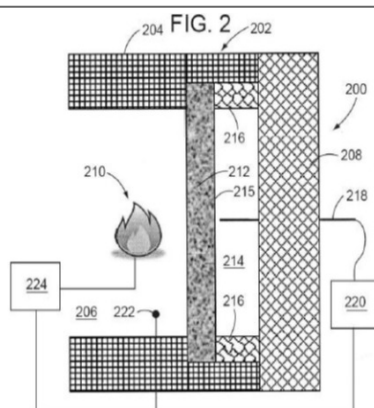


DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

SOLICITUD FASE NACIONAL - PCT



1	Título de la Invención (200 caracteres o espacios máximos)		
MÉTODO DE PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE RESISTENCIA AL FUEGO DE UN PANEL			
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,
Illinois 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. LECKIE Scott

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

3. SONG Weixin D.

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

4. CHAN Cesar

ESTADOS UNIDOS DE AMERICA

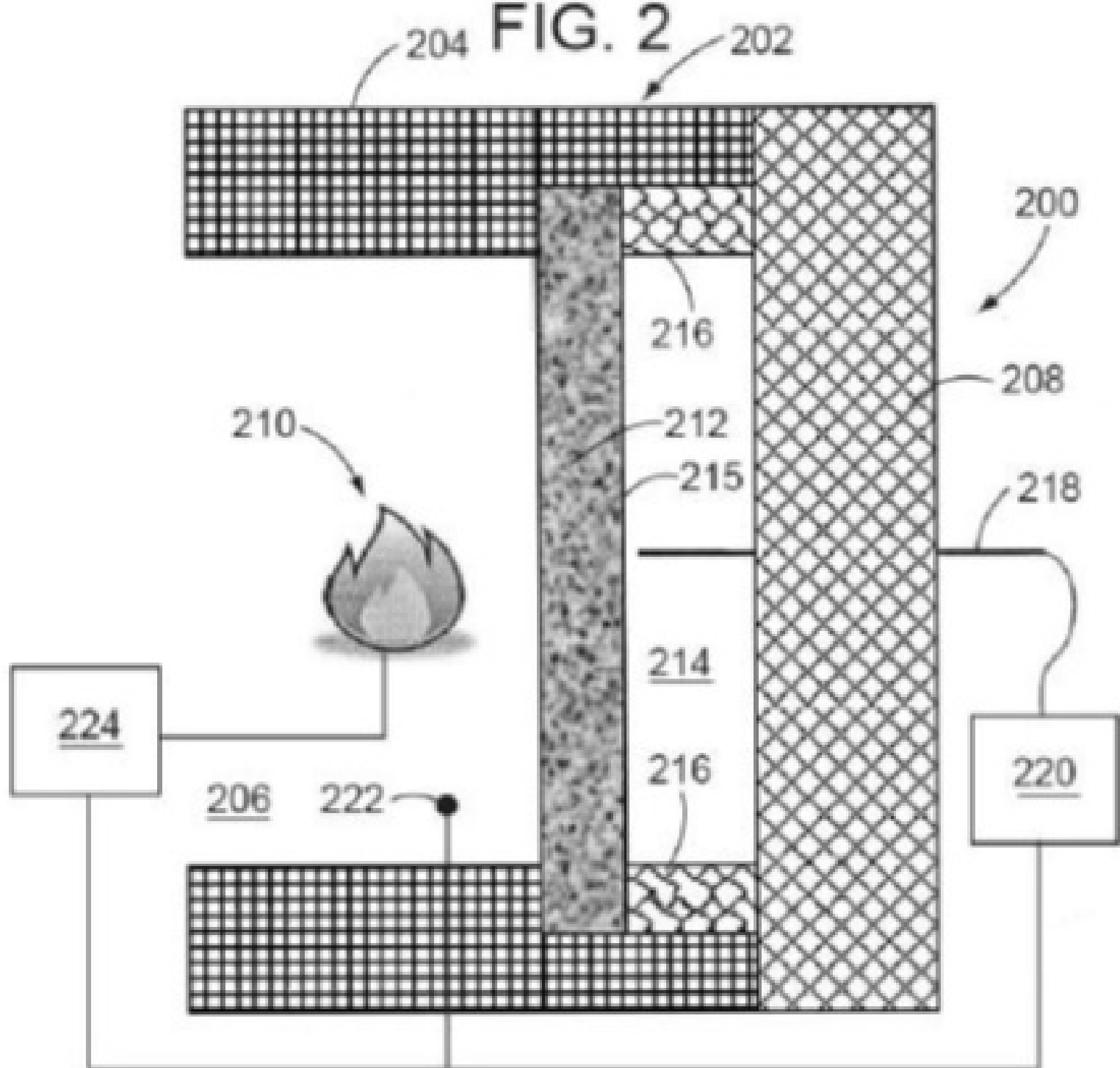
6

Datos Inventor(es)

	País de Residencia	Departamento/Estado	Ciudad	Dirección
1.	ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	ILLINOIS	NAPERVILLE	507 Bourbon Lane, Naperville, Illinois 60565 (US)
2.	ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	ILLINOIS	MCHENRY	6605 Ayre Dr., McHenry, Illinois 60050 (US)
3.	ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	ILLINOIS	VERNON HILLS	125 S. Old Creek Rd., Vernon Hills, Illinois 60061 (US)
4.	ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	ILLINOIS	LIBERTYVILLE	1213 Spruce Ct., Libertyville, Illinois 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/US2014/060328	Fecha Solicitud:	14/10/2014

Número Publicacion:		WO2015/057598		Fecha Publicacion:		23/04/2015	
9	Declaraciones de prioridad			☒ SI ☐ NO			
1.	(33) País de origen ESTADOS UNIDOS DE AMERICA	Codigo del país US	(31) No. Solicitud 14/054,649	(32) Fecha 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. 2



MÉTODO DE PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE RESISTENCIA AL FUEGO DE UN PANEL

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 14/054.649, presentada el 15 de octubre de 2013, que se incorpora por referencia.

ANTECEDENTES

[0001] La resistencia al fuego del panel de yeso es generalmente un procedimiento de prueba estandarizado que se puede realizar para diversos tipos de construcciones de paredes. La prueba típica se realiza para determinar el tiempo requerido para una estructura de pared pasiva, que incluye placas de yeso ensambladas en estructuras, en fallar cuando se expone a un fuego estándar. La resistencia al fuego de un sistema puede depender de diversos factores, por ejemplo, el tipo y el grosor de la placa de yeso usada en el sistema, la estructura y/o grosor de la pared, el tipo de estructuras usado para construir la pared, la separación de la estructura, el tamaño y la orientación de la placa de yeso, el uso del aislamiento en la cavidad de la pared, carga de la pared, entre otros. Para evaluar objetivamente la resistencia al fuego de las estructuras de pared, se desarrollaron pruebas estandarizadas para algunas de las estructuras de pared comúnmente usadas.

[0002] Los montajes más comunes son tres diseños de prueba definidos por Underwriters Laboratories, Inc. (UL[®]), una prueba de terceros y una agencia de certificación. Estas pruebas comunes, que se denominan U305, U419 y U423, evalúan ensambles de pared con el uso de estructuras de madera o metal para paredes que tienen paneles ensamblados en ambos lados de las estructuras en diversos grosores de pared, donde las paredes pueden tener o no carga. Para que un promedio de ignifugacia se asigne a una placa particular, un tiempo mínimo de falla se debe exhibir por el panel antes de que ocurra la falla. En este contexto, la falla implica una pérdida de integridad de la pared debido al fuego o aumento excesivo de temperatura. Las fallas debido al aumento de temperatura excesiva se determinan cuando la temperatura promedio de la superficie no expuesta del panel aumenta más de 121,1 °C (250 °F) por encima de la temperatura ambiente, o cualquier termopar individual en el montaje de prueba aumenta más de 162,8 °C (325 °F) por encima de la temperatura ambiente.

[0003] El yeso es ampliamente usado en construcciones de edificios

residenciales y comerciales debido a su resistencia al fuego superior. La composición química del yeso es sulfato de calcio dihidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Las dos moléculas de agua en cristales de yeso están químicamente unidas y, en general, se denominan "agua cristalizada". Son estas dos moléculas de agua que hacen que el yeso sea de alta resistencia al calor. Al alcanzar alrededor de $101,7^\circ\text{C}$ (aproximadamente, 215°F), una molécula y media de agua se aleja de una molécula de yeso a medida que se convierte en hemihidratos ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$). Cuando la temperatura alcanza $121,1^\circ\text{C}$ (250°F), la media molécula de agua restante se pierde a medida que el yeso se convierte en anhidrita (conocido como estuco). Ambas reacciones son endotérmicas, que permiten la absorción de calor mediante el yeso a medida que se convierte de dihidrato a anhidro. El requisito de energía térmica combinado es de $9,828\text{e}+004$ calorías (390 BTU)/lb o 906 kJ/kg. Cada una de estas dos reacciones, como ocurre sucesivamente mientras se calienta una muestra, ocurre a su respectiva temperatura, de modo que una marca de temperatura exhibirá dos puntos de inflexión, uno cerca de $121,1^\circ\text{C}$ (250°F) y el otro cerca de 100°C (212°F). En el segundo punto de inflexión, la pendiente de la curva también cambiará en parte debido al calor latente para la evaporación de agua libre.

[0004] El proceso de pérdida de agua cristalizada se denomina comúnmente calcinación. Una vez que se completa la calcinación, la transferencia de calor a través de la placa de yeso se convierte en un proceso de transferencia de calor básico mediante conducción, convección y radiación. En un montaje de prueba de panel, el calor se transfiere primero desde el horno a la superficie de la placa expuesta mediante una combinación de convección, conducción y radiación. A medida que aumenta la temperatura de superficie del panel expuesto, el gradiente de la temperatura en la placa aumenta. Si el panel mantiene su integridad estructural durante un incendio, bloqueará efectivamente el paso de la llama y del aire caliente. Durante esta situación, el modo primario de transferencia de calor es la conducción a través de la placa. La transferencia de calor conductivo a través de la placa depende de la conductividad térmica del panel. Dentro de la cavidad formada entre los dos paneles en un ensamble de estructuras, el calor se transfiere principalmente mediante convección y conducción. La convección se atribuye a la circulación de aire dentro de la cavidad entre las dos placas en un ensamble de pared. La conducción de pared dentro de la cavidad de la pared también está presente durante las pruebas. En las superficies del panel no expuestas dentro de la cavidad, es decir, las porciones del panel expuestas entre las estructuras, el calor se transfiere desde el lado de la cavidad

hacia el lado del ambiente exterior, a una velocidad menor debido al gradiente de temperatura menor que existe entre la cavidad y la porción exterior de la pared.

[0005] Los promedios de ignifugacia se obtienen generalmente al realizar la prueba de fuego en tamaño estándar (al menos 100 ft² del área de pared) en un laboratorio de prueba de fuego certificado según los estándares ASTM. La prueba consume mucho tiempo y es costosa. Además, la escala de pruebas estándares no es completamente adecuada para las pruebas en laboratorio de muestras de paneles durante el desarrollo del nuevo producto, la prueba de control de calidad de fin de línea, o similares. Estas y otras desventajas de los métodos y sistemas de prueba estandarizados se pueden superar según la presente descripción.

SÍNTESIS

[0006] En un aspecto, la descripción describe un método para prever el comportamiento ante el fuego en paneles es una prueba estándar. El método incluye montar una muestra de un panel que se debe evaluar en un accesorio, de modo que un lado de la muestra se expone a una fuente de calor. Se crea una cavidad entre la muestra y el accesorio, de modo que la muestra se dispone entre la fuente de calor y la cavidad. La temperatura se mide y se monitorea en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad con el tiempo. Se registra una serie de lecturas de temperaturas usando un medio legible por computadora y se analiza, al menos en parte, al crear una marca de temperatura de la serie de lecturas de temperaturas con el tiempo. Se determina un índice de tiempo en el cual la temperatura alcanza un umbral de temperatura predeterminado en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad. El índice de tiempo se correlaciona con un comportamiento ante el fuego de prueba estándar usando un medio legible por computadora y, en función de la correlación, se prevé el comportamiento ante el fuego del panel en un procedimiento de prueba estándar.

[0007] En otro aspecto, la descripción detalla un método para evaluar la resistencia y/o el comportamiento ante el fuego de una muestra del panel. El método incluye el montaje de la muestra del panel a lo largo de una abertura de una cámara de un horno envolvente que tiene control de temperatura, en donde un lado de la muestra del panel se expone a una temperatura del horno. Se crea una cavidad entre la muestra del panel y una puerta del horno configurada para encerrar la cámara. Se mide una temperatura de muestra en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad con el tiempo. La temperatura de muestra se monitorea y se registra respecto del tiempo mediante el uso de un medio de almacenamiento legible por computadora.

Se analiza la información de temperatura de muestra, al menos en parte, al crear una marca de temperatura y determinar un índice de tiempo en el cual la temperatura de muestra alcanza un umbral de temperatura predeterminado. El índice de tiempo se correlaciona con un comportamiento ante el fuego de prueba estándar usando un medio legible por computadora y, en función de la correlación, se prevé el comportamiento ante el fuego del panel en un procedimiento de prueba estándar.

[0008] Aun en otro aspecto, la descripción detalla un método para producir un panel. El método incluye construir una estructura de panel compuesta en una instalación de fabricación usando un lote particular de lechada de yeso, para formar una porción del núcleo de la estructura de panel compuesta. Se extrae una muestra de la estructura de panel compuesta. La muestra se evalúa en una prueba a pequeña escala de modo que se puede extrapolar un comportamiento ante el fuego de la estructura de panel compuesta en una prueba a escala real. En una forma de realización, la prueba a pequeña escala se realiza al montar la muestra en un accesorio, de modo que un lado de la muestra se expone a una fuente de calor, y se crea una cavidad entre la muestra y el accesorio, en donde la muestra se dispone entre la fuente de calor y la cavidad, y se mide la temperatura en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad con el tiempo. Se monitorea la temperatura con el tiempo y se registra una serie de lecturas de temperaturas con el uso de un medio legible por computadora. Se analiza la serie de lecturas de temperaturas, al menos en parte, al crear una marca de temperatura de una serie de lecturas de temperaturas con el tiempo, y al determinar un índice de tiempo en el cual la temperatura alcanza un umbral de temperatura predeterminado en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad. Se correlaciona el índice de tiempo con la prueba a escala real mediante el uso del medio legible por computadora y, en función de la correlación, se predice un comportamiento ante el fuego de la estructura de panel compuesta en la prueba a escala real. La estructura de panel compuesta se lanza a la venta para los consumidores cuando se predice que el comportamiento ante el fuego de la estructura de panel compuesta está dentro de los parámetros aceptables.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0009] La Figura 1 ilustra una sección transversal de un panel de acuerdo con la descripción.

[0010] La Figura 2 ilustra una vista lateral de un sistema que forma placas de acuerdo con la descripción.

[0011] La Figura 3 ilustra una vista aérea de un sistema que forma placas de

acuerdo con la descripción.

[0012] La Figura 4 es una marca de temperatura representativa para una muestra evaluada de acuerdo con la descripción.

[0013] La Figura 5 es un gráfico que ilustra una correlación entre los métodos de prueba de acuerdo con la descripción.

[0014] La Figura 6 es una marca de temperatura para muestras tratadas y no tratadas de acuerdo con la descripción.

[0015] La Figura 7 es una marca de temperatura para muestras tratadas y no tratadas evaluadas en una prueba estándar.

[0016] La Figura 8 es un diagrama de flujos para un método de prueba de acuerdo con la descripción.

Descripción detallada

[0017] La presente descripción se aplica a pruebas a pequeña escala de resistencia al fuego de placas, tales como en un laboratorio o para el control de calidad en operaciones de fabricación de placas. La presente descripción describe un sistema y un método para pruebas de fuego a pequeña escala, que son útiles para prever las pruebas de resistencia al fuego estándares a escala real en paneles. La prueba a pequeña escala se puede implementar para prever el comportamiento de diversos tipos de placas para fines de investigación y control de calidad. Por ejemplo, un sistema de prueba y/o un método de prueba como el que se describe en la presente pueden ser usados por el fabricante para evaluar diferentes lotes de producción para garantizar la calidad del producto consistente y el ajuste a las especificaciones de diseño, una tarea que era imposible o que consumía mucho tiempo y era costosa con los métodos de prueba conocidos.

[0018] En una forma de realización descrita, el dispositivo de prueba de fuego a pequeña escala o el accesorio de prueba incluye un horno envolvente con control de temperatura. Como se usa en la presente, el horno envolvente se refiere a un horno en el cual la muestra que se somete al calor se aísla de la fuente de calor, por ejemplo, combustible, y de todos los demás productos de combustión, tales como gases de combustión y ceniza. En los equipos que se describen en la presente, una muestra de panel se ubica en un horno envolvente para la realización de pruebas, de modo que un lado del panel se expone al calor. El horno envolvente incluye una puerta aislante que forma una cavidad entre la muestra del panel y la superficie aislante. Se ubica un termopar en el lado del panel que es opuesto al lado de exposición al calor, y un medio legible por computadora o, de otro modo, un dispositivo de adquisición de datos

digitales registra la temperatura de la superficie del panel con el tiempo.

[0019] En un método para evaluar el panel, se usan los datos adquiridos de la muestra del panel que se somete a prueba en el horno envolvente para generar curvas de temperatura-tiempo, que se analizan para calcular un índice que es indicativo de una resistencia al fuego prevista de la muestra del panel, en una prueba de fuego a escala real. Estos sistemas y métodos serán descritos con mayor detalle en el contexto de pruebas de panel, pero debe considerarse que los sistemas y los métodos descritos son aplicables para la predicción de la resistencia al fuego de otros materiales, además de los paneles descritos en la presente.

[0020] Una sección transversal de un segmento de la placa 100 se muestra en la Figura 1. El segmento de la placa 100 puede ser un segmento de una placa hecha por el depósito de una capa cementicia 104, generalmente aplicada en forma de lechada, entre la primera y la segunda capa de papel 106 y 108. En la ilustración de la Figura 1, la primera capa de papel 106 puede ser una capa de papel trasera y la segunda capa de papel 108 puede ser una capa de papel frontal pero estas capas pueden estar invertidas. Cuando el segmento de la placa 100 está en uso, la capa de papel frontal 108 puede estar dispuesta para enfrentar el interior de un espacio interior del ambiente, y la cara trasera 106 puede enfrentar la parte externa del ambiente. Así, cuando la capa de papel frontal 108 puede incluir el compuesto de acabado, la pintura y otros tratamientos sobre ella, la capa trasera 106 puede, generalmente, permanecer descubierta. Como se puede observar, el segmento de la placa 100 es una estructura compuesta, pero debe considerarse que para otros tipos de placas, por ejemplo, cielo rasos, que no son, generalmente, estructuras compuestas, solo se puede usar una capa de papel trasera o ningún tipo de capa.

[0021] Además de las pruebas a escala real estandarizadas para el calentamiento de placas y la resistencia al fuego, como se describió anteriormente, una prueba a pequeña escala se puede usar para inferir el comportamiento de la placa. Las pruebas a pequeña escala existentes, que son útiles para determinar el tiempo de calcinación, es decir, el tiempo requerido para eliminar el agua libre y cristalizada del panel de yeso, no son adecuadas para prever el comportamiento ante el fuego de la placa en una prueba a gran escala. Esto sucede porque las pruebas a gran escala incluyen características de transferencia de calor que afectan la placa y que resultan de la conducción térmica a través del panel de yeso calcinado y la combustión de los compuestos orgánicos en el núcleo. Una prueba a pequeña escala conocida que no es adecuada para prever el comportamiento ante el fuego de las

pruebas a gran escala del panel es la prueba denominada "aislamiento térmico" (TI). La prueba de TI se desarrolló originalmente para determinar la velocidad de transferencia del calor a través de un panel de yeso, y se realiza al colocar un termopar entre dos discos de la muestra de placa con un diámetro de 100 mm (3,937 pulgadas). La muestra ensamblada se expone a una temperatura de 500 °C (932 grados Fahrenheit) en un horno, y las lecturas del termopar se monitorean con el tiempo. De esta información, el índice de TI se determina al calcular el tiempo para que la temperatura central de la muestra aumente de 40 a 200 °C (104 a 392 grados Fahrenheit).

[0022] Si bien la prueba de aislamiento térmico puede ser útil para medir la pureza del estuco y la cantidad de hidratación, no es adecuada para prever la resistencia al fuego del panel en todas las circunstancias. En un experimento, por ejemplo, un recubrimiento intumecente se aplicó a las muestras de la placa a una tasa de 10,89 - 36,74 kilogramos (24-81 lbs)/MSF. La prueba de aislamiento térmico indicó una mejora significativa del índice de TI con una tasa de aplicación creciente, pero cuando las muestras de placas recubiertas con 18,14 kilogramos (40 lb)/MSF se probaron de acuerdo con E119 para la resistencia al fuego en una prueba de fuego en tamaño estándar, los resultados fueron significativamente menores que los del control. Para fines de ilustración, cuando se tardaron 47-48 min para la muestra con recubrimiento intumescente en alcanzar la temperatura umbral en la prueba a escala real, se tardaron 53-54 min para la muestra de control.

[0023] La desventaja de la prueba de TI es la temperatura aplicada a la muestra de la prueba. El índice de aislamiento térmico se determina al calcular el tiempo requerido para calentar la muestra de 40 °C (104 °F) a 200 °C (392 °F). Tal prueba mide el tiempo de calcinación, que es el tiempo requerido para eliminar el agua libre y cristalizada del panel de yeso. En una prueba a escala real, y en las pruebas de control, el tiempo para la calcinación completa de la pared expuesta se completa dentro de los primeros 25 minutos de la prueba, lo que significa que la mayoría de la transferencia de calor a través de la pared expuesta se realiza después de la calcinación.

[0024] Otra desventaja de la prueba de aislamiento térmico es que no se puede realizar a altas temperaturas porque los resultados de la prueba podrían ser distorsionados por el quemado de las capas de papel de la placa. En un experimento, por ejemplo, una curva de temperatura durante la prueba de aislamiento térmico mostró un pico máximo de alrededor de 871,1 °C (alrededor de 1600 °F), a pesar de

que el horno estaba configurado a 500 °C (932 °F). Ante la falta de problemas en la operación del horno o el sistema de control, se determinó que la lectura del aumento de la temperatura se ocasionó por la combustión de las capas de papel del panel en contacto con el termopar usado para la prueba.

[0025] Un aspecto notable de la presente descripción es la comprobación de que, fundamentalmente, la prueba de aislamiento térmico no simula el proceso de transferencia de calor en una prueba de fuego en tamaño estándar, que concluye que la prueba de aislamiento térmico no es adecuada para una correcta predicción de la resistencia al fuego del panel en varias situaciones. Por lo tanto, se ideó un sistema y un método de prueba alternativos para una mejor previsión del comportamiento del panel en condiciones de fuego y para el control de calidad del producto.

[0026] Un diagrama esquemático de un sistema de prueba 200 se muestra de acuerdo con la descripción, 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.

[0027] 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 estructuras 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.

[0028] Un termopar 218 u otro dispositivo de medición de temperatura se conecta cerca de la cara trasera 215 de la muestra durante la prueba. 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 medir 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.

[0029] 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.

[0030] 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, en donde una temperatura de la cámara deseada (°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 204,4 °C (alrededor de 400 °F) hasta una temperatura de alrededor de 772,8 °C, (alrededor de 1,423° F) y se mantiene a esa temperatura durante el resto de la prueba, que en el gráfico ilustrado continúa durante alrededor de 1 hora. Por eso, la prueba se realiza durante un primer periodo de calentamiento 226, y luego continúa durante un periodo estable 228, como se indica en el gráfico de la Figura 3.

[0031] 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 en tamaño 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 operar de 200 °C (392 grados Fahrenheit) a 773 °C (1423 grados Fahrenheit). La curva de temperatura real del horno envolvente en el borde frontal se muestra en la Figura 3.

[0032] Así, en una forma de realización, un método para prever el comportamiento del fuego en el panel en una prueba estándar comprende: (a) montar la muestra en un panel que se evaluará en un accesorio, de modo que un lado de la muestra se expone a una fuente de calor, (b) crear una cavidad entre la muestra y el accesorio, en donde la muestra se dispone entre la fuente de calor y la cavidad; (c) medir la temperatura en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad con el tiempo; (d) monitorear la temperatura con el tiempo y registrar una serie de lecturas de temperaturas con el uso de un medio legible por computadora; (e) analizar la serie de lecturas de temperaturas, al menos en parte, al crear una marca de temperatura de una serie de lecturas de temperaturas con el tiempo y al determinar un índice de tiempo en el cual la temperatura alcanza un umbral de temperatura predeterminado en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad; (f) correlacionar el índice de

tiempo con el comportamiento ante el fuego de la prueba estándar usando un medio legible por computadora; y (g) en función de la correlación, prever el comportamiento ante el fuego del panel en la prueba estándar.

[0033] En otra forma de realización, la prueba estándar incluye exponer un ensamble de pared de muestra construido al conectar dos capas de panel con estructuras, exponer un lado del ensamble de pared a una fuente de calor y monitorear un lado opuesto del ensamble de pared.

[0034] En otra forma de realización, la muestra tiene dimensiones predeterminadas.

[0035] En otra forma de realización, el accesorio incluye un horno envolvente que tiene una cámara interna sometida a calor y una puerta que encierra la cámara interna, en donde la muestra se monta de modo que se extiende a lo largo de una abertura de la cámara interna, y a una distancia de desvío de una abertura de puerta, y en donde la cavidad se define entre la muestra y la puerta, cuando la puerta está en una posición cerrada, a lo largo de la distancia de desvío.

[0036] En otra forma de realización, la exposición de la muestra a una fuente de calor incluye aumentar una intensidad de la fuente de calor y, por lo tanto, una temperatura de la fuente de calor, de acuerdo con un programa predeterminado.

[0037] En otra forma de realización, el programa predeterminado incluye una primera fase, en la cual la temperatura de la fuente de calor aumenta gradualmente durante un periodo predeterminado.

[0038] En otra forma de realización, la ubicación predeterminada dentro de la cavidad es adyacente pero no está en contacto con una superficie de la muestra.

[0039] En otra forma de realización, el panel es una estructura compuesta que incluye un núcleo elaborado con yeso y las caras elaboradas con papel, y en donde el umbral de temperatura predeterminado es lo suficientemente alto para garantizar que el material orgánico en el panel se haya quemado.

[0040] En otra forma de realización, la temperatura umbral predeterminada es de alrededor de 250 °C a alrededor de 800 °C (alrededor de 482 °F a alrededor de 1472 °F).

[0041] En otra forma de realización, la muestra posee características físicas y químicas que pueden cambiar entre los diferentes lotes de producción de paneles, en donde la muestra es representativa de tales características para un lote particular, en donde el comportamiento ante el fuego particular en una prueba estándar es un parámetro de diseño de paneles deseado, y en donde el método para evaluar es parte

de una prueba de calidad de fin de línea para el lote de producción de paneles particular.

[0042] En otra forma de realización, un método para evaluar la resistencia y/o el comportamiento ante el fuego de una muestra del panel comprende: (a) montar la muestra del panel a lo largo de una abertura de una cámara de un horno envolvente que tiene control de temperatura, en donde un lado de la muestra del panel se expone a una temperatura del horno; (b) crear una cavidad entre la muestra del panel y una puerta del horno configurada para encerrar la cámara; (c) medir una temperatura de muestra en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad con el tiempo; (d) monitorear y registrar la temperatura de muestra respecto del tiempo mediante el uso de un medio de almacenamiento legible por computadora; (e) analizar la información de temperatura de muestra, al menos en parte, al crear una marca de temperatura y determinar un índice de tiempo en el cual la temperatura de muestra alcanza un umbral de temperatura predeterminado; (f) correlacionar el índice de tiempo a un comportamiento ante el fuego de una prueba estándar usando un medio legible por computadora; y (g) en función de la correlación, prever el comportamiento ante el fuego del panel en la prueba estándar.

[0043]

[0044] En otra forma de realización, la prueba estándar incluye exponer un ensamble de pared de muestra construido al conectar dos capas de panel con varillas, exponer un lado del ensamble de pared a una fuente de llama y monitorear un lado opuesto del ensamble de pared.

[0045] En otra forma de realización, la ubicación predeterminada dentro de la cavidad corresponde a un centro geométrico de la muestra.

[0046] En otra forma de realización, se incrementa la temperatura del horno de acuerdo con un programa predeterminado.

[0047] En otra forma de realización, el programa predeterminado incluye una primera fase, en la que se incrementa la temperatura del horno de manera gradual durante un periodo predeterminado.

[0048] En otra forma de realización, la ubicación predeterminada dentro de la cavidad es adyacente a la superficie de la muestra que al menos de manera parcial define la cavidad.

[0049] En otra forma de realización, la muestra del panel es una estructura compuesta que incluye un núcleo elaborado con yeso y las caras elaboradas con papel, y en donde el umbral de temperatura predeterminado es lo suficientemente alto

para garantizar que el material orgánico en el panel se haya quemado.

[0050] En otra forma de realización, la temperatura umbral predeterminado es de alrededor de 250°C a alrededor de 800°C (alrededor de 482°F a alrededor de 1472°F).

[0051] En otra forma de realización, la muestra posee características físicas y químicas que pueden cambiar entre los diferentes lotes de producción de paneles, en donde la muestra es representativa de tales características para un lote en particular, en donde el comportamiento ante el fuego en particular en una prueba estándar es un parámetro de diseño de paneles deseado, y en donde el método para evaluar es parte de una prueba de calidad de fin de línea para el lote de producción de paneles en particular.

[0052] En otra forma de realización, un método para producir un panel comprende: (a) construir una estructura de panel compuesta en una instalación de fabricación usando un lote particular de lechada de yeso, para formar una porción del núcleo de la estructura de panel compuesta; (b) extraer una muestra de la estructura de panel compuesta; (c) evaluar la muestra en una prueba a pequeña escala, de modo que se puede extrapolar un comportamiento ante el fuego de la estructura de panel compuesta en una prueba a escala real, la prueba se realiza al: (i) montar la muestra en un accesorio de modo que un lado de la muestra se expone a una fuente de calor, crear una cavidad entre la muestra y el accesorio, en donde la muestra se dispone entre la fuente de calor y la cavidad; (ii) medir una temperatura en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad con el tiempo; (iii) controlar la temperatura con el tiempo y registrar una serie de lecturas de temperaturas con el uso de un medio legible por computadora; (iv) analizar la serie de lecturas de temperaturas, al menos en parte, al crear una marca de temperatura de una serie de lecturas de temperaturas con el tiempo y al determinar un índice de tiempo en el cual la temperatura alcanza un umbral de temperatura predeterminado en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad; (v) correlacionar el índice de tiempo con la prueba a escala real mediante el uso del medio legible por computadora; (vi) en función de la correlación, predecir un comportamiento ante el fuego de la estructura de panel compuesta en la prueba a escala real; y (vii) lanzar a la venta la estructura de panel compuesta para los consumidores cuando se prevé que el comportamiento ante el fuego de la estructura de panel compuesta está dentro de los parámetros aceptables.

[0053] 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.

Los siguientes ejemplos ilustran adicionalmente la invención pero, por supuesto, no se deberían interpretar como limitativos de su alcance de modo alguno. Se analizarán tres resultados de pruebas de ejemplo para ilustrar la eficacia del sistema de prueba 200 cuando se prevé el comportamiento ante el fuego de muestras de paneles en pruebas a escala real.

EJEMPLO 1

[0054] En este primer ejemplo, se deseó determinar la reproductibilidad de los resultados de pruebas. Como se sabe, la buena reproductibilidad es un prerequisite para que un método de pruebas nuevo se acepte para estudio científico o control de calidad. Para el presente proyecto, se requiere la excelente reproductibilidad para detectar cambios de temperatura menores causados por la formulación y estructura. En el proceso de mejora de la reproductibilidad de la prueba de fuego a pequeña escala nueva, se descubrió que la posición del termopar, por ejemplo, termopar 218 (Figura 2) es importante para reducir la variabilidad del perfil de temperatura en los resultados de pruebas. Con referencia a la disposición de las pruebas que se muestra en la Figura 2, se determinó que un gradiente de temperatura significativo desde la puerta 208 hasta la superficie 215 de la muestra 212 estaba presente dentro de la cavidad 214, en el rango de 10 - 26,67 °C (50-80 °F). Si la posición del termopar 218 no está fija, se producirá la variabilidad en las medidas debido a este gradiente de temperatura.

[0055] Para medir de una mejor manera las propiedades de la muestra y reducir el impacto de transferencia de calor a través de la cavidad 214, se colocó la punta sensible del termopar 218 cerca de la superficie 215 de la muestra pero sin entrar en ella. Medidas en muestras de ensayos indicaron que la prueba de fuego a pequeña escala tiene excelente reproductibilidad.

[0056] Un conjunto de datos adquirido de la configuración de prueba que se muestra en la Figura 2 para cuatro muestras diferentes se muestra en forma gráfica en el gráfico de la Figura 4. En el gráfico, el tiempo se grafica junto con el eje horizontal en formato de hora:minuto:segundo y la temperatura, expresada en grados F, se grafica junto con el eje vertical. Para cada muestra, el termopar 218 adquirió la temperatura (Figura 2), y se hizo funcionar al horno 202 en las mismas condiciones.

Como se puede observar en el gráfico, cada una de las cuatro marcas de temperatura se superponen de manera sustancial o están dentro de ± 2 % de una con la otra con respecto a las lecturas de mayor temperatura adquiridas. Las cuatro muestras que se evaluaron consistieron en piezas de paneles que se obtuvieron de diferentes lotes de producción. Las propiedades y las dimensiones de cada muestra se midieron y se proporcionan en la Tabla 1 a continuación, junto con una identificación de la marca de temperatura correspondiente para esa muestra como se muestra en la Figura 4.

Tabla 1

	Figura 4 representación	Peso base (lb/1000ft ²)	Grosor (pulgadas)
Muestra 1	Línea de guiones largos	1765	0,628
Muestra 2	Línea de guión-punto	1771	0,629
Muestra 3	Línea sólida	1767	0,629
Muestra 3	Línea de guiones cortos	1789	0,633

La prueba de las cuatro muestras indicó que el sistema de prueba de fuego a pequeña escala 200 (Figura 2) tiene excelente reproducibilidad.

EJEMPLO 2

[0057] Para el segundo ejemplo, se determinó un parámetro relacionado con el tiempo que caracteriza de manera cuantitativa el comportamiento esperado o previsto ante el fuego de muestras evaluadas, que se refiere en la presente como el Índice de Resistencia al Fuego (FEI), al considerar las marcas de temperatura. El FEI se usa para prever la resistencia al fuego de cada muestra correspondiente que se evaluó en virtud de la prueba de fuego a escala real de acuerdo con ASTM E119. El FEI se define como el tiempo que se requiere para alcanzar 315,6 °C (600 °F) en la parte posterior de la muestra de prueba en la prueba de fuego a pequeña escala. La temperatura de 315,6 °C (600°F) es arbitraria y puede variar para diferentes propósitos. Por ejemplo, la temperatura umbral predeterminado puede ser de alrededor de 250 °C a alrededor de 800 °C (alrededor de 482 °F a alrededor de 1472 °F). En las presentes formas de realización descritas, se seleccionó la temperatura umbral de 315,6 °C (600 °F) porque es una temperatura lo suficientemente alta que garantiza que la mayoría de las sustancias de combustible que se encuentran presentes en el núcleo del panel se hayan quemado lo suficiente de modo que se transfiera una cantidad máxima de calor a través de la placa. Además, a esta temperatura, se maximizará cualquier gradiente de temperatura a lo largo de una cavidad de pared dentro de un ensamble de pared de un montaje de prueba de fuego a escala real. Al menos desde estos aspectos, se seleccionó el tiempo que se requiere para que la superficie trasera de la muestra de prueba 212 (Figura 2) alcance aproximadamente 315,6 °C (600°F) como un indicio representativo del comportamiento ante el fuego de la muestra.

