

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 575 579**

51 Int. Cl.:

C03B 37/026 (2006.01)

B21C 37/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.01.2009 E 09700129 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2238086**

54 Título: **Hilos recubiertos de vidrio y procedimientos de producción de los mismos**

30 Prioridad:

03.01.2008 IL 18855908

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.06.2016

73 Titular/es:

**WMT WIRE MACHINE TECHNOLOGIES LTD.
(100.0%)**

**1 Haofe St. P.O.B. 5067
60920 Kadima, IL**

72 Inventor/es:

**ADAR, ELIEZER y
BOLOTINSKY, YURI**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 575 579 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Hilos recubiertos de vidrio y procedimientos de producción de los mismos

Campo

La invención se refiere a la fabricación de hilos recubiertos de vidrio.

5 Antecedentes

Los hilos recubiertos de vidrio generalmente, aunque no necesariamente, constan de un núcleo de metal de diámetro relativamente pequeño (que varía típicamente en diámetro desde 1 μm hasta cualquier diámetro mayor) recubiertos con un recubrimiento de vidrio relativamente delgado de unos pocos micrómetros de grosor. Estos tipos de hilos han encontrado numerosas aplicaciones en los mercados de los hilos, incluyendo mercados de micro-hilos, por ejemplo, en componentes electrónicos miniatura; en etiquetas de seguridad para personal; en etiquetas antirobo para bienes y mercancías; en aplicaciones anti-falsificación así como en hilos de comunicación; y otros similares.

Un procedimiento para el recubrimiento con vidrio de hilos metálicos se describió primero por G. F. Taylor en 1924, y posteriormente mejorado para producción en relativamente gran escala por Ulitovsky en 1948. Generalmente denominado como el proceso Taylor-Ulitovsky, el proceso se basa en el calentamiento de un tubo de vidrio que contiene un metal hasta un punto en el que el metal se funde y el vidrio, que tiene un punto de fusión sustancialmente más alto que el metal, se ablanda a partir del calor aplicado. El vidrio es estirado entonces para formar un tubo capilar con el metal fundido formando un núcleo metálico dentro del tubo. Frecuentemente, se usa inducción electromagnética para calentar el metal hasta la fusión, y se usa el calor del metal para calentar el vidrio hasta que se ablanda y puede ser estirado.

La Publicación de Patente de Estados Unidos n.º 2004/0103690 desvela un dispositivo y proceso que permite el procesamiento continuo de hilos metálicos enfundados en vidrio de considerable longitud. Normalmente una tubería de alimentación que contiene todo el metal necesario, colocada a su vez dentro de un tubo de vidrio, de modo que suministre continuamente una gota a la parte inferior del tubo de vidrio. El calor de un primer inductor alrededor del tubo de vidrio y un segundo inductor bajo el tubo de vidrio permiten mantener la gota a una temperatura estable y de una forma continua y para obtener el proceso de estiramiento continuo de un hilo metálico enfundado en vidrio.

La Patente de Estados Unidos n.º 3.481.390 describe un proceso de preparación de fibras y filamentos de metal compuesto que contienen un recubrimiento protector, en el que el metal y el recubrimiento protector son reactivos bajo las condiciones en las que se forma la fibra compuesta comprendiendo el mantenimiento del tiempo de residencia en el que dicho metal y recubrimiento se funden y están en contacto y reaccionan en menos de 0,5 a 0,002 segundos, mediante lo que se elimina sustancialmente la reacción entre el metal y el recubrimiento protector mediante el mantenimiento de dicho metal fundido fuera del contacto con dicho material de recubrimiento protector fundido hasta justamente antes de que se forme dicha fibra compuesta, y las fibras y filamentos compuestos se formen mediante dicho proceso.

Sumario

Un aspecto de algunas realizaciones de la invención se refiere a proporcionar un procedimiento y aparato para producir un hilo recubierto de vidrio en el que un material del núcleo y un material de vidrio usados para formar el hilo recubierto de vidrio pueden seleccionarse de modo que una temperatura de fusión del material del núcleo y una temperatura de estiramiento del material de vidrio (una temperatura a la que el vidrio puede ser tensado) son independientes entre sí.

En la técnica anterior, el uso del procedimiento de Taylor-Ulitovsky implica la fusión del material del núcleo dentro de un tubo de vidrio. Usando el calor creado por inducción electromagnética, el material del núcleo, por ejemplo metal (o una aleación metálica) se funde y el calor del metal ablanda (funde) el vidrio hasta una temperatura de estiramiento. Esto requiere una coincidencia entre la temperatura de fusión del metal y la temperatura de estiramiento del vidrio. En consecuencia, la viscosidad tecnológica del vidrio necesaria para la fundición del hilo recubierto de vidrio puede conseguirse a una temperatura que es aproximadamente igual a la de la temperatura de fusión del metal, limitando inherentemente una posibilidad de producir hilo recubierto de vidrio a partir de metales de alta temperatura (dado que es difícil elegir tipos de vidrio que tengan una temperatura de estiramiento que coincida con la temperatura de fusión de metales de alta temperatura). Un problema similar existe con la producción de hilos recubiertos de vidrio a partir de metales de baja temperatura, por ejemplo con Pb (plomo) o con Sn (estaño) cuyas temperaturas de fusión, $T_m = 327\text{ °C}$ y $T_m = 232\text{ °C}$, respectivamente, son mucho más bajas en comparación con la temperatura de estiramiento del vidrio (1100 °C).

Como se ha explicado anteriormente, en base al procedimiento de Taylor-Ulitovsky, se fabrican generalmente hilos recubiertos de vidrio usando un tubo de vidrio que contiene un lote metálico que se calienta a una temperatura suficiente para fundir el metal mediante un campo electromagnético de un inductor. El metal fundido ablanda entonces las paredes del tubo de vidrio. Normalmente, el campo magnético del inductor mantiene el metal fundido en el tubo de vidrio en un estado suspendido en una parte media del inductor; denominado "procedimiento de caída

suspendida". Se estira entonces un vidrio capilar desde la parte de vidrio blanda y se envuelve sobre una bobina en rotación. Como resultado se forma el hilo recubierto de vidrio a partir de un "microbaño" que comprende el metal fundido y del vidrio formado en un capilar de vidrio lleno con un núcleo metálico conductor, permitiendo que se forme un hilo recubierto de vidrio continuo.

- 5 Aunque el proceso de Taylor-Ulitovsky puede parecer una técnica inherentemente simple, hay un cierto número de variables interrelacionadas sobre las que se requiere un control cuidadoso, y que pueden plantear limitaciones sobre la producción en masa de hilos recubiertos de vidrio usando el proceso. Un factor importante en la consecución de un proceso estable es una capacidad para mantener un tamaño constante del microbaño. Por ejemplo, para un proceso continuo, se requiere la adición continua de metal usando una materia prima metálica que se suministra al interior de la fusión a una velocidad predeterminada. Adicionalmente, según se gastan el metal y el vidrio se requiere una alimentación de vidrio continua mediante un útil de alimentación en el área del inductor.

