

MÉTODO Y SISTEMA PARA LA MEZCLA EN LÍNEA DE AGENTE ESPUMANTE CON MODIFICADOR DE ESPUMA PARA LA ADICIÓN DE LECHADAS CEMENTOSAS

REFERENCIA CRUZADA CON SOLICITUDES RELACIONADAS

[0001] La presente solicitud de patente reivindica el beneficio de prioridad de la solicitud de patente estadounidense n.º 15/431.444, que se presentó el 22 de febrero de 2017, que es una continuación en parte de las solicitudes de patentes estadounidenses 15/186.320 y 15/186.336, que se presentaron el 17 de junio de 2016 y que reivindican el beneficio de la solicitud de patente provisional estadounidense n.º 62/235.979, presentada el 1 de octubre de 2015; todas las solicitudes anteriores se incorporan a la presente por referencia.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] El yeso fraguado (es decir, sulfato de calcio dihidrato) es un material bien conocido que se utiliza en muchos productos, incluidos paneles y otros productos para la construcción y remodelación de edificios. Un panel de este tipo (a menudo denominado placa de yeso) tiene la forma de un núcleo de yeso fraguado intercalado cual sándwich entre dos láminas (por ejemplo, placa revestida de papel) y se usa comúnmente en la construcción con placas de yeso de paredes interiores y cielorrasos de edificios. Se pueden incluir una o más capas densas, a menudo denominadas "enlucidos", en cualquiera de los lados del núcleo, generalmente en la interfaz de papel-núcleo.

[0003] Durante la fabricación de la placa, se mezclan estuco (es decir, yeso calcinado en forma de hemihidrato de sulfato de calcio y/o sulfato de calcio anhidro), agua y otros ingredientes, según corresponda, típicamente en un mezclador con clavijas, como se utiliza el término en la técnica. Se forma una lechada y se descarga del mezclador sobre un transportador en movimiento que transporta una lámina con uno de los enlucidos (si está presente) ya aplicado (a menudo corriente arriba del mezclador). La lechada se extiende sobre el papel

(con el enlucido incluido opcionalmente en el papel). Se aplica otra lámina, con o sin enlucido, sobre la lechada para formar la estructura tipo sándwich del espesor deseado con la ayuda de, por ejemplo, una placa de formación o similar. La mezcla se moldea y se deja endurecer para formar yeso fraguado (es decir, rehidratado) mediante la reacción del yeso calcinado con agua para formar una matriz de yeso hidratado cristalino (es decir, sulfato de calcio dihidrato). Es la deseada hidratación del yeso calcinado lo que permite la formación de la matriz de entrelazado de cristales de yeso fraguado, lo que imparte de esta manera resistencia a la estructura de yeso en el producto. Se requiere calor (por ejemplo, en un horno) para expulsar el agua libre (es decir, sin reaccionar) restante para producir un producto seco.

[0004] Se desea una reducción en el peso de la placa debido a mayores eficacias en la instalación. Por ejemplo, las demandas de levantamiento son mucho menores en cantidad, lo que da como resultado jornadas laborales más largas y menos lesiones. La placa de peso más ligero también es más "verde", ya que puede reducir los gastos de transporte y el consumo de energía. Para reducir el peso de la placa, se puede introducir un agente espumante en la lechada para formar vacíos de aire en el producto final. Sin embargo, debido a su naturaleza, los agentes espumantes son generalmente inestables, de modo que las burbujas de espuma tienden a romperse fácilmente, particularmente en presencia de material cementoso, lo que provoca residuos e ineficiencias.

[0005] Además, reemplazar la masa con aire en la cubierta de la placa de yeso reduce el peso, pero esa pérdida de masa también resulta en menor resistencia. La compensación por esa pérdida de resistencia es un obstáculo significativo para los esfuerzos de reducción de peso en la técnica.

[0006] Se apreciará que esta descripción de los antecedentes ha sido creada por los inventores para ayudar al lector, y no debe considerarse como una referencia a la técnica anterior ni como una indicación de que cualquiera de los problemas

indicados fueron apreciados en sí mismos en la técnica. Si bien los principios descritos pueden, en algunos aspectos y formas de realización, aliviar los problemas inherentes en otros sistemas, se apreciará que el alcance de la innovación protegida está definido por las reivindicaciones adjuntas y no por la capacidad de cualquiera de las formas de realización de la divulgación para resolver cualquier problema específico observado en la presente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0007] En un aspecto, la divulgación proporciona una mezcla "en línea" de agente espumante (jabón) y modificador de espuma (modificador de jabón) para formar una corriente de espuma de premezcla mezclada de una manera que permita ajustar las cantidades en peso relativas del agente espumante y el modificador de espuma. Por ejemplo, la espuma tiene una utilidad particular en la fabricación de placas de yeso o cemento espumadas. La espuma, que dará lugar a vacíos en el producto seco, se utiliza para que la placa se haga más ligera. La mezcla en línea permite ajustes en las cantidades de agentes espumantes y modificador de espuma directamente en la instalación de fabricación de paneles de yeso o placas de cemento. Esta flexibilidad es ventajosa porque permite adaptar las propiedades del producto final de la placa, por ejemplo, con respecto a la estructura de la placa, incluyendo el tamaño y la disposición de vacíos en una capa de placa que contiene vacíos formados a partir de la espuma.

[0008] Por lo tanto, un método para producir una placa cementosa espumada comprende, consiste en, o consiste esencialmente en mezclar una primera cantidad de un primer agente espumante, una segunda cantidad de un segundo agente espumante y una tercera cantidad de un alcohol graso para formar una corriente mezclada, en donde la primera, segunda y tercera cantidad están en una primera relación en peso. En esta etapa, el primer o segundo agente espumante se puede combinar con el alcohol graso primero en una corriente previa y luego agregarse a la corriente mezclada, por ejemplo, en un conducto de

corriente mezclada. El método también comprende cambiar de manera controlable la primera, segunda y/o tercera cantidad para formar una segunda relación en peso, que es diferente de la primera relación en peso. El método comprende además insertar aire en la corriente mezclada para formar espuma; mezclar al menos agua, material cementoso y la espuma para formar una lechada; disponer la lechada entre una primera lámina y una segunda lámina para formar un precursor de la placa; formar una placa cortando el precursor de la placa; y secar la placa.

[0009] En otro aspecto, se proporciona un sistema para formar espuma. El sistema comprende, consiste en, o consiste esencialmente en un sistema de medición de flujo configurado para introducir un primer agente espumante, un segundo agente espumante y un alcohol graso, sin importar el orden, directa o indirectamente en un generador de espuma. En algunas formas de realización, el primer agente espumante, el segundo agente espumante y el alcohol graso se combinan, independientemente del orden, antes de la adición al generador de espuma, por ejemplo, en un conducto de corriente mezclada. En algunas formas de realización, el primer agente espumante o el segundo agente espumante se mezcla primero con el alcohol graso, por ejemplo, en un preconducto antes del suministro al conducto de corriente mezclada. Un controlador se comunica con el sistema de medición de flujo para cambiar selectivamente las cantidades relativas del primer agente espumante, el segundo agente espumante y el alcohol graso que se introducen directa o indirectamente en el generador de espuma (por ejemplo, a través del conducto de corriente mezclada). Se proporciona un conducto de suministro de aire para introducir aire en el generador de espuma adaptado para formar espuma.

[0010] En otro aspecto, se proporciona un sistema para formar espuma. El sistema comprende, consiste en o consiste esencialmente en un sistema de medición de flujo que comprende al menos una bomba operativamente asociada

con una o más válvulas para controlar el flujo de un primer agente espumante, un segundo agente espumante y alcohol graso en un conducto de corriente mezclada, independientemente del orden. Un controlador se comunica con el sistema de medición de flujo para cambiar selectivamente las cantidades relativas del primer agente espumante, el segundo agente espumante y el alcohol graso que se introducen en el conducto de corriente mezclada. Un generador de espuma está en comunicación fluida con el conducto de corriente mezclada, y un conducto de suministro de aire introduce aire en el generador de espuma para que se pueda preparar la espuma.

[0011] En otro aspecto, se proporciona un sistema para formar espuma. El sistema comprende, consiste en, o consiste esencialmente en una primera bomba que se usa para introducir un primer agente espumante desde un primer conducto de suministro a través de una primera válvula a un conducto de corriente mezclada. Se usa una segunda bomba para introducir un segundo agente espumante de un segundo conducto de suministro a través de una segunda válvula en el conducto de corriente mezclada. Se usa una tercera bomba para introducir alcohol graso de un tercer conducto de suministro a través de una tercera válvula en el conducto de corriente mezclada. Un controlador se comunica con una o más (por ejemplo, todas) de la primera, segunda y tercera válvula y/o de la primera, segunda y tercera bomba para cambiar selectivamente las cantidades relativas del primer agente espumante, el segundo agente espumante y alcohol graso que se introducen en el conducto de corriente mezclada. Un generador de espuma, que contiene medios de agitación, se comunica con el conducto de corriente mezclada. Un conducto de suministro de aire introduce aire en el generador de espuma. Por lo tanto, a medida que el contenido de la corriente mezclada se agita y se combina con aire en el generador de espuma, se forma espuma. Luego, la espuma se puede suministrar a una lechada cementosa, por ejemplo, a un mezclador donde se forma continuamente

la lechada cementosa, para la preparación de placas, tales como paneles de yeso o placas de cemento.

[0012] En otro aspecto, la divulgación proporciona una placa de yeso que comprende, consiste en, o consiste esencialmente en un núcleo de yeso fraguado dispuesto entre dos láminas. El núcleo de yeso fraguado comprende, consiste en, o consiste esencialmente en una matriz de cristal de yeso formada a partir de al menos agua, estuco y una espuma. La espuma se forma a partir de un agente espumante y un estabilizador de espuma que comprende un alcohol graso. Preferentemente, el agente espumante comprende, consiste en, o consiste esencialmente en al menos un sulfato de alquilo, al menos un sulfato de alquiléter o cualquier combinación de estos. En algunas formas de realización, el agente espumante excluye sustancialmente un agente espumante de olefina y/o alquino. Sin limitarse a teoría alguna en particular, se cree que el alcohol graso interactúa con el agente espumante para estabilizar la espuma y permitir un mejor control de los vacíos de aire formados en el producto final. En algunas formas de realización, el estabilizador de espuma comprende el alcohol graso, pero excluye sustancialmente alquilamidas de ácidos grasos y/o tauridas de ácidos carboxílicos. En algunas formas de realización, la placa exhibe una resistencia mejorada en comparación con la misma placa preparada sin el alcohol graso.

[0013] En otro aspecto, la divulgación proporciona un método para fabricar placas cementosas (por ejemplo, de yeso o cemento). Normalmente, la espuma se genera previamente. Por lo tanto, el método comprende, consiste en, o consiste esencialmente en generar previamente una espuma mediante la inserción de aire en una mezcla acuosa de agente espumante y un estabilizador de espuma que comprende alcohol graso. Preferentemente, el agente espumante comprende, consiste en, o consiste esencialmente en al menos un sulfato de alquilo, al menos un sulfato de alquiléter o cualquier combinación de estos. Se pueden mezclar los

agentes espumantes estables e inestables. En algunas formas de realización, el agente espumante excluye sustancialmente un agente espumante de olefina y/o alquino. La espuma se introduce (por ejemplo, se inyecta) en la lechada.

[0014] El método incluye mezclar al menos agua, estuco y la espuma para formar una lechada cementosa; disponer la lechada entre una primera lámina y una segunda lámina para formar un precursor de la placa; formar una placa cortando el precursor de la placa; y secar la placa. En formas de realización preferidas, el alcohol graso se puede combinar con el agente espumante en una premezcla y la premezcla se puede agregar a estuco, agua y otros aditivos, según se desee, por ejemplo, en un mezclador. Sin limitarse a teoría alguna, se cree que el alcohol graso generalmente se solubiliza en el agente espumante acuoso. En algunas formas de realización, el estabilizador de espuma comprende el alcohol graso, pero excluye sustancialmente un compuesto de glicol y/o amida.

[0015] En otro aspecto, la divulgación proporciona un método para formar una lechada de yeso espumada. El método comprende, consiste en, o consiste esencialmente en combinar un agente espumante con un alcohol graso para formar una mezcla de jabón acuosa; generar una espuma a partir de la mezcla de jabón acuosa; y agregar la espuma a una lechada de yeso que comprende estuco y agua para formar la lechada de yeso espumada. Sin limitarse a teoría alguna en particular, a medida que la espuma fluye en la lechada de yeso, se forman burbujas de espuma con una cubierta que rodea las burbujas que se interconectan con la lechada. Se cree además que la presencia de alcohol graso estabiliza deseablemente la cubierta en la interfaz.

[0016] En otro aspecto, la divulgación proporciona una lechada que comprende, consiste en, o consiste esencialmente en agua, estuco, agente espumante y un alcohol graso, en donde, cuando la lechada se moldea y se seca como una placa, la placa tiene mayor resistencia en comparación con la misma placa formada sin el alcohol graso.

[0017] En otro aspecto, la divulgación proporciona un método para estabilizar una estructura espumada en una lechada cementosa, por ejemplo, utilizada en la preparación de placas cementosas (por ejemplo, de yeso o cemento). En el método, el alcohol graso se puede combinar con un agente espumante. En algunas formas de realización, el agente espumante se mezcla con el alcohol graso para formar una mezcla de jabón acuosa. Se genera una espuma a partir de la mezcla de jabón acuosa. La espuma se agrega a una lechada de yeso o cemento que comprende material cementoso (por ejemplo, estuco o cemento) y agua para formar una lechada cementosa espumada. Sin limitarse a teoría alguna en particular, se cree que, a medida que la espuma fluye en la lechada cementosa, se forman burbujas de espuma con una cubierta que rodea las burbujas que se interconectan con la lechada. Se cree además que la presencia de alcohol graso estabiliza deseablemente la cubierta en la interfaz.

[0018] Para fabricar la placa, la lechada cementosa espumada se aplica en una relación de unión a una lámina superior (o frontal) para formar una lechada de núcleo cementosa espumada que tiene una primera y una segunda superficie principal. La primera superficie principal de la lechada de núcleo cementosa espumada mira hacia la lámina superior. Se aplica una lámina inferior (o trasera) en relación de unión a la segunda superficie principal de la lechada de núcleo cementosa espumada para formar un conjunto húmedo de precursor de placa. Si se desea, se puede aplicar un enlucido entre el núcleo y cualquiera de las láminas, o ambas. El precursor de la placa se corta y se seca para formar el producto de placa.

[0019] En otro aspecto, la divulgación proporciona la placa de cemento formada a partir de una mezcla del núcleo de agua y un material de cemento (por ejemplo, cemento Portland, cemento de alúmina, cemento de magnesia, etc., y mezclas de dichos materiales). Un agente espumante y alcohol graso también se incluyen en la mezcla. Opcionalmente, en algunas formas de realización se pueden incluir

agregados ligeros (por ejemplo, arcilla expandida, escoria expandida, esquistos expandidos, perlita, perlas de vidrio expandido, perlas de poliestireno y similares) en la mezcla. La placa de cemento comprende un núcleo de cemento dispuesto entre dos láminas. El núcleo de cemento se puede formar a partir de al menos agua, cemento, agente espumante y un alcohol graso.

[0020] En otro aspecto, la divulgación proporciona un método para formar una lechada de cemento espumada. El método comprende, consiste en, o consiste esencialmente en combinar un agente espumante con un alcohol graso para formar una mezcla de jabón acuosa; generar una espuma a partir de la mezcla de jabón acuosa; y agregar la espuma a una lechada de cemento que comprende cemento (por ejemplo, cemento Portland, cemento de alúmina, cemento de magnesita, etc., o combinaciones de estos) y agua para formar la lechada de cemento espumada. A medida que la espuma fluye en la lechada de cemento, se forman burbujas de espuma con una cubierta que rodea las burbujas que se interconectan con la lechada. Sin limitarse a teoría alguna en particular, la presencia de alcohol graso estabiliza deseablemente la cubierta en la interfaz.

[0021] En otro aspecto, la divulgación proporciona una lechada que comprende, consiste en, o consiste esencialmente en agua, cemento, agente espumante y un alcohol graso, en donde, cuando la lechada se forma y se seca como una placa, la placa tiene mayor resistencia en comparación con la misma placa formada sin el alcohol graso.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0022] La Figura 1 es un gráfico de barras de la altura de la espuma (mm) (eje Y) en comparación con las soluciones de agentes espumantes sin alcohol graso (eje X) con y sin éter de policarboxilato, como se describe en el Ejemplo 1 en la presente.

[0023] La Figura 2 es un gráfico de barras de la altura de la espuma (mm) (eje Y) en comparación con las soluciones de agentes espumantes que contienen el

Agente espumante 1B (eje X), como se describe en el Ejemplo 1 en la presente.

[0024] La Figura 3 es un gráfico de barras de la altura de la espuma (mm) (eje Y) en comparación con las soluciones de agentes espumantes que contienen el Agente espumante 1C (eje X), como se describe en el Ejemplo 1 en la presente.

[0025] La Figura 4 es un gráfico de la altura de la espuma (mm) (eje Y) en comparación con el tiempo (eje X) de las soluciones de agentes espumantes que contienen el Agente espumante 1B, como se describe en el Ejemplo 1 en la presente.

[0026] La Figura 5 es un gráfico de la altura de la espuma (mm) (eje Y) en comparación con el tiempo (eje X) de las soluciones de agentes espumantes que contienen el Agente espumante 1C, como se describe en el Ejemplo 1 en la presente.

[0027] Las Figuras 6A-6C son imágenes de micrografías ópticas, con un aumento de 20 veces, de la sección transversal de un panel de control 2A preparado sin alcohol graso alguno, como se describe en el Ejemplo 2 en la presente.

[0028] Las Figuras 7A-7C son imágenes de micrografías ópticas, con un aumento de 20 veces, de la sección transversal del panel 2B preparado con una mezcla de agente espumante con 1 % de dodecanol, como se describe en el Ejemplo 2 en la presente.

[0029] Las Figuras 8A-8C son imágenes de micrografías ópticas, con un aumento de 20 veces, de la sección transversal del panel 2C preparado con una mezcla de agente espumante con 1 % de decanol, como se describe en el Ejemplo 2 en la presente.

[0030] Las Figuras 9A-9C son imágenes de micrografías ópticas, con un aumento de 20 veces, de la sección transversal del panel 2D preparado con una mezcla de agente espumante con 1 % de octanol, como se describe en el Ejemplo 2 en la presente.

[0031] La Figura 10 es un gráfico de barras de la distribución volumétrica (%) (eje

Y) en comparación con el tamaño del vacío en el panel de control 2A, como se describe en el Ejemplo 2 en la presente.

[0032] La Figura 11 es un gráfico de barras de la distribución volumétrica (%) de vacíos (eje Y) en comparación con el tamaño del vacío (micrómetros) (eje X) en el panel 2B preparado con agente espumante modificado con 1 % de dodecanol, como se describe en el Ejemplo 2 en la presente.

[0033] La Figura 12 es un gráfico de barras de la distribución volumétrica (%) (eje Y) en comparación con el tamaño del vacío (micrómetros) (eje X) en el panel 2C preparado con agente espumante modificado con 1 % de decanol, como se describe en el Ejemplo 2 en la presente.

[0034] La Figura 13 es un gráfico de barras de la distribución volumétrica (%) (eje Y) en comparación con el tamaño del vacío (micrómetros) (eje X) en el panel 2D preparado con agente espumante modificado con 1 % de octanol, como se describe en el Ejemplo 2 en la presente.

[0035] La Figura 14 es un diagrama esquemático de una forma de realización de un sistema para preparar una espuma que incluye jabones estables e inestables (agentes espumantes) y un modificador de jabón (espuma) de tal manera que la espuma es útil, por ejemplo, para la inserción en una lechada de yeso o cemento durante la fabricación de la placa.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

[0036] Las formas de realización de la divulgación proporcionan un modificador de espuma útil para lechadas cementosas (por ejemplo, lechadas de yeso o cemento), y para productos y métodos relacionados. El modificador de espuma es un alcohol graso que, sin limitarse a teoría alguna en particular, se cree que actúa para ayudar a estabilizar la espuma. Las lechadas de yeso y cemento pueden ser sistemas complejos con diferentes tipos y cantidades de materiales. Los ingredientes dentro de la lechada contribuyen a la tensión de la espuma, lo que puede hacer que las burbujas de espuma se rompan, lo que reduce el control

de la distribución del tamaño del vacío de aire. Sorprendente e inesperadamente, los inventores han descubierto que la inclusión del alcohol graso con el agente espumante, por ejemplo, en una premezcla para preparar la espuma, puede dar como resultado una mejora en la estabilidad de la espuma, permitiendo así un mejor control de la distribución y tamaño del vacío (aire) de espuma. Al formar tal sistema espumante robusto, en algunas formas de realización, la estructura del núcleo controlada puede dar como resultado una resistencia mejorada de la placa, como se ve, por ejemplo, en la resistencia mejorada a la tracción del clavo (a veces denominada simplemente "tracción del clavo"), dureza del núcleo, etc. En algunas formas de realización, la placa tiene una mayor resistencia en comparación con la misma placa formada sin el alcohol graso. La distribución del tamaño del vacío de aire de la estructura del núcleo se puede adaptar según se desee, por ejemplo, para tener un diámetro de vacío promedio que puede ser mayor o menor, por ejemplo, que comprende vacíos de aire más grandes o más pequeños, como puede determinarse.

[0037] El alcohol graso se puede usar con cualquier composición de agente espumante adecuada que sea útil para generar espuma en lechadas de yeso. Los agentes espumantes adecuados se seleccionan para dar lugar a vacíos de aire en el producto final, de manera que se pueda reducir el peso del núcleo de la placa. En algunas formas de realización, el agente espumante comprende un jabón estable, un jabón inestable o una combinación de jabones estables e inestables. En algunas formas de realización, un componente del agente espumante es un jabón estable, y el otro componente es una combinación de un jabón estable y un jabón inestable. En algunas formas de realización, el agente espumante comprende un tensioactivo de sulfato de alquilo.

[0038] Muchos agentes espumantes conocidos en el comercio están disponibles y pueden usarse de acuerdo con las formas de realización de la divulgación, tales como la línea HYONIC (por ejemplo, 25AS) de productos de jabón de GEO

Specialty Chemicals, Ambler, PA. Otros jabones disponibles en el comercio incluyen el Polystep B25, de Stepan Company, Northfield, Illinois. Los agentes espumantes descritos en la presente pueden usarse solos o en combinación con otros agentes espumantes.

[0039] Algunos tipos de jabones inestables, de acuerdo con las formas de realización de la divulgación, son tensioactivos de sulfato de alquilo con longitud de cadena variable y cationes variables. Las longitudes de cadena adecuadas pueden ser, por ejemplo, C₈-C₁₂, por ejemplo, C₈-C₁₀, o C₁₀-C₁₂. Los cationes adecuados incluyen, por ejemplo, sodio, amonio, magnesio o potasio. Los ejemplos de jabones inestables incluyen, por ejemplo, dodecilsulfato de sodio, dodecilsulfato de magnesio, decilsulfato de sodio, dodecilsulfato de amonio, dodecilsulfato de potasio, decilsulfato de potasio, octilsulfato de sodio, decilsulfato de magnesio, decilsulfato de amonio, mezclas de estos y cualquiera combinación de estos.

[0040] Algunos tipos de jabones estables, de acuerdo con las formas de realización de la divulgación, son tensioactivos de sulfato de alquilo alcoxilados (por ejemplo, etoxilados) con longitud de cadena variable (generalmente más larga) y cationes variables. Las longitudes de cadena adecuadas pueden ser, por ejemplo, C₁₀-C₁₄, por ejemplo, C₁₂-C₁₄, o C₁₀-C₁₂. Los cationes adecuados incluyen, por ejemplo, sodio, amonio, magnesio o potasio. Los ejemplos de jabones estables incluyen, por ejemplo, laurilsulfato de sodio, laurilsulfato de potasio, laurilsulfato de magnesio, laurilsulfato de amonio, mezclas de estos y cualquier combinación de estos. En algunas formas de realización, se puede usar cualquier combinación de jabones estables e inestables de estas listas.

[0041] Los ejemplos de combinaciones de agentes espumantes y su adición en la preparación de productos de yeso espumados se describen en la patente estadounidense 5.643.510, incorporada en la presente por referencia. Por ejemplo, se pueden combinar un primer agente espumante que forma una

espuma estable y un segundo agente espumante que forma una espuma inestable. En algunas formas de realización, el primer agente espumante es un jabón con una longitud de cadena de alquilo de 8-12 átomos de carbono y una longitud de cadena de grupo alcoxi (por ejemplo, etoxi) de 1-4 unidades. El segundo agente espumante es opcionalmente un jabón no alcoxilado (por ejemplo, no etoxilado) con una longitud de cadena de alquilo de 6-20 átomos de carbono, por ejemplo, 6-18 átomos de carbono o 6-16 átomos de carbono. La regulación de las cantidades respectivas de estos dos jabones permite el control de la estructura de espuma de la placa hasta que se alcanza un jabón estable de alrededor del 100 % o un jabón inestable de alrededor del 100 %.

[0042] En algunas formas de realización, el agente espumante está en forma de sulfato de alquilo y/o sulfato de alquiléter. Dichos agentes espumantes se prefieren por sobre olefinas, tales como los sulfatos de olefinas, porque las olefinas contienen enlaces dobles, generalmente en la parte frontal de la molécula, lo que las hace indeseablemente más reactivas, incluso cuando se hacen para ser un jabón. Por lo tanto, preferentemente, el agente espumante comprende sulfato de alquilo y/o sulfato de alquiléter, pero está esencialmente libre de una olefina (por ejemplo, sulfato de olefina) y/o alquino. Esencialmente libre de olefina o alquino significa que el agente espumante contiene ya sea (i) 0 % en peso en función del peso de estuco, o ninguna olefina y/o alquino, o (ii) una cantidad ineficaz o (iii) una cantidad irrelevante de olefina y/o alquino. Como comprenderá una persona del oficio de nivel medio, un ejemplo de una cantidad ineficaz es una cantidad por debajo de la cantidad umbral para alcanzar el objetivo previsto de usar un agente espumante de olefina y/o alquino. Una cantidad irrelevante se encuentra, por ejemplo, por debajo de alrededor de 0,001 % en peso, tal como por debajo de alrededor de 0,005 % en peso, por debajo de alrededor de 0,001 % en peso, por debajo de alrededor de 0,0001 % en peso en función del peso de estuco, tal como lo comprenderá una persona del oficio de

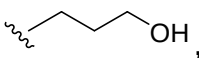
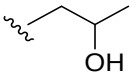
nivel medio.

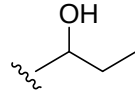
[0043] El agente espumante se incluye en la lechada de yeso en cualquier cantidad adecuada. Por ejemplo, en algunas formas de realización, se incluye en una cantidad de alrededor de 0,01 % a alrededor de 0,25 % en peso del estuco, por ejemplo, de alrededor de 0,01 % a alrededor de 0,1 % en peso del estuco, de alrededor de 0,01 % a alrededor de 0,03 % en peso del estuco, o de alrededor de 0,07 % a alrededor de 0,1 % en peso del estuco.

[0044] El alcohol graso puede ser cualquier alcohol graso alifático adecuado. Se entenderá que, como se define a lo largo de la presente, "alifático" se refiere a alquilo, alquenilo o alquinilo, y puede estar sustituido o no sustituido, ramificado o no ramificado y saturado o insaturado, y en relación con algunas formas de realización, se denota por cadenas de carbono que se indican en la presente, por ejemplo, C_x-C_y , donde x e y son números enteros. Por lo tanto, el término alifático también se refiere a cadenas con sustitución de heteroátomos que conserva la hidrofobicidad del grupo. El alcohol graso puede ser un solo compuesto, o puede ser una combinación de dos o más compuestos.

[0045] En algunas formas de realización, el alcohol graso es un alcohol graso C_6-C_{20} , tal como un alcohol graso $C_{10}-C_{20}$ o alcohol graso C_6-C_{16} (por ejemplo, alcohol graso alifático C_6-C_{14} , C_6-C_{12} , C_6-C_{10} , C_6-C_8 , C_8-C_{16} , C_8-C_{14} , C_8-C_{12} , C_8-C_{10} , $C_{10}-C_{16}$, $C_{10}-C_{14}$, $C_{10}-C_{12}$, $C_{12}-C_{16}$, $C_{12}-C_{14}$, o $C_{14}-C_{16}$, etc.). Los ejemplos incluyen octanol, decanol, dodecanol, etc. o cualquier combinación de estos.

[0046] El alcohol graso $C_{10}-C_{20}$ comprende una cadena de carbono C_6-C_{20} lineal o ramificada y al menos un grupo hidroxilo. El grupo hidroxilo se puede unir en cualquier posición adecuada en la cadena de carbono, pero está preferentemente en o cerca de cualquiera de los dos carbonos terminales. En ciertas formas de realización, el grupo hidroxilo puede estar unido en la posición α , β , o γ de la cadena de carbono, por ejemplo, el alcohol graso C_6-C_{20} puede

comprender las siguientes subunidades estructurales: , ,

o . Por lo tanto, los ejemplos de un alcohol graso deseado de acuerdo con algunas formas de realización son 1-dodecanol, 1-undecanol, 1-decanol, 1-nonanol, 1-octanol o cualquier combinación de estos.

[0047] En algunas formas de realización, un agente estabilizador de espuma comprende el alcohol graso y está esencialmente libre de alquilamidas de ácidos grasos o tauridas de ácidos carboxílicos. En algunas formas de realización, el agente estabilizador de espuma está esencialmente libre de glicol, aunque se pueden incluir glicoles en algunas formas de realización, por ejemplo, para permitir un mayor contenido de tensioactivo. Esencialmente libre de cualquiera de los ingredientes mencionados anteriormente significa que el estabilizador de espuma contiene ya sea (i) 0 % en peso en función del peso de cualquiera de estos ingredientes, o (ii) una cantidad ineficaz o (iii) una cantidad irrelevante de cualquiera de estos ingredientes. Como comprenderá una persona del oficio de nivel medio, un ejemplo de una cantidad ineficaz es una cantidad por debajo de la cantidad umbral para alcanzar el objetivo previsto de usar cualquiera de estos ingredientes. Una cantidad irrelevante se encuentra, por ejemplo, por debajo de alrededor de 0,0001 % en peso, tal como por debajo de alrededor de 0,00005 % en peso, por debajo de alrededor de 0,00001 % en peso, por debajo de alrededor de 0,000001 % en peso, etc., en función del peso de estuco, tal como lo comprenderá una persona del oficio de nivel medio.

[0048] El alcohol graso puede estar presente en la lechada de yeso en cualquier cantidad adecuada. En algunas formas de realización, el alcohol graso está presente en una cantidad de alrededor de 0,0001 % a alrededor de 0,03 % en peso del estuco, por ejemplo, de alrededor de 0,0001 % a alrededor de 0,001 % en peso del estuco, de alrededor de 0,0002 % a alrededor de 0,0075 % en peso

del estuco, de alrededor de 0,0001 % a alrededor de 0,003 % en peso del estuco, o de alrededor de 0,0005 % a alrededor de 0,001 % en peso del estuco.

[0049] En formas de realización preferidas, para mejorar la eficacia, el agente espumante, el agua de espuma y el alcohol graso se combinan antes de su adición a la lechada de yeso. La preparación de esta manera permite que el alcohol graso actúe directamente con la espuma para proporcionar el efecto de estabilización deseado, en lugar de diluirse en la lechada de yeso y competir con otros componentes de la lechada para acceder a las burbujas de espuma.

[0050] El alcohol graso se puede agregar al agente espumante y por lo general se disuelve. Dado que los alcoholes grasos son generalmente insolubles en agua, se agregan al jabón y se solubilizan primero antes de la generación de espuma en algunas formas de realización. El alcohol graso se puede disolver en agentes espumantes estables o inestables de acuerdo con las formas de realización de la divulgación. En algunas formas de realización, un primer agente espumante, con alcohol graso disuelto, se mezcla luego con otro agente espumante (por ejemplo, un agente espumante estable con un alcohol graso disuelto mezclado con un agente espumante inestable, o un agente espumante inestable con un alcohol graso disuelto mezclado con un agente espumante estable).

[0051] Se puede usar cualquier proporción en peso eficaz entre los tensioactivos (agentes espumantes) y alcoholes grasos en la mezcla final de agente espumante y alcohol graso, antes de la adición a la lechada de yeso. Por ejemplo, el agente espumante puede estar presente con respecto al alcohol graso en una relación en peso de alrededor de 5000:1 a alrededor de 5:1, por ejemplo, de alrededor de 5000:1 a alrededor de 1000:1, de alrededor de 500:1 a alrededor de 100:1, o de alrededor de 500:1 a alrededor de 10:1. A fines ilustrativos, en una forma de realización, una mezcla típica final de agente espumante y alcohol graso tiene 30 % de tensioactivos y 1 % de alcoholes grasos en peso, y el resto de la mezcla está compuesta de agua.

[0052] El agente espumante y el alcohol graso se pueden mezclar en un recipiente mediante mezcla (agitación). El agente espumante adicional se puede agregar mediante inyección. De acuerdo con las formas de realización preferidas, la espuma se genera y estabiliza previamente antes de que entre en contacto con la lechada cementosa. Sin limitarse a teoría alguna, se cree que se forma una película delgada de tensioactivo que se modifica con alcohol graso antes de mezclarla con la lechada cementosa. La generación previa de la espuma implica una mezcla de alto cizallamiento de aire presurizado con una solución de jabón. Se prefiere esta generación previa de agente espumante ya que produce una espuma, que contrasta con los sistemas que simplemente hacen fluir algo de aire durante la mezcla sin producir espumas. Estos sistemas de flujo de aire simplemente agregan burbujas mediante la simple mezcla de la lechada que contiene algo de jabón. Una espuma se puede distinguir de tales sistemas de burbujas mixtas porque el tamaño de la burbuja de espuma generada previamente es más uniforme y se puede controlar.

[0053] Después de combinar la mezcla de la composición del agente espumante con alcohol graso, se genera la espuma y luego se la agrega (por ejemplo, se la inyecta) a la lechada. Los métodos y aparatos para generar espuma son bien conocidos. Véase, por ejemplo, las patentes estadounidenses 4.518.652; 2.080.009; y 2.017.022. La espuma se puede generar previamente a partir de la mezcla acuosa de agente espumante y alcohol graso. Por ejemplo, la composición final de la combinación del agente espumante y alcohol graso se puede dirigir a través de ajustes de dosificación al equipo generador de espuma. Un método para elaborar la espuma es usar un generador de espuma que mezcle la solución de jabón con aire. Se puede utilizar cualquier método de mezcla para combinar el jabón con aire que haga que se formen burbujas, incluida la agitación, el flujo turbulento o la mezcla. Por ejemplo, el equipo generador de espuma puede incluir aire comprimido y solución de tensioactivo mezclados para generar la

espuma. La cantidad de agua y aire se controla para generar espuma a partir de una densidad particular. El ajuste del volumen de espuma se utiliza para controlar el peso total del producto seco.

[0054] Si se desea, una mezcla de agentes espumantes se puede mezclar previamente "fuera de línea", es decir, separada del proceso de preparación del producto de yeso espumado. Sin embargo, es preferible mezclar el primer y segundo agente espumante al mismo tiempo y continuamente, como una parte integral "en línea" del proceso de mezcla. Esto puede lograrse, por ejemplo, al bombear corrientes separadas de los diferentes agentes espumantes y unir las corrientes en, o justo antes, de un generador de espuma que se emplea para generar la corriente de espuma acuosa que luego se inserta en la lechada de yeso calcinado y se mezcla con esta. Al mezclar de esta manera, la relación del primer y segundo agente espumante en la mezcla puede ajustarse simple y eficientemente (por ejemplo, al cambiar la velocidad de flujo de una o ambas corrientes separadas) para lograr las características de vacío deseadas en el producto de yeso fraguado. Tal ajuste se realizará en respuesta a un examen del producto final para determinar si tal ajuste es necesario. Una descripción adicional de tal ajuste y mezcla "en línea" se puede encontrar en las patentes estadounidenses 5.643.510 y 5.683.635, incorporadas en la presente por referencia.