[0058] Se muestra una correlación entre el FEI para cuatro muestras diferentes, que se determinó mediante el uso de la prueba de fuego a pequeña escala de acuerdo con la presente descripción, y una prueba de fuego a escala real realizada de acuerdo con la prueba estándar UL[®] U419 que se muestra en la Figura 5. En esta

figura, los cuatro puntos que se etiquetan A, B, C y D se grafican contra dos ejes. El FEI, expresado en minutos, se grafica junto con el eje horizontal y la resistencia al fuego UL[®] U419 para cada muestra se grafica junto con el eje vertical. Por lo tanto, cada punto representa al FEI y a las resistencias al fuego UL[®] U419 de cada una de las cuatro muestras. Se ajusta una línea recta, E, entre los cuatro puntos. La línea, E, tiene una calidad de ajuste de $R^2=0,9565$, que indica la bondad del ajuste y, de esta manera, una buena correlación entre el FEI determinado para cada muestra y la resistencia al fuego UL[®] U419 correspondiente. De la misma manera, se pueden determinar las correlaciones para otros tipos de pruebas estándares, tales como para las pruebas UL[®] U305 y UL[®] U423.

EJEMPLO 3

[0059] En este tercer experimento, se determinaron y confirmaron el efecto del tratamiento resistente al fuego en placas así como la previsibilidad de resultados de pruebas a escala real sobre la base del FEI determinado mediante el uso de la prueba a pequeña escala descrito en la presente. En consecuencia, se produjo una muestra de control sobre una línea de fabricación que tiene un grosor de 0,617 pulgadas, un peso de base de 762,5 kilogramos (1681 lb)/1000 ft² y una densidad of 14,84 kilogramos (32,72 lbs)/ft³ densidad. Dos piezas de muestra que miden 6,625 pulgadas x 6,125 pulgadas se cortaron de una placa de 4 x 10 pies de la muestra de control. Se sometió a una de las dos piezas de muestra a un tratamiento resistente al fuego para reducir su tasa de transferencia de calor y se la refrigeró durante al menos 24 horas. Luego, se evaluaron las piezas de muestra tratadas y no tratadas en el sistema 200 (Figura 2) para determinar su FEI respectivo mediante el uso de la prueba de fuego a pequeña escala que se describe en la presente. Las marcas de temperatura para cada una de las dos muestras se muestran en la Figura 6, 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 cuadro de la Figura 6, la línea sólida 302 representa la marca de temperatura para la muestra no tratada, la línea de guiones 304 representa la marca de temperatura para la muestra tratada y una línea "FEI" se extiende de manera horizontal desde una temperatura de 315,6 °C (600 °F) para indicar los índices FEI para ambas muestras.

[0060] Como se puede calcular del gráfico de la Figura 6, el FEI es 48,0 minutos para la pieza de muestra no tratada, es decir, la muestra de control, y el FEI es 52,0 minutos para la pieza de muestra tratada. Sobre la base de la prueba a pequeña escala, se previó una mejora de 4 min de resistencia al fuego como

consecuencia del tratamiento aplicado. Además, se realizó una prueba a escala real UL[®] U419 mediante el uso de placas de prueba para confirmar la predicción de la mejora de 4 minutos. Para la prueba a escala real, los paneles de prueba se fabricaron en la misma instalación de fabricación como la muestra de control se realizó previamente utilizando la misma formulación de placa como se utilizó para la prueba de fuego a pequeña escala. Las placas de muestra para la prueba a escala real se midieron y se determinaron para tener un grosor de placa de 0,620 pulgadas, un peso de base de 781,5 kilogramos (1723 lb)/1000 ft² y una densidad de 15,13 kilogramos (33.35 lb)/ft³. Algunas placas de muestra se sometieron al tratamiento de resistencia al fuego y se las refrigeró durante 24 horas de la misma manera que la muestra que se utilizó en la prueba a pequeña escala. Luego, tanto las placas tratadas como no tratadas fueron sometidas a una prueba de fuego en tamaño estándar con un diseño de montaje apropiado para la prueba UL[®] U419. Los resultados de la resistencia al fuego de las pruebas de fuego a escala real UL[®] U419 usando las muestras de placa tratadas y no tratadas se muestran en la Figura 7, en donde el tiempo de prueba se grafica contra el eje horizontal y la temperatura de superficies no expuestas de las muestras se grafica junto con el eje vertical.

[0061] En la Figura 7, una curva de línea de guiones 306 representa la marca de temperatura de la muestra no tratada, y una curva de líneas sólidas 308 representa la marca de temperatura para la muestra tratada. Como se mencionó anteriormente, la resistencia al fuego para la prueba UL[®] U419 es el tiempo para que las superficies expuestas de las placas alcancen 121,1 °C (250 °F) por encima de la temperatura ambiente. En función de las condiciones de la prueba, se determinó que la placa de control (curva 306) tenía una resistencia al fuego de 49 minutos y 53 segundos, mientras que la placa tratada (curva 308) tenía una resistencia de fuego de 53 minutos y 16 segundos. En otras palabras, el tratamiento parece aumentar la resistencia de la placa a alrededor de 3 minutos y 23 segundos. Los resultados de pruebas de fuego en este ejemplo validan la prueba de fuego a pequeña escala en términos de ambos valores absolutos y también la diferencia entre muestras tratadas y no tratadas.

[0062] En general, la presente descripción se aplica a la pruebas, a escala pequeña, de resistencia al fuego de materiales de construcción, tal como el panel. En la prueba a escala real, los ensambles de pared de dimensiones predeterminadas se ensamblan usando dos capas de revestimiento y una capa de soporte de materiales de construcción. Estos ensambles de pared se exponen a una fuente de ignición para determinar la resistencia al fuego de los materiales de construcción. El tiempo y el

gasto de tales procesos de prueba estandarizados hace que sean inadecuados para el uso regular por parte de los fabricantes de material de construcción, tales como fabricantes de paneles para control de calidad y pruebas regulares en un entorno de fabricación. Además, las pruebas a pequeña escala existentes no pueden obtener resultados que tienen una correlación con los resultados de prueba estándares.

[0063] La presente descripción incluye un sistema y un método de prueba a pequeña escala que obtienen resultado repetibles, que ventajosamente tienen una fuerte correlación con los resultados obtenidos mediante técnicas de prueba estándares pero a una fracción de costo y tiempo requeridos para aquellas pruebas estándares. De este modo, las pruebas a pequeña escala se pueden usar para realizar, rápidamente y de manera rentable, pruebas para fines de investigación, por ejemplo, cuando se desarrollan nuevas tecnologías para materiales de construcción resistentes al fuego, y también se pueden usar para realizar pruebas periódicas de productos fabricados para asegurar calidad y rendimiento consistentes, lo cual no fue posible hasta el momento.

[0064] Un diagrama de flujos para un método de prueba de acuerdo con la descripción se muestra en la Figura 8. El método de prueba descrito se describirá en el contexto de la prueba del panel como una forma de realización de ejemplo, pero se debería comprender que el método se puede aplicar a la prueba de otros productos, tales como placas de cemento, cielo rasos, y otros productos de construcción. De acuerdo con el método, se obtiene una muestra que se debe evaluar y que tiene dimensiones predeterminadas en 402. La muestra se monta en una cámara de horno de manera espaciada de la puerta del horno que encierra a la cámara de horno de modo que la cavidad se defina entre una cara trasera de la muestra y la puerta del horno en 404. En una forma de realización, un espaciador está dispuesto entre la muestra y la puerta para sellar la cámara del horno alrededor de la muestra. El horno opera en 406 para calentar una cara frontal de la muestra. Durante el calentamiento de la cara frontal de la muestra, el calor se transferirá a través de la muestra para aumentar una temperatura de la cara trasera de la muestra. En una forma de realización, la cámara del horno se calienta de acuerdo con un perfil de calentamiento predeterminado que aumenta gradualmente durante un primer periodo y luego permanece, en general, constante durante un segundo periodo.

[0065] A pesar de cualquier gradiente de temperatura en la cavidad entre la muestra y la puerta del horno, una temperatura se detecta en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad en 408. La temperatura detectada se proporciona

para una unidad de adquisición de datos en 410, en donde se registra con respecto al tiempo. La información de temperatura se analizó para determinar el periodo que se requiere para la temperatura detectada para alcanzar un valor umbral predeterminado en 412. En una forma de realización, la temperatura predeterminada es 315,6 °C (600 °F). En el proceso de prueba, se toma una decisión en 414 acerca de si se alcanzó la temperatura umbral predeterminada. Mientras la temperatura se encuentra por debajo de la temperatura umbral, el proceso de calentamiento continua, y la información de temperatura se recolecta y se analiza continuamente. Cuando se alcanzó la temperatura predeterminada, o se excedió, el periodo hasta que se alcanzó la temperatura predeterminada se registró, por ejemplo, como el denominado índice de resistencia al fuego (FEI), y la prueba se termina cuando se completa.

[0066] Para las muestras de paneles de composición y grosor típicos, como se usa en la industria de la construcción, los tiempos típicos de las muestras para alcanzar la temperatura predeterminada pueden variar en cualquier lugar de 45 a 60 minutos, o más, lo que significa que la prueba a pequeña escala descrita en la presente, incluye muestra y preparación excesiva, se pueden completar en menos de 4 horas. Esto significa que un solo técnico puede realizar alrededor de dos o tres pruebas completas en un solo turno, lo que hace que esta prueba sea adecuada para usar en entornos de fabricación como una prueba de control de calidad de fin de línea para instalaciones de producción de paneles. Específicamente, se contempla que la prueba a pequeña escala descrita en la presente se puede usar regularmente en una instalación de fabricación del panel para evaluar cada lote del panel que se produce para asegurar una calidad consistente con respecto a la resistencia al fuego.

[0067] Como se conoce, el proceso de fabricación del panel incluye diversas etapas. Las placas de yeso más disponibles en el comercio (paneles de cielo raso o paneles) son estructuras de material compuesto formados por un núcleo de yeso y una lámina en cada lado de la placa. En general, el núcleo incluye yeso y un aglutinante de almidón. Las láminas pueden ser de papel celulósico o manta de fibra de vidrio. El papel en el lado frontal de la placa, que es el lado visible cuando la placa se coloca en la pared tiene una textura suave adecuada para la pintura u otros acabados. El papel en el lado trasero de la placa, es decir, el lado de la placa conectado a una varilla u otra estructura de construcción, puede tener una textura más áspera. El papel en el lado frontal de la placa puede ser diferente del papel en el lado trasero de la placa ya que tiene un revestimiento blanco sobre su superficie.

[0068] Durante la formación de las placas de yeso, una lechada se prepara

mezclando agua con estuco (yeso calcinado), almidón, acelerador y/u otros aditivos a una relación predeterminada. Una red de paper o una manta de vidrio continuas en un transportador como la primera lámina. La lechada se deposita sobre la red y se extiende a lo ancho de la red a un grosor predeterminado para formar el núcleo de la placa. Una segunda lámina se coloca por encima de la lechada húmeda para formar una denominación “envoltura”. A medida que la placa viaja a lo largo del transportador, el estuco se hidrata gradualmente y la lechada que se encuentra en la “envoltura” se endurece. La lechada al menos parcialmente endurecida, junto con los revestimientos de papel, se corta en placas que tiene tamaños deseados, y se coloca en el horno de secar para el secado.

[0069] En el horno de secar, las placas húmedas se secan a un nivel deseado de contenido de humedad libre. Las placas resultantes también se pueden procesar en diferentes tamaños. El grosor típico de las placas de yeso es 1,27 centímetros ($\frac{1}{2}$ pulgada) y 1,587 centímetros ($\frac{5}{8}$ pulgada), pero puede variar de 0,635 centímetros ($\frac{1}{4}$ pulgada) a 2,54 centímetros (1 pulgada). Se contempla que, después del secado en el horno de secar y, opcionalmente, un periodo restante, las muestras de placas se pueden cortar y analizar mediante la prueba a pequeña escala descrita en la presente como parte del control de calidad de las placas fabricadas para la resistencia al fuego.

[0070] Se comprenderá que la descripción anterior proporciona ejemplos del sistema y la técnica descritas. Sin embargo, se contempla que otras implementaciones de la descripción pueden diferir en detalle de los ejemplos anteriores. Todas las referencias a esta descripción o ejemplos de estas tienen la finalidad de hacer referencia al ejemplo particular que se describe en ese momento y no tiene la finalidad de suponer ninguna limitación al alcance de la descripción, más en general. Todo lenguaje de distinción y descrédito con respecto a ciertas características tiene la finalidad de indicar una falta de preferencia para aquellas características, pero no excluirlas de alcance de la descripción completamente a menos que se indique lo contrario.

[0071] 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.

[0072] 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.

[0073] En consecuencia, esta descripción incluye todas las modificaciones y equivalentes del objeto descrito en las reivindicaciones adjuntas en la presente como lo permiten las leyes aplicables. Además, cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas las variaciones posibles se abarca por la descripción a menos que se indique lo contrario en la presente o que haya contradicciones según el contexto.

REIVINDICACIONES

1. Un método para prever el comportamiento ante el fuego del panel en una prueba estándar, comprende:

montar una muestra de un panel (212) que se debe evaluar en un accesorio (200), de modo que un lado de la muestra se expone a una fuente de calor (210);

crear una cavidad (214) entre la muestra y el accesorio, en donde la muestra se dispone entre la fuente de calor y la cavidad;

medir una temperatura a una ubicación predeterminada dentro de la cavidad (218) con el tiempo;

monitorear la temperatura con el tiempo, y registrar una serie de lecturas de temperatura usando un medio legible por computadora (220);

analizar la serie de lecturas de temperaturas, al menos en parte, al crear una marca de temperatura de una serie de lecturas de temperaturas con el tiempo, y al determinar un índice de tiempo en el cual la temperatura alcanza un umbral de temperatura predeterminado en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad;

correlacionar un índice de tiempo con el comportamiento ante el fuego de la prueba estándar usando un medio legible por computadora; y

basado en la correlación, prever el comportamiento ante el fuego del panel en la prueba estándar.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la prueba estándar incluye exponer un ensamble de pared de muestra construido al conectar dos capas de panel con estructuras, exponer un lado del ensamble de pared a una fuente de calor y monitorear un lado opuesto del ensamble de pared.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el método se realiza para evaluar el comportamiento ante el fuego de una muestra de panel, el método además comprende determinar la resistencia al fuego del panel basado en la correlación.

4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el accesorio incluye un horno envolvente que tiene una cámara interna (206) sometida a calor y una puerta (208) que encierra la cámara interna, en donde la muestra se monta de modo que se extiende a lo largo de una abertura de la cámara interna, y a una distancia de desvío de una abertura de puerta, y en donde la cavidad se define entre la muestra y la puerta, cuando la puerta está en una posición cerrada, a lo largo de la distancia de desvío.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la exposición de la

muestra a una fuente de calor incluye aumentar una intensidad de la fuente de calor y, por lo tanto, una temperatura de la fuente de calor, de acuerdo con un programa predeterminado.

6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el programa predeterminado incluye una primera fase, en la cual la temperatura de la fuente de calor aumenta gradualmente durante un periodo predeterminado.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la ubicación predeterminada dentro de la cavidad es adyacente pero no está en contacto con una superficie de la muestra.

8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el panel es una estructura compuesta que incluye un núcleo elaborado con yeso y las caras elaboradas con papel, y en donde el umbral de temperatura predeterminado es lo suficientemente alto para garantizar que el material orgánico en el panel se haya quemado.

9. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la temperatura umbral predeterminado es de alrededor de 250 °C a alrededor de 800 °C (alrededor de 482 °F a alrededor de 1472 °F).

10. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la muestra posee características físicas y químicas que pueden cambiar entre los diferentes lotes de producción de paneles, en donde la muestra es representativa de tales características para un lote particular, en donde el comportamiento ante el fuego particular en una prueba estándar es un parámetro de diseño de paneles deseado, y en donde el método para evaluar es parte de una prueba de calidad de fin de línea para el lote de producción de paneles particular.

PATENTE

N.º del expediente del abogado: 4503 US GYP (713552)

CESIÓN

POR CUANTO, nosotros

- (1) Bangji CAO de 507 Bourbon Lane, Naperville, IL, 60565
- (2) Scott LECKIE de 6605 Ayre Dr., McHenry, IL, 60050
- (3) Weixin D. SONG de 125 S. Old Creek Road, Vernon Hills, IL, 60061
- (4) Cesar CHAN de 1213 Spruce Ct., Libertyville, IL, 60048 y

en adelante "Cedente", hemos inventado una invención titulada:

EQUIPO Y MÉTODO DE PRUEBA

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 14/054.649 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: 8/10/2013

[Sigue una firma ilegible] Scott LECKIE

Estado de Illinois

Condado de Lake

El 8 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: 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) Scott LECKIE of 6605 Ayre Dr., McHenry, IL, 60050
- (3) Weixin D. SONG of 125 S. Old Creek Road, Vernon Hills, IL, 60061
- (4) Cesar CHAN of 1213 Spruce Ct., Libertyville, IL, 60048 and

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

TESTING APPARATUS AND METHOD

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. 14/054,649, 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. 4503 US GYP (713552)

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. 4503 US GYP (713552)

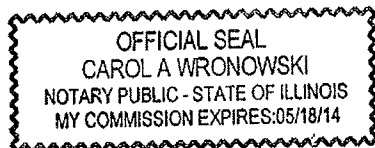
Date 10/7/2013 Bangji CAO
Bangji CAO

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. Wrznowski
Notary Public

{SEAL}



My Commission Expires: 5-18-14

In re Appln. of CAO et al.
Attorney Docket No. 4503 US GYP (713552)

Date 10/08/13

Scott Leckie
Scott LECKIE

STATE OF ILLINOIS)
COUNTY OF LAKE)

On this 8th 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. 4503 US GYP (713552)

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. 4503 US GYP (713552)

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

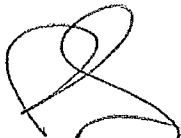
{SEAL}

My Commission Expires: 6/12/2017



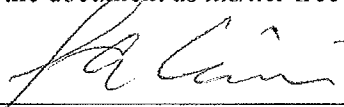
In re Appln. of CAO et al.
Attorney Docket No. 4503 US GYP (713552)

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.


Notary Public

{SEAL}

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 4503 WO	FOR FURTHER ACTION see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. PCT/US2014/060328	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 4 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:

FIRE RESISTANCE PERFORMANCE PREDICTION METHOD OF WALLBOARD

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. 2
☐ 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/US2014/060328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01N25/50

ADD.

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)

G01N

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, COMPENDEX, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	NYMAN J F ET AL: "Predicting fire resistance performance of drywall construction exposed to parametric design fires - A review", JOURNAL OF FIRE PROTECTION ENGINEERING MAY 2008 SAGE PUBLICATIONS LTD; 1 OLIVERS YARD GB, vol. 18, no. 2, May 2008 (2008-05), pages 117-139, XP002735794, DOI: 10.1177/1042391507080811 page 118 - page 119; figures 1,2,4 page 121, paragraph 4 -----	1-10
Y	US 3 616 173 A (GREEN GEORGE W ET AL) 26 October 1971 (1971-10-26) column 13, line 29 - line 52; figure 3 ----- -/--	1-10



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

11 February 2015

Date of mailing of the international search report

20/02/2015

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

Joyce, David

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2014/060328

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MANZELLO S L ET AL: "Influence of gypsum board type (X or C) on real fire performance of partition assemblies", FIRE AND MATERIALS NOVEMBER 2007 JOHN WILEY AND SONS LTD; THE ATRIUM GB, vol. 31, no. 7, November 2007 (2007-11), pages 425-442, XP002735795, DOI: 10.1002/FAM.940 the whole document -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2014/060328

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3616173	A	26-10-1971	NONE

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/US2014/060328

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. G01N25/50

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



**WRITTEN OPINION OF THE
INTERNATIONAL SEARCHING AUTHORITY**

International application No.
PCT/US2014/060328

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>1-10</u>
	No: Claims	
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. VII Certain defects in the international application

The following defects in the form or contents of the international application have been noted:

see separate sheet

Re Item V

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

Reference is made to the following documents:

- D1 NYMAN J F ET AL: "Predicting fire resistance performance of drywall construction exposed to parametric design fires - A review",
JOURNAL OF FIRE PROTECTION ENGINEERING MAY 2008 SAGE
PUBLICATIONS LTD; 1 OLIVERS YARD GB,
vol. 18, no. 2, May 2008 (2008-05), pages 117-139,
DOI: 10.1177/1042391507080811
- D2 US 3 616 173 A (GREEN GEORGE W ET AL) 26 October 1971
(1971-10-26)
- D3 MANZELLO S L ET AL: "Influence of gypsum board type (X or C) on real fire performance of partition assemblies",
FIRE AND MATERIALS NOVEMBER 2007 JOHN WILEY AND SONS
LTD; THE ATRIUM GB,
vol. 31, no. 7, November 2007 (2007-11), pages 425-442,
DOI: 10.1002/FAM.940

Article 33 PCT:

1. The present application does not meet the criteria of Article 33(3) PCT, because the subject-matter of claim 1 does not involve an inventive step.

1.1 Document D1 is regarded as being the prior art closest to the subject-matter of claim 1 and discloses:

A method for predicting wallboard fire performance in a standard test,

wherein one side of the sample is exposed to a heat source:

measuring a temperature at a predetermined location within the cavity over time;

monitoring the temperature over time, and recording a series of temperature readings using a computer-readable medium;

analyzing the series of temperature readings, at least in part, by creating a temperature trace of the series of temperature readings over time, and by determining an index time at which the temperature reaches a predetermined temperature threshold;

correlating the index time to the fire performance of the standard test using the computer-readable medium; and based on the correlation, predicting the fire performance of the wallboard in the standard test (cf., D1 Figures 1 and 3, and Page 118-119 and Page 121 "Compartment Fire Testing").

1.2 The subject-matter of claim 1 therefore differs from this known document in that the sample of wallboard is mounted to a fixture and there is a cavity between the sample and the fixture and is therefore new.

1.3 The problem to be solved by the present invention may therefore be regarded as fire testing gypsum products using a muffle furnace.

1.4 The solution proposed in claim 1 of the present application cannot be considered as involving an inventive step (Article 33(3) PCT) as document D2 already discloses the concept of mounting a gypsum wallboard product in a muffle furnace (cf., D2 Figure 3 and Col 13 lines 29-52) for testing its fire resistant properties, and as such is a known concept rendering the independent claim lacking an inventive step in the sense of Article 33(3) PCT.

1.5 Dependent claims 2-10 do not contain any features which, in combination with the features of any claim to which they refer, meet the requirements of the PCT in respect of novelty and/or inventive step.

Re Item VII

2. Contrary to the requirements of Rule 5.1(a)(ii) PCT, the relevant background art disclosed in documents D1 and D2 is not mentioned in the description, nor are these documents identified therein.

2.1 Independent claim 1 is not in the two-part form in accordance with Rule 6.3(b) PCT, which in the present case would be appropriate, with those features known in combination from the prior art being placed in the preamble (Rule 6.3(b)(i) PCT) and the remaining features being included in the characterising part (Rule 6.3(b)(ii) PCT).

2.2 The features of claims are not provided with reference signs placed in parentheses (Rule 6.2(b) PCT).

(43) International Publication Date
23 April 2015 (23.04.2015)(51) International Patent Classification:
G01N 25/50 (2006.01)(21) International Application Number:
PCT/US2014/060328(22) International Filing Date:
14 October 2014 (14.10.2014)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:
14/054,649 15 October 2013 (15.10.2013) US(71) Applicant: UNITED STATES GYPSUM COMPANY
[US/US]; 550 West Adams Street, Chicago, Illinois 60661-3676 (US).

(72) Inventors: CAO, Bangji; 507 Bourbon Lane, Naperville, Illinois 60565 (US). LECKIE, Scott; 6605 Ayre Dr., McHenry, Illinois 60050 (US). SONG, Weixin D.; 125 S. Old Creek Rd., Vernon Hills, Illinois 60061 (US). CHAN, Cesar; 1213 Spruce Ct., Libertyville, Illinois 60048 (US).

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

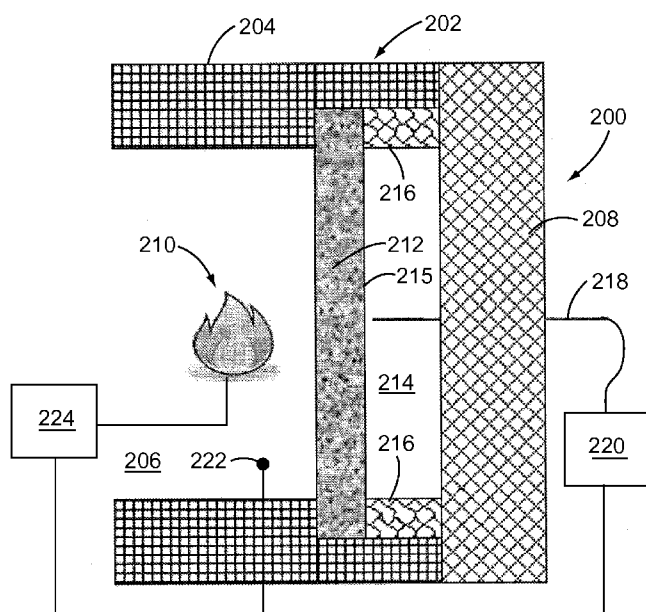
Declarations under Rule 4.17:

- 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))

[Continued on next page]

(54) Title: FIRE RESISTANCE PERFORMANCE PREDICTION METHOD OF WALLBOARD

FIG. 2



(57) Abstract: A system and method for predicting wallboard fire performance in a standard test includes procuring a sample of the wallboard for testing, and mounting the sample into a fixture so that one side of the sample is exposed to a heat source. A cavity is created between the sample and the fixture such that the sample is disposed between the heat source and the cavity. A temperature measurement is taken at a predetermined location within the cavity over time, and the temperature is monitored and recorded as a series of temperature readings using a computer-readable medium. The series is analyzed to determine an index time at which the temperature reaches a predetermined temperature threshold. The index time is correlated to a standard-test fire performance using the computer-readable medium and, based on the correlation, a fire performance of the wallboard in a standard test procedure is predicted.



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))

FIRE RESISTANCE PERFORMANCE PREDICTION METHOD OF WALLBOARD

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

[0001] This patent application claims the benefit of U.S. Non-Provisional Patent Application No. 14/054,649, filed October 15, 2013, which is incorporated by reference.

Background

[0001] Fire endurance and/or resistance of gypsum wallboard is generally a standardized testing procedure that can be carried out for various different wall construction types. Typical testing is carried out to determine the time required for a passive wall structure, which includes gypsum board assembled onto studs, to fail when exposed to a standard fire. The fire endurance of a system can depend on various factors, for example, the type and thickness of gypsum board used in the system, the wall structure and/or thickness, the type of studs used to construct the wall, stud spacing, gypsum board size and orientation, use of insulation in the wall cavity, load bearing of the wall, and others. For objectively evaluating fire endurance of wall structures, standardized testing has been developed for some commonly used wall structures.

[0002] The most common assemblies are three test designs defined by Underwriters Laboratories, Inc. (UL[®]), a third party testing and certification agency. These common tests, which are designated as U305, U419, and U423, test wall assemblies using wooden or metal studs for walls having wall boards assembled on both sides of the studs and at various wall thicknesses, where the walls may or may not be load bearing. For a fire rating to be assigned to a particular board, a minimum time to failure must be exhibited by the wall board before failure occurs. In this context, failure involves a loss of wall integrity due to fire, or excessive temperature rise. Excessive temperature rise failures are determined when the average temperature of the unexposed surface of the wallboard increases more than 121.1 °C (250° F) above ambient, or any individual thermocouple in the test assembly rises more than 162.8 °C (325°F) above ambient.

[0003] Gypsum is widely used in residential and commercial building constructions because of its superior fire endurance. Gypsum's chemical composition is calcium sulfate dihydrate ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). The two water molecules in gypsum crystals are chemically bonded and it is often termed "crystallized water". It is those two molecules of water that render gypsum high heat resistance. Upon reaching about 101.7°C (about 215°F), one and

half molecules of water are driven off from one molecule of gypsum as it is converted into hemihydrates ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$). When the temperature reaches 121.1 °C (250° F), the remaining half molecule water is lost as gypsum is converted into anhydrite (known as stucco). Both reactions are endothermic, which enables heat absorption by the gypsum as it is converted from dihydrate to anhydrite. The combined thermal energy requirement amounts to 9.828e+004 calories (390 BTU)/lb or 906 kJ/kg. Each of these two reactions, as they occur successively while a sample is heated, occurs at its respective temperature such that a temperature trace will exhibit two inflection points, one near 121.1 °C (250° F) and the other near 100 °C (212° F). At the second inflection point, the slope of the curve will also change in part due to latent heat for free water evaporation.

[0004] The crystallized water loss process is commonly referred to as calcination. After calcination is completed, heat transfer through the gypsum board becomes a basic heat transfer process by conduction, convection, and radiation. In a wallboard test assembly, heat is first transferred from the furnace to the surface of exposed board through a combination of convection, conduction and radiation. As the surface temperature of the exposed wallboard increases, the temperature gradient across the board increases. If the wallboard maintains its structural integrity during a fire, it effectively blocks the passage of flame and hot air. During this condition, the primary mode of heat transfer is conduction through board. Conductive heat transfer through the board depends on thermal conductivity of the wallboard. Inside the cavity formed between two wallboards in a stud wall assembly, heat is primarily transferred through convection and conduction. Convection is attributed to air circulation within the cavity between the two boards in a wall assembly. Heat conduction within the wall cavity is also present during testing. At those unexposed wallboard surfaces within the cavity, i.e., wallboard portions exposed between studs, heat is transferred from the cavity side to the outer, ambient side at a lower rate because of the lower temperature gradient that exists between the cavity and the outer portion of the wall.

[0005] Fire endurance ratings are typically obtained by performing a full-size (at least 100 ft² of wall area) fire test in a certified fire test laboratory per ASTM standards. The test is time-consuming and expensive. Moreover, the scale of standard testing is not well suited for laboratory testing of wallboard samples during new product development, end-of-line quality control testing, or the like. These and other drawbacks of standardized testing methods and systems can be overcome as provided herein.

Summary

[0006] In one aspect, the disclosure describes a method for predicting wallboard fire performance in a standard test. The method includes mounting a sample of a wallboard to be tested into a fixture so that one side of the sample is exposed to a heat source. A cavity is created between the sample and the fixture such that the sample is disposed between the heat source and the cavity. A temperature is measured and monitored at a predetermined location within the cavity over time. A series of temperature readings is recorded using a computer-readable medium and analyzed, at least in part, by creating a temperature trace of the series of temperature readings over time. An index time at which the temperature reaches a predetermined temperature threshold at the predetermined location within the cavity is determined. The index time is correlated to a standard-test fire performance using the computer-readable medium and, based on the correlation, a fire performance of the wallboard in a standard test procedure is predicted.

[0007] In another aspect, the disclosure describes a method for testing the fire endurance and/or performance of a wallboard sample. The method includes mounting the wallboard sample across an opening of a chamber of a muffle furnace having temperature control, wherein one side of the wallboard sample is exposed to an oven temperature. A cavity is created between the wallboard sample and an oven door configured to enclose the chamber. A sample temperature is measured at a predetermined location within the cavity over time. The sample temperature is monitored and recorded with respect to time using a computer-readable storage medium. Sample temperature information is analyzed, at least in part, by creating a temperature trace and by determining an index time at which the sample temperature reaches a predetermined temperature threshold. The index time is correlated to a standard-test fire performance using the computer-readable medium and, based on the correlation, a fire performance of the wallboard in a standard test procedure is predicted.

[0008] In yet another aspect, the disclosure describes a method for producing wallboard. The method includes building a composite wallboard structure in a manufacturing facility using a particular batch of gypsum slurry to form a core portion of the composite wallboard structure. A sample of the composite wallboard structure is extracted. The sample is tested in a small-scale test so that a fire performance of the composite wallboard structure in a full-scale test can be extrapolated. In one embodiment, the small-scale testing is carried out by mounting the sample into a fixture so that one side of the sample is exposed to a heat source,

creating a cavity between the sample and the fixture, wherein the sample is disposed between the heat source and the cavity, and measuring a temperature at a predetermined location within the cavity over time. The temperature is monitored over time and a series of temperature readings is recorded using a computer-readable medium. The series of temperature readings is analyzed, at least in part, by creating a temperature trace of the series of temperature readings over time, and by determining an index time at which the temperature reaches a predetermined temperature threshold at the predetermined location within the cavity. The index time is correlated to the full-scale test using the computer-readable medium and, based on the correlation, a fire performance of the composite wallboard structure in the full-scale test is predicted. The composite wallboard structure is released for sale to consumers when the fire performance of the composite wallboard structure is predicted to be within acceptable parameters.

Brief Description of the Drawings

[0009] FIG. 1 illustrates a cross section of a wall board in accordance with the disclosure.

[0010] FIG. 2 illustrates a side view of a board forming system in accordance with the disclosure.

[0011] FIG. 3 illustrates a top view of a board forming system in accordance with the disclosure.

[0012] FIG. 4 is a representative temperature trace for a tested sample in accordance with the disclosure.

[0013] FIG. 5 is a chart illustrating a correlation between testing methods in accordance with the disclosure.

[0014] FIG. 6 is a temperature trace for treated and untreated samples tested in accordance with the disclosure.

[0015] FIG. 7 is a temperature trace for treated and untreated samples tested in a standard test.

[0016] FIG. 8 is a flowchart for a testing method in accordance with the disclosure.

Detailed Description

[0017] The present disclosure is applicable to small-scale testing of board fire endurance such as in a laboratory setting or for quality control in board manufacturing operations. The present disclosure describes a system and a method for small-scale fire testing that is useful

for predicting the full-scale standard fire endurance and/or resistance testing of wallboard. The small-scale test can be implemented to predict the performance of various board types for both research and quality control purposes. For example, a testing system and/or testing method as described herein can be used by a manufacturer to test different production batches to ensure consistent product quality and adherence to design specifications, a task that was either impossible or time-consuming and expensive with known testing methods.

[0018] In one disclosed embodiment, the small-scale fire test device or test fixture includes a muffle furnace with temperature control. As used herein, muffle furnace refers to a furnace in which the sample to be heated is isolated from the heat source, for example, combustive fuel, and from all other combustion products such as combustion gasses and ash. In the described apparatus herein, a wallboard sample is placed in a muffle furnace for testing such that one side of the wallboard is exposed to heat. The muffle furnace includes an insulation door that forms a cavity between the wallboard sample and an insulating surface. A thermocouple is placed on the side of wallboard that is opposite the heat exposure side, and a computer readable medium or, stated differently, a digital data acquisition device records wallboard surface temperature over time.

[0019] In a method for testing wallboard, data acquired from the wallboard sample undergoing testing in the muffle furnace is used to generate temperature-time curves, which are analyzed to calculate an index that is indicative of a predicted fire endurance and/or resistance of the wallboard sample in a full scale fire test. These systems and methods will now be described in more detail in the context of wallboard testing, but it should be appreciated that the described systems and methods are applicable for the prediction of fire endurance of other materials in addition to the wallboards described herein.

[0020] A cross section of a board segment 100 is shown in FIG. 1. The board segment 100 may be a segment of a board made by deposition of a cementitious layer 104, typically applied in slurry form, between first and second paper layers 106 and 108. In the illustration of FIG. 1, the first paper layer 106 may be a so-called back paper layer, and the second paper layer 108 may be a so-called face paper layer, but these layers can be reversed. When the board segment 100 is in use, the face paper layer 108 may be disposed to face inward towards a room interior space, and the back face 106 may face outward relative to the room. Thus, where the face paper layer 108 may include finishing compound, paint and other treatments thereon, the back layer 106 may typically remain bare. As can be seen, the board segment 100 is a composite structure, but it should be appreciated that for other board types, for

example, ceiling tiles, which are not typically composite structures, only a back paper layer or no paper layers may be used.

[0021] Apart from full-scale, standardized testing for board heat and fire resistance or endurance, as previously described, a small scale test can be used to infer board performance. Existing small-scale tests, which are useful in determining calcination time, i.e., the time required to drive off free and crystallized water from the gypsum panel, are unsuitable for use in predicting board fire performance in a large scale test. This is because large-scale testing includes heat transfer characteristics that affect the board and that result from thermal conduction through the calcined gypsum panel and combustion of organics in the core. One such known small-scale test that is unsuitable for predicting large-scale test fire performance of the wallboard is the so-called “thermal insulation” (TI) test. The TI test was originally developed to determine the rate of heat transfer through a gypsum panel, and is performed by embedding a thermocouple between two disks of board sample with 100 mm (3.937 inches) diameter. The assembled sample is exposed to a 500°C (932 degree Fahrenheit) temperature in a furnace, and the thermocouple readings are monitored over time. From this information, a TI index is determined by calculating the time for the specimen core temperature to rise from 40 to 200°C (104 to 392 degree Fahrenheit).

[0022] Although the thermal insulation test may be useful in gauging the purity of stucco and the extent of hydration, it is unsuitable for predicting the fire endurance of wallboard under all circumstances. In one experiment, for example, an intumescent coating was applied to board samples at rates of 10.89 - 36.74 kilograms (24-81 lbs)/MSF. The thermal insulation test indicated a dramatic improvement of the TI index with increasing application rate, but when board samples coated with 18.14 kilograms (40 lbs)/MSF were tested according to E119 for fire endurance in a full-size fire test, the results were significantly lower than those of control. For illustration, where it took 47-48 min for the sample with intumescent coating to reach the threshold temperature in the full-scale test, it took 53-54 min for the control sample.

[0023] The drawback of the TI test lies in the temperature applied to test specimen. Thermal insulation index is determined by calculating the time required to heat the sample from 40 °C (104°F) to 200 °C (392°F). Such test measures the calcination time, which is the time required to drive off free and crystallized water from the gypsum panel. In a full-scale test, and in the control tests, the time for complete calcination of exposed wall is completed

within first 25 min of the test, which means that a majority of heat transfer through the exposed wall is carried out after calcination.

[0024] Another drawback of the thermal insulation test is that it cannot be carried out at higher temperatures because the results of the test could be skewed by burning of the paper layers of the board. In one experiment, for example, a temperature curve during a thermal insulation test peaked at about 871.1 °C (about 1600°F), even though the furnace was set at 500 °C (932°F). With no malfunction in the furnace operation or control system, it was determined that the increased temperature reading was caused by the combustion of the wallboard paper layer(s) in contact with the thermocouple used for the test.

[0025] A notable aspect of the present disclosure is the realization that, fundamentally, the thermal insulation test does not simulate the heat transfer process in a full-size fire test, which leads to the conclusion that the thermal insulation test is unsuitable for correctly predicting fire endurance of wallboard in many situations. Therefore, an alternative testing system and method was devised to better predict the performance of wallboard under fire conditions and for product quality control.

[0026] A schematic diagram of a testing system 200 in accordance with the disclosure 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.

[0027] 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.

[0028] A thermocouple 218 or other temperature-sensing device is connected close to the back face 215 of the sample during testing. The thermocouple 218 has a sensing tip at a small distance from the surface of the sample 212. In alternative embodiments, the sending 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.

[0029] 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.

[0030] 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 (°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 204.4 °C (about 400° F) to a temperature of about 772.8 °C (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.

[0031] It has been determined that heat transfer through the sample 212 during a test, as determined 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 (392 degree Fahrenheit) to 773°C (1423 degree Fahrenheit). The actual temperature curve of the muffle furnace at the front end is shown in FIG. 3.

[0032] Thus in an embodiment, a method for predicting wallboard fire performance in a standard test comprises: (a) mounting a sample of a wallboard to be tested into a fixture so that one side of the sample is exposed to a heat source; (b) creating a cavity between the sample and the fixture, wherein the sample is disposed between the heat source and the cavity; (c) measuring a temperature at a predetermined location within the cavity over time; (d) monitoring the temperature over time, and recording a series of temperature readings using a computer-readable medium; (e) analyzing the series of temperature readings, at least in part, by creating a temperature trace of the series of temperature readings over time, and by determining an index time at which the temperature reaches a predetermined temperature threshold at the predetermined location within the cavity; (f) correlating the index time to the fire performance of the standard test using the computer-readable medium; and (g) based on the correlation, predicting the fire performance of the wallboard in the standard test.

[0033] In another embodiment, the standard test involves exposing a sample wall assembly constructed by connecting two layers of wallboard with studs, exposing one side of the wall assembly to a heat source, and monitoring an opposite side of the wall assembly.

[0034] In another embodiment, the sample has predetermined dimensions.

[0035] In another embodiment, the fixture includes a muffle oven having an internal chamber subject to heating and a door enclosing the internal chamber, wherein the sample is mounted such that it extends across an opening of the internal chamber and at an offset distance from a door opening, and wherein the cavity is defined between the sample and the door, when the door is in a closed position, along the offset distance.

[0036] In another embodiment, exposing the sample to a heat source includes increasing an intensity of the heat source and, therefore a temperature of the heat source, according to a predetermined schedule.

[0037] In another embodiment, the predetermined schedule includes a first phase, in which the temperature of the heat source is gradually increased for a predetermined period.

[0038] In another embodiment, the predetermined location within the cavity is adjacent to, but not in contact with, a surface of the sample.

[0039] In another embodiment, the wallboard is a composite structure including a core made of gypsum and faces made of paper, and wherein the predetermined temperature threshold is sufficiently high to ensure that organic material in the wallboard have burned off.

[0040] In another embodiment, the predetermined threshold temperature is from about 250°C to about 800°C (about 482°F to about 1472°F).

[0041] In another embodiment, the sample possesses physical and chemical characteristics that may change between different wallboard production batches, wherein the sample is representative of such characteristics for a particular batch, wherein a particular fire performance in a standard test is a desired wallboard design parameter, and wherein the method for testing is part of an end-of-line quality test for the particular wallboard production batch.

[0042] In another embodiment, a method for testing the fire endurance and/or performance of a wallboard sample, comprises: (a) mounting the wallboard sample across an opening of a chamber of a muffle furnace having temperature control, wherein one side of the wallboard sample is exposed to an oven temperature; (b) creating a cavity between the wallboard sample and an oven door configured to enclose the chamber; (c) measuring a sample temperature at a predetermined location within the cavity over time; (d) monitoring and recording the sample temperature with respect to time using a computer-readable storage medium; (e) analyzing sample temperature information at least in part, by creating a temperature trace and by determining an index time at which the sample temperature reaches

a predetermined temperature threshold; (f) correlating the index time to a fire performance of a standard test using the computer-readable medium; and (g) based on the correlation, predicting the fire performance of the wallboard in the standard test.

[0043]

[0044] In another embodiment, the standard test involves exposing a sample wall assembly constructed by connecting two layers of wallboard with studs, exposing one side of the wall assembly to a flame source, and monitoring an opposite side of the wall assembly.

[0045] In another embodiment, the predetermined location within the cavity corresponds to a geometric center of the sample.

[0046] In another embodiment, the oven temperature is increased according to a predetermined schedule.

[0047] In another embodiment, the predetermined schedule includes a first phase, in which the oven temperature is gradually increased for a predetermined period.

[0048] In another embodiment, the predetermined location within the cavity is adjacent to a surface of the sample that at least partially defines the cavity.

[0049] In another embodiment, the wallboard sample is a composite structure including a core made of gypsum and faces made of paper, and wherein the predetermined temperature threshold is sufficiently high to ensure that organic material in the wallboard have burned off.

[0050] In another embodiment, the predetermined threshold temperature is from about 250°C to about 800°C (about 482°F to about 1472°F).

[0051] In another embodiment, the sample possesses physical and chemical characteristics that may change between different wallboard production batches, wherein the sample is representative of such characteristics for a particular batch, wherein a particular fire performance in a standard test is a desired wallboard design parameter, and wherein the method for testing is part of an end-of-line quality test for the particular wallboard production batch.

[0052] In another embodiment, a method for producing wallboard, comprises: (a) building a composite wallboard structure in a manufacturing facility using a particular batch of gypsum slurry to form a core portion of the composite wallboard structure; (b) extracting a sample of the composite wallboard structure; (c) testing the sample in a small-scale test so that a fire performance of the composite wallboard structure in a full-scale test can be extrapolated, said testing being carried out by: (i) mounting the sample into a fixture so that

one side of the sample is exposed to a heat source; creating a cavity between the sample and the fixture, wherein the sample is disposed between the heat source and the cavity; (ii) measuring a temperature at a predetermined location within the cavity over time; (iii) monitoring the temperature over time, and recording a series of temperature readings using a computer-readable medium; (iv) analyzing the series of temperature readings, at least in part, by creating a temperature trace of the series of temperature readings over time, and by determining an index time at which the temperature reaches a predetermined temperature threshold at the predetermined location within the cavity; (v) correlating the index time to the full-scale test using the computer-readable medium; (vi) based on the correlation, predicting a fire performance of the composite wallboard structure in the full-scale test; and (vii) releasing the composite wallboard structure for sale to consumers when the fire performance of the composite wallboard structure is predicted to be within acceptable parameters.

[0053] 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.

The following examples further illustrate the invention but, of course, should not be construed as in any way limiting its scope. Three exemplary test results will be discussed to illustrate the effectiveness of the testing system 200 in predicting the fire performance of wallboard samples in full-scale tests. **EXAMPLE 1**

[0054] In this first example, the repeatability of the test results was sought to be determined. As is known, good repeatability is a prerequisite for a new test method to be accepted for scientific study or quality control. For this project, excellent repeatability is required to detect small temperature changes caused by formulation and structure. In the process of improving the repeatability of the new small scale fire test, it was discovered that the position of thermocouple, for example, thermocouple 218 (FIG. 2) is important for reducing temperature profile variability in the test results. In reference to the testing arrangement shown in FIG. 2, it was determined that a significant temperature gradient from the door 208 to the surface 215 of the sample 212 was present within the cavity 214, in the range of 10 - 26.67 °C (50-80°F). If the position of the thermocouple 218 is not fixed, variability in the measurements will result due to this temperature gradient.

[0055] To best measure the properties of the sample and reduce the impact of heat transfer through the cavity 214, the sensing tip of the thermocouple 218 was placed close to

the surface 215 of the sample but without entering into it. Measurements on trial samples indicated that the small scale fire test has excellent repeatability.

[0056] One set of data acquired from the test setup shown in FIG. 2 for four different samples is shown in graphical form in the graph of FIG. 4. In the graph, time is plotted along the horizontal axis in hour:minute:second format, and temperature, expressed in degrees F, is plotted along the vertical axis. For each sample, the temperature was acquired by the thermocouple 218 (FIG. 2), and the oven 202 was run at the same conditions. As can be seen in the graph, each of four temperature traces substantially overlap or are within $\pm 2\%$ of one another with respect to the higher temperature readings acquired. The four samples tested consisted of wallboard pieces taken from different production batches. The properties and dimensions of each sample were measured and are provided in Table 1 below, along with an identification of the corresponding temperature trace for that sample as shown in FIG. 4.

Table 1

	FIG. 4 representation	Basis Weight (lbs/1000ft ²)	Thickness (inches)
Sample 1	Long-dashed line	1765	0.628
Sample 2	Dash-dot line	1771	0.629
Sample 3	Solid line	1767	0.629
Sample 3	Short-dashed line	1789	0.633

Testing of the four samples indicated that the small-scale fire testing system 200 (FIG. 2) has excellent repeatability.

EXAMPLE 2

[0057] For the second example, a time-related parameter that quantitatively characterizes the expected or predicted fire performance of tested samples, which is referred herein as the Fire Endurance Index (FEI), was determined by considering temperature traces. The FEI is used to predict the fire endurance of each corresponding sample tested under a full-scale fire test in accordance with ASTM E119. FEI is defined as the time required to reach 315.6 °C (600°F) at the backside of a test specimen in the small scale fire test. The temperature of 315.6 °C (600°F) is arbitrary and may vary for different purposes. For example, the predetermined threshold temperature can be from about 250°C to about 800°C (about 482°F to about 1472°F). In the present disclosed embodiments, the threshold temperature of 315.6

°C (600°F) was selected because it is a sufficiently high temperature that ensures that most combustible substances present in the core of the wallboard will have sufficiently burned off such that a maximum amount of heat is transferred through the board. Also at this temperature, any temperature gradients across a wall cavity within a wall assembly of a full-scale fire test assembly will be maximized. At least from these aspects, the time required for the back surface of the test sample 212 (FIG. 2) to reach around 315.6 °C (600°F) was selected as a representative indication of the sample's fire performance.

[0058] A correlation between the FEI for four different samples, which was determined by use of the small-scale fire test in accordance with the present disclosure, and a full-scale fire test conducted in accordance with UL[®] U419 standard test, is shown in FIG. 5. In this figure, four points labeled A, B, C and D are plotted against two axis. The FEI, expressed in minutes, is plotted along the horizontal axis, and the UL[®] U419 fire endurance for each sample is plotted along the vertical axis. Each point, therefore, represents both the FEI and UL[®] U419 fire endurance of each of the four samples. A straight line, E, is fit between the four points. The line, E, has a fit quality of $R^2=0.9565$, which indicates a good fit and, thus, a good correlation between the FEI determined for each sample and the corresponding UL[®] U419 fire endurance. In the same fashion, correlations can be determined for other types of standard testing, such as as for the UL[®] U305 and UL[®] U423 tests.

EXAMPLE 3

[0059] In this third experiment, the effect of fire-resistance treatment on the boards, as well as the predictability of full-scale test results on the basis of the FEI determined using the small-scale test described herein were determined and confirmed. Accordingly, a control sample was produced on a manufacturing line having a thickness of 0.617 in., a basis weight of 762.5 kilograms (1681 lbs)/1000 ft², and a density of 14.84 kilograms (32.72 lbs)/ft³ density. Two sample pieces measuring 6.625 in. x 6.125 in. were cut from a 4ft x10ft board of the control sample. One of the two sample pieces was subjected to a fire-resistant treatment to reduce its heat transfer rate, and was conditioned for at least 24 hours. The treated and un-treated sample pieces were then tested in the system 200 (FIG. 2) to determine their respective FEI using the small-scale fire test described herein. Temperature traces for each of the two samples are shown in FIG. 6, 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 chart of FIG. 6, the solid line 302 represents the temperature trace for the un-treated sample, the dashed line 304 represents the temperature trace for the treated sample, and a "FEI" line

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

[0060] As can be calculated from the graph of FIG. 6, the FEI is 48.0 minutes for the un-treated sample piece, i.e., the control sample, and the FEI is 52.0 minutes for the treated sample piece. On the basis of the small-scale test, a 4-min improvement of fire endurance as a result of the treatment applied was predicted. A full-scale UL[®] U419 test using trial boards was also conducted to confirm the 4-minute improvement prediction. For the full-scale test, trial wallboards were made at the same manufacturing facility as the control sample was previously made using the same board formulation as was used for the small-scale fire test. The sample boards for the full-scale test were measured and determined to have a board thickness of 0.620 in, a basis weight of 781.5 kilograms (1723 lbs)/1000 ft², and a density of 15.13 kilograms (33.35 lbs)/ft³. Certain sample boards were subjected to the fire-resistance treatment and were conditioned for 24 hours in identical fashion to the sample used in the small-scale test. Both treated and un-treated boards were then subjected to a standard full-size fire test with an appropriate assembly design for the UL[®] U419 test. The fire endurance results of the full scale UL[®] U419 fire tests using the treated and un-treated board samples is shown in FIG. 7, where testing time is plotted against the horizontal axis and the temperature of unexposed surfaces of the samples is plotted along the vertical axis.

[0061] In FIG. 7, a dashed-line curve 306 represents the temperature trace for the un-treated sample, and a solid-line curve 308 represents the temperature trace for the treated sample. As previously mentioned, the fire endurance for the UL[®] U419 test is the time for the unexposed surfaces of the boards to reach 121.1 °C (250°F) above ambient. Based on the conditions of the test, it was determined that the control board (curve 306) had a fire endurance of 49 minutes and 53 seconds, while the treated board (curve 308) had a fire endurance of 53 minutes and 16 seconds. In other words, the treatment appeared to increase board endurance by about 3 minutes and 23 seconds. The fire test results in this example validate the small-scale fire test in terms of both absolute values and also the difference between treated and untreated samples.

[0062] In general, the present disclosure is applicable to testing, on a small-scale, the fire endurance and/or resistance of building materials such as wallboard. In full-scale testing, wall assemblies of predetermined dimensions are assembled using two skin layers and a support layer of building materials. These wall assemblies are exposed to an ignition source to determine the fire resistance and/or endurance of the building materials. The time and

expense of such standardized testing procedures makes them unsuitable for regular use by building material manufacturers such as wallboard manufacturers for quality control and testing on a regular basis in a manufacturing environment. Moreover, existing small-scale tests are incapable of yielding results bearing a correlation to standard testing results.

[0063] The present disclosure involves a small-scale fire testing system and method that yields repeatable results, which advantageously bear a strong correlation with results produced by standard testing techniques but at a fraction of the cost and time required for those standard tests. In this way, the small-scale tests can be used to quickly and cost-effectively conduct testing for research purposes, for example, when developing new building material fire-resistance technologies, and can also be used to perform periodic testing of manufactured products to ensure consistent quality and performance, which was not possible heretofore.

[0064] A flowchart for a testing method in accordance with the disclosure is shown in FIG. 8. The described testing method will be discussed in the context of wallboard testing as an exemplary embodiment, but it should be appreciated that the method is applicable to the testing of other products such as cement boards, ceiling tiles, and other building products. In accordance with the method, a sample to be tested having predetermined dimensions is obtained at 402. The sample is mounted into an oven chamber in spaced relation with an oven door enclosing the oven chamber such that a cavity is defined between a back face of the sample and the oven door at 404. In one embodiment, a spacer is disposed between the sample and the door to seal the oven chamber around the sample. The oven is operated at 406 to heat a front face of the sample. During heating of the front face of the sample, heat will transfer through the sample to increase a temperature of the back face of the sample. In one embodiment, the oven chamber is heated in accordance with a predetermined heating profile that gradually increases for a first period and then remains generally constant for a second period.

[0065] Notwithstanding any temperature gradients in the cavity between the sample and the oven door, a temperature is sensed at a predetermined location within the cavity at 408. The sensed temperature is provided to a data acquisition unit at 410, where it is recorded with respect to time. The temperature information is analyzed to determine the period required for the sensed temperature to reach a predetermined threshold value at 412. In one embodiment, the predetermined temperature is 315.6 °C (600° F). In the testing process, a decision is made at 414 whether the predetermined threshold temperature has been reached. While the

temperatre is below the threshold temperature, the heating process continues and temperature information is continually collected and analyzed. When the predetermined temperature has been reached, or exceeded, the period until the predetermined temperature was reached is recorded, for example, as the so-called fire endurance index (FEI), and the test is terminated as completed.

