

## SISTEMA Y CRISOL DE COMBUSTIÓN SUMERGIDA DE VARIAS CÁMARAS

**[001]** La presente solicitud de patente describe dispositivos para la fabricación de vidrio y más particularmente, dispositivos para fundir un suministro de vidrio en un horno o crisol.

### **Antecedentes**

**[002]** La fusión por combustión sumergida ("SCM") se basa en mejorar la transferencia de calor mediante la mezcla de combustibles y oxidantes con materia prima de vidrio y la cocción de los combustibles y oxidantes bajo la superficie de, y directamente en, el material de vidrio que se va a fundir. El contacto entre la materia prima de vidrio y los combustibles y oxidantes de combustión genera un baño de burbujas de vidrio fundido con altas velocidades de calor y masa.

**[003]** Los hornos o crisoles de SCM pueden tener una entrada en una pared de horno, usualmente cerca de un techo o superficie superior, para administrar un lote de vidrio en el horno que se va a fundir en vidrio fundido y puede tener una salida para retirar vidrio fundido. Los hornos de SCM pueden funcionar a altas temperaturas de fusión de 1000°C a 2000°C o más.

### **Breve descripción de la descripción**

**[004]** La presente descripción incorpora varios aspectos que se pueden implementar de forma separada o en combinación entre sí.

**[005]** Un crisol de combustión sumergida de acuerdo con un aspecto de la descripción incluye una pared inferior, al menos una pared lateral que se extiende hacia arriba desde la pared inferior, una corona que se extiende hacia adentro con respecto a la al menos una pared lateral y sobre la pared inferior para establecer una cámara de fusión, un orificio de escape configurado para expulsar el gas de la cámara de fusión, al menos un deflector que se extiende hacia adentro desde la al menos una pared lateral para dividir la cámara de fusión en al menos dos subcámaras de fusión que comparten el orificio de escape, al menos una entrada configurada para introducir un lote de vidrio al fundidor de combustión sumergida, al menos una salida configurada para retirar el vidrio fundido de la al menos una cámara de fusión, y un orificio de escape configurado para expulsar el gas de las subcámaras de fusión, donde las subcámaras de fusión están configuradas para dirigir el flujo de producto en una ruta de flujo ondulada entre la al menos una entrada y la al menos una salida.

**[006]** Un sistema de crisol de combustión sumergida de acuerdo con un aspecto de la descripción incluye un crisol de combustión sumergida y al menos un quemador cercano al crisol de combustión sumergida. El sistema y fundidor por combustión sumergida descritos en la presente proporcionan un crisol con una serie de subcámaras de fusión que dirigen el

flujo de vidrio fundido en una ruta de flujo ondulada y proporcionan un sistema de escape para la serie de subcámaras de fusión.

### **Breve descripción de las figuras**

**[007]** La descripción, junto con objetos, características, ventajas y aspectos adicionales de la misma, se entenderá mejor a partir de la siguiente descripción, las reivindicaciones anexas y las figuras anexas, en las cuales:

**[008]** La Figura 1A es una vista en sección transversal esquemática que ilustra un crisol de combustión sumergida que tiene al menos un deflector que crea una serie de subcámaras de fusión con un único sistema de escape, una ruta de flujo verticalmente ondulada y una salida por debajo del nivel de la masa fundida, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

**[009]** La Figura 1B es una vista en sección transversal fragmentaria que ilustra el deflector en la Figura 1A, donde el deflector se muestra dentro de una porción del crisol de combustión sumergida, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

**[0010]** La Figura 1C es una vista en alzado que muestra una tapa de extremo del deflector ilustrado en la Figura 1B, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

**[0011]** La Figura 1D es una vista en alzado que muestra el deflector ilustrado en la Figura 1B, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

**[0012]** La Figura 1E es una vista en alzado que muestra el deflector ilustrado en la Figura 1B, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

**[0013]** La Figura 1F es una vista isométrica que muestra el deflector ilustrado en la Figura 1B, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

**[0014]** La Figura 2 es una vista en sección transversal esquemática que ilustra un crisol de combustión sumergida que tiene al menos un deflector que crea una serie de subcámaras de fusión con un único sistema de escape, una ruta de flujo verticalmente ondulada y una salida al nivel de la masa fundida, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

**[0015]** La Figura 3 es una vista en sección transversal esquemática que ilustra un crisol de combustión sumergida que tiene al menos un deflector que crea una serie de subcámaras de fusión con un único sistema de escape, una ruta de flujo horizontalmente ondulada y una salida al nivel de la masa fundida y/o una salida por debajo del nivel de la masa fundida, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

**[0016]** La Figura 4 es una vista en planta superior esquemática que ilustra el crisol de combustión sumergida de la Figura 3.

**[0017]** La Figura 5A es una vista en planta superior esquemática que ilustra un crisol de combustión sumergida que tiene al menos un deflector que crea una serie de subcámaras de fusión con un único sistema de escape, una ruta de flujo verticalmente ondulada y una salida por debajo del nivel de la masa fundida, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

**[0018]** La Figura 5B es una vista en sección transversal esquemática que ilustra el crisol de combustión sumergida de la Figura 5A y tomada a lo largo de la línea 5B de la Figura 5A.

**[0019]** La Figura 6A es una vista en planta superior esquemática que ilustra un crisol de combustión sumergida que tiene al menos un deflector que crea una serie de subcámaras de fusión con un único sistema de escape, una ruta de flujo horizontalmente ondulada y una salida por debajo del nivel de la masa fundida, de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

**[0020]** La Figura 6B es una vista en sección transversal esquemática que ilustra el crisol de combustión sumergida de la Figura 6A y tomada a lo largo de la línea 6B de la Figura 6A.

#### **Descripción detallada**

**[0021]** Un objeto general de la presente descripción, de acuerdo con al menos un aspecto de la descripción, es proporcionar un crisol de combustión sumergida que incluye al menos un deflector o desescoriador para cambiar las rutas de flujo del lote de vidrio fundido y para un mejor control del flujo de lote dentro del crisol. El o los deflectores/desescoriadores pueden aumentar el tiempo de residencia mínimo del lote al guiar el flujo de material de lote. Adicionalmente, el o los deflectores/desescoriadores dirigen el flujo de las materias primas de lote y vidrio fundido dentro del crisol para lograr el tiempo de residencia necesario para la fusión de las materias primas, lo que reduce o elimina el salto de las materias primas de lote sin fundir desde la entrada hasta la salida, de modo que la sílice no disuelta u otras materias primas de lote no salgan del crisol junto con el vidrio fundido.

**[0022]** Un método eficiente para fundir vidrio puede incluir el uso de fusión por combustión sumergida ("SCM"). La SCM se basa en mejorar la transferencia de calor al mezclar combustibles y oxidantes con materia prima de vidrio y al quemar los combustibles y oxidantes directamente dentro y debajo de la superficie del material de vidrio que se va a fundir. El contacto entre la materia prima de vidrio y los combustibles y oxidantes de combustión genera un baño de burbujas de vidrio fundido junto con altas velocidades de calor y masa.

**[0023]** El aparato y el método de fusión descritos en la presente se pueden usar en diferentes tipos de fusión de vidrio incluida la SCM. En la SCM, una mezcla de aire-combustible u oxígeno-combustible se inyecta directamente en una mezcla de materias primas dentro de una cámara de fusión o crisol. Los quemadores se pueden arreglar en el

fondo y lados de la cámara debajo de la superficie superior del material y pueden estimular la fusión rápida de las materias primas mediante la combustión del combustible dentro de la mezcla de materias primas. Los gases de combustión burbujan a través de las materias primas y crean una mezcla turbulenta de las materias primas a una alta velocidad de transferencia de calor, funden las materias primas en el vidrio fundido y mezclan el vidrio fundido para crear un vidrio homogéneo. Una vez que el vidrio fundido logra una composición uniforme, se puede retirar o drenar de la cámara para procesarse adicionalmente y/o usarse para formar los productos deseados.

**[0024]** El uso de SCM produce una combustión intensa y transferencia de calor de contacto directo a medida que los gases de combustión burbujan a través de las materias primas y el vidrio fundido y da como resultado una alta tasa de transferencia de calor que da como resultado una alta eficiencia térmica. Debido a estas ventajas, la SCM utiliza menos energía para fundir las materias primas y puede utilizar un crisol y/o horno más pequeño en comparación con otros métodos de fusión. Adicionalmente, el vidrio fundido pasa menos tiempo en el crisol y se mezcla rápidamente.

**[0025]** Los sistemas de SCM pueden ser simples y económicos porque la cámara de SCM es tolerante a una amplia variedad de materias primas y tamaños de recolección, puede aceptar múltiples tipos de alimentación de materia prima de lote de vidrio y no requiere la mezcla del material de alimentación antes de la adición a la cámara. Sin embargo, un lote de vidrio que se alimenta al crisol puede salir en un tiempo relativamente corto para algunos crisoles de combustión sumergida utilizados en la industria del vidrio, lo que puede poner en riesgo un lote sin fundir o parcialmente sin fundir y limitar la mejora del rendimiento.

**[0026]** En consecuencia, la presente descripción se refiere a un sistema y crisol de combustión sumergida que emplea al menos un deflector (o desescoriador) para formar una serie de subcámaras de fusión configuradas para guiar y controlar el flujo de materias primas de lote y vidrio fundido dentro del crisol por combustión sumergida. Adicionalmente, la serie de subcámaras de fusión en el crisol de combustión sumergida descrito comparte un sistema de escape.

**[0027]** Las Figuras 1-6B ilustran un sistema de crisol de combustión sumergida 100 y un crisol de combustión sumergida 102 de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción. El sistema de crisol de combustión sumergida 100 y el crisol de combustión sumergida 102 pueden incluir al menos una pared inferior 104, al menos una pared lateral 106 y una corona 108 para establecer una cámara de fusión 112. Adicionalmente, el sistema de crisol de combustión sumergida 100 y el crisol de combustión sumergida 102 pueden incluir al menos un deflector 110 configurado para subdividir la cámara de fusión 112 y definir al

menos parcialmente dos o más subcámaras de fusión 112a, 112b, 112c, 112d, 112e, 112f, 112g dispuestas dentro de la cámara de fusión general 112 en el sistema de crisol de combustión sumergida 100 y el crisol de combustión sumergida 102. Se apreciará que el crisol de combustión sumergida 102 puede incluir una variedad de configuraciones, por ejemplo, más o menos deflectores y/o más o menos subcámaras de fusión que se muestran en las Figuras 1-6B.

**[0028]** Como se ilustra en las Figuras 1-6B, un crisol de combustión sumergida 102 puede incluir una pared inferior 104. La pared inferior 104 puede incluir un panel que se puede enfriar (por ejemplo, enfriar con fluido) usando una variedad de materiales, tal como agua, vapor u otros fluidos apropiados que pueden servir como un portador de calor, o pueden no ser enfriados con fluido. La pared inferior 104 puede incluir materiales que pueden soportar erosión y corrosión térmica, química y física. Adicionalmente, la pared inferior 104 puede incluir al menos una abertura configurada para recibir un quemador de combustión sumergida 124. A medida que se aumenta el tamaño del crisol de combustión sumergida 102, se puede aumentar la cantidad de quemadores 124 y aberturas en la pared inferior 104.

**[0029]** En implementaciones, al menos una pared lateral 106 puede disponerse y acoplarse a la pared inferior 104. De manera similar a la pared inferior 104, cada pared lateral 106 puede incluir material que pueda soportar erosión y corrosión térmica, química y física, y cada pared lateral 106 puede ser enfriada por fluido, por ejemplo, usando agua, vapor u otros fluidos apropiados configurados para servir como un portador de calor, o puede no ser enfriada por fluido. En implementaciones, cada pared lateral 106 se puede extender en general de forma perpendicular desde la pared inferior 104. En una modalidad específica, un crisol de combustión sumergida 102 puede incluir cuatro paredes laterales 106 que están acopladas a la pared inferior 104 y definen, por lo menos parcialmente, una cámara dentro del crisol de combustión sumergida 102. Se contempla que el crisol de combustión sumergida 102 puede incluir una variedad de otras configuraciones de paredes laterales 106 (por ejemplo, tres paredes laterales 106 o más) dispuestas en la pared inferior 104.

**[0030]** Como se ilustra en las Figuras 1-6B, una corona 108 se puede colocar y acoplar a las paredes laterales 106, donde la corona 108, las paredes laterales 106 y la pared inferior 104 definen el crisol de combustión sumergida 102. En una modalidad específica, la corona 108, las paredes laterales 106 y la pared inferior 104 pueden estar acopladas y configuradas en forma de una caja, donde las paredes laterales 106 pueden estar acopladas perpendicularmente tanto a la pared inferior 104 como a la corona 108. En otras modalidades, el crisol de combustión sumergida 102 puede incluir múltiples paredes laterales 106 ubicadas entre y conectando la corona 108 y la pared inferior 104. En un ejemplo de esta modalidad,

una primera pared lateral 106a se puede acoplar a la corona 108 perpendicularmente, y una segunda pared lateral 106b se puede acoplar tanto a la primera pared lateral 106a como a la pared inferior 104 en un ángulo (por ejemplo, 45° cada conexión), donde la corona 108 y la pared inferior 104 pueden estar paralelas. Se contempla que las paredes laterales 106 del crisol de combustión sumergida 102 puedan incluir una variedad de otras configuraciones.

**[0031]** La corona 108 puede estar formada por materiales que son capaces de resistir la erosión y corrosión térmica, química y física. En implementaciones, la corona 108 puede ser enfriada por fluido utilizando agua, vapor u otros fluidos de transferencia de calor adecuados, o puede ser no enfriada por fluido. Adicionalmente, se puede colocar un orificio de escape 118 en y/o extenderse a través de la corona 108 para expulsar los gases de combustión del crisol de combustión sumergida 102 y cada subcámara de fusión 112a, 112b, 112c, 112d, 112e, 112f, 112g. El orificio de escape 118 puede servir como un único escape para cada subcámara de fusión respectiva 112a, 112b, 112c, 112d, 112e, 112f, 112g descrita en la presente y evita el requisito de múltiples sistemas de ductos de escape.