[0055] La adición en línea de la espuma es ventajosa en algunas formas de realización porque permite que uno o más jabones se combinen con el modificador de espuma como se describe en la presente en una premezcla, que luego se inserta en la lechada de yeso, por ejemplo, en el mezclador principal para la lechada de yeso. La adición del jabón y modificador de jabón (espuma) de esta manera permite flexibilidad en el sistema, ya que los pesos relativos de cada componente se pueden ajustar, por ejemplo, con la ayuda de un controlador de proceso como se conoce en la técnica. Por lo tanto, las cantidades individuales de

uno o más jabones y el modificador de jabón se pueden controlar con mayor precisión y permiten una flexibilidad durante la fabricación que no está disponible a partir de una fuente combinada de jabón (agente espumante) y un modificador de jabón (modificador de espuma) preparados fuera del sitio con cantidades relativas predeterminadas de los componentes respectivos (es decir, jabón y modificador de jabón).

[0056] La Figura 14 es un diagrama de flujo esquemático que ilustra una forma de realización de un sistema generador de espuma 10 donde el agente espumante (jabón) y el modificador de espuma (modificador de jabón) se combinan en una premezcla que puede ajustarse con respecto a las cantidades de cada componente. En particular, un jabón inestable 12, un modificador de jabón 14 y un jabón estable 16, como se describe en la presente, se introducen a través de conductos individuales en cualquier orden en un conducto de corriente mezclada 18. El agua de espuma 20 también se puede agregar al conducto de corriente mezclada 18 para diluir la solución de tensioactivo. Se introduce el aire de espuma 24 para lograr la densidad de espuma objetivo deseada (por ejemplo, de alrededor de 32 kg/m^3 (2 lb/ft^3) a alrededor de 128 kg/m^3 (8 lb/ft^3), de alrededor de 48 kg/m^3 (3 lb/ft^3) a alrededor de 112 kg/m^3 (7 lb/ft^3), o de alrededor de 64 kg/m^3 (4 lb/ft^3) a alrededor de 96 kg/m^3 (6 lb/ft^3), etc.) según sea adecuado para la generación de espuma.

[0057] El contenido del conducto de corriente combinada 18 se inserta en un generador de espuma 22. El aire limpio y seco 24 también se inserta en el generador de espuma 22 y se usa para formar la espuma 26. El generador de espuma 22 generalmente contiene un rotor y un estator, como se conoce en la técnica. El generador de espuma mezcla el aire, el agua y los agentes espumantes a presión mediante una acción de cizallamiento entre el rotor y el estator para producir la espuma. El aire puede suministrarse a través de un conducto con un control preciso de la presión del aire (por ejemplo, de alrededor de 275.8 kPa (40

psi) a alrededor de 689.5 kPa (100 psi), o de alrededor de 275.8 kPa (40 psi) a alrededor de 551.6 kPa (80 psi)) y de la velocidad de flujo (por ejemplo, de alrededor de 0.57 m³/min (20 ft³/min) a alrededor de 1.70 m³/min (60 ft³/min), o de alrededor de 0.84 m³/min (30 ft³/min) a alrededor de 1.42 m³/min (50 ft³/min)). La espuma 26 puede entonces suministrarse a un mezclador para formar una lechada cementosa que se usa para formar una placa tal como una placa de yeso o una placa de cemento, como se conoce en la técnica.

[0058] Ventajosamente, el sistema 10 permite el ajuste en línea de los componentes utilizados para elaborar la espuma, en particular, el jabón inestable 12, el modificador de jabón 14 y el jabón estable 16. El jabón inestable 12, el modificador de jabón 14 y el jabón estable 16 pueden formarse previamente y suministrarse a través de conductos individuales al conducto de corriente mezclada 18. Si se desea, el jabón inestable 12 y el modificador de jabón 14 pueden combinarse primero en un preconducto y/o, de manera similar, el jabón estable 16 y el modificador de jabón 14 pueden combinarse primero en un preconducto. La inserción de los componentes 12, 14 y 16 puede ser asistida por un sistema de medición de flujo como se describe a continuación.

[0059] El sistema 10 permite el ajuste sobre la marcha de las cantidades relativas de cada componente 12, 14 y 16, incluso cuando el sistema generador de espuma está formando continuamente espuma y el mezclador de lechada cementosa está formando continuamente una placa. Para ilustrar, los componentes 12, 14 y 16 pueden estar presentes en una primera relación en peso, pero un operador (por ejemplo, un operador de línea de placa) puede ajustar las cantidades de uno o más de los componentes 12, 14 y 16 para formar una segunda relación en peso, todo sobre la marcha, mientras que la espuma y, a su vez, la placa se preparan continuamente. Por ejemplo, el operador puede desear cambiar las cantidades relativas de los componentes 12, 14 y 16 para lograr una estructura del vacío de aire objetivo en la capa de placa y controlar la distribución del tamaño del vacío

como se conoce en la técnica. Esto puede ser en respuesta a una inspección visual de una muestra de lechada húmeda y/o una sección transversal de la placa muestreada corriente abajo (por ejemplo, en forma húmeda, por ejemplo, en la cuchilla o después del secado), y en particular mediante inspección de una capa de yeso que contiene vacíos resultantes de la espuma.

[0060] En algunas formas de realización, el sistema de medición de flujo puede incluir una o más bombas y una o más válvulas. Por ejemplo, se pueden usar una o más bombas (por ejemplo, bombas de cavidad progresiva o de desplazamiento positivo) para facilitar la inyección del agente espumante particular o del componente del modificador de espuma en el conducto de corriente mezclada 18. En algunas formas de realización, las bombas tienen la forma de bombas de alta precisión y contienen un medidor de flujo para cuantificar el flujo de material. Las válvulas u otro regulador de flujo se utilizan para regular la cantidad de cada componente 12, 14 y 16 inyectado en el conducto de corriente mezclada 18. Se puede utilizar cualquier válvula adecuada como se conoce en la técnica, tal como válvulas de solenoide o pulsantes (por ejemplo, válvulas que pulsan con modulación).

[0061] En diversas formas de realización, el sistema de medición de flujo puede configurarse de modo que una, dos o tres bombas estén asociadas operativamente con válvulas para el primer agente espumante, el segundo agente espumante y el modificador de espuma. Por ejemplo, en algunas formas de realización, se emplean tres bombas, una para cada uno del primer agente espumante, el segundo agente espumante y el modificador de espuma. En algunas formas de realización, tales como donde uno de los dos agentes espumantes se combina primero con el modificador de espuma antes de la adición al otro agente espumante, se pueden usar dos bombas, por ejemplo, donde una bomba se utiliza para dos ingredientes que se combinan primero, y la otra bomba se utiliza para el tercer ingrediente. En otras formas de realización,

se usa una sola bomba y está adaptada para la inyección del primer agente espumante, el segundo agente espumante y el modificador de espuma.

[0062] En algunas formas de realización, se puede utilizar un controlador de proceso para operar el sistema de medición de flujo para realizar ajustes en línea. El controlador de proceso puede comunicarse con las bombas y/o válvulas del sistema de medición de flujo para ajustar las cantidades de primer agente espumante, segundo agente espumante y modificador de espuma. El hardware y los sistemas operativos para operar el sistema de medición de flujo utilizando bombas y válvulas son bien conocidos. En resumen, en algunas formas de realización, el controlador puede tener la forma de un chip o una unidad de control electrónico y puede asociarse con un módulo de computadora provisto de memoria. Las válvulas y bombas pueden tener configuraciones automáticas para una o más características deseadas, por ejemplo, encendido/apagado, velocidad de pulsación, velocidad de actuación, velocidad de flujo, presión de flujo, etc., que pueden instalarse, por ejemplo, en la memoria del módulo. El controlador puede recibir instrucciones, por ejemplo, de un operador humano, y enviar en respuesta una señal de salida de control a las válvulas y/o bombas, por ejemplo, a través de sus ajustes. Esto permite ajustes en línea de las cantidades de uno o más de los componentes 12, 14 y 16, ya que las bombas y/o válvulas pueden ajustar uno o más de la velocidad de flujo, presión de flujo, velocidad de pulsación, velocidad de actuación, etc., como apreciará una persona del oficio de nivel medio.

[0063] La lechada y la espuma generada previamente se pueden combinar para elaborar una composición de yeso espumado. Un método para combinar la lechada de yeso y la espuma generada previamente es presurizar la espuma y forzarla en la lechada. Al menos una forma de realización utiliza un anillo de espuma para distribuir la espuma. El anillo de espuma es un aparato con forma que permite que la lechada fluya a través de este. Incluye uno o más chorros o

ranuras para la descarga de la espuma presurizada en la lechada cuando la lechada pasa el anillo. El uso de un anillo de espuma se describe en la patente estadounidense 6.494.609, incorporada en la presente por referencia. Otro método para combinar la espuma y la lechada es mediante la adición de la espuma directamente al mezclador. En una forma de realización, un anillo de espuma u otro aparato de inyección de espuma está orientado para inyectar espuma en el conducto de descarga del mezclador. Este proceso se describe en la patente estadounidense concedida n.º 5.683.635, incorporada por referencia. Independientemente de la forma en que la espuma se genera o se introduce en la lechada, una característica importante del presente método es que el alcohol graso se combina o agrega en algún punto de la producción o generación de espuma antes de su introducción en la lechada. La composición de yeso se conforma para formar un núcleo de yeso.

[0064] La matriz de cristal de yeso del núcleo de yeso fraguado formado con el régimen de alcohol graso y agente espumante de la divulgación se puede adaptar para que tenga cualquier distribución de tamaño de poro deseada. El uso de jabón difiere de producto a producto, según la distribución y tamaño del vacío deseados, como apreciará una persona del oficio de nivel medio. Las técnicas para ajustar los tamaños de los vacíos según se desee son bien conocidas y las entenderá una persona del oficio de nivel medio. Véase, por ejemplo, la patentes estadounidense 5.643.510 y US 2007/0048490. Por ejemplo, la distribución del tamaño del vacío del núcleo de yeso espumado puede controlarse finamente ajustando la concentración de los jabones en la mezcla de jabón acuosa. Después de que se haya preparado un núcleo de yeso espumado, la inspección del interior del núcleo de yeso revela la estructura del vacío. Los cambios en la distribución del tamaño del vacío se producen variando la concentración de jabón de la concentración inicial o previa. Si el interior tiene una fracción demasiado grande de vacíos pequeños, se puede reducir la concentración de jabón en la mezcla de

jabón acuosa. Si se encuentran demasiados vacíos muy grandes, oblongos o de forma irregular, se puede aumentar la concentración de jabón. Aunque la distribución óptima del tamaño del vacío puede variar según el producto, la ubicación o las materias primas utilizadas, esta técnica de proceso es útil para avanzar hacia la distribución del tamaño del vacío deseado, independientemente de cómo se defina. La distribución del tamaño del vacío deseable en muchas formas de realización es una que produce un núcleo de alta resistencia para la formulación de yeso que se utiliza.

[0065] Por ejemplo, en algunas formas de realización, el núcleo de yeso fraguado comprende vacíos de aire que tienen un diámetro de vacío de aire promedio de vacíos de aire relativamente grandes, tal como un diámetro de vacío de aire promedio de al menos alrededor de 100 micrómetros de diámetro, un diámetro de vacío de aire promedio de al menos alrededor de 150 micrómetros de diámetro, un diámetro de vacío de aire promedio de al menos alrededor de 200 micrómetros de diámetro, un diámetro de vacío de aire promedio de al menos alrededor de 250 micrómetros de diámetro, un diámetro de vacío de aire promedio de al menos alrededor de 300 micrómetros de diámetro, o un diámetro de vacío de aire promedio de al menos alrededor de 350 micrómetros de diámetro, etc.

[0066] En algunas formas de realización, el núcleo de yeso fraguado comprende vacíos de aire que tienen un diámetro de vacío de aire promedio de vacíos de aire relativamente pequeños, tal como un diámetro de vacío de aire promedio menor de alrededor de 100 micrómetros de diámetro, un diámetro de vacío de aire promedio menor de alrededor de 90 micrómetros de diámetro, un diámetro de vacío de aire promedio menor de alrededor de 80 micrómetros de diámetro, un diámetro de vacío de aire promedio menor de alrededor de 70 micrómetros de diámetro, un diámetro de vacío de aire promedio menor de alrededor de 60 micrómetros de diámetro, o un diámetro de vacío de aire promedio menor de

alrededor de 50 micrómetros de diámetro, etc.

[0067] En algunas formas de realización, la matriz de cristal de yeso tiene una distribución de tamaño de poro que comprende vacíos, en donde el tamaño del vacío de aire que tiene la mayor frecuencia es un diámetro de alrededor de 100 micrómetros o menos, alrededor de 80 micrómetros o menos, alrededor de 70 micrómetros o menos, o alrededor de 50 micrómetros o menos. En otras formas de realización, la matriz de cristal de yeso tiene una distribución de tamaño de poro que comprende vacíos de aire, en donde el tamaño de vacío de aire que tiene la mayor frecuencia es un diámetro de al menos alrededor de 100 micrómetros, tal como un diámetro de al menos alrededor de 150 micrómetros, al menos alrededor de 200 micrómetros, etc.

[0068] En algunas formas de realización, para mejorar la resistencia, el núcleo de yeso fraguado incluye un volumen de vacío significativo contribuido por grandes vacíos, es decir, que tiene un diámetro de al menos alrededor de 100 micrómetros. Por ejemplo, en algunas formas de realización, al menos alrededor del 20 % del volumen total del vacío del núcleo de yeso fraguado es contribuido por vacíos que tienen un diámetro de al menos alrededor de 100 micrómetros, tal como al menos alrededor del 30 % del volumen total del vacío del núcleo de yeso fraguado, al menos alrededor del 40 % del volumen total del vacío del núcleo de yeso fraguado, al menos alrededor del 50 % del volumen total del vacío del núcleo de yeso fraguado, al menos alrededor del 60 % del volumen total del vacío del núcleo de yeso fraguado, al menos alrededor del 70 % del volumen total del vacío del núcleo de yeso fraguado, al menos alrededor del 80 % del volumen total del vacío del núcleo de yeso fraguado, o al menos alrededor del 90 % del volumen total del vacío del núcleo de yeso fraguado. Para mejorar la reducción de peso mientras se mantiene la resistencia, en algunas formas de realización, los vacíos de aire generalmente separados y más pequeños a alta frecuencia, es decir, que tienen un diámetro menor de alrededor de 100 micrómetros y/o que tienen un

diámetro menor de alrededor de 50 micrómetros, se pueden disponer entre los vacíos grandes. En algunas formas de realización, el tamaño del vacío de aire que tiene la mayor frecuencia es un diámetro de alrededor de 100 micrómetros o menos, alrededor de 80 micrómetros o menos, alrededor de 70 micrómetros o menos, o alrededor de 50 micrómetros o menos, mientras que al mismo tiempo, la contribución del volumen del vacío por los vacíos de aire que tienen un diámetro de al menos alrededor de 100 micrómetros puede ser cualquiera de acuerdo con cualquiera de los porcentajes de volumen mencionados anteriormente. En algunas formas de realización, la distribución de los vacíos de aire es relativamente estrecha, lo que puede caracterizarse por el análisis de imágenes de micrografías u otras imágenes de la estructura del núcleo.

[0069] Tal como se usa en la presente, el término tamaño del vacío de aire promedio (también conocido como el diámetro del vacío de aire promedio) se calcula a partir del mayor diámetro de vacíos de aire individuales en el núcleo. El diámetro más grande es el mismo que el diámetro de Feret. El diámetro más grande de cada vacío de aire se puede obtener a partir de una imagen de una muestra. Las imágenes se pueden tomar utilizando cualquier técnica adecuada, como la microscopía electrónica de barrido (SEM), que proporciona imágenes bidimensionales. Se puede medir un gran número de tamaños de poros de vacíos de aire en una imagen de SEM, de manera que la aleatoriedad de las secciones transversales (poros) de los vacíos puede proporcionar el diámetro promedio. Tomar mediciones de vacíos en múltiples imágenes situadas al azar en todo el núcleo de una muestra puede mejorar este cálculo. Además, la construcción de un modelo estereológico tridimensional del núcleo en función de varias imágenes de SEM bidimensionales también puede mejorar el cálculo del tamaño de vacío promedio. Otra técnica es el análisis de barrido CT de rayos X (XMT), que proporciona una imagen tridimensional. Otra técnica es la microscopía óptica, donde el contraste de luz se puede usar para ayudar a determinar, por ejemplo,

la profundidad de los vacíos. Los vacíos se pueden medir ya sea manualmente o usando un software de análisis de imágenes, por ejemplo, ImageJ, desarrollado por NIH. Una persona del oficio de nivel medio apreciará que la determinación manual de los tamaños y la distribución de los vacíos a partir de las imágenes se puede determinar mediante la observación visual de las dimensiones de cada vacío. La muestra se puede obtener seccionando una placa de yeso.

[0070] Los vacíos de agua por evaporación, que generalmente tienen vacíos de alrededor de 5 μm o menos de diámetro, también contribuyen vacíos junto con los vacíos de aire (espuma) mencionados anteriormente. En algunas formas de realización, la relación de volumen de vacíos con un tamaño de poro mayor de alrededor de 5 micrómetros con respecto a los vacíos con un tamaño de poro de alrededor de 5 micrómetros o menos es de alrededor de 0,5:1 a alrededor de 9:1, tal como, por ejemplo, de alrededor de 0,7:1 a alrededor de 9:1, de alrededor de 0,8:1 a alrededor de 9:1, de alrededor de 1,4:1 a alrededor de 9:1, de alrededor de 1,8:1 a alrededor de 9:1, de alrededor de 2,3:1 a alrededor de 9:1, de alrededor de 0,7:1 a alrededor de 6:1, de alrededor de 1,4:1 a alrededor de 6:1, de alrededor de 1,8:1 a alrededor de 6:1, de alrededor de 0,7:1 a alrededor de 4:1, de alrededor de 1,4:1 a alrededor de 4:1, de alrededor de 1,8:1 a alrededor de 4:1, de alrededor de 0,5:1 a alrededor de 2,3:1, de alrededor de 0,7:1 a alrededor de 2,3:1, de alrededor de 0,8:1 a alrededor de 2,3:1, de alrededor de 1,4:1 a alrededor de 2,3:1, de alrededor de 1,8:1 a alrededor de 2,3:1, etc.

[0071] Sin limitarse a teoría alguna en particular, se cree que el alcohol graso mejora la estabilidad de las burbujas de espuma formadas a partir del agente espumante cuando la espuma se introduce en la lechada de yeso (a veces denominada “lechada de estuco”). Se cree además que las burbujas de espuma forman una cubierta externa en una interfaz con la lechada de yeso circundante. Se cree que el alcohol graso fortalece y estabiliza la cubierta en la interfaz para proporcionar así un mejor control sobre el tamaño y la distribución del vacío.

Además, debido a la estabilidad mejorada, se rompen menos burbujas de espuma y, por lo tanto, se necesita menos agente espumante en algunas formas de realización para lograr la misma reducción de peso de placa deseada en comparación con la misma placa preparada sin el alcohol graso. Se cree además que el agente espumante forma micelas. En este sentido, los agentes espumantes son generalmente tensioactivos con colas hidrófobas y cabezas hidrófilas. Los alcoholes grasos pueden incorporarse en las micelas de tensioactivo de modo que las regiones hidrófobas de los tensioactivos y de los alcoholes grasos estén adyacentes entre sí para proteger las burbujas de espuma mediante interacciones hidrófobas entre las regiones hidrófobas.

[0072] La lechada de yeso incluye agua y estuco. Se puede usar cualquier tipo de estuco adecuado en la lechada de yeso, incluido el sulfato de calcio alfa hemihidrato, el sulfato de calcio beta hemihidrato y el sulfato de calcio anhidratado. El estuco puede ser fibroso o no fibroso. Las formas de realización de la divulgación pueden adaptarse a cualquier relación adecuada de agua con respecto a estuco (WSR). En algunas formas de realización, la WSR es de alrededor de 0,3 a alrededor de 1,5, tal como, por ejemplo, de alrededor de 0,3 a alrededor de 1,3, de alrededor de 0,3 a alrededor de 1,2, de alrededor de 0,3 a alrededor de 1, de alrededor de 0,3 a alrededor de 0,8, de alrededor de 0,5 a alrededor de 1,5, de alrededor de 0,5 a alrededor de 1,3, de alrededor de 0,5 a alrededor de 1,2, de alrededor de 0,5 a alrededor de 1, de alrededor de 0,5 a alrededor de 0,8, de alrededor de 0,7 a alrededor de 1,5, de alrededor de 0,7 a alrededor de 1,3, de alrededor de 0,7 a alrededor de 1,2, de alrededor de 0,7 a alrededor de 1, de alrededor de 0,8 a alrededor de 1,5, de alrededor de 0,8 a alrededor de 1,3, de alrededor de 0,8 a alrededor de 1,2, de alrededor de 0,8 a alrededor de 1, de alrededor de 0,9 a alrededor de 1,5, de alrededor de 0,9 a alrededor de 1,3, de alrededor de 0,9 a alrededor de 1,2, de alrededor de 1 a alrededor de 1,5, de alrededor de 1 a alrededor de 1,4, de alrededor de 1 a

alrededor de 1,2, etc.

[0073] Sorprendente e inesperadamente, la estabilidad mejorada de los vacíos de espuma, y los beneficios resultantes relacionados descritos en la presente, se pueden lograr incluso en presencia de diversos aditivos y cantidades de lechada de yeso utilizados en la formación del núcleo de la placa. Como tal, la mezcla previa a la espuma modificada mejorada que comprende agente espumante y alcohol graso de acuerdo con las formas de realización de la divulgación se puede usar en la preparación de varios tipos de productos de yeso que incluyen placas ultraligeras y placas resistentes al agua y al moho, así como productos ignífugos.

[0074] La lechada de yeso puede incluir aceleradores o retardadores, como se conoce en la técnica, para ajustar la velocidad de fraguado. El acelerador puede estar de diversas formas (por ejemplo, acelerador de yeso húmedo, acelerador resistente al calor y acelerador estabilizado de clima). Véase, por ejemplo, las patentes estadounidenses 3.573.947 y 6.409.825. En algunas formas de realización donde se incluyen acelerador y/o retardador, el acelerador y/o retardador pueden estar en la lechada de estuco para formar el núcleo de la placa en una cantidad sobre una base de sólidos de, tal como, alrededor de 0 % a alrededor de 10 % en peso del estuco (por ejemplo, alrededor de 0,1 % a alrededor de 10 %), tal como, por ejemplo, de alrededor de 0 % a alrededor de 5 % en peso del estuco (por ejemplo, de alrededor de 0,1 % a alrededor de 5 %).

[0075] Se pueden incluir otros aditivos en la lechada de yeso para proporcionar las propiedades deseadas, incluida la resistencia en verde, la resistencia al hundimiento, la resistencia al agua, la resistencia al moho, el promedio de ignifugacia, las propiedades térmicas, la resistencia de la placa, etc. Los ejemplos de aditivos adecuados incluyen, por ejemplo, aditivos de resistencia tales como almidón, dispersante, polifosfato, partículas de alta expansión, aditivo disipador de calor, fibras, siloxano, óxido de magnesio, etc., o cualquier combinación de estos. El uso del término singular aditivo en la presente se usa por conveniencia,

pero se entenderá que abarca el plural, es decir, más de un aditivo en combinación, como apreciará fácilmente una persona del oficio de nivel medio.

[0076] En algunas formas de realización, la lechada de yeso incluye un almidón que es eficaz para aumentar la resistencia de la placa de yeso en relación con la resistencia de la placa sin el almidón (por ejemplo, a través de una mayor resistencia a la tracción del clavo). Puede usarse cualquier almidón potenciador de la resistencia adecuado, incluyendo almidones hidroxialquilados tales como almidón hidroxietilado o hidroxipropilado, o una combinación de estos, o almidones pregelatinizados, que son generalmente preferidos por sobre los almidones migratorios modificadores de ácido que generalmente proporcionan una mejora de la unión de papel-núcleo, pero no una mejora de la resistencia del núcleo. Se puede incluir cualquier almidón pregelatinizado adecuado en el aditivo mejorador, como se describe en US 2014/0113124 A1 y US 2015/0010767-A1, incluidos los métodos de preparación de este y los rangos de viscosidad deseados descritos en estos.

[0077] Si se incluye, el almidón pregelatinizado puede exhibir cualquier viscosidad adecuada. En algunas formas de realización, el almidón pregelatinizado es un almidón de viscosidad de rango medio medido según el método VMA como se conoce en la técnica y como se expone en US 2014/0113124 A1, y el método VMA se incorpora en la presente por referencia. Los almidones pregelatinizados deseables de acuerdo con algunas formas de realización pueden tener una viscosidad de rango medio, por ejemplo, de acuerdo con el método VMA cuando se mide en una solución al 15 % en peso de almidón en agua, de alrededor de 0.02 Pa.s (20 centipoises) a alrededor de 0.7 Pa.s (700 centipoises), por ejemplo, de alrededor de 0.02 Pa.s (20 centipoises) a alrededor de 0.6 Pa.s (600 centipoises), de alrededor de 0.02 Pa.s (20 centipoises) a alrededor de 0.5 Pa.s (500 centipoises), de alrededor de 0.02 Pa.s (20 centipoises) a alrededor de 0.4 Pa.s (400 centipoises), de alrededor de 0.02 Pa.s (20 centipoises) a alrededor de

32

0.5 Pa.s (500 centipoises), de alrededor de 0.1 Pa.s (100 centipoises) a alrededor de 0.4 Pa.s (400 centipoises), de alrededor de 0.1 Pa.s (100 centipoises) a alrededor de 0.3 Pa.s (300 centipoises), de alrededor de 0.1 Pa.s (100 centipoises) a alrededor de 0.2 Pa.s (200 centipoises), etc. De acuerdo con algunas formas de realización, el almidón pregelatinizado puede prepararse como un almidón extruido, por ejemplo, donde el almidón se prepara mediante pregelatinización y modificación con ácido en una etapa en un extrusor como se describe en US 2015/0010767-A1, donde dicho método de extrusión se incorpora en la presente por referencia.

[0078] Si se incluye, el almidón puede estar presente en cualquier cantidad adecuada. En algunas formas de realización, el almidón está presente en la lechada de yeso en una cantidad de alrededor de 0 % a alrededor de 20 % en peso del estuco, por ejemplo, de alrededor de 0 % a alrededor de 15 % en peso de estuco, de alrededor de 0 % a alrededor de 10 % en peso de estuco, de alrededor de 0,1 % a alrededor de 20 % en peso de estuco, de alrededor de 0,1 % a alrededor de 15 % en peso de estuco, de alrededor de 0,1 % a alrededor de 10 % en peso de estuco, de alrededor de 0,1 % a alrededor de 6 % en peso de estuco, de alrededor de 0,3 % a alrededor de 4 % en peso de estuco, de alrededor de 0,5 % a alrededor de 4 % en peso de estuco, de alrededor de 0,5 % a alrededor de 3 % en peso de estuco, de alrededor de 0,5 % a alrededor de 2 % en peso de estuco, de alrededor de 1 % a alrededor de 4 % en peso de estuco, de alrededor de 1 % a alrededor de 3 % en peso de estuco, de alrededor de 1 % a alrededor de 2 % en peso de estuco, etc.

[0079] La lechada de yeso puede incluir opcionalmente al menos un dispersante para mejorar la fluidez en algunas formas de realización. Los dispersantes se pueden incluir en una forma seca con otros ingredientes secos y/o en una forma líquida con otros ingredientes líquidos en la lechada de estuco. Los ejemplos de dispersantes incluyen naftalensulfonatos, tales como el ácido

polinaftalensulfónico y sus sales (polinaftalensulfonatos) y derivados, que son productos de condensación de ácidos naftalensulfónicos y formaldehído; así como dispersantes de policarboxilato, tales como éteres policarboxílicos, por ejemplo, PCE211, PCE111, 1641, 1641F o dispersantes tipo PCE 2641, por ejemplo, dispersantes MELFLUX 2641F, MELFLUX 2651F, MELFLUX 1641F, MELFLUX 2500L (BASF), y COATEX Ethacryl M, disponible a través de Coatex, Inc.; y/o lignosulfonatos o lignina sulfonada. Se pueden usar dispersantes de naftalensulfonato para facilitar la formación de burbujas más grandes y, por lo tanto, vacíos más grandes en el producto final, y policarboxilatos tales como éteres de policarboxilato se pueden usar para formar burbujas más pequeñas y, por lo tanto, vacíos más pequeños en el producto. Como se desean cambios de la estructura del vacío en el producto durante la fabricación, se pueden realizar tales ajustes de dispersante y otros cambios en el proceso como apreciará una persona del oficio de nivel medio. Los lignosulfonatos son polímeros de polielectrolitos aniónicos solubles en agua, subproductos de la producción de pasta de madera mediante la fabricación de pasta de sulfito. Un ejemplo de una lignina útil en la práctica de principios de las formas de realización de la presente divulgación es Marasperse C-21 disponible a través de Reed Lignin Inc.

[0080] Por lo general, se prefieren dispersantes de menor peso molecular. Se prefieren los dispersantes de naftalensulfonato de menor peso molecular porque tienden a una menor demanda de agua que los dispersantes de mayor viscosidad y mayor peso molecular. Por lo tanto, se prefieren los pesos moleculares de alrededor de 3.000 a alrededor de 10.000 (por ejemplo, alrededor de 8.000 a alrededor de 10.000). A modo de otra ilustración, para los dispersantes de tipo PCE211, en algunas formas de realización, el peso molecular puede ser de alrededor de 20.000 a alrededor de 60.000, que muestra menos retardo que los dispersantes que tienen un peso molecular superior a 60.000.

[0081] Un ejemplo de un naftalensulfonato es DILOFLO, disponible a través de

GEO Specialty Chemicals. DILOFLO es una solución de naftalensulfonato al 45 % en agua, aunque otras soluciones acuosas, por ejemplo, en el rango de alrededor de 35 % a alrededor de 55 % en peso de contenido de sólidos, también están disponibles. Los naftalensulfonatos se pueden usar en forma sólida y seca o en polvo, como LOMAR D, disponible a través de GEO Specialty Chemicals, por ejemplo. Otro ejemplo de naftalensulfonato es DAXAD, disponible a través de GEO Specialty Chemicals.

[0082] Si se incluye, el dispersante se puede proporcionar en cualquier cantidad adecuada. En algunas formas de realización, por ejemplo, el dispersante está presente en una cantidad, por ejemplo, de alrededor de 0 % a alrededor de 0,7 % en peso de estuco, 0 % a alrededor de 0,4 % en peso de estuco, alrededor de 0,05 % a alrededor de 5 % en peso de estuco, de alrededor de 0,05 % a alrededor de 0,3 % en peso de estuco, o de alrededor de 1 % a alrededor de 5 % en peso de estuco.

[0083] En algunas formas de realización, la lechada de yeso puede incluir opcionalmente uno o más compuestos que contienen fosfato, si se desea. Por ejemplo, los componentes que contienen fosfato útiles en algunas formas de realización incluyen componentes solubles en agua y pueden estar en forma de un ion, una sal o un ácido, a saber, ácidos fosfóricos condensados, cada uno de los cuales comprende dos o más unidades de ácido fosfórico; sales o iones de fosfatos condensados, cada uno de los cuales comprende dos o más unidades de fosfato; y sales monobásicas o iones monovalentes de ortofosfatos, así como sal de polifosfato acíclico soluble en agua. Véase, por ejemplo, las patentes estadounidenses 6.342.284; 6.632.550; 6.815.049; y 6.822.033.

[0084] Las composiciones de fosfato, si se agregan en algunas formas de realización, pueden mejorar la resistencia en verde, la resistencia a la deformación permanente (por ejemplo, hundimiento), la estabilidad dimensional, etc. Se pueden usar compuestos de trimetafosfato, que incluyen,

por ejemplo, trimetafosfato de sodio, trimetafosfato de potasio, trimetafosfato de litio y trimetafosfato de amonio. Se prefiere el trimetafosfato de sodio (STMP), aunque pueden ser adecuados otros fosfatos, que incluyen, por ejemplo, tetrametafosfato de sodio, hexametafosfato de sodio que tiene de alrededor de 6 a alrededor de 27 unidades de fosfato de repetición y que tiene la fórmula molecular $\text{Na}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ en donde $n=6-27$, pirofosfato tetrapotásico que tiene la fórmula molecular $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$, tripolifosfato dipotásico trisódico que tiene la fórmula molecular $\text{Na}_3\text{K}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$, tripolifosfato de sodio que tiene la fórmula molecular $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, pirofosfato tetrasódico que tiene la fórmula molecular $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, trimetafosfato de aluminio que tiene la fórmula molecular $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$, pirofosfato ácido de sodio que tiene la fórmula molecular $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, polifosfato de amonio que tiene 1000-3000 unidades de fosfato de repetición y que tiene la fórmula molecular $(\text{NH}_4)_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ en donde $n=1000-3000$, o ácido polifosfórico que tiene dos o más unidades de repetición de ácido fosfórico y que tiene la fórmula molecular $\text{H}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ en donde n es dos o más.

[0085] Si se incluye, el compuesto que contiene fosfato puede estar presente en cualquier cantidad adecuada. A fines ilustrativos, en algunas formas de realización, el compuesto que contiene fosfato puede estar presente en una cantidad, por ejemplo, de alrededor de 0,1 % a alrededor de 1 %, por ejemplo, alrededor de 0,2 % a alrededor de 0,4 % en peso del estuco.

[0086] Opcionalmente, se puede incluir un aditivo de resistencia al agua o al moho tal como siloxano. Si se incluye, en algunas formas de realización, el siloxano se agrega preferentemente en forma de una emulsión. La lechada se conforma y se seca luego en condiciones que promueven la polimerización del siloxano para formar una resina de silicona altamente reticulada. Un catalizador que promueve la polimerización del siloxano para formar una resina de silicona altamente reticulada se puede agregar a la lechada de yeso. Como se describe en la patente estadounidense 7.811.685, se puede incluir óxido de magnesio para

contribuir a la catálisis y/o a la resistencia al moho y/o resistencia al agua en algunas formas de realización. Si se incluyen, el óxido de magnesio está presente en cualquier cantidad adecuada, tal como, de alrededor de 0,02 % a alrededor de 0,1 %, por ejemplo, de alrededor de 0,02 % a alrededor de 0,04 % en peso de estuco.

[0087] En algunas formas de realización, el fluido de metil hidrógeno siloxano sin solvente vendido bajo el nombre SILRES BS 94 por Wacker-Chemie GmbH (Munich, Alemania) se puede usar como siloxano. Este producto es un fluido de siloxano que no contiene agua ni solventes. Se contempla que alrededor de 0,05 % a alrededor de 0,5 %, por ejemplo, alrededor de 0,07 % a alrededor de 0,14 % del siloxano BS 94 se puede usar en algunas formas de realización en función del peso del estuco. Por ejemplo, en algunas formas de realización, se prefiere usar de alrededor de 0,05 % a alrededor de 0,2 %, por ejemplo, de alrededor de 0,09 % a alrededor de 0,12 %, del siloxano en función del peso del estuco seco.

[0088] En algunas formas de realización, la lechada de yeso puede incluir cualquier aditivo resistente al fuego adecuado. Los ejemplos de aditivos resistentes al fuego adecuados incluyen partículas de alta expansión, aditivos disipadores de calor de alta eficiencia, fibras o similares, o cualquier combinación de estos, como se describe en la patente estadounidense 8.323.785, cuya descripción de tales aditivos se incorpora en la presente por referencia. En algunas formas de realización se pueden usar vermiculita, trihidrato de aluminio, fibras de vidrio y una combinación de estos.

[0089] Por ejemplo, las partículas de alta expansión útiles de acuerdo con algunas formas de realización pueden exhibir una expansión de volumen después de un calentamiento durante una hora a alrededor de 1560 °F (alrededor de 850 °C) de alrededor de 300 % o más de su volumen original. En algunas formas de realización, se pueden usar vermiculitas de alta expansión que tienen una expansión de volumen de alrededor de 300 % a alrededor de 380 % de su

volumen original después de colocarlas durante una hora en una cámara que tiene una temperatura de alrededor de 1560 °F (alrededor de 850 °C). Si se incluyen, las partículas de alta expansión, tales como vermiculita, pueden estar presentes en cualquier cantidad adecuada. En algunas formas de realización, está presente en una cantidad de alrededor de 1 % a alrededor de 10 %, por ejemplo, de alrededor de 3 % a alrededor de 6 % en peso de estuco.

[0090] El trihidrato de aluminio (ATH), también conocido como trihidrato de alúmina y alúmina hidratada, puede aumentar la resistencia al fuego debido a su contenido de agua cristalizada o compuesta. ATH es un ejemplo adecuado de un aditivo disipador de calor de alta eficiencia. Tales aditivos disipadores de calor de alta eficiencia (HEHS) tienen una capacidad de disipador de calor que excede la capacidad del disipador de calor de cantidades comparables de yeso dihidrato en el rango de temperatura que causa la deshidratación y la liberación de vapor de agua del componente de yeso dihidrato del núcleo del panel. Tales aditivos se seleccionan normalmente de composiciones, tales como trihidrato de aluminio u otros hidróxidos metálicos que se descomponen, liberando vapor de agua en los mismos rangos de temperatura o similares que el yeso dihidrato. Si bien se pueden usar otros aditivos HEHS (o combinaciones de aditivos HEHS) con una mayor eficiencia del disipador de calor en relación con cantidades comparables de yeso dihidrato, los aditivos preferidos de HEHS proporcionan una eficiencia del disipador de calor suficientemente aumentada en relación con el yeso dihidrato para compensar cualquier aumento en peso u otras propiedades no deseadas de los aditivos HEHS cuando se utilizan en un panel de yeso destinado para aplicaciones con clasificación de resistencia al fuego u otras aplicaciones de alta temperatura. Si se incluye, el aditivo del disipador de calor, como el ATH, está presente en cualquier cantidad adecuada. En algunas formas de realización, se incluye en una cantidad de alrededor de 1 % a alrededor de 8 %, por ejemplo, de alrededor de 2 % a alrededor de 4 % en peso de estuco.

[0091] Las fibras pueden incluir fibras minerales, fibras de carbono y/o de vidrio y mezclas de tales fibras, así como otras fibras comparables que proporcionan beneficios comparables al panel. En algunas formas de realización, las fibras de vidrio se incorporan en la lechada del núcleo de yeso y la estructura del núcleo cristalino resultante. Las fibras de vidrio en algunas de tales formas de realización pueden tener una longitud promedio de alrededor de 1.27 a aproximadamente 1.9 cm (0,5 a alrededor de 0,75 pulgadas) y un diámetro de alrededor de 11 a alrededor de 17 micrómetros. En otras formas de realización, tales fibras de vidrio pueden tener una longitud promedio de alrededor de 1.27 a aproximadamente 1.7 cm (0,5 a alrededor de 0,675 pulgadas) y un diámetro de alrededor de 13 a alrededor de 16 micrómetros. Si se incluyen, las fibras, tales como fibras de vidrio, están presentes en cualquier cantidad adecuada, tal como de alrededor de 0,1 % a alrededor de 3 %, por ejemplo, de alrededor de 0,5 % a alrededor de 1 % en peso de estuco.

[0092] La placa de yeso de acuerdo con las formas de realización de la divulgación tiene utilidad en una variedad de productos diferentes que tienen un rango de densidades deseadas, que incluyen, entre otros, placas de yeso (que pueden abarcar tal placa usada no solo para paredes sino también para cielorrasos y otros lugares, como se entiende en la técnica), placas ignífugas, placas resistentes al moho, placas resistentes al agua, etc. El peso de la placa es una función del espesor. Dado que las placas se fabrican comúnmente con diferentes espesores, la densidad de la placa se usa en la presente como una medida del peso de la placa. Los ejemplos de espesor adecuado incluyen 0.95 cm (3/8 de pulgada), 1.27 cm (media pulgada), 1.59 cm (5/8 de pulgada), 1.9 cm (3/4 de pulgada) o 2.54 cm (una pulgada), o en algunos países 9 mm, 9,5 mm, 10 mm, 12 mm, 12,5 mm, 13 mm, 15 mm, 20 mm o 25 mm. Las ventajas de la placa de yeso de acuerdo con las formas de realización de la divulgación se pueden ver en un rango de densidades, que incluyen densidades de placa más pesadas, por ejemplo, alrededor de 688.79

kg/m³ (43 pcf) o menos, o 640.72 kg/m³ (40 pcf) o menos, tal como de alrededor de 272.31 kg/m³ (17 pcf) a alrededor de 688.79 kg/m³ (43 pcf), de alrededor de 320.36 kg/m³ (20 pcf) a alrededor de 688.79 kg/m³ (43 pcf), de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 688.79 kg/m³ (43 pcf), de alrededor de 432.48 kg/m³ (27 pcf) a alrededor de 688.79 kg/m³ (43 pcf), de alrededor de 320.36 kg/m³ (20 pcf) a alrededor de 640.72 kg/m³ (43 pcf), de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 640.72 kg/m³ (43 pcf), de alrededor de 432.48 kg/m³ (27 pcf) a alrededor de 640.72 kg/m³ (43 pcf), de alrededor de 320.36 kg/m³ (20 pcf) a alrededor de 592.66 kg/m³ (37 pcf), de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 592.66 kg/m³ (37 pcf), de alrededor de 432.48 kg/m³ (27 pcf) a alrededor de 592.66 kg/m³ (37 pcf), de alrededor de 320.36 kg/m³ (20 pcf) a alrededor de 560.63 kg/m³ (35 pcf), de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 560.63 kg/m³ (35 pcf), de alrededor de 432.48 kg/m³ (27 pcf) a alrededor de 560.63 kg/m³ (35 pcf), etc.

[0093] Como se señala en la presente, la eliminación de masa del panel de yeso ha dado lugar a dificultades considerables para compensar la pérdida concomitante de resistencia. En vista de la estabilidad mejorada del vacío de espuma, algunas formas de realización de la divulgación permiten de manera sorprendente e inesperada el uso de placas de menor peso con buena resistencia y/o propiedades de fuego o térmicas deseadas, menor demanda de agua y uso eficaz de aditivos como se describe en la presente. Por ejemplo, en algunas formas de realización, la densidad de la placa puede ser de alrededor de 272.31 kg/m³ (17 pcf) a alrededor de 560.65 kg/m³ (35 pcf), por ejemplo, de alrededor de 272.31 kg/m³ (17 pcf) a alrededor de 528.59 kg/m³ (33 pcf), de alrededor de 272.31 kg/m³ (17 pcf) a alrededor de 496.56 kg/m³ (31 pcf), de alrededor de 272.31 kg/m³ (17 pcf) a alrededor de 448.5 kg/m³ (28 pcf), de alrededor de 320.36 kg/m³ (20 pcf) a alrededor de 512.57 kg/m³ (32 pcf), de alrededor de 320.36 kg/m³ (20 pcf) a alrededor de 496.56 kg/m³ (31 pcf), de alrededor de

320.36 kg/m³ (20 pcf) a alrededor de 480.54 kg/m³ (30 pcf), de alrededor de 320.36 kg/m³ (20 pcf) a alrededor de 480.54 kg/m³ (30 pcf), de alrededor de 320.36 kg/m³ (20 pcf) a alrededor de 464.52 kg/m³ (29 pcf), de alrededor de 320.36 kg/m³ (20 pcf) a alrededor de 448.5 kg/m³ (28 pcf), de alrededor de 336.38 kg/m³ (21 pcf) a alrededor de 528.59 kg/m³ (33 pcf), de alrededor de 336.38 kg/m³ (21 pcf) a alrededor de 512.57 kg/m³ (32 pcf), de alrededor de 336.38 kg/m³ (21 pcf) a alrededor de 528.59 kg/m³ (33 pcf), de alrededor de 336.38 kg/m³ (21 pcf) a alrededor de 512.57 kg/m³ (32 pcf), de alrededor de 336.38 kg/m³ (21 pcf) a alrededor de 496.56 kg/m³ (31 pcf), de alrededor de 336.38 kg/m³ (21 pcf) a alrededor de 480.54 kg/m³ (30 pcf), de alrededor de 336.38 kg/m³ (21 pcf) a alrededor de 464.52 kg/m³ (29 pcf), de alrededor de 336.38 kg/m³ (21 pcf) a alrededor de 448.5 kg/m³ (28 pcf), de alrededor de 336.38 kg/m³ (21 pcf) a alrededor de 464.52 kg/m³ (29 pcf), de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 528.59 kg/m³ (33 pcf), de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 512.57 kg/m³ (32 pcf), de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 496.56 kg/m³ (31 pcf), de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 480.54 kg/m³ (30 pcf), de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 464.52 kg/m³ (29 pcf), de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 448.5 kg/m³ (28 pcf), o de alrededor de 384.43 kg/m³ (24 pcf) a alrededor de 432.48 kg/m³ (27 pcf), etc.

[0094] Las láminas pueden estar en cualquier forma adecuada. Se entenderá que, con respecto a las láminas, los términos lámina "frontal" y "superior" se usan indistintamente en la presente, mientras que los términos "trasera" e "inferior" también se usan indistintamente en la presente. Por ejemplo, las láminas pueden comprender fibras celulósicas, fibras de vidrio, fibras de cerámica, lana mineral o una combinación de los materiales mencionados anteriormente. Una o ambas de las láminas pueden comprender láminas individuales o láminas múltiples. En formas de realización preferidas, las láminas comprenden una fibra celulósica.

Por ejemplo, la hoja de papel, tal como el papel Manila o el papel kraft, se puede utilizar como la lámina trasera. El papel útil como lámina incluye Manila de 3 capas, Manila de 7 capas, News-Line de 3 capas o News-Line de 7 capas disponible a través de United States Gypsum Corporation, Chicago, IL.; y papel Manila de alto gramaje y papel MH Manila HT (de alta resistencia), disponible a través de United States Gypsum Corporation, Chicago, IL.

[0095] Asimismo, el papel celulósico puede comprender cualquier otro material o combinación de materiales. Por ejemplo, una o ambas láminas, particularmente la lámina frontal (superior) pueden incluir alcohol polivinílico, ácido bórico o polifosfato como se describe en la presente (por ejemplo, trimetafosfato de sodio) para mejorar la resistencia del papel. En algunas formas de realización, el papel puede ponerse en contacto con una solución de uno o más de alcohol polivinílico, ácido bórico y/o polifosfato para que el papel se humedezca al menos parcialmente. El papel puede estar al menos parcialmente saturado en algunas formas de realización. El alcohol polivinílico, el ácido bórico y/o el polifosfato pueden penetrar las fibras en el papel en algunas formas de realización. La solución de alcohol polivinílico, ácido bórico y/o polifosfato puede estar en cualquier cantidad adecuada y puede aplicarse de cualquier manera adecuada como se apreciará en la técnica. Por ejemplo, la solución puede estar en forma de alrededor de 1 % a alrededor de 5 % de sólidos en peso en agua de cada ingrediente presente entre el alcohol polivinílico, el ácido bórico y/o el polifosfato, que se pueden agregar en una solución o, si se desea, en múltiples soluciones.

[0096] En algunas formas de realización, una o ambas láminas pueden comprender fibras de vidrio, fibras de cerámica, lana mineral o una combinación de los materiales mencionados anteriormente. Una o ambas láminas de acuerdo con la presente divulgación pueden ser generalmente hidrófilas, lo que significa que la lámina es al menos parcialmente capaz de adsorber moléculas de agua

sobre la superficie de la lámina y/o de absorber moléculas de agua en la lámina.

[0097] En otras formas de realización, las láminas pueden estar "sustancialmente libres" de fibras de vidrio, fibras cerámicas, lana mineral o una mezcla de estas, lo que significa que las láminas contienen ya sea (i) 0 % en peso en función del peso de la lámina, o ninguna de tales fibras de vidrio, fibras cerámicas, lana mineral o una mezcla de estas, o (ii) una cantidad ineficaz o (iii) irrelevante de fibras de vidrio, fibras cerámicas, lana mineral o una mezcla de estas. Como comprenderá una persona del oficio de nivel medio, un ejemplo de una cantidad ineficaz es una cantidad por debajo de la cantidad umbral para alcanzar el objetivo previsto de usar fibras de vidrio, fibras cerámicas, lana mineral o una mezcla de estas. Una cantidad irrelevante se encuentra, por ejemplo, por debajo de alrededor de 5 % en peso, tal como por debajo de alrededor de 2 % en peso, por debajo de alrededor de 1 % en peso, por debajo de alrededor de 0,5 % en peso, por debajo de alrededor de 0,2 % en peso, por debajo de alrededor de 0,1 % en peso, o por debajo de alrededor de 0,01 % en peso, en función del peso de estuco tal como lo comprenderá una persona del oficio de nivel medio. Sin embargo, si se desea, en formas de realización alternativas, se pueden incluir tales ingredientes en las láminas.

[0098] En algunas formas de realización, la conductividad térmica de la lámina superior y/o inferior es menor de alrededor de 0,1 w/(m.k.). Por ejemplo, la conductividad térmica de la lámina superior y/o inferior es menor de alrededor de 0,05 w/(m.k.).

[0099] Si se desea, en algunas formas de realización, una o ambas láminas pueden incluir opcionalmente cualquier cantidad adecuada de compuesto inorgánico o una mezcla de compuestos inorgánicos que imparte adecuadamente mayor resistencia al fuego, donde se desean tales propiedades. Los ejemplos de compuestos inorgánicos adecuados incluyen trihidrato de aluminio e hidróxido de magnesio. Por ejemplo, las láminas pueden comprender cualquier compuesto

inorgánico o una mezcla de compuestos inorgánicos con alto contenido de agua cristalizada, o cualquier compuesto que libere agua con el calentamiento. En algunas formas de realización, la cantidad de compuesto inorgánico o la mezcla total de compuestos inorgánicos en la lámina varía de alrededor de 0,1 % a alrededor de 30 % en peso de la lámina. El compuesto inorgánico o compuestos inorgánicos utilizados en la lámina pueden ser de cualquier tamaño de partícula adecuado o distribución de tamaño de partícula adecuada.

[00100] En algunas formas de realización, el ATH puede agregarse en una cantidad de alrededor de 5 % a alrededor de 30 % en peso total de la lámina. ATH suele ser muy estable a temperatura ambiente. Por encima de temperaturas entre alrededor de 180 °C y 205 °C, el ATH típicamente sufre una descomposición endotérmica que libera vapor de agua. El calor de descomposición para tales aditivos ATH es mayor de alrededor de 1000 Julios/gramo, y en una forma de realización es alrededor de 1170 Julios/gramo. Sin limitarse a teoría alguna, se cree que el aditivo ATH se descompone para liberar alrededor de 35 % del agua de cristalización en forma de vapor de agua cuando se calienta a más de 205 °C de acuerdo con la siguiente ecuación: $\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$.

[00101] Una lámina que contiene partículas inorgánicas de alto contenido de agua, como ATH, puede aumentar la resistencia al fuego de la placa. El compuesto inorgánico o mezcla de compuestos se incorpora a la lámina en algunas formas de realización. Una lámina tal como un papel que comprende ATH se puede preparar diluyendo primero la fibra celulósica en agua con una consistencia de alrededor del 1 %, luego mezclando con partículas de ATH en una proporción predeterminada. La mezcla se puede verter en un molde, cuya parte inferior puede tener una malla de alambre para drenar el agua. Después del drenaje, las partículas de fibra y ATH se retienen en el cable. La lámina húmeda puede transferirse a un papel secante y secarse a alrededor de 93.3-182.2°C (200-360

°F).

[00102] En algunas formas de realización, como se describe para su inclusión en la lámina o en una lechada de estuco, por ejemplo, se prefieren partículas de ATH de menos de alrededor de 20 μm , pero se puede usar cualquier fuente o grado adecuado de ATH. Por ejemplo, ATH se puede obtener de proveedores comerciales tales como Huber con los nombres comerciales SB 432 (10 μm) o Hydral® 710 (1 μm).

[00103] En algunas formas de realización, la lámina puede comprender hidróxido de magnesio. En estas formas de realización, el aditivo de hidróxido de magnesio tiene preferentemente un calor de descomposición mayor de alrededor de 1000 Julios/gramo, tal como alrededor de 1350 Julios/gramo, a o por encima de 180°C a 205°C. En tales formas de realización, se puede usar cualquier hidróxido de magnesio adecuado, tal como el que está disponible en el comercio a través de proveedores, incluyendo Akrochem Corp. de Akron, Ohio.

[00104] En otras formas de realización, las láminas están "sustancialmente libres" de compuestos inorgánicos tales como ATH, hidróxido de magnesio, o una mezcla de estos, lo que significa que las láminas contienen ya sea (i) 0 % en peso en función del peso de la lámina, o ninguno de tales compuestos inorgánicos tales como ATH, hidróxido de magnesio, o una mezcla de estos, o (ii) una cantidad ineficaz o (iii) irrelevante de compuestos inorgánicos tales como ATH, hidróxido de magnesio o una mezcla de estos. Como comprenderá una persona del oficio de nivel medio, un ejemplo de una cantidad ineficaz es una cantidad por debajo de la cantidad umbral para alcanzar el objetivo previsto de usar compuestos inorgánicos tales como ATH, hidróxido de magnesio o una mezcla de estos. Una cantidad irrelevante se encuentra, por ejemplo, por debajo de alrededor de 5 % en peso, tal como por debajo de alrededor de 2 % en peso, por debajo de alrededor de 1 % en peso, por debajo de alrededor de 0,5 % en peso, por debajo de alrededor de 0,1 % en peso, por debajo de alrededor de 0,05 % en peso, o por

debajo de alrededor de 0,01 % en peso, etc.

[00105] Las láminas también pueden tener cualquier espesor total adecuado. En algunas formas de realización, al menos una de las láminas tiene un espesor relativamente alto, por ejemplo, un espesor de al menos alrededor de 0.35 mm (0,014 pulgadas). En algunas formas de realización, se prefiere que haya un espesor aún mayor, por ejemplo, al menos alrededor de 0.38 mm (0,015 pulgadas), al menos alrededor de 0.41 mm (0,016 pulgadas), al menos alrededor de 0.43 mm (0,017 pulgadas), al menos alrededor de 0.46 mm (0,018 pulgadas), al menos alrededor de 0.48 mm (0,019 pulgadas), al menos alrededor de 0.51 mm (0,020 pulgadas), al menos alrededor de 0.53 mm (0,021 pulgadas), al menos alrededor de 0.56 mm (0,022 pulgadas), o al menos alrededor de 0.58 mm (0,023 pulgadas). Se puede adoptar cualquier límite superior adecuado para estos rangos, por ejemplo, un extremo superior del rango de alrededor de 0.76 mm (0,030 pulgadas), alrededor de 0.69 mm (0,027 pulgadas), 0.64 mm (alrededor de 0,025 pulgadas), alrededor de 0.61 mm (0,024 pulgadas), alrededor de 0.58 mm (0,023 pulgadas), alrededor de 0.56 mm (0,022 pulgadas), alrededor de 0.53 mm (0,021 pulgadas), alrededor de 0.51 mm (0,020 pulgadas), alrededor de 0.48 mm (0,019 pulgadas), alrededor de 0.46 mm (0,018 pulgadas), etc. El espesor total de la lámina se refiere a la suma del espesor de cada lámina unida al panel de yeso.

[00106] Las láminas pueden tener cualquier densidad adecuada. Por ejemplo, en algunas formas de realización, al menos una o ambas láminas tienen una densidad de al menos alrededor de 576.66 kg/m³ (36 pcf), por ejemplo, de alrededor de 576.66 kg/m³ (36 pcf) a alrededor de 736.82 kg/m³ (46 pcf), tal como de alrededor de 576.66 kg/m³ (36 pcf) a alrededor de 704.79 kg/m³ (44 pcf), de alrededor de 576.66 kg/m³ (36 pcf) a alrededor de 672.75 kg/m³ (42 pcf), de alrededor de 576.66 kg/m³ (36 pcf) a alrededor de 640.72 kg/m³ (40 pcf), de alrededor de 608.68 kg/m³ (38 pcf) a alrededor de 736.82 kg/m³ (46 pcf), de alrededor de 608.68 kg/m³ (38 pcf) a alrededor de 704.79 kg/m³ (44 pcf), de

alrededor de 608.68 kg/m³ (38 pcf) a alrededor de 672.75 kg/m³ (42 pcf), etc.

[00107] La lámina puede tener cualquier peso adecuado. Por ejemplo, en algunas formas de realización, se pueden utilizar láminas de peso base inferior (por ejemplo, formadas a partir de papel) tales como, por ejemplo, al menos alrededor de 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) (por ejemplo, de alrededor de 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) a alrededor de 0.32 kg/m² (65 lb/MSF), de alrededor de 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) a alrededor de 0.29 kg/m² (60 lb/MSF), 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) a alrededor de 0.28 kg/m² (58 lb/MSF), de alrededor de 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) a alrededor de 0.27 kg/m² (55 lb/MSF), de alrededor de 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) a alrededor de 0.25 kg/m² (50 lb/MSF), de alrededor de 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) a alrededor de 0.22 kg/m² (45 lb/MSF), o menos de alrededor de 0.22 kg/m² (45 lb/MSF)). En otras formas de realización, una o ambas láminas tienen un peso base de alrededor de 0.19 kg/m² (38 lb/MSF) a alrededor de 0.32 kg/m² (65 lb/MSF), de alrededor de 0.19 kg/m² (38 lb/MSF) a alrededor de 0.29 kg/m² (60 lb/MSF), de alrededor de 0.19 kg/m² (38 lb/MSF) a alrededor de 0.28 kg/m² (58 lb/MSF), de alrededor de 0.19 kg/m² (38 lb/MSF) a alrededor de 0.27 kg/m² (55 lb/MSF), de alrededor de 0.19 kg/m² (38 lb/MSF) a alrededor de 0.25 kg/m² (50 lb/MSF), de alrededor de 0.19 kg/m² (38 lb/MSF) a alrededor de 0.22 kg/m² (45 lb/MSF).

[00108] Sin embargo, si se desea, en algunas formas de realización, incluso se pueden usar pesos base más pesados, por ejemplo, para mejorar aún más la resistencia a la tracción del clavo o para mejorar el manejo, por ejemplo, para facilitar las características de "sensación" deseables para los usuarios finales. Por lo tanto, una o ambas láminas pueden tener un peso base de, por ejemplo, al menos alrededor de 0.22 kg/m² (45 lb/MSF) (por ejemplo, de alrededor de 0.22 kg/m² (45 lb/MSF) a alrededor de 0.32 kg/m² (65 lb/MSF), de alrededor de 0.22 kg/m² (45 lb/MSF) a alrededor de 0.29 kg/m² (60 lb/MSF), de alrededor de 0.22 kg/m² (45 lb/MSF) a alrededor de 0.27 kg/m² (55 lb/MSF), de alrededor de 0.25 kg/m² (50 lb/MSF) a alrededor de 0.32 kg/m² (65 lb/MSF), de alrededor de 0.25

kg/m² (50 lb/MSF) a alrededor de 0.29 kg/m² (60 lb/MSF), etc.). Si se desea, en algunas formas de realización, una lámina (por ejemplo, el lado del papel "frontal" cuando se instala) puede tener el peso base más alto mencionado anteriormente, por ejemplo, para mejorar la resistencia a la tracción del clavo y el manejo, mientras que la otra lámina (por ejemplo, la lámina "trasera" cuando se instala la placa) puede tener una base de peso algo menor si se desea (por ejemplo, una base de peso menor de alrededor de 0.29 kg/m² (60 lb/MSF), por ejemplo, de alrededor de 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) a alrededor de 0.27 kg/m² (55 lb/MSF), de alrededor de 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) a alrededor de 0.25 kg/m² (50 lb/MSF), de alrededor de 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) a alrededor de 0.22 kg/m² (45 lb/MSF), o de alrededor de 0.16 kg/m² (33 lb/MSF) a alrededor de 0.19 kg/m² (40 lb/MSF)).

[00109] En algunas formas de realización, el producto de placa de yeso exhibe una resistencia al fuego más allá de lo que se encuentra en los paneles de yeso convencionales. Para lograr la resistencia al fuego, la placa puede formarse opcionalmente a partir de ciertos aditivos que mejoran la resistencia al fuego en el producto de placa final, como se describe en la presente. Algunas placas resistentes al fuego se consideran "clasificadas con resistencia al fuego" cuando la placa pasa ciertas pruebas mientras se encuentra en un ensamblaje.

[00110] En algunas formas de realización, la placa de yeso que contiene aditivo resistente al fuego puede superar ciertas pruebas usando un banco de prueba a pequeña escala, de acuerdo con ASTM C1795-15, que incluye la contracción a alta temperatura en las direcciones x-y (ancho-largo), contracción a alta temperatura (o incluso expansión) en la dirección z (espesor) y un índice de aislamiento térmico (*TI*). Dichos bancos de prueba son adecuados para predecir el rendimiento de la resistencia al fuego de la placa de yeso, por ejemplo, en pruebas de escala completa de conformidad con ASTM E119-09a para ensamblajes contruidos de conformidad con cualquiera de UL U305, U419 y/o U423 (ediciones 2015), y/o procedimientos y estándares de prueba de fuego

equivalentes. Superar la prueba ASTM E119-09a con el ensamblaje de cualquiera de estas pruebas UL permite obtener un promedio de ignifugacia. Brevemente, UL U305 requiere estructuras de madera en el ensamblaje. UL U419 es un ensamblaje de montante de metal sin carga, que utiliza montantes de espesor 25. UL U423 es un ensamblaje de montante de metal con carga, que utiliza montantes de espesor 20. Generalmente se considera que UL U419 es una prueba más difícil de superar que UL U305 o UL U423 porque usa montantes de acero de espesor ligero que se deforman más fácilmente que los montantes que se usan de conformidad con UL U305 y UL U423.

[00111] De acuerdo con algunas formas de realización, la placa de yeso está configurada para alcanzar o exceder un promedio de ignifugacia de acuerdo con los requisitos de contención de incendio e integridad estructural de los ensamblajes contruidos de conformidad con uno o más de UL U305, U419, y/o U423, mediante ASTM E119, y/o procedimientos y estándares de prueba de fuego equivalentes, por ejemplo, donde la placa contiene aditivos resistentes al fuego analizados en la presente. La presente descripción proporciona, por lo tanto, una placa de yeso (por ejemplo, peso y densidad reducidos en espesores de 1.27 cm (1/2 pulgada) o 1.59 cm (5/8 de pulgada)) y métodos para prepararla, que son capaces de satisfacer las calificaciones de ignifugacia (por ejemplo, 17 min., 20 min., 30 min., 3/4 de hora, una hora, dos horas, etc.) de conformidad con los procedimientos y estándares de contención de incendio e integridad estructural de diversas normas UL, tales como las que se describen en la presente, en algunas formas de realización.

[00112] La placa de yeso se puede probar, por ejemplo, en un ensamblaje de acuerdo con las memorias descriptivas UL U305, U419 y U423 de Underwriters Laboratories y cualquier otro procedimiento de prueba de fuego que sea equivalente a cualquiera de esos procedimientos de prueba de fuego. Debe entenderse que la referencia hecha en la presente a un procedimiento de prueba

de fuego particular de ASTM E-119 y utilizando los ensamblajes preparados de acuerdo con Underwriters Laboratories, como UL U305, U419 y U423, por ejemplo, también incluye un procedimiento de prueba de fuego, tal como el proclamado por cualquier otra entidad, que es equivalente a ASTM E119-09a y la norma UL particular en cuestión.

[00113] Por ejemplo, la placa de yeso en algunas formas de realización es efectiva para inhibir la transmisión de calor a través de un ensamblaje construido de acuerdo con cualquiera de los números de diseño UL U305, U419 o U423, donde el ensamblaje tiene un primer lado con una sola capa de placas de yeso y un segundo lado con una sola capa de placas de yeso. ASTM E119-09a consiste en colocar termopares en numerosos lugares a lo largo de un ensamblaje en particular. Los termopares luego monitorean la temperatura a medida que el conjunto se expone al calor con el tiempo. En este sentido, las superficies de las placas de yeso en el primer lado del ensamblaje se calientan de acuerdo con la curva de tiempo-temperatura de ASTM E119-09a, mientras que las superficies de los paneles de yeso en el segundo lado del ensamblaje cuentan con sensores de temperatura de acuerdo con ASTM E119-09a. La norma ASTM E119 especifica que el ensamblaje no supera la prueba si alguno de los termopares excede una cierta temperatura predeterminada (ambiente más 162.78°C (325 °F)), o si el promedio de las temperaturas de los termopares excede una temperatura predeterminada diferente (ambiente más 121.11°C (250 °F)).

[00114] En algunas formas de realización de placa resistente al fuego, cuando se calienta, el valor único máximo de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 162.78°C (325 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 50 minutos, y/o el valor promedio de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 121.11°C (250 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 50 minutos. En algunas formas de realización, la placa tiene una densidad de alrededor de 640.74 x kg/m³ (40 libras por pie cúbico) o

menos. Deseablemente, la placa tiene buena resistencia como se describe en la presente, tal como una dureza del núcleo de al menos alrededor de 11 libras (5 kg), por ejemplo, al menos alrededor de 13 libras (5,9 kg), o al menos alrededor de 15 libras (6,8 kg).

[00115] En algunas formas de realización, cuando se calientan las superficies en el primer lado del ensamblaje de la placa de yeso resistente al fuego con aditivo resistente al fuego, el valor individual máximo de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 162.78°C (325 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 55 minutos, y/o el valor promedio de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 121.11°C (250 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 55 minutos. En otras formas de realización, cuando se calientan las superficies de la placa de yeso en el primer lado del ensamblaje, el valor individual máximo de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 162.78°C (325 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 60 minutos, y/o el valor promedio de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 121.11°C (250 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 60 minutos. En otras formas de realización, cuando se calientan las superficies de paneles de yeso en el primer lado del ensamblaje, el valor individual máximo de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 162.78°C (325 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 50 minutos, y/o el valor promedio de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 121.11°C (250 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 50 minutos. En otras formas de realización, cuando se calientan las superficies de placas de yeso en el primer lado del ensamblaje, el valor individual máximo de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 162.78°C (325 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 55 minutos, y/o el valor promedio de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 121.11°C (250 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 55

minutos. En otras formas de realización, cuando se calientan las superficies de placas de yeso en el primer lado del ensamblaje, el valor individual máximo de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 162.78°C (325 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 60 minutos, y el valor promedio de los sensores de temperatura es menor de alrededor de 121.11°C (250 °F) más la temperatura ambiente después de alrededor de 60 minutos.

[00116] En algunas formas de realización, la placa de yeso resistente al fuego con aditivo resistente al fuego es eficaz para inhibir la transmisión de calor a través del ensamblaje cuando se construye de acuerdo con el número de diseño UL U305 para lograr un promedio de ignifugacia de una hora según la norma ASTM E119-09a. En algunas formas de realización, la placa es eficaz para inhibir la transmisión de calor a través del ensamblaje cuando se construye de acuerdo con el número de diseño UL U419 para lograr un promedio de ignifugacia de una hora según la norma ASTM E119-09a. En algunas formas de realización, la placa de yeso es eficaz para inhibir la transmisión de calor a través del ensamblaje cuando se construye de acuerdo con el número de diseño UL U423 para lograr un promedio de ignifugacia de una hora según la norma ASTM E119-09a. En algunas formas de realización, la placa tiene un índice de aislamiento térmico (*TI*) de alrededor de 20 minutos o más y/o un encogimiento a alta temperatura (*S*) de alrededor de 10 % o menos, de acuerdo con ASTM C1795-15. En algunas formas de realización, la placa tiene una relación de expansión de espesor de alta temperatura (*TE*) con respecto a *S* (*TE/S*) de alrededor de 0,06 o más, por ejemplo, de alrededor de 0,2 o más.

[00117] Además, en algunas formas de realización, la placa de yeso puede ser en forma de peso y densidad reducidos, la placa de yeso resistente al fuego con contracción de alta temperatura de menos de alrededor de 10 % en las direcciones x-y (ancho-largo) y expansión de espesor de alta temperatura en la dirección z (espesor) es mayor de alrededor de 20 % cuando se calienta a

alrededor de 1560 °F (850 °C). En otras formas de realización más, cuando se usan en paredes u otros ensamblajes, tales ensamblajes tienen un rendimiento de prueba de fuego comparable con el de los ensamblajes hechos con paneles comerciales con clasificación de resistencia al fuego más pesados y más densos. En algunas formas de realización, la contracción de alta temperatura de los paneles es típicamente menor de alrededor de 10 % en las direcciones x-y (ancho-largo). En algunas formas de realización, la relación de la expansión del espesor de alta temperatura en la dirección z con respecto a la contracción de alta temperatura x-y es de al menos alrededor de 2 a más de alrededor de 17 a 1570 °F (855 °C).

[00118] En algunas formas de realización, una placa de yeso resistente al fuego formada de acuerdo con los principios de la presente divulgación, y los métodos para hacerla, puede proporcionar un panel que exhibe una resistencia de contracción promedio de alrededor de 85 % o más cuando se calienta a alrededor de 1800 °F (980 °C) durante una hora. En otras formas de realización, la placa de yeso exhibe una resistencia a la contracción promedio de alrededor de 75 % o más cuando se calienta a alrededor de 1800 °F (980 °C) durante una hora.

[00119] Las capas de yeso entre las láminas pueden ser efectivas para proporcionar un índice de aislamiento térmico (TI) de alrededor de 20 minutos o más. La placa puede tener una densidad deseada (D) como se describe en la presente. Las capas de yeso entre las láminas pueden ser efectivas para proporcionar a la placa de yeso una relación TI/D de alrededor de 0,6 minutos/libras por pie cúbico (0,038 minutos/(kg/m³)) o más.

[00120] En algunas formas de realización, la placa de yeso hecha de acuerdo con la divulgación cumple con los protocolos de prueba de acuerdo con la norma ASTM C473-10. Por ejemplo, en algunas formas de realización, cuando la placa se moldea a un espesor de 1.27 cm (1/2 pulgada), la placa tiene una resistencia a la tracción del clavo de al menos alrededor de 289.13N (65 lb_f) (libras de fuerza, que

a veces se denominan simplemente “lb” o “lbs” a los fines de conveniencia por las personas del oficio de nivel medio, quienes comprenden que es una medición de fuerza, en donde $1 \text{ lb}_f = 4.45 \text{ N}$) según lo determinado de acuerdo con ASTM C473-10 (método B), por ejemplo, al menos alrededor de 68 lb_f , al menos alrededor de 70 lb_f , al menos alrededor de 72 lb_f , al menos alrededor de 74 lb_f , al menos alrededor de 75 lb_f , al menos alrededor de 76 lb_f , al menos alrededor de 77 lb_f , etc. En diversas formas de realización, la resistencia a la tracción del clavo puede ser de alrededor de 65 lb_f a alrededor de 100 lb_f , por ejemplo, de alrededor de 65 lb_f a alrededor de 95 lb_f , de alrededor de 65 lb_f a alrededor de 90 lb_f , de alrededor de 65 lb_f a alrededor de 85 lb_f , de alrededor de 65 lb_f a alrededor de 80 lb_f , de alrededor de 65 lb_f a alrededor de 75 lb_f , de alrededor de 68 lb_f a alrededor de 100 lb_f , de alrededor de 68 lb_f a alrededor de 95 lb_f , de alrededor de 68 lb_f a alrededor de 90 lb_f , de alrededor de 68 lb_f a alrededor de 85 lb_f , de alrededor de 68 lb_f a alrededor de 80 lb_f , de alrededor de 70 lb_f a alrededor de 100 lb_f , de alrededor de 70 lb_f a alrededor de 95 lb_f , de alrededor de 70 lb_f a alrededor de 90 lb_f , de alrededor de 70 lb_f a alrededor de 85 lb_f , de alrededor de 70 lb_f a alrededor de 80 lb_f , de alrededor de 72 lb_f a alrededor de 100 lb_f , de alrededor de 72 lb_f a alrededor de 95 lb_f , de alrededor de 72 lb_f a alrededor de 90 lb_f , de alrededor de 72 lb_f a alrededor de 85 lb_f , de alrededor de 72 lb_f a alrededor de 80 lb_f , de alrededor de 72 lb_f a alrededor de 77 lb_f , de alrededor de 72 lb_f a alrededor de 75 lb_f , de alrededor de 75 lb_f a alrededor de 100 lb_f , de alrededor de 75 lb_f a alrededor de 95 lb_f , de alrededor de 75 lb_f a alrededor de 90 lb_f , de alrededor de 75 lb_f a alrededor de 85 lb_f , de alrededor de 75 lb_f a alrededor de 80 lb_f , de alrededor de 75 lb_f a alrededor de 77 lb_f , de alrededor de 77 lb_f a alrededor de 100 lb_f , de alrededor de 77 lb_f a alrededor de 95 lb_f , de alrededor de 77 lb_f a alrededor de 90 lb_f , de alrededor de 77 lb_f a alrededor de 85 lb_f , o de alrededor de 77 lb_f a alrededor de 80 lb_f .