10 Al mismo tiempo, se requiere que la temperatura de fusión del metal esté controlada mediante la variación de una posición del metal centro del inductor (bajo otras condiciones iguales), mientras que un diámetro del hilo se controla mediante la variación de la velocidad de estiramiento. Es esencial un control cuidadoso de estas variables dado que una reducción en la velocidad de estiramiento dará como resultado un incremento del diámetro del hilo mientras que un incremento en la velocidad de estiramiento dará como resultado una disminución en el diámetro del hilo. Por ejemplo, un hilo de 20 micras puede requerir una velocidad de estiramiento de aproximadamente 800 m/s, mientras que un hilo de 100 micras puede requerir una velocidad de estiramiento de aproximadamente 10 m/s.

20 De acuerdo con un aspecto de algunas realizaciones de la invención, se proporciona un aparato para producir un hilo recubierto de vidrio, adaptado al aparato para fundir por separado el material del núcleo y ablandar el vidrio para su estiramiento, permitiendo que se use en el hilo recubierto de vidrio un material del núcleo con una temperatura de fusión sustancialmente más alta que la del vidrio. Opcionalmente, la temperatura de fusión del material del núcleo puede ser la misma o sustancialmente más baja en comparación con la del vidrio.

25 En una realización de la invención, el aparato comprende un primer dispositivo de calentamiento que se calienta mediante un primer inductor electromagnético, adaptado el primer dispositivo para fundir el material del núcleo; y que comprende adicionalmente un segundo dispositivo que se calienta mediante un segundo inductor electromagnético, adaptado el segundo dispositivo para ablandar el vidrio para estiramiento. El primer dispositivo puede ser de acero resistente al calor, y se usa para producir el hilo recubierto de vidrio a partir de metales de baja temperatura, por ejemplo, plomo, cobre, aluminio y similares. Dicha tecnología de fusión permite un uso de un intervalo de frecuencias de inductor, desde 0,5 kHz hasta 30 kHz para el primer inductor, por ejemplo, 2 - 10 kHz, proporcionando unas características de energía relativamente superiores para el proceso. Para la preparación del hilo recubierto de vidrio a partir de metales de alta temperatura puede usarse un dispositivo cerámico. El uso del dispositivo cerámico puede ser necesario cuando la temperatura de fusión de los metales de alta temperatura, por ejemplo, platino ($T_m = 1769\text{ }^\circ\text{C}$), es más alta que la temperatura de operación del dispositivo fabricado a partir de acero de alta resistencia al calor. En este caso el calentamiento puede realizarse con un intervalo de frecuencias de 30 - 800 kHz, por ejemplo, 66 - 500 kHz.

40 El material del núcleo fundido circula (como una corriente o gotas, dependiendo de los requisitos de producción) desde el primer dispositivo al segundo dispositivo. El segundo dispositivo, que puede fabricarse de acero resistente al calor, se adapta adicionalmente para permitir que el material del núcleo fundido combine con el vidrio ablandado formando un hilo recubierto de vidrio. El hilo recubierto de vidrio (tubo capilar de vidrio lleno con el núcleo fundido) puede entonces estirarse desde el segundo dispositivo para refrigeración y procesamiento posterior según se requiera para la producción del hilo recubierto de vidrio (por ejemplo, enrollado). Una alimentación continua de material del núcleo dentro del primer dispositivo y de material de vidrio dentro del segundo dispositivo puede permitir una producción continua del hilo recubierto de vidrio.

45 Un sistema, que comprende el aparato anteriormente descrito, comprende también un dispositivo de refrigeración para la refrigeración del hilo recubierto de vidrio estirado. El dispositivo de refrigeración, que puede incluir un tanque con un líquido de refrigeración, está adaptado para proporcionar al hilo recubierto de vidrio estirado un entorno estable, no turbulento de refrigeración, en lugar de pasar a través de una corriente de refrigeración inestable y turbulenta como es común en la técnica. Como resultado, se aplica una refrigeración uniforme a todos los lados del hilo recubierto de vidrio, y puede conseguirse un recubrimiento de vidrio uniforme y sin distorsiones. Se obtiene para el hilo recubierto de vidrio una sección transversal uniforme esencialmente circular.

55 El aparato comprende una salida adaptada para combinar el material del núcleo fundido con el material de vidrio calentado para formar un hilo que comprende material de núcleo fundido recubierto con vidrio. En algunas realizaciones de la invención, el aparato comprende además al menos un inductor electromagnético adaptado para calentar el al menos un dispositivo de calentamiento. Opcionalmente, al menos un dispositivo de calentamiento comprende un metal resistente al calor. Adicional o alternativamente, al menos un dispositivo de calentamiento comprende una cerámica resistente al calor. El material del núcleo se suministra continuamente hacia el al menos un dispositivo de calentamiento. El material de vidrio se suministra continuamente hacia el al menos un dispositivo de calentamiento.

5 El aparato comprende un tubo conductor adaptado para conducir el flujo de material del núcleo fundido desde el primer dispositivo al segundo dispositivo. Opcionalmente, el flujo de material del núcleo fundido es una corriente. Adicional o alternativamente, el flujo de material del núcleo fundido comprende gotas cayendo. El segundo dispositivo comprende una primera zona adaptada para contener el material del núcleo fundido. El segundo dispositivo comprende una segunda zona adaptada para contener el material de vidrio calentado.

10 Se proporciona, de acuerdo con una realización de la invención, un procedimiento de producción de un hilo recubierto de vidrio, comprendiendo el procedimiento independientemente, el calentamiento de un material del núcleo hasta una temperatura de fusión del mismo y el calentamiento del material de vidrio a una temperatura de estiramiento del mismo; y la combinación del material del núcleo fundido con el material de vidrio calentado para formar un hilo que comprende material de núcleo fundido recubierto con vidrio. Opcionalmente, el procedimiento comprende adicionalmente el calentamiento de modo independiente por inducción electromagnética. El procedimiento comprende el suministro de modo continuo del material del núcleo. El procedimiento comprende adicionalmente el suministro de modo continuo del material de vidrio.

15 El procedimiento comprende el calentamiento del material del núcleo en un primer dispositivo de calentamiento, y el calentamiento del material de vidrio en un segundo dispositivo de calentamiento. Opcionalmente, el primer dispositivo y/o el segundo dispositivo comprenden un metal resistente al calor. Opcionalmente, el primer dispositivo y/o el segundo dispositivo comprenden una cerámica resistente al calor. El procedimiento comprende además la conducción del flujo de material del núcleo fundido desde el primer dispositivo al segundo dispositivo. Opcionalmente, el flujo de material del núcleo fundido es una corriente. Opcionalmente, el flujo de material del núcleo fundido comprende gotas cayendo. El procedimiento comprende la contención del material del núcleo fundido en una primera zona en el segundo dispositivo. El procedimiento comprende la contención del material de vidrio calentado en una segunda zona en el segundo dispositivo.

25 Es posible implementar un sistema de producción de hilo recubierto de vidrio, comprendiendo el sistema un aparato de producción de un hilo recubierto de vidrio, comprendiendo el aparato al menos un dispositivo de calentamiento adaptado para, independientemente, calentar un material del núcleo hasta una temperatura de fusión del mismo y calentar un material de vidrio hasta una temperatura de estiramiento del mismo; y un dispositivo de refrigeración para refrigerar el hilo recubierto de vidrio. Opcionalmente, el dispositivo de refrigeración comprende un tanque lleno con un líquido. Opcionalmente, el dispositivo de refrigeración comprende además al menos una polea en el interior del tanque alrededor de la que pasa el hilo recubierto de vidrio. Adicional o alternativamente, el dispositivo de refrigeración comprende además al menos una polea en el exterior del tanque alrededor de la que pasa el hilo recubierto de vidrio.

30 El sistema comprende una salida adaptada para combinar el material del núcleo fundido con el material de vidrio calentado para formar un hilo que comprende material del núcleo fundido recubierto con vidrio. El sistema comprende además al menos un inductor electromagnético adaptado para calentar el al menos un dispositivo de calentamiento. Opcionalmente, el al menos un dispositivo de calentamiento comprende un metal resistente al calor. Adicional o alternativamente, el al menos un dispositivo de calentamiento comprende una cerámica resistente al calor. El material del núcleo se suministra continuamente para el al menos un dispositivo de calentamiento. El material de vidrio se suministra continuamente para el al menos un dispositivo de calentamiento.

35 El sistema comprende un primer dispositivo de calentamiento adaptado para calentar el material del núcleo hasta una temperatura de fusión del mismo, y un segundo dispositivo de calentamiento adaptado para calentar el material de vidrio hasta una temperatura de estiramiento del mismo. El sistema comprende además un tubo de conducción adaptado para conducir el flujo de material del núcleo fundido desde el primer dispositivo al segundo dispositivo. Opcionalmente, el flujo de material del núcleo fundido es una corriente. Adicional o alternativamente, el flujo de material del núcleo fundido comprende gotas cayendo. El segundo dispositivo comprende una primera zona adaptada para contener el material del núcleo fundido. El segundo dispositivo comprende una segunda zona adaptada para contener el material de vidrio calentado.

40 En algunas realizaciones de la invención, el material del núcleo comprende un metal, una aleación metálica, un semiconductor elemental, un compuesto semiconductor no cerámico, o polvo cerámico, o cualquier combinación de los mismos. Adicional o alternativamente, el material del núcleo se conforma como una varilla, una barra, o un hilo. Opcionalmente, el material de vidrio comprende silicato alcalino, borosilicato, aluminosilicato, cuarzo, sílice, cal-sosa, plomo, o cualquier combinación de los mismos. Adicional o alternativamente, el material de vidrio comprende una forma de polvo de vidrio, una bola de vidrio, o un tubo de vidrio.

Opcionalmente, el hilo metálico recubierto de vidrio comprende una sección transversal esencialmente circular.

45 El primer dispositivo puede adaptarse para ser calentado a una primera temperatura, adaptada la primera temperatura para fundir un material del núcleo; adaptado el segundo dispositivo para ser calentado a una segunda temperatura, adaptada la segunda temperatura para llevar a un material de vidrio a una temperatura de estiramiento; y adaptada la salida para combinar el material del núcleo fundido con el material de vidrio calentado para formar un hilo que comprende material del núcleo fundido recubierto con vidrio. Opcionalmente, la primera temperatura es mayor que o igual a la segunda temperatura. Opcionalmente, la primera temperatura es menor que la segunda

temperatura. Opcionalmente; el aparato comprende además un primer inductor electromagnético adaptado para calentar el primer dispositivo. Opcionalmente, el aparato comprende además un segundo inductor electromagnético adaptado para calentar el segundo dispositivo. Adicional o alternativamente, el material del núcleo se suministra continuamente al primer dispositivo. Opcionalmente, el material de vidrio se suministra continuamente al segundo dispositivo. Opcionalmente, el primer dispositivo y/o el segundo dispositivo comprenden un metal resistente al calor. Opcionalmente, el primer dispositivo y/o el segundo dispositivo comprenden una cerámica resistente al calor. El aparato comprende además un tubo de conducción adaptado para conducir el flujo de material del núcleo fundido desde el primer dispositivo al segundo dispositivo. Opcionalmente, el flujo de material del núcleo fundido es una corriente. Opcionalmente, el flujo de material del núcleo fundido comprende gotas cayendo. El segundo dispositivo comprende una primera zona adaptada para contener el material del núcleo fundido. El segundo dispositivo comprende una segunda zona adaptada para contener el material de vidrio calentado.

Un sistema de producción de un hilo recubierto de vidrio puede comprender un aparato de producción de un hilo recubierto de vidrio, comprendiendo el aparato un primer dispositivo adaptado para ser calentado a una primera temperatura, adaptada la primera temperatura para fundir un material del núcleo; un segundo dispositivo adaptado para ser calentado a una segunda temperatura, adaptada la segunda temperatura para llevar a un material de vidrio a una temperatura de estiramiento; adaptada la salida para combinar el material del núcleo fundido con el material de vidrio calentado para formar un hilo que comprende material del núcleo fundido recubierto con vidrio; y un dispositivo de refrigeración para refrigerar el hilo recubierto de vidrio. Opcionalmente, el dispositivo de refrigeración comprende un tanque lleno con un líquido. Opcionalmente, el dispositivo de refrigeración comprende además al menos una polea en el interior del tanque alrededor de la que pasa el hilo recubierto de vidrio. Adicional o alternativamente, el dispositivo de refrigeración comprende además al menos una polea en el exterior del tanque alrededor de la que pasa el hilo recubierto de vidrio. Opcionalmente, la primera temperatura es mayor que o igual a la segunda temperatura. Opcionalmente, la primera temperatura es menor que la segunda temperatura. Opcionalmente, el aparato comprende además un primer inductor electromagnético adaptado para calentar el primer dispositivo. Opcionalmente, el aparato comprende además un segundo inductor electromagnético adaptado para calentar el segundo dispositivo. Adicional o alternativamente, el material del núcleo se suministra continuamente al primer dispositivo. Opcionalmente, el material de vidrio se suministra continuamente al segundo dispositivo. Opcionalmente, el primer dispositivo y/o el segundo dispositivo comprenden un metal resistente al calor. Opcionalmente, el primer dispositivo y/o el segundo dispositivo comprenden una cerámica resistente al calor. El aparato comprende un tubo de conducción adaptado para conducir material del núcleo fundido desde el primer dispositivo al segundo dispositivo. Opcionalmente, el flujo de material del núcleo fundido es una corriente. Opcionalmente, el flujo de material del núcleo fundido comprende gotas cayendo. El segundo dispositivo comprende una primera zona adaptada para contener el material del núcleo fundido. El segundo dispositivo comprende una segunda zona adaptada para contener el material de vidrio calentado.

En algunas realizaciones de la invención, el material de vidrio comprende una forma de polvo de vidrio, una bola de vidrio, o un tubo de vidrio. Opcionalmente, el material de vidrio comprende un silicato alcalino, borosilicato, aluminosilicato, cuarzo, sílice, sosa-cal, plomo, o cualquier combinación de los mismos.

En algunas realizaciones de la invención, el material del núcleo se conforma como una varilla, una barra o un hilo. Opcionalmente, el material del núcleo comprende un metal, una aleación metálica, un semiconductor elemental, un compuesto semiconductor no cerámico, o polvo cerámico, o cualquier combinación de los mismos.

Se proporciona, de acuerdo con una realización de la invención, un procedimiento de producción de un hilo recubierto de vidrio, comprendiendo el procedimiento el calentamiento de un primer dispositivo que contiene un material del núcleo hasta una primera temperatura, fundiendo de ese modo el material del núcleo; calentamiento del segundo dispositivo que contiene un material de vidrio a una segunda temperatura, llevando de ese modo al material de vidrio a una temperatura de estiramiento; y la combinación del material del núcleo fundido con el material de vidrio calentado para formar un hilo que comprende material del núcleo fundido recubierto con vidrio. Opcionalmente, la primera temperatura es mayor que o igual a la segunda temperatura. Opcionalmente, la primera temperatura es menor que la segunda temperatura. Adicional o alternativamente, el procedimiento comprende además el calentamiento del primer dispositivo con un primer inductor electromagnético. Opcionalmente, el procedimiento comprende además el calentamiento del segundo dispositivo con un segundo inductor electromagnético. El procedimiento comprende el suministro continuamente del material del núcleo al primer dispositivo. El procedimiento comprende el suministro continuamente de material de vidrio al segundo dispositivo. Adicional o alternativamente, el primer dispositivo y/o el segundo dispositivo comprenden un metal resistente al calor. Opcionalmente, el primer dispositivo y/o el segundo dispositivo comprenden una cerámica resistente al calor. El procedimiento comprende la conducción del flujo de material del núcleo fundido desde el primer dispositivo al segundo dispositivo. Opcionalmente, el flujo de material del núcleo fundido es una corriente. Opcionalmente, el flujo de material del núcleo fundido comprende gotas cayendo. El procedimiento comprende la contención del material del núcleo fundido en una primera zona en el segundo dispositivo. El procedimiento comprende la contención del material de vidrio calentado en una segunda zona en el segundo dispositivo.

En algunas realizaciones de la invención, el procedimiento comprende además la conformación del material del núcleo como una varilla, una barra o un hilo. Opcionalmente, el material del núcleo comprende metal, una aleación metálica, un semiconductor elemental, un compuesto semiconductor no cerámico, o polvo cerámico, o cualquier

combinación de los mismos.

En algunas realizaciones de la invención, el procedimiento comprende además la formación del material de vidrio en polvo de vidrio, una bola de vidrio, o un tubo de vidrio. Opcionalmente, el material de vidrio comprende silicato alcalino, borosilicato, aluminosilicato, cuarzo, sílice, sosa-cal, plomo o cualquier combinación de los mismos.

- 5 Opcionalmente, el hilo metálico recubierto de vidrio puede comprender una sección transversal esencialmente circular.

Breve descripción de las figuras

10 Se describen a continuación ejemplos ilustrativos de realizaciones de la invención con referencia a las figuras adjuntas a los mismos. Las figuras, estructuras, elementos o partes idénticos que aparecen en más de una figura se etiquetan en general con el mismo número en todas las figuras en las que aparecen. Las dimensiones de los componentes y características mostradas en las figuras se eligen generalmente por conveniencia y claridad de presentación y no están necesariamente mostradas a escala. Las figuras se listan a continuación.

La Fig. 1 ilustra esquemáticamente un aparato ejemplar de producción de un hilo recubierto de vidrio, de acuerdo con una realización de la invención;

15 la Fig. 2 ilustra esquemáticamente un aparato ejemplar de producción de un hilo recubierto de vidrio;

la Fig. 3 ilustra esquemáticamente un sistema ejemplar de producción de un hilo recubierto de vidrio con una sección transversal esencialmente circular; y

la Fig. 4 ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento de producción de hilo recubierto de vidrio, de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada

20 Se hace referencia a la Fig. 1, que esquemáticamente ilustra un aparato 10 ejemplar de producción de un hilo 19 recubierto de vidrio, de acuerdo con una realización de la invención. El aparato 10 está adaptado para producir un hilo recubierto de vidrio que comprende un material del núcleo con una temperatura de fusión y un material de vidrio con una temperatura de estiramiento, que son independientes entre sí. El aparato 10 comprende un primer dispositivo 14, que se calienta mediante un primer inductor 15 electromagnético, adaptado el primer dispositivo para fundir un material 13 del núcleo, que se suministra al interior del dispositivo, por ejemplo, continuamente. El aparato 10 comprende además un segundo dispositivo 17 que se calienta mediante un segundo inductor 18 electromagnético, adaptado el segundo dispositivo para fundir (ablandar) un material 11 de vidrio suministrado al interior del dispositivo, por ejemplo, continuamente, para el estiramiento como un tubo capilar. De acuerdo con una realización de la invención, el suministro continuo del material 13 del núcleo al interior del primer dispositivo 14 y del material 11 de vidrio al interior del segundo dispositivo 17, permiten una producción continua de un hilo recubierto de vidrio. El primer dispositivo 14 y el primer inductor 15 pueden incluirse como parte de un primer horno de calentamiento por inducción; y el segundo dispositivo 17 y el segundo inductor 18, pueden incluirse como parte del segundo horno de calentamiento por inducción.

35 El término "continuo" o "producción continua" puede referirse a, de acuerdo con algunas realizaciones, un proceso que produce una longitud requerida de hilo (tal como un hilo recubierto de vidrio) sin necesidad de conectar dos o más elementos de un hilo para formar la longitud de hilo requerida. El término "continuo" o "producción continua" puede referirse también, de acuerdo con algunas realizaciones, a un proceso que puede producir una longitud requerida de un hilo (tal como un hilo recubierto de vidrio) siempre que se estén suministrando al interior del sistema el material del núcleo y el material de vidrio.

40 El término "dispositivo", que puede también denominarse como un "dispositivo de calentamiento", puede referirse a, de acuerdo con algunas realizaciones, cualquier equipo o parte de un equipo que pueda calentarse y/o generar calor, por ejemplo, un crisol, caldera, horno, sistema de calentamiento, y similares.

45 El primer dispositivo 14 puede ser de acero resistente al calor y puede usarse para la producción de hilo recubierto de vidrio a partir de metales de baja temperatura, por ejemplo, plomo, cobre, aluminio y similares. Dicha tecnología de fusión permite el uso de una frecuencia de inductor variable desde 0,5 - 30 kHz, por ejemplo, desde 2 kHz hasta 10 kHz para el primer inductor 15, proporcionando características energéticas relativamente superiores para el proceso. Para la preparación del hilo recubierto de vidrio a partir de metales de alta temperatura el primer dispositivo 15 puede ser un dispositivo de cerámica resistente al calor. El uso del dispositivo de cerámica puede ser necesario cuando la temperatura de fusión de los metales de alta temperatura, por ejemplo, platino ($T_m = 1769\text{ }^\circ\text{C}$), es más alta que la temperatura de operación del dispositivo fabricado de acero resistente al calor. En este caso, el calentamiento puede realizarse dentro de un intervalo de frecuencia de 30 - 800 kHz, por ejemplo, 66 - 500 kHz.

55 El material 13 del núcleo puede comprender cualquier forma adaptada para ser recibida por el primer dispositivo 14, por ejemplo, forma de varilla, forma de hilo, forma de barra y similares, y puede ser de una longitud continua u opcionalmente, de longitud limitada. Un diámetro de un material 13 del núcleo con forma de varilla puede variar desde 0,1 mm - 15 mm, por ejemplo, desde 0,1 mm - 1 mm, 1 mm - 2 mm, 2 mm - 6 mm, 6 mm - 8 mm, 8 mm - 12 mm, 12 mm - 15 mm. De acuerdo con una realización de la invención, el material 13 del núcleo puede ser

cualquier metal, aleación metálica, semiconductor elemental, compuestos semiconductores no cerámicos o superconductores de base metálica, con temperaturas de fusión mayores que las del vidrio. Opcionalmente, el material 13 del núcleo puede tener una temperatura de fusión igual o menor que el vidrio. Ejemplos de metales pueden incluir cobre, oro, plata, titanio, platino, rodio, hierro, plomo, níquel, aleaciones de estos metales y similares. Ejemplos de semiconductores pueden incluir silicio (Si), germanio (Ge) y similares. Ejemplos de compuestos semiconductores no cerámicos pueden incluir antimonio de galio (GaSb) y antimonio de indio (InSb).

De acuerdo con algunas realizaciones de la invención, el material 16 del núcleo fundido producido en el primer dispositivo 14 mediante la fusión del material 13 del núcleo, fluye al exterior del primer dispositivo, a través de un tubo 101 de conducción (opcionalmente térmicamente aislado) que une el primer dispositivo con el segundo dispositivo 17, al interior de la primera zona que comprende una cavidad 162 en el segundo dispositivo. El flujo de material 16 del núcleo fundido desde el primer dispositivo 14 al interior del segundo dispositivo 17 puede estar en la forma de una corriente continua o unas gotas en caída continua, dependiendo de los requisitos de producción. Opcionalmente, el flujo puede ser intermitente (detenerse tras un período de tiempo).

El segundo dispositivo 17, que puede estar fabricado de acero resistente al calor, está adaptado adicionalmente para permitir que el material 16 del núcleo fundido se combine con el vidrio 12 ablandado formando un hilo recubierto de vidrio. El material 11 de vidrio, que puede estar en la forma de un polvo de vidrio, bolas de vidrio, tubos de vidrio y similares, puede suministrarse, por ejemplo, continuamente, al interior de la segunda zona que comprende una cavidad 160 en embudo en el segundo dispositivo 17. El material 11 de vidrio puede comprender, por ejemplo, cuarzo, sílice, silicato alcalino, sosa-cal, borosilicato, aluminosilicato, plomo o una combinación de los mismos. El material 11 de vidrio se funde en vidrio 12 ablandado mediante el calor generado en el segundo dispositivo 17 por el segundo inductor 18, conformando el vidrio ablandado como un embudo en el interior de la cavidad 160 de embudo con un pequeño orificio en una salida 161.

El vidrio 12 ablandado fluye entonces (o es estirado) desde el segundo dispositivo 17 a través de la salida 161, adaptada la salida para combinar el material 16 del núcleo fundido con el vidrio 12 ablandado que se tensa en un tubo capilar en la salida, formando el hilo 19 recubierto de vidrio. Un tamaño de la salida 161 depende de un diámetro requerido del hilo 19 recubierto de vidrio, por ejemplo, tal como puede ser ordenado por un usuario final del hilo. El tamaño puede estar limitado por una tensión superficial del vidrio 12 ablandado a una condición de viscosidad que puede permitir el control del flujo del vidrio ablandado y/o del metal 16 fundido. Puede usarse un vacío para mejorar las condiciones de tensión superficial, y puede permitirse un tamaño de salida mayor, por ejemplo, un diámetro de 5 mm.

Se hace referencia a la Fig. 2, que ilustra esquemáticamente un aparato 20 ejemplar de producción de un hilo 29 recubierto de vidrio. El aparato 20 comprende un dispositivo 27 que se calienta mediante un inductor 28 electromagnético, adaptado el dispositivo para producir un hilo 29 recubierto de vidrio a partir de un material 23 del núcleo y un material 21 de vidrio que comprenden una temperatura de fusión y temperatura de estiramiento similares (próximas), respectivamente. El interruptor 28 y el dispositivo 27, que comprenden una cavidad 262 (primera zona), cavidad 260 de embudo (segunda zona) y una salida 261, pueden ser similares al segundo inductor 18 y segundo dispositivo 17 mostrados en la Fig. 1, incluyendo la cavidad 162, cavidad 160 de embudo, y salida 161, respectivamente. El material 21 de vidrio puede ser el mismo que el mostrado en la Fig. 1 en 11.

De acuerdo con una realización de la invención, el material 23 del núcleo que puede conformarse de modo similar al material 13 del núcleo de la Fig. 1 se coloca en la cavidad 262 donde puede fundirse en material 26 del núcleo fundido mediante la conductividad térmica desde la fusión del material 21 de vidrio en vidrio 22 ablandado. El vidrio 22 ablandado fluye (o es estirado) desde el dispositivo 27 a través de la salida 261, combinando el material del núcleo fundido con vidrio 22 ablandado cuando se tensa en un tubo capilar en la salida, formando el hilo 29 recubierto de vidrio.

Se hace referencia a la Fig. 3, que ilustra esquemáticamente un sistema 30 ejemplar de producción de un hilo 32 recubierto de vidrio con una sección transversal esencialmente circular. El sistema 30 comprende un aparato 31 de producción de hilo recubierto de vidrio y un dispositivo 35 de refrigeración para refrigerar un tubo capilar estirado lleno con el material del núcleo fundido (hilo 32 recubierto de vidrio). El dispositivo 35 de refrigeración, que puede incluir un tanque con un líquido de refrigeración, está adaptado para proporcionar al hilo 32 recubierto de vidrio estirado un entorno de refrigeración estable, no turbulento, en lugar de pasar a través de una corriente de refrigeración inestable y turbulenta como es común en la técnica. Como resultado, se aplica una refrigeración uniforme a todos los lados del hilo 32 recubierto de vidrio, y puede conseguirse un recubrimiento de vidrio uniforme y sin distorsiones. Se obtiene una sección transversal uniforme esencialmente circular para el hilo 32 recubierto de vidrio. El aparato 31 y el hilo 32 recubierto de vidrio pueden ser iguales o sustancialmente similares a los mostrados en la Fig. 1 en 10 y 19, respectivamente. Opcionalmente, el aparato 31 y el hilo 32 recubierto de vidrio pueden ser iguales o sustancialmente similares a los mostrados en la Fig. 2 en 20 y 29.