**[0032]** En implementaciones, la distancia desde una primera pared lateral (por ejemplo, una pared lateral cercana a una entrada) a una segunda pared lateral (por ejemplo, una pared lateral cercana a una salida y opuesta a la primera pared lateral) puede definir un eje longitudinal. La distancia desde una tercera pared lateral a una cuarta pared lateral (por ejemplo, donde la tercera pared lateral y la cuarta pared lateral están opuestas entre sí y cada una colinda con la primera pared lateral y la segunda pared lateral) puede definir un eje lateralmente transversal, donde el eje lateralmente transversal es perpendicular al eje longitudinal. La distancia desde la pared inferior a la corona puede definir un eje verticalmente transversal.

**[0033]** En modalidades, al menos una entrada 114 puede disponerse y extenderse a través de la corona 108 y/o una pared lateral 106. En las modalidades que se muestran en las Figuras 1-6B, la entrada 114 se extiende a través de la corona 108. La o las entradas 114 se pueden configurar para introducir material que se va a fundir (por ejemplo, un lote de vidrio) en el crisol de combustión sumergida 102 desde, por ejemplo, un cargador de lote 128. En la fabricación de vidrio, un lote de vidrio puede incluir materias primas o materiales de partida utilizados para formar una composición homogénea uniforme. Las materias primas pueden incluir una variedad de diferentes composiciones químicas (por ejemplo, varios óxidos para formar vidrio de sosa-lima-sílice) y se pueden mezclar con vidrio de recolección o reciclado para constituir materiales de fabricación de vidrio. El lote de vidrio se puede suministrar o pasar a un horno de vidrio o crisol a través de un cargador de lote o de vidrio 128. El cargador de lote 128 puede estar acoplado al crisol de combustión sumergida 102 en cualquier

ubicación deseada (por ejemplo, la corona 108, una pared lateral 106) y puede tener un orificio de alimentación (por ejemplo, entrada 114) para pasar el lote de vidrio al crisol de combustión sumergida 102 que se va a fundir. En una modalidad específica, un cargador de lote 128 se puede configurar para suministrar un lote de vidrio a través de una entrada 114 que se extiende a través de la corona 108 y hacia el interior del crisol de combustión sumergida 102.

**[0034]** Al menos un deflector 110 (o desescoriador) se puede colocar en el crisol de combustión sumergida 102. Cada deflector 110 puede ser refrigerado por fluido usando vapor, agua u otros fluidos adecuados para la transferencia de calor, o puede no ser refrigerado por fluido, y se puede formar de materiales que son capaces de resistir la erosión y corrosión térmica, química y física. Algunos materiales de ejemplo adecuados pueden incluir metales nobles, por ejemplo, platino y/o rodio. Se apreciará que el o los deflectores 110 pueden comprender otros metales adecuados.

**[0035]** La Figura 1B ilustra una modalidad que muestra una sección transversal del deflector 110 colocado dentro del crisol de combustión sumergida 102. En esta modalidad, el deflector 110 se extiende entre y/o a través de dos paredes laterales 106 y cerca de la corona 108; sin embargo, se apreciará que el deflector 110 se puede configurar de una variedad de maneras (por ejemplo, acoplado y/o colindante a la pared inferior 104, dispuesto equidistante de la pared inferior 104 y la corona 108 y similares). El deflector 110 se muestra con una tapa de extremo 111, ilustrada adicionalmente en la Figura 1C, que está dispuesta en el exterior de una pared lateral 106 y el crisol de combustión sumergida 102. La tapa de extremo 111 se puede configurar para sujetar el deflector 110 a la pared lateral 106. Adicionalmente, la tapa de extremo 111 se puede configurar para proporcionar un depósito de fluido de transferencia de calor, y puede incluir un pasaje de fluido 113 y/o un tubo 115 que puede incluir una entrada de fluido 117a y/o salida 117b o para transportar el fluido de transferencia de calor. Cuando se enfría con fluido, el al menos un deflector 110 se puede configurar para recibir fluido de enfriamiento de al menos una pared lateral 106 enfriada con fluido y/o de la tapa de extremo 111. Como se muestra en la Figura 1C, la tapa de extremo 111 puede incluir una placa 119 (por ejemplo, la pared de extremo del deflector 110) y/o el tubo 115 configurado para transportar el fluido de transferencia de calor. Adicionalmente, el deflector 110 puede incluir una tapa de extremo 111 para un deflector no refrigerado por fluido 110 o para un deflector refrigerado por fluido 110. En la modalidad mostrada en la Figura 1D, el deflector 110 no es refrigerado por fluido e incluye un material refractario 121 (por ejemplo, dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) y similares). En las modalidades que se muestran en las Figuras 1E y 1F, el deflector 11 se enfría con fluido. En esta modalidad, el fluido de transferencia de calor se puede contener y/o ingresar a la tapa de extremo 111 a través de un

pasaje de fluido 113 y viajar a lo largo de una trayectoria (por ejemplo, una ruta serpentina) creada por al menos una pared 123 dispuesta en el deflector 110. El fluido de transferencia de calor luego puede regresar y permanecer dentro de la tapa de extremo 111 y/o puede salir de la tapa de extremo 111 a través de un pasaje de fluido 113. Se apreciará que el o los deflectores 110 refrigerados por fluido y/o no refrigerados por fluido pueden incluir otras configuraciones y disposiciones.

**[0036]** En implementaciones, una serie de deflectores 110 se pueden acoplar a las paredes laterales respectivas 106 y configurarse de modo que el vidrio fundido (por ejemplo, flujo de producto) fluya a través del crisol de combustión sumergida 102 y alrededor de cada deflector 110 en una ruta de flujo ondulada 122. Cada deflector 110 puede o no estar desconectado de la corona 108. En algunos casos, el o los deflectores 110 pueden estar permanentemente acoplados a la o las paredes laterales 106. En algunos casos, el deflector 110 puede ser mecánicamente/manualmente móvil, ajustable y/o reposicionable. Por ejemplo, el ángulo del deflector 110 se puede ajustar con respecto al flujo del vidrio fundido, la pared lateral 106 y/o la pared inferior 104. Se apreciará que cada deflector 110 puede ser móvil y/o reposicionable usando otros medios, tal como con un accionador. En modalidades, el crisol de combustión sumergida 102 puede incluir un conjunto de deflectores 110 que se escalonan entre sí. Los deflectores 110 se pueden escalonar de lado a lado y/o de arriba a abajo, donde la corona 108 se puede colocar en la parte superior, y la pared inferior 104 se puede colocar en la parte inferior.

**[0037]** En la modalidad de ejemplo ilustrada en la Figura 1A, el crisol de combustión sumergida 102 puede incluir una serie de deflectores 110 donde el primer deflector 110 está acoplado a al menos una pared lateral 106 cerca de la entrada 114 y dirige el vidrio fundido para que fluya entre el primer deflector 110 y la pared inferior 104. Un segundo deflector 110 puede estar acoplado a una pared lateral 106 y puede estar acoplado a y/o colindar con la pared inferior 104. El segundo deflector 110 se puede configurar para prohibir el flujo del vidrio fundido entre el segundo deflector 110 y la pared inferior 104, pero en su lugar dirigir el vidrio fundido para que fluya sobre el segundo deflector 110 (por ejemplo, entre el segundo deflector 110 y el espacio cercano a la corona 108). En cada caso donde se configura un deflector para prohibir el flujo del vidrio fundido entre el deflector y la pared inferior 104, el deflector puede o no estar acoplado a la pared inferior 104. Los deflectores adicionales 110 (por ejemplo, un tercer deflector, un cuarto deflector, un quinto deflector, etc.) se pueden escalonar de manera similar de modo que el vidrio fundido fluya en un patrón verticalmente ondulado (por ejemplo, de arriba hacia abajo hacia arriba y así sucesivamente a lo largo del eje verticalmente transversal) entre la entrada 114 y la salida 116 y fluya en general a lo largo

del eje longitudinal como se muestra en el ejemplo de ruta de flujo ondulado 122 indicado en las Figuras 1 y 2. Por ejemplo, un tercer deflector 110 puede estar acoplado a una pared lateral 106 y puede dirigir el vidrio fundido para que fluya entre el tercer deflector 110 y la pared inferior 104, donde el segundo deflector 110 está dispuesto entre el primer deflector 110 y el tercer deflector 110. En el ejemplo que se muestra en la Figura 1A, la salida 116 se coloca debajo de la superficie de vidrio fundido 120, y en el ejemplo que se muestra en la Figura 2, la salida 116 se coloca en la superficie de vidrio fundido 120, aunque se contempla que la salida 116 se puede colocar en otras ubicaciones en el crisol de combustión sumergida 102.

**[0038]** El crisol de combustión sumergida 102 puede incluir una cámara de fusión 112, que se puede dividir en subcámaras de fusión 112a, 112b, 112c, 112d, 112e, 112f, 112g. Cada subcámara de fusión 112a, 112b, 112c, 112d, 112e, 112f, 112g se puede definir por la pared inferior 104, al menos una pared lateral 106, y al menos un deflector 110, donde un lado de las subcámaras de fusión 112a, 112b, 112c, 112d, 112e, 112f, 112g (por ejemplo, cerca de la corona 108) se puede abrir a una única cámara de escape 134 y orificio de escape 118, que se puede configurar para expulsar gases de combustión (por ejemplo, gas de combustión 126). Cada subcámara de fusión respectiva 112a, 112b, 112c, 112d, 112e, 112f, 112g en el crisol de combustión sumergida 102 puede estar abierta y en comunicación fluida con la misma cámara de escape 134 y el orificio de escape 118. En un ejemplo específico, una primera subcámara de fusión 112a se puede definir mediante un primer deflector 110, tres paredes laterales 106 y la pared inferior 104. En este mismo ejemplo, una segunda subcámara de fusión 112b se puede definir por el primer deflector 110, el segundo deflector 110, dos paredes laterales 106 y la pared inferior 104. También se pueden definir subcámaras de fusión adicionales. De esta manera, el vidrio fundido puede fluir a través de la serie de subcámaras de fusión a lo largo de una ruta de flujo ondulante 122 a la salida 116 mientras que el gas de combustión 126 de cada subcámara de fusión 112a, 112b, 112c, 112d, 112e, 112f, 112g sale del crisol de combustión sumergida 102 a través de una única cámara de escape 134 y el orificio de escape 118. En implementaciones, las subcámaras de fusión 112a, 112b, 112c, 112d, 112e, 112f, 112g pueden funcionar con diferentes temperaturas en cada subcámara de fusión. Las diferentes temperaturas se pueden controlar mediante el uso de diferentes quemadores o diferentes números de quemadores para cada subcámara de fusión. En un ejemplo, se puede usar el mismo tipo y cantidad de quemadores, pero con los quemadores funcionando a diferentes velocidades de flujo de gas y oxidante. Algunos ejemplos de temperaturas de la subcámara de fusión pueden incluir 1100-1200 grados Celsius (C), 1200-1300 grados Celsius (C), 1300-1400 grados Celsius (C) y 1400-1500 grados Celsius (C).

**[0039]** Como se ilustra en las Figuras 1 a 6B, el crisol de combustión sumergida 102 puede incluir al menos una salida 116 configurada para retirar y/o drenar vidrio fundido del crisol de combustión sumergida 102, por ejemplo, a una más fina. En implementaciones, la o las salidas 116 pueden extenderse a través de la pared inferior 104 y/o una pared lateral 106. Por ejemplo, la salida 116 se puede colocar y extender a través de una porción de una pared lateral 106 que está por debajo de un nivel de vidrio fundido 120. En otro ejemplo, la salida 116 puede disponerse y extenderse a través de una parte de una pared lateral 106 que está en el mismo nivel que o cerca de un nivel de vidrio fundido 120 (por ejemplo, "nivel de masa fundida"). En algunas modalidades, el crisol de combustión sumergida 102 puede incluir más de una salida 116. Por ejemplo, el crisol de combustión sumergida 102 puede incluir una salida (por ejemplo, una primera salida 130) que está al mismo nivel que un nivel de vidrio fundido 120 y una salida (por ejemplo, una segunda salida 116) que está por debajo del nivel de vidrio fundido 120. En implementaciones, la salida 116 puede disponerse en un lado del crisol de combustión sumergida 102 que está distal de un lado del crisol de combustión sumergida 102 que tiene la entrada 114.

**[0040]** Como se ilustra en las Figuras 1 a 4, un sistema de crisol de combustión sumergida 100 puede incluir un crisol de combustión sumergida 102 y al menos un quemador 124 acoplado a y/o próximo al crisol de combustión sumergida 102. Un quemador 124 se puede configurar para encender gas natural u otro combustible y oxidante (por ejemplo, aire, aire enriquecido con oxígeno, oxígeno) en un baño de material (por ejemplo, lote de vidrio) que se funde dentro del crisol de combustión sumergida 102. En implementaciones, un quemador 124 puede disponerse cerca de la pared inferior 104 y/o al menos una pared lateral 106. Por ejemplo, un sistema de crisol de combustión sumergida 100 puede incluir una serie de quemadores 124 próximos a la pared inferior 104 y correspondientes con una serie de subcámaras de fusión 112a, 112b, 112c, 112d dentro del crisol de combustión sumergida 102. Se contempla que el sistema de crisol de combustión sumergida 100 puede incluir una cantidad de quemadores 124 (por ejemplo, un quemador, dos quemadores, y así sucesivamente) en una variedad de configuraciones. El o los quemadores 124 se pueden configurar para calentar el crisol de combustión sumergida 102 a temperaturas adecuadamente altas para fundir el lote de vidrio (por ejemplo, 1200 a 1600 grados Celsius (C)).

**[0041]** La Figura 2 muestra una modalidad ilustrativa de un sistema de crisol de combustión sumergido 200 y un sistema de crisol de combustión sumergida 202 que incluye una serie de deflectores 210. Esta modalidad es similar en muchos aspectos a la modalidad de la Figura 1A y números similares entre las modalidades en general designan elementos

similares o correspondientes a lo largo de las varias vistas de las figuras de dibujo. Por consiguiente, las descripciones de las modalidades se incorporan entre sí y la descripción de la materia común a las modalidades en general no se puede repetir en la presente.

**[0042]** En las modalidades de ejemplo ilustradas en la Figura 2, el crisol de combustión sumergida 202 puede incluir una serie de deflectores 210 acoplados a al menos una pared lateral 106 y puede extenderse parcialmente por encima de un nivel de masa fundida del vidrio fundido, donde cada deflector puede estar escalonado respectivamente. En las implementaciones, se puede medir un nivel de masa fundida que varía continuamente y se puede determinar un promedio móvil. En otras implementaciones, el nivel de masa fundida se puede determinar colocando el crisol de combustión sumergida 202 en celdas de carga, y el peso del vidrio se puede medir y convertir en un nivel de masa fundida. En un ejemplo, un primer deflector 210 colocado cerca de la entrada 114 puede estar acoplado a una primera pared lateral 106 y una segunda pared lateral 106 opuesta a la primera pared lateral 106 (ver 410 Figuras 5A y 5B), donde el primer deflector 210 dirige vidrio fundido para que fluya solo entre el primer deflector 210 y la pared inferior 104. Un segundo deflector 210 puede disponerse entre el primer deflector 210 y la salida 116 y acoplarse a la primera pared lateral 106, la segunda pared lateral 106 y la pared inferior 104, donde el segundo deflector 210 dirige vidrio fundido para que fluya sobre la parte superior del segundo deflector 210 (por ejemplo, entre el segundo deflector 210 y la corona 108). Los deflectores adicionales 210 (por ejemplo, un tercer deflector, un cuarto deflector, un quinto deflector, etc.) se pueden escalonar de manera similar de modo que el vidrio fundido fluya en un patrón verticalmente ondulado (por ejemplo, de abajo hacia arriba y así sucesivamente a lo largo del eje verticalmente transversal) entre la entrada 114 y la salida 116 y fluya en general a lo largo del eje longitudinal como se muestra por la ruta de flujo ondulada 122 indicada en la Figura 2. El segundo deflector 210 puede disponerse entre el primer deflector 210 y un tercer deflector 210, donde el tercer deflector 210 dirige el vidrio fundido para que fluya solo entre el tercer deflector 210 y la pared inferior 104. Se contempla que el vidrio fundido pueda fluir en una combinación de patrones y/o rutas de flujo. Por ejemplo, se pueden colocar múltiples deflectores 210 de modo que el vidrio fundido pueda fluir simultáneamente a lo largo de un eje verticalmente transversal y en general a lo largo de un eje longitudinal desde la entrada 114 hasta la salida 116. En el ejemplo ilustrado en la Figura 2, el crisol de combustión sumergida 202 puede incluir una salida 116 dispuesta en la superficie de vidrio fundido 120 ("nivel de masa fundida").

**[0043]** Las Figuras 3 y 4 muestran otra modalidad ilustrativa de un sistema de crisol de combustión sumergida 300 y un crisol de combustión sumergida 302 que incluye una serie de deflectores 310. Esta modalidad es similar en muchos aspectos a las modalidades de la

Figura 1 y 2 y números similares entre las modalidades en general designan elementos similares o correspondientes a lo largo de las varias vistas de las figuras de dibujo. Por consiguiente, las descripciones de las modalidades se incorporan entre sí y la descripción de la materia común a las modalidades en general no se puede repetir en la presente.

**[0044]** En las modalidades de ejemplo ilustradas en las Figuras 3 y 4, el sistema de crisol de combustión sumergida 300 y el crisol de combustión sumergida 302 pueden incluir una serie de deflectores 310 acoplados a una pared lateral 106 y se pueden extender parcialmente sobre una superficie de vidrio fundido 120 del vidrio fundido, donde cada deflector 310 se puede escalonar respectivamente. Por ejemplo, un primer deflector 310 dispuesto cerca de la entrada 114 puede estar acoplado a una primera pared lateral 106, donde el primer deflector 310 dirige vidrio fundido para que fluya solo entre el primer deflector 310 y una segunda pared lateral 106 que está opuesta a la primera pared lateral 106. Un segundo deflector 310 se puede colocar entre el primer deflector 310 y la salida 116 y acoplarse a la segunda pared lateral 106, donde el segundo deflector 310 dirige el vidrio fundido para que fluya solo entre el segundo deflector 310 y la primera pared lateral 106. Los deflectores adicionales 310 (por ejemplo, un tercer deflector, un cuarto deflector, un quinto deflector, etc.) se pueden escalonar de manera similar de modo que el vidrio fundido fluya en un patrón ondulado lateralmente (por ejemplo, de lado a lado y así sucesivamente a lo largo del eje lateralmente transversal, horizontalmente ondulado) y fluya entre la entrada 114 y la salida 116 en general a lo largo del eje longitudinal como se muestra por la ruta de flujo ondulado 122 indicada en las Figuras 3 y 4. El segundo deflector 310 puede disponerse entre el primer deflector 310 y un tercer deflector 310, donde el tercer deflector 310 dirige el vidrio fundido para que fluya solo entre el tercer deflector 310 y la segunda pared lateral 106. Se contempla que el vidrio fundido pueda fluir en una combinación de patrones y/o rutas de flujo. Por ejemplo, se pueden colocar múltiples deflectores 310 de modo que el vidrio fundido pueda fluir simultáneamente a lo largo de un eje lateralmente transversal y un eje verticalmente transversal y en general a lo largo de un eje longitudinal desde la entrada 114 hasta la salida 116. En el ejemplo ilustrado en la Figura 3, el crisol de combustión sumergida 302 puede incluir múltiples salidas 116 (por ejemplo, una salida 130 en la superficie de vidrio fundido 120 y una salida 116 debajo de la superficie de vidrio fundido 120).

