERICA - ILLINOIS -
NAPERVILLE

Identificación:

☐ CEDULA DE CIUDADANIA
☐ CEDULA DE EXTRANJERIA
☐ EMPRESA EXTRANJERA
☐ NIT
☐ PASAPORTE ☒ No Aplica

Número:

-

5

Inventor(es)

Apellidos - Nombres

Domicilio

1. CAO Bangji

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

2. SONG Weixin D.

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

3. CHAN Cesar

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

6

Datos Inventor(es)

	País de Residencia	Departamento/Estado	Ciudad	Dirección
1.	ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	ILLINOIS	NAPERVILLE	507 Bourbon Lane, Naperville, IL 60565 (US)
2.	ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	ILLINOIS	VERNON HILLS	125 S. Old Creek Rd., Vernon Hills, IL 60061 (US)
3.	ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	ILLINOIS	LIBERTYVILLE	1213 Spruce Ct., Libertyville, IL 60048 (US)

7	Datos del Representante Legal / Apoderado			
Nombre:		J. IAN RAISBECK	Dirección Electrónica:	notificaciones.patentes@roclaw.co
Dirección:		Calle 90 No. 19-41, Oficina 404	Domicilio/País de constitución:	COLOMBIA - BOGOTA D.C. - BOGOTA D.C.
Identificación: ☒ CEDULA DE CIUDADANIA ☐ CEDULA DE EXTRANJERIA ☐ EMPRESA EXTRANJERA ☐ NIT ☐ PASAPORTE Número: 79376996-				

Presentación de Poder			
Año de Radicación			
Número de Radicación			

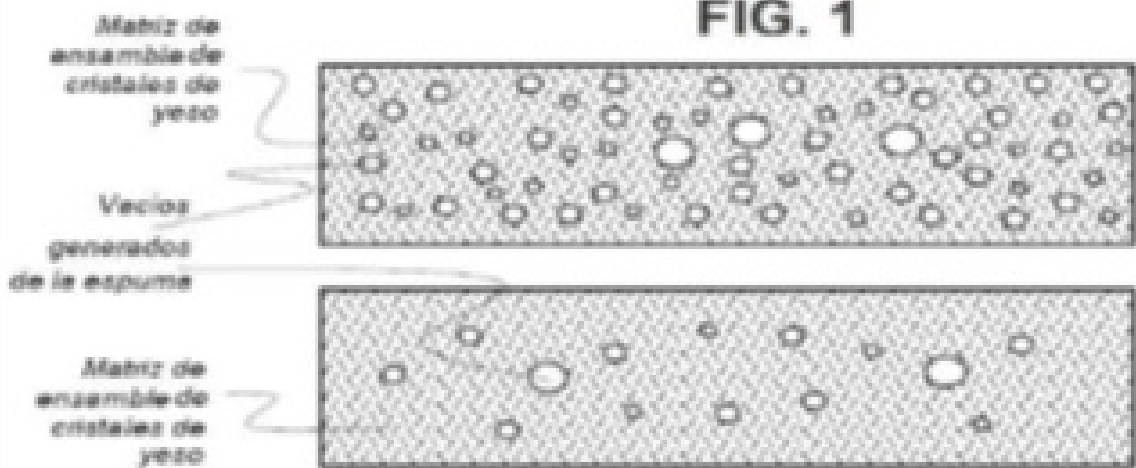
8	Datos Solicitud: PCT / WO			
Número Solicitud:		PCT/US2014/060332	Fecha Solicitud:	14/10/2014
Número Publicacion:		WO2015/057601	Fecha Publicacion:	23/04/2015

9	Declaraciones de prioridad	☒ SI ☐ NO		
---	-----------------------------------	--	--	--

(33) País de origen	Codigo del país	(31) No. Solicitud	(32) Fecha _
---------------------	-----------------	--------------------	--------------

1.	ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	US	14/054,689	15/10/2013
10	Reivindicaciones			
Número reivindicaciones:		10	Pago Reivindicaciones:	No
11	Reducción de tasas.			
<i>Declaro que carezco de medios económicos para presentar la solicitud de patente.</i> ☐ SI ☒ NO Nota: En caso de ser persona natural y carecer de medios económicos, y por lo tanto, aplique la reducción de tasas a que se refiere la resolución vigente en tarifas, debe firmar la presente solicitud bajo la gravedad de juramento.				
☐ Micro, pequeñas y medianas empresas ☐ Universidades públicas o privadas ☐ Entidades sin ánimo de lucro Debe aportar los documentos que se indican en el numeral 17 de anexos				
12	Documentos Anexos			
☒ Reivindicaciones ☒ Descripción ☒ Dibujos y/o Figuras ☒ Resumen ☐ Certificado Depósito Material Biológico ☐ Uso de Conocimiento tradicional ☐ Listado de secuencias ☒ Artes finales 12 x 12 cm ☒ Poderes, si fuere el caso ☐ Copia de la primera solicitud si se reivindica prioridad ☐ Traducción simple de la primera solicitud, si se reivindica prioridad ☒ Otros Anexos				

FIG. 1



Placa fabricada con alto contenido de espuma y baja relación de agua con respecto al estuco

Placa fabricada con bajo contenido de espuma y alta relación de agua con respecto al estuco

PANEL DE YESO PRODUCIDO MEDIANTE UNA ALTA RELACIÓN DE AGUA CON RESPECTO A ESTUCO

REFERENCIA CRUZADA Y APLICACIONES RELACIONADAS

[0001] Esta solicitud de patente reivindica el beneficio de la solicitud de patente no provisional de los EE.UU. N.º 14/054.689, presentada el 15 de octubre de 2013, que se incorpora por referencia.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] En general, los productos de yeso se pueden fabricar usando una lechada que se forma de al menos agua y estuco. El estuco, que es sulfato de calcio hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), reacciona con agua para formar yeso, que es sulfato de calcio dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). El panel de yeso puede ser una placa de material compuesto que comprende un núcleo, una lámina frontal y una lámina trasera. La densidad del panel de yeso se puede reducir mediante la adición de una espuma acuosa a la lechada de estuco en una cantidad eficaz para proporcionar la densidad del núcleo de yeso deseada. El volumen del panel está ocupado por yeso, vacíos de empaquetamiento de cristales de yeso, vacíos producidos por evaporación de agua (es decir, vacíos de agua) y vacíos producidos por espuma (es decir, vacíos de espuma). Debido a que la placa contiene menos yeso por unidad de volumen, hay menos agua cristalizada disponible para extender la resistencia al fuego del panel. Los paneles de yeso son comúnmente utilizados en la construcción de muros en seco para paredes interiores y cielo rasos, y deberían poder resistir el fuego y las temperaturas. Como resultado, los paneles de yeso se fabrican usando especificaciones que maximizan la resistencia al fuego.

[0003] La resistencia al fuego del panel de yeso se mide a través del periodo en el que una placa puede resistir una prueba de fuego estándar. La resistencia al fuego de un panel se clasifica de acuerdo con la capacidad de un panel para evitar un aumento de temperatura, paso de llamas y colapso estructural. Con el fin de que diversas partes, que incluyen constructores, residentes y organismos reguladores evalúen la resistencia al fuego regularmente, los montajes de prueba de fuego se categorizan en diversas disposiciones estándares. Algunos montajes comunes incluyen diseños de prueba definidos por Underwriters Laboratories, Inc. (UL[®]), una agencia de evaluación y certificación, que tiene pruebas que se denominan U305, U419 y U423.

[0004] En general, una prueba de fuego estándar se realiza de acuerdo con los

requisitos ASTM E119. En tales pruebas, una clasificación de resistencia al fuego se puede establecer en función del tiempo durante el cual un ensamble de pared muestra un aumento excesivo de temperatura, paso de llamas o colapso estructural. La falla de la prueba ocurre cuando la temperatura promedio medida a través de diversos termopares sobre la superficie no expuesta aumenta a más de 250 °F por encima de la temperatura ambiente, o cualquier termopar aumenta a más de 325 °F por encima de la temperatura ambiente. La duración de la resistencia al fuego de un sistema no solo depende de la placa de yeso que se usa en el sistema, pero también depende de muchos otros factores, que incluyen grosor del ensamble de pared, tipo de estructura y separación, tamaño de la placa, tipo de aislamiento y otros.

[0005] A pesar de que las técnicas existentes son útiles para extender la resistencia al fuego del panel, siempre se necesitan mejoras adicionales.

BREVE SÍNTESIS DE LA INVENCION

[0006] En un aspecto, la presente invención proporciona un panel de yeso resistente al fuego que comprende una composición de yeso fraguado dispuesta entre dos láminas; la composición de yeso fraguado comprende una matriz de ensamble de yeso fraguado que se forma de una lechada que comprende al menos estuco y agua. La lechada tiene una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 0,7 a alrededor de 2,0. La placa de yeso resistente al fuego tiene una densidad de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 40 lb/ft³, y cuando tiene un grosor de alrededor de 5/8 pulgadas, una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 70 lb de fuerza como se determina de acuerdo con ASTM C473-09 (por ejemplo, ASTM C473-09, método B), y un índice de resistencia al fuego (FEI) mayor de alrededor de 52 minutos.

[0007] En otro aspecto, la presente invención proporciona un panel de yeso resistente al fuego que comprende una composición de yeso fraguado dispuesta entre dos láminas; la composición de yeso fraguado comprende una matriz de ensamble de yeso fraguado que se forma de una lechada que comprende al menos estuco y agua, y que tiene una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 1,2 a alrededor de 2,0. La placa de yeso resistente al fuego tiene una densidad de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 40 lb/ft³, y cuando tiene un grosor de alrededor de 5/8 pulgadas, una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 70 lb de fuerza como se determina de acuerdo con ASTM C473-09 (por ejemplo, ASTM C473-09, método B), y un índice de resistencia al fuego (FEI) mayor de alrededor de 54 minutos.

[0008] Aun en otro aspecto, la presente invención proporciona un método para

producir una placa de yeso resistente al fuego que comprende formar una lechada de al menos estuco y agua. La lechada tiene una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 0,7 a alrededor de 2,0. La lechada de yeso y estuco se deposita sobre una lámina para crear una preforma de placa. La preforma de placa se corta en dimensiones predeterminadas después de que la lechada se endurece lo suficiente para cortarla. La placa se seca. La placa de yeso resistente al fuego tiene una densidad de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 40 lb/ft³, y cuando tiene un grosor de alrededor de 5/8 pulgadas, una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 70 lb de fuerza como se determina de acuerdo con ASTM C473-09 (por ejemplo, ASTM C473-09, método B), y un índice de resistencia al fuego (FEI) mayor de alrededor de 52 minutos.

[0009] Estas y otras ventajas de la presente invención, así como las características inventivas adicionales, serán evidentes en la siguiente descripción.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0010] La Figura 1 es un diagrama que muestra secciones transversales de placas de yeso de baja densidad de acuerdo con las formas de realización de la invención.

[0011] La Figura 2 es un diagrama que muestra la estructura del dispositivo de prueba a pequeña escala que se usa para determinar el índice de resistencia al fuego (FEI) de una muestra del panel de acuerdo con las formas de realización de la invención.

[0012] La Figura 3 es un gráfico de líneas que muestra el perfil de temperatura (eje Y) con el tiempo (eje X) de un horno que se usa durante las pruebas de fuego a pequeña escala que se ilustran en la Figura 2, de acuerdo con las formas de realización de la invención.

[0013] La Figura 4 es un gráfico de líneas que muestra una correlación entre la resistencia de la prueba U419 (eje Y) y la resistencia al fuego de la prueba a pequeña escala de la Figura 2 (eje X) de acuerdo con las formas de realización de la invención.

[0014] La Figura 5 es un gráfico de líneas que muestra la temperatura de la superficie no expuesta (eje Y) con el tiempo (eje X) para los paneles del Ejemplo 1 durante una prueba a pequeña escala de acuerdo con las formas de realización de la invención.

[0015] La Figura 6 es un gráfico de líneas que muestra la temperatura de la superficie no expuesta (eje Y) con el tiempo (eje X) para los paneles del Ejemplo 2 durante una prueba a pequeña escala de acuerdo con las formas de realización de la invención.

[0016] La Figura 7 es un gráfico de líneas que muestra la temperatura de la superficie no expuesta (eje Y) con el tiempo (eje X) para los paneles del Ejemplo 3 durante una prueba a pequeña escala de acuerdo con las formas de realización de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0017] Las formas de realización de la presente invención se basan, al menos en parte, en el descubrimiento sorprendente e inesperado de que un panel que comprende una gran cantidad de vacíos de agua y una cantidad reducida de vacíos de espuma tiene gran resistencia al fuego. Se descubrió que el tamaño de los vacíos ubicados en la matriz de yeso tiene implicancias significativas sobre la resistencia al fuego del panel. Específicamente, se encontró que se prefieren, en general, vacíos de agua microscópicos distribuidos de manera uniforme en lugar de vacíos de espuma grandes interconectados. A fin de preparar una placa que comprende una mayor cantidad de vacíos de agua, se puede aumentar la relación de agua con respecto a estuco. En general, el panel de yeso comprende un núcleo que comprende una matriz de ensamble de yeso fraguado que se forma de una lechada que tiene una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 0,7 a alrededor de 2,0.

[0018] En general, cuando un panel de yeso se encuentra bajo estrés térmico, la energía térmica se dirige, inicialmente, a la evaporación de las moléculas de agua unidas al sulfato de calcio. Son estas dos moléculas de agua que hacen que el yeso sea altamente resistente al calor. Al alcanzar 215 °F, las moléculas de agua se eliminan, lo que produce la formación de sulfato de calcio hemihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). Cuando la temperatura alcanza 250 °F, el agua restante se pierde a medida que el yeso se convierte en sulfato de calcio anhidro. Ambas reacciones son endotérmicas, lo que significa que el yeso absorberá el calor a medida que se "calcina" de dihidrato a anhidro.

[0019] En un montaje de prueba del panel, el calor se transfiere del horno a la superficie de la placa expuesta. A medida que aumenta la temperatura de superficie del panel expuesto, el gradiente de la temperatura en la placa aumenta. A medida que continúa la transferencia de calor, la temperatura de la superficie del panel aumenta a medida que se elimina el agua cristalizada en el panel.

[0020] Se cree que la resistencia al fuego de un artículo de yeso está directamente relacionada con la cantidad de yeso contenido dentro del artículo. Se cree que a medida que se reduce la cantidad de yeso, la resistencia al fuego del artículo de yeso se reduce ya que hay menos agua cristalizada para evaporar. Un enfoque previo a la resistencia al fuego centrado en la formación de un núcleo de yeso más grueso y/o más denso (es decir, un núcleo que comprende más yeso relativo). Con mayor cantidad de yeso, el núcleo comprende una mayor cantidad de agua unida químicamente dentro del núcleo, que puede actuar como un disipador de calor, reducir

la contracción y aumentar la estabilidad estructural y la resistencia.

[0021] La tendencia actual en la industria de paneles es desarrollar un panel liviano y de baja densidad. Se puede alcanzar un peso bajo de base mezclando la lechada de estuco con una cantidad predeterminada de espuma en función del peso de base objetivo del panel. Debido a que la placa contiene menos yeso por unidad de volumen, hay menos agua cristalizada disponible para la resistencia al fuego del panel. Además, durante la exposición al fuego, el porcentaje de contracción puede aumentar a medida que la densidad de la placa aumenta. Ambos factores hacen que sea cada vez más difícil pasar la prueba de fuego. A menudo se agregan aditivos de expansión térmica alta a la formulación para mejorar la resistencia al fuego. Sin embargo, la expansión de grandes cantidades de partículas de expansión térmica alta en un panel liviano puede producir desprendimiento y desmoronamiento.

[0022] Los paneles de yeso pueden comprender vacíos que derivan de (a) empaquetamiento de cristales de yeso, (b) evaporación de agua y (c) la presencia de cualquier aditivo espumante. A fin de producir una placa con densidad constante, a medida que los vacíos de espuma aumentan, la cantidad de vacíos de agua se puede reducir al ajustar hacia abajo la relación de agua con respecto a estuco; a medida que los vacíos de agua aumentan, la cantidad de vacíos de espuma se puede reducir al agregar menos espuma (véase la Figura 1). Sin querer limitarse por la teoría, cuando se expone al fuego, el vapor de agua de $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ debe viajar a través de la placa antes de que se libere en la atmósfera. Los vacíos de espuma pueden ser relativamente grandes y permitir que el vapor de agua se escape rápidamente del núcleo de yeso durante un incendio. Debido a que los vacíos de agua son microscópicos, el vapor debe superar una resistencia de flujo mayor que cuando viajan a través de vacíos de espuma. Como resultado, el vapor de agua tarda más en fluir a través de la placa, por ende, aumenta la resistencia al fuego del panel. Por ende, un panel con una mayor cantidad de vacíos por evaporación de agua, por ejemplo, producido con una relación de agua con respecto a estuco más alta, puede tener mayor resistencia al fuego. Sin embargo, si la relación de agua con respecto a estuco es demasiado alta (y la cantidad de espuma demasiado baja), la presión de vapor puede aumentar, lo que provoca que el panel colapse. Para una resistencia al fuego eficaz, el panel de yeso se puede preparar con una relación de agua con respecto a estuco y contenido de espuma óptimos. A fin de crear un panel con resistencia al fuego y propiedades de peso liviano óptimos, se puede alcanzar un equilibrio entre contenido de agua y propiedades de resistencia al fuego.

[0023] La relación de agua con respecto a estuco es un parámetro importante en la producción de placas de yeso, como deberían entender y comprender las personas del oficio de nivel medio. La relación de agua con respecto a estuco expresa la cantidad de agua por cantidad de estuco. En general, los fabricantes limitan la cantidad de agua en una lechada de estuco debido al elevado costo de los combustibles que se usan en el proceso de calentamiento durante la etapa de secado final para eliminar el exceso de agua. Las altas relaciones de agua con respecto a estuco también producen un aumento en la fluidez de la lechada, que puede hacer que la lechada de yeso y estuco sea más difícil de manipular. A diferencia de las lechadas que tienen una relación de agua con respecto a estuco, las lechadas que tienen un bajo contenido de agua tienen una mayor velocidad de crecimiento de los cristales de yeso durante el fraguado ya que los sitios nucleantes disponibles se concentran en un volumen más pequeño de la mezcla. En este caso, el crecimiento de los cristales es más rápido, y el grado de ensamble de los cristales de yeso es mayor. Debido a este fenómeno, se cree que las lechadas con relaciones de agua con respecto a estuco más bajas producen un producto de yeso de mayor resistencia.

[0024] De manera sorprendente e inesperada, se descubrió que una placa de yeso puede tener mayor resistencia al fuego, aun en ausencia de aditivos, que una placa con menos yeso. Específicamente, una placa de menor peso comprende un núcleo con una relación de agua con respecto a estuco más alta puede tener mayor resistencia al fuego que una placa con un mayor contenido de yeso (por ejemplo, véanse la Tabla 1, las muestras 1 y 2). Se descubrió que un panel preparado de una lechada que comprende una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 0,7 a alrededor de 2,0 tiene alta resistencia al fuego. La relación de agua con respecto a estuco se calcula en función del peso del agua en comparación con el peso del yeso calcinado seco. Los paneles de la presente invención pueden tener una resistencia al fuego mayor que las placas preparadas con relaciones de agua con respecto a estuco menores que alrededor de 0,7 y con una densidad y un grosor de la placa comparable o equivalente. En algunas formas de realización, la relación de agua con respecto a estuco es de alrededor de 0,9 a alrededor de 1,4. Se descubrió que los valores del índice de resistencia al fuego se nivelan después de una relación de agua con respecto a estuco de 1,4. El aumento de la relación de agua con respecto a estuco de 1,2 y 1,4 produce un aumento de 2,7 minutos en el índice de resistencia al fuego, mientras que el aumento de la relación de agua con respecto a estuco de 1,4 a 1,6 produce un aumento de 0,8 minutos. Por lo tanto, una relación de agua con respecto

a estuco preferida se encuentra por debajo de a alrededor de 1,4, con el costo-beneficio más alto obtenido cuando la relación de agua con respecto a estuco es de alrededor de 1,2 a alrededor de 1,4.

[0025] En las formas de realización de la invención, la relación de agua con respecto a estuco puede ser, por ejemplo, como se indica en las Tablas 1A y 1B a continuación. En las tablas, una “X” representa el rango “de alrededor de [valor correspondiente en la fila superior] a alrededor de [valor correspondiente en la columna más a la izquierda].” Los valores indicados representan la relación de agua con respecto a estuco. Para facilitar la presentación, se entenderá que cada valor representa “alrededor de” ese valor. Por ejemplo, la primera “X” en la Tabla 1A es el rango “alrededor de 0,7 a alrededor de 0,8.” Los rangos de la tabla se encuentran entre el punto inicial y el punto final, los cuales están incluidos.

Tabla 1A

		Punto inicial para el rango de la relación de agua con respecto a estuco												
Punto final para el rango de la relación de agua con respecto a estuco		0,7	0,8	0,85	0,9	0,95	1,00	1,05	1,10	1,15	1,20	1,25	1,30	1,35
	0,8	X												
	0,85	X	X											
	0,9	X	X	X										
	0,95	X	X	X	X									
	1,00	X	X	X	X	X								
	1,05	X	X	X	X	X	X							
	1,10	X	X	X	X	X	X	X						
	1,15	X	X	X	X	X	X	X	X					
	1,20	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	1,25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	1,30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	1,35	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	1,40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,45	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,55	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,60	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,65	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,70	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,75	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,80	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,85	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,90	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1,95	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	2,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Tabla 1B

Punto inicial para el rango de la relación de agua con respecto a estuco													
Punto final para el rango de la relación de agua con respecto a estuco		1,40	1,45	1,50	1,55	1,60	1,65	1,70	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95
	1,45	X											
	1,50	X	X										
	1,55	X	X	X									
	1,60	X	X	X	X								
	1,65	X	X	X	X	X							
	1,70	X	X	X	X	X	X						
	1,75	X	X	X	X	X	X	X					
	1,80	X	X	X	X	X	X	X	X				
	1,85	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	1,90	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	1,95	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	2,00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0026] Como se indicó anteriormente, un aumento en la relación de agua con respecto a estuco produce un aumento en la fluidez de la lechada de estuco. En general, los dispersantes se usan en el estado de la técnica para ayudar a fluidizar la mezcla de agua y sulfato de calcio hemihidrato para que se necesite menos agua para producir una lechada fluida. Además, los dispersantes se agregan a las lechadas para reducir el costo de producción reduciendo la cantidad de agua que se debe eliminar durante el proceso de secado.

[0027] Sin querer limitarse por la teoría, algunas formas de realización no pueden requerir un dispersante debido a que las lechadas que tienen una alta relación de agua con respecto a estuco pueden tener suficiente fluidez. En otras formas de realización, una cantidad reducida de dispersante se puede agregar a la lechada para impartir suficiente fluidez. En general, la lechada de estuco comprende un dispersante en una cantidad menor de alrededor de 0,4 % en peso, en función del peso de estuco. La cantidad de dispersante que se agrega a la lechada de estuco puede ser una cantidad menor de alrededor de 0,1 % en peso, en función del peso de estuco. En las formas de realización de la invención, la cantidad de dispersante en peso, en función del peso de estuco, puede ser, por ejemplo, como se indica en la Tabla 1C. En la tabla, una “X” representa el rango “de alrededor de [valor correspondiente en la fila superior] a alrededor de [valor correspondiente en la columna más a la izquierda].” Los valores indicados representan la cantidad de dispersante (Tabla 1C). Para facilitar la presentación, se entenderá que cada valor representa “alrededor de” ese valor. Por ejemplo, la primera “X” en la Tabla 1C es el rango “de alrededor de 0 % a alrededor de 0,05 %.” Los rangos de la tabla se encuentran entre el punto inicial y el punto final, los

cuales están incluidos.

Tabla 1C

Punto inicial para el rango del dispersante (%)																
Punto final para el rango del dispersante (%)		0	0,05	0,075	0,1	0,125	0,15	0,175	0,2	0,225	0,25	0,275	0,3	0,325	0,35	0,375
	0,05	X														
	0,075	X	X													
	0,1	X	X	X												
	0,125	X	X	X	X											
	0,15	X	X	X	X	X										
	0,175	X	X	X	X	X	X									
	0,2	X	X	X	X	X	X	X								
	0,225	X	X	X	X	X	X	X	X							
	0,25	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	0,275	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	0,3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	0,325	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	0,35	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	0,375	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	0,4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0028] En algunas formas de realización, tales dispersantes pueden incluir naftalensulfonatos, tales como ácido polinaftalensulfónico y sus sales (polinaftalensulfonatos) y derivados, que son productos de condensación de ácidos naftalensulfónicos y formaldehído. Tales polinaftalensulfonatos incluyen naftalensulfonato de sodio y calcio. El peso molecular promedio de los naftalensulfonatos puede variar de alrededor de 3.000 a 27.000, a pesar de que el peso molecular puede ser de alrededor de 8.000 a 10.000. A una determinada solución acuosa de porcentaje de sólidos, un dispersante de mayor peso molecular tiene una mayor viscosidad, y produce una mayor demanda de agua en la formulación que un dispersante de menor peso molecular.

[0029] Los naftalensulfonatos incluyen DILOFLO, disponible de GEO Specialty Chemicals, Cleveland, Ohio; DAXAD, disponible de Hampshire Chemical Corp., Lexington, Mass.; y LOMAR D, disponible de GEO Specialty Chemicals, Lafayette, Ind. Los naftalensulfonatos se pueden usar como soluciones acuosas en el rango de alrededor de 35 % a alrededor de 55 % en peso de contenido de sólidos, por ejemplo. Los naftalensulfonatos en forma de una solución acuosa, por ejemplo, en el rango de alrededor de 40 % a alrededor de 45 % en peso contenido de sólidos. Los naftalensulfonatos se pueden usar en forma sólida y seca o en polvo, tal como LOMAR D, por ejemplo.

[0030] En otras formas de realización, se pueden usar los dispersantes conocidos por las personas del oficio de nivel medio, útiles para mejorar la fluidez en las lechadas de

yeso, tales como dispersantes de policarboxilato. Una cantidad de dispersantes de policarboxilato, en particular, éteres policarboxílicos, son tipos conocidos de dispersantes. Una clase de dispersantes incluye dos unidades de repetición y se describe adicionalmente en la patente estadounidense N.º 7.767.019, que se incorpora en la presente por referencia con respecto a los dispersantes. Algunos ejemplos de estos dispersantes son productos de BASF Construction Polymers, GmbH (Trostberg, Alemania) y provistos por BASF Construction Polymers, Inc. (Kennesaw, Ga.) (en adelante "BASF") y se indican a continuación como los "dispersantes de tipo PCE211". Un dispersante particular de los dispersantes de tipo PCE211 se denomina PCE211 (en adelante "211"). Otros polímeros en esta serie incluyen PCE111. Los dispersantes de tipo PCE211 se describen con mayor detalle en la publicación estadounidense N.º US 2007/0255032A1., que se incorpora en la presente por referencia con respecto a los dispersantes. El peso molecular de un tipo de tales dispersantes de tipo PCE211 puede ser de alrededor de 20.000 a alrededor de 60.000 Dalton. Se encontró que los dispersantes de menor peso molecular producen menor retraso del tiempo de fraguado que los dispersantes que tienen un peso molecular mayor de 60.000 Dalton. En general, la longitud lateral más larga de la cadena, que produce un aumento en el peso molecular total, proporciona mejor capacidad de administración. Sin embargo, las pruebas con yeso indican que la eficacia del dispersante se puede reducir a pesos moleculares por encima de 50.000 Dalton.

[0031] Otra clase de compuesto de policarboxilato incluye aquellos descritos en la patente estadounidense N.º 6.777.517, que se incorpora en la presente con respecto a los dispersantes, y se indica a continuación como el "dispersante de tipo 2641". Algunos ejemplos de los dispersantes de tipo PCE211 y de tipo 2641 son fabricados por BASF. Los dispersantes de tipo 2641 preferidos son comercializados por BASF como dispersantes MELFLUX 2641F, MELFLUX 2651F y MELFLUX 2500L.

[0032] Aun otra familia de dispersantes es comercializada por BASF y se indica como "dispersantes de tipo 1641". El dispersante de tipo 1641 se describe con mayor detalle en la patente estadounidense N.º 5.798.425, que se incorpora en la presente con respecto a los dispersantes. Uno de tales dispersantes de tipo 1641 se comercializa como dispersante MELFLUX 1641F por BASF. Otros dispersantes incluyen otros éteres policarboxilatos, tales como COATEX Ethacryl M, disponible de Coatex, Inc. de Chester, S.C., y lignosulfonatos o lignina sulfonatada. Los lignosulfonatos son polímeros de polielectrolitos aniónicos hidrosolubles, subproductos de la producción de pasta de madera mediante la fabricación de pasta de sulfito. Un

ejemplo de una lignina útil en la práctica de los principios de la presente invención es Marasperse C-21 disponible de Reed Lignin Inc., Greenwich, Conn.

[0033] En otras formas de realización, la composición, el panel o el método pueden ser “sustancialmente libres” de dispersante, lo que significa que la composición, el panel o el método contienen (i) 0 % en peso en función del peso de estuco, o ningún dispersante, o (ii) una cantidad ineficaz o (iii) una cantidad irrelevante de dispersante. Como comprenderá una persona del oficio de nivel medio, un ejemplo de una cantidad ineficaz es una cantidad por debajo de la cantidad umbral para alcanzar el objetivo previsto de usar dispersante. Una cantidad irrelevante se encuentra, por ejemplo, por debajo de alrededor de 5 % en peso, tal como por debajo de alrededor de 2 % en peso, por debajo de alrededor de 1 % en peso, por debajo de alrededor de 0,5 % en peso, por debajo de alrededor de 0,2 % en peso, por debajo de alrededor de 0,1 % en peso, o por debajo de alrededor de 0,01 % en peso, en función del peso de estuco tal como lo comprenderá una persona del oficio de nivel medio. Sin embargo, si se desea, en formas de realización alternativas, se pueden incluir tales ingredientes en la composición, el panel o el método.

[0034] Se puede agregar almidón a una composición de yeso para mejorar la resistencia de la placa y el papel para la adhesión del núcleo. Sin querer limitarse por la teoría, se puede agregar almidón gelatinizado a la lechada de estuco para reducir la fluidez de la lechada. El almidón de la presente invención se puede gelatinizar antes de la adición de la composición de estuco (es decir, pregelatinizar). En algunas formas de realización, el almidón gelatinizado se gelatiniza parcialmente cuando se agrega a la lechada, y la gelatinización restante se realiza en la etapa de secado (por ejemplo, en un horno de secar).

[0035] La lechada de estuco puede comprender almidón gelatinizado en cualquier cantidad. En algunas formas de realización, la cantidad de almidón es mayor de alrededor de 1 % en peso, en función del peso de estuco. En las formas de realización de la invención, la cantidad de almidón gelatinizado en peso, en función del peso del estuco, puede ser, por ejemplo, como se indica en la Tabla 1D. En la tabla, una “X” representa el rango “de alrededor de [valor correspondiente en la fila superior] a alrededor de [valor correspondiente en la columna más a la izquierda].” Los valores indicados representan la cantidad de almidón gelatinizado (Tabla 1D). Para facilitar la presentación, se entenderá que cada valor representa “alrededor de” ese valor. Por ejemplo, la primera “X” en la Tabla 1D es el rango “de alrededor de 1 % a alrededor de 1,5 %.” Los rangos de la tabla se encuentran entre el punto inicial y el punto final, los

cuales están incluidos.

Tabla 1D

Punto inicial para el rango del almidón gelatinizado (%)																				
Punto final para el rango del almidón gelatinizado (%)		1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	
	1,5	X																		
	2	X	X																	
	2,5	X	X	X																
	3	X	X	X	X															
	3,5	X	X	X	X	X														
	4	X	X	X	X	X	X													
	4,5	X	X	X	X	X	X	X												
	5	X	X	X	X	X	X	X	X											
	5,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	6,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
	7,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
8,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
9,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

[0036] Una persona del oficio de nivel medio comprenderá los métodos de pregelatinización de almidón crudo, tales como cocinar el almidón crudo en agua a temperaturas de al menos alrededor de 185 °F (85 °C), u otros métodos. Los ejemplos adecuados de almidón pregelatinizado incluyen, entre otros, almidón PCF 1000, disponible en el comercio de Bunge Milling Inc., y almidones AMERIKOR 818 y HQM PREGEL, disponibles en el comercio de Archer Daniels Midland Company. Además, el núcleo puede comprender, opcionalmente, un almidón pregelatinizado caracterizado por tener una viscosidad de “medio rango” (es decir, que tiene una viscosidad de alrededor de 20 centipoise a alrededor de 700 centipoise).

[0037] Los espesantes se pueden usar en algunas formas de realización para adquirir la reología adecuada para producir placas en una línea de formado. Se puede agregar cualquier espesante necesario para reducir de manera suficiente la fluidez de la lechada de estuco a la lechada. Por ejemplo, se pueden agregar humo de sílice, cemento Portland, perlas de cenizas, arcilla, fibra celulósica y una mezcla de estos a la composición de yeso. Esto es más ventajoso para las lechadas espesantes en una línea con una velocidad de línea mayor de 200 ft/minuto. También se pueden agregar polímeros de alto peso molecular, tales como poliacrilamida, a la lechada de yeso para reducir la fluidez de la lechada. En algunas formas de realización, un espesante o una mezcla de espesantes se pueden agregar a la lechada en menos de alrededor de 10 % en peso en función del peso del estuco.

[0038] En algunas formas de realización, se pueden agregar partículas de alta expansión al núcleo. Por ejemplo, se puede agregar vermiculita no expandida a la lechada para mejorar adicionalmente la resistencia al fuego. Un núcleo de yeso hecho

de lechada de estuco que tienen una mayor relación de agua con respecto a estuco puede tener una cantidad pequeña de vermiculita para aumentar la resistencia al fuego, en comparación con un núcleo preparado con una gran cantidad de vermiculita y una lechada que comprende una baja relación de agua con respecto a estuco.

[0039] En algunas formas de realización, la lechada de estuco comprende menos de alrededor de 5 % de vermiculita en peso. Se pueden utilizar la vermiculita de expansión relativamente baja, tal como la denominada vermiculita no expandida de "grado N.º 5" (con un tamaño de partícula típica de menos de alrededor de 0,0157 pulgadas (0,40 mm)), o particulados de alta expansión en forma de vermiculita con un alto volumen de expansión con respecto a la vermiculita de grado N.º. 5 (sistema de calificación estadounidense), y otra vermiculitas de baja expansión. En otras formas de realización, se pueden usar las vermiculitas de alta expansión, que se clasifican conforme a diferentes sistemas de clasificación. Tales vermiculitas de alta expansión deberían tener características de resistencia térmica y/o expansión sustancialmente similares, que son típicas de aquellas descritas en la presente. Por ejemplo, en algunas formas de realización, se puede usar una vermiculita clasificada como europea, sudamericana o sudafricana de grado 0 (micrómetro) o grado 1 (extrafino).

[0040] En algunas formas de realización, la vermiculita de alta expansión utilizada puede incluir vermiculita comercial de grado 4 estadounidense, disponible en el comercio a través de diversas fuentes. Los productores comerciales puede proporcionar especificaciones para propiedades físicas de vermiculita de alta expansión, tal como dureza de Mohs, humedad total, humedad libre, densidad aparente, relación específica, relación de aspecto, capacidad de intercambio de cationes, solubilidad, pH (en agua destilada), relación de expansión, temperatura de expansión y punto de fusión, por ejemplo. Se contempla que, en diferentes formas de realización usando diferentes fuentes de vermiculitas de alta expansión, estas propiedades físicas variarán.

[0041] En algunas formas de realización, las partículas de vermiculita de alta expansión se distribuyen, en general, a lo largo de la porción del núcleo de los paneles de yeso. En otras formas de realización, las partículas de vermiculita de alta expansión se distribuyen, en general, en partes iguales a lo largo de la porción del núcleo de los paneles de yeso. En general, la vermiculita de alta expansión se puede distribuir de manera uniforme a lo largo de cualquier porción de densidad reducida del núcleo. En algunas formas de realización, puede ser conveniente tener una diferente distribución de vermiculita en porciones más densas de una placa, tal como en cualquier capa de

yeso de mayor densidad adyacente a las caras del panel o en porciones del núcleo con mayor densidad a lo largo de los bordes del panel. En otras formas de realización, la vermiculita de alta expansión se puede excluir sustancialmente de aquellas porciones más densas de los paneles, tales como bordes endurecidos y las caras de los paneles. Tales variaciones en contenidos de partículas de vermiculita y distribución en porciones más densas de los paneles puede ser, como resultado de sacar la lechada del núcleo del mezclador de la lechada del núcleo para usar en aquellas porciones del panel, mediante la introducción de vermiculita a través de otros medios adecuados en la lechada para las porciones del núcleo de densidad reducida del panel, usando mezcladores con bordes, u otros medios conocidos por las personas del oficio de nivel medio.

[0042] En otras formas de realización, la composición, el panel o el método pueden ser “sustancialmente libres” de materiales de alta expansión, tales como vermiculita, que significa que la composición, el panel o el método contienen (i) 0 % en peso en función del peso de estuco, o ningún material de alta expansión, tal como vermiculita, o (ii) una cantidad ineficaz o (iii) una cantidad irrelevante de material de alta expansión, tal como vermiculita. Como comprenderá una persona del oficio de nivel medio, un ejemplo de una cantidad ineficaz es una cantidad por debajo de la cantidad umbral para alcanzar el objetivo previsto de usar materiales de alta expansión, tal como vermiculita. Como comprenderá una persona del oficio de nivel medio, una cantidad puede estar, por ejemplo, por debajo de alrededor de 5 % en peso, tal como por debajo de alrededor de 2 % en peso, por debajo de alrededor de 1 % en peso, por debajo de alrededor de 0,5 % en peso, por debajo de alrededor de 0,2 % en peso, por debajo de alrededor de 0,1 % en peso, o por debajo de alrededor de 0,01 % en peso en función del peso de estuco. Sin embargo, si se desea, en formas de realización alternativas, se pueden incluir tales ingredientes en la composición, el panel o el método.

[0043] La presente invención se puede poner en práctica usando composiciones y métodos similares a aquellos que se usan en el estado de la técnica para preparar diversos productos que contiene yeso fraguado. En el núcleo, el componente de estuco (o yeso calcinado) que se usa para formar la matriz cristalina comprende, en general, o consiste esencialmente en, o consiste en sulfato de calcio hemihidrato beta, sulfato de calcio anhidro hidrosoluble, sulfato de calcio hemihidrato alfa, o mezclas de cualquiera de estos o de todos estos, de fuentes naturales o sintéticas. En algunas formas de realización, el estuco puede incluir minerales que no son de yeso, tales

como cantidades menores de arcillas u otros componentes que están asociados a la fuente de yeso o que se agregan durante la calcinación, el procesamiento y/o la entrega.

[0044] El núcleo de yeso puede comprender aditivos convencionales en la práctica de la invención en cantidades habituales para impartir propiedades deseables y para facilitar la producción de, por ejemplo, espuma acuosa adecuada, aceleradores de fraguado, retardadores de fraguado, inhibidores de recalcinación, aglutinantes, adhesivos, agentes niveladores o no niveladores, bactericidas, fungicidas, ajustadores de pH, colorantes, materiales reforzadores, pirorretardantes, repelentes de agua, agentes de relleno, reforzadores dimensionales y mezclas de estos. Además, el núcleo de yeso puede comprender aditivos, tales como compuestos fosfónicos y/o de fosfonato, compuestos fosfóricos y/o de fosfato, compuestos carboxílicos y/o de carboxilato, compuestos bóricos y/o de borato, y mezclas de estos.

[0045] Los aceleradores se pueden usar en las composiciones que contienen yeso de la presente invención, como se describe en la patente estadounidense N.º 6.409.825, incorporada en la presente por referencia con respecto a los aceleradores. Un acelerador resistente al calor deseable (HRA) se puede elaborar mediante la molienda en seco de yeso natural (sulfato de calcio dihidrato). Se pueden usar cantidades pequeñas de aditivos (en general, alrededor de 5 % en peso) tal como azúcar, dextrosa, ácido bórico y almidón para producir este HRA. Actualmente, se prefieren azúcar o dextrosa. Otro acelerador útil es el "acelerador estabilizado de clima" o "acelerador estable de clima" (CSA), como se describen en la patente estadounidense N.º 3.573.947, incorporado en la presente por referencia con respecto a los aceleradores.

[0046] En algunas formas de realización, se agrega un compuesto de trimetafosfato a la lechada de yeso que se usa para hacer que el núcleo mejore la resistencia de la placa y reduzca la deformación permanente del producto de yeso. Las composiciones de yeso que incluyen compuestos de trimetafosfato se describen en la patente estadounidense N.º 6.342.284, incorporado en la presente por referencia con respecto a los compuestos de trimetafosfato. Las sales de trimetafosfato de ejemplo incluyen sales de sodio, potasio o litio de trimetafosfato, tales como aquellas disponibles de Astaris, LLC., St. Louis, Mo.

[0047] En las formas de realización de la invención, un agente espumante se puede usar para producir vacíos, por ejemplo, pequeños vacíos de aire, en los productos de yeso fraguado. La espuma se puede introducir en la lechada de estuco y yeso a

través de una bomba de espuma. De manera alternativa, se puede agregar directamente jabón líquido a la lechada de estuco y yeso. Muchos agentes espumantes son conocidos y se encuentran fácilmente disponibles en el comercio, por ejemplo, de GEO Specialty Chemicals en Ambler, Pa. Para descripciones adicionales de agentes espumantes útiles, véanse, por ejemplo: las patentes estadounidenses N.^{os} 4.676.835, 5.158.612, 5.240.639, y 5.643.510, que se incorporan en la presente por referencia con respecto a los agentes espumantes.

[0048] En muchos casos, se preferirá formar vacíos de aire en el producto de yeso, para ayudar a mantener su resistencia. Esto se puede lograr usando un agente espumante que genera espuma que es relativamente inestable cuando entra en contacto con la lechada de yeso calcinado. Preferentemente, esto se logra mezclando una gran cantidad de agente espumante conocido por generar espuma relativamente inestable, con una cantidad menor de agente espumante conocido por generar espuma relativamente estable.

[0049] Tal mezcla de agente espumante se puede mezclar previamente “fuera de línea”, es decir, separado del proceso de preparación del producto de yeso espumado. Sin embargo, se prefiere mezclar tales agentes espumantes de manera simultánea o continua, como una parte integral “en línea” del proceso. Esto se puede lograr, por ejemplo, bombeando corrientes separadas de diferentes agentes espumantes y uniéndolas en, o justo antes del generador de espuma que se usa para generar la corriente de espuma acuosa que luego se inserta en la lechada de yeso calcinado y se mezcla con esta. Al mezclarse de esta forma, la relación de los agentes espumantes en la mezcla se puede ajustar de manera simple y eficiente (por ejemplo, cambiando la velocidad de flujo de una o ambas corrientes separadas) para alcanzar las características de vacío deseadas en el producto de yeso fraguado espumoso. Tal ajuste se realizará en respuesta a un examen de producto final para determinar si tal ajuste es necesario. Una descripción adicional de tal ajuste y mezcla “en línea” se puede encontrar en la patente estadounidense N.º 5.643.510 y en la patente estadounidense N.º 5.683.635, que se incorporan en la presente por referencia con respecto a los agentes espumantes.

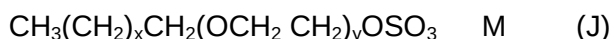
[0050] Un ejemplo de un tipo de agente espumante, útil para generar espumas inestables, tiene la fórmula



en donde R es un grupo alquilo que contiene de 2 a 20 átomos de carbono, y M es un catión. Preferentemente, R es un grupo alquilo que contiene de 8 a 12 átomos de

carbono.

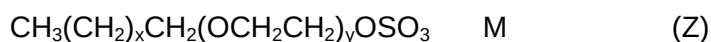
[0051] Un ejemplo de un tipo de agente espumante, útil para generar espumas estables, tiene la fórmula



en donde X es un número de 2 a 20, Y es un número de 0 a 10 y es mayor de 0 en al menos 50 % en peso de agente espumante, y M es un catión.

[0052] En algunas formas de realización preferidas de la invención, los agentes espumantes que tienen las fórmulas (Q) y (J) mencionadas anteriormente se mezclan juntos, de modo que el agente espumante de la fórmula (Q) y la porción del agente espumante de la fórmula (J), en donde Y es 0, juntos constituyen de 86 a 99 % en peso de la mezcla resultante de agentes espumantes.

[0053] En algunas formas de realización preferidas de la invención, la espuma acuosa se generó de un agente espumante mezclado previamente que tiene la fórmula



en donde X es un número de 2 a 20, Y es un número de 0 a 10 y es 0 en al menos 50 % en peso de agente espumante, y M es un catión. Preferentemente, Y es 0 en un rango de 86 a 99 % en peso del agente espumante de la fórmula (Z).

[0054] La espuma se puede introducir en la lechada del núcleo en cantidades que proporcionan una densidad del núcleo y peso del panel reducidos. La introducción de espuma en la lechada del núcleo en cantidades, formulaciones y procesos adecuados puede producir una red y una distribución deseada de vacíos de aire y las paredes entre los vacíos de aire, dentro del núcleo de los paneles secos finales. En algunas formas de realización, el tamaño, las distribuciones de los vacíos de aire y/o el grosor de la pared entre los vacíos de aire provistos por la composición de espuma y el sistema de introducción de espuma son de acuerdo con aquellos descritos a continuación, así como aquellos que proporcionan densidad, resistencia y propiedades relacionadas comparables con los paneles. La estructura de vacíos de aire permite la reducción del yeso y otros constituyentes del núcleo y la densidad y el peso del núcleo, mientras que mantiene sustancialmente (o, en algunos casos, mejora) las propiedades de resistencia del panel, tal como resistencia a la compresión del núcleo y la rigidez del panel, resistencia a la flexión, resistencia a la tracción del clavo, entre otros.

[0055] En algunas de dichas formas de realización, la media del diámetro de esfera equivalente de los vacíos de aire puede ser al menos de alrededor de 75 µm y, en otras formas de realización, al menos alrededor de 100 µm. En otras formas de

realización, la media del diámetro de esfera equivalente de los vacíos de aire puede ser de alrededor de 75 μm a alrededor de 400 μm . Aun en otras formas de realización, la media del diámetro de esfera equivalente de los vacíos de aire puede ser de alrededor de 100 μm a alrededor de 350 μm , con una desviación estándar de alrededor de 100 a alrededor de 225. En otras formas de realización, la media del diámetro de esfera equivalente de los vacíos de aire puede ser de alrededor de 125 μm a alrededor de 325 μm , con una desviación estándar de alrededor de 100 a alrededor de 200.

[0056] En algunas formas de realización, de alrededor de 15 % a alrededor de 70 % de vacíos de aire tienen un diámetro de esfera equivalente de alrededor de 150 μm o menos. En otras formas de realización, de alrededor de 45 % a alrededor de 95 % de vacíos de aire tienen un diámetro de esfera equivalente de alrededor de 300 μm o menos, y de alrededor de 5 % a alrededor de 55 % de vacíos de aire tienen un diámetro de esfera equivalente de alrededor de 300 μm o más. En otras formas de realización, de alrededor de 45 % a alrededor de 95 % de vacíos de aire tienen un diámetro de esfera equivalente de alrededor de 300 μm o menos, y de alrededor de 5 % a alrededor de 55 % de vacíos de aire tienen un diámetro de esfera equivalente de alrededor de 300 μm a alrededor de 600 μm . En el análisis de los tamaños promedio de los vacíos de aire en la presente, los vacíos en el núcleo de yeso que son de alrededor de 5 μm o menos no se tienen en cuenta cuando se calcula la cantidad de vacíos de aire o el tamaño del vacío de aire promedio.

[0057] En aquella y otras formas de realización, el grosor, la distribución y la disposición de las paredes entre los vacíos en tales formas de realización, solos y/o en combinación con una distribución y una disposición del tamaño de los vacíos de aire deseados, también permiten una reducción en la densidad y el peso del núcleo del panel, mientras que mantiene sustancialmente (o, en algunos casos, mejora) las propiedades de resistencia del panel. En algunas de dichas formas de realización, el grosor promedio de las paredes que separan los vacíos de aire puede ser al menos alrededor de 25 μm . En algunas formas de realización, las paredes que definen y separan los vacíos de aire dentro del núcleo de yeso pueden tener un grosor promedio de alrededor de 25 μm a alrededor de 200 μm , de alrededor de 25 μm a alrededor de μm en otras formas de realización, y de alrededor de 25 μm a alrededor de 50 μm aun en otras formas de realización. Aun en otras formas de realización, las paredes que definen y separan los vacíos de aire dentro del núcleo de yeso puede tener un grosor promedio de alrededor de 25 μm a alrededor de 75 μm con una desviación estándar

de alrededor de 5 a alrededor de 40. Aun en otras formas de realización, las paredes que definen y separan los vacíos de aire dentro del núcleo de yeso puede tener un grosor promedio de alrededor de 25 μm a alrededor de 50 μm con una desviación estándar de alrededor de 10 a alrededor de 25.

[0058] Algunos ejemplos de uso de los agentes espumantes para producir vacíos y estructuras de pared deseadas incluyen aquellas descritas en la patente estadounidense N.º 5.643.510 y la solicitud de patente estadounidense N.º 2007/0048490, que se incorporan en la presente por referencia con respecto a los agentes espumantes, los vacíos y las estructuras de pared. En algunas formas de realización, se puede usar una combinación de un primer agente espumante más estable y un segundo agente espumante menos estable en la mezcla de la lechada del núcleo. En otras formas de realización, solo se usa un tipo de agente espumante, siempre y cuando se cumplan los requisitos de la densidad deseada y la resistencia del panel. Los enfoques para agregar espuma a la lechada del núcleo son conocidos en el estado de la técnica, y algunos ejemplos de tales enfoques se describen en las patentes estadounidenses N.ºs 5.643.510 y 5.683.635; sus descripciones se incorporan en la presente por referencia con respecto a los agentes espumantes.

[0059] Se puede agregar el agente de espumante a la lechada en cualquier cantidad suficiente. En algunas formas de realización, se agrega un agente espumante eficaz a la lechada para formar una placa que tiene un agente espumante activo en una cantidad de alrededor de 0,1 lb a alrededor de 2 lb por 1000 ft^2 de placa. En algunas formas de realización, se agrega un agente espumante eficaz a la lechada para formar una placa que tiene un agente espumante activo en una cantidad de alrededor de 0,1 lb a alrededor de 2 lb por 1000 ft^2 de placa. En las formas de realización de la invención, el agente espumante activo en la placa puede ser, por ejemplo, como se indica en la Tabla 1E. En la tabla, una "X" representa el rango "de alrededor de [valor correspondiente en la fila superior] a alrededor de [valor correspondiente en la columna más a la izquierda]." Los valores indicados representan el agente espumante en lb/1000 ft^2 (Tabla 1E). Para facilitar la presentación, se entenderá que cada valor representa "alrededor de" ese valor. Por ejemplo, la primera "X" en la Tabla 1E es el rango "de alrededor de 0,1 lb/ ft^3 a alrededor de 0,2 lb/ ft^3 ." Los rangos de la tabla se encuentran entre el punto inicial y el punto final, los cuales están incluidos.

Tabla 1E

		Punto inicial para el rango del agente espumante (lb/1000 ft ²)																		
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
Punto final para el rango del agente espumante (lb/1000 ft ²)	0,2	X																		
	0,3	X	X																	
	0,4	X	X	X																
	0,5	X	X	X	X															
	0,6	X	X	X	X	X														
	0,7	X	X	X	X	X	X													
	0,8	X	X	X	X	X	X	X												
	0,9	X	X	X	X	X	X	X	X											
	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
	1,1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	1,2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
	1,3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
	1,4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	1,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	1,6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	1,7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	1,8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	1,9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0060] En otras formas de realización, la composición, el panel o el método pueden ser “sustancialmente libres” de agente espumante, lo que significa que la composición, el panel o el método contienen (i) 0 % en peso en función del peso de estuco, o ningún agente espumante, o (ii) una cantidad ineficaz o (iii) una cantidad irrelevante de agente espumante. Como comprenderá una persona del oficio de nivel medio, un ejemplo de una cantidad ineficaz es una cantidad por debajo de la cantidad umbral para alcanzar el objetivo previsto de usar agente espumante. Como comprenderá una persona del oficio de nivel medio, una cantidad puede estar, por ejemplo, por debajo de alrededor de 5 % en peso, tal como por debajo de alrededor de 2 % en peso, por debajo de alrededor de 1 % en peso, por debajo de alrededor de 0,5 % en peso, por debajo de alrededor de 0,2 % en peso, por debajo de alrededor de 0,1 % en peso, o por debajo de alrededor de 0,01 % en peso en función del peso de estuco. Sin embargo, si se desea, en formas de realización alternativas, se pueden incluir tales ingredientes en la composición, el panel o el método.

[0061] Para preparar una placa, se puede depositar una mezcla de al menos estuco y agua en forma de lechada sobre una lámina, y con eso se puede formar una capa para crear una placa, de manera similar a la fabricación de preformas a escala industrial. La lechada se puede preparar usando una relación de agua con respecto a estuco en el rango de alrededor de 0,7 a alrededor de 2,0. La lechada se puede extender por el ancho de la primera lámina a un grosor aproximado determinado para formar el núcleo. En un entorno industrial, el panel continuo es transportado por un transportador para dar tiempo a que el yeso se hidrate. Cuando el núcleo está lo suficientemente hidratado y endurecido, se corta en uno o más tamaños deseados para formar placas de yeso individuales. Luego, las placas se transfieren y se pasan

por un horno de secar a temperaturas suficientes para secar los paneles a un nivel de humedad deseado. En algunas formas de realización, las láminas se unen al núcleo de yeso fraguado mediante una capa soldante superior e inferior de alta densidad.

[0062] El panel de la presente invención puede tener una densidad de placa de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 48 lb/ft³. En algunas formas de realización, la densidad de placa es de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 40 lb/ft³. En algunas formas de realización, la densidad de placa es de 24 lb/ft³ a alrededor de 33 lb/ft³. En algunas formas de realización de la invención, la densidad de placa puede ser, por ejemplo, como se enumera en la Tabla 1F. En la tabla, una “X” representa el rango “de alrededor de [valor correspondiente en la fila superior] a alrededor de [valor correspondiente en la columna más a la izquierda].” Los valores indicados representan la densidad de placa en lb/ft³ (Tabla 1F). Para facilitar la presentación, se entenderá que cada valor representa “alrededor de” ese valor. Por ejemplo, la primera “X” en la Tabla 1F es el rango “de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 25 lb/ft³.” Los rangos de la tabla se encuentran entre el punto inicial y el punto final, los cuales están incluidos.

Tabla 1F

Punto inicial para la densidad de placa (lb/ft ³)																		
Punto final para la densidad de placa (lb/ft ³)		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
	25	X																
	26	X	X															
	27	X	X	X														
	28	X	X	X	X													
	29	X	X	X	X	X												
	30	X	X	X	X	X	X											
	31	X	X	X	X	X	X	X										
	32	X	X	X	X	X	X	X	X									
	33	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
	34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
	35	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	36	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	37	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	38	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	39	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0063] El grosor típico de las placas de yeso es ½ pulgada y ⅝ pulgadas, pero puede variar de ¼ pulgada a 1 pulgada. Se puede producir un panel de cualquier grosor usando los métodos y sistemas descritos en la presente. En algunas formas de realización de la invención, el grosor del panel puede ser, por ejemplo, como se enumera en la Tabla 1F. En la tabla, una “X” representa el rango “de alrededor de

[valor correspondiente en la fila superior] a alrededor de [valor correspondiente en la columna más a la izquierda].” Los valores indicados representan el grosor de una placa en pulgadas (Tabla 1G). Para facilitar la presentación, se entenderá que cada valor representa “alrededor de” ese valor. Por ejemplo, la primera “X” en la Tabla 1G es el rango “de alrededor de 0,59 pulgadas a alrededor de 0,6 pulgadas.” Los rangos de la tabla se encuentran entre el punto inicial y el punto final, los cuales están incluidos.

Tabla 1G

Punto inicial para el grosor del panel (pulgadas)		0,59	0,6	0,61	0,62	0,63	0,64
Punto final para el grosor del panel (pulgadas)	0,6	X					
	0,61	X	X				
	0,62	X	X	X			
	0,63	X	X	X	X		
	0,64	X	X	X	X	X	
	0,65	X	X	X	X	X	X

[0064] Se pueden usar hojas de papel, tales como papel Manila o papel kraft, como láminas. El papel útil como lámina incluye Manila de 7 capas y News-Line de 5 capas, disponible de United States Gypsum Corporation, Chicago, IL.; en rodillo de 3 capas y Manila marfil de 3 capas, disponibles de Caraustar, Newport, Ind.; y papel Manila de alto gramaje y papel MH Manila HT (de alta resistencia), disponible de United States Gypsum Corporation, Chicago, Illinois. El papel de las láminas traseras de ejemplo es newslime de 5 capas. Asimismo, el papel celulósico puede comprender cualquier otro material o combinación de materiales. Por ejemplo, las láminas pueden comprender fibras de vidrio, fibras de cerámica, lana mineral o una combinación de los materiales antes mencionados.

[0065] En otras formas de realización, la lámina puede comprender, consistir esencialmente en, o consistir en una manta, tal como una manta de fibra de vidrio no tejida, materiales de lámina de otros materiales fibrosos y no fibrosos, o se puede usar como combinaciones de papel y otros materiales fibrosos como una o ambas láminas. Como se usan en la presente, el término "manta" incluye materiales de malla. Las mantas fibrosas pueden incluir cualquier material de manta fibroso adecuado. Por ejemplo, en algunas formas de realización, la lámina puede ser una manta hecha de fibra de vidrio, fibra polimérica, fibra mineral, fibra orgánica o similar, o combinaciones de estas. Las fibras poliméricas incluyen, entre otras, fibras de poliamida, fibras de

poliaramida, fibras de polipropileno, fibras de poliéster (por ejemplo, tereftalato de polietileno (PET)), alcohol de polivinilo (PVOH) y acetato de polivinilo (PVAc). Algunos ejemplos de fibras orgánicas incluyen algodón, rayón y similares. Las fibras de la manta pueden estar cubiertas o descubiertas. Seleccionar un tipo adecuado de manta fibrosa dependerá, en parte, del tipo de aplicación en la que se use la placa.

[0066] En algunas formas de realización, las placas de la presente invención tienen una densidad de menos de 40 lb/ft³ y una resistencia a la tracción del clavo que puede cumplir con el estándar de ASTM C473-09 (por ejemplo, ASTM C473-09, método B). Más particularmente, cuando tales placas tienen un grosor de alrededor de 5/8 pulgadas, pueden tener una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 70 lb, según se determina de acuerdo con el estándar ASTM C473-09 (por ejemplo, ASTM C473-09, método B). En algunas formas de realización de la invención, la resistencia a la tracción del clavo puede ser, por ejemplo, como se indica en la Tabla 1H. En la tabla, una “X” representa el rango “de alrededor de [valor correspondiente en la fila superior] a alrededor de [valor correspondiente en la columna más a la izquierda].” Los valores indicados representan la resistencia a la tracción del clavo de una placa en lb (Tabla 1H). Para facilitar la presentación, se entenderá que cada valor representa “alrededor de” ese valor. Por ejemplo, la primera “X” en la Tabla 1H es el rango “de alrededor de 70 lb a alrededor de 72 lb.” Los rangos de la tabla se encuentran entre el punto inicial y el punto final, los cuales están incluidos.

Tabla 1H

	Punto inicial para la resistencia a la tracción del clavo (lb)													
		70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94
Punto final para la resistencia a la tracción del clavo (lb)	72	X												
	74	X	X											
	76	X	X	X										
	78	X	X	X	X									
	80	X	X	X	X	X								
	82	X	X	X	X	X	X							
	84	X	X	X	X	X	X	X						
	86	X	X	X	X	X	X	X	X					
	88	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	90	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	92	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	94	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	96	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0067] En algunas formas de realización, los ensambles se pueden construir usando placas de yeso formadas de acuerdo con principios de la presente invención, que se ajustan a los ensambles de la memoria descriptiva de Underwriters Laboratories, Inc. (UL[®]), tales como U419, U305 y U423. La cara de un lado del ensamble puede estar expuesta a temperaturas en aumento durante un tiempo de acuerdo con una curva de calentamiento, tal como las analizadas en los procedimientos ASTM E119 (por

ejemplo, ASTM E119-09a). Las temperaturas cercanas al lado calentado y las temperaturas en la superficie del lado no calentado del ensamble se monitorean durante las pruebas para evaluar las temperaturas experimentadas por los paneles de yeso expuestos y el calor transmitido a través del ensamble hacia los paneles no expuestos. Un indicador útil del comportamiento ante el fuego de los paneles de yeso en ensambles, por ejemplo, los que utilizan marcos de estructura de madera cargados, como se requieren para las pruebas de fuego ASTM E119, se analiza en el artículo Shipp, P. H., y Yu, Q., "Thermophysical Characterization of Type X Special Fire Resistant Gypsum Board," *Proceedings of the Fire and materiales 2011 Conference*, San Francisco, 31 de enero- 2 de febrero de 2011, Interscience Communications Ltd., Londres, Reino Unido, pp. 417-426. El artículo analiza la serie amplia de pruebas de fuego E119 de ensambles de pared con marcos de madera y su comportamiento previsto en función de los procedimientos de prueba E119. La patente estadounidense n.º 8.323.785 se incorpora por referencia en la presente con respecto a ASTM E119.

[0068] En algunas formas de realización, un ensamble de placas de yeso formado de acuerdo con los principios de la presente invención y de acuerdo con la memoria descriptiva de un montaje U419, con o sin aislamiento de la cavidad, tiene una promedio de ignifugacia de al menos alrededor de 60 minutos. En algunas formas de realización, un ensamble de placas de yeso formado de acuerdo con los principios de la presente invención y de acuerdo con la memoria descriptiva de un montaje U305 tiene un promedio de ignifugacia de al menos alrededor de 55 minutos. En algunas formas de realización, un ensamble de placas de yeso formado de acuerdo con los principios de la presente invención y de acuerdo con la memoria descriptiva de un montaje U305 tiene un promedio de ignifugacia de al menos alrededor de 60 minutos. En algunas formas de realización, un ensamble de placas de yeso formado de acuerdo con los principios de la presente invención y de acuerdo con la memoria descriptiva de un montaje U423 tiene un promedio de ignifugacia de al menos alrededor de 60 minutos.

[0069] Además de los métodos, la utilidad de la presente invención para aumentar la resistencia al fuego se puede analizar usando una prueba de índice de resistencia al fuego (FEI) a pequeña escala. La prueba FEI es un aparato y método de prueba a pequeña escala desarrollado como una alternativa a la típica prueba de paneles a gran escala. Las calificaciones de resistencia al fuego se obtienen generalmente al realizar la prueba de fuego en tamaño estándar (100 ft² del área de pared) en un laboratorio de

prueba de fuego certificado según los estándares ASTM, que consume mucho tiempo, es costosa y no es adecuada para estudios de laboratorio y control de calidad.

[0070] Un diagrama esquemático de un sistema de prueba 200 se muestra, en sección transversal, en la Figura 2. El sistema de prueba 200 incluye un horno envolvente 202 que tiene un recinto 204 que forma una cámara del horno 206. La cámara 206 se puede cerrar con una puerta 208 e incluye una fuente de calor 210. La fuente de calor 210 puede ser cualquier tipo de fuente de calor conocido, tal como una cámara de combustión caldeada con combustible o un calentador resistente a electricidad, que funciona para crear un perfil de temperatura distribuida de manera generalmente uniforme dentro de la cámara 206.

[0071] En la ilustración de la Figura 2, se muestra una placa de muestra 212 dispuesta dentro de la cámara del horno 206 durante una prueba. La muestra 212 se monta verticalmente dentro de la cámara 206 en la forma de realización ilustrada a una distancia de desvío desde la abertura de una puerta, de modo que se forme un hueco 214 entre una cara trasera 215 de la muestra 212 y un lado de la puerta 208 opuesto al horno. Los espaciadores 216 están dispuestos a una distancia entre ellos entre la muestra 212 y la puerta 208 para simular varillas que separan los paneles en un ensamble terminado de la pared. Si bien el hueco 214 se muestra vacío, en una forma de realización alternativa, el hueco 214 se puede llenar con un material para aislar la pared. Asimismo, se pueden usar estructuras de metal o de madera en lugar de los espaciadores 216. Los espaciadores se pueden conectar a la muestra 212 y, en algunas formas de realización, pueden someterse a una carga de compresión junto con la muestra 212 para simular una pared que tiene una carga.

[0072] Un termopar 218 u otro dispositivo de detección de temperatura se conecta cerca de la cara trasera 215 de la muestra durante la prueba. La cara trasera 215 puede ser más gruesa que la cara frontal de la muestra. El termopar 218 tiene una punta sensible a corta distancia desde la superficie de la muestra 212. En formas de realización alternativas, la punta sensible puede tocar o estar dentro de la muestra 212. El termopar 218 se configura para detectar una temperatura de superficie o una temperatura cercana a la superficie de la cara trasera de la muestra 212 durante la prueba. El termopar 218 se conecta a una unidad de adquisición de datos 220, que funciona para proporcionar energía al termopar 218, recibir información de este que indique la temperatura de superficie de la muestra 212, registre la información de temperatura y, opcionalmente o con la ayuda de una computadora (no se muestra), marque la información de temperatura con el tiempo o bien analice la información

numéricamente.

[0073] Cuando se realiza una prueba, se incrementa gradualmente, con el tiempo, la temperatura de la cámara del horno envolvente cámara 206 controlando adecuadamente la intensidad de la fuente de calor 210. En una forma de realización, un sensor de temperatura del horno 222 se dispone para medir la temperatura de la cámara del horno 206, y para proporcionar información que indique la temperatura de la cámara del horno a un controlador de calor 224 y, opcionalmente, también a la unidad de adquisición de datos 220. El controlador de calor 224 puede funcionar en modo bucle cerrado en función de la información proporcionada por el sensor 222 para proporcionar un perfil de calentamiento predeterminado para la cámara 206 ajustando de manera correcta y automática la intensidad de la fuente de calor 210. El aumento de temperatura de la cámara 206 también puede registrarse opcionalmente mediante la unidad de adquisición de datos 220 para establecer la integridad de la prueba.

[0074] Se muestra un perfil de calentamiento de la cámara del horno en la representación de tiempo de la Figura 3. Como puede observarse a partir de la representación, donde una temperatura de la cámara deseada (grado F) se traza a lo largo del eje vertical, y el tiempo (min) se traza a lo largo del eje horizontal, la cámara 206 se calienta gradualmente conforme a una tendencia logarítmica durante alrededor de los primeros 43 minutos de la prueba, a partir de una temperatura de alrededor de 400 °F hasta una temperatura de alrededor de 1423 °F, y se mantiene a esa temperatura durante el resto de la prueba, lo cual en el gráfico ilustrado continúa durante alrededor de 1 hora. Por eso, la prueba se realiza durante un primer período de calentamiento 226, y luego continúa durante un período estable 228, como se indica en el gráfico de la Figura 3.

[0075] Se determinó que la transferencia de calor a través de la muestra 212 durante una prueba, como se deduce de la temperatura de superficie medida en la cara trasera 215 de la muestra, es concomitante e indica la transferencia de calor prevista a través de un panel en una prueba de fuego a escala real. En esencia, la prueba descrita en la presente determina la velocidad de transferencia de calor a través de la muestra. En una forma de realización, las lecturas de temperatura tomadas en ambos lados de la placa se pueden usar para calcular, en tiempo real, la transferencia de calor a través de la placa. Al comparar las curvas de transferencia de calor de diferentes productos y correlacionar las curvas con sus resultados reales de las pruebas de fuego, se posibilita ventajosamente el criterio y la predicción del comportamiento de resistencia al fuego de diferentes productos. En la configuración de prueba que se muestra en la

Figura 2, se seleccionó como dimensión de muestra una muestra rectangular con dimensiones de 6,125" x 6,625" y un grosor de 0,625". La profundidad de la cavidad 214 era de 7/8", y el termopar 218 se ubicó en el centro geométrico de la puerta 208, en donde la sonda sensible del termopar 218 sobresalía alrededor de 11/16" del interior de la superficie de la puerta 208 en la dirección de la muestra 212. De esta manera, la punta del termopar estaba separada 3/16" de la superficie de la muestra. Se colocó un marco de lana de vidrio contra la muestra para que actuara como espaciador 216 y mantuviera la muestra en su lugar mientras se sellaba el marco de la puerta para evitar la pérdida de calor. Para muestras con grosor de media pulgada, se puede colocar un marco de metal de 0,125" detrás de la muestra para mantener el hueco entre el termopar y la muestra, y preservar el resto de la configuración de prueba. El controlador 224 del horno envolvente se configuró para que funcionara de 200 °C a 773 °C. La curva de temperatura real del horno envolvente en el extremo frontal se muestra en la Figura 3.

[0076] La prueba proporciona una curva de temperatura-tiempo para una muestra de placa específica. Se puede determinar de la curva el índice de resistencia al fuego (FEI). El índice de resistencia al fuego se define como el tiempo que se requiere para alcanzar 600 °F en la parte posterior de la muestra de prueba en la prueba de fuego a pequeña escala. Se grafican los puntos de datos A, B, C y D, y la correlación entre FEI y el tiempo de resistencia al fuego en una prueba de fuego en tamaño estándar U419 se muestra en la Figura 4. Otros diseños de montajes de prueba de fuego, tales como U305 y U423, también se puede extrapolar de FEI.

[0077] En algunas formas de realización, la placa de yeso tiene un índice de resistencia al fuego (FEI) de al menos 3 minutos más que una placa que comprende yeso fraguado formado con una relación de agua con respecto a estuco de menos de alrededor de 0,7. En algunas formas de realización, la placa de yeso tiene un índice de resistencia al fuego (FEI) de al menos 4 minutos más que una placa que comprende yeso fraguado formado con una relación de agua con respecto a estuco de menos de alrededor de 0,7.

[0078] Por lo tanto, en una forma de realización, un panel de yeso resistente al fuego comprende: una composición de yeso fraguado dispuesta entre dos láminas; la composición de yeso fraguado comprende una matriz de ensamble de yeso fraguado que se forma de una lechada que comprende al menos estuco y agua. La lechada tiene una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 0,7 a alrededor de 2,0. La placa tiene una densidad de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 40 lb/ft³, y

cuando tiene un grosor de alrededor de $\frac{5}{8}$ pulgadas, una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 70 lb de fuerza como se determina de acuerdo con ASTM C473-09, y un índice de resistencia al fuego (FEI) mayor de alrededor de 52 minutos.

[0079] En otra forma de realización, la composición de yeso fraguado comprende almidón gelatinizado en una cantidad mayor de alrededor de 1 % en peso en función del peso del estuco.

[0080] En otra forma de realización, la composición de yeso fraguado comprende un espesante.

[0081] En otra forma de realización, el espesante es humo de sílice, cemento Portland, perlas de cenizas, arcilla, partículas celulósicas finas, o un polímero de alto peso molecular, o cualquier mezcla de estos.

[0082] En otra forma de realización, el espesante es menos de alrededor de 10% en peso, en función del peso del estuco.

[0083] En otra forma de realización, el polímero de alto peso molecular es poliacrilamida.

[0084] En otra forma de realización, la composición también comprende partículas de expansión térmica alta.

[0085] En otra forma de realización, las partículas de expansión térmica alta son vermiculita.

[0086] En otra forma de realización, vermiculita es menos de alrededor de 5 % en peso en función del peso del estuco.

[0087] En otra forma de realización, la placa de yeso tiene una densidad de placa de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 33 lb/ft³.

[0088] En otra forma de realización, la placa de yeso tiene un grosor de alrededor de 0,25 pulgadas a alrededor de 1,0 pulgadas.

[0089] En otra forma de realización, la placa de yeso tiene un grosor de alrededor de 0,59 pulgadas a alrededor de 0,65 pulgadas.

[0090] En otra forma de realización, la placa de yeso tiene un índice de resistencia al fuego (FEI) de al menos 3 minutos más que una placa que comprende yeso fraguado formado con una relación de agua con respecto a estuco de menos de alrededor de 0,7.

[0091] En otra forma de realización, la placa de yeso tiene un índice de resistencia al fuego (FEI) de al menos 4 minutos más que una placa que comprende yeso fraguado formado con una relación de agua con respecto a estuco de menos de alrededor de

0,7.

[0092] En otra forma de realización, cuando la placa se construye en un montaje de prueba de acuerdo con UL U305, la placa tiene un promedio de ignifugacia de al menos alrededor de 55 minutos cuando se calienta de acuerdo con la curva de tiempo-temperatura de E119-09 estándar de ASTM.

[0093] En otra forma de realización, la placa se construye en un montaje de prueba de acuerdo con UL U305 y tiene un promedio de ignifugacia de al menos alrededor de 60 minutos cuando se calienta de acuerdo con la curva de tiempo-temperatura de E119-09 estándar de ASTM.

[0094] En otra forma de realización, cuando la placa se construye en un montaje de prueba de acuerdo con UL U419, la placa tiene un promedio de ignifugacia de al menos alrededor de 60 minutos cuando se calienta de acuerdo con la curva de tiempo-temperatura de E119-09 estándar de ASTM.

[0095] En otra forma de realización, un panel de yeso resistente al fuego comprende: una composición de yeso fraguado dispuesta entre dos láminas; la composición de yeso fraguado comprende una matriz de ensamble de yeso fraguado que se forma de una lechada que comprende al menos estuco y agua. La lechada tiene una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 1,2 a alrededor de 2,0. La placa tiene una densidad de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 40 lb/ft³, y cuando tiene un grosor de alrededor de 5/8 pulgadas, una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 70 lb de fuerza como se determina de acuerdo con ASTM C473-09, y un índice de resistencia al fuego (FEI) mayor de alrededor de 54 minutos.

[0096] En otra forma de realización, un método para fabricar una placa de yeso resistente al fuego comprende: (a) formar una mezcla de al menos estuco y agua; (b) disponer la lechada en una primera lámina; (c) disponer una segunda lámina sobre la lechada para formar una preforma de placa que tiene dos láminas; (d) cortar la preforma de placa para obtener una placa de dimensiones predeterminadas después de que la lechada se endureciera lo suficiente para cortarla; y (e) secar la placa. La lechada tiene una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 0,7 a alrededor de 2,0. Al secarse, la placa tiene una densidad de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 40 lb/ft³, y cuando tiene un grosor de alrededor de 5/8 pulgadas, una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 70 lb de fuerza como se determina de acuerdo con ASTM C473-09, y un índice de resistencia al fuego (FEI) mayor de alrededor de 52 minutos.

[0097] En otra forma de realización, la relación de agua con respecto a estuco es de

alrededor de 1,2 a alrededor de 2,0.

[0098] Cabe destacar que lo que antecede son simplemente ejemplos de formas de realización. Otras formas de realización de ejemplo son evidentes de la totalidad de la descripción en la presente. Además, una persona del oficio de nivel medio entenderá que cada una de estas formas de realización pueden usarse en diversas combinaciones con las otras formas de realización que se proporcionan en la presente.

[0099] Los siguientes ejemplos ilustran adicionalmente la invención pero, por supuesto, no se deberían interpretar como limitativos de su alcance de modo alguno.

EJEMPLO 1 – EFECTO DE LA RELACIÓN DE AGUA CON RESPECTO A ESTUCO EN LA RESISTENCIA AL FUEGO

[00100] Este ejemplo demuestra el efecto que tiene la relación de agua con respecto a estuco (WSR) sobre la resistencia al fuego de un panel. En consecuencia, se analizaron cinco placas de yeso (muestras 1-5) fabricadas con relaciones de agua con respecto a estuco que variaban de 1,0 a 1,9, usando el dispositivo de prueba a pequeña escala FEI (Figura 2).

Tabla 2

Aditivos
Hebras de vidrio continuas de 790C-16W ADVANTEX® (Owens Corning, Toledo, OH)
Dispersante DiloFlo (Geo Specialty Chemicals, Cleveland, OH)
Acelerador CSA, premezcla Southard
Almidón pregelatinizado, harina de maíz (amarilla) (Bunge Milling, St. Louis, MO)
Trimetafosfato de sodio (Innophos, Cranberry, NJ)
Hyonix PFM 33 (jabón estable), Hyonix 25-AS (jabón inestable) (Geo Specialty Chemicals, Inc., Cedartown, GA)
Retardador y agente quelante VERSENEX™ 80 (Dow Chemical, Midland, MI)

[00101] En un laboratorio, se preparó una lechada de estuco mezclando 700 g de estuco, 3,5 g de acelerador (yeso finamente molido), 10 g de almidón pregelatinizado, 1,4 g de trimetafosfato de sodio, y 1 g de fibra de vidrio picada (véase la Tabla 2). En boles separados se pesaron cantidades predeterminadas de agua correspondientes a la cantidad necesaria para formar relaciones de agua con respecto a estuco de 1,0, 1,2, 1,4, 1,6 y 1,9. A cada bol de acero se agregaron 0,9 g de dispersante y hasta 2 gotas de retardador. Después de que la solución de agua alcanzara temperatura ambiente, el bol de acero se instaló debajo de la mezcladora Hobart. La mezcla de estuco se agregó a la solución de agua y se mezcló inmediatamente. Posteriormente, se activó la bomba de espuma, y la espuma se

inyectó dentro del bol de acuerdo con una velocidad de inyección predeterminada. El tiempo de inyección de espuma se calculó previamente para fabricar placas que tuvieran una densidad seca de aproximadamente 1700 lb/MSF, y cada placa necesitó diferentes velocidades de inyección. Después de la inyección de espuma, la composición se mezcló durante 5 segundos más. La lechada se vertió inmediatamente en sobres de papel prefabricados (hecha con 34 lb/MSF de newslime y 49 lb/MSF de papel manila), y se fundió colocándola entre dos placas de aluminio que se espaciaron para hacer placas de $\frac{5}{8}$ pulgadas. Después del moldeado, las placas se colocaron en un horno preconfigurado a 350 °F. Después de 30 minutos, las placas se transfirieron a otro horno que se preconfiguró a 110 °F. Las placas se dejaron en el horno durante dos noches y luego se retiraron del horno y se pesaron. Cada una de las placas secas se cortó en muestras de 6,625 pulgadas x 6,125 pulgadas.

Tabla 3: Resistencia al fuego de placas fabricadas con distintas relaciones de agua con respecto a estuco

Muestra	WSR	Peso (g)	Placa Grosor (pulgadas)	Placa Peso base (lb/MSF)	Densidad (lb/ft ³)	Velocidad de inyección de espuma (seg)	Índice de resistencia al fuego (min)
1	1,0	225,2	0,639	1760	33,1	21	52,0
2	1,2	211,7	0,638	1655	31,1	18	54,4
3	1,4	212,2	0,637	1659	31,3	13	57,1
4	1,6	216	0,627	1688	32,3	7	57,9
5	1,9	219,2	0,636	1713	32,3	0	60,0

[00102] Las muestras 1 a 5 se probaron individualmente en el dispositivo a pequeña escala (Figura 2) para determinar su FEI respectivo. Las marcas de temperatura para cada una de las cinco muestras se muestran en la Figura 5, en donde el tiempo se grafica junto con el eje horizontal y la temperatura de la superficie no expuesta de la cara posterior de cada muestra se grafica junto con el eje vertical. En el gráfico de Figura 5, la línea 301 representa la marca de temperatura para una placa fabricada con una WSR de 1,0 (muestra 1), la línea 302 representa la marca de temperatura para una placa fabricada con una WSR de 1,2 (muestra 2), la línea 303 representa la marca de temperatura para una placa fabricada con una WSR de 1,4 (muestra 3), la línea 304 representa la marca de temperatura para una placa fabricada con una WSR de 1,6 (muestra 4), la línea 305 representa la marca de temperatura para una placa fabricada con una WSR de 1,9 (muestra 5), y línea “FEI” 306 se extiende horizontalmente desde una temperatura de 315,6 °C (600°F) para indicar el FEI de ambas muestras.

[00103] Como se puede calcular del gráfico de Figura 5, el índice de resistencia

al fuego de la placa fabricada con una WSR de 1,0 fue de 52,0 minutos (muestra 1), 54,4 minutos para la placa fabricada con una WSR de 1,2 (muestra 2), 57,1 minutos para la placa fabricada con una WSR de 1,4 (muestra 3), 57,9 minutos para la placa fabricada con una WSR de 1,6 (muestra 4), y 60,0 minutos para la placa fabricada con una WSR de 1,9 (muestra 5). Las curvas de calor en la Figura 5 sugieren que después de alrededor de 250 °F, la temperatura a la cual las placas completan la calcinación, la transferencia de calor a través de las muestras depende de la relación de agua con respecto a estuco y, por lo tanto, la cantidad de vacíos de agua microscópicos. Las placas con una alta relación de agua con respecto a estuco contienen una mayor cantidad de vacíos microscópicos, lo cual dificulta más el escape del agua del núcleo.

[00104] Este ejemplo demuestra que una mayor relación de agua con respecto a estuco aumenta la resistencia al fuego de un panel de yeso.

EJEMPLO 2 – EL EFECTO DEL PESO DE LA PLACA EN LA RESISTENCIA AL FUEGO DE LA PLACA CON UNA ALTA RELACIÓN DE AGUA CON RESPECTO A ESTUCO

[00105] Este ejemplo demuestra el efecto de una alta relación de agua con respecto a estuco en la resistencia al fuego de un panel de bajo peso/baja densidad. En consecuencia, una placa con un peso base de 1235 lb/MSF (muestra 6), una placa con un peso base de 1357 lb/MSF (muestra 7) y una placa con un peso base de 1422 lb/MSF (muestra 8) se evaluaron usando un dispositivo de prueba a pequeña escala del FEI (Figura 2). Las muestras 6 a 8 se llevaron a cabo mediante una relación de agua con respecto a estuco de 1,9.

[00106] En un laboratorio, se preparó una lechada de estuco mezclando 700 g de estuco, 3,5 g de acelerador (yeso finamente molido), 10 g de almidón pregelatinizado, 1,4 g de trimetafosfato de sodio, y 1 g de fibra de vidrio picada (véase la Tabla 2). Las cantidades predeterminadas de agua correspondientes a la cantidad requerida para formar una relación de agua con respecto a estuco de 1,9 se pesaron en una mezcladora Warring. A la mezcladora Warring se agregaron 0,9 g de dispersante y 0,2 g a 0,6 g de jabón líquido. Después de que la solución de agua alcanzó temperatura ambiente, la mezcla de estuco se agregó a la mezcladora y se mezcló inmediatamente. A medida que la acción de mezcla de alta velocidad impulsaba aire dentro de la lechada, se formaba la espuma. Después de siete segundos, la lechada se vertió en un sobre de papel ya hecho (elaborado con papel newslime de 41 lb/MSF y papel Manila de 53 lb/MSF), y se moldeó colocándola entre

dos placas de aluminio que se espaciaron para fabricar placas de $\frac{5}{8}$ pulgadas. Después del moldeado, las placas se colocaron en un horno preconfigurado a 350 °F. Después de 30 minutos, las placas se transfirieron a otro horno que se preconfiguró a 110 °F. Las placas se dejaron en el horno durante dos noches y luego se retiraron del horno y se pesaron. Las placas secas se cortaron en muestras de 6,625 pulgadas x 6,125 pulgadas.

Tabla 4: Índice de resistencia al fuego del panel de baja densidad

Muestra	Placa Peso base (lb/MSF)	WSR	Peso (g)	Grosor de placa (pulgadas)	Densidad (lb/ft ³)	Índice de resistencia al fuego (min)
6	1235	1,9	158,04	0,613	24,2	57,3
7	1357	1,9	173,55	0,609	26,7	59,5
8	1422	1,9	181,91	0,610	27,6	61,3

[00107] Las muestras 6 a 8 se probaron individualmente en el dispositivo a pequeña escala (Figura 2) para determinar su FEI respectivo. Las marcas de temperatura para cada una de las tres muestras se muestran en Figura 6, en donde el tiempo se grafica junto con el eje horizontal y la temperatura de la superficie no expuesta de la cara posterior de cada muestra se grafica junto con el eje vertical. En la Figura 6, la línea punteada corta 307 representa la marca de temperatura para la placa con un peso base de 1235 lb/MSF(muestra 6), la línea continua 308 representa la marca de temperatura para la placa con un peso base de 1357 lb/MSF(muestra 7), la línea punteada corta 309 representa la marca de temperatura para la placa con un peso base de 1422 lb/MSF(muestra 8), y la línea "FEI" 310 se extiende horizontalmente de una temperatura de 315,6 °C (600°F) para indicar los índices FEI para ambas muestras.

[00108] Como se puede calcular del gráfico de Figura 6, el FEI fue de la placa con un peso base de 1235 lb/MSF fue de 57,3 minutos (muestra 6), 59,5 minutos para la placa con un peso base de 1357 lb/MSF (muestra 7), y 61,3 minutos para la placa con un peso base de 1422 lb/MSF (muestra 8).

[00109] Este ejemplo demuestra que el panel de yeso de pesos variables a alrededor de $\frac{5}{8}$ pulgadas de grosor muestra una resistencia al fuego con una alta relación de agua con respecto a estuco.

EJEMPLO 3 – ALTA RELACIÓN DE AGUA CON RESPECTO A ESTUCO Y VERMICULITA

[00110] Este Ejemplo examina el efecto de la vermiculita en conjunto con una alta relación de agua con respecto a estuco en la resistencia al fuego del panel. En consecuencia, cinco placas de yeso (muestras 9 a 13) hechas con cantidades de

vermiculita que varían de 0 a 100 lb/MSF se probaron usando el dispositivo de prueba a pequeña escala del índice de resistencia al fuego (FEI) (Figura 2). Las muestras 9 a 13 se llevaron a cabo mediante una relación de agua con respecto a estuco de 1.4.

Tabla 5

Aditivos
Hebras de vidrio continuas de 790C-16W ADVANTEX® (Owens Corning, Toledo, OH)
Grado 4 de concentración de vermiculita (Virginia Vermiculite, Louisa, VA)
Dispersante Dilofo (Geo Specialty Chemicals, Cleveland, OH)
Acelerador CSA, premezcla Southard
Almidón pregelatinizado, harina de maíz (amarilla) (Bunge Milling, St. Louis, MO)
Trimetafosfato de sodio (Innophos, Cranberry, NJ)
Hyonix PFM 33 (jabón estable), Hyonic 25-AS (jabón inestable) (Geo Specialty Chemicals, Inc., Cedartown, GA)
Retardador y agente quelante VERSENEX™ 80 (Dow Chemical, Midland, MI)

[00111] En un laboratorio, una lechada de estuco se preparó mediante la mezcla de 700 g de estuco, 3,5 g de acelerador (yeso finamente molido), 10 g de almidón pregelatinizado seco, 1.4 g de trimetafosfato de sodio, 1 g de fibra de vidrio picada y vermiculita (véase la Tabla 5). Las cantidades predeterminadas de agua correspondientes a la cantidad requerida para formar una relación de agua con respecto a estuco de 1,4 se agregaron en boles de acero individuales. En cada bol de acero se agregó 0,9 g de dispersante y hasta 2 gotas de retardador. Después de que la solución de agua alcanzara temperatura ambiente, el bol de acero se instaló debajo de la mezcladora Hobart. La mezcla de estuco se agregó a la solución de agua y se mezcló inmediatamente. Posteriormente, la bomba de espuma se activó y la espuma se inyectó en el bol de acuerdo con la tasa de inyección predeterminada. El tiempo de inyección de espuma fue precalculado para hacer placas con 1600 lb/MSF aproximadamente (véase la Tabla 6). Después de la inyección de espuma, la composición se mezcló durante 5 segundos más. La lechada se vertió inmediatamente en sobres de papel prefabricados (hecha con 34 lb/MSF de newslin y 49 lb/MSF de papel Manila), y se fundió colocándola entre dos placas de aluminio que se espaciaron para hacer placas de 5/8 pulgadas. Después del moldeado, las placas se colocaron en un horno preconfigurado a 350 °F. Después de 30 minutos, las placas se transfirieron a otro horno que se preconfiguró a 110 °F. Las placas se dejaron en el horno durante dos noches y luego se retiraron del horno y se pesaron. Las placas secas se cortaron en muestras de 6,625 pulgadas x 6,125 pulgadas.

Tabla 6: Índice de resistencia al fuego de placas que comprenden vermiculita

Muestra	Vermiculita (lb/MSF)	WSR	Peso (g)	Grosor de placa (pulgadas)	Placa Peso base (lb/MSF)	Densidad (lb/ft ³)	Tasa de inyección de espuma (seg)	Índice de resistencia al fuego (min)
9	0	1,4	201,2	0,644	1573	29,3	18	55,1
10	25	1,4	201,8	0,645	1577	29,3	18	57,2
11	50	1,4	200,9	0,645	1570	29,2	18	57,8
12	75	1,4	204,5	0,647	1598	29,6	19	58,9
13	100	1,4	201,6	0,651	1576	29,1	19	56,0

[00112] Las muestras 9 a 13 se probaron individualmente en el dispositivo a pequeña escala (Figura 2) para determinar su FEI respectivo. Las marcas de temperatura para cuatro muestras se muestran en Figura 7, en donde el tiempo se grafica junto con el eje horizontal y la temperatura de la cara posterior de cada muestra se grafica junto con el eje vertical. En el gráfico de Figura 7, la línea 311 representa la marca de temperatura para la placa de control (muestra 9), la línea 312 representa la marca de temperatura para una placa con 25 lb/MSF de vermiculita (muestra 10), la línea 313 representa la marca de temperatura para una placa con 50 lb/MSF de vermiculita (muestra 11), la línea 314 representa la marca de temperatura para una placa con 75 lb/MSF (muestra 12), y una línea "FEI" 315 se extiende horizontalmente de una temperatura de 315,6 °C (600 °F) para indicar los índices FEI para ambas muestras.

[00113] Como se puede calcular del gráfico de Figura 7, el índice de resistencia al fuego de la placa que no comprende vermiculita fue de 55,1 minutos (muestra 9), 57,2 minutos para la placa que comprende 25 lb/MSF de vermiculita (muestra 10), 57,8 minutos para la placa que comprende 50 lb/MSF de vermiculita (muestra 11), 58,9 minutos para la placa que comprende 75 lb/MSF de vermiculita (muestra 12), y 56,0 minutos para la placa que comprende 100 lb/MSF de vermiculita (muestra 13). Se descubrió que la integridad de la placa se dañó cuando la muestra comprendió 100 lb/MSF de vermiculita (muestra 13). Las curvas de calor en la Figura 7 revelan, a medida que la cantidad de vermiculita aumenta de cero a 75 lb/MSF, el índice de resistencia al fuego de la placa aumenta de 55,1 minutos a 58,9 minutos. Un aumento adicional en la vermiculita puede dañar la integridad de la placa, comprometiendo de este modo la resistencia al fuego de la placa.

[00114] Este ejemplo demuestra que las placas que comprenden un núcleo hecho de lechadas que tienen gran relación de agua con respecto a estuco en combinación con la vermiculita, pueden incluso tener mayor resistencia al fuego.

[00115] El uso de las expresiones "uno" y "el" y "al menos uno" y referentes

similares en el contexto de la descripción de la invención (en especial en el contexto de las siguientes reivindicaciones) se debe interpretar para cubrir el singular y el plural, a menos que se indique lo contrario en la presente o que haya contradicciones según el contexto. El uso de la expresión “al menos uno” seguida de una lista de uno o más ítems (por ejemplo, “al menos uno de A y B”) se debe interpretar para significar un ítem seleccionado de los ítems enumerados (A o B) o cualquier combinación de dos o más de los ítems detallados (A y B), a menos que se indique lo contrario en la presente o que haya contradicciones según el contexto. Los términos “comprender” “tener” “incluir” y “contener” se deben interpretar como términos abiertos (es decir, con el significado “que incluye, entre otros”) a menos que se indique lo contrario. Además, “comprender” (o su equivalente) se describe en la presente, “comprender” se considera para incorporar “que consiste esencialmente en” y “que consiste en” De este modo, una forma de realización que “comprende” (un) elemento/s soporta formas de realización “que consisten esencialmente en” y “que consisten en” los elementos descritos. En la presente “que consiste esencialmente en” se describe para incorporar “que consiste en” De este modo, una forma de realización “que consiste esencialmente en” (un) elemento/s soporta formas de realización “que consisten en” los elementos descritos. La descripción de rangos de valores de la presente tiene simplemente la intención de servir como método abreviado para referirse individualmente a cada valor separado que se comprende en el rango, a menos que se indique lo contrario en la presente, y cada valor separado se incorpora en la memoria descriptiva como si se describiera individualmente en la presente. Todos los métodos descritos en la presente se pueden llevar a cabo en cualquier orden adecuado a menos que se indique lo contrario en la presente o que haya contradicciones según el contexto. El uso de cualquiera y de todos los ejemplos, o el uso del idioma para indicar ejemplos (por ejemplo, “tal como”) que se proporcionan en la presente, tiene la simple intención de clarificar aún más la invención y no supone una limitación en el alcance de la invención a menos que se reivindique lo contrario. Ningún uso del idioma en la memoria descriptiva se debe indicar como un indicador de elemento no reivindicado como esencial a la práctica de la invención.

[00116] Las formas de realización preferidas de la invención se describen en la presente, incluyendo el mejor modo conocido por los inventores para realizar la invención. Las variaciones de esas formas de realización preferidas pueden ser evidentes para las personas del oficio de nivel medio al leer la descripción anterior. Los inventores esperan que las personas del oficio de nivel medio usen dichas

variaciones como adecuadas, y los inventores acuerdan que la invención se lleve a la práctica de otro modo que como se describe específicamente en la presente. En consecuencia, esta invención incluye todas las modificaciones y equivalentes del objeto descrito en las reivindicaciones adjuntas en la presente como lo permiten las leyes aplicables. Además, la invención abarca cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas las variaciones posibles a menos que se indique lo contrario en la presente o que haya contradicciones según el contexto.

REIVINDICACIONES

Lo que se reivindica es:

1. Una placa de yeso resistente al fuego que comprende:

una composición de yeso fraguado dispuesta entre dos láminas; la composición de yeso fraguado comprende una matriz de ensamble de yeso fraguado que se forma de una lechada que comprende al menos estuco y agua.

la lechada tiene una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 0,7 a alrededor de 2,0; y

la placa tiene una densidad de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 40 lb/ft³, y cuando tiene un grosor de alrededor de $\frac{5}{8}$ pulgadas, una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 70 lb de fuerza como se determina de acuerdo con ASTM C473-09, y un índice de resistencia al fuego (FEI) mayor de alrededor de 52 minutos.

2. La placa de yeso resistente al fuego de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la composición de yeso fraguado comprende almidón gelatinizado en una cantidad mayor de alrededor de 1 % en peso en función del peso del estuco.

3. La placa de yeso resistente al fuego de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en donde la composición de yeso fraguado comprende un espesante seleccionado de humo de sílice, cemento Portland, perlas de ceniza, arcilla, partículas celulósicas finas o un polímero de alto peso molecular, o cualquier mezcla de estos.

4. La placa de yeso resistente al fuego de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el espesante es de menos de alrededor de 10 % en peso en función del peso del estuco.