El sistema 30 comprende adicionalmente al menos una polea 36 en el interior del tanque 35, y al menos una polea 33 en el exterior del tanque 35, adaptadas las poleas para permitir que el hilo 32 recubierto de vidrio sea tensado a través del tanque 35 de refrigeración a una velocidad constante según es bobinado, manteniendo de ese modo una velocidad de refrigeración uniforme a lo largo de una longitud del hilo recubierto de vidrio. Adicionalmente está

comprendida una línea 34 de entrada de líquido adaptada para permitir un flujo de líquido de refrigeración dentro del tanque 35, tal como puede requerirse para mantener unos niveles apropiados de la temperatura del líquido de refrigeración dentro del tanque. El líquido de refrigeración puede incluir cualquier líquido adecuado para la refrigeración del hilo 32 recubierto de vidrio y puede incluir, por ejemplo, agua, aceite, alcohol, emulsiones y similares.

Se hace referencia a la Fig. 4, que ilustra esquemáticamente un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento ejemplar de producción de un hilo recubierto de vidrio con el aparato 10 mostrado en la Figura 1, de acuerdo con una realización de la invención. El procedimiento ejemplar descrito no se pretende que sea imitativo en ninguna forma o manera, y los expertos en la materia pueden apreciar que son posibles variaciones en la implementación del procedimiento.

[Etapa 41] En una primera etapa del procedimiento, la temperatura del primer dispositivo 14 puede calentarse hasta una temperatura de fusión del material 13 del núcleo. El primer inductor 15 electromagnético se energiza de modo que provoque el calentamiento del primer dispositivo. De modo similar, la temperatura del segundo dispositivo 17 debe calentarse hasta una temperatura de estiramiento del material 11 de vidrio. El segundo inductor 18 electromagnético se energiza de modo que provoque el calentamiento del segundo dispositivo.

[Etapa 42] En una segunda etapa del procedimiento y a continuación de que el primer dispositivo 14 y el segundo dispositivo 17 alcancen las temperaturas requeridas, respectivamente, el material 13 del núcleo se suministra al interior del primer dispositivo y el material 11 de vidrio se suministra al interior de la cavidad 160 de embudo en el segundo dispositivo. El suministro del material del núcleo y del material de vidrio puede ser continuo de modo que se considera una producción continua del hilo 19 recubierto de vidrio. Opcionalmente, el suministro de los materiales puede ser de una duración limitada.

[Etapa 43] En una tercera etapa del procedimiento, el material 13 del núcleo se funde en el primer dispositivo 14 en material 16 del núcleo fundido, y el material 11 de vidrio se funde en vidrio 12 ablandado.

[Etapa 44] En una cuarta etapa del procedimiento, el material 16 del núcleo fundido fluye al interior de la cavidad 162 en el segundo dispositivo 17. El flujo de material del núcleo fundido puede estar en una corriente desde una salida en el primer dispositivo 14 a través de un conducto al interior de la cavidad. Opcionalmente, el flujo puede ser como gotas. El flujo del núcleo fundido puede ser continuo, o intermitente, variando de acuerdo con los requisitos de producción.

[Etapa 45] En una quinta etapa del procedimiento, el vidrio 12 fundido fluye (o es estirado) desde el dispositivo 17 a través de la salida 161, y se combina con el material 16 del núcleo fundido que fluye desde la cavidad 162 cuando el vidrio ablandado se tensa en un tubo capilar en la salida.

[Etapa 46] En una sexta etapa del procedimiento, el hilo 19 recubierto de vidrio en la forma de un tubo capilar de vidrio con material del núcleo fundido en el interior es estirado desde el segundo dispositivo 17 para refrigeración.

En la descripción y reivindicaciones de realizaciones de la presente invención, cada una de las palabras, "comprende", "incluye" y "tiene", y formas de las mismas, no están limitadas necesariamente a elementos en una lista con las que puedan asociarse las palabras.

La invención se ha descrito usando varias descripciones detalladas de realizaciones de la misma que se proporcionan a modo de ejemplo y no se pretende que limiten el alcance de la invención. Las realizaciones descritas pueden comprender diferentes características, no todas las cuales se requieren en todas las realizaciones de la invención. Algunas realizaciones de la invención utilizan solo algunas de las características o combinaciones posibles de las características. Se les ocurrirán a los expertos en la materia variaciones de realizaciones de la invención que se ha descrito y realizaciones de la invención que comprenden diferentes combinaciones de características observadas en las realizaciones descritas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato (10) de producción de un hilo (19) recubierto de vidrio, comprendiendo el aparato:

5 primer y segundo dispositivos de calentamiento, estando adaptado el primer dispositivo (14) de calentamiento para calentar el material del núcleo de metal hasta una temperatura de fusión del mismo, y estando adaptado el segundo dispositivo (17) de calentamiento para calentar separada e independientemente el material (11) de vidrio hasta una temperatura de estiramiento del mismo;

estando adaptado dicho primer dispositivo (14) de calentamiento para recibir independientemente un suministro continuo de dicho material de núcleo y para hacer fluir partes del núcleo de metal fundido a través de un tubo (101) de conducción a dicho segundo dispositivo (17) de calentamiento;

10 comprendiendo dicho segundo dispositivo (17) de calentamiento una primera y segunda zonas físicamente separadas, comprendiendo cada una, una cavidad, estando adaptada una primera cavidad de la zona (162) en dicha primera zona para recibir a través de dicho tubo (101) una parte del material del núcleo metálico fundido desde dicho primer dispositivo (14) de calentamiento, y hacer fluir el núcleo fundido hacia una salida (161) de dicho segundo dispositivo (17) de calentamiento, mientras mantiene y contiene dicha parte del núcleo fundido en su estado fundido en su interior y una cavidad (160) con forma de embudo en dicha segunda zona, estando adaptada dicha cavidad con forma de embudo para recibir independientemente un suministro continuo de dicho material (11) de vidrio, calentarlo mediante dicho segundo dispositivo de calentamiento hasta la temperatura de estiramiento y dirigir el material de vidrio ablandado hacia dicha salida (161), mientras se conforma el material de vidrio ablandado como un embudo con un orificio central para recibir el núcleo fundido desde la primera cavidad de zona; y

20 estando adaptada dicha salida (161) del segundo dispositivo (17) de calentamiento para combinar el flujo del material del núcleo fundido desde la primera cavidad (162) de la zona del segundo dispositivo (17) de calentamiento con el material de vidrio ablandado con forma de embudo desde la cavidad (160) con forma de embudo mediante el flujo del núcleo del metal fundido al interior del orificio central formado en el vidrio ablandado con forma de embudo en dicha salida (161), para permitir de ese modo el estiramiento continuo de un tubo capilar de vidrio tensado lleno con el material del núcleo fundido a través de dicha salida (161).

2. El aparato de la reivindicación 1 en el que el tubo (101) de conducción está aislado térmicamente.

3. El aparato de la reivindicación 1 o 2 que comprende un dispositivo (35) de refrigeración configurado para aplicar una refrigeración uniforme a todos los lados del tubo capilar de vidrio estirado mediante su paso a través de un líquido de refrigeración.

4. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes en el que el material del núcleo fundido que fluye a través del tubo (101) desde el primer dispositivo (14) de calentamiento al segundo dispositivo (17) de calentamiento está en forma de corriente o gotas en caída, continua, o intermitente.

5. El aparato de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende al menos un inductor (15/18) electromagnético adaptado para calentar al menos uno de dicho primer dispositivo (14) de calentamiento y dicho segundo dispositivo (17) de calentamiento.

6. Un procedimiento de producción de un hilo recubierto de vidrio, comprendiendo el procedimiento:

40 proporcionar un primer y un segundo dispositivos de calentamiento (14, 17), que están físicamente separados para permitir de ese modo calentar independiente y separadamente materiales del núcleo metálico y de vidrio en el primer y segundo dispositivos de calentamiento a sus temperaturas de fusión y de estiramiento respectivas; suministrar continua e independientemente un material del núcleo metálico dentro de dicho primer dispositivo (14) de calentamiento y suministrar continua e independientemente un material (11) de vidrio dentro de una cavidad (160) de embudo en dicho segundo dispositivo (17) de calentamiento, calentando de ese modo el material (16) del núcleo metálico hasta la temperatura de fusión del mismo en dicho primer dispositivo (14) de calentamiento y calentar el material (11) de vidrio hasta la temperatura de estiramiento del mismo en la cavidad de embudo del segundo dispositivo (17) de calentamiento para de ese modo conformarlo como un embudo con un orificio central;

50 verter el material del núcleo fundido desde dicho primer dispositivo (14) de calentamiento al interior de la cavidad (162) de la primera zona en el segundo dispositivo (17) de calentamiento, estando dicha cavidad de la primera zona físicamente separada de dicha cavidad (160) de embudo en la que el vidrio está siendo ablandado y conformado como el embudo con el orificio central;

hacer fluir el material (16) del núcleo fundido desde la cavidad (162) de la primera zona y el vidrio ablandado conformado como embudo desde la cavidad (160) de embudo, hacia una salida (161) del segundo dispositivo (17) de calentamiento;

55 en dicha salida (161), combinar de modo continuo un flujo del material del núcleo fundido desde la cavidad (162) de la primera zona con el material (12) de vidrio ablandado desde la cavidad (160) de embudo del segundo dispositivo (17) de calentamiento, mediante el flujo del núcleo (16) fundido desde la cavidad (162) de la primera zona al interior del orificio central del vidrio ablandado con forma de embudo, y estirar el vidrio calentado a través de dicha salida (161) para obtener de ese modo un tubo capilar de vidrio

tensado lleno con el material del núcleo fundido.

7. El procedimiento de la reivindicación 6 que comprende la refrigeración del tubo capilar de vidrio tensado estirado mediante su paso a través de un líquido de refrigeración.
- 5 8. Procedimiento de la reivindicación 6 o 7 en el que al menos uno de entre el primer dispositivo (14) de calentamiento y el segundo dispositivo (17) de calentamiento comprende un metal resistente al calor.
9. Procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8 en el que al menos uno de entre el primer dispositivo (14) de calentamiento y el segundo dispositivo (17) de calentamiento comprende una cerámica resistente al calor.
- 10 10. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9 que comprende aislar térmicamente el material del núcleo fundido que fluye desde el primer dispositivo de calentamiento al segundo dispositivo de calentamiento.
11. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10 en el que dicho calentamiento de modo independiente es por inducción electromagnética.