**[0045]** Las Figuras 5A y 5B muestran otra modalidad ilustrativa de un crisol de combustión sumergido 402 que incluye una serie de deflectores 410. Esta modalidad es similar en muchos aspectos a las modalidades de la Figura 1 hasta 4 y números similares entre las modalidades en general designan elementos similares o correspondientes a lo largo de las varias vistas de las figuras de dibujo. Por consiguiente, las descripciones de las modalidades se incorporan

entre sí y la descripción de la materia común a las modalidades en general no se puede repetir en la presente.

**[0046]** En la modalidad ilustrada en las Figuras 5A y 5B, el crisol de combustión sumergida 402 incluye una serie de deflectores 410 que están dispuestos a lo largo de un eje longitudinal y escalonados a lo largo de un eje verticalmente transversal. La serie de deflectores 410 puede dirigir el flujo de vidrio fundido a lo largo de una ruta de flujo ondulada 122, donde el vidrio fundido fluye entre la parte superior (por ejemplo, corona 108) y la parte inferior (por ejemplo, pared inferior 104) del crisol de combustión sumergida 402 a lo largo de un eje verticalmente transversal y en general fluye a lo largo de un eje longitudinal desde la entrada 114 hasta la salida 116. Por ejemplo, el vidrio fundido puede fluir desde una primera cámara de fusión 112a entre un primer deflector 410 y la pared inferior 104 a una segunda cámara de fusión 112b. Desde la segunda cámara de fusión 112b, el vidrio fundido puede fluir sobre un segundo deflector 410 (por ejemplo, entre el segundo deflector 410 y la corona 108) hacia una tercera cámara de fusión 112c y así sucesivamente hasta que el vidrio fundido alcance la salida 116. La serie de deflectores 410 puede definir una serie de subcámaras de fusión 112a, 112b, 112c que comparten el orificio de escape 118. En esta modalidad, el orificio de escape 118 se puede colocar cerca del centro (por ejemplo, aproximadamente equidistante de la entrada 114 y de la salida 116) de la corona 108.

**[0047]** Las Figuras 6A y 6B muestran otra modalidad ilustrativa de un crisol de combustión sumergido 502 que incluye una serie de deflectores 510. Esta modalidad es similar en muchos aspectos a las modalidades de la Figura 1 hasta 5B y números similares entre las modalidades en general designan elementos similares o correspondientes a lo largo de las varias vistas de las figuras de dibujo. Por consiguiente, las descripciones de las modalidades se incorporan entre sí y la descripción de la materia común a las modalidades en general no se puede repetir en la presente.

**[0048]** En la modalidad ilustrada en las figuras 6A y 6B, el crisol de combustión sumergida 502 incluye la serie de deflectores 510 dispuestos a lo largo de un eje longitudinal y escalonados a lo largo de un eje verticalmente transversal. La serie de deflectores 510 puede dirigir el flujo de vidrio fundido a lo largo de una ruta de flujo ondulada 122, donde el vidrio fundido fluye entre los lados del crisol de combustión sumergida 502 a lo largo de un eje lateralmente transversal y en general fluye a lo largo de un eje longitudinal desde la entrada 114 hasta la salida 116. Por ejemplo, el vidrio fundido puede fluir desde una primera cámara de fusión 112a entre un primer deflector 510 y una primera pared lateral 106 a una segunda cámara de fusión 112b. Desde la segunda cámara de fusión 112b, el vidrio fundido puede fluir entre un segundo deflector 410 y una segunda pared lateral 106 en una tercera cámara

de fusión 112c y así sucesivamente hasta que el vidrio fundido alcance la salida 116. La serie de deflectores 510 define una serie de subcámaras de fusión 112a, 112b, 112c, 112d que se dividen de la cámara de fusión 112, donde las subcámaras de fusión 112a, 112b, 112c, 112d comparten el orificio de escape 118. En esta modalidad, el orificio de escape 118 se coloca cerca del centro (por ejemplo, aproximadamente equidistante de la entrada 114 y de la salida 116) de la corona 108.

**[0049]** De esta manera, se ha descrito un sistema de crisol de combustión sumergida y un sistema de crisol de combustión sumergida para guiar y controlar el flujo de vidrio fundido mientras se proporciona un único sistema de escape que satisface completamente uno o más de los objetos y objetivos establecidos anteriormente. La descripción se ha presentado junto con varias modalidades ilustrativas y se han discutido modificaciones y variaciones adicionales. Otras modificaciones y variaciones se sugerirán fácilmente a los expertos en la técnica en vista del análisis anterior. Por ejemplo, la materia de cada una de las modalidades se incorpora a la presente por referencia en cada una de las otras modalidades, para su conveniencia. Se pretende que la descripción abarque todas las modificaciones y variaciones que se encuentran dentro del espíritu y alcance amplio de las reivindicaciones anexas.