5. La placa de yeso resistente al fuego de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en donde la composición también comprende partículas de expansión térmica alta.

6. La placa de yeso resistente al fuego de acuerdo con la reivindicación 5, en donde las partículas de expansión térmica alta son vermiculita.

7. La placa de yeso resistente al fuego de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde la placa de yeso tiene una densidad de placa de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 33 lb/ft³.

8. La placa de yeso resistente al fuego de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde la placa de yeso tiene un índice de resistencia al fuego (FEI) de al menos 3 minutos más que una placa que comprende yeso fraguado formado con una relación de agua con respecto a estuco de menos de alrededor de

0,7.

9. Una placa de yeso resistente al fuego que comprende:

una composición de yeso fraguado dispuesta entre dos láminas; la composición de yeso fraguado comprende una matriz de ensamble de yeso fraguado que se forma de una lechada que comprende al menos estuco y agua.

la lechada tiene una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 1,2 a alrededor de 2,0.

la placa tiene una densidad de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 40 lb/ft³, y cuando tiene un grosor de alrededor de 5/8 pulgadas, una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 70 lb de fuerza como se determina de acuerdo con ASTM C473-09, y un índice de resistencia al fuego (FEI) mayor de alrededor de 54 minutos.

10. Un método para fabricar una placa de yeso resistente al fuego, que comprende:

formar una mezcla de al menos estuco y agua,

disponer la lechada sobre una primera lámina,

disponer una segunda lámina sobre la lechada para formar una preforma de placa que tiene dos láminas,

cortar la preforma de placa para obtener una placa de dimensiones predeterminadas después de que la lechada se endurezca lo suficiente para cortarla, y

secar la placa;

la lechada tiene una relación de agua con respecto a estuco de alrededor de 0,7 a alrededor de 2,0.

al secarse, la placa tiene una densidad de alrededor de 24 lb/ft³ a alrededor de 40 lb/ft³, y cuando tiene un grosor de alrededor de 5/8 pulgadas, una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 70 lb de fuerza como se determina de acuerdo con ASTM C473-09, y un índice de resistencia al fuego (FEI) mayor de alrededor de 52 minutos.

.

PATENTE

N.º del expediente del abogado: 4506 US GYP (713637)

CESIÓN

POR CUANTO, nosotros

- (1) Bangji CAO de 507 Bourbon Lane, Naperville, IL, 60565
- (2) Weixin D. SONG de 125 S. Old Creek Road, Vernon Hills, IL, 60061
- (3) Cesar CHAN de 1213 Spruce Ct., Libertyville, IL, 60048 y

en adelante “Cedente”, hemos inventado una invención titulada:

PANEL DE YESO PRODUCIDO MEDIANTE UNA ALTA RELACIÓN DE AGUA CON RESPECTO A ESTUCO

para la que se ha presentado una solicitud (provisional o no provisional) de patente estadounidense el 15 de octubre de 2013, con N.º de Solicitud US 14/054.689 y

POR CUANTO, United States Gypsum Company, de 550 West Adams Street, Chicago, IL, 60661, en adelante “Cesionario”, desea adquirir la totalidad de los derechos con respecto a la invención descrita en la solicitud de patente, que incluye la totalidad de los derechos de prioridad que surgen de la solicitud,

EN VIRTUD DE LO CUAL, por una contraprestación susceptible de apreciación pecuniaria, de cuyo recibo y suficiencia se deja constancia,

el Cedente cede y transfiere al Cesionario y a los representantes legales, sucesores y causahabientes del Cesionario la totalidad de los derechos con respecto a la invención, la solicitud de patente anteriormente mencionada, otras solicitudes (por ejemplo, solicitudes provisionales, solicitudes no provisionales, continuaciones, continuaciones en parte, divisionales, reemisiones, reexaminaciones, solicitudes en fase nacional y regional, solicitudes de “pequeña patente” (*petty patent*) y solicitudes de modelo de utilidad) que puedan presentarse en los Estados Unidos de América y/o en cualquier otro país que no sea los Estados Unidos de América con respecto a la invención, las patentes que puedan emitirse de ella y las patentes que puedan modificarse como consecuencia de procedimientos aplicables (por ejemplo, exámenes complementarios, reexaminaciones ex parte, reexaminaciones inter partes, revisiones inter partes, revisiones posteriores a la concesión y oposiciones).

el Cedente le transfiere al Cesionario el derecho de confeccionar solicitudes a nombre del propio Cesionario para proteger la invención en los Estados Unidos de América y en cualquier otro país que no sea los Estados Unidos de América así como también de reivindicar prioridad de la solicitud de patente anteriormente mencionada y

de otras solicitudes que puedan presentarse en los Estados Unidos de América o en cualquier otro país que no sea los Estados Unidos de América con respecto a la invención en virtud del Tratado de Cooperación en materia de Patentes, el Convenio de París y cualquier otro convenio internacional,

el Cedente no ejecutará ningún documento ni realizará ningún acto que pudiera entrar en conflicto con las disposiciones de la presente cesión,

el Cedente se comprometerá, en cualquier momento y cuando se lo soliciten, sin ninguna contraprestación adicional pero a cargo del Cesionario, a ejecutar cualquier cesión o documento adicionales y realizar cualquier acto adicional que el Cesionario considere necesario o conveniente para continuar con las solicitudes de patente que se mencionan en la presente, que incluye, entre otros, prestar toda la asistencia necesaria para confeccionar las solicitudes y obtener las patentes que puedan emitirse en los Estados Unidos de América y en cualquier otro país que no sea los Estados Unidos de América con respecto a la invención, y hacer cumplir todos los derechos que surjan como consecuencia de las solicitudes o patentes al, por ejemplo, ejecutar declaraciones y otras declaraciones juradas,

el Cedente y el Cesionario acuerdan que las condiciones de la presente cesión obligarán legalmente a, y redundarán en beneficio de, los representantes legales, sucesores y causahabientes de todas las partes,

el Cedente autoriza al Cesionario a insertar en la presente cesión el número y la fecha de presentación de la solicitud en caso de que el número y la fecha de presentación de la solicitud no se mencionen al momento de firmarse la presente cesión por una o todas las partes,

el Cedente y el Cesionario acuerdan que las leyes estadounidenses rigen la presente cesión, y

el Cesionario reconoce y acepta la presente cesión, como lo evidencia la firma de un directivo o representante autorizado del Cesionario que aparece a continuación.

EN PRUEBA DE CONFORMIDAD, el Cedente firma la presente cesión en la fecha que se menciona a continuación.

Fecha: 7/10/2013

[Sigue una firma ilegible] Bangji CAO

Estado de Illinois

Condado de Cook

El 7 de octubre de 2013, ante mí, Notario Público de dicho condado,

compareció Bangji CAO, persona de mi conocimiento por ser la misma persona cuyo nombre se suscribe en el documento de cesión anterior, y reconoció que firmó el documento por su propia voluntad para los usos y fines establecidos en él.

[Sigue una firma ilegible] Notario Público

Mi mandato caduca el 18/5/2014

[Sigue un sello que lee:] SELLO OFICIAL. CAROL A WRONOWSKI. NOTARIO PÚBLICO – ESTADO DE ILLINOIS. MI MANDATO CADUCA EL 18/05/2014.

Fecha: 15/10/2013

[Sigue una firma ilegible] Weixin D. SONG

Estado de Illinois

Condado de Lake

El 15 de octubre de 2013, ante mí, Notario Público de dicho condado, compareció Weixin D. SONG, persona de mi conocimiento por ser la misma persona cuyo nombre se suscribe en el documento de cesión anterior, y reconoció que firmó el documento por su propia voluntad para los usos y fines establecidos en él.

[Sigue una firma ilegible] Notario Público

Mi mandato caduca el 12/6/2017

[Sigue un sello que lee:] SELLO OFICIAL. L A CICCIO. NOTARIO PÚBLICO – ESTADO DE ILLINOIS. MI MANDATO CADUCA EL 12/06/2017.

Fecha: 8/10/2013

[Sigue una firma ilegible] Cesar CHAN

Estado de Illinois

Condado de Lake

El 8 de octubre de 2013, ante mí, Notario Público de dicho condado, compareció Scott LECKIE, persona de mi conocimiento por ser la misma persona cuyo nombre se suscribe en el documento de cesión anterior, y reconoció que firmó el documento por su propia voluntad para los usos y fines establecidos en él.

[Sigue una firma ilegible] Notario Público

Mi mandato caduca el 12/6/2017

[Sigue un sello que lee:] SELLO OFICIAL. L A CICCIO. NOTARIO PÚBLICO – ESTADO DE ILLINOIS. MI MANDATO CADUCA EL 12/06/2017.

Fecha: 15/10/2013

[Sigue una firma ilegible]

Nombre: Pradip K. Sahu

Cargo: Abogado principal de Propiedad Intelectual

Directivo o representante autorizado del Cesionario

Estado de Illinois

Condado de Lake

El 15 de octubre de 2013, ante mí, Notario Público de dicho condado, compareció Pradip K. Sahu, persona de mi conocimiento por ser la misma persona cuyo nombre se suscribe en el documento de cesión anterior, y reconoció que firmó el documento por su propia voluntad para los usos y fines establecidos en él.

[Sigue una firma ilegible] Notario Público

Mi mandato caduca el 12/6/2017

[Sigue un sello que lee:] SELLO OFICIAL. L A CICCIO. NOTARIO PÚBLICO –
ESTADO DE ILLINOIS. MI MANDATO CADUCA EL 12/06/17.

ASSIGNMENT

WHEREAS, I/WE

- (1) Bangji CAO of 507 Bourbon Lane, Naperville, IL, 60565
- (2) Weixin D. SONG of 125 S. Old Creek Road, Vernon Hills, IL, 60061
- (3) Cesar CHAN of 1213 Spruce Ct., Libertyville, IL, 60048 and

hereinafter referred to as Assignor, have invented a certain invention entitled:

GYPSUM WALLBOARD PRODUCED USING A HIGH WATER-TO-STUCCO RATIO

for which invention an application (provisional or non-provisional) for a U.S. patent was filed on October 15, 2013, under U.S. Application No. 14/054,689, and

WHEREAS, United States Gypsum Company, of 550 West Adams Street, Chicago, IL, 60661 hereinafter referred to as Assignee, is desirous of acquiring the entire right, title, and interest in, to, and under the invention described in the patent application, including the entire priority right derived from the application,

NOW, THEREFORE, for good and valuable consideration, the receipt and sufficiency of which is hereby acknowledged,

Assignor assigns and transfers to Assignee and Assignee's legal representatives, successors, and assigns the entire right, title, and interest in, to, and under the invention, the referenced patent application, other such applications (e.g., provisional applications, non-provisional applications, continuations, continuations-in-part, divisionals, reissues, reexaminations, national and regional phase applications, petty patent applications, and utility model applications) that may be filed in the U.S. and/or any country foreign to the U.S. on the invention, the patents that may issue thereon, and the patents as may be modified as the result of applicable procedures (e.g., supplemental examinations, ex parte reexaminations, inter partes reexaminations, inter partes reviews, post-grant reviews, and oppositions),

Assignor conveys to the Assignee the right to make applications in Assignee's own behalf for protection of the invention in the U.S. and countries foreign to the U.S. and to claim priority to the referenced patent application and other such applications that may be filed in the U.S. or any country foreign to the U.S. on the invention under the Patent Cooperation Treaty, the Paris Convention, and any other international arrangements,

Assignor will not execute any writing or do any act conflicting with the terms of this assignment,

In re Appln. of CAO et al.
Attorney Docket No. 4506 US GYP (713637)

Assignor will at any time upon request, without further or additional consideration, but at the expense of the Assignee, execute such additional assignments and other writings and do such additional acts as the Assignee may deem necessary or desirable to pursue the patent applications identified herein, including, but not limited to, rendering all necessary assistance in making applications for and obtaining patents that may issue thereon in the U.S. and any countries foreign to the U.S. on the invention, and in enforcing any rights accruing as a result of such applications or patents, by, for example, executing statements and other affidavits,

Assignor and Assignee agree the terms of this assignment shall bind, and inure to the benefit of, the legal representatives, successors, and assigns of all parties hereto,

Assignor authorizes Assignee to insert in this assignment the number and filing date of the application if the number and filing date of the application are not recited herein at the time of execution of this assignment by any or all of the parties hereto,

Assignor and Assignee agree that U.S. law governs this assignment, and

Assignee acknowledges and accepts this assignment, as evidenced by the signature of an officer or authorized representative of Assignee below.

IN WITNESS WHEREOF, Assignor has hereunder set his/her hand on the date shown below.

In re Appln. of CAO et al.
Attorney Docket No. 4506 US GYP (713637)

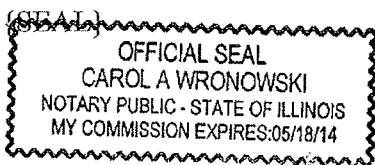
Date 10/1/2013 Bangji CAO
Bangji CAO

STATE OF Illinois)
COUNTY OF Cook)

On this 7 day of October, 2013, before me, a Notary Public in and for said county, appeared Bangji CAO, who is personally known to me to be the same person whose name is subscribed to the foregoing assignment document, and acknowledged that he/she signed and delivered the document as his/her free and voluntary act for the uses and purposes therein set forth.

Carol A. Wronowski
Notary Public

My Commission Expires: 5-18-14



In re Appln. of CAO et al.
Attorney Docket No. 4506 US GYP (713637)

Date 10/15/2013

Weixin D. Song
Weixin D. SONG

STATE OF Illinois)

COUNTY OF LAKE)

On this 15th day of October, 2013, before me, a Notary Public in and for said county, appeared Weixin D. Song, who is personally known to me to be the same person whose name is subscribed to the foregoing assignment document, and acknowledged that he/she signed and delivered the document as his/her free and voluntary act for the uses and purposes therein set forth.

La Ciccio
Notary Public

{SEAL}

My Commission Expires: 6/12/2017



In re Appln. of CAO et al.
Attorney Docket No. 4506 US GYP (713637)

Date 10/8/2013 Cesar Chan
Cesar CHAN

STATE OF Illinois)
COUNTY OF LAKE)

On this 8th day of October, 2013, before me, a Notary Public in and for said county, appeared Scott LECKIE, who is personally known to me to be the same person whose name is subscribed to the foregoing assignment document, and acknowledged that he/she signed and delivered the document as his/her free and voluntary act for the uses and purposes therein set forth.

[Signature]
Notary Public

{SEAL}

My Commission Expires: 6/12/2017



In re Appln. of CAO et al.
Attorney Docket No. 4506 US GYP (713637)

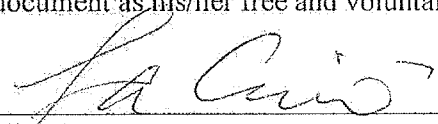
Date 10/15/13


Name: Pradip K. Sahu
Title: Senior Intellectual Property Counsel
Officer or Authorized Representative of Assignee

STATE OF ILLINOIS
COUNTY OF LAKE

On this 15th day of October, 2013, before me, a Notary Public in and for said county, appeared Pradip K. Sahu, who is personally known to me to be the same person whose name is subscribed to the foregoing assignment document, and acknowledged that he/she signed and delivered the document as his/her free and voluntary act for the uses and purposes therein set forth.

{SEAL}


Notary Public

My Commission Expires: 6/12/2017



PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference 4506 WO	FOR FURTHER ACTION see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. PCT/US2014/060332	International filing date (<i>day/month/year</i>) 14 October 2014 (14-10-2014)	(Earliest) Priority Date (<i>day/month/year</i>) 15 October 2013 (15-10-2013)
Applicant UNITED STATES GYPSUM COMPANY		

This international search report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This international search report consists of a total of 5 sheets.

☒

It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the report

a. With regard to the **language**, the international search was carried out on the basis of:

☒

the international application in the language in which it was filed

☐

a translation of the international application into _____, which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1(b))

b. ☐

This international search report has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43.6**bis**(a)).

c. ☐

With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, see Box No. I.

2. ☐

Certain claims were found unsearchable (See Box No. II)

3. ☐

Unity of invention is lacking (see Box No III)

4. With regard to the **title**,

☒

the text is approved as submitted by the applicant

☐

the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the **abstract**,

☒

the text is approved as submitted by the applicant

☐

the text has been established, according to Rule 38.2, by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority

6. With regard to the **drawings**,

a. the figure of the **drawings** to be published with the abstract is Figure No. 1

☒

as suggested by the applicant

☐

as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure

☐

as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention

b. ☐

none of the figures is to be published with the abstract

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2014/060332

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C04B28/14

ADD. C04B111/00 C04B111/28 C04B111/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2004/065319 A2 (INNOVATIVE CONSTR & BUILD MAT [US]; POLLOCK JACOB FREAS [US]; TAGGE CH) 5 August 2004 (2004-08-05) abstract paragraphs [0033], [0121], [0217] -----	1-5,7-10
X	US 2011/195241 A1 (YU QIANG [US] ET AL) 11 August 2011 (2011-08-11) abstract paragraphs [0023], [0039], [0040], [0078] paragraph [0083]; table 1 paragraph [0085] paragraph [0123] - paragraph [0124]; example B; table 1 example B; table 2 examples C, D; table 3 claims 1,10 ----- -/-	1,2,7-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 February 2015

Date of mailing of the international search report

19/02/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kolb, Ulrike

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2014/060332

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/251813 A1 (YU QIANG [US] ET AL) 4 October 2012 (2012-10-04) abstract paragraph [0026]; example 1 example B; table 2 claims 1,6,9,16 -----	1,2,9,10
X	US 8 323 785 B2 (YU QIANG [US] ET AL) 4 December 2012 (2012-12-04) abstract column 8, line 57 - column 9, line 8 column 18, line 27 - column 19, line 4 claims 1,2,7,10,11 -----	1,2,6,9, 10
X	WO 2009/045948 A1 (UNITED STATES GYPSUM CO [US]; YU QIANG [US]) 9 April 2009 (2009-04-09) abstract page 44, line 1 - page 46, line 12 claims 1,6,10,12,15 -----	1,2,7,9, 10
X,P	WO 2014/066079 A2 (UNITED STATES GYPSUM CO [US]) 1 May 2014 (2014-05-01) abstract paragraphs [0051], [0054], [0055], [0108], [0109] claims 1,5,7,8 -----	1,2,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2014/060332

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
WO 2004065319	A2	05-08-2004	CA	2514205	A1	05-08-2004
			EP	1594813	A2	16-11-2005
			MX	PA05007836	A	18-10-2005
			WO	2004065319	A2	05-08-2004

US 2011195241	A1	11-08-2011	AR	085491	A1	09-10-2013
			AU	2012222183	A1	10-10-2013
			CA	2828277	A1	30-08-2012
			CN	103596901	A	19-02-2014
			EP	2678290	A1	01-01-2014
			JP	2014510854	A	01-05-2014
			KR	20140022381	A	24-02-2014
			TW	201237241	A	16-09-2012
			US	2011195241	A1	11-08-2011
			US	2013101838	A1	25-04-2013
			WO	2012116313	A1	30-08-2012

US 2012251813	A1	04-10-2012	AU	2006258027	A1	21-12-2006
			BR	PI0612051	A2	13-10-2010
			CA	2607896	A1	21-12-2006
			CN	101203345	A	18-06-2008
			CN	102617183	A	01-08-2012
			CN	102776978	A	14-11-2012
			EP	1893374	A2	05-03-2008
			JP	3187401	U	28-11-2013
			JP	5518332	B2	11-06-2014
			JP	2008543705	A	04-12-2008
			JP	2013177306	A	09-09-2013
			JP	2014159371	A	04-09-2014
			KR	20080044231	A	20-05-2008
			KR	20130041356	A	24-04-2013
			KR	20140089387	A	14-07-2014
			NZ	562916	A	31-03-2011
			US	2006278133	A1	14-12-2006
			US	2010139528	A1	10-06-2010
			US	2010239886	A1	23-09-2010
			US	2012251813	A1	04-10-2012
			US	2013248078	A1	26-09-2013
			US	2014186643	A1	03-07-2014
			WO	2006135707	A2	21-12-2006

US 8323785	B2	04-12-2012	AR	085492	A1	09-10-2013
			AU	2012222102	A1	10-10-2013
			CA	2828308	A1	30-08-2012
			CN	103562153	A	05-02-2014
			EP	2678289	A1	01-01-2014
			EP	2781492	A2	24-09-2014
			JP	2014511333	A	15-05-2014
			KR	20130126712	A	20-11-2013
			KR	20140051464	A	30-04-2014
			TW	201237240	A	16-09-2012
			US	2012219785	A1	30-08-2012
			US	2013068364	A1	21-03-2013
			US	2014158273	A1	12-06-2014
			WO	2012116325	A1	30-08-2012

WO 2009045948	A1	09-04-2009	AR	068668	A1	25-11-2009
			CA	2700401	A1	09-04-2009

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2014/060332

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		CL 2014000776 A1	18-07-2014
		CN 101848806 A	29-09-2010
		CN 103057199 A	24-04-2013
		CO 6270349 A2	20-04-2011
		EP 2209617 A1	28-07-2010
		JP 2010540400 A	24-12-2010
		JP 2013209287 A	10-10-2013
		RU 2010115242 A	10-11-2011
		TW 200920712 A	16-05-2009
		TW 201433450 A	01-09-2014
		US 2008090068 A1	17-04-2008
		WO 2009045948 A1	09-04-2009

WO 2014066079	A2	01-05-2014	
		TW 201416225 A	01-05-2014
		US 2014113128 A1	24-04-2014
		WO 2014066079 A2	01-05-2014

PATENT COOPERATION TREATY

From the
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY

To:

see form PCT/ISA/220

PCT

WRITTEN OPINION OF THE INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY (PCT Rule 43bis.1)

Date of mailing
(day/month/year) see form PCT/ISA/210 (second sheet)

Applicant's or agent's file reference
see form PCT/ISA/220

FOR FURTHER ACTION
See paragraph 2 below

International application No. PCT/US2014/060332	International filing date (day/month/year) 14.10.2014	Priority date (day/month/year) 15.10.2013
--	--	--

International Patent Classification (IPC) or both national classification and IPC
INV. C04B28/14 ADD. C04B111/00 C04B111/28 C04B111/30

Applicant
UNITED STATES GYPSUM COMPANY

1. This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step and industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☒ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the international application
- ☒ Box No. VIII Certain observations on the international application

2. FURTHER ACTION

If a demand for international preliminary examination is made, this opinion will usually be considered to be a written opinion of the International Preliminary Examining Authority ("IPEA") except that this does not apply where the applicant chooses an Authority other than this one to be the IPEA and the chosen IPEA has notified the International Bureau under Rule 66.1bis(b) that written opinions of this International Searching Authority will not be so considered.

If this opinion is, as provided above, considered to be a written opinion of the IPEA, the applicant is invited to submit to the IPEA a written reply together, where appropriate, with amendments, before the expiration of 3 months from the date of mailing of Form PCT/ISA/220 or before the expiration of 22 months from the priority date, whichever expires later.

For further options, see Form PCT/ISA/220.

Name and mailing address of the ISA:  European Patent Office P.B. 5818 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk - Pays Bas Tel. +31 70 340 - 2040 Fax: +31 70 340 - 3016	Date of completion of this opinion see form PCT/ISA/210	Authorized Officer Telephone No. +31 70 340-0 
---	---	---

Box No. I Basis of the opinion

1. With regard to the **language**, this opinion has been established on the basis of:
 - ☒ the international application in the language in which it was filed
 - ☐ a translation of the international application into , which is the language of a translation furnished for the purposes of international search (Rules 12.3(a) and 23.1 (b)).
2. ☐ This opinion has been established taking into account the **rectification of an obvious mistake** authorized by or notified to this Authority under Rule 91 (Rule 43bis.1(a))
3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, this opinion has been established on the basis of a sequence listing filed or furnished:
 - a. (means)
 - ☐ on paper
 - ☐ in electronic form
 - b. (time)
 - ☐ in the international application as filed
 - ☐ together with the international application in electronic form
 - ☐ subsequently to this Authority for the purposes of search
4. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.
5. Additional comments:

Box No. V Reasoned statement under Rule 43bis.1(a)(i) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Yes: Claims	<u>3-5</u>
	No: Claims	<u>1, 2, 6-10</u>
Inventive step (IS)	Yes: Claims	
	No: Claims	<u>1-10</u>
Industrial applicability (IA)	Yes: Claims	<u>1-10</u>
	No: Claims	

2. Citations and explanations

see separate sheet

Box No. VI Certain documents cited

1. Certain published documents (Rules 43*bis*.1 and 70.10)
and / or
2. Non-written disclosures (Rules 43*bis*.1 and 70.9)
see form 210

Box No. VIII Certain observations on the international application

The following observations on the clarity of the claims, description, and drawings or on the question whether the claims are fully supported by the description, are made:

see separate sheet

Re Item VIII

Certain observations on the international application

1 Clarity and support (Art. 6 major)

1.1 According the description (§ 69 - §77), the tests carried out to determine the fire endurance index seem to be determined with an inhouse designed small scale test equipment. Therefore, the values obtained are not comparable on a technical standard level and are thus unclear to the reader and to everybody not having access the equipment.

1.2 The subject-matter of independent claims 1 and 10 is not clear. Throughout the application, the digit defining the value of the thickness in inch is NOT provided (but a "dot" is written); therefore, the technical values relating to nail pull resistance (and - if likewise related to thickness of the board - fire endurance) are not defined and thus, not a relevant technical feature. Furthermore, in that case claim 9 seems to only concern a particular embodiment of the invention and should thus refer back to claim 1, which states the essential features of the invention.

1.3 Without referring to the fire resistant gypsum board according to claim 1, the process does not necessarily form one inventive concept with the product.

1.4 Claim 1 does not define the gypsum board by technical features defining a product, but by the properties of the final product. Furthermore, the examiner doubts that a sandwich board having a core of an interlocking matrix of set gypsum made from a slurry of only water and stucco in a ratio of 0,7 to 2,0 would necessarily have a density of 24 - 40 lbs/ft³ and show the technical effect of improved nail pull and fire resistance; essential features are missing.

2 Clarity (Article 6 PCT minor)

Please delete all "about" throughout the application, convert the technical values into SI-units and delete paragraphs 115 and 116.

Re Item V

Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

3 Independent claims (clear technical features)

1. A fire resistant gypsum board comprising a set gypsum composition disposed between two cover sheets, the set gypsum composition comprising an interlocking matrix of set gypsum formed from a slurry comprising at least stucco and water; the slurry having a water-to-stucco ratio from 0.7 to 2.0; and the board having a density from 24 lbs/ft³ to 40 lbs/ft³.

10. A method for making a fire resistant gypsum board comprising forming a mixture of at least stucco and water, disposing the slurry on a first sheet, disposing a second sheet on the slurry to form a board preform having two cover sheets, cutting the board preform into a board of predetermined dimensions after the slurry has hardened sufficiently for cutting, and drying the board; the slurry having a water-to-stucco ratio from about 0.7 to about 2.0; and the board when dried having a density from 24 lbs/ft³ to 40 lbs/ft³.

4 Reference is made to the following documents:

- D1 WO 2004/065319 A2 (INNOVATIVE CONSTR & BUILD MAT [US]; POLLOCK JACOB FREAS [US]; TAGGE CH) 5 August 2004
- D2 US 2011/195241 A1 (YU QIANG [US] ET AL) 11 August 2011
- D3 US 2012/251813 A1 (YU QIANG [US] ET AL) 4 October 2012
- D4 US 8 323 785 B2 (YU QIANG [US] ET AL) 4 December 2012
- D5 WO 2009/045948 A1 (UNITED STATES GYPSUM CO [US]; YU QIANG [US]) 9 April 2009
- D6 WO 2014/066079 A2 (UNITED STATES GYPSUM CO [US]) 1 May 2014

5 Novelty (Art. 33(2) PCT)

5.1.1 D1 discloses (abstract; paragraphs [0033], [0121], [0217]) a paper faced gypsum board wherein the set composition was made from beta-calcium-sulfate-hemihydrate, ground gypsum, 1 wt% HPMC strengthening additive, dispersant, retarder and water at w/s ratio of 1,5 and has a density of 470 g/cm³ and a nail pull resistance tested according ASTM C473-95 (it is implied that it is equivalent to ASTM

C473-09) of 75 lbs. It is written, that in case the portion of strengthening additive is kept below 5 wt% of the stucco, the board meets the standards for inflammability and extinguishability are met for both, residential and commercial use.

5.1.2 The subject-matter of claims 1, 9 and 10 is thus not new over the product and method known from D1.

5.2.1 Documents D2 (abstract; paragraphs [0023], [0039], [0040], [0078]; paragraph [0083]; table 1; paragraph [0085]; paragraph [0123] - paragraph [0124]; example B; table 1; example B; table 2; examples C, D; table 3; claims 1,10), D3 (abstract; paragraph [0026]; example 1; example B; table 2; claims 1,6,9,16), D4 (abstract; column 8, line 57 - column 9, line 8; column 18, line 27 - column 19, line 4; claims 1,2,7,10,11), D5 (abstract; page 44, line 1 - page 46, line 12; claims 1,6,10,12,15) and D6 (abstract; paragraphs [0051], [0054], [0055], [0108], [0109]; claims 1,5,7,8) are earlier publications of the applicant, which disclose paper faced gypsum boards with water/stucco ratio and density falling within the range of claim 1 of the present application. Some of the boards further comprise prelatinized starch and/or vermiculate. All boards show a nail pull resistance ≥ 70 lbs and underwent some kind of testing regarding the fire resistance; it is assumed that the boards - if tested in the same equipment - would show an FEI of ≥ 52 minutes.

5.2.2 The subject-matter of claims 1, 2 and 6 - 10 are thus not new over one or more of the (clearly defined) products and methods known from D2 - D6 (see SR).

6 Inventive step (Art. 33(3) PCT)

Only if the applicant is able to provide a special technical effect related to one of the additional technical features defined in dependent claims 3-5 in connection to a fire-resistand gypsum board of known w/s ratio and density, an inventive step might be acknowledged. However, at this point, the addittional technical features are considered trivial and known to the skilled person working in the R&D field related to paper-faced gypsum boards.

Re Item VI

Certain documents cited

Application No	Publication date	Filing date
Patent No	(day/month/year)	(day/month/ye

WO2014/066079	01.05.2014	14.10.2013

7 Miscellaneous

Question: Is there a difference between the terms "fire endurance index FEI" and "flame spread index FSI"?



(51) International Patent Classification:

C04B 28/14 (2006.01) *C04B 111/28* (2006.01)
C04B 111/00 (2006.01) *C04B 111/30* (2006.01)

(21) International Application Number:

PCT/US2014/060332

(22) International Filing Date:

14 October 2014 (14.10.2014)

(25) Filing Language:

English

(26) Publication Language:

English

(30) Priority Data:

14/054,689 15 October 2013 (15.10.2013) US

(71) Applicant: UNITED STATES GYPSUM COMPANY
[US/US]; 550 West Adams Street, Chicago, IL 60661-3676 (US).

(72) Inventors: CAO, Bangji; 507 Bourbon Lane, Naperville, IL 60565 (US). SONG, Weixin, D.; 125 S. Old Creek Rd., Vernon Hills, IL 60061 (US). CHAN, Cesar; 1213 Spruce Ct., Libertyville, IL 60048 (US).

(74) Agents: HASAN, Salim et al.; Leydig, Voit & Mayer, Ltd., Two Prudential Plaza - Suite 4900, 180 North Stetson Avenue, Chicago, IL 60601 (US).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of national protection available): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

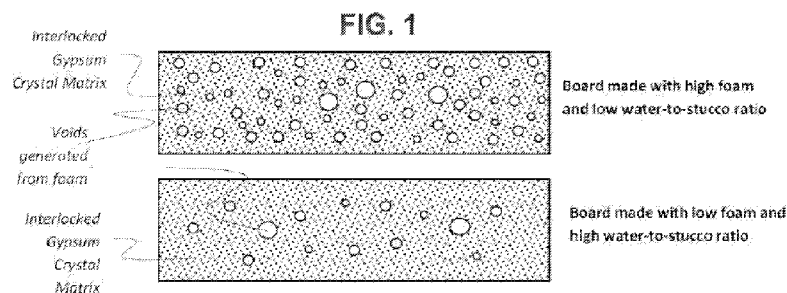
Declarations under Rule 4.17:

- as to applicant's entitlement to apply for and be granted a patent (Rule 4.17(ii))
- as to the applicant's entitlement to claim the priority of the earlier application (Rule 4.17(iii))

Published:

- with international search report (Art. 21(3))
- before the expiration of the time limit for amending the claims and to be republished in the event of receipt of amendments (Rule 48.2(h))

(54) Title: GYPSUM WALLBOARD PRODUCED USING A HIGH WATER-TO-STUCCO RATIO



(57) Abstract: A gypsum composition, board, and method of producing a gypsum board with increased fire endurance are described. The set gypsum-containing composition can be used to prepare a gypsum board having fire endurance, based on particular water-to-stucco ratios.



GYPSUM WALLBOARD PRODUCED USING A HIGH WATER-TO-STUCCO RATIO

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

[0001] This patent application claims the benefit of U.S. Non-Provisional Patent Application No. 14/054,689, filed October 15, 2013, which is incorporated by reference.

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0002] Gypsum products can be generally manufactured using a slurry formed from at least water and stucco. The stucco, which is calcium sulfate hemihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$), reacts with water to form gypsum, which is calcium sulfate dihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Gypsum wallboard can be a composite board comprising a core, face sheet, and back sheet. The density of gypsum wallboard can be reduced by adding aqueous foam to the stucco slurry in an amount effective to provide the desired gypsum core density. The volume of the wallboard is occupied by gypsum, packing voids of the gypsum crystals, voids left by evaporation of water (i.e., water voids), and voids generated by foam (i.e., foam voids). As the board contains less gypsum per unit volume, there is less crystallized water available to extend fire endurance of the wallboard. Gypsum wallboards are commonly used in drywall construction of interior walls and ceilings, and should be able to withstand both fire and excessive temperatures. As a result, gypsum wallboards are manufactured using specifications that maximize fire endurance/resistance.

[0003] Fire endurance/resistance of gypsum wallboard is measured by the period for which a board can withstand a standard fire test. The fire resistance of a wallboard is classified according to the ability for a wallboard to avoid an increase in temperature, flame passage, and structural collapse. In order to have various parties, including constructors, occupants, and regulating bodies, evaluate the fire endurance on a common basis, fire test assemblies are categorized into several standard arrangements. Some common assemblies include test designs defined by Underwriters Laboratories, Inc. (UL[®]), a testing and certification agency, which has tests that are referred to as U305, U419, and U423.

[0004] A standard fire test is customarily conducted in accordance with the requirements of ASTM E119. In such tests, a fire resistance classification can be established based on the time at which a wall assembly shows excessive temperature rise, or passage of flame, or structural collapse. Failure of the test occurs when the average temperature as measured by several thermocouples on the unexposed surface increases more than 250°F above ambient

temperature, or any individual thermocouple rises more than 325°F above ambient temperature. The duration of fire endurance of a system is not only dependent upon the gypsum board used in the system, but also depends upon many other factors, including wall assembly thickness, stud type and spacing, board size, insulation type, and others.

[0005] Although existing techniques are useful in extending wallboard fire endurance and resistance, further improvement is always desirable.

BRIEF SUMMARY OF THE INVENTION

[0006] In one aspect, the present invention provides a fire resistant gypsum board comprising a set gypsum composition disposed between two cover sheets, the set gypsum composition comprising an interlocking matrix of set gypsum formed from a slurry comprising at least stucco and water. The slurry has a water-to-stucco ratio from about 0.7 to about 2.0. The fire resistant gypsum board has a density from about 24 lbs/ft³ to about 40 lbs/ft³, and when at a thickness of about • inch, a nail pull resistance of at least about 70 lbs of force as determined according to ASTM C473-09 (e.g., ASTM C473-09, method B), and a Fire Endurance Index (FEI) greater than about 52 minutes.

[0007] In another aspect, the present invention provides a fire resistant gypsum board comprising a set gypsum composition disposed between two cover sheets, the set gypsum composition comprising an interlocking matrix of set gypsum formed from a slurry comprising at least stucco and water, and having a water-to-stucco ratio from about 1.2 to about 2.0. The fire resistant gypsum board has a density from about 24 lbs/ft³ to about 40 lbs/ft³, and when at a thickness of about • inch, a nail pull resistance of at least about 70 lbs of force as determined according to ASTM C473-09 (e.g., ASTM C473-09, method B), and a Fire Endurance Index (FEI) greater than about 54 minutes.

[0008] In yet another aspect, the present invention provides a method for making a fire resistant gypsum board comprising forming a slurry of at least stucco and water. The slurry has a water-to-stucco ratio from about 0.7 to about 2.0. The gypsum stucco slurry is deposited on a sheet to create a board preform. The board preform is cut into predetermined dimensions after the slurry has hardened sufficiently for cutting. The board is dried. The fire resistant gypsum board has a density from about 24 lbs/ft³ to about 40 lbs/ft³, and when at a thickness of about • inch, a nail pull resistance of at least about 70 lbs of force as determined according to ASTM C473-09 (e.g., ASTM C473-09, method B), and a Fire Endurance Index (FEI) greater than about 52 minutes.

[0009] These and other advantages of the present invention, as well as additional inventive features, will be apparent from the description that follows.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

[0010] FIG. 1 is a diagram displaying cross sections of low density gypsum boards in accordance with embodiments of the invention.

[0011] FIG. 2 is a diagram displaying the structure of the small scale test device used to determine the Fire Endurance Index (FEI) of a wallboard sample in accordance with embodiments of the invention.

[0012] FIG. 3 is a line graph displaying the temperature profile (Y-axis) over time (X-axis) of a furnace used during the small scale fire test illustrated in FIG. 2, in accordance with embodiments of the invention.

[0013] FIG. 4 is a line graph displaying a correlation between fire endurance of U419 test (Y-axis) and fire endurance of small-scale test of FIG. 2 (X-axis) in accordance with embodiments of the invention.

[0014] FIG. 5 is a line graph displaying the unexposed surface temperature (Y-axis) over time (X-axis) for wallboards of Example 1 during a small-scale fire test in accordance with embodiments of the invention.

[0015] FIG. 6 is a line graph displaying the unexposed surface temperature (Y-axis) over time (X-axis) for wallboards of Example 2 during a small-scale fire test in accordance with embodiments of the invention.

[0016] FIG. 7 is a line graph displaying the unexposed surface temperature (Y-axis) over time (X-axis) for wallboards of Example 3 during a small-scale fire test in accordance with embodiments of the invention.

DETAILED DESCRIPTION OF THE INVENTION

[0017] Embodiments of the present invention are premised, at least in part, on the surprising and unexpected discovery that a wallboard comprising a greater number of water voids and a reduced number of foam voids has greater fire endurance. It was discovered that the size of the voids located in the gypsum matrix has significant implications on fire endurance of the wallboard. Specifically, it was found that microscopic, uniformly distributed water voids are generally preferable to large, interconnected foam voids. To prepare a board comprising an increased number of water voids, the water-to-stucco ratio can

be increased. In general, the gypsum wallboard comprises a core comprising an interlocking matrix of set gypsum formed from a slurry having a water-to-stucco ratio from about 0.7 to about 2.0.

[0018] In general, when a gypsum wallboard is under thermal stress, thermal energy is initially directed to the evaporation of the calcium sulfate-bound water molecules. It is those two molecules of water that render gypsum highly resistant against heat. Upon reaching 215 °F, water molecules are driven off, which leads to the formation of calcium sulfate hemihydrates ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$). When the temperature reaches 250 °F, the remaining water is lost as gypsum is converted into calcium sulfate anhydrite. Both reactions are endothermic, meaning gypsum will absorb heat as it is “calcined” from dihydrate to anhydrite.

[0019] In a wallboard test assembly, heat is transferred from the furnace to the surface of exposed board. As the surface temperature of the exposed wallboard increases, the temperature gradient across the board increases. As heat transfer continues, the surface temperature of the unexposed wallboard increases as crystallized water in the wallboard is driven off.

[0020] The fire endurance of a gypsum article is believed to be directly related to the amount of gypsum contained within the article. It is believed that as the amount of gypsum decreases, the fire endurance of the gypsum article decreases because there is less crystallized water to evaporate. A previous approach to fire endurance focused on the formation of a thicker and/or denser gypsum core (i.e., core comprising more gypsum relative). With increased gypsum, the core comprises an increased amount of chemically bound water within the core, which can act as a heat sink, reduce shrinkage, and increase structural stability and strength.

[0021] The current trend in the wallboard industry is to develop light weight, low density wallboard. A low basis weight can be achieved by mixing stucco slurry with a predetermined amount of foam based upon the target basis weight of the wallboard. As the board contains less gypsum per unit volume, there is less crystallized water available for fire endurance of the wallboard. In addition, during exposure to a fire, the percent shrinkage can increase as the board density decreases. Both factors make it increasingly difficult to pass a fire test. High thermal expansion additives are often added to the formulation to improve fire endurance. However, the expansion of large quantities of high thermal expansion particles in low weight wallboard can lead to spalling and crumbling.

[0022] Gypsum wallboards can comprise voids derived from the (a) packing of gypsum crystals, (b) evaporation of water, and (c) the presence of any foam additive. In order to make a board with constant density, as foam voids increase, the amount of water voids can be reduced by adjusting down the water-to-stucco ratio; as water voids increase, the amount of foam voids can be reduced by adding less foam (see FIG. 1). Without wishing to be bound by theory, when exposed to fire, the water vapor from $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ must travel through the board before being released into the atmosphere. Foam voids can be relatively large and allow water vapor to quickly escape from the gypsum core during a fire. Since water voids are microscopic, the vapor must overcome a higher flow resistance than when traveling through foam voids. As a result, it takes longer for the water vapor to flow through the board, thus, increasing the fire endurance of the wallboard. Thus a wallboard with an increased number of water evaporation voids, e.g., made with a higher water-to-stucco ratio, can have greater fire endurance. However, if the water-to-stucco ratio is too high (and foam amount too low), vapor pressure can build up, leading to collapse of the wallboard. For effective fire endurance, the gypsum wallboard can be prepared with an optimal water-to-stucco ratio and foam content. To create a wallboard with optimal fire endurance and light weight properties, a balance between water content and fire endurance properties can be achieved.

[0023] The water-to-stucco ratio is an important parameter in gypsum board manufacture, as would be understood and appreciated by those of ordinary skill in the art. The water-to-stucco ratio expresses the amount of water per amount of stucco. Manufacturers typically limit the amount of water in a stucco slurry due to the high cost of the fuels used in the heating process during the final drying step to drive off the excess water. High water-to-stucco ratios also lead to an increase in slurry fluidity, which can render the stucco gypsum slurry more difficult to manipulate. Unlike slurries having a high water-to-stucco ratio, slurries having a low water content have an increased rate of gypsum crystal growth during setting because available nucleating sites are concentrated into a smaller volume of the mix. In this scenario, crystal growth is faster and the degree of interlocking of the gypsum crystals is greater. Due to this phenomenon, it is believed that slurries with lower water-to-stucco ratios yield gypsum product of higher strength.

[0024] Surprisingly and unexpectedly, it has been discovered that a gypsum board, can have greater fire endurance, even in the absence of additives, than a board with less gypsum. Specifically, a board of lower weight comprising a core with a higher water-to-stucco ratio

can have greater fire endurance than a board with a larger gypsum content (e.g., see Table 1, samples 1 and 2). It has been discovered that a wallboard prepared from a slurry comprising a water-to-stucco ratio of about 0.7 to about 2.0 has high fire endurance. The water-to-stucco ratio is calculated based on the weight of water compared to the weight of the dry calcined gypsum. The wallboards of the present invention can have a fire endurance greater than boards prepared with water-to-stucco ratios lower than about 0.7 and of comparable or equivalent board density and thickness. In some embodiments, the water-to-stucco ratio is from about 0.9 to about 1.4. It was discovered that the fire endurance index values level off after a water-to-stucco ratio of 1.4. Increasing the water-to-stucco ratio from 1.2 and 1.4 leads to a 2.7 minute increase in the fire endurance index, while increasing the water-to-stucco ratio from 1.4 to 1.6 leads to a 0.8 minute increase. Therefore, a preferred water-to-stucco ratio is below about 1.4, with the highest cost benefit obtained when the water-to-stucco ratio is from about 1.2 to about 1.4.

[0025] In embodiments of the invention, the water-to-stucco ratio can be, e.g., as listed in Tables 1A and 1B below. In the tables, an “X” represents the range “from about [corresponding value in top row] to about [corresponding value in left-most column].” The indicated values represent the water-to-stucco ratio. For ease of presentation, it will be understood that each value represents “about” that value. For example, the first “X” in Table 1A is the range “about 0.7 to about 0.8.” The ranges of the table are between and including the starting and endpoints.

Table 1A

[illegible]

Table 1B

Starting Point for Water-to-Stucco Ratio Range													
End Point for Water-to-Stucco Ratio Range		1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90	1.95
	1.45	X											
	1.50	X	X										
	1.55	X	X	X									
	1.60	X	X	X	X								
	1.65	X	X	X	X	X							
	1.70	X	X	X	X	X	X						
	1.75	X	X	X	X	X	X	X					
	1.80	X	X	X	X	X	X	X	X				
	1.85	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	1.90	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	1.95	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	2.00	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0026] As stated above, an increase in the water-to-stucco ratio leads to an increase in the fluidity of the stucco slurry. Dispersants are generally used in the art to help fluidize the mixture of water and calcium sulfate hemihydrate so that less water is needed to make a flowable slurry. Furthermore, dispersants are added to slurries to reduce production cost by reducing the amount of water that must be removed during the drying step.

[0027] Without wishing to be bound by theory, some embodiments may not require a dispersant because slurries having a high water-to-stucco ratio can have sufficient fluidity. In other embodiments, a reduced amount of dispersant may be added to the slurry to impart sufficient fluidity. The stucco slurry generally comprises a dispersant in an amount less than about 0.4% by weight based on the weight of stucco. The amount of dispersant added to the stucco slurry can be an amount less than about 0.1% by weight based on the weight of stucco. In embodiments of the invention, the amount of dispersant by weight based on the weight of stucco can be, e.g., as listed in Table 1C. In the table, an “X” represents the range “from about [corresponding value in top row] to about [corresponding value in left-most column].” The indicated values represent the amount of dispersant (Table 1C). For ease of presentation, it will be understood that each value represents “about” that value. For example, the first “X”

in Table 1C is the range “from about 0% to about 0.05%.” The ranges of the table are between and including the starting and endpoints.

Table 1C

Starting Point for Dispersant Range (%)																	
End Point for Dispersant Range (%)		0	0.05	0.075	0.1	0.125	0.15	0.175	0.2	0.225	0.25	0.275	0.3	0.325	0.35	0.375	
	0.05	X															
	0.075	X	X														
	0.1	X	X	X													
	0.125	X	X	X	X												
	0.15	X	X	X	X	X											
	0.175	X	X	X	X	X	X										
	0.2	X	X	X	X	X	X	X									
	0.225	X	X	X	X	X	X	X	X								
	0.25	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
	0.275	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	0.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	0.325	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	0.35	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	0.375	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	0.4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0028] In some embodiments, such dispersants can include naphthalenesulfonates, such as polynaphthalenesulfonic acid and its salts (polynaphthalenesulfonates) and derivatives, which are condensation products of naphthalenesulfonic acids and formaldehyde. Such polynaphthalenesulfonates include sodium and calcium naphthalenesulfonate. The average molecular weight of the naphthalenesulfonates can range from about 3,000 to 27,000, although the molecular weight can be about 8,000 to 10,000. At a given solids percentage aqueous solution, a higher molecular weight dispersant has a higher viscosity, and generates a higher water demand in the formulation, than a lower molecular weight dispersant.

[0029] Naphthalenesulfonates include DILOFLO, available from GEO Specialty Chemicals, Cleveland, Ohio; DAXAD, available from Hampshire Chemical Corp., Lexington, Mass.; and LOMAR D, available from GEO Specialty Chemicals, Lafayette, Ind. The naphthalenesulfonates can be used as aqueous solutions in the range of about 35% to about 55% by weight solids content, for example. The naphthalenesulfonates in the form of an aqueous solution, for example, in the range of about 40% to about 45% by weight solids

content. The naphthalenesulfonates can be used in dry solid or powder form, such as LOMAR D, for example.

[0030] In other embodiments, dispersants known to those skilled in the art useful for improving fluidity in gypsum slurries may be used employed, such as polycarboxylate dispersants. A number of polycarboxylate dispersants, particularly polycarboxylic ethers, are known types of dispersants. One class of dispersants includes two repeating units and is described further in U.S. Patent No. 7,767,019, which is incorporated herein by reference with regard to dispersants. Examples of these dispersants are products of BASF Construction Polymers, GmbH (Trostberg, Germany) and supplied by BASF Construction Polymers, Inc. (Kennesaw, Ga.) (hereafter "BASF") and are hereafter referenced as the "PCE211-Type Dispersants." A particular dispersant of the PCE211-Type Dispersants is designated PCE211 (hereafter "211"). Other polymers in this series include PCE111. PCE211-Type dispersants are described more fully in U.S. Pub. No. US 2007/0255032A1., which is incorporated herein by reference with regard to dispersants. The molecular weight of one type of such PCE211 Type dispersants may be from about 20,000 to about 60,000 Daltons. It has been found that the lower molecular weight dispersants cause less retardation of set time than dispersants having a molecular weight greater than 60,000 Daltons. Generally longer side chain length, which results in an increase in overall molecular weight, provides better dispensability. However, tests with gypsum indicate that efficacy of the dispersant can be reduced at molecular weights above 50,000 Daltons.

[0031] Another class of polycarboxylate compounds includes those disclosed in U.S. Patent No. 6,777,517, which is incorporated herein by reference with regard to dispersants, and hereafter referenced as the "2641-Type Dispersant." Examples of PCE211-Type and 2641-Type dispersants are manufactured by BASF. Preferred 2641-Type Dispersants are sold by BASF as MELFLUX 2641F, MELFLUX 2651F and MELFLUX 2500L dispersants.

[0032] Yet another dispersant family is sold by BASF and referenced as "1641-Type Dispersants." The 1641-Type dispersant is more fully described in U.S. Patent No. 5,798,425, which is incorporated herein by reference with regard to dispersants. One of such 1641-Type Dispersants is marketed as MELFLUX 1641F dispersant by BASF. Other dispersants include other polycarboxylate ethers such as COATEX Ethacryl M, available from Coatex, Inc. of Chester, S.C., and lignosulfonates, or sulfonated lignin. Lignosulfonates are water-soluble anionic polyelectrolyte polymers, byproducts from the production of wood

pulp using sulfite pulping. One example of a lignin useful in the practice of principles of the present invention is Marasperse C-21 available from Reed Lignin Inc., Greenwich, Conn.

[0033] In other embodiments, the composition, wallboard, or method can be “substantially free” of dispersant, which means that the composition, wallboard, or method contains either (i) 0 wt.% based on the weight of stucco, or no such dispersant, or (ii) an ineffective or (iii) an immaterial amount of dispersant. An example of an ineffective amount is an amount below the threshold amount to achieve the intended purpose of using dispersant as one of ordinary skill in the art will appreciate. An immaterial amount may be, e.g., below about 5 wt.%, such as below about 2 wt.%, below about 1 wt.%, below about 0.5 wt.%, below about 0.2 wt.%, below about 0.1 wt.%, or below about 0.01 wt.% based on the weight of stucco as one of ordinary skill in the art will appreciate. However, if desired in alternative embodiments, such ingredients can be included in the composition, wallboard, or method.

[0034] Starch can be added to a gypsum composition to improve board strength and paper to core adhesion. Without wishing to be bound by theory, gelatinized starch can be added to the stucco slurry to decrease the fluidity of the slurry. The starch of the present invention can be gelatinized prior to addition to the stucco composition (i.e., pregelatinized). In some embodiments, the gelatinized starch is partially gelatinized when added to the slurry, with remaining gelatinization taking place in the drying step (e.g., in a kiln).

[0035] The stucco slurry can comprise gelatinized starch in any amount. In some embodiments, the amount of starch is greater than about 1% by weight based on the weight of stucco. In embodiments of the invention, the amount of gelatinized starch by weight based on the weight of stucco can be, e.g., as listed in Table 1D. In the table, an “X” represents the range “from about [corresponding value in top row] to about [corresponding value in left-most column].” The indicated values represent the amount of gelatinized starch (Table 1D). For ease of presentation, it will be understood that each value represents “about” that value. For example, the first “X” in Table 1D is the range “from about 1% to about 1.5%.” The ranges of the table are between and including the starting and endpoints.

Table 1D

		Start Point for Gelatinized Starch Range (%)																	
End Point for Gelatinized Starch Range (%)		1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8	8.5	9	9.5
	1.5	X																	
	2	X	X																
	2.5	X	X	X															
	3	X	X	X	X														
	3.5	X	X	X	X	X													
	4	X	X	X	X	X	X												
	4.5	X	X	X	X	X	X	X											
	5	X	X	X	X	X	X	X	X										
	5.5	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
	6.5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
	7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	7.5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	8.5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	9.5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0036] One of ordinary skill in the art will appreciate methods of pregelatinizing raw starch, such as, for example, cooking raw starch in water at temperatures of at least about 185° F (85°C), or other methods. Suitable examples of pregelatinized starch include, but are not limited to, PCF 1000 starch, commercially available from Bunge Milling Inc. and AMERIKOR 818 and HQM PREGEL starches, both commercially available from Archer Daniels Midland Company. In addition, the core can optionally comprise a pregelatinized starch characterized as having a “mid-range” viscosity (i.e., having a viscosity from about 20 centipose to about 700 centipose).

[0037] Thickeners can be used in some embodiments to acquire the proper rheology for making boards on a forming line. Any thickener required to sufficiently decrease the fluidity of the stucco slurry can be added to the slurry. For example, silica fume, Portland cement, fly ash, clay, cellulosic fiber, and a mixture thereof can be added to the gypsum composition. This is most advantageous for thickening slurries on a line with a line speed greater than 200

ft/minute. High molecular weight polymers, such as polyacrylamide, can also be added to the gypsum slurry to decrease the fluidity of the slurry. In some embodiments, a thickener or mixture of thickeners may be added to the slurry in less than about 10% by weight based on the weight of the stucco.

[0038] In some embodiments, high expansion particles can be added to the core. For example, unexpanded vermiculite can be added to the slurry to further improve fire endurance. A gypsum core made from a stucco slurry having an increased water-to-stucco ratio can have a smaller amount of vermiculite to increase fire endurance, as compared to a core prepared with a larger amount of vermiculite and a slurry comprising a low water-to-stucco ratio.

[0039] In some embodiments, the stucco slurry comprises less than about 5% of vermiculite by weight. Relatively low expansion vermiculite, such as that referred to as "Grade No. 5" unexpanded vermiculite (with a typical particle size of less than about 0.0157 inches (0.40 mm)), or high expansion particulates in the form of vermiculite with a high volume of expansion relative to Grade No. 5 vermiculite (U.S. grading system), and other low expansion vermiculites may be utilized. In other embodiments, high expansion vermiculites can be used that are classified under different grading systems. Such high expansion vermiculites should have substantially similar expansion and/or thermal resistance characteristics typical of those discussed herein. For example, in some embodiments, a vermiculite classified as European, South American, or South African Grade 0 (micron) or Grade 1 (superfine) can be used.

[0040] In some embodiments, the high expansion vermiculite used can include commercial U.S. grade 4 vermiculite commercially-available through a variety of sources. Commercial producers can provide specifications for physical properties of the high expansion vermiculite, such as Mohs hardness, total moisture, free moisture, bulk density, specific ratio, aspect ratio, cation exchange capacity, solubility, pH (in distilled water), expansion ratio, expansion temperature, and melting point, for example. It is contemplated that in different embodiments using different sources of high expansion vermiculites, these physical properties will vary.

[0041] In some embodiments, the high expansion vermiculite particles are generally distributed throughout the core portion of the gypsum panels. In other embodiments, the high expansion vermiculite particles are generally evenly distributed throughout the core portion of the gypsum panels. The high expansion vermiculite can be generally randomly distributed

throughout any reduced density portions of the core. In some embodiments, it may be desirable to have a different vermiculite distribution in denser portions of a board, such as in any increased density gypsum layer adjacent the panel face(s) or in portions of the core with greater density along the panel edges. In other embodiments, the high expansion vermiculite may be substantially excluded from those denser portions of the panels, such as hardened edges and faces of the panels. Such variations in vermiculite particle contents and distribution in the denser portions of the panels may be as a result of drawing core slurry from the core slurry mixer for use in those portions of the panel, by introduction of the vermiculite through other appropriate means into the slurry for the reduced density core portions of the panel, by using edge mixers, or other means known to those skilled in the art.

[0042] In other embodiments, the composition, wallboard, or method can be “substantially free” of high expansion materials such as vermiculite, which means that the composition, wallboard, or method contains either (i) 0 wt.% based on the weight of stucco, or no such high expansion materials such as vermiculite, or (ii) an ineffective or (iii) an immaterial amount of high expansion material such as vermiculite. An example of an ineffective amount is an amount below the threshold amount to achieve the intended purpose of using high expansion materials such vermiculite as one of ordinary skill in the art will appreciate. An amount may be, e.g., below about 5 wt.%, such as below about 2 wt.%, below about 1 wt.%, below about 0.5 wt.%, below about 0.2 wt.%, below about 0.1 wt.%, or below about 0.01 wt.% based on the weight of stucco as one of ordinary skill in the art will appreciate. However, if desired in alternative embodiments, such ingredients can be included in the composition, wallboard, or method.

[0043] The present invention can be practiced employing compositions and methods similar to those employed in the art to prepare various set gypsum-containing products. In the core, the stucco (or calcined gypsum) component used to form the crystalline matrix typically comprises, consists essentially of, or consists of beta calcium sulfate hemihydrate, water-soluble calcium sulfate anhydrite, alpha calcium sulfate hemihydrate, or mixtures of any or all of these, from natural or synthetic sources. In some embodiments, the stucco may include non-gypsum minerals, such as minor amounts of clays or other components that are associated with the gypsum source or are added during the calcination, processing and/or delivery.

[0044] The gypsum core may comprise conventional additives in the practice of the invention in customary amounts to impart desirable properties and to facilitate

manufacturing, such as, for example, suitable aqueous foam, set accelerators, set retarders, recalcination inhibitors, binders, adhesives, leveling or nonleveling agents, bactericides, fungicides, pH adjusters, colorants, reinforcing materials, fire retardants, water repellants, fillers, dimensional strengtheners, and mixtures thereof. In addition, the gypsum core can comprise additives such as phosphonic and/or phosphonate compounds, phosphoric and/or phosphate compounds, carboxylic and/or carboxylate compounds, boric and/or borate compounds, and mixtures thereof.

[0045] Accelerators can be used in the gypsum-containing compositions of the present invention, as described in U.S. Patent No. 6,409,825, herein incorporated by reference with regard to accelerators. One desirable heat resistant accelerator (HRA) can be made from the dry grinding of landplaster (calcium sulfate dihydrate). Small amounts of additives (normally about 5% by weight) such as sugar, dextrose, boric acid, and starch can be used to make this HRA. Sugar, or dextrose, is currently preferred. Another useful accelerator is "climate stabilized accelerator" or "climate stable accelerator," (CSA) as described in U.S. Patent No. 3,573,947, herein incorporated by reference with regard to accelerators.

[0046] In some embodiments, a trimetaphosphate compound is added to the gypsum slurry used to make the core to enhance the strength of the board and to reduce the permanent deformation of the gypsum product. Gypsum compositions including trimetaphosphate compounds are disclosed in U.S. Patent No. 6,342,284, herein incorporated by reference with regard to trimetaphosphate compounds. Exemplary trimetaphosphate salts include sodium, potassium or lithium salts of trimetaphosphate, such as those available from Astaris, LLC., St. Louis, Mo.

[0047] In embodiments of the invention, a foaming agent can be employed to yield voids, e.g., small air voids, in the set gypsum products. Foam may be introduced into the stucco gypsum slurry by foam pump. Alternately, liquid soap may be directly added to the stucco gypsum slurry. Many such foaming agents are well known and readily available commercially, e.g., from GEO Specialty Chemicals in Ambler, Pa. For further descriptions of useful foaming agents, see, for example: US. Patent Nos. 4,676,835, 5,158,612, 5,240,639, and 5,643,510, which are, with regard to foaming agents, hereby incorporated by reference.

[0048] In many cases it will be preferred to form air voids in the gypsum product, in order to help maintain its strength. This can be accomplished by employing a foaming agent that generates foam that is relatively unstable when in contact with calcined gypsum slurry. Preferably, this is accomplished by blending a major amount of foaming agent known to

generate relatively unstable foam, with a minor amount of foaming agent known to generate relatively stable foam.

[0049] Such a foaming agent mixture can be pre-blended “off-line”, i.e., separate from the process of preparing foamed gypsum product. However, it is preferable to blend such foaming agents concurrently and continuously, as an integral “on-line” part of the process. This can be accomplished, for example, by pumping separate streams of the different foaming agents and bringing the streams together at, or just prior to, the foam generator that is employed to generate the stream of aqueous foam which is then inserted into and mixed with the calcined gypsum slurry. By blending in this manner, the ratio of foaming agents in the blend can be simply and efficiently adjusted (for example, by changing the flow rate of one or both of the separate streams) to achieve the desired void characteristics in the foamed set gypsum product. Such adjustment will be made in response to an examination of the final product to determine whether such adjustment is needed. Further description of such “on-line” blending and adjusting can be found in U.S. Pat. No. 5,643,510, and in U.S. Pat. No. 5,683,635, which is hereby incorporated by reference with regard to foaming agents.

[0050] An example of one type of foaming agent, useful to generate unstable foams, has the formula



wherein R is an alkyl group containing from 2 to 20 carbon atoms, and M is a cation. Preferably, R is an alkyl group containing from 8 to 12 carbon atoms.

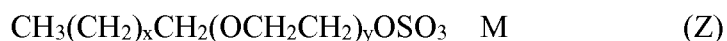
[0051] An example of one type of foaming agent, useful to generate stable foams, has the formula



wherein X is a number from 2 to 20, Y is a number from 0 to 10 and is greater than 0 in at least 50 weight percent of the foaming agent, and M is a cation.

[0052] In some preferred embodiments of the invention, foaming agents having the formulas (Q) and (J) above are blended together, such that the formula (Q) foaming agent and the portion of the formula (J) foaming agent wherein Y is 0, together constitute from 86 to 99 weight percent of the resultant blend of foaming agents.

[0053] In some preferred embodiments of the invention, the aqueous foam has been generated from a pre-blended foaming agent having the formula



wherein X is a number from 2 to 20, Y is a number from 0 to 10 and is 0 in at least 50 weight percent of the foaming agent, and M is a cation. Preferably, Y is 0 in from 86 to 99 weight percent of the formula (Z) foaming agent.

[0054] Foam can be introduced into the core slurry in amounts that provide a reduced core density and panel weight. The introduction of foam in the core slurry in the proper amounts, formulations and processes can produce a desired network and distribution of air voids, and walls between the air voids, within the core of the final dried panels. In some embodiments, the air void sizes, distributions and/or wall thickness between air voids provided by the foam composition and foam introduction system are in accordance with those discussed below, as well as those that provide comparable density, strength and related properties to the panels. This air void structure permits the reduction of the gypsum and other core constituents and the core density and weight, while substantially maintaining (or in some instances improving) the panel strength properties, such as core compressive strength, and the panel rigidity, flexural strength, nail pull resistance, among others.

[0055] In some such embodiments, the mean equivalent sphere diameter of the air voids can be at least about 75 μm , and in other embodiments at least about 100 μm . In other embodiments, the mean equivalent sphere diameter of the air voids can be from about 75 μm to about 400 μm . In yet other embodiments, the mean equivalent sphere diameter of the air voids can be from about 100 μm to about 350 μm with a standard deviation from about 100 to about 225. In other embodiments, the mean equivalent sphere diameter of the air voids may be from about 125 μm to about 325 μm with a standard deviation from about 100 to about 200.

[0056] In some embodiments, from about 15% to about 70% of the air voids have an equivalent sphere diameter of about 150 μm or less. In other embodiments, from about 45% to about 95% of the air voids have an equivalent sphere diameter of about 300 μm or less, and from about 5% to about 55% of the air voids have an equivalent sphere diameter of about 300 μm or more. In other embodiments, from about 45% to about 95% of the air voids have an equivalent sphere diameter of about 300 μm or less, and from about 5% to about 55% of the air voids have an equivalent sphere diameter from about 300 μm to about 600 μm . In the discussion of average air void sizes herein, voids in the gypsum core that are about 5 μm or less are not considered when calculating the number of air voids or the average air void size.

[0057] In those and other embodiments, the thickness, distribution and arrangement of the walls between the voids in such embodiments, alone and/or in combination with a desired

air void size distribution and arrangement, also permit a reduction in the panel core density and weight, while substantially maintaining (or in some instances improving) the panel strength properties. In some such embodiments, the average thickness of the walls separating the air voids may be at least about 25 μm . In some embodiments, the walls defining and separating air voids within the gypsum core may have an average thickness from about 25 μm to about 200 μm , from about 25 μm to about μm in other embodiments, and from about 25 μm to about 50 μm in still other embodiments. In yet other embodiments, the walls defining and separating air voids within the gypsum core may have an average thickness from about 25 μm to about 75 μm with a standard deviation from about 5 to about 40. In yet other embodiments, the walls defining and separating air voids within the gypsum core may have an average thickness from about 25 μm to about 50 μm with a standard deviation from about 10 to about 25.

[0058] Examples of the use of foaming agents to produce desired void and wall structures include those discussed in U.S. Patent No. 5,643,510 and US Patent Appl. No. 2007/0048490, which are hereby incorporated by reference with respect to foaming agents, voids, and wall structures. In some embodiments, a combination of a first more stable foaming agent and a second less stable foaming agent can be used in the core slurry mixture. In other embodiments, only one type of foaming agent is used, so long as the desired density and panel strength requirements are satisfied. The approaches for adding foam to a core slurry are known in the art and examples of such an approach is discussed in U.S. Patent Nos. 5,643,510 and 5,683,635, the disclosures of which are, with regard to foaming agents, hereby incorporated by reference.

[0059] The foaming agent can be added to the slurry in any sufficient amount. In some embodiments, to the slurry is added foaming agent effective to form a board having active foaming agent in an amount from about 0.1 lb to about 2 lb per 1000 ft^2 of board. In some embodiments, to the slurry is added foaming agent effective to form a board having active foaming agent in an amount from about 0.1 lb to about 2 lb per 1000 ft^2 of board. In embodiments of the invention, the active foaming agent in the board can be, e.g., as listed in Table 1E. In the table, an “X” represents the range “from about [corresponding value in top row] to about [corresponding value in left-most column].” The indicated values represent the foaming agent in lb/1000 ft^2 (Table 1E). For ease of presentation, it will be understood that each value represents “about” that value. For example, the first “X” in Table 1E is the range

“from about 0.1 lbs/ft³ to about 0.2 lbs/ft³.” The ranges of the table are between and including the starting and endpoints.

Table 1E

Starting Point for Foaming Agent Range (lb/1000 ft ²)																				
End Point for Foaming Agent Range (lb/1000 ft ²)		0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9
	0.2	X																		
	0.3	X	X																	
	0.4	X	X	X																
	0.5	X	X	X	X															
	0.6	X	X	X	X	X														
	0.7	X	X	X	X	X	X													
	0.8	X	X	X	X	X	X	X												
	0.9	X	X	X	X	X	X	X	X											
	1	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
	1.1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
	1.2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
	1.3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
	1.4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	1.5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	1.6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	1.7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	1.8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	1.9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0060] In other embodiments, the composition, wallboard, or method can be “substantially free” of foaming agent, which means that the composition, wallboard, or method contains either (i) 0 wt.% based on the weight of stucco, or no such foaming agent, or (ii) an ineffective or (iii) an immaterial amount of foaming agent. An example of an ineffective amount is an amount below the threshold amount to achieve the intended purpose of using foaming agent as one of ordinary skill in the art will appreciate. An amount may be, e.g., below about 5 wt.%, such as below about 2 wt.%, below about 1 wt.%, below about 0.5 wt.%, below about 0.2 wt.%, below about 0.1 wt.%, or below about 0.01 wt.% based on the weight of stucco as one of ordinary skill in the art will appreciate. However, if desired in alternative embodiments, such ingredients can be included in the composition, wallboard, or method.

[0061] To prepare a board, a mixture of at least stucco and water in slurry form can be deposited on a sheet and formed into a layer to create a board, in a fashion similar to the manufacturing of preforms on an industrial scale. The slurry can be prepared using a water-to-stucco ratio in the range from about 0.7 to about 2.0. The slurry can be spread across the width of the first sheet at a predetermined approximate thickness to form the core. In an industrial setting, the continuous panel is transported along a conveyor to permit time for gypsum hydration. When the core is sufficiently hydrated and hardened, it is cut into one or more desired sizes to form individual gypsum boards. The boards are then transferred into and passed through a kiln at temperatures sufficient to dry the panels to a desired moisture level. In some embodiments, the cover sheets are bonded to the set gypsum core by a top and bottom high density bonding layer.

[0062] The wallboard of the present invention can have a board density of about 24 lbs/ft³ to about 48 lbs/ft³. In some embodiments, the board density is from about 24 lbs/ft³ to about 40 lbs/ft³. In some embodiments, the board density is from 24 lbs/ft³ to about 33 lbs/ft³. In embodiments of the invention, the board density can be, e.g., as listed in Table 1F. In the table, an "X" represents the range "from about [corresponding value in top row] to about [corresponding value in left-most column]." The indicated values represent the board density in lbs/ft³ (Table 1F). For ease of presentation, it will be understood that each value represents "about" that value. For example, the first "X" in Table 1F is the range "from about 24 lbs/ft³ to about 25 lbs/ft³." The ranges of the table are between and including the starting and endpoints.

Table 1F

Starting Point for Board Density (lbs/ft ³)																	
End Point for Board Density (lbs/ft ³)		24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	25	X															
	26	X	X														
	27	X	X	X													
	28	X	X	X	X												
	29	X	X	X	X	X											
	30	X	X	X	X	X	X										
	31	X	X	X	X	X	X	X									
	32	X	X	X	X	X	X	X	X								
	33	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
	34	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
	35	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
	36	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	37	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	38	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	39	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	40	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0063] The typical thickness of gypsum boards is ½ inch and • inch, but may range from ¼ inch to 1 inch. A wallboard of any thickness can be produced using the presently described methods and systems. In embodiments of the invention, the wallboard thickness can be, e.g., as listed in Table 1G. In the table, an “X” represents the range “from about [corresponding value in top row] to about [corresponding value in left-most column].” The indicated values represent the thickness of a board in inches (Table 1G). For ease of presentation, it will be understood that each value represents “about” that value. For example, the first “X” in Table 1G is the range “from about 0.59 inches to about 0.6 inches.” The ranges of the table are between and including the starting and endpoints.

Table 1G

Starting Point for Wallboard Thickness (inches)							
End Point for Wallboard Thickness (inches)		0.59	0.6	0.61	0.62	0.63	0.64
	0.6	X					
	0.61	X	X				
	0.62	X	X	X			
	0.63	X	X	X	X		
	0.64	X	X	X	X	X	
	0.65	X	X	X	X	X	X

[0064] Paper sheets, such as Manila paper or kraft paper, can be used as the cover sheets. Useful cover sheet paper includes Manila 7 -ply and News-Line 5-ply, available from United States Gypsum Corporation, Chicago, IL.; Grey-Back 3-ply and Manila Ivory 3-ply, available from Caraustar, Newport, Ind.; and Manila heavy paper and MH Manila HT (high tensile) paper, available from United States Gypsum Corporation, Chicago, Illinois. An exemplary back cover sheet paper is 5-ply newsline. In addition, the cellulosic paper can comprise any other material or combination of materials. For example, the cover sheets may comprise glass fibers, ceramic fibers, mineral wool, or a combination of the aforementioned materials.

[0065] In other embodiments, the cover sheet can comprise, consist essentially of, or consist of a mat, such as an unwoven fiberglass mat, sheet materials of other fibrous or non-fibrous materials, or combinations of paper and other fibrous materials maybe used as one or both of the cover sheets. As used herein, the term "mat" includes mesh materials. Fibrous mats can include any suitable fibrous mat material. For example, in some embodiments, the cover sheet can be a mat made from glass fiber, polymer fiber, mineral fiber, organic fiber, or the like or combinations thereof. Polymer fibers include, but are not limited to, polyamide fibers, polyaramide fibers, polypropylene fibers, polyester fibers (e.g., polyethylene terephthalate (PET)), polyvinyl alcohol (PVOH), and polyvinyl acetate (PVAc). Examples of organic fibers include cotton, rayon, and the like. The fibers of the mat can be coated or uncoated. Selecting a suitable type of fibrous mat will depend, in part, on the type of application in which the board is used.

[0066] In some embodiments, the boards of the present invention have a density less than 40 lb/ft³ and nail pull resistance that can meet the standard of ASTM C473-09 (e.g.,

ASTM C473-09, method B). More particularly, such boards, when having a thickness of about $\frac{1}{2}$ inch, can have a nail-pull resistance of at least about 70 lbs as determined according to the standard of ASTM C473-09 (e.g., ASTM C473-09, method B). In embodiments of the invention, the nail pull resistance can be, e.g., as listed in Table 1H. In the table, an “X” represents the range “from about [corresponding value in top row] to about [corresponding value in left-most column].” The indicated values represent the nail pull resistance of a board in lbs (Table 1H). For ease of presentation, it will be understood that each value represents “about” that value. For example, the first “X” in Table 1H is the range “from about 70 lbs to about 72 lbs.” The ranges of the table are between and including the starting and endpoints.

Table 1H

Starting Point for Nail Pull Resistance (lbs)														
End Point for Nail Pull Resistance (lbs)		70	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94
	72	X												
	74	X	X											
	76	X	X	X										
	78	X	X	X	X									
	80	X	X	X	X	X								
	82	X	X	X	X	X	X							
	84	X	X	X	X	X	X	X						
	86	X	X	X	X	X	X	X	X					
	88	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
	90	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
	92	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	94	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	96	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

[0067] In some embodiments, assemblies can be constructed, using gypsum boards formed according to principles of the present invention, that conform to the specification of Underwriters Laboratories, Inc. (UL[®]) assemblies, such as U419, U305, and U423. The face of one side of the assembly can be exposed to increasing temperatures for a period of time in accordance with a heating curve, such as those discussed in the ASTM E119 (e.g., ASTM

E119-09a) procedures. The temperatures proximate the heated side and the temperatures at the surface of the unheated side of the assembly are monitored during the tests to evaluate the temperatures experienced by the exposed gypsum panels and the heat transmitted through the assembly to the unexposed panels. One useful indicator of the fire performance of gypsum panels in assemblies, for example those utilizing loaded, wood stud frames as called for in the ASTM E119 fire tests, is discussed in the article Shipp, P. H., and Yu, Q., "Thermophysical Characterization of Type X Special Fire Resistant Gypsum Board," *Proceedings of the Fire and Materials 2011 Conference*, San Francisco, 31st January- 2nd February 2011, Interscience Communications Ltd., London, UK, pp. 417-426. The article discusses an extensive series of E119 fire tests of load bearing wood framed wall assemblies and their expected performance under the E119 fire test procedures. U.S. Patent No. 8,323,785 is incorporated by reference herein with regard to ASTM E119.

[0068] In some embodiments, an assembly of gypsum boards formed according to principles of the present invention and in accordance with the specification of a U419 assembly, with or without cavity insulation, has a fire rating of at least about 60 minutes. In some embodiments, an assembly of gypsum boards formed according to principles of the present invention and in accordance with the specification of a U305 assembly has a fire rating of at least about 55 minutes. In some embodiments, an assembly of gypsum boards formed according to principles of the present invention and in accordance with the specification of a U305 assembly has a fire rating of at least about 60 minutes. In some embodiments, an assembly of gypsum boards formed according to principles of the present invention and in accordance with the specification of a U423 assembly has a fire rating of at least about 60 minutes.

[0069] In addition to common testing methods, the utility of the present invention to increase fire endurance can be analyzed using a small-scale fire endurance index (FEI) test. The FEI test is a small scale testing apparatus and method developed as an alternative to typical large scale wallboard testing. Fire endurance ratings are typically obtained by performing a full-size (at 100 ft² of wall area) fire test in a certified fire test laboratory per ASTM standards, which is time-consuming, expensive, and unsuitable for bench-top studies and quality control.

[0070] A schematic diagram of a testing system 200 is shown, in cross section, in FIG. 2. The testing system 200 includes a muffle furnace 202 having an enclosure 204 forming a furnace chamber 206. The chamber 206 is closeable with a door 208 and includes a heat

source 210 therewithin. The heat source 210 may be any known type of heat source such as a fuel-fired combustor or an electric-resistive heater, which operates to create a generally uniformly distributed temperature profile within the chamber 206.

[0071] In the illustration of FIG. 2, a board sample 212 is shown disposed within the furnace chamber 206 during a test. The sample 212 is mounted vertically within the chamber 206 in the illustrated embodiment at an offset distance from a door opening such that a gap 214 is formed between a back face 215 of the sample 212 and an oven-facing side of the door 208. Spacers 216 are disposed at a distance from one another between the sample 212 and the door 208 to simulate studs that space apart wallboards in a finished wall assembly. Although the gap 214 is shown empty, in an alternative embodiment the gap 214 may be filled with a wall-insulation material. Moreover, metal or wooden studs may be used in place of the spacers 216. The spacers may be connected to the sample 212 and, in certain embodiments, may be subjected to a compressive load along with the sample 212 to simulate a load-bearing wall.

[0072] A thermocouple 218 or other temperature-sensing device is connected close to the back face 215 of the sample during testing. The back face 215 can be thicker than the front face of the sample. The thermocouple 218 has a sensing tip at a small distance from the surface of the sample 212. In alternative embodiments, the sensing tip can touch or be within the sample 212. The thermocouple 218 is configured to sense a surface temperature or a temperature near the surface of the back face of the sample 212 during testing. The thermocouple 218 is connected to a data acquisition unit 220, which operates to provide power to the thermocouple 218, receive information therefrom indicative of the surface temperature of the sample 212, record the temperature information and, optionally or with the aid of a computer (not shown), plot the temperature information over time or otherwise analyze the information numerically.

[0073] When a test is conducted, the temperature of the muffle furnace chamber 206 is gradually increased over time by appropriately controlling the intensity of the heat source 210. In one embodiment, a furnace temperature sensor 222 is disposed to measure the temperature of the furnace chamber 206, provide information indicative of the furnace chamber temperature to a heater controller 224 and, optionally, also to the data acquisition unit 220. The heater controller 224 may operate in a closed loop fashion based on the information provided by the sensor 222 to provide a predetermined heating profile for the chamber 206 by appropriately and automatically adjusting the intensity of the heat source

210. The temperature rise of the chamber 206 may also optionally be recorded by the data acquisition unit 220 for establishing testing integrity.

[0074] A sample heating profile of the furnace chamber is shown in the time plot of FIG.

3. As can be seen from the plot, where a desired chamber temperature (deg. F) is plotted along the vertical axis and time (min.) is plotted along the horizontal axis, the chamber 206 is heated gradually following a logarithmic trend for about the first 43 minutes of the test from a temperature of about 400 °F to a temperature of about 1,423 °F, and is maintained at that temperature for the remainder of the test, which in the illustrated graph continues for about 1 hour. Thus, the test is conducted over a first, heating period 226, and then continues over a stable period 228, as marked on the chart of FIG. 3.

[0075] It has been determined that heat transfer through the sample 212 during a test, as gleaned by the measured surface temperature on the back face 215 of the sample, is concomitant to and indicative of the expected heat transfer through a wallboard in a full scale fire test. In essence, the test describes herein determines the rate of heat transfer through the sample. In one embodiment, temperature readings taken on both sides of the board can be used to estimate, in real time, the heat transfer rate through the board. By comparing the heat transfer curves of different products and correlating the curves to their actual fire test results, judgment and prediction of the performance of fire endurance of different products are advantageously enabled. In the test setup shown in FIG. 2, sample dimension was selected to be a rectangular sample having dimensions of 6.125" x 6.625" and a thickness of 0.625". The depth of the cavity 214 was 7/8", and the thermocouple 218 was located in the geometrical center of the door 208, where the sensing probe of the thermocouple 218 protruded about 11/16" from the inside surface of the door 208 in the direction of the sample 212. In this way, the tip of the thermocouple was 3/16" away from the surface of the sample. A glass wool frame was placed against the sample to act as the spacer 216 and keep the sample in place while also sealing the door frame against heat leakage. For half-inch thick samples, a metal frame of 0.125" thickness can be placed behind the sample to maintain the gap between the thermocouple and the sample and preserve the remaining test setup. The controller 224 of the muffle furnace was set to run from 200°C to 773°C. The actual temperature curve of the muffle furnace at the front end is shown in FIG. 3.

[0076] The test provides a temperature-time curve for a specific board sample. Fire endurance index (FEI) can be determined from the curve. Fire endurance index is defined as the time required to reach 600°F at the backside of a test specimen in the small scale fire test.

Data points A, B, C, and D are plotted, and the correlation between FEI and fire endurance time from U419 full-size fire test is shown in FIG. 4. Other designs of fire test assembly such as U305 and U423 can be extrapolated from FEI as well.

[0077] In some embodiments, the gypsum board has a Fire Endurance Index (FEI) at least 3 minutes greater than a board comprising set gypsum formed with a water-to-stucco ratio of less than about 0.7. In some embodiments, the gypsum board has a Fire Endurance Index (FEI) at least 4 minutes greater than a board comprising set gypsum formed with a water-to-stucco ratio of less than about 0.7.

[0078] Thus, in an embodiment, a fire resistant gypsum board comprises: a set gypsum composition disposed between two cover sheets, the set gypsum composition comprising an interlocking matrix of set gypsum formed from a slurry comprising at least stucco and water. The slurry has a water-to-stucco ratio from about 0.7 to about 2.0. The board has a density from about 24 lbs/ft³ to about 40 lbs/ft³, and when at a thickness of about $\frac{1}{2}$ inch, a nail pull resistance of at least about 70 lbs of force as determined according to ASTM C473-09, and a Fire Endurance Index (FEI) greater than about 52 minutes.

[0079] In another embodiment, the set gypsum composition comprises gelatinized starch in an amount greater than about 1 % by weight based on the weight of the stucco.

[0080] In another embodiment, the set gypsum composition comprises a thickener.

[0081] In another embodiment, the thickener is silica fume, Portland cement, fly ash, clay, fine cellulosic particles, or a high molecular weight polymer, or any mixture thereof.

[0082] In another embodiment, the thickener is less than about 10% by weight based on the weight of the stucco.

[0083] In another embodiment, the high molecular weight polymer is polyacrylamide.

[0084] In another embodiment, the composition further comprises high thermal expansion particles.

[0085] In another embodiment, the high thermal expansion particles are vermiculite.

[0086] In another embodiment, vermiculite is less than about 5% by weight based on the weight of the stucco.

[0087] In another embodiment, the gypsum board has a board density from about 24 lbs/ft³ to about 33 lbs/ft³.

[0088] In another embodiment, the gypsum board has a thickness from about 0.25 inches to about 1.0 inches.

[0089] In another embodiment, the gypsum board has a thickness from about 0.59 inches to about 0.65 inches.

[0090] In another embodiment, the gypsum board has a Fire Endurance Index (FEI) at least 3 minutes greater than a board comprising set gypsum formed with a water-to-stucco ratio of less than about 0.7.

[0091] In another embodiment, the gypsum board has a Fire Endurance Index (FEI) at least 4 minutes greater than a board comprising set gypsum formed with a water-to-stucco ratio of less than about 0.7.

[0092] In another embodiment, when the board is built into a test assembly in accordance with UL U305, the board has a fire rating of at least about 55 minutes when heated in accordance with the time-temperature curve of ASTM standard E119-09.

[0093] In another embodiment, the board is built into a test assembly in accordance to UL U305, and has a fire rating of at least about 60 minutes when heated in accordance with the time-temperature curve of ASTM standard E119-09.

[0094] In another embodiment, when the board is built into a test assembly in accordance with UL U419, the board has a fire rating of at least about 60 minutes when heated in accordance with the time-temperature curve of ASTM standard E119-09.

[0095] In another embodiment, a fire resistant gypsum board comprises: a set gypsum composition disposed between two cover sheets, the set gypsum composition comprising an interlocking matrix of set gypsum formed from a slurry comprising at least stucco and water. The slurry has a water-to-stucco ratio from about 1.2 to about 2.0. The board has a density from about 24 lbs/ft³ to about 40 lbs/ft³, and when at a thickness of about • inch, a nail pull resistance of at least about 70 lbs of force as determined according to ASTM C473-09, and a Fire Endurance Index (FEI) greater than about 54 minutes.

[0096] In another embodiment, a method for making a fire resistant gypsum board comprises: (a) forming a mixture of at least stucco and water; (b) disposing the slurry on a first sheet; (c) disposing a second sheet on the slurry to form a board preform having two cover sheets; (d) cutting the board preform into a board of predetermined dimensions after the slurry has hardened sufficiently for cutting; and (e) drying the board. The slurry has a water-to-stucco ratio from about 0.7 to about 2.0. The board when dried has a density from about 24 lbs/ft³ to about 40 lbs/ft³, and when at a thickness of about • inch, a nail pull resistance of at least about 70 lbs of force as determined according to ASTM C473-09, and a Fire Endurance Index (FEI) greater than about 52 minutes.

[0097] In another embodiment, the water-to-stucco ratio is from about 1.2 to about 2.0.

[0098] It shall be noted that the preceding are merely examples of embodiments. Other exemplary embodiments are apparent from the entirety of the description herein. It will also be understood by one of ordinary skill in the art that each of these embodiments may be used in various combinations with the other embodiments provided herein.

[0099] The following examples further illustrate the invention but, of course, should not be construed as in any way limiting its scope.

EXAMPLE 1 – EFFECT OF WATER-TO-STUCCO RATIO ON FIRE ENDURANCE

[00100] This Example demonstrates the effect of the water-to-stucco ratio (WSR) on the fire endurance of a wallboard. Accordingly, five gypsum boards (samples 1-5) made with water-to-stucco ratios ranging from 1.0 to 1.9 were tested using the FEI small-scale testing device (FIG. 2).

Table 2

Additives
ADVANTEX® 790C-16W continuous glass strands (Owens Corning, Toledo, OH)
Diloflo Dispersant (Geo Specialty Chemicals, Cleveland, OH)
CSA Accelerator, Pre-Mix Southard
Pregelatinized Starch, Corn Flour (Yellow) (Bunge Milling, St. Louis, MO)
Sodium trimetaphosphate (Innophos, Cranberry, NJ)
Hyonic PFM 33 (Stable soap), Hyonic 25-AS (Unstable soap) (Geo Specialty Chemicals, Inc., Cedartown, GA)
VERSENEX™ 80 Chelating Agent Retarder (Dow Chemical, Midland, MI)

[00101] In a laboratory, a stucco slurry was prepared by mixing 700 g stucco, 3.5 g of accelerator (finely ground gypsum), 10 g dry pregelatinized starch, 1.4 g sodium trimetaphosphate, and 1 g chopped fiberglass (see Table 2). Predetermined amounts of water corresponding to the amount required to form water-to-stucco ratios of 1.0, 1.2, 1.4, 1.6, and 1.9 were weighed in separate steel bowls. To each steel bowl was added 0.9 g dispersant and up to 2 drops of retarder. After the water solution reached room temperature, the steel bowl was installed under a Hobart mixer. The stucco mixture was added to the water solution and

immediately mixed. Subsequently, the foam pump was activated and the foam was injected into the bowl according to a predetermined injection rate. The foam injection time was pre-calculated to make boards having a dry density of approximately 1700 lbs/MSF, with different injection rates required for each board. After foam injection, the composition was mixed for an additional 5 seconds. The slurry was immediately poured into a premade paper envelop (made with 34 lbs/MSF newsline and 49 lbs/MSF manila paper), and cast by sandwiching between two aluminum plates that were spaced to make $\frac{1}{8}$ inch boards. After casting, the boards were placed into an oven preset at 350 °F. After 30 minutes, the boards were transferred to another oven that was preset at 110 °F. The boards were left in the oven for two nights, and then removed from the oven and weighed. The dry boards each were cut into samples of 6.625 inches x 6.125 inches.

Table 3: Fire Endurance of Boards Made With Various Water-to-Stucco Ratios

Sample	WSR	Weight (g)	Board Thickness (inches)	Board Basis Weight (lbs/MSF)	Density (lbs/ft ³)	Foam Injection Rate (sec)	Fire Endurance Index (min)
1	1.0	225.2	0.639	1760	33.1	21	52.0
2	1.2	211.7	0.638	1655	31.1	18	54.4
3	1.4	212.2	0.637	1659	31.3	13	57.1
4	1.6	216	0.627	1688	32.3	7	57.9
5	1.9	219.2	0.636	1713	32.3	0	60.0

[00102] Samples 1-5 were individually tested in the small-scale device (FIG. 2) to determine their respective FEI. Temperature traces for each of the five samples are shown in FIG. 5, where time is plotted along the horizontal axis and the unexposed surface temperature of the back-face of each sample is plotted along the vertical axis. In the graph of FIG. 5, line 301 represents the temperature trace for a board made with a WSR of 1.0 (sample 1), line 302 represents the temperature trace for a board made with a WSR of 1.2 (sample 2), line 303 represents the temperature trace for a board made with a WSR of 1.4 (sample 3), line 304 represents the temperature trace for a board made with a WSR of 1.6 (sample 4), line 305 represents the temperature trace for a board made with a WSR of 1.9 (sample 5), and a “FEI”

line 306 extends horizontally from a temperature of 315.6 °C (600°F) to denote the FEI for both samples.

[00103] As can be calculated from the graph of FIG. 5, the fire endurance index of the board made with a WSR of 1.0 was 52.0 minutes (sample 1), 54.4 minutes for the board made with a WSR of 1.2 (sample 2), 57.1 minutes for the board made with a WSR of 1.4 (sample 3), 57.9 minutes for the board made with a WSR of 1.6 (sample 4), and 60.0 minutes for the board made with a WSR of 1.9 (sample 5). The heat curves in FIG. 5 suggests that after about 250 °F, the temperature at which the boards complete calcination, the heat transfer through the samples depends on the water-to-stucco ratio, and therefore, the number of microscopic water voids. Boards with a high water-to-stucco ratio contain a greater number of microscopic voids, making it more difficult for water vapor to escape the core.

[00104] This Example demonstrates that a higher water-to-stucco ratio increases the fire endurance of a gypsum wallboard.

EXAMPLE 2 – THE EFFECT OF BOARD WEIGHT ON THE FIRE ENDURANCE OF BOARD WITH HIGH WATER-TO-STUCCO RATIO

[00105] This Example demonstrates the effect of a high water-to-stucco ratio on the fire endurance of a light weight/low density wallboard. Accordingly, a board with a basis weight of 1235 lbs/MSF (sample 6), a board with a basis weight of 1357 lbs/MSF (sample 7), and a board with a basis weight of 1422 lbs/MSF (sample 8) were tested using FEI small-scale testing device (FIG. 2). Samples 6-8 were made using a water-to-stucco ratio of 1.9.

[00106] In a laboratory, a stucco slurry was prepared by mixing 700 g stucco, 3.5 g of accelerator (finely ground gypsum), 10 g dry pregelatinized starch, 1.4 g sodium trimetaphosphate, and 1 g chopped fiberglass (see Table 2). Predetermined amounts of water corresponding to the amount required to form a water-to-stucco ratio of 1.9 were weighed into a Warring blender. To the Warring blender was added 0.9 g dispersant and 0.2 g to 0.6 g of liquid soap. After the water solution reached room temperature, the stucco mixture was added to the blender and immediately mixed. As the high speed mixing action draw air into the slurry, foam was generated. After seven seconds, the slurry was poured into a premade paper envelop (made with 41 lbs/MSF newslime and 53 lbs/MSF manila paper), and cast by sandwiching between two aluminum plates that were spaced to make 1/4 inch boards. After casting, the boards were placed into an oven preset at 350 °F. After 30 minutes, the boards were transferred to another oven that was preset at 110 °F. The boards were left in the oven

for two nights, and then removed from the oven and weighed. The dry boards were cut into samples of 6.625 inches x 6.125 inches.

Table 4: Fire Endurance Index of Low Density Wallboard

Sample	Board Basis Weight (lbs/MSF)	WSR	Weight (g)	Board Thickness (inches)	Density (lbs/ft ³)	Fire Endurance Index (min)
6	1235	1.9	158.04	0.613	24.2	57.3
7	1357	1.9	173.55	0.609	26.7	59.5
8	1422	1.9	181.91	0.610	27.6	61.3

[00107] Samples 6-8 were individually tested in the small-scale device (FIG. 2) to determine their respective FEI. Temperature traces for each of the three samples are shown in FIG. 6, where time is plotted along the horizontal axis and the unexposed surface temperature of the back-face of each sample is plotted along the vertical axis. In FIG. 6, the short-dashed line 307 represents the temperature trace for the board with a basis weight of 1235 lbs/MSF (sample 6), the solid line 308 represents the temperature trace for the board with a basis weight of 1357 lbs/MSF (sample 7), the short-dashed line 309 represents the temperature trace for the board with a basis weight of 1422 lbs/MSF (sample 8), and a “FEI” line 310 extends horizontally from a temperature of 315.6 °C (600°F) to denote the FEI indexes for both samples.

[00108] As can be calculated from the graph of FIG. 6, the FEI was of the board with a basis weight of 1235 lbs/MSF was 57.3 minutes (sample 6), 59.5 minutes for the board with a basis weight of 1357 lbs/MSF (sample 7), and 61.3 minutes for the board with a basis weight of 1422 lbs/MSF (sample 8).

[00109] This Example demonstrates that gypsum wallboard of varying weights at about • inch thickness exhibit fire endurance with a high water-to-stucco ratio.

EXAMPLE 3 – HIGH WATER-TO-STUCCO RATIO AND VERMICULITE

[00110] This Example examines the effect of vermiculite in conjunction with a high water-to-stucco ratio on the fire endurance of wallboard. Accordingly, five gypsum boards

(samples 9-13) made with vermiculite amounts ranging from 0 to 100 lbs/MSF were tested using the fire endurance index (FEI) small-scale testing device (FIG. 2). Samples 9-13 were made using a water-to-stucco ratio of 1.4.

Table 5

Additives
ADVANTEX® 790C-16W continuous glass strands (Owens Corning, Toledo, OH)
Vermiculite Concentrate Grade 4 (Virginia Vermiculite, Louisa, VA)
Diloflo Dispersant (Geo Specialty Chemicals, Cleveland, OH)
CSA Accelerator, Pre-Mix Southard
Pregelatinized Starch, Corn Flour (Yellow) (Bunge Milling, St. Louis, MO)
Sodium trimetaphosphate (Innophos, Cranberry, NJ)
Hyonic PFM 33 (Stable soap), Hyonic 25-AS (Unstable soap) (Geo Specialty Chemicals, Inc., Cedartown, GA)
VERSENEX™ 80 Chelating Agent Retarder (Dow Chemical, Midland, MI)

[00111] In a laboratory, a stucco slurry was prepared by mixing 700 g stucco, 3.5 g of accelerator (finely ground gypsum), 10 g dry pregelatinized starch, 1.4 g sodium trimetaphosphate, 1 g chopped fiberglass, and vermiculite (see Table 5). Predetermined amounts of water corresponding to the amount required to form a water-to-stucco ratio of 1.4 were added to separate steel bowls. To each steel bowl was added 0.9 g dispersant and up to 2 drops of retarder. After the water solution reached room temperature, the steel bowl was installed under a Hobart mixer. The stucco mixture was added to the water solution and immediately mixed. Subsequently, the foam pump was activated and the foam was injected into the bowl according to the predetermined injection rate. The foam injection time was pre-calculated to make boards with approximately 1600 lbs/MSF (see Table 6). After foam injection, the composition was mixed for an additional 5 seconds. The slurry was immediately poured into a premade paper envelop (made with 34 lbs/MSF newsline and 49 lbs/MSF manila paper), and cast by sandwiching between two aluminum plates that were spaced to make 1/4 inch boards. After casting, the boards were placed into an oven preset at 350 °F. After 30 minutes, the boards were transferred to another oven that was preset at 110 °F. The boards were left in the oven for two nights, and then removed from the oven and weighed. The dry boards were cut into samples of 6.625 inches x 6.125 inches.

Table 6: Fire Endurance Index of Boards Comprising Vermiculite

Sample	Vermiculite (lbs/MSF)	WSR	Weight (g)	Board Thickness (inches)	Board Basis Weight (lbs/MSF)	Density (lbs/ft ³)	Form Injection Rate (sec)	Fire Endurance Index (min)
9	0	1.4	201.2	0.644	1573	29.3	18	55.1
10	25	1.4	201.8	0.645	1577	29.3	18	57.2
11	50	1.4	200.9	0.645	1570	29.2	18	57.8
12	75	1.4	204.5	0.647	1598	29.6	19	58.9
13	100	1.4	201.6	0.651	1576	29.1	19	56.0

[00112] Samples 9-13 were individually tested in the small-scale device (FIG. 2) to determine their respective FEI. Temperature traces for four samples are shown in FIG. 7, where time is plotted along the horizontal axis and temperature of the back-face of each sample is plotted along the vertical axis. In the graph of FIG. 7, line 311 represents the temperature trace for the control board (sample 9), line 312 represents the temperature trace for a board with 25 lbs/MSF vermiculite (sample 10), line 313 represents the temperature trace for a board with 50 lbs/MSF vermiculite (sample 11), line 314 represents the temperature trace for a board with 75 lbs/MSF (sample 12), and a “FEI” line 315 extends horizontally from a temperature of 315.6 °C (600°F) to denote the FEI indexes for both samples.

[00113] As can be calculated from the graph of FIG. 7, the fire endurance index of the board comprising no vermiculite was 55.1 minutes (sample 9), 57.2 minutes for the board comprising 25 lbs/MSF vermiculite (sample 10), 57.8 minutes for the board comprising 50 lbs/MSF vermiculite (sample 11), 58.9 minutes for the board comprising 75 lbs/MSF vermiculite (sample 12), and 56.0 minutes for the board comprising 100 lbs/MSF vermiculite (sample 13). It was discovered that the board integrity was damaged when the sample comprised 100 lbs/MSF vermiculite (sample 13). The heat curves in FIG. 7 reveal, as the amount of vermiculite increases from zero to 75 lbs/MSF, the fire endurance index of the board increases from 55.1 minutes to 58.9 minutes. A further increase in vermiculite can damage the board integrity, thus compromising the fire endurance of the board.

[00114] This Example demonstrates that boards comprising a core made from slurries having a high water-to-stucco ratios combined with vermiculite can have even greater fire endurance.

[00115] The use of the terms “a” and “an” and “the” and “at least one” and similar referents in the context of describing the invention (especially in the context of the following claims) are to be construed to cover both the singular and the plural, unless otherwise indicated herein or clearly contradicted by context. The use of the term “at least one” followed by a list of one or more items (for example, “at least one of A and B”) is to be construed to mean one item selected from the listed items (A or B) or any combination of two or more of the listed items (A and B), unless otherwise indicated herein or clearly contradicted by context. The terms “comprising,” “having,” “including,” and “containing” are to be construed as open-ended terms (i.e., meaning “including, but not limited to,”) unless otherwise noted. Also, everywhere “comprising” (or its equivalent) is recited, the “comprising” is considered to incorporate “consisting essentially of” and “consisting of.” Thus, an embodiment “comprising” (an) element(s) supports embodiments “consisting essentially of” and “consisting of” the recited element(s). Everywhere “consisting essentially of” is recited is considered to incorporate “consisting of.” Thus, an embodiment “consisting essentially of” (an) element(s) supports embodiments “consisting of” the recited element(s). Recitation of ranges of values herein are merely intended to serve as a shorthand method of referring individually to each separate value falling within the range, unless otherwise indicated herein, and each separate value is incorporated into the specification as if it were individually recited herein. All methods described herein can be performed in any suitable order unless otherwise indicated herein or otherwise clearly contradicted by context. The use of any and all examples, or exemplary language (e.g., “such as”) provided herein, is intended merely to better illuminate the invention and does not pose a limitation on the scope of the invention unless otherwise claimed. No language in the specification should be construed as indicating any non-claimed element as essential to the practice of the invention.

[00116] Preferred embodiments of this invention are described herein, including the best mode known to the inventors for carrying out the invention. Variations of those preferred embodiments may become apparent to those of ordinary skill in the art upon reading the foregoing description. The inventors expect skilled artisans to employ such variations as appropriate, and the inventors intend for the invention to be practiced otherwise than as specifically described herein. Accordingly, this invention includes all

modifications and equivalents of the subject matter recited in the claims appended hereto as permitted by applicable law. Moreover, any combination of the above-described elements in all possible variations thereof is encompassed by the invention unless otherwise indicated herein or otherwise clearly contradicted by context.

CLAIMS

We claim:

1. A fire resistant gypsum board comprising:

a set gypsum composition disposed between two cover sheets, the set gypsum composition comprising an interlocking matrix of set gypsum formed from a slurry comprising at least stucco and water;

the slurry having a water-to-stucco ratio from about 0.7 to about 2.0; and

the board having a density from about 24 lbs/ft³ to about 40 lbs/ft³, and when at a thickness of about $\frac{1}{2}$ inch, a nail pull resistance of at least about 70 lbs of force as determined according to ASTM C473-09, and a Fire Endurance Index (FEI) greater than about 52 minutes.

2. The fire resistant gypsum board of claim 1, wherein the set gypsum composition comprises gelatinized starch in an amount greater than about 1 % by weight based on the weight of the stucco.

3. The fire resistant gypsum board of claim 1 or 2, wherein the set gypsum composition comprises a thickener selected from silica fume, Portland cement, fly ash, clay, fine cellulosic particles, or a high molecular weight polymer, or any mixture thereof.

4. The fire resistant gypsum board of claim 3, wherein the thickener is less than about 10% by weight based on the weight of the stucco.

5. The fire resistant gypsum board of any one of claims 1-4, wherein the composition further comprises high thermal expansion particles.

6. The fire resistant gypsum board of claim 5, wherein the high thermal expansion particles are vermiculite.

7. The fire resistant gypsum board of any one of claims 1-6, wherein the gypsum board has a board density from about 24 lbs/ft³ to about 33 lbs/ft³.

8. The fire resistant gypsum board of any one of claims 1-7, wherein the gypsum board has a Fire Endurance Index (FEI) at least 3 minutes greater than a board comprising set gypsum formed with a water-to-stucco ratio of less than about 0.7.

9. A fire resistant gypsum board comprising:

a set gypsum composition disposed between two cover sheets, the set gypsum composition comprising an interlocking matrix of set gypsum formed from a slurry comprising at least stucco and water;

the slurry having a water-to-stucco ratio from about 1.2 to about 2.0;

the board having a density from about 24 lbs/ft³ to about 40 lbs/ft³, and when at a thickness of about • inch, a nail pull resistance of at least about 70 lbs of force as determined according to ASTM C473-09, and a Fire Endurance Index (FEI) greater than about 54 minutes.

10. A method for making a fire resistant gypsum board comprising:

forming a mixture of at least stucco and water,

disposing the slurry on a first sheet,

disposing a second sheet on the slurry to form a board preform having two cover sheets,

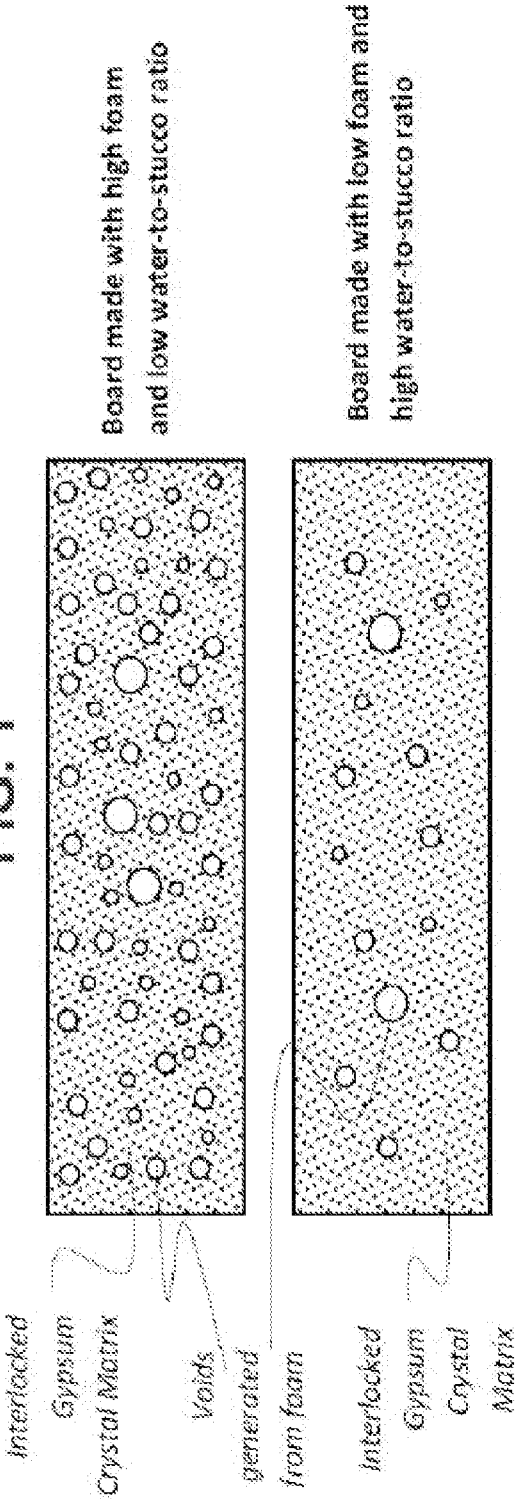
cutting the board preform into a board of predetermined dimensions after the slurry has hardened sufficiently for cutting, and

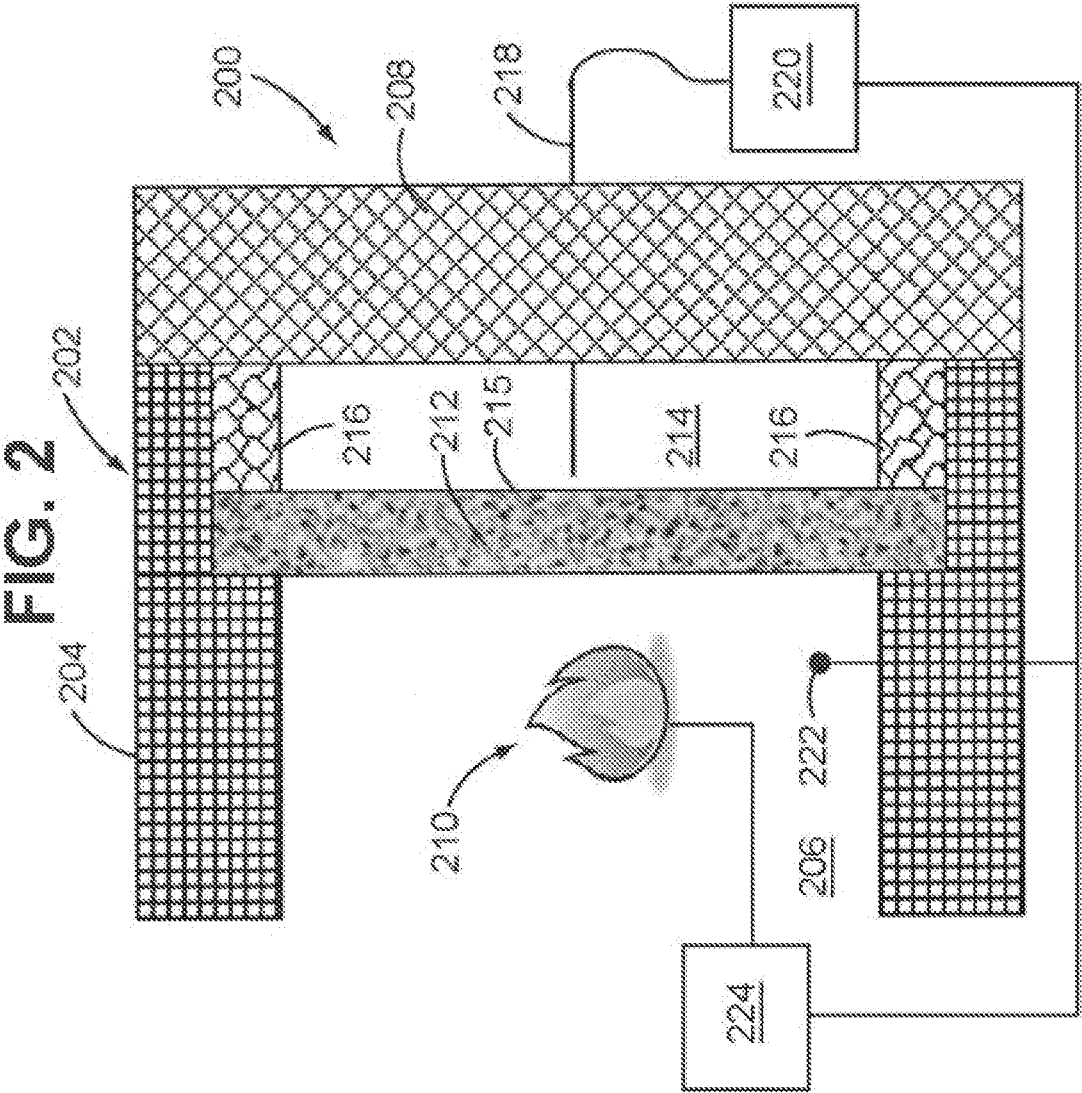
drying the board;

the slurry having a water-to-stucco ratio from about 0.7 to about 2.0;

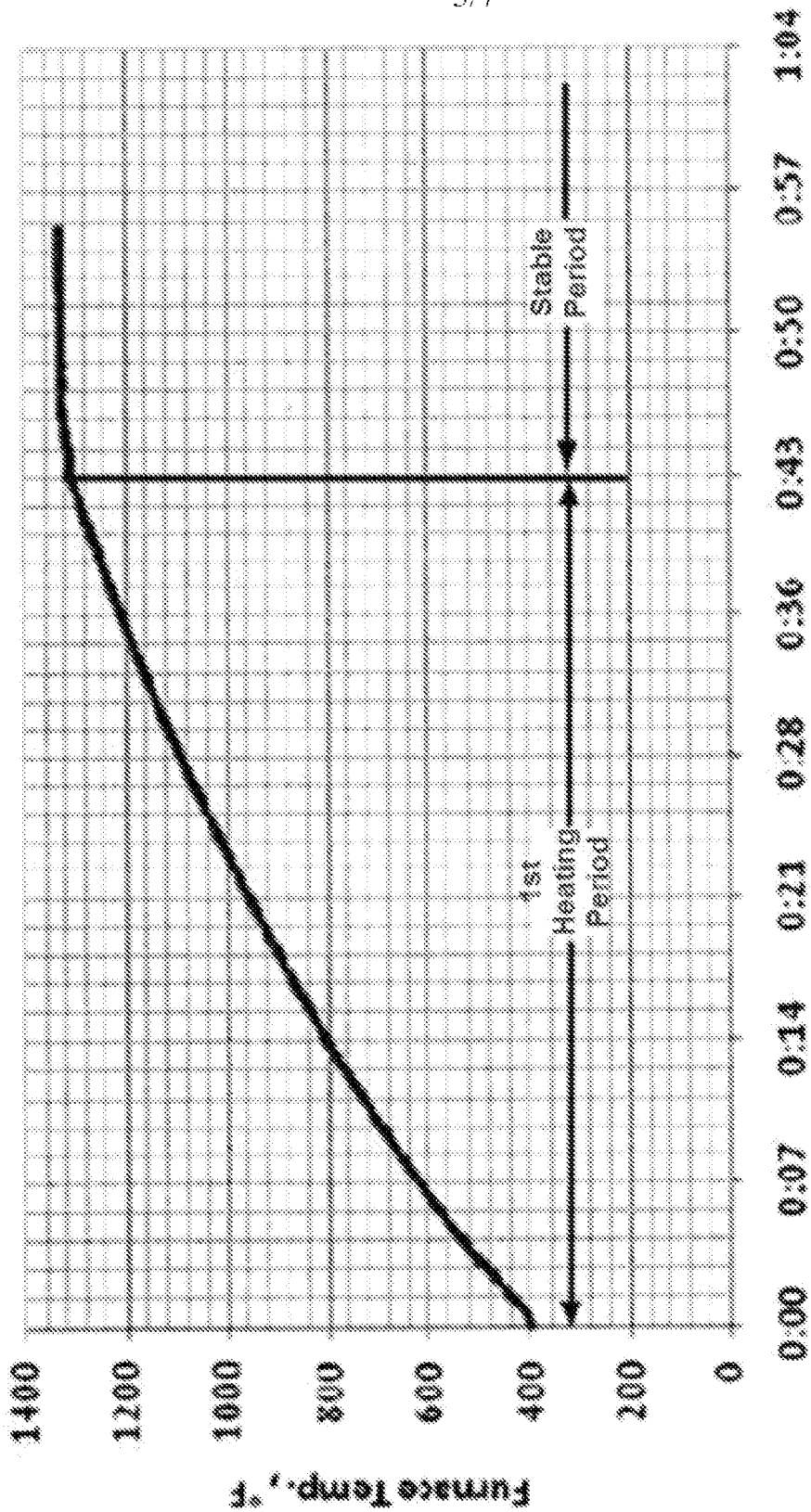
the board when dried having a density from about 24 lbs/ft³ to about 40 lbs/ft³, and when at a thickness of about • inch, a nail pull resistance of at least about 70 lbs of force as determined according to ASTM C473-09, and a Fire Endurance Index (FEI) greater than about 52 minutes.

FIG. 1





3/7



Time, min

FIG. 3

4/7

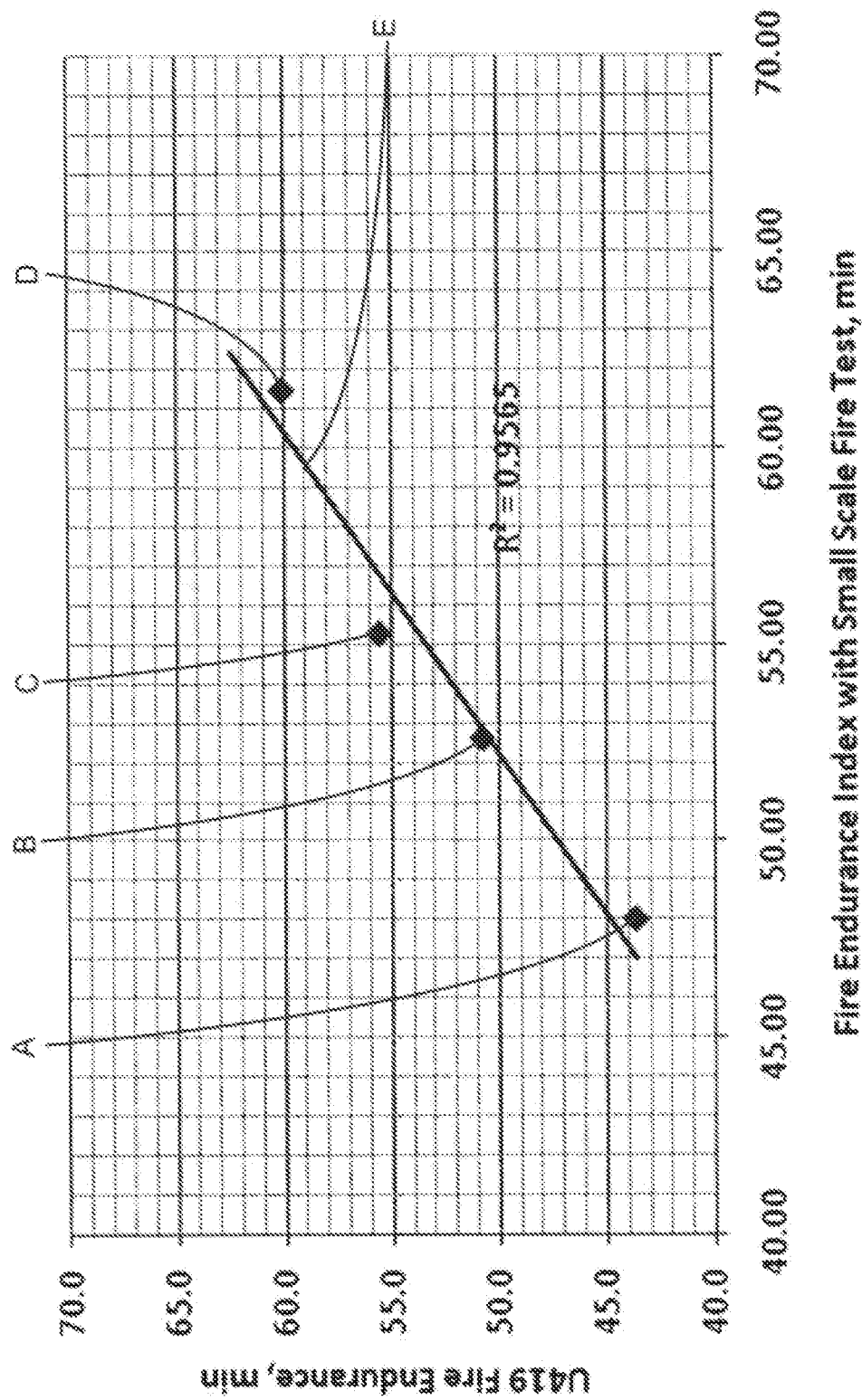


FIG. 4

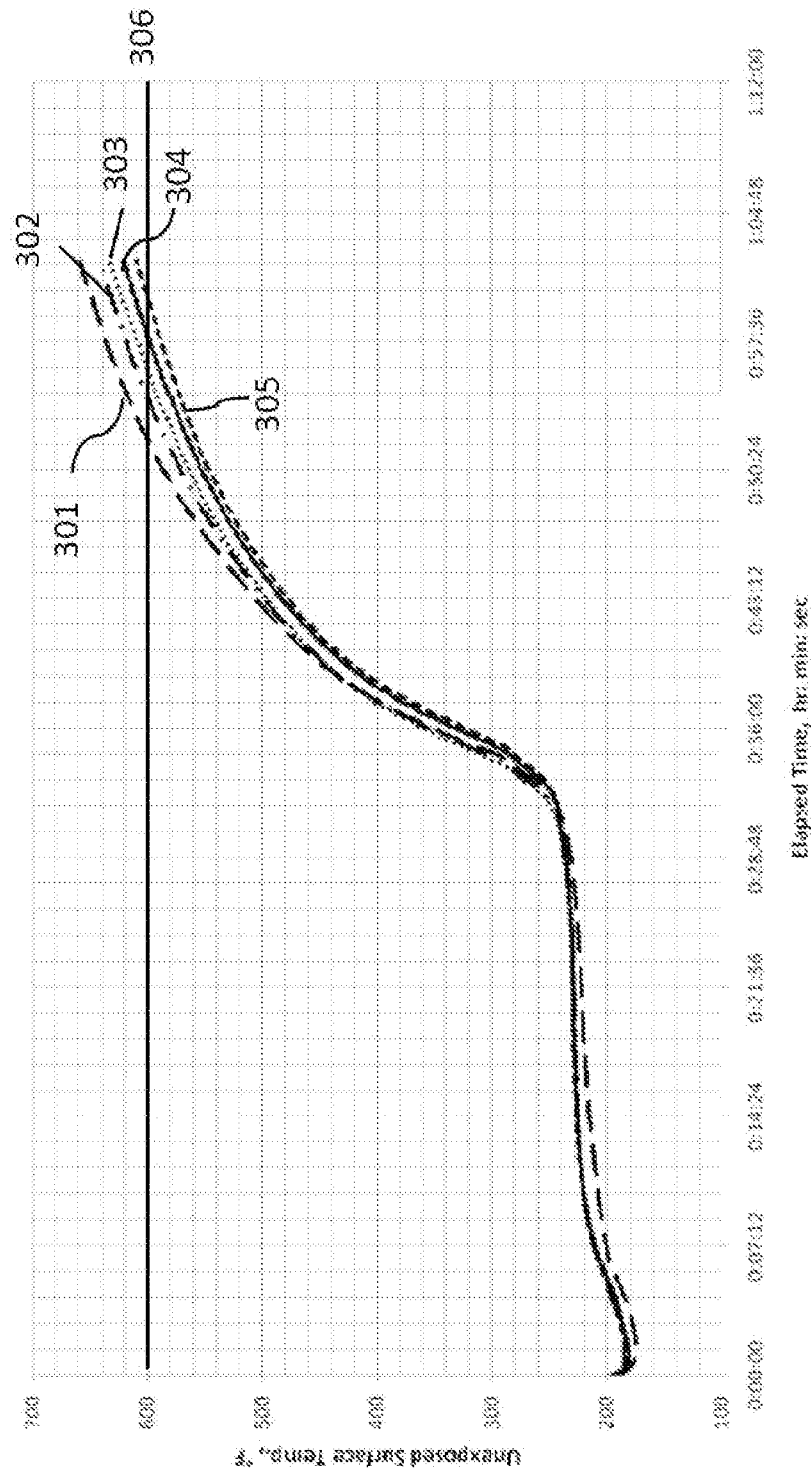
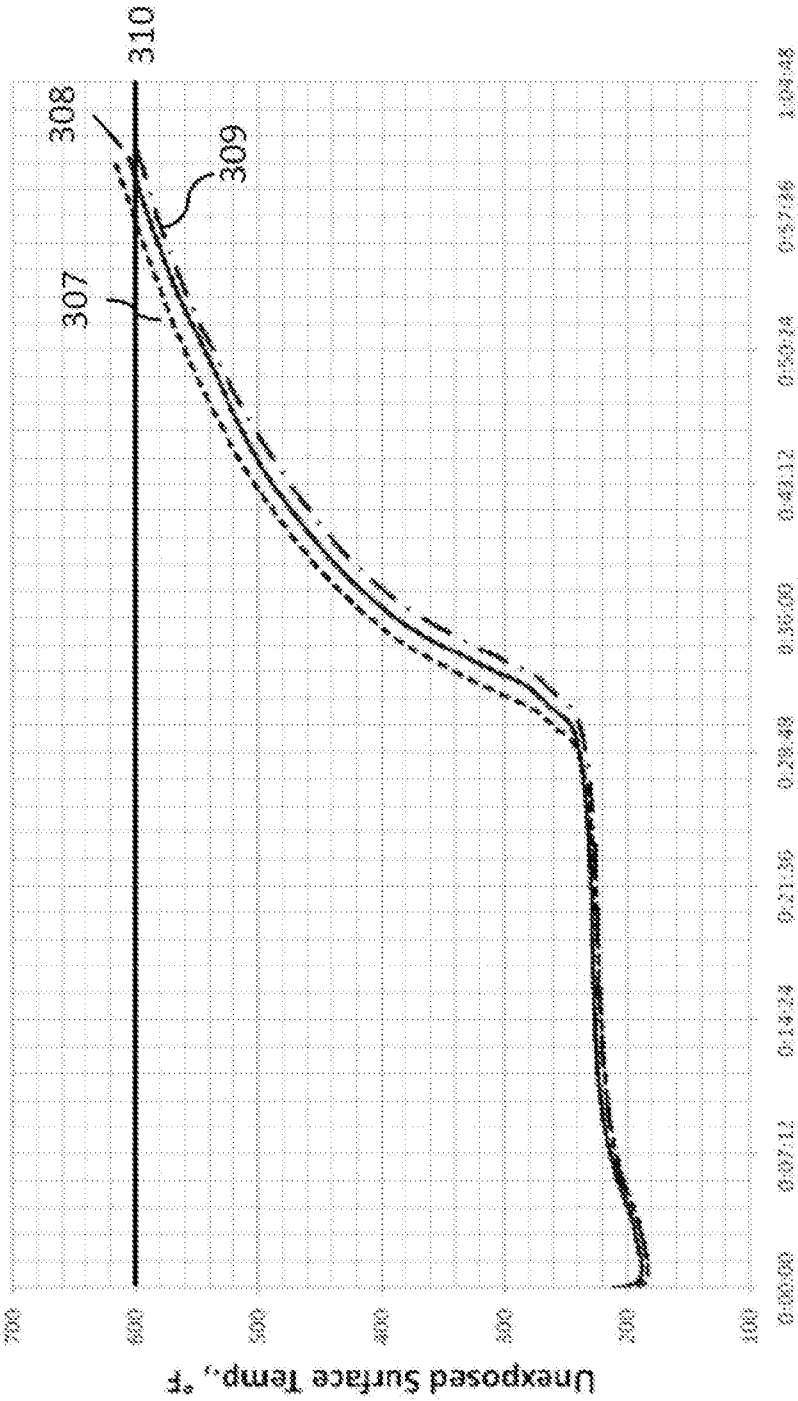


FIG. 5



Elapsed Time, hr: min: sec

FIG. 6

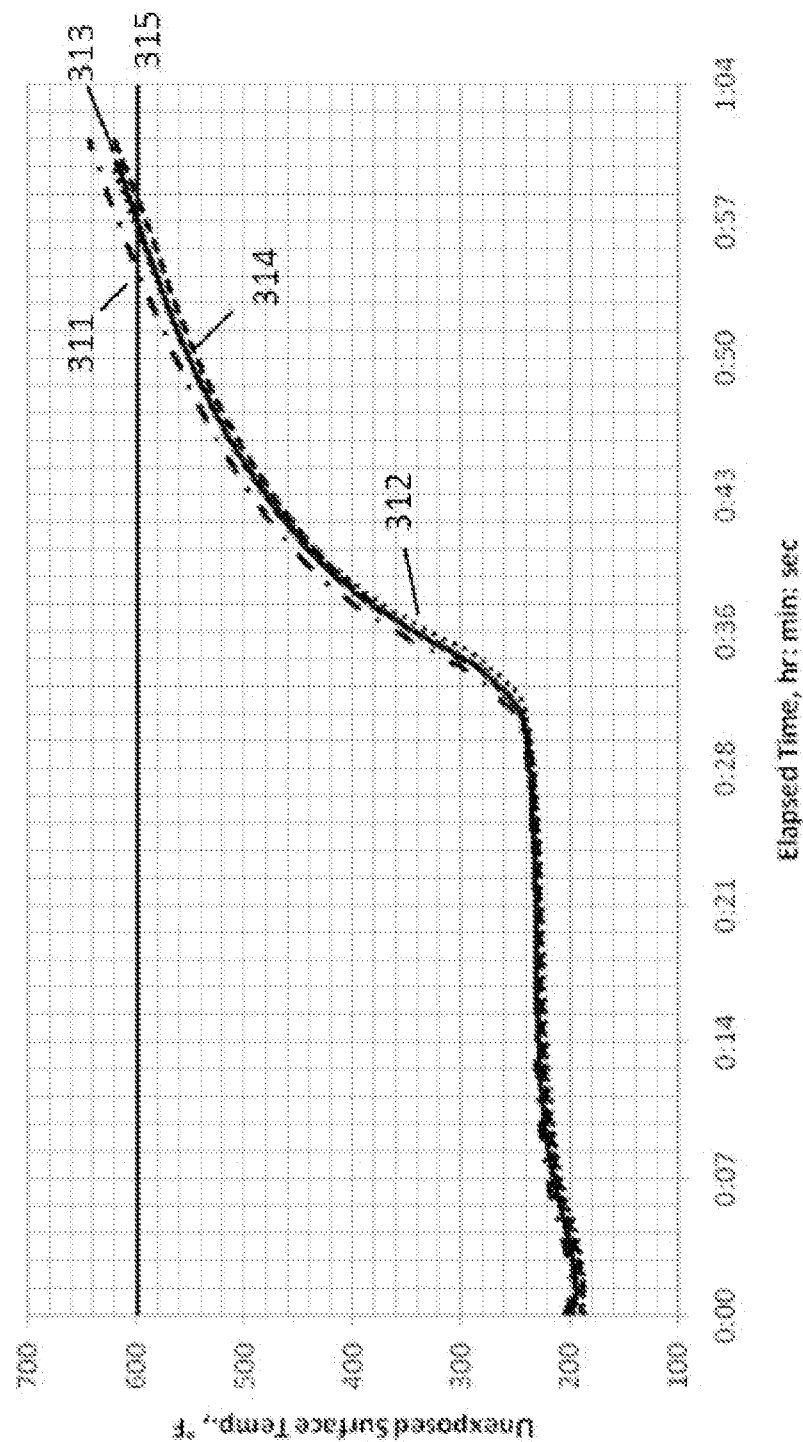


FIG. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2014/060332

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. C04B28/14

ADD. C04B111/00 C04B111/28 C04B111/30

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2004/065319 A2 (INNOVATIVE CONSTR & BUILD MAT [US]; POLLOCK JACOB FREAS [US]; TAGGE CH) 5 August 2004 (2004-08-05) abstract paragraphs [0033], [0121], [0217] -----	1-5,7-10
X	US 2011/195241 A1 (YU QIANG [US] ET AL) 11 August 2011 (2011-08-11) abstract paragraphs [0023], [0039], [0040], [0078] paragraph [0083]; table 1 paragraph [0085] paragraph [0123] - paragraph [0124]; example B; table 1 example B; table 2 examples C, D; table 3 claims 1,10 ----- -/-	1,2,7-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

4 February 2015

Date of mailing of the international search report

19/02/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kolb, Ulrike

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2014/060332

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2012/251813 A1 (YU QIANG [US] ET AL) 4 October 2012 (2012-10-04) abstract paragraph [0026]; example 1 example B; table 2 claims 1,6,9,16 -----	1,2,9,10
X	US 8 323 785 B2 (YU QIANG [US] ET AL) 4 December 2012 (2012-12-04) abstract column 8, line 57 - column 9, line 8 column 18, line 27 - column 19, line 4 claims 1,2,7,10,11 -----	1,2,6,9, 10
X	WO 2009/045948 A1 (UNITED STATES GYPSUM CO [US]; YU QIANG [US]) 9 April 2009 (2009-04-09) abstract page 44, line 1 - page 46, line 12 claims 1,6,10,12,15 -----	1,2,7,9, 10
X,P	WO 2014/066079 A2 (UNITED STATES GYPSUM CO [US]) 1 May 2014 (2014-05-01) abstract paragraphs [0051], [0054], [0055], [0108], [0109] claims 1,5,7,8 -----	1,2,6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2014/060332

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2004065319	A2	05-08-2004	CA 2514205 A1 EP 1594813 A2 MX PA05007836 A WO 2004065319 A2	05-08-2004 16-11-2005 18-10-2005 05-08-2004
US 2011195241	A1	11-08-2011	AR 085491 A1 AU 2012222183 A1 CA 2828277 A1 CN 103596901 A EP 2678290 A1 JP 2014510854 A KR 20140022381 A TW 201237241 A US 2011195241 A1 US 2013101838 A1 WO 2012116313 A1	09-10-2013 10-10-2013 30-08-2012 19-02-2014 01-01-2014 01-05-2014 24-02-2014 16-09-2012 11-08-2011 25-04-2013 30-08-2012
US 2012251813	A1	04-10-2012	AU 2006258027 A1 BR PI0612051 A2 CA 2607896 A1 CN 101203345 A CN 102617183 A CN 102776978 A EP 1893374 A2 JP 3187401 U JP 5518332 B2 JP 2008543705 A JP 2013177306 A JP 2014159371 A KR 20080044231 A KR 20130041356 A KR 20140089387 A NZ 562916 A US 2006278133 A1 US 2010139528 A1 US 2010239886 A1 US 2012251813 A1 US 2013248078 A1 US 2014186643 A1 WO 2006135707 A2	21-12-2006 13-10-2010 21-12-2006 18-06-2008 01-08-2012 14-11-2012 05-03-2008 28-11-2013 11-06-2014 04-12-2008 09-09-2013 04-09-2014 20-05-2008 24-04-2013 14-07-2014 31-03-2011 14-12-2006 10-06-2010 23-09-2010 04-10-2012 26-09-2013 03-07-2014 21-12-2006
US 8323785	B2	04-12-2012	AR 085492 A1 AU 2012222102 A1 CA 2828308 A1 CN 103562153 A EP 2678289 A1 EP 2781492 A2 JP 2014511333 A KR 20130126712 A KR 20140051464 A TW 201237240 A US 2012219785 A1 US 2013068364 A1 US 2014158273 A1 WO 2012116325 A1	09-10-2013 10-10-2013 30-08-2012 05-02-2014 01-01-2014 24-09-2014 15-05-2014 20-11-2013 30-04-2014 16-09-2012 30-08-2012 21-03-2013 12-06-2014 30-08-2012
WO 2009045948	A1	09-04-2009	AR 068668 A1 CA 2700401 A1	25-11-2009 09-04-2009

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2014/060332

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
		CL 2014000776 A1	18-07-2014
		CN 101848806 A	29-09-2010
		CN 103057199 A	24-04-2013
		CO 6270349 A2	20-04-2011
		EP 2209617 A1	28-07-2010
		JP 2010540400 A	24-12-2010
		JP 2013209287 A	10-10-2013
		RU 2010115242 A	10-11-2011
		TW 200920712 A	16-05-2009
		TW 201433450 A	01-09-2014
		US 2008090068 A1	17-04-2008
		WO 2009045948 A1	09-04-2009

WO 2014066079	A2	01-05-2014	
		TW 201416225 A	01-05-2014
		US 2014113128 A1	24-04-2014
		WO 2014066079 A2	01-05-2014

Power of Attorney

Poder

The undersigned,

El suscrito,

United States Gypsum Company

domiciled in

domiciliado en

550 West Adams Street
Chicago, IL 60661-3676

by means of this document hereby grants to **J. Ian Raisbeck, identified with Citizenship Identification No. 79.376.996 and Professional Card No. 135.799, and/or Natalia Castro, identified with Citizenship Identification No. 52.008.577 and Professional Card No. 70.997**, full and sufficient Power of Attorney to file, prosecute, obtain, defend and enforce, where applicable, any and all of the company's Patents for Inventions, Patents for Utility Models, ~~Layout Designs (topographies) of Integrated Circuits, Industrial Designs, Trademarks, Slogans, Trade Names, Commercial Emblems, Geographical Indications, Obtainer's Certificates, Copyrights, Domain Names, Trade Secrets, Health Registrations, or any other intellectual property right~~ in the Republic of Colombia, to which end it empowers them to take all steps necessary before any administrative or judicial authority of any class for the objects stated, to file petitions, recourses, replies and oppositions, pay taxes and annuities, request testimonies, receive documents and securities, abandon applications, collect refunds, desist, settle, conciliate or negotiate. Sufficient power is hereby granted to receive notifications on behalf of the Company, to answer before any authority in the matter of all claims and demands that may be presented in connection with the objects stated, giving them likewise power to substitute this power and revoke such substitutions.

por medio del presente otorga a **J. Ian Raisbeck, identificado con Cédula de Ciudadanía No. 79.376.996 y con Tarjeta Profesional 135.799, y/o Natalia Castro, identificada con Cédula de Ciudadanía No. 52.008.577 y con Tarjeta Profesional No. 70.997**, poder amplio y suficiente para presentar, ~~tramitar, obtener, defender y hacer respetar, en lo aplicable, todas y cualquiera de las Patentes de Invención, Patentes de Modelo de Utilidad, Esquemas de Trazados de Circuitos Integrados, Diseños Industriales, Marcas, Lemas Comerciales, Nombres Comerciales, Enseñas Comerciales, Denominaciones de Origen, Certificados de Obtentor, Derechos de Autor, Nombres de Dominio, Secretos Empresariales, Registros Sanitarios, o cualquier otro bien de propiedad intelectual~~ de la compañía en la República de Colombia, a cuyo efecto ~~los faculta para dar todos los pasos necesarios ante cualquier autoridad administrativa o judicial de cualquier jerarquía para cumplir con lo encomendado, elevar solicitudes, recursos, respuestas y oposiciones, pagar impuestos y anualidades, solicitar testimonios, recibir documentos y valores, desistir, transigir, y percibir. Se concede poder bastante para recibir notificaciones a nombre de la compañía, responder ante cualquier autoridad a todas las reclamaciones o demandas que por motivo de lo encomendado se presentaren, dándoles asimismo facultad para sustituir el presente y revocar dichas sustituciones.~~

Name/Nombre: Pradip K. Sahu, Senior Intellectual Property Counsel

Signature/Firma:

Date/Fecha: 11/February/2016

City/Country/Ciudad,País: Chicago/United States of America

RESUMEN

Se describen una composición de yeso, una placa y un método para producir una placa de yeso con mayor resistencia al fuego. La composición que contiene yeso fraguado se puede usar para preparar una placa de yeso que tiene resistencia al fuego, en función de relaciones de agua con respecto a estuco particulares.

FIG. 1

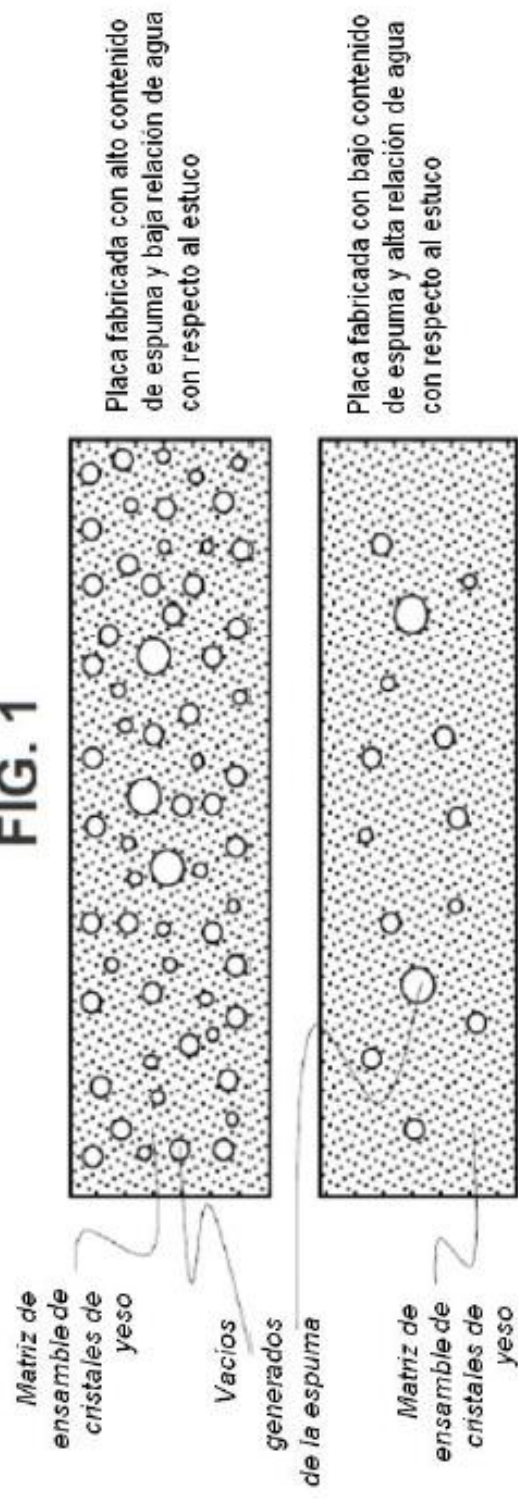
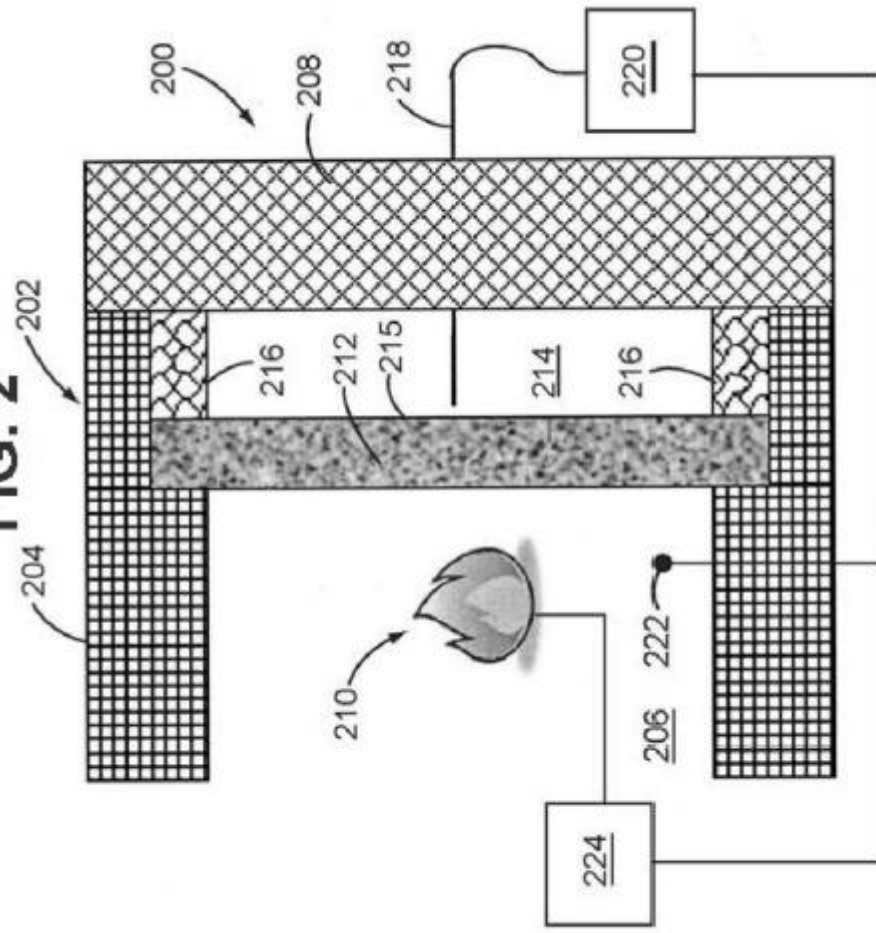
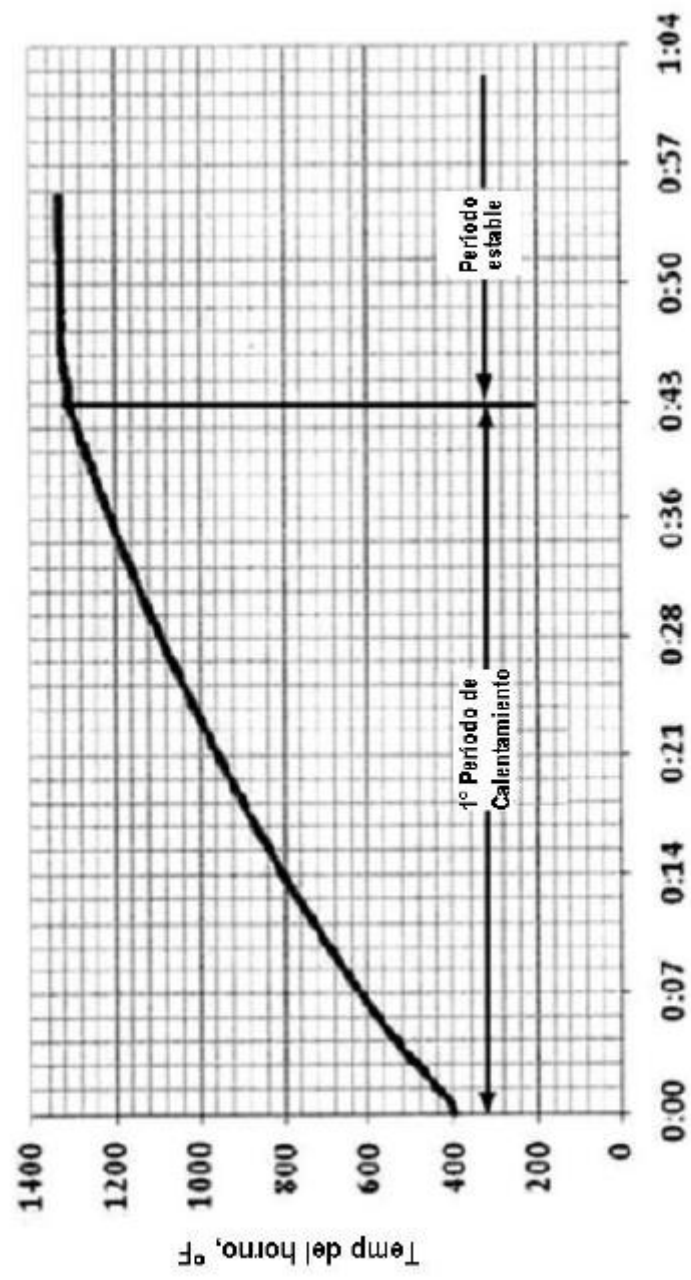


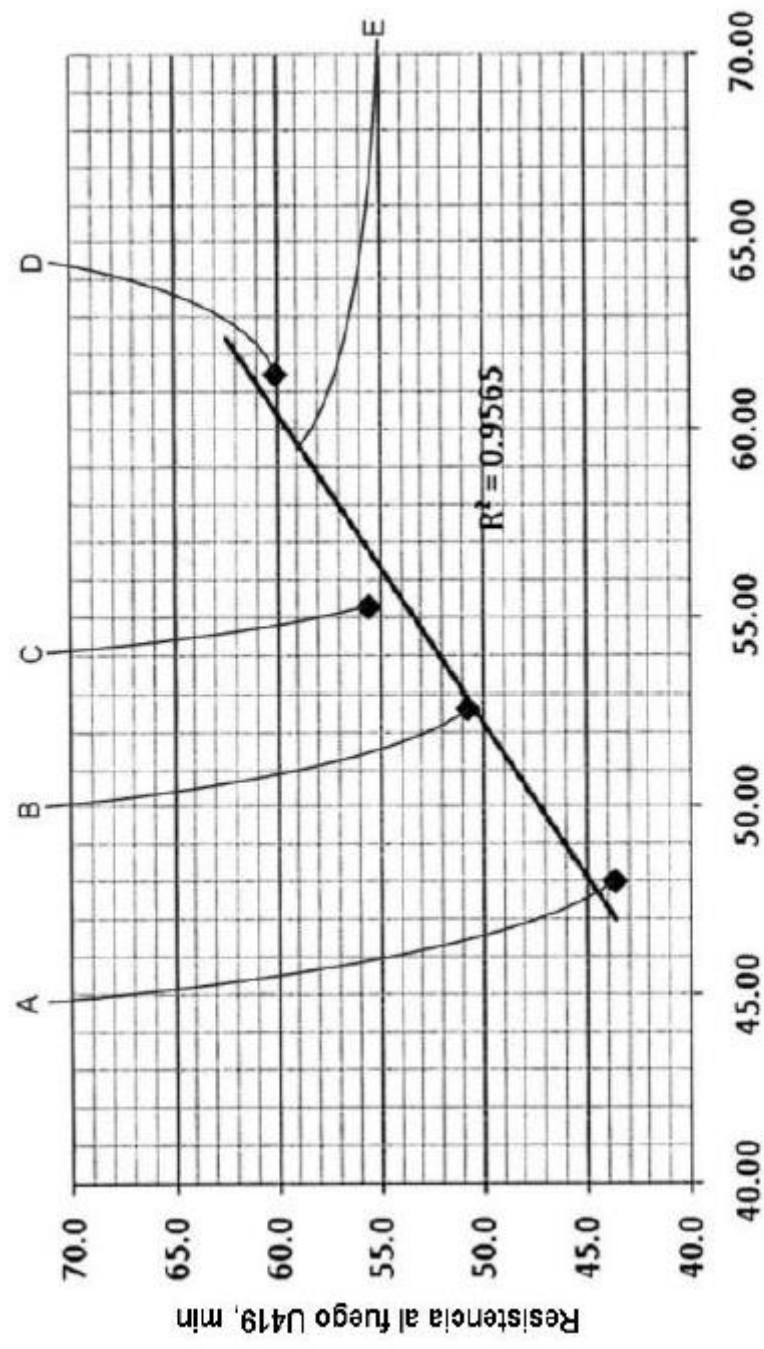
FIG. 2





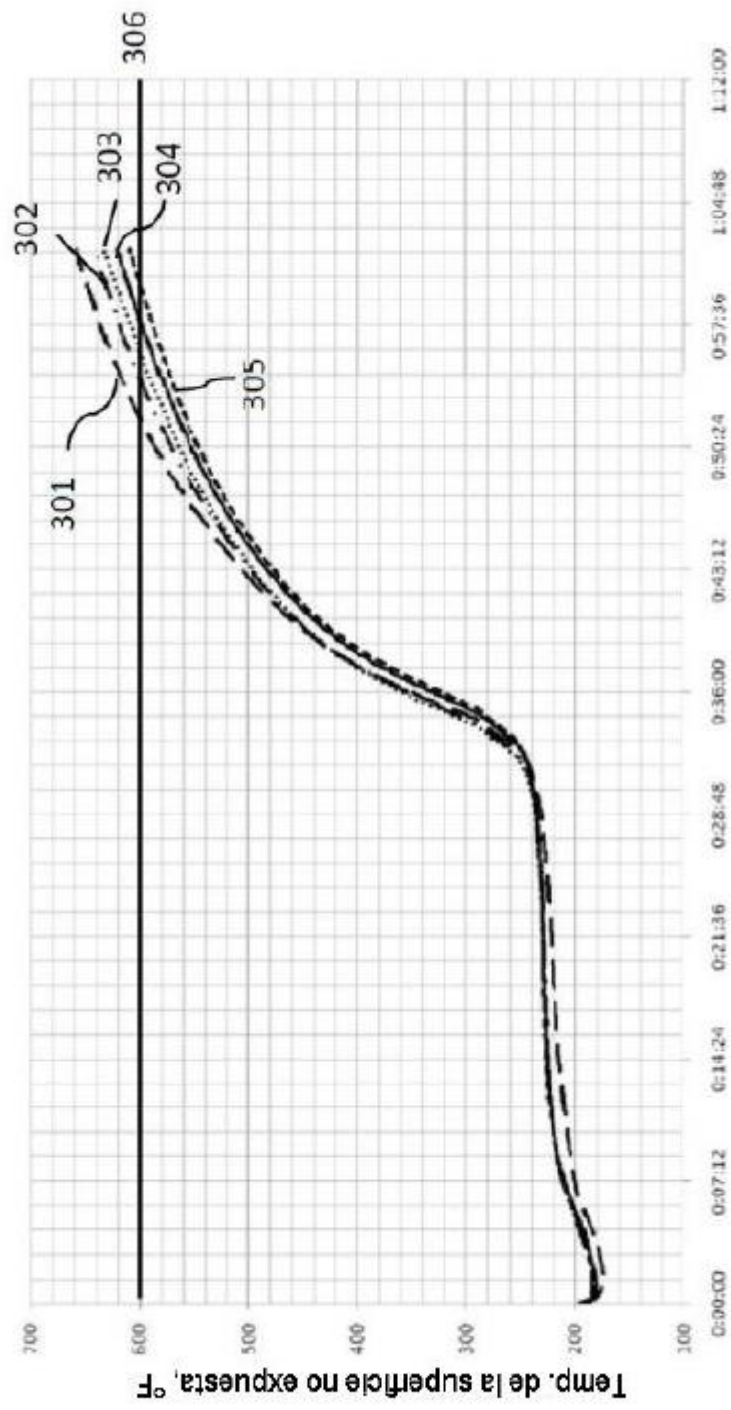
Tiempo, min

FIG. 3

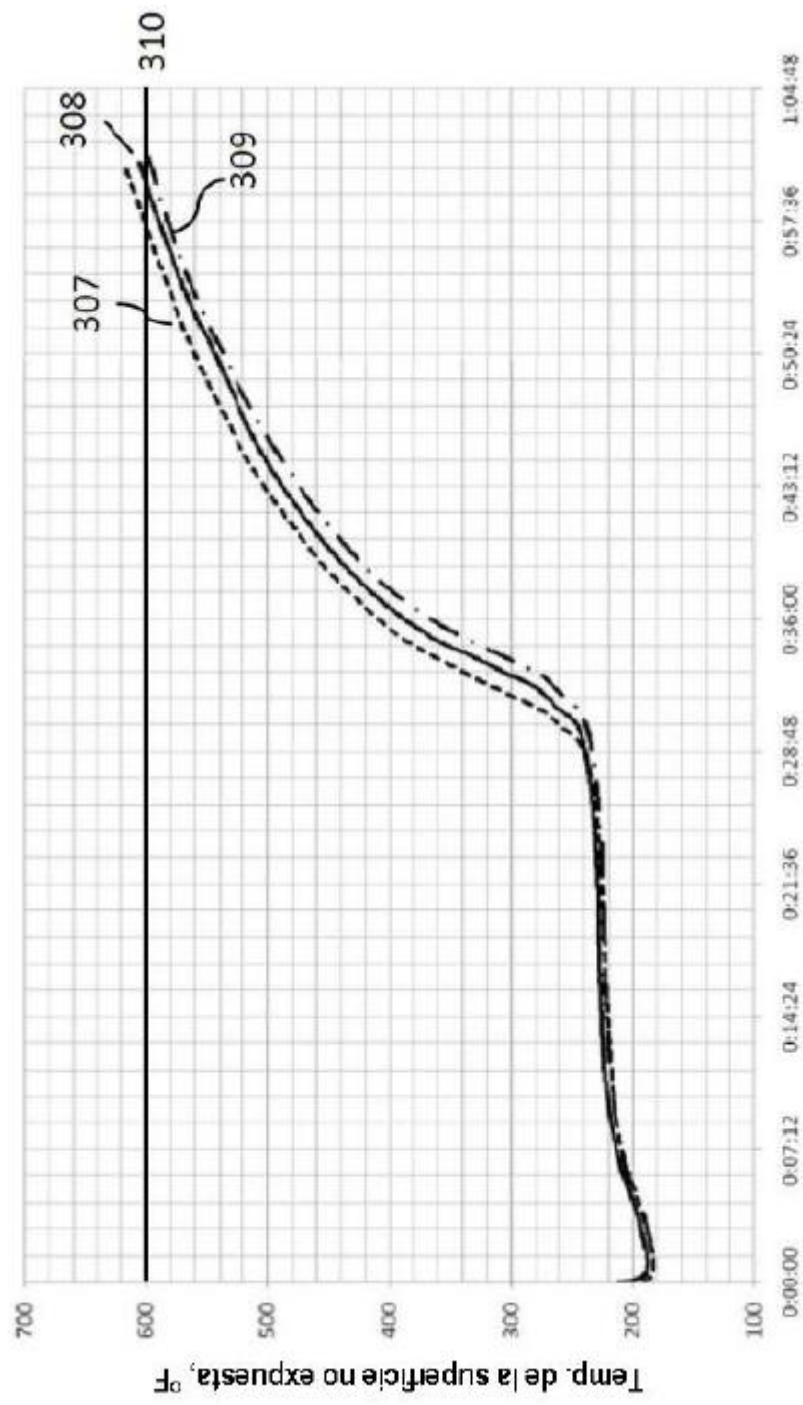


Índice de resistencia al fuego con prueba de fuego a pequeña escala, min

FIG. 4



Tiempo transcurrido, h: min: seg
FIG. 5



Temp. de la superficie no expuesta, °F

FIG. 6

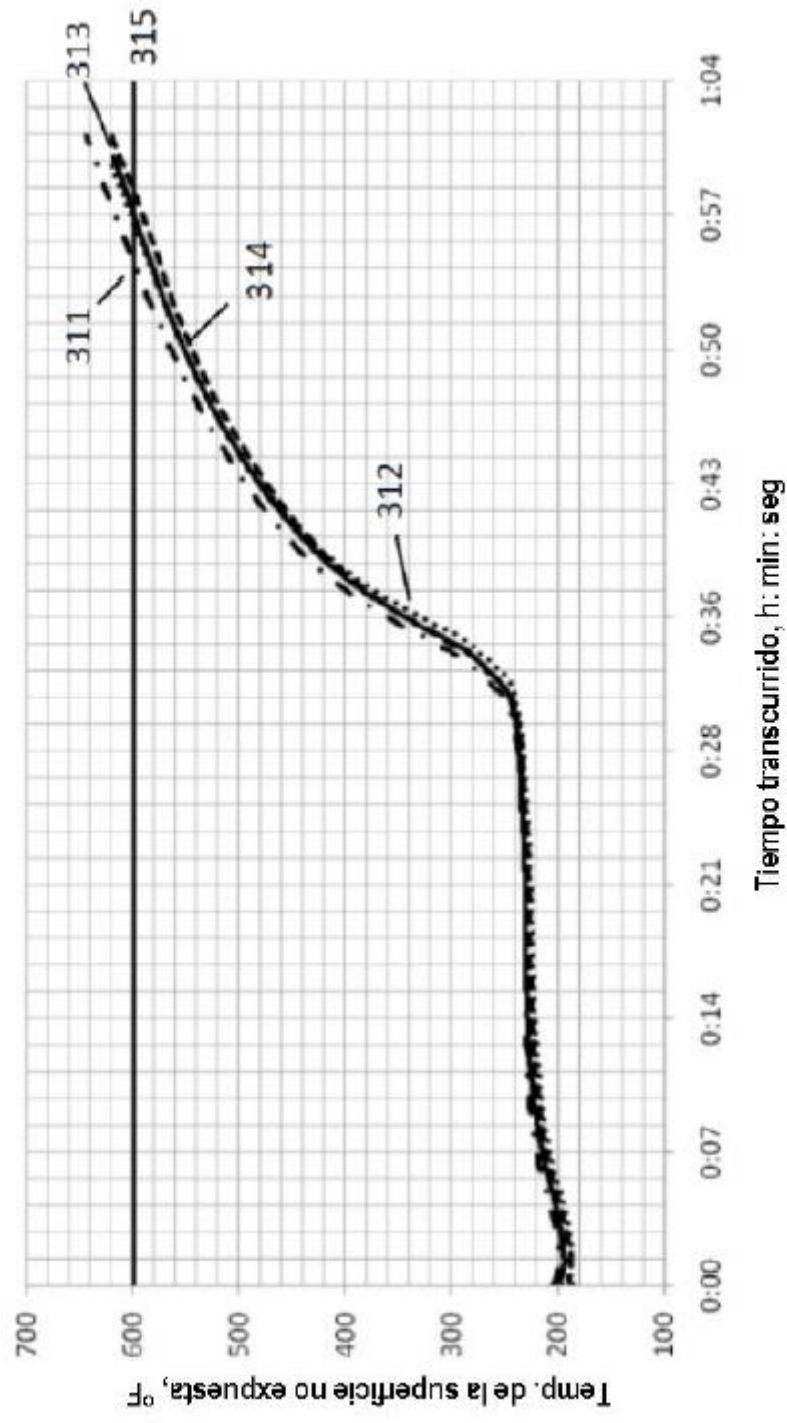


FIG. 7