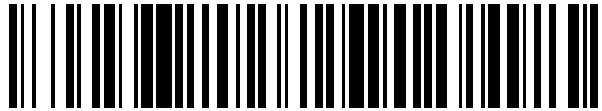


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 011**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44 (2006.01)

B29C 47/02 (2006.01)

B29C 47/28 (2006.01)

B29D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2009 E 13170900 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 2637053**

54 Título: **Montaje de fibra óptica y métodos para su fabricación**

30 Prioridad:

15.08.2008 US 189076 P

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

31.10.2017

73 Titular/es:

**CORNING OPTICAL COMMUNICATIONS LLC
(100.0%)
800 17th Street N.W.
Hickory, NC 28601, US**

72 Inventor/es:

**BURNS, RODNEY;
FREELAND, RILEY SAUNDERS;
MCALPINE, WARREN WELBORN;
TEDDER, CATHARINA L.;
FILIPPOV, ANDREY, V. y
HAWTOF, DANIEL W.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 640 011 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

Montaje de fibra óptica y métodos para su fabricación

Solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional de los Estados Unidos No. 61/189.076, presentada el 15 de agosto del 2008.

Esta solicitud está relacionada con la solicitud estadounidense No.12/221.118, presentada el 31 de julio de 2008, titulada "Montajes de fibra óptica que tienen un polvo o una mezcla en polvo al menos parcialmente unida en forma mecánica", y la solicitud estadounidense No.11/821.933, presentada el 26 de junio de 2007, titulada "Montajes de fibra óptica que tienen niveles relativamente bajos de polvo hinchable en agua y métodos para lograrlo".

10 Campo técnico

La presente solicitud se refiere en general a métodos de fabricación de montajes de fibras óptica utilizados para la transmisión de señales ópticas. Más particularmente, la presente solicitud se refiere a la fabricación de montajes de fibras óptica que tienen niveles relativamente bajos de polvo hinchable en agua unido mecánicamente y métodos para proporcionar materiales en partículas para los procesos de fabricación.

15 Antecedentes

20 Las redes de comunicaciones se utilizan para transportar una variedad de señales tales como voz, vídeo, datos y similares. Como las aplicaciones de comunicaciones requieren mayor ancho de banda, las redes de comunicación migraron a los cables que tienen fibras ópticas, ya que ellos son capaces de transmitir una cantidad extremadamente grande de ancho de banda en comparación con conductores de cobre. Los cables de fibra óptica son también mucho más pequeños y livianos en comparación con los cables de cobre que tienen la misma capacidad de ancho de banda.

25 En ciertas aplicaciones, los cables de fibra óptica están expuestos a la humedad que con el tiempo puede entrar en el cable de fibra óptica. La humedad puede migrar a lo largo del cable y entrar en los lugares de empalme de los cables, edificios, etc. Para bloquear la migración de agua, se proveyó a los cables de fibra óptica con uno o más componentes para el bloqueo de la migración de agua a lo largo del cable de fibra óptica. A modo de ejemplo, los cables convencionales de fibra óptica bloquean la migración de agua usando un material de relleno y/o contra la anegación, tal como gel o grasa dentro del cable de fibra óptica. Material de relleno se refiere a gel o grasa que está dentro de un tubo o cavidad con las fibras ópticas, mientras que el material contra la anegación se refiere a gel o grasa dentro del cable que se encuentra fuera de la cavidad que aloja las fibras ópticas. El gel o grasa llena los espacios vacíos en el cable de manera que el agua no tiene un camino a seguir en el cable de fibra óptica. Además, el material de relleno de gel o grasa proporciona amortiguación y el acoplamiento de las fibras ópticas.

30 Los materiales de relleno de gel o grasa también tienen desventajas. Por ejemplo, el gel o la grasa pueden ser un poco problemáticos y puede gotear en un extremo del cable de fibra óptica. El material de relleno también debe ser retirado de las fibras ópticas cuando están siendo preparadas para una conexión óptica, lo que requiere que el artilugio transporte materiales de limpieza al sitio. Los primeros diseños de cables de fibra óptica eliminaron el material contra anegación utilizando componentes limpiadores secos para bloqueo del agua, tales como cintas o hilos fuera de los tubos de protección para inhibir la migración de agua. Estos componentes de bloqueo secos contra el agua incluyen típicamente polímeros superabsorbentes (SAP) que absorben agua y por lo tanto se hinchan, bloqueando de este modo la ruta de acceso para el agua para inhibir la migración de agua a lo largo del cable de fibra óptica. En términos generales, los componentes que se hinchan con el agua utilizan un hilo o cinta como vehículo de transporte para el SAP. Dado que los hilos y las cintas hinchables con el agua fueron utilizados por primera vez fuera de la cavidad que aloja las fibras ópticas, no fue necesario abordar otras funciones además del bloqueo del agua, tales como el acoplamiento y la atenuación óptica.