[00121] Con respecto a la resistencia a la flexión, en algunas formas de realización, cuando se moldeo en una placa con un espesor de 1.27 cm (media pulgada), la placa tiene una resistencia a la flexión de al menos alrededor de 160.2 N (36 lb_f, en donde 1 lb_f = 4.45 N) en una dirección de la máquina (por ejemplo, al menos alrededor de 38 lb_f, al menos alrededor de 40 lb_f, etc.) y/o al menos alrededor de 107 lb_f (por ejemplo, al menos alrededor de 110 lb_f, al menos alrededor de 112 lb_f, etc.) en una dirección transversal a la máquina según lo determinado de acuerdo con la norma ASTM C473-10, método B. En diversas formas de realización, la placa puede tener una resistencia a la flexión en una dirección de la máquina de alrededor de 36 lb_f a alrededor de 60 lb_f, por ejemplo, de alrededor de 36 lb_f a alrededor de 55 lb_f, de alrededor de 36 lb_f a alrededor de 50 lb_f de alrededor de 36 lb_f a alrededor de 45 lb_f, de alrededor de 36 lb_f a alrededor de 40 lb_f, de alrededor de 36 lb_f a alrededor de 38 lb_f, de alrededor de 38 lb_f a alrededor de 60 lb_f, de alrededor de 38 lb_f a alrededor de 55 lb_f, de alrededor de 38 lb_f a alrededor de 50 lb_f, de alrededor de 38 lb_f a alrededor de 45 lb_f, de alrededor de 38 lb_f a alrededor de 40 lb_f, de alrededor de 40 lb_f a alrededor de 60 lb_f, de alrededor de 40 lb_f a alrededor de 55 lb_f, de alrededor de 40 lb_f a alrededor de 50 lb_f, o de alrededor de 40 lb_f a alrededor de 45 lb_f. En diversas formas de realización, la placa puede tener una resistencia a la flexión en una dirección transversal a la máquina de alrededor de 107 lb_f a alrededor de 130 lb_f, por ejemplo, de alrededor de 107 lb_f a alrededor de 125 lb_f, de alrededor de 107 lb_f a alrededor de 120 lb_f de alrededor de 107 lb_f a alrededor de 115 lb_f, de alrededor de 107 lb_f a alrededor de 112 lb_f, de alrededor de 107 lb_f a alrededor de 110 lb_f, de alrededor de 110 lb_f a alrededor de 130 lb_f, de alrededor de 110 lb_f a alrededor de 125 lb_f, de alrededor de 110 lb_f a alrededor de 120 lb_f, de alrededor de 110 lb_f a alrededor de 115 lb_f, de alrededor de 110 lb_f a alrededor de 112 lb_f, de alrededor de 112 lb_f a alrededor de 130 lb_f, de alrededor de 112 lb_f a alrededor

de 125 lb_f, de alrededor de 112 lb_f a alrededor de 120 lb_f, o de alrededor de 112 lb_f a alrededor de 115 lb_f.

[00122] Además, en algunas formas de realización, la placa puede tener una dureza promedio del núcleo de al menos alrededor de 48.93 N (11 lb_f, en donde 1 lb_f = 4.45 N), por ejemplo, al menos alrededor de 12 lb_f, al menos alrededor de 13 lb_f, al menos alrededor de 14 lb_f, al menos alrededor de 15 lb_f, al menos alrededor de 16 lb_f, al menos alrededor de 17 lb_f, al menos alrededor de 18 lb_f, al menos alrededor de 19 lb_f al menos alrededor de 20 lb_f, al menos alrededor de 21 lb_f, o al menos alrededor de 22 lb_f, según lo determinado según ASTM C473-10, método B. En algunas formas de realización, la placa puede tener una dureza del núcleo de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 25 lb_f, por ejemplo, de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 22 lb_f, de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 21 lb_f, de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 20 lb_f, de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 19 lb_f, de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 18 lb_f, de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 17 lb_f, de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 16 lb_f de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 15 lb_f, de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 14 lb_f, de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 13 lb_f, de alrededor de 11 lb_f a alrededor de 12 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 25 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 22 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 21 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 20 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 19 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 18 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 17 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 16 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 15 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 14 lb_f, de alrededor de 12 lb_f a alrededor de 13 lb_f, de alrededor de 13 lb_f a alrededor de 25 lb_f, de alrededor de 13 lb_f a alrededor de 22 lb_f, de alrededor de 13 lb_f a alrededor de 21 lb_f, de alrededor de 13 lb_f a alrededor de 20 lb_f, de alrededor de 13 lb_f a alrededor de 19 lb_f, de alrededor de 13 lb_f a alrededor de 18 lb_f, de alrededor de 13 lb_f a alrededor de 17 lb_f, de alrededor de 13 lb_f a alrededor de 16 lb_f, de alrededor de 13 lb_f a alrededor

de 15 lb_f, de alrededor de 13 lb_f a alrededor de 14 lb_f, de alrededor de 14 lb_f a alrededor de 25 lb_f, de alrededor de 14 lb_f a alrededor de 22 lb_f, de alrededor de 14 lb_f a alrededor de 21 lb_f, de alrededor de 14 lb_f a alrededor de 20 lb_f, de alrededor de 14 lb_f a alrededor de 19 lb_f, de alrededor de 14 lb_f a alrededor de 18 lb_f, de alrededor de 14 lb_f a alrededor de 17 lb_f, de alrededor de 14 lb_f a alrededor de 16 lb_f, de alrededor de 14 lb_f a alrededor de 15 lb_f, de alrededor de 15 lb_f a alrededor de 25 lb_f, de alrededor de 15 lb_f a alrededor de 22 lb_f, de alrededor de 15 lb_f a alrededor de 21 lb_f, de alrededor de 15 lb_f a alrededor de 20 lb_f, de alrededor de 15 lb_f a alrededor de 19 lb_f, de alrededor de 15 lb_f a alrededor de 18 lb_f, de alrededor de 15 lb_f a alrededor de 17 lb_f, de alrededor de 15 lb_f a alrededor de 16 lb_f, de alrededor de 16 lb_f a alrededor de 25 lb_f, de alrededor de 16 lb_f a alrededor de 22 lb_f, de alrededor de 16 lb_f a alrededor de 21 lb_f, de alrededor de 16 lb_f a alrededor de 20 lb_f, de alrededor de 16 lb_f a alrededor de 19 lb_f, de alrededor de 16 lb_f a alrededor de 18 lb_f, de alrededor de 16 lb_f a alrededor de 17 lb_f, de alrededor de 17 lb_f a alrededor de 25 lb_f, de alrededor de 17 lb_f a alrededor de 22 lb_f, de alrededor de 17 lb_f a alrededor de 21 lb_f, de alrededor de 17 lb_f a alrededor de 20 lb_f, de alrededor de 17 lb_f a alrededor de 19 lb_f, de alrededor de 17 lb_f a alrededor de 18 lb_f, de alrededor de 18 lb_f a alrededor de 25 lb_f, de alrededor de 18 lb_f a alrededor de 22 lb_f, de alrededor de 18 lb_f a alrededor de 21 lb_f, de alrededor de 18 lb_f a alrededor de 20 lb_f, de alrededor de 18 lb_f a alrededor de 19 lb_f, de alrededor de 19 lb_f a alrededor de 25 lb_f, de alrededor de 19 lb_f a alrededor de 22 lb_f, de alrededor de 19 lb_f a alrededor de 21 lb_f, de alrededor de 19 lb_f a alrededor de 20 lb_f, de alrededor de 21 lb_f a alrededor de 25 lb_f, de alrededor de 21 lb_f a alrededor de 22 lb_f, o de alrededor de 22 lb_f a alrededor de 25 lb_f.

[00123] El producto de acuerdo con las formas de realización de la divulgación se puede fabricar en líneas de fabricación típicas. Las técnicas de fabricación de paneles se describen, por ejemplo, en la patente estadounidense 7.364.676 y en

la publicación de solicitud de patente estadounidense 2010/0247937. Brevemente, en el caso de la placa de yeso, el proceso generalmente implica descargar una lámina sobre un transportador en movimiento. Dado que la placa de yeso se forma normalmente "boca abajo", esta lámina es la lámina "frontal" en tales formas de realización.

[00124] Los componentes secos y/o húmedos de la lechada de yeso se alimentan a un mezclador (por ejemplo, un mezclador con o sin clavijas), donde se agitan para formar la lechada de yeso. El mezclador comprende un cuerpo principal y un conducto de descarga (por ejemplo, una disposición de compuerta de receptáculo-recipiente como se conoce en la técnica, o una disposición como se describe en las patentes estadounidenses 6.494.609 y 6.874.930). En algunas formas de realización, el conducto de descarga puede incluir un distribuidor de lechada ya sea con una sola entrada de alimentación o con múltiples entradas de alimentación, tales como las descritas en la publicación de solicitud de patente estadounidense 2012/0168527 A1 y la publicación de solicitud de patente estadounidense 2012/0170403 A1, por ejemplo. En esas formas de realización, mediante el uso de un distribuidor de lechada con múltiples entradas de alimentación, el conducto de descarga puede incluir un divisor de flujo adecuado, tal como los descritos en la publicación de solicitud de patente estadounidense 2012/0170403 A1. El agente espumante puede agregarse en el conducto de descarga del mezclador (por ejemplo, en la compuerta como se describe, por ejemplo, en las patentes estadounidenses 5.683.635 y 6.494.609) o en el cuerpo principal, si se desea. La lechada descargada del conducto de descarga después de que se hayan agregado todos los ingredientes, que incluyen el agente espumante, es la lechada de yeso primaria y formará el núcleo de la placa. Esta lechada del núcleo de la placa se descarga sobre la lámina frontal móvil.

[00125] La lámina frontal puede llevar un enlucido fino en forma de una capa relativamente densa de lechada. Además, los bordes duros, como se conocen en

la técnica, pueden formarse, por ejemplo, a partir de la misma corriente de lechada que forma el enlucido frontal. En formas de realización en las que se inserta espuma en el conducto de descarga, se puede eliminar una corriente de lechada de yeso secundaria del cuerpo del mezclador para formar la lechada de enlucido denso, que luego se puede usar para formar el enlucido frontal y los bordes duros como se conocen en la técnica. Si se incluyen, el enlucido frontal y los bordes duros se depositan normalmente sobre la lámina frontal móvil antes de que se deposite la lechada del núcleo, generalmente corriente arriba del mezclador. Después de descargarse del conducto de descarga, la lechada del núcleo se extiende, según sea necesario, sobre la lámina frontal (opcionalmente lleva un enlucido) y se cubre con una segunda lámina (generalmente la lámina “trasera”) para formar un ensamblaje húmedo con forma de una estructura de sándwich que es una placa precursora del producto final. La segunda lámina puede tener opcionalmente un segundo enlucido, que puede formarse a partir de la misma lechada de yeso secundaria (densa) o de una diferente para el enlucido frontal, si está presente. Las láminas pueden estar formadas de papel, manta fibrosa u otro tipo de material (por ejemplo, papel de aluminio, plástico, manta de vidrio, material no tejido, como una mezcla de relleno celulósico e inorgánico, etc.).

[00126] El ensamblaje húmedo así proporcionado se transporta a una estación de formación donde se le da al producto un espesor deseado (por ejemplo, a través de la placa de formación), y a una o más secciones de cuchilla donde se corta a una longitud deseada. El ensamblaje húmedo se deja endurecer para formar la matriz cristalina entrelazada del yeso fraguado, y el exceso de agua se elimina mediante el uso de un proceso de secado (por ejemplo, mediante el transporte del ensamblaje a través de un horno). De manera sorprendente e inesperada, se ha encontrado que la placa preparada de acuerdo con formas de realización de la divulgación con almidón pregelatinizado y parcialmente

hidrolizado, preparado de acuerdo con formas de realización de la divulgación, requiere significativamente menos tiempo en un proceso de secado debido a la baja demanda de agua característica del almidón. Esto es ventajoso porque reduce los costos de energía.

[00127] En algunas formas de realización, el alcohol graso de la invención se puede usar para estabilizar el agente espumante del núcleo de la placa en una placa compuesta que tiene una capa concentrada como se describe en las solicitudes estadounidenses 62/184.060, 62/290.361 y 15/186.176, incorporadas en la presente por referencia. Por ejemplo, el alcohol graso y el agente espumante se pueden usar para preparar el núcleo de la placa de baja densidad, con aditivos más concentrados en la capa concentrada, utilizando los ingredientes, las cantidades, las dimensiones de la placa y los métodos de producción descritos en las solicitudes estadounidenses 62/184.060, 62/290.361 y 15/186.176.

[00128] En algunas formas de realización, el alcohol graso se puede usar en productos de placas de cemento. El cemento se puede formar a partir de una mezcla del núcleo de agua y un material de cemento (por ejemplo, cemento Portland, cemento de alúmina, cemento de magnesita, etc., y mezclas de tales materiales). Un agente espumante y el alcohol graso también se incluyen en la mezcla. Opcionalmente, en algunas formas de realización se pueden incluir agregados ligeros (por ejemplo, arcilla expandida, escoria expandida, esquisto expandido, perlita, perlas de vidrio expandido, perlas de poliestireno y similares) en la mezcla. Otros aditivos que se pueden usar para formar la placa de cemento incluyen, por ejemplo, dispersante, fibra (por ejemplo, de vidrio, celulosa, PVC, etc.), acelerador, retardador, material puzolánico, sulfato de calcio hemihidrato (por ejemplo, sulfato de calcio alfa hemihidrato), agente de relleno, etc., o combinaciones de estos.

[00129] El alcohol graso se puede usar en un método para formar una lechada de cemento espumada. El método comprende, consiste en, o consiste esencialmente en combinar un agente espumante con alcohol graso para formar una mezcla de jabón acuosa; generar una espuma a partir de la mezcla de jabón acuosa; y agregar la espuma a una lechada de cemento que comprende cemento (por ejemplo, cemento Portland, cemento de alúmina, cemento de magnesia, etc., o combinaciones de estos) y agua para formar la lechada de cemento espumada. A medida que la espuma fluye en la lechada de cemento, se forman burbujas de espuma con una cubierta que rodea las burbujas que se interconectan con la lechada. Sin limitarse a teoría alguna en particular, se cree que la presencia de alcohol graso estabiliza deseablemente la cubierta en la interfaz. También se pueden agregar otros aditivos a la lechada de cemento, tales como, por ejemplo, dispersante, fibra (por ejemplo, de vidrio, celulosa, PVC, etc.), acelerador, retardador, material puzolánico, sulfato de calcio hemihidrato (por ejemplo, sulfato de calcio alfa hemihidrato), agente de relleno, etc., o combinaciones de estos. Los métodos para preparar placas de cemento (y los aditivos incluidos en estas) se describen, por ejemplo, en las patentes estadounidenses n.º 4.203.788; 4.488.909; 4.504.335; 4.916.004; 6.869.474; y 8.070.878.

[00130] La lechada de cemento que comprende, que consiste en, o que consiste esencialmente en agua, cemento, agente espumante y un alcohol graso puede tener una mayor resistencia en comparación con la misma placa formada sin el alcohol graso, cuando la lechada se forma y se seca como una placa.

[00131] Los siguientes ejemplos ilustran adicionalmente la invención pero, por supuesto, no se deberían interpretar como limitativos de su alcance de modo alguno.

EJEMPLO 1

[00132] Este ejemplo demuestra el efecto de los alcoholes grasos sobre las propiedades espumantes de los agentes espumantes, con y sin la presencia de dispersante de policarboxilato.

[00133] En particular, se llevaron a cabo experimentos de formación de espuma, tensión superficial y estabilidad en soluciones de agentes espumantes. Se evaluaron tres tipos de agentes espumantes (jabones). El Agente espumante 1A era un jabón estable, en forma de CS230, que es una mezcla de sulfato de lauriléter, disponible en el comercio a través de Stepan (Northfield, IL). Además, se evaluaron dos jabones inestables, identificados como el Agente espumante 1B y el Agente espumante 1C. El Agente espumante 1B era Polystep B25, que es una mezcla de alquilsulfato, disponible en el comercio a través de Stepan, y el Agente espumante 1C era Hyonic 25AS, que es una mezcla de alquilsulfato, disponible en el comercio a través de Geo Specialty Chemicals (Ambler, PA). Cada agente espumante actúa como un tensioactivo y, por lo tanto, forma una solución de tensioactivo ya que requiere agua.

[00134] Las modificaciones de la solución de tensioactivo se realizaron agregando un alcohol graso en algunas muestras como se indica en las Figuras 2-5 y la Tabla 1. Los alcoholes grasos que se evaluaron fueron 1-octanol, 1-decanol y 1-dodecanol. Cada solución contenía 30 % en peso de tensioactivo y 1 % en peso de alcohol graso (si estaba presente). Algunas soluciones se modificaron adicionalmente mediante la adición de 0,1 % en peso (1000 ppm) de dispersante de éter de policarboxilato (PCE) en forma de Ethacryl M™, disponible en el comercio a través de Coatex Group, Genay, Francia. El PCE se incluyó para evaluar el impacto de los modificadores de jabón en sistemas con un dispersante polimérico de superficie activa utilizado en productos de yeso. El balance de cada solución fue agua. Los estudios de formación de espuma se realizaron agitando (a mano) 10 ml de solución de tensioactivo en un vial durante 60 segundos e informando la altura de la espuma en mm.

[00135] Las Figuras 1-3 son gráficos de barras que ilustran los resultados de formación de espuma. La Figura 1 muestra los resultados de la espuma generada con jabón estable y jabones inestables tanto solos como en presencia de 1000 ppm de dispersante de éter de policarboxilato en forma de Ethacryl M™ (Coatex). La Figura 1 muestra que los policarboxilatos tienen una fuerte influencia en la formación de espuma de ambos jabones inestables.