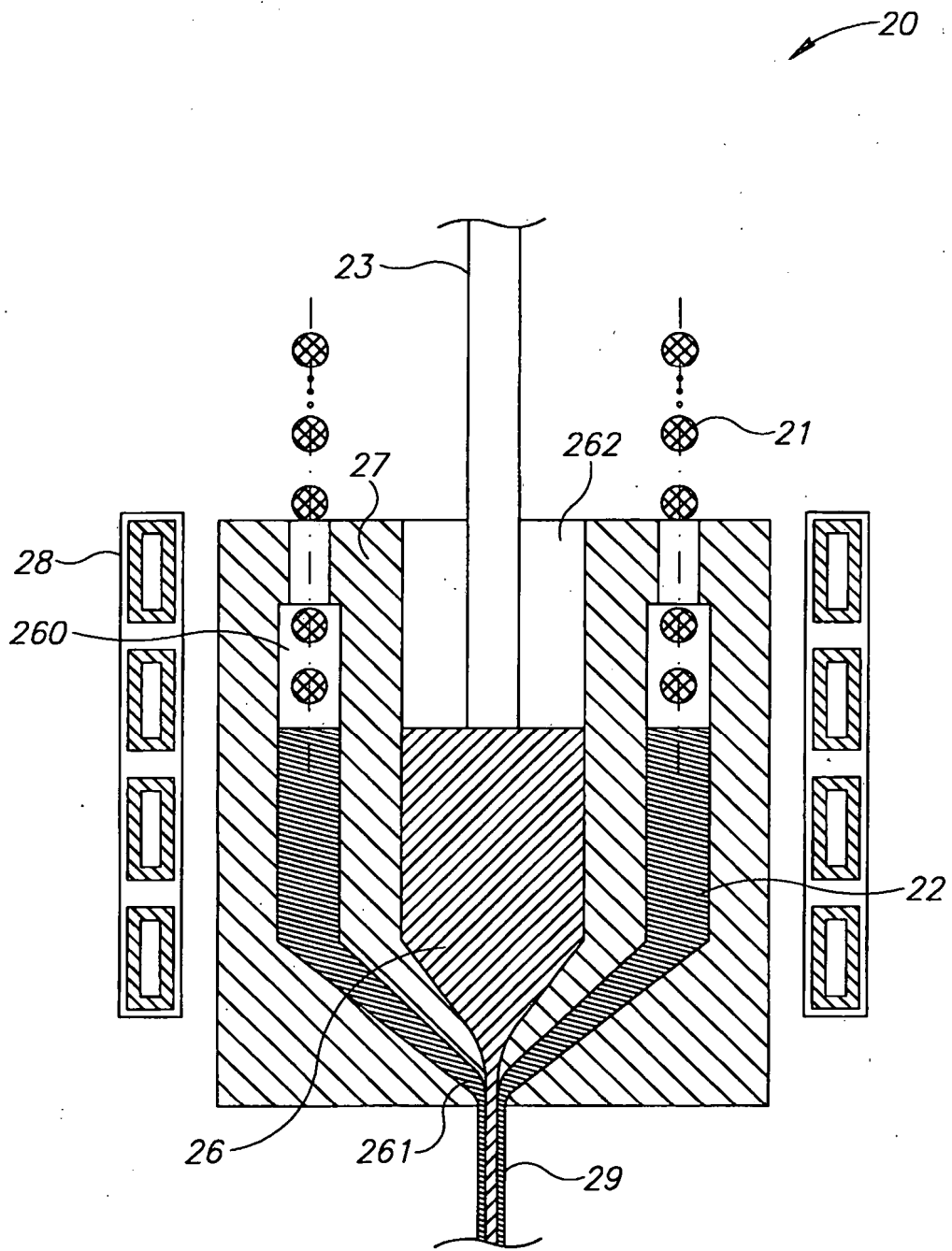


FIG.2

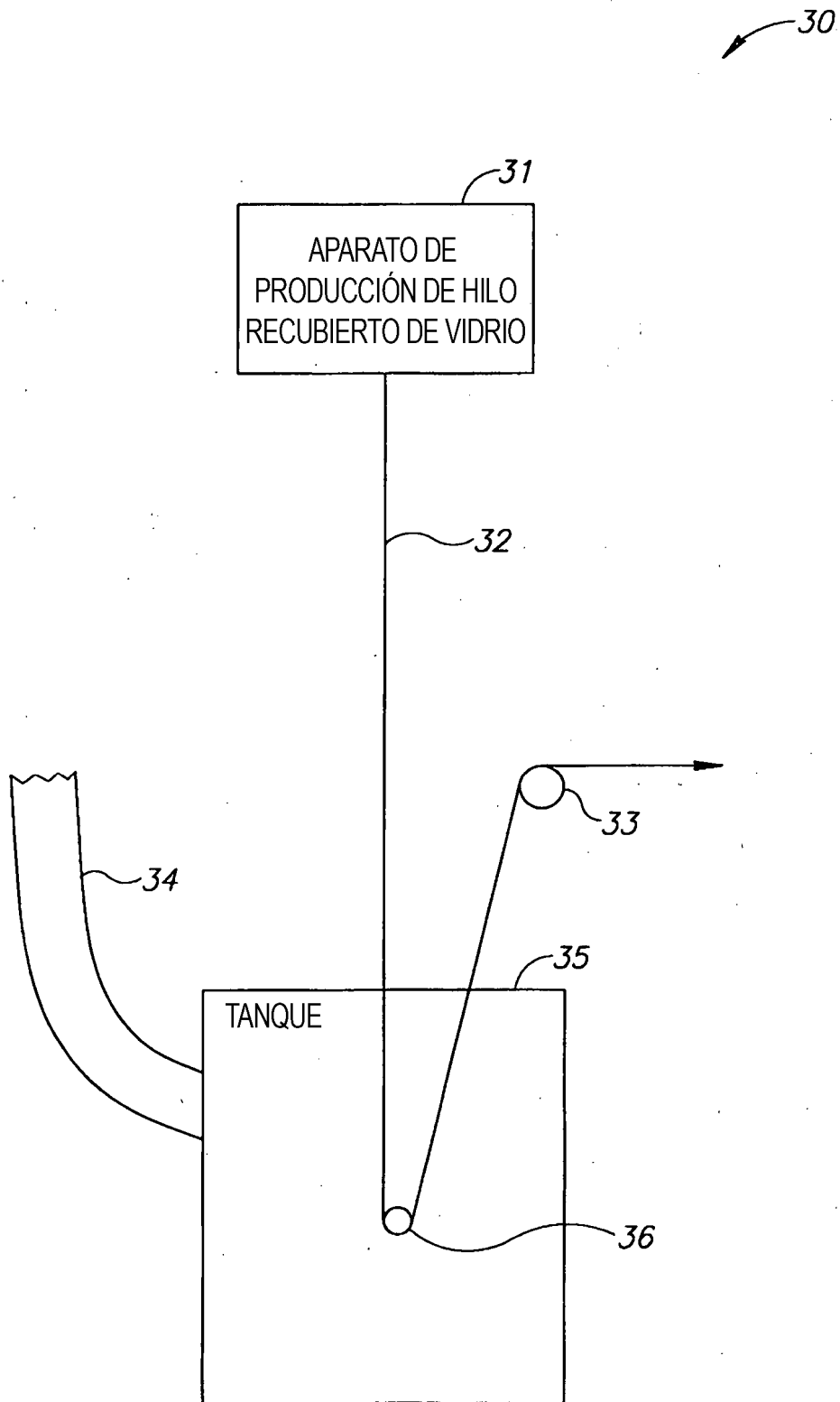


FIG. 3

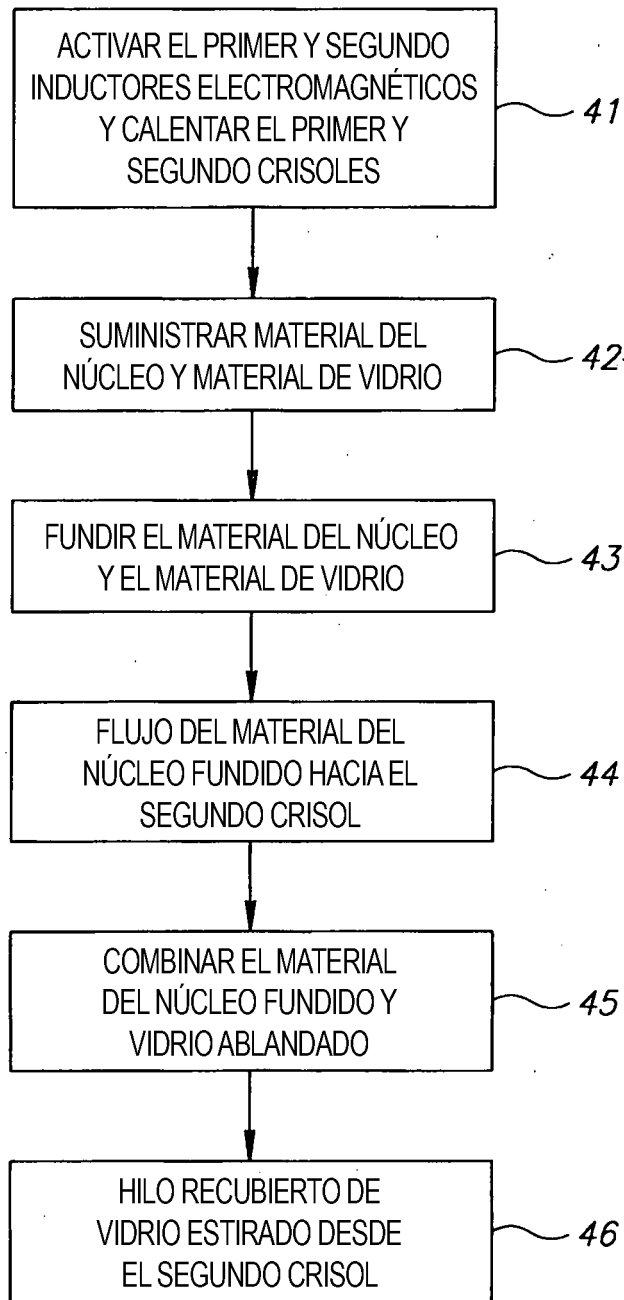


FIG.4