[0066] For wallboard samples of typical composition and thickness, as used in the building industry, typical times for the samples to reach the predetermined temperature can range anywhere from 45 to 60 minutes, or more, which means that the small-scale testing described herein, including sample and over preparation, can be completed in fewer than four hours. This means that a single technician can conduct about two to three complete tests in a single shift, which makes this test suitable for use in a manufacturing environment as an end-of-line quality control test for wall board production facilities. Specifically, it is contemplated that the small-scale test described herein can be used on a regular basis at a wallboard manufacturing facility to test each batch of wallboard produced to ensure consistent quality with respect to fire endurance and/or resistance.

[0067] As is known, wallboard manufacturing processed include various steps. Most commercially available gypsum boards (ceiling panels or wall boards) are composite structures made from a gypsum core and a cover sheet on each side of the board. The core typically includes gypsum and a starch binder. The cover sheets can be either cellulosic paper or fiberglass mat. The paper on the face side of the board, which is the side visible when the board is built into a wall has a smooth texture suitable for painting or other finishes. The paper on the back side of the board, i.e. the side of the board connected to a stud or other building structure, may have a rougher texture. The paper on the face side of the board may be different from paper on the back side of the board in that it has a white liner on its surface.

[0068] During formation of gypsum boards, a slurry is prepared by mixing water with stucco (calcined gypsum), starch, accelerator, and/or other additives at a predetermined ratio. A continuous paper web or glass mat is placed on a conveyor as the first cover sheet. The slurry is deposited onto the web and spread across the width of the web at a predetermined thickness to form the core of the board. A second sheet is placed on top of the wet slurry to form a so-called “envelop.” As the board travels along the conveyor, the stucco gradually hydrates and the slurry in the “envelop” hardens. The at least partially hardened slurry, along with the paper facings, is cut into boards having desired sizes, and carried into a kiln for drying.

[0069] In the kiln, the wet boards are dried to a desired level of free moisture content. The resultant boards may be further processed into different sizes. The typical thickness of gypsum boards is 1.27 centimeters ($\frac{1}{2}$ inch) and 1.587 centimeters ($\frac{5}{8}$ inch), but may range from 0.635 centimeter ($\frac{1}{4}$ inch) to 2.54 centimeters (1 inch). It is contemplated that, after kiln drying and, optionally, a resting period, board samples may be cut and tested using the small-scale test described herein as part of controlling the quality of the manufactured boards for fire endurance and/or resistance.

[0070] It will be appreciated that the foregoing description provides examples of the disclosed system and technique. However, it is contemplated that other implementations of the disclosure may differ in detail from the foregoing examples. All references to the disclosure or examples thereof are intended to reference the particular example being discussed at that point and are not intended to imply any limitation as to the scope of the disclosure more generally. All language of distinction and disparagement with respect to certain features is intended to indicate a lack of preference for those features, but not to exclude such from the scope of the disclosure entirely unless otherwise indicated.

[0071] 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.

[0072] 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.

[0073] Accordingly, this disclosure 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 disclosure unless otherwise indicated herein or otherwise clearly contradicted by context.

CLAIMS:

We claim:

1. A method for predicting wallboard fire performance in a standard test, comprising:
mounting a sample of a wallboard (212) to be tested into a fixture (200) so that one side of the sample is exposed to a heat source (210);
creating a cavity (214) between the sample and the fixture, wherein the sample is disposed between the heat source and the cavity;
measuring a temperature at a predetermined location within the cavity (218) over time;
monitoring the temperature over time, and recording a series of temperature readings using a computer-readable medium (220);
analyzing the series of temperature readings, at least in part, by creating a temperature trace of the series of temperature readings over time, and by determining an index time at which the temperature reaches a predetermined temperature threshold at the predetermined location within the cavity;
correlating the index time to the fire performance of the standard test using the computer-readable medium; and
based on the correlation, predicting the fire performance of the wallboard in the standard test.
2. The method of claim 1, wherein the standard test involves exposing a sample wall assembly constructed by connecting two layers of wallboard with studs, exposing one side of the wall assembly to a heat source, and monitoring an opposite side of the wall assembly.
3. The method of claim 1, wherein the method is carried out for testing the fire endurance and/or performance of a wallboard sample, the method further comprising determining the fire endurance of the wallboard based on the correlation.
4. The method of claim 1, wherein the fixture includes a muffle oven having an internal chamber (206) subject to heating and a door (208) enclosing the internal chamber, wherein the sample is mounted such that it extends across an opening of the internal chamber and at

an offset distance from a door opening, and wherein the cavity is defined between the sample and the door, when the door is in a closed position, along the offset distance.

5. The method of claim 1, wherein exposing the sample to a heat source includes increasing an intensity of the heat source and, therefore a temperature of the heat source, according to a predetermined schedule.
6. The method of claim 5, wherein the predetermined schedule includes a first phase, in which the temperature of the heat source is gradually increased for a predetermined period.
7. The method of claim 1, wherein the predetermined location within the cavity is adjacent to, but not in contact with, a surface of the sample.
8. The method of claim 1, wherein the wallboard is a composite structure including a core made of gypsum and faces made of paper, and wherein the predetermined temperature threshold is sufficiently high to ensure that organic material in the wallboard have burned off.
9. The method of claim 1, wherein the predetermined threshold temperature is from about 250°C to about 800°C (about 482°F to about 1472°F).
10. The method of claim 1, wherein the sample possesses physical and chemical characteristics that may change between different wallboard production batches, wherein the sample is representative of such characteristics for a particular batch, wherein a particular fire performance in a standard test is a desired wallboard design parameter, and wherein the method for testing is part of an end-of-line quality test for the particular wallboard production batch.

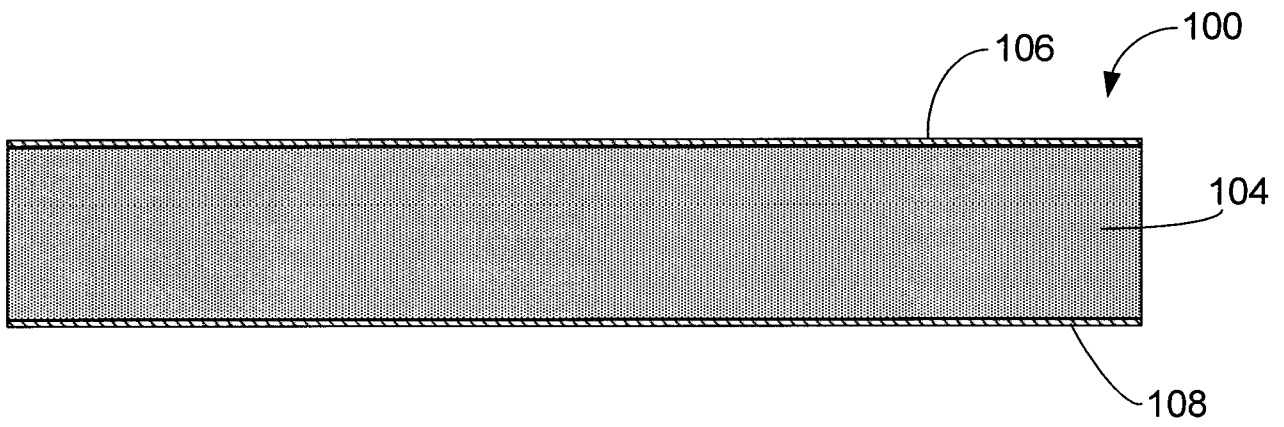
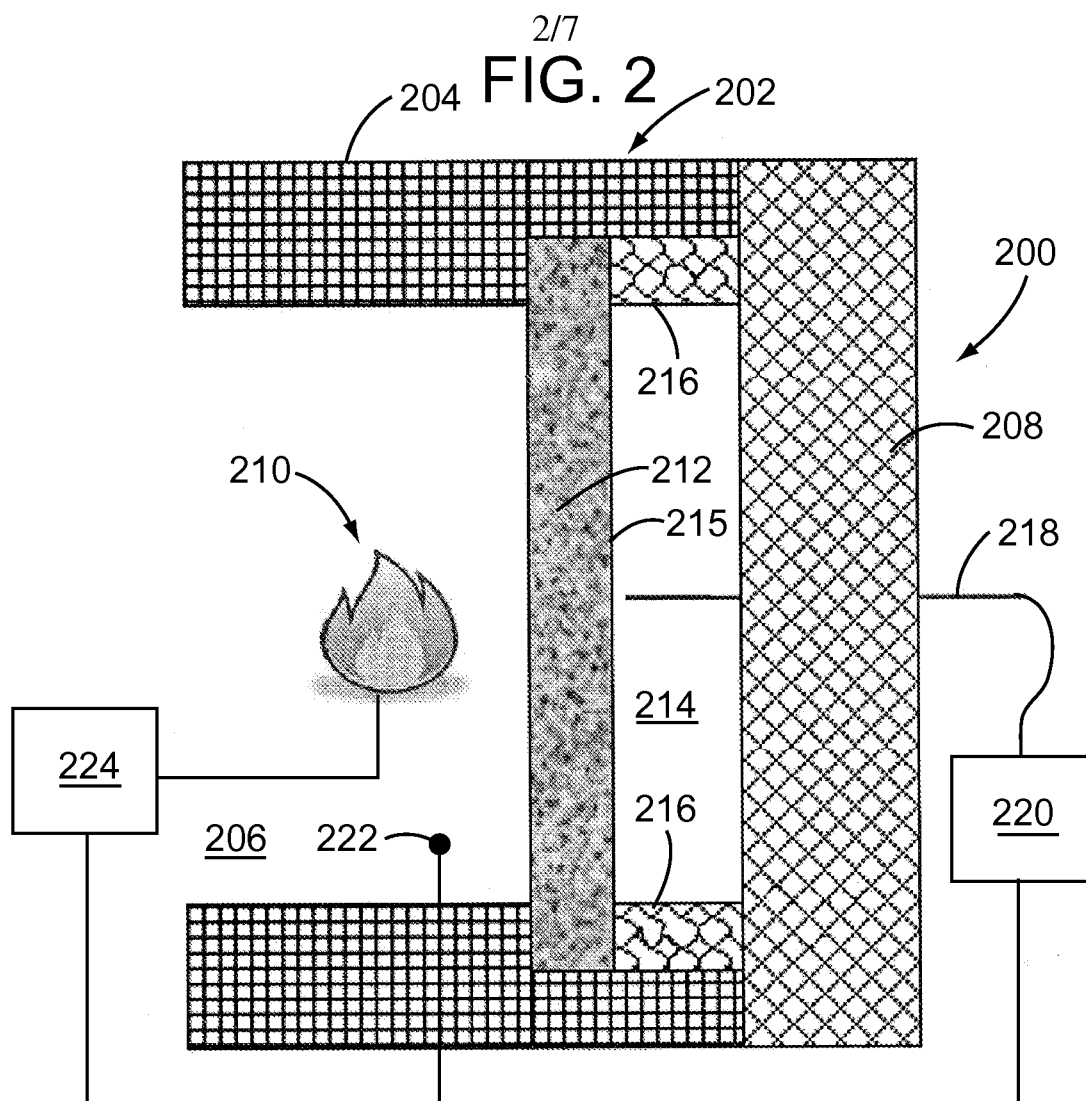
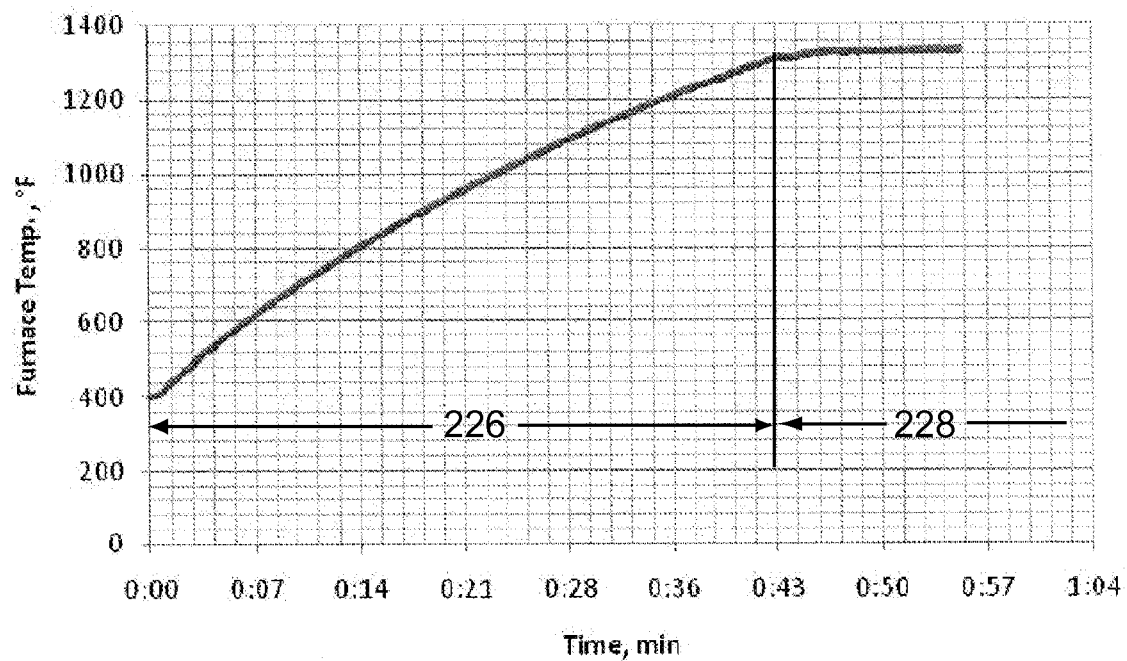


FIG. 1

**FIG. 3**

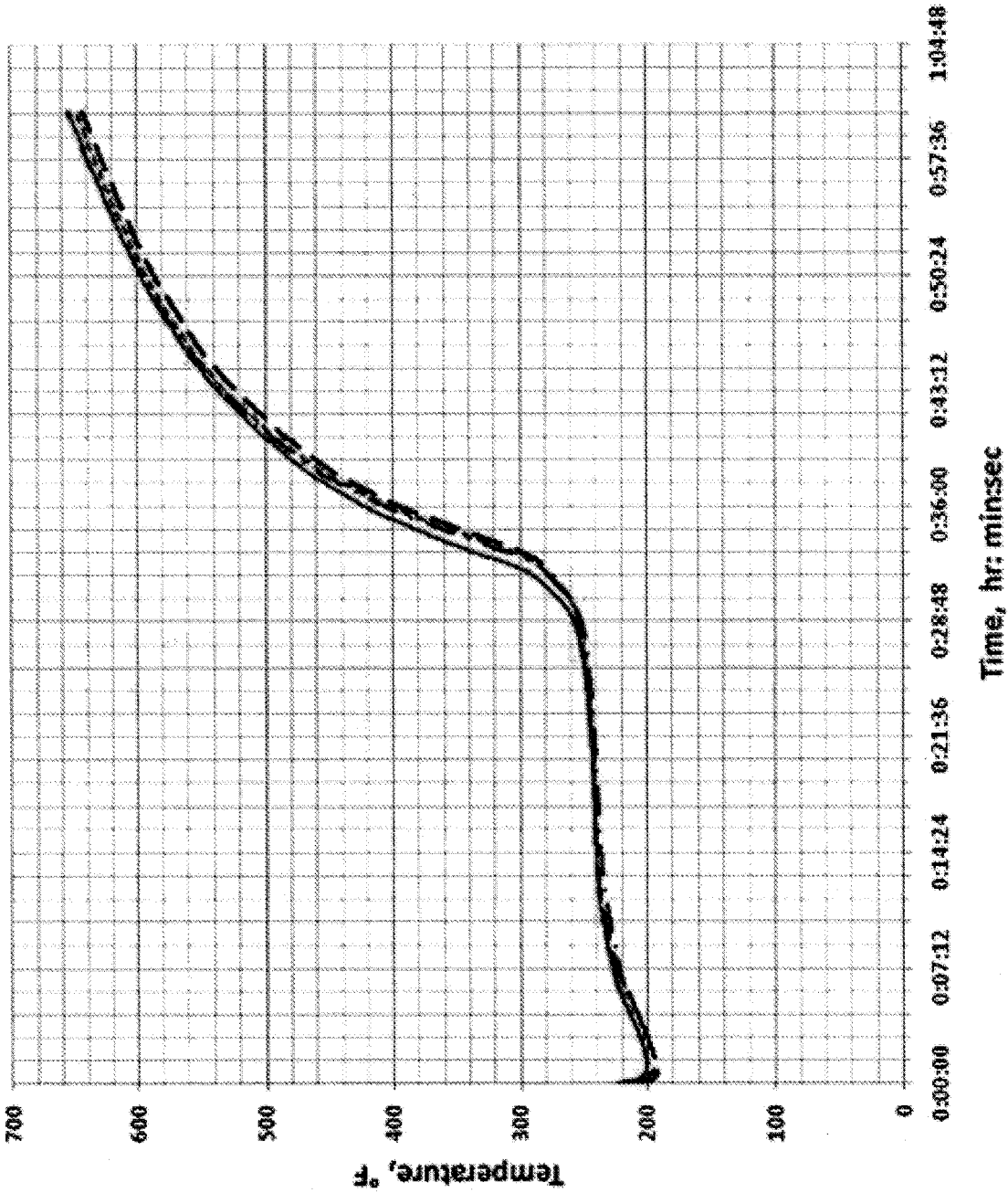
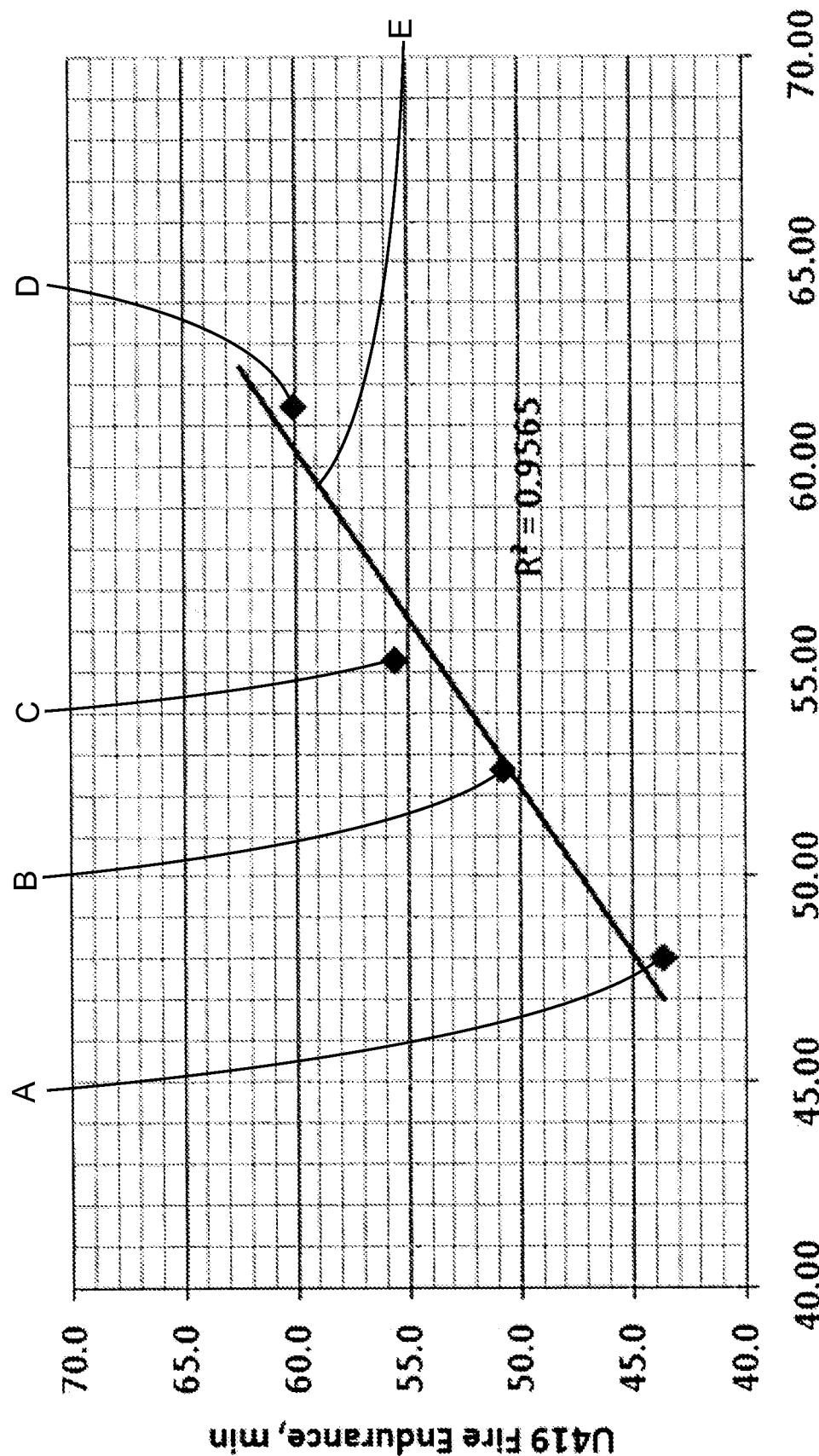
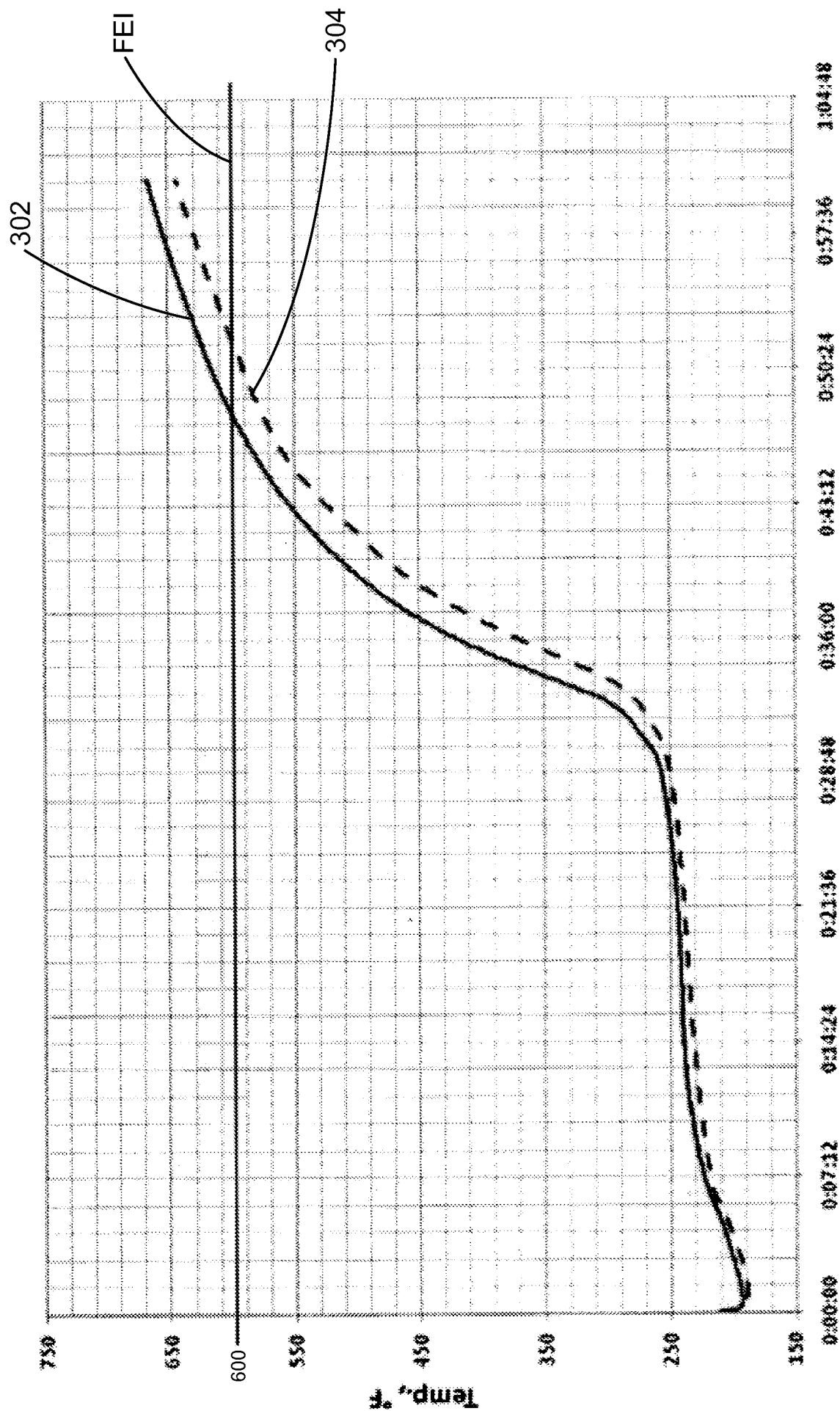


FIG. 4



Fire Endurance Index with Small Scale Fire Test, min

FIG. 5



Time, min
FIG. 6

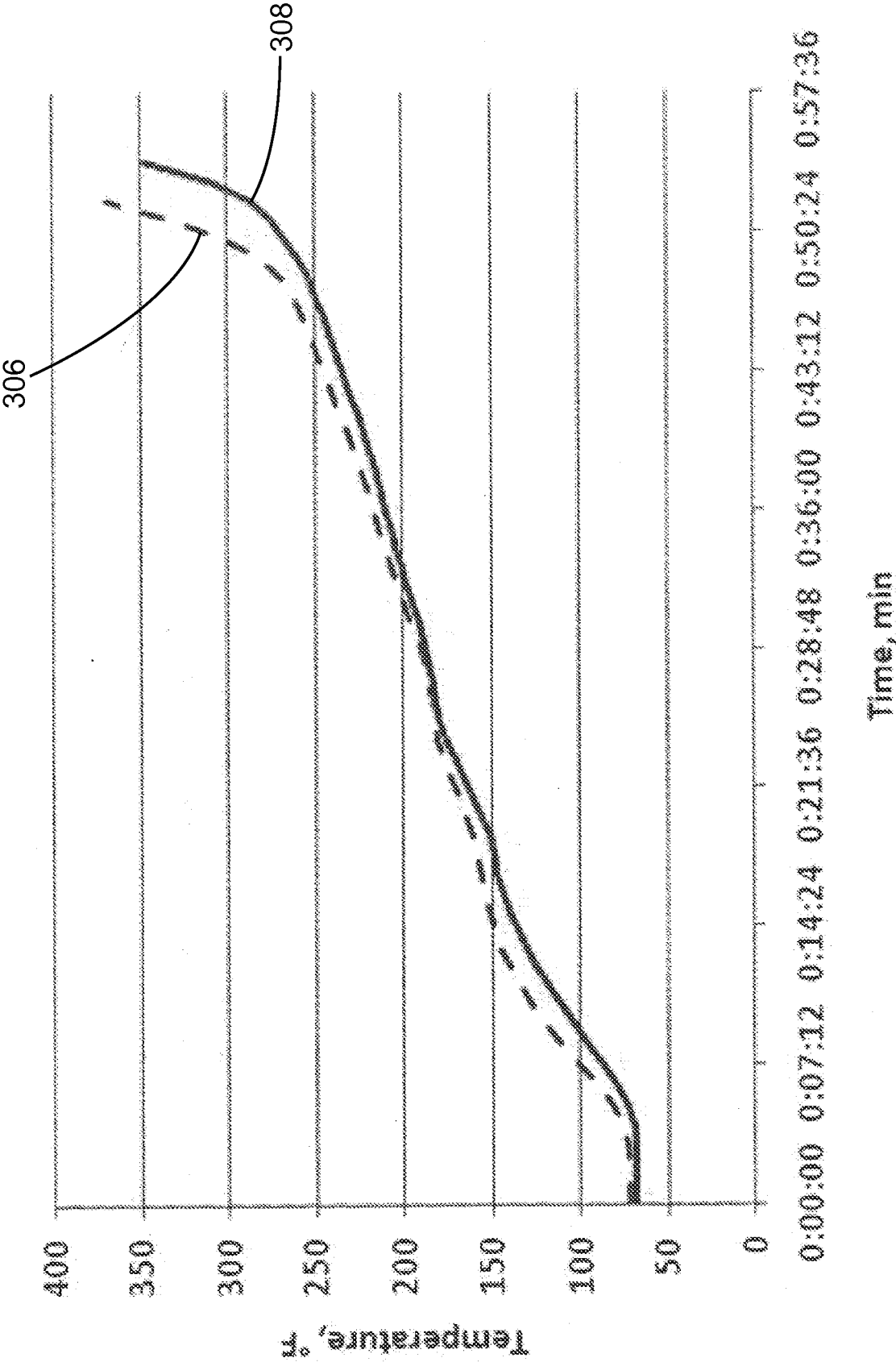


FIG. 7

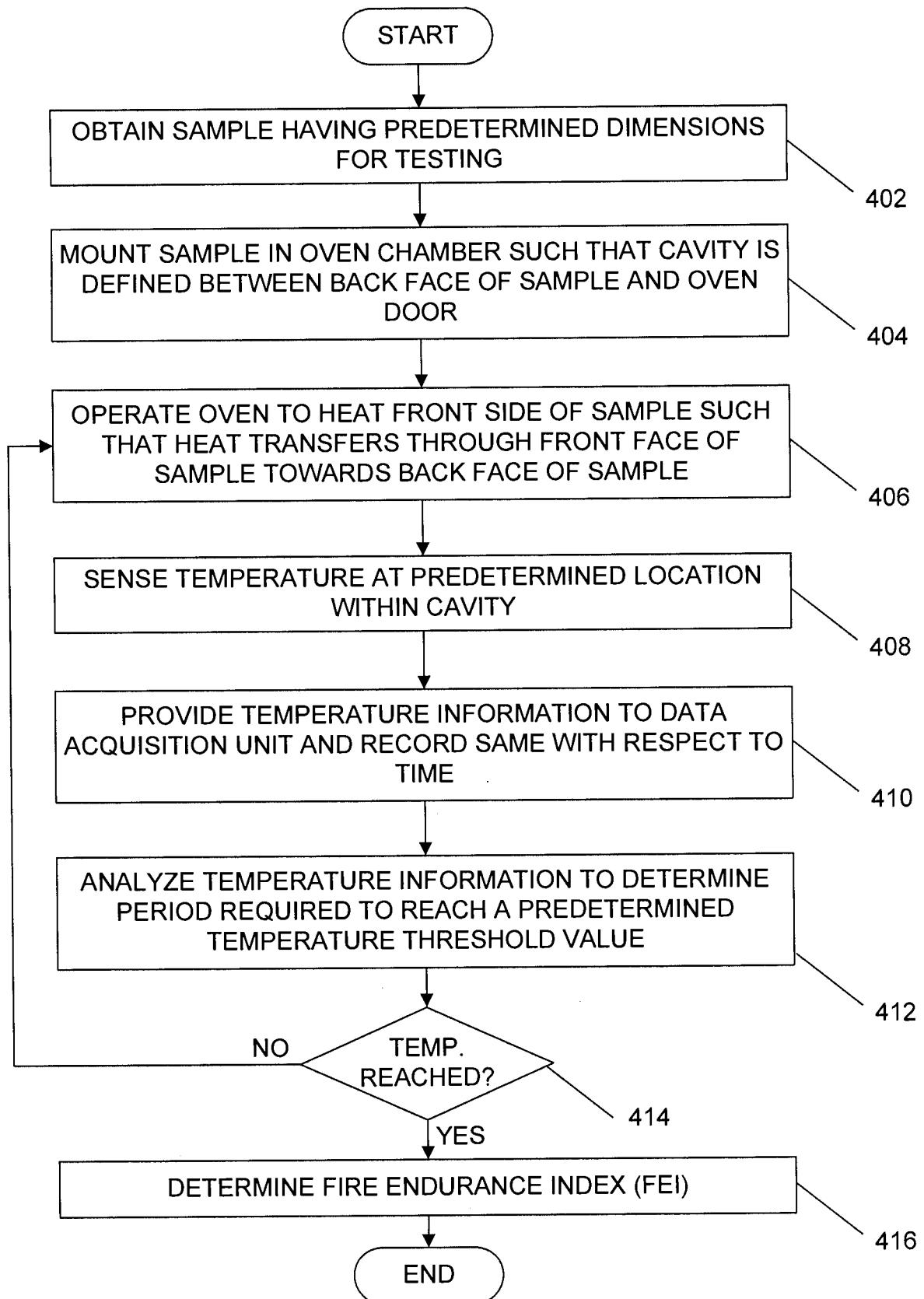


FIG. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2014/060328

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G01N25/50
ADD.

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)
G01N

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, COMPENDEX, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	NYMAN J F ET AL: "Predicting fire resistance performance of drywall construction exposed to parametric design fires - A review", JOURNAL OF FIRE PROTECTION ENGINEERING MAY 2008 SAGE PUBLICATIONS LTD; 1 OLIVERS YARD GB, vol. 18, no. 2, May 2008 (2008-05), pages 117-139, XP002735794, DOI: 10.1177/1042391507080811 page 118 - page 119; figures 1,2,4 page 121, paragraph 4	1-10
Y	US 3 616 173 A (GREEN GEORGE W ET AL) 26 October 1971 (1971-10-26) column 13, line 29 - line 52; figure 3 ----- -/--	1-10



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

11 February 2015

Date of mailing of the international search report

20/02/2015

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

Joyce, David

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2014/060328

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MANZELLO S L ET AL: "Influence of gypsum board type (X or C) on real fire performance of partition assemblies", FIRE AND MATERIALS NOVEMBER 2007 JOHN WILEY AND SONS LTD; THE ATRIUM GB, vol. 31, no. 7, November 2007 (2007-11), pages 425-442, XP002735795, DOI: 10.1002/FAM.940 the whole document -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2014/060328

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3616173	A	26-10-1971	NONE

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

Un sistema y un método para prever el comportamiento ante el fuego de un panel en una prueba estándar incluye procurar una muestra del panel para prueba y montar la muestra en un accesorio de modo que un lado de la muestra se expone a una fuente calor. Se crea una cavidad entre la muestra y el accesorio, de modo que la muestra se dispone entre la fuente de calor y la cavidad. Una medición de temperatura se toma en una ubicación predeterminada dentro de la cavidad con el tiempo y la temperatura se controla y se registra como una serie de lecturas de temperaturas usando un medio legible por computadora. La serie se analiza para determinar un índice de tiempo en el cual la temperatura alcanza un umbral de temperatura predeterminado. El índice de tiempo se correlaciona con un comportamiento ante el fuego de prueba estándar usando el medio legible por computadora y, en función de la correlación, se prevé el comportamiento ante el fuego del panel en un procedimiento de prueba estándar.

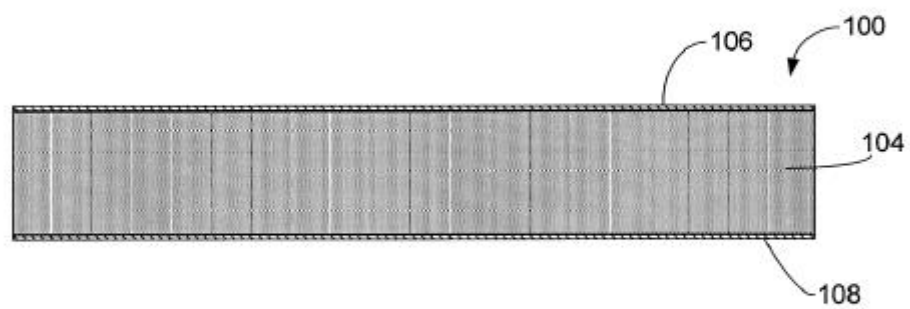
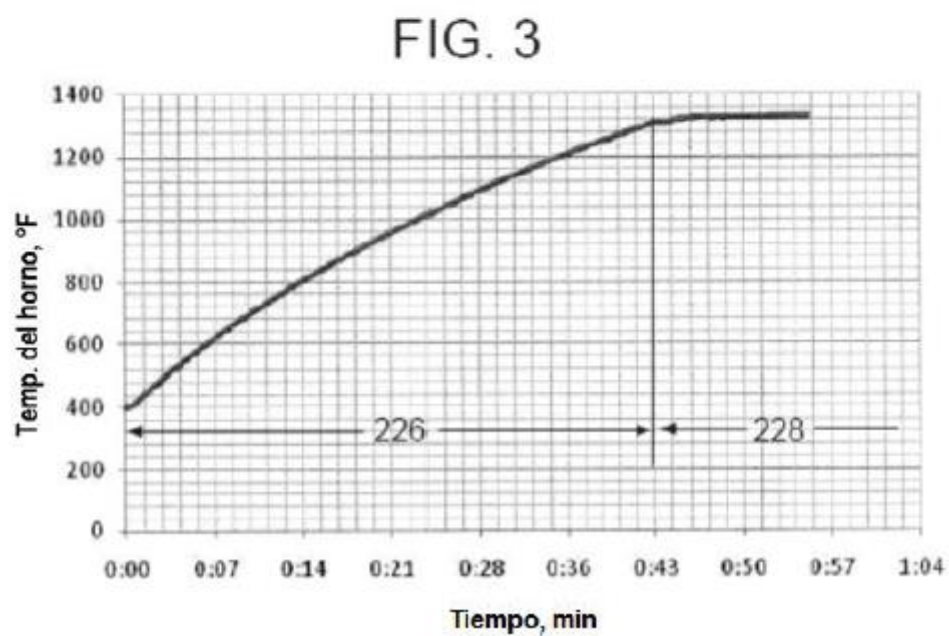
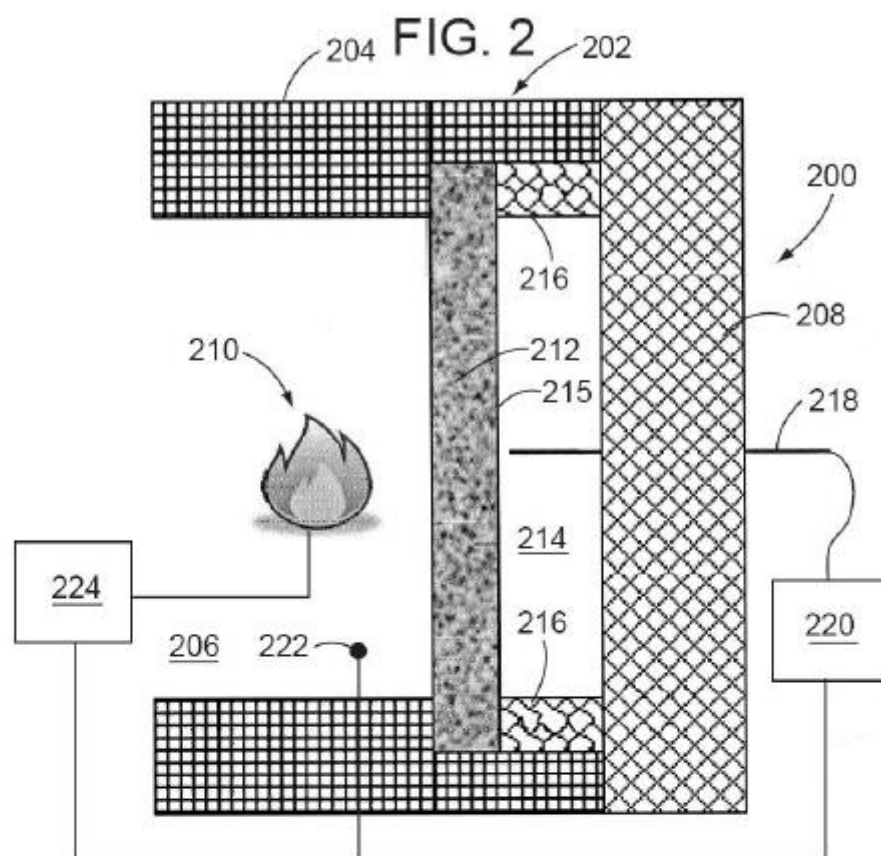


FIG. 1



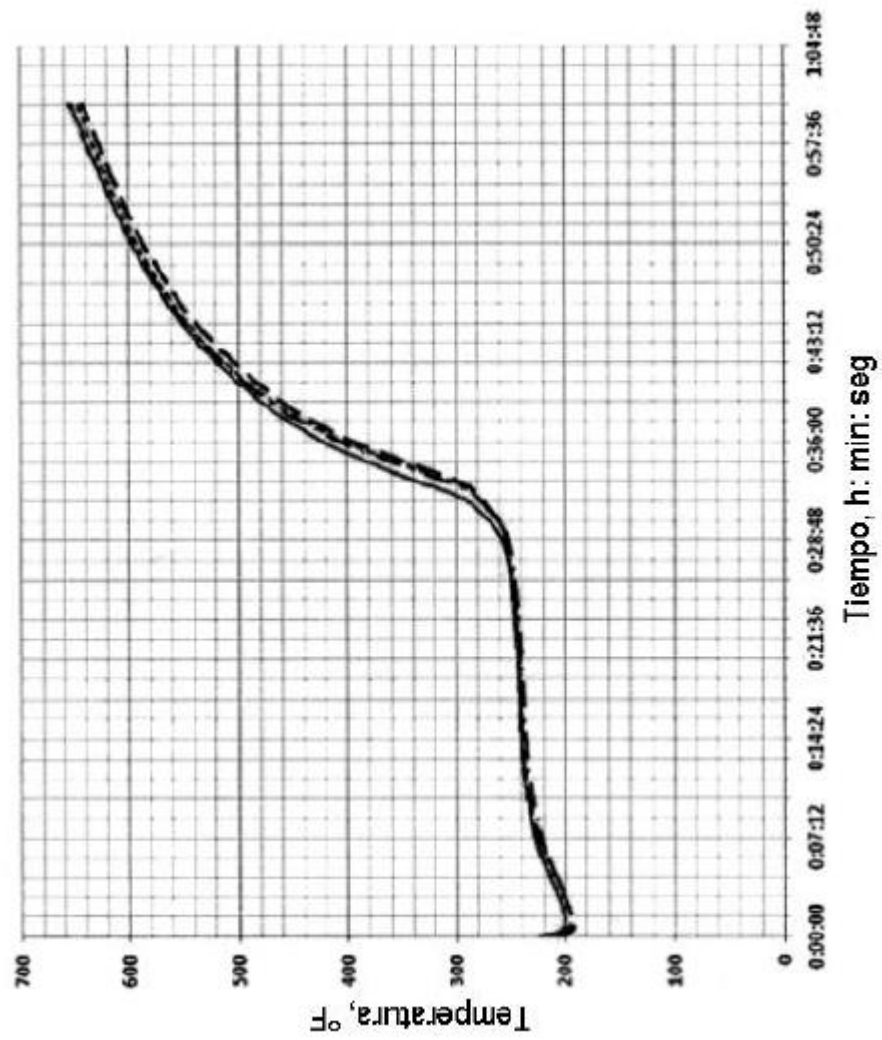
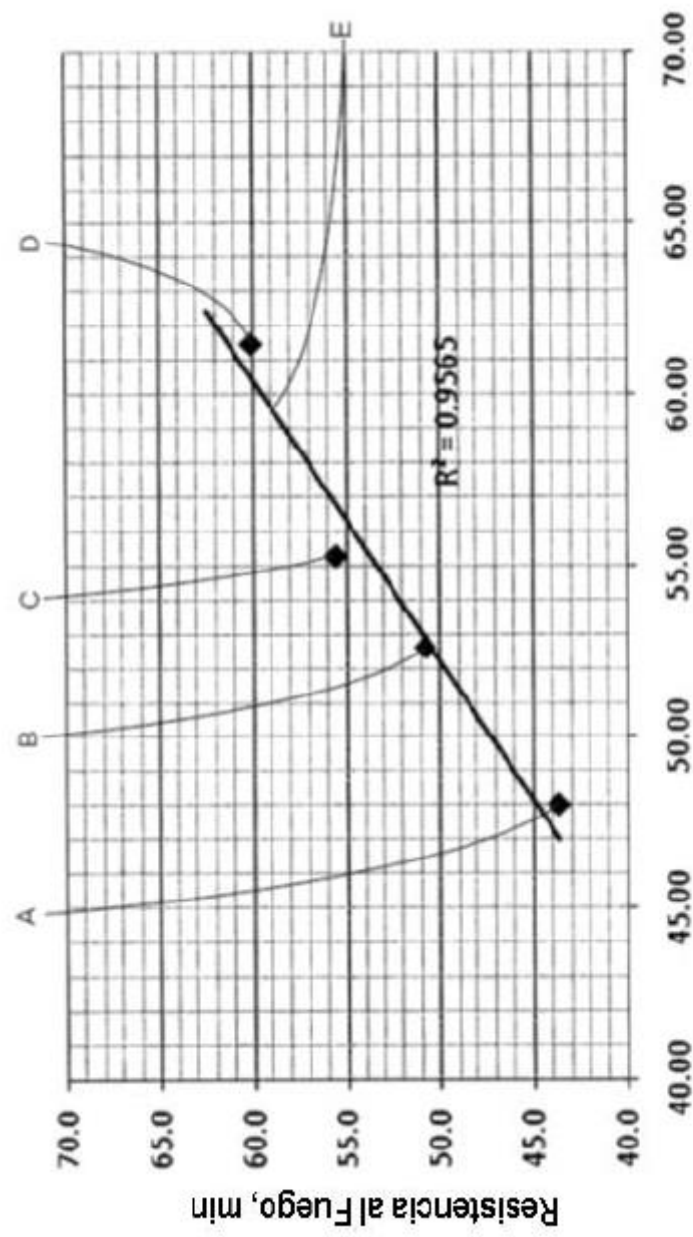


FIG. 4



Índice de Resistencia al Fuego con prueba de Fuego a pequeña escala, min

FIG. 5

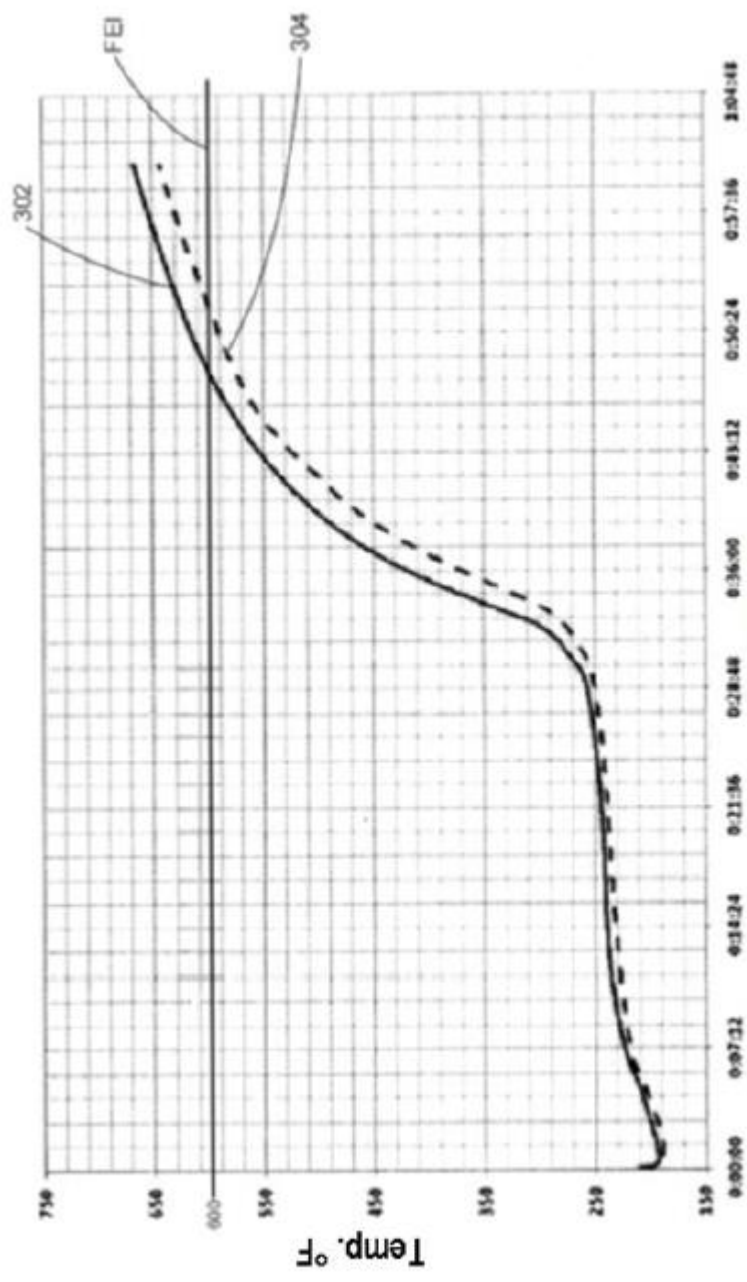


FIG. 6

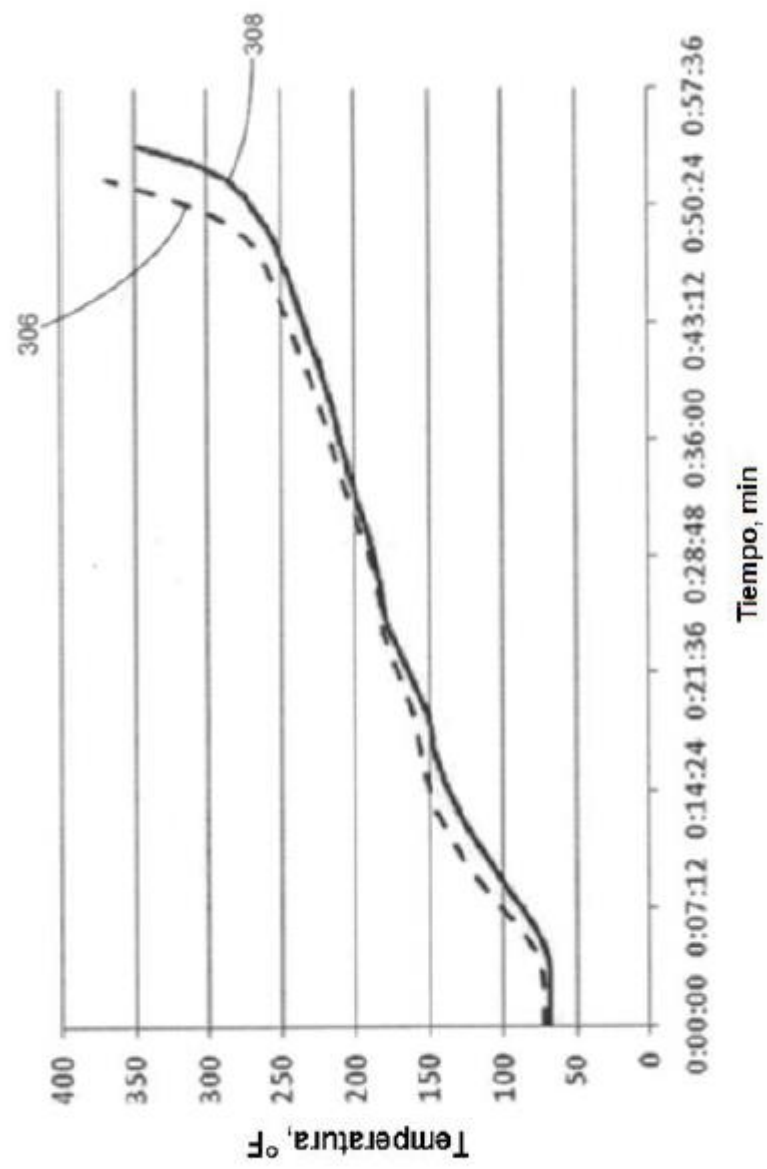


FIG. 7

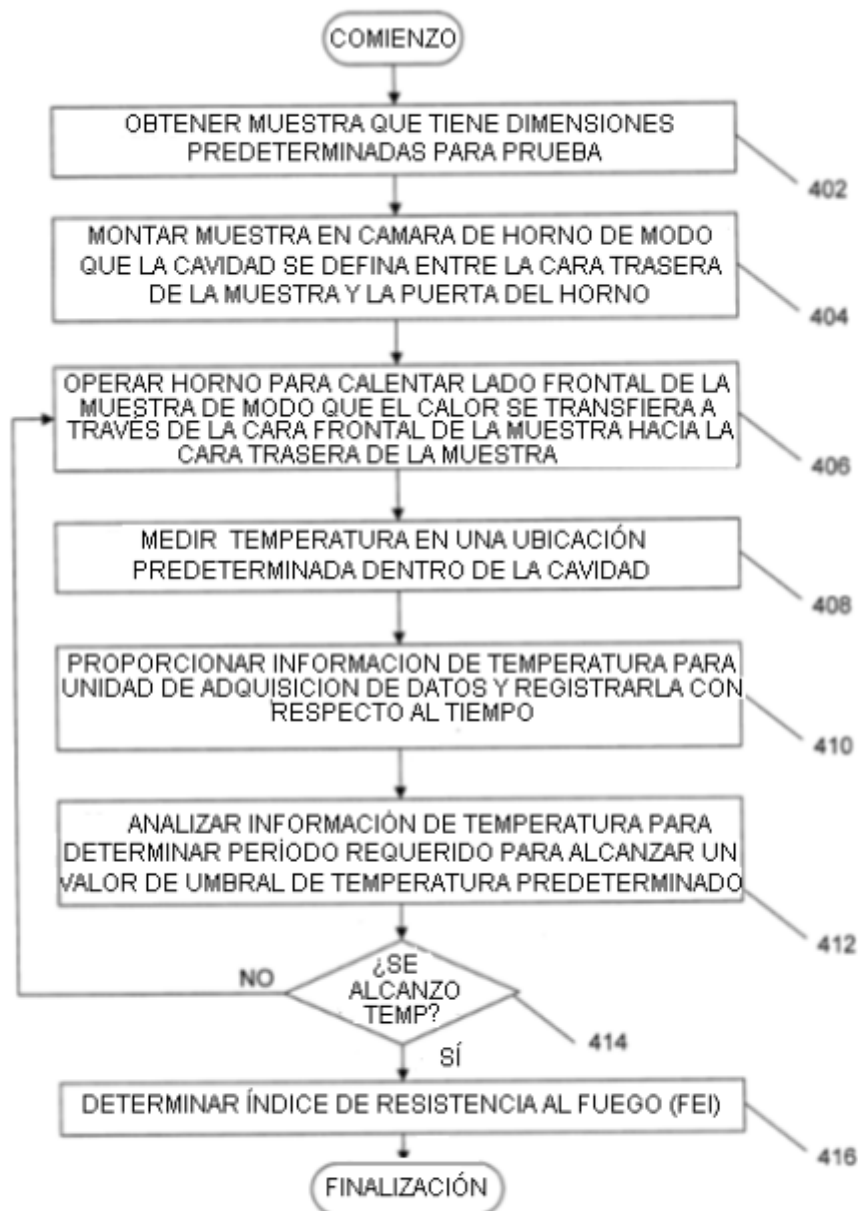


FIG. 8