[00136] Las Figuras 2 y 3 ilustran la espuma generada con soluciones de tensioactivo inestables modificadas con alcohol graso al 1 % en peso (Agentes espumantes 1B y 1C, respectivamente), solas o con 1000 ppm de dispersante de éter de policarboxilato en forma de Ethacryl M™ (Coatex). Las Figuras 2-3 demuestran que la modificación del jabón con 1 % en peso de alcohol graso cambió las propiedades espumantes de los jabones inestables. En particular, se produjo una estructura de espuma más robusta en presencia de los alcoholes grasos, como lo demuestran los alcoholes grasos que reducen el impacto relativo del policarboxilato sobre la formación de espuma. Se deseaba una altura de espuma más baja porque esta indica una reducida actividad superficial relativa de policarboxilatos. En el caso de decanol, la formación de espuma se redujo incluso con PCE en la solución. El decanol proporcionó una altura de espuma más baja debido a que el complejo de tensioactivo y alcohol graso tenía una mayor afinidad hacia la interfaz aire/agua que el policarboxilato.

[00137] Además, se realizaron pruebas de tensión superficial utilizando el método de la placa. En el método de la placa, las pruebas se realizaron sumergiendo una placa de platino en soluciones para determinar las tensiones interfaciales de aire/líquido de los líquidos. Se utilizó un tensiómetro Kruss K12 (Kruss GmbH, Hamburgo, Alemania) para determinar los cambios en la tensión superficial de los líquidos analizados. Esto permitió una mejor comprensión de los cambios que ocurren en la interfaz aire/líquido y la disposición del tensioactivo.

[00138] Como se aprecia en la Tabla 1, la prueba de tensión superficial se realizó para soluciones del Agente espumante 1B, es decir, Stepan Polystep B25. Las pruebas se llevaron a cabo con y sin modificación adicional de la solución con 1 % en peso de dodecanol. Las soluciones contenían diferentes concentraciones (1000 ppm y 5000 ppm, respectivamente) del Agente espumante 1B, es decir, Stepan Polystep B25. Además, las pruebas se realizaron con y sin modificación de solución con dispersante de éter de policarboxilato en forma de Ethacryl M™ (Coatex) en una cantidad de 0,1 % en peso (1000 ppm). Los valores de tensión superficial se proporcionan en milinewtons por metro (mN/m).

Tabla 1

Tensión superficial mN/m		
Ingrediente	Agente espumante 1B modificado con 1 % de dodecanol	Agente espumante 1B sin alcohol graso
1000 ppm de Agente espumante 1B	23,11	57,00
1000 ppm de Agente espumante 1B con PCE (1000 ppm)	23,39	48,34
5000 ppm de Agente espumante 1B	22,58	32,22
5000 ppm de Agente espumante 1B con PCE (1000 ppm)	22,54	31,47

[00139] Los resultados de la Tabla 1 muestran que la presencia de alcohol graso en forma de dodecanol fue beneficiosa para producir una espuma más robusta (por ejemplo, resistente) que sin dodecanol. Además, se puede apreciar que no

hubo ningún efecto perjudicial sobre la tensión superficial causado por el uso de dispersante de policarboxilato cuando se usó un alcohol graso con el agente espumante, lo que indica la estabilidad (por ejemplo, la resistencia) de la espuma. Las tensiones superficiales de las soluciones de tensioactivo modificado con dodecanol disminuyeron, en comparación con el tensioactivo no modificado. Una menor tensión superficial generalmente indica una mayor actividad superficial y puede permitir una reducción en el uso de tensioactivo para lograr las mismas propiedades espumantes.

[00140] Además, se evaluó la degradación de la espuma generada a partir de los inestables Agentes espumantes 1A y 1B. Los agentes espumantes se consideraron solos cuando la solución de tensioactivo se modificó con alcohol graso como se expone en las Figuras 4 y 5. La degradación se determinó midiendo la altura de la espuma en mm con el tiempo de reposo.

[00141] Como se ve en las Figuras 4 y 5, la modificación de las soluciones de tensioactivo con alcoholes grasos también influyó en la degradación. En la Figura 5, "1k" se refiere a 1000 ppm de agente espumante en la solución. Las alturas de la espuma fueron más altas para todos los jabones modificados, y los resultados muestran que los jabones modificados se degradan a una velocidad más lenta que los agentes espumantes convencionales. Una rápida disminución de la altura de la espuma indica burbujas inestables y un drenaje significativo de líquido de la espuma. En todos los casos, las soluciones de jabón modificadas con alcohol graso duraron más tiempo y no se degradaron tan rápidamente como los jabones no modificados convencionales.

EJEMPLO 2

[00142] Este ejemplo demuestra el efecto de los alcoholes grasos sobre las propiedades espumantes de los agentes espumantes en la fabricación de paneles.

[00143] El panel se preparó en una línea de fabricación comercial. Cada placa se preparó a partir de la formulación expuesta en la Tabla 2. Cada una de las placas se elaboró con un agente espumante en forma de un sulfato de alquiléter y sulfato de alquilo en una relación de 40:60, mediante la mezcla de jabón con agua, la posterior generación de espuma y la mezcla de la espuma con la lechada de yeso. El sulfato de alquiléter estaba en forma de Geo Hyonic PFM 33, mientras que el sulfato de alquilo estaba en forma de Geo Hyonic 25 AS (ambos disponibles a través de Geo Specialty Chemicals).

[00144] La BMA era un acelerador de molino de bolas, que contenía yeso y se preparó mediante molienda en seco con dextrosa. El dispersante era un dispersante de policarboxilato en forma de BASF Melflux 541, disponible en el comercio a través de BASF, Alemania. El retardador fue una solución al 1 % de una solución acuosa de la sal pentasódica del ácido dietilentriaminopentaacético (Versenex™ 80, disponible en el comercio a través de DOW Chemical Company, Midland, MI) y se preparó mediante la mezcla de 1 parte (en peso) de Versenex™ 80 con 99 partes (en peso) de agua.

[00145] Los ingredientes secos y húmedos se introdujeron por separado en un mezclador para formar una lechada de estuco (a veces denominada lechada de yeso). La lechada se descargó sobre una lámina de papel móvil que se desplazaba en un transportador, de modo que la lechada se extendió para formar un núcleo sobre el papel. Se aplicó una cubierta delgada densa sobre la lámina de papel con el uso de un rodillo. Una lechada densa se desplazó alrededor de los bordes del rodillo para formar los bordes de la placa. Se aplicó una segunda lámina al núcleo para formar una estructura tipo sándwich de un precursor de la placa en forma de una cinta larga y continua. La cinta se dejó reposar y se cortó, se secó en horno y se procesó para formar el producto final de placa.

Tabla 2

	Peso (lb/MSF)	% en peso (en función del
--	---------------	---------------------------

		peso de estuco)
Estuco	1880	----
Agua	1223	65,05 %
Dispersante (BASF 541)	3,2	0,17 %
Jabón total	0,6	0,03 %
BMA	6	0,32 %
Almidón (ácido modificado)	6,5	0,35 %
Retardador (Versenex)	0,2	0,01 %
Fibra de vidrio	6	0,32 %
Peso de la placa	2240	---

[00146] Se hicieron cuatro tipos de placas a partir de la formulación de la Tabla 2, y la diferencia guarda relación con la presencia de un alcohol de cadena larga con el agente espumante. La Placa 2A era de control y no incluía modificación alguna del agente espumante con alcohol graso. La Placa 2B se preparó con un agente espumante que incluía un 1 % de 1-dodecanol, que se agregó al agente espumante. La Placa 2C se preparó con un agente espumante que incluía 1 % de 1-decanol. La Placa 2D se preparó con un agente espumante que incluía 1 % de 1-octanol. Los agentes espumantes se prepararon con la ayuda de un aparato generador de espuma mediante la mezcla de alto cizallamiento de la solución de jabón con aire presurizado y se introdujeron en la lechada fuera del mezclador principal, antes de la salida de la lechada.

[00147] Las imágenes tomadas del microscopio óptico con un aumento de 20 X se tomaron del núcleo de cada tipo de placa. Se tomó un total de nueve imágenes de microscopía óptica de cada una de las Placas 2A-2D. Las nueve imágenes de cada placa se tomaron de nueve puntos diferentes en el mismo núcleo de la placa y tres se seleccionaron al azar para cada placa, que se presentan como ejemplos

de núcleos en las Figuras 6A a 9C. Las Figuras 6A-6C son las imágenes de la Placa de control 2A. Las Figuras 7A-7C son imágenes de la Placa 2B. Las Figuras 8A-8C son imágenes de la Placa 2C. Las Figuras 9A-9C son imágenes de la Placa 2D. Como se ve en estas Figuras, la estructura del núcleo se vio influenciada después de la introducción de los modificadores de jabón. Como se muestra en las Figuras 6A-6C, la estructura del núcleo de la Placa de control 2A tiene un número significativo de vacíos más grandes, mientras que la Placa 2B (Figuras 7A-7C) y la Placa 2D (Figuras 9A-9C) mostraron una reducción del tamaño de los vacíos más grandes y redujeron el tamaño total del vacío, mientras que la Placa 2C (Figuras 8A-8C) mostró un aumento del tamaño del vacío.

[00148] Se analizaron seis imágenes por condición. Las imágenes seleccionadas al azar de cada condición experimental para el análisis de vacíos (es decir, las Figuras 6A-6C, 7A-7C, 8A-8C, 9A-9C,) se analizaron con la ayuda de Clemex Vision PE, disponible a través de Clemex Technologies, Inc., Longueuil, Quebec. Para cada imagen, el diámetro del tamaño del vacío (burbuja) se midió manualmente para cada vacío. Una distribución fue proporcionada por el software. Un resumen de los resultados se informa en la Tabla 3.

Tabla 3

	Tamaño del vacío (μm)	
	Promedio aritmético	Promedio volumétrico
Placa 2A (control) (mezcla de jabón normal)	234	819
Placa 2B (Mezcla de jabón modificada con 1 % de 1-dodecanol)	168	627
Placa 2C (Mezcla de jabón	245	1092

modificada con 1 % de 1-decanol)		
Placa 2D (Mezcla de jabón modificada con 1 % de 1-octanol)	188	739

[00149] El promedio aritmético se determinó mediante el software e indica el promedio aritmético del diámetro del vacío (en micrómetros) de todos los vacíos dentro de la placa. El promedio volumétrico se determinó a partir de los diagramas de distribución desarrollados por el software e indica los tamaños de vacío promedio ponderados por volumen.

[00150] Además, las Figuras 10-13 son gráficos de barras que ilustran las distribuciones volumétricas de cada una de las Placas 2A (Figura 10), 2B (Figura 11), 2C (Figura 12) y 2D (Figura 13). Los gráficos de barras muestran la frecuencia volumétrica de los vacíos como una función del tamaño del vacío en micrómetros.

[00151] Como se ve en la Tabla 3 y en las Figuras 10-13, los vacíos en la Placa de control 2A eran generalmente más grandes y más dispersos, mientras que los vacíos de las Placas 2B y 2D eran más pequeños y más estrechos en la distribución. Los vacíos de la placa de control eran más grandes y estaban distribuidos más uniformemente. La distribución de los vacíos en la Placa de control 2A fue bimodal, mientras que la distribución en las Placas 2B y 2D fue monomodal y gaussiana.

[00152] Estos resultados demuestran que la modificación del tensioactivo (jabón) en el agente espumante es suficiente para inducir cambios en la distribución del tamaño del vacío en el panel, sin cambiar, de otra manera, la formulación o la dosis de tensioactivo. Estos resultados muestran además que

una distribución más favorecida (más estrecha o más amplia) se puede lograr fácilmente sin la necesidad de una nueva mezcla de tensioactivo.

EJEMPLO 3

[00153] Este ejemplo ilustra que las modificaciones de jabón pueden reducir la tensión superficial de las mezclas de agentes espumantes. En particular, la prueba de tensión superficial se realizó utilizando el método de la placa, como se describe en el Ejemplo 1, con un tensiómetro Kruss K12.

[00154] La prueba de tensión superficial se realizó para soluciones del Agente espumante 3A, es decir, Stepan B25, y del Agente espumante 3B, es decir, Hyonic 25AS. Las pruebas para cada agente espumante se llevaron a cabo sin modificación adicional de la solución (control), y también con modificación adicional de la solución con 1 % en peso de dodecanol, 1 % en peso de decanol y 1 % en peso de octanol. Las soluciones contenían diferentes concentraciones (2000 ppm, 1000 ppm y 500 ppm, respectivamente) de los agentes espumantes. Los resultados se muestran en la Tabla 4.

Tabla 4

	Tensión superficial mN/m		
	500 ppm	1000 ppm	2000 ppm
Agente espumante 3A (Polystep B25)	64	54	45
Agente espumante 3A con 1-dodecanol	28	25	23
Agente espumante 3A con 1-decanol	41	36	27
Agente espumante 3A con 1-octanol	53	46	38
Agente espumante 3B (Hyonic 25AS)	60	51	41
Agente espumante 3B con 1-dodecanol	23,1	23,8	22,5
Agente espumante 3B con 1-decanol	50,4	41,5	31,0

Agente espumante 3B con 1-octanol	57,9	50,1	39,6
-----------------------------------	------	------	------

[00155] Los resultados de la Tabla 4 muestran que la presencia de alcohol graso fue beneficiosa en la producción de una mezcla de jabón más activa en la superficie. Por ejemplo, se puede ver que la tensión superficial del jabón modificado se redujo, lo que indica que la estabilidad (por ejemplo, la resistencia) de la espuma mejoró. La tensión superficial de las soluciones de tensioactivo modificado con alcohol disminuyó, en comparación con el tensioactivo no modificado. Una menor tensión superficial generalmente indica una mayor actividad superficial y puede permitir una reducción en el uso de tensioactivo para lograr las mismas propiedades espumantes.

[00156] Todas las referencias, incluso publicaciones, solicitudes de patentes y patentes, citadas en la presente se incorporan en la presente por referencia en el mismo grado que si cada referencia se indicara individual y específicamente para ser incorporada por referencia y se expusiera en su totalidad en la presente.

[00157] Se debe interpretar que el uso de las expresiones "uno/a" y "el/la" y "al menos uno/a" y referentes similares en el contexto de la descripción de la invención (en especial en el contexto de las siguientes reivindicaciones) cubre tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en la presente o que lo contradiga claramente el contexto. Se debe interpretar que el uso del término "al menos uno/una" seguido de una lista de uno o más ítems (por ejemplo, "al menos uno de A y B") significa un ítem seleccionado de los ítems enumerados (A o B) o cualquier combinación de dos o más de los elementos enumerados (A y B), a menos que se indique lo contrario en la presente o que lo contradiga claramente el contexto. Como se usa en la presente, se entenderá que el término "relación de unión" no significa necesariamente que dos capas estén en contacto inmediato. Los términos "que comprende", "que tiene", "que incluye", y "que contiene" deben interpretarse como términos abiertos (es decir,

que significan “que incluye, entre otros,”) a menos que se indique lo contrario. Además, siempre que se usa “que comprende” (o su equivalente), se considera que el “que comprende” incorpora “que consiste esencialmente en” y “que consiste en”. De este modo, una forma de realización “que comprende” (unos) elementos abarca formas de realización “que consisten esencialmente en” y “que consisten en” los elementos descritos. Siempre que se usa “que consiste esencialmente en”, se considera que incorpora “que consiste en”. De este modo, una forma de realización “que consiste esencialmente en” (unos) elementos abarca formas de realización “que consisten en” los elementos descritos. La descripción de rangos de valores en la presente tiene simplemente la intención de servir como un 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 se incorpora cada valor separado en la memoria descriptiva como si se lo describiera individualmente en la presente. Todos los métodos descritos en la presente se pueden realizar en cualquier orden adecuado a menos que se indique lo contrario en la presente o que lo contradiga claramente el contexto. El uso de cualquiera y de todos los ejemplos, o el uso del idioma para indicar ejemplos (por ejemplo, “tal como”) que se proporciona en la presente, tiene la simple intención de clarificar aún más la invención y no supone una limitación en el alcance de la invención a menos que se reivindique lo contrario. No se debe interpretar que uso alguno del idioma en la memoria descriptiva indica que algún elemento no reivindicado sea esencial a la práctica de la invención.

[00158] Las formas de realización preferidas de esta invención se describen en la presente, incluso el mejor modo conocido por los inventores para realizar la invención. Variaciones de esas formas de realización preferidas pueden ser evidentes para las personas del oficio de nivel medio tras leer la divulgación que antecede. Los inventores esperan que las personas del oficio de nivel medio usen tales variaciones como adecuadas, y los inventores pretenden que la invención

se lleve a la práctica de otro modo que como se describe específicamente en la presente. De acuerdo con esto, esta invención incluye todas las modificaciones y equivalentes del objeto expuesto en las reivindicaciones adjuntas a la presente según lo permita la ley aplicable. Además, la invención abarca cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas las variaciones posibles a menos que se indique lo contrario en la presente o que lo contradiga claramente el contexto.

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una placa cementosa espumada que comprende:

(a) mezclar una primera cantidad de un primer agente espumante, una segunda cantidad de un segundo agente espumante y una tercera cantidad de un alcohol graso para formar una corriente mezclada acuosa, en donde la primera, segunda y tercera cantidades están en una primera relación en peso, y en donde la corriente mezclada acuosa consiste de por lo menos un sulfato de alquilo, por lo menos un sulfato de alquiléter, un alcohol graso, y agua;

(b) cambiar de manera controlable la primera, segunda y/o tercera cantidad para formar una segunda relación en peso, que es diferente de la primera relación en peso;

(c) insertar aire en la corriente mezclada para formar espuma;

(d) mezclar al menos agua, material cementoso y la espuma para formar una lechada;

(e) disponer la lechada entre una primera lámina y una segunda lámina para formar un precursor de la placa;

(f) formar una placa cortando el precursor de la placa; y

(g) secar la placa.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la primera, segunda y tercera cantidad se controlan mediante un sistema de medición de flujo, y en donde un controlador de proceso se comunica con el sistema de medición de flujo para ajustar una o más de la primera, segunda y tercera cantidad.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en donde el sistema

de medición de flujo comprende al menos una bomba operativamente asociada con válvulas para controlar el flujo de cada uno del primer agente espumante, el segundo agente espumante y el alcohol graso en la corriente mezclada acuosa.

4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el alcohol graso es un alcohol graso C₆-C₂₀.

5. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el sulfato de alquiléter se combina con el alcohol graso antes de la adición del sulfato de alquilo.

6. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el sulfato de alquilo se combina con el alcohol graso antes de la adición del sulfato de alquiléter.