35 Con el tiempo, los cables de fibra óptica incorporaron hilos, cintas, o polímeros superabsorbentes (SAP) que se hinchan con el agua en los tubos que alojan las fibras ópticas como reemplazo para los materiales de relleno de gel y de grasa. En términos generales, los hilos o las cintas que se hinchan con el agua tenían suficiente capacidad de bloqueo del agua, pero no proporcionan todas las funciones de los materiales de relleno de gel o grasa tales como amortiguación y acoplamiento. Por ejemplo, las cintas y los hilos que se hinchan con el agua son voluminosos, ya que son relativamente grandes en comparación con una fibra óptica típica y/o puede tener una superficie relativamente áspera. Como resultado, los hilos o las cintas que se hinchan con el agua pueden causar problemas si se presiona la fibra óptica contra otras fibras ópticas. Del mismo modo, los SAP pueden causar problemas si se presionan contra las fibras ópticas. En algunos casos, las fibras ópticas presionadas contra los hilos, cintas y/o los SAP convencionales que se hinchan con el agua, pueden experimentar microcombamiento, que puede causar niveles indeseables de atenuación óptica y/o causar otros problemas. Por otra parte, el nivel deseado de acoplamiento de las fibras ópticas con el tubo puede ser un problema si el cable de fibra óptica no es un diseño de trenzado ya que el trenzado proporciona acoplamiento.

Otros de los primeros diseños de cables de fibra óptica utilizaban montajes de tubos que se llenaban mucho con los SAP en forma de polvo suelto para bloquear la migración de agua en el cable de fibra óptica. Sin embargo, los polvos sueltos de SAP aplicados en forma convencional dentro del cable de fibra óptica creaban problemas ya que las partículas de polvo superabsorbente, que no estaban unidas a un soporte tal como un hilo o cinta, podrían migrar y acumularse en ciertos sitios dentro del cable de fibra óptica. Cuando el cable se enrollaba en un carrete, tales polvos de SAP podrían acumularse en los puntos más bajos debido a la gravedad y/o la vibración, causando así un bloqueo inconsistente del agua dentro del cable de fibra óptica. También, los polvos sueltos de SAP se encuentran libres para caer fuera del extremo de un tubo.

Las Figuras 15 y 16 representan respectivamente una vista en sección transversal y una vista en sección transversal longitudinal de un montaje de fibra óptica convencional en seco 10 que tiene una pluralidad de fibras ópticas 1, junto con las partículas de polvo sueltas que se hinchan con el agua representados esquemáticamente 3 dispuestos dentro de un tubo 5. El montaje de fibra óptica convencional en seco 10 utiliza una cantidad relativamente grande de polvo de SAP 3 dentro del tubo 5 para bloquear la migración de agua dentro del mismo. Otros componentes convencionales de los cables de fibra óptica incluyen polvo de SAP incrustado en la superficie circunferencial exterior de un tubo, tal como se divulga en la patente de Los Estados Unidos. No. 5.388.175. Sin embargo, la incorporación del SAP en las superficies exteriores del tubo reduce en gran medida la efectividad del polvo ya que el agua puede no alcanzar las partículas incrustadas.

La solicitud de patente alemana DE 4.219.607 A1 divulga un método en el cual las partículas de polvo son transportadas al interior del tubo durante la extrusión en dirección transversal.

20 Resumen

De acuerdo con una realización, un método para fabricar un cable de fibra óptica como se define en la reivindicación 1 del método independiente adjunto, comprende proporcionar al menos una fibra óptica en una dirección de proceso; extrudir un cono de material polimérico que es atraído hacia abajo alrededor de la al menos una fibra óptica para formar un tubo; acelerar partículas de polvo en un gas motriz a través de una boquilla, a lo largo de la dirección del proceso, a un interior del cono de extrusión donde las partículas de polvo tienen suficiente momento para colisionar con el interior del cono de extrusión, en donde la aceleración es tal que al menos una porción de las partículas de polvo se une mecánicamente al cono de extrusión con al menos una parte de las partículas unidas que se extienden dentro o parcialmente incrustadas dentro del tubo; e incluyendo el tubo con otros tubos de este tipo para formar el cable de fibra óptica.

De acuerdo con otra realización, un cable de fibra óptica como se define en la reivindicación 8 del dispositivo independiente adjunto comprende fibras ópticas; tubos formados a partir de un material polimérico, en donde los tubos soportan cada uno subconjuntos de las fibras ópticas dentro de los mismos; una funda que tiene un interior que define una cavidad a través de la cual se extienden los tubos; partículas de polvo dispuestas alrededor de una pared interior de cada uno de los tubos con al menos una porción de los mismos unidos mecánicamente a la pared interior de los tubos de tal manera que porciones de las partículas de polvo se alojan o incrusten en la pared interior, que se extiende dentro de la pared interior, y otras porciones de las partículas de polvo sobresalen hacia fuera más allá de la superficie de la pared interior, y en donde la unión es tal que menos la totalidad del área superficial de la pared interior del tubo está cubierta por las partículas de polvo.

Aquellos capacitados en la técnica apreciarán las ventajas mencionadas anteriormente y otras ventajas y beneficios de diferentes formas de realización adicionales a través de la lectura de la siguiente descripción detallada con referencia a las figuras de los dibujos que se enumeran a continuación.

Breve descripción de los dibujos

De acuerdo con la práctica común, las diversas características de los dibujos que se discuten a continuación no están necesariamente dibujados a escala. Las dimensiones de diversas características y elementos en los dibujos pueden ser ampliadas o reducidas para ilustrar más claramente las formas de realización de la invención.

La Figura 1 es una representación esquemática de un ejemplo de una línea de fabricación para realizar montajes de fibra óptica de acuerdo con formas de realizaciones de la presente invención.

La Figura 2 ilustra una vista en perspectiva en sección transversal parcialmente esquemática de una sección de mezcla polvo / gas tipo Venturi del suministro de polvo ilustrado en la Figura 1.

La Figura 3A es una vista en sección transversal de una porción de la sección de mezcla polvo / gas.

La Figura 3B es una vista en sección tomada a lo largo de la línea 3B-3B en la Figura 3A.

La Figura 3C es una vista en sección aislada tomada sobre la línea 3C en la Figura 3A.

La Figura 4A es una vista en sección de un aparato para llevar a cabo un proceso de extrusión y un proceso de aplicación de polvo de acuerdo con una forma de realización de la invención.

La Figura 4B es una vista en sección aislada de los procesos de aplicación de polvo y extrusión que se muestran en la Figura 4A.

La Figura 5A es una vista en sección de un aparato para llevar a cabo un proceso de extrusión y el proceso de aplicación del polvo de acuerdo con otra forma de realización de la invención.

5 La Figura 5B es una vista en sección aislada de los procesos de extrusión y aplicación del polvo que se muestran en la Figura 5A.

Las Figuras 6A - 6D son fotografías en diferentes ampliaciones que ilustran la fijación mecánica de las partículas de SAP al interior de un tubo.

10 Las Figuras 7A - 7D son fotografías en diferentes ampliaciones que ilustran la fijación mecánica de las partículas de SAP al interior de un tubo.

Las Figuras 8A - 8D es aún otra serie de fotografías en diferentes ampliaciones que ilustran la fijación mecánica de las partículas de SAP al interior de un tubo.

La Figura 9 es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica fabricado de acuerdo con la presente invención.

15 La Figura 10 es otra vista en sección transversal del cable de la Figura 9.

La Figura 11 es una vista en sección transversal de otro cable de fibra óptica fabricado de acuerdo con la presente invención.

20 La Figura 12 es una fotografía que muestra una vista ampliada de la pared interior de un tubo que tiene en polvo fijado mecánicamente a la misma con una región de interés representada por medio de un área encerrada en un rectángulo.

La Figura 13 es la fotografía de la Figura 12 con el polvo identificado utilizando un paquete de software para determinar el porcentaje de área de la superficie de la región de interés que tiene el polvo fijado mecánicamente a la misma.

25 La Figura 14 es una vista en sección transversal de otro cable de fibra óptica fabricado de acuerdo con la presente invención.

La Figura 15 es una vista en sección transversal de un montaje de fibra óptica convencional usando una cantidad relativamente grande de polvo hinchable en agua dispuesto en el mismo para el bloqueo de la migración de agua.

La Figura 16 es una vista en sección transversal longitudinal del montaje de fibra óptica convencional de la Figura 15.

30 Descripción detallada

Los ejemplos de métodos para la fabricación de cables de fibra óptica y de montajes de cables de fibra óptica de acuerdo con la presente invención tienen varias ventajas en comparación con los métodos convencionales. Una de las ventajas es que al menos una parte de la materia en partículas, que puede estar en la forma de partículas de polvo, está mecánicamente fijada a una superficie del montaje de fibra óptica (por ejemplo, el tubo o cavidad interior de la pared). La fijación puede llevarse a cabo de modo que menos de la totalidad de la superficie del tubo esté cubierta, mientras que aún bloque eficazmente la migración de agua. La presencia de polvo hinchable en agua en el tubo es casi transparente para el artificio ya que son suficientes niveles bajos de polvo. El polvo hinchable en agua puede aplicarse a la superficie interior del tubo extrudido, una cavidad, un sustrato, o similar, para evitar un exceso de polvo suelto en el tubo o en la cavidad. De este modo se mitiga la migración de polvo suelto, tal como ocurre con una inyección convencional y los métodos de niebla. Los tubos o las cavidades de montajes de fibra óptica contruidos de acuerdo con los métodos divulgados en este documento también pueden tener áreas de sección transversal más pequeñas que los montajes de cables seco convencionales que utilizan cinta o hilos para bloqueo del agua. Es menos probable que cantidades relativamente pequeñas de polvo formen grandes aglomeraciones, que puede dar como resultado la atenuación en las fibras ópticas.

45 En esta memoria descriptiva, "fijación mecánica" de una partícula dentro de un sustrato, tal como una partícula de polvo de SAP fijada mecánicamente en un tubo extrudido, significa al menos una parte de una partícula fijada que se extiende en o se incrusta parcialmente o se deposita dentro de un sustrato, por debajo de la superficie del sustrato, en lugar de adherirse únicamente a la superficie del sustrato por medios tales como adhesivos. La fijación mecánica puede ser causada por una partícula en movimiento incide sobre y perturba la superficie del sustrato. Se pueden utilizar además adhesivos o aglutinantes para la fijación mecánica por lo que los dos métodos no son mutuamente excluyentes. En esta memoria descriptiva, se entiende que el término "polvo" incluye mezclas de polvos de diferente tipo y/o tamaño de partícula, así como polvos de una sola composición. Si bien la presente memoria descriptiva describe el suministro de la materia en partículas en forma de polvo a diversos procesos de extrusión, se pueden

utilizar los métodos divulgados para proporcionar polvo a los procesos de fabricación para transportar cualquier tipo de material en partículas relativamente fino.

El movimiento de gases y material en partículas en esta memoria descriptiva se describe a menudo en términos de "velocidad" a través de un pasaje, a partir de una salida de una boquilla, o en un área interior, etc. Se entiende que moléculas individuales de gas y partículas individuales no pueden viajar con una velocidad constante o dirección, pueden arremolinarse, etc. Por lo tanto, en esta memoria descriptiva, la "velocidad" de un gas, gases, material en partículas, o mezclas de los mismos, se refiere a la velocidad promedio de la pluralidad de partículas, moléculas de gas, etc., a lo largo de un proceso o dirección corriente abajo.

Esta memoria descriptiva describe "gas móvil" como el transporte del material en partículas a través de una línea de fabricación. Se usa "gas móvil" por razones de brevedad de la descripción y se pretende que abarque una mezcla de gases individuales, así como gases individuales.

La Figura 1 es una representación esquemática de un ejemplo de una línea de fabricación 10 para hacer montajes de fibra óptica. La línea de fabricación 10 puede incluir una pluralidad de carretes de rotación 20 para la distribución de una pluralidad de fibras ópticas respectivas 22 a lo largo de una dirección del proceso 12. También se pueden utilizar otros medios, tales como salir despedidas, para distribuir una o más fibras ópticas. La línea de fabricación ilustrada 10 ilustra un proceso que utiliza doce fibras ópticas 22, pero también se pueden utilizar otros números, incluyendo 1, 2, 6, etc., de fibras ópticas. En algunas aplicaciones, las fibras ópticas 22 pueden dejar sus respectivos carretes 20 con una carga estática que puede ayudar en la deposición de partículas de polvo. Las fibras ópticas 22 pueden, por ejemplo, pasar de los carretes 20 a través de un montaje de rodillos de guía 28 y un troquel que sirve de guía 30. El haz de fibras 22 pasa a continuación a un aparato de aplicación / extrusión del polvo 40. El aparato de aplicación / extrusión del polvo 40 se ilustra esquemáticamente en forma de un suministro de polvo / gas móvil 50 conectado a un aparato de extrusión 60 por un pasaje de suministro de polvo / gas móvil 55, que puede tener la forma general de un tubo. Mientras que los aparatos 50, 60 se ilustran esquemáticamente como dispositivos independientes, podrían, por ejemplo, estar integrados como un solo dispositivo y/o estación de la línea de fabricación 10.

En general, el aparato de aplicación / extrusión del polvo 40 extruye un tubo alrededor de las fibras 22 y aplica material en partículas (por ejemplo, un polvo) al interior del tubo, que es atraído hacia abajo alrededor de las fibras para formar un montaje de fibra óptica 65 no refrigerado. El suministro de polvo / gas móvil 50 proporciona el polvo y el gas móvil para transportar las partículas de polvo a la operación de extrusión, y el aparato de extrusión 60 extruye el tubo alrededor de las fibras 22. El montaje de fibra óptica 65 no refrigerado puede entonces ser refrigerado en un dispositivo de enfriamiento 70, que puede ser, por ejemplo, un canal que se extiende longitudinalmente lleno de fluido de refrigeración, tal como agua líquida. El dispositivo de enfriamiento 70 enfría el tubo recientemente extrudido a medida que el montaje de fibra óptica 65 se mueve a lo largo de la dirección del proceso 12. El montaje de fibra óptica resultante 100 se recoge a continuación en un dispositivo recolector 90, tal como, por ejemplo, un carrete recolector o un disco recogedor.

El suministro de polvo / gas móvil

La operación del suministro de polvo / gas móvil 50 en el suministro de polvo al aparato de extrusión 60 se discute más abajo con referencia a las Figuras. 2-3C. En la siguiente discusión, el polvo de ejemplo es polvo de SAP utilizado para el bloqueo del agua en cables de fibra óptica. La Tabla 1 más adelante incluye una distribución de tamaño de partícula del polvo de SAP adecuado para uso en la presente forma de realización. Los principios discutidos, sin embargo, son aplicables a otras materias en partículas relativamente finas, tales como, por ejemplo, partículas retardantes de llama (por ejemplo, trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio, etc.), lubricantes secos tales como talco, grafito, boro, y/o similares, y/o mezclas de los mismos.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de sección transversal parcialmente esquemática de una sección de mezcla de polvo / gas 108 del suministro de polvo / gas móvil 50 mostrado esquemáticamente en la Figura 1. La sección del Venturi de la sección 108 se muestra con más detalle en las Figuras 3A y 3B. La sección de mezcla de polvo / gas 108 puede ser proveída con partículas en polvo, por ejemplo, por medio de un suministro vibratorio y/o gravimétrico de partículas (no ilustrado). Un alimentador de polvo comercialmente disponible es el Alimentador Vibratorio modelo 6C disponible a través de Eriez Manufacturing Co. Los alimentadores vibratorios son particularmente adecuados para uso con las presentes formas de realización debido a las velocidades de flujo relativamente bajas del polvo utilizado en los procesos de extrusión.

La sección de mezcla de polvo / gas 108 es parte de un sistema Venturi que tiene un embudo de transición 110 con una abertura, una porción que recibe el polvo ahusada hacia abajo en forma de embudo 112 que recibe el polvo que cae u otro material en partículas desde el medio de suministro. El extremo inferior del embudo de transición 110 está operativamente conectado a un embudo Venturi 114 que tiene un pasaje ahusado en forma vertical 116 que termina en un aparato medidor o de alimentación de polvo 120 localizado en el extremo superior del bloque del Venturi 124. En la Figura 2, el lado derecho o de entrada del bloque del Venturi 124 incluye un extremo de entrada roscado 128 que recibe un pasadizo de transporte de un suministro de gas móvil, que se discute con más detalle más adelante con referencia a la Figura 3A. El lado izquierdo o de salida corriente abajo del bloque del Venturi 124 incluye un

pasaje escalonado 132 que tiene un extremo de salida roscado 134 que recibe el corriente arriba extremo de entrada del tubo de suministro de polvo / gas móvil 55 (mostrado en la Figura 1). El tubo de suministro de polvo / gas móvil 55 puede suministrar el polvo de SAP consumido, por ejemplo, por medio de un procesos de extrusión, como se discute con más detalle más adelante.

5 Figura 3A es una vista en sección transversal de una porción de la sección de mezcla polvo / gas 108, con un pasaje de suministro de gas móvil o tubo 138 roscado en el extremo de entrada 128 del bloque del Venturi 124 y el tubo de suministro de polvo / gas móvil 55 roscado en el extremo de salida 134. La Figura 3B es una vista en sección tomada a lo largo de la línea 3B - 3B en la Figura 3A. Con referencia a las Figuras 3A y 3B, en operación, la parte superior abierta de la porción de recibo 112 del embudo de transición 110 recibe una mezcla de aire atmosférico y/o
10 otros gases y partículas en polvo 135, que en las Figuras 3A y 3B se ilustran simbólicamente como material en partículas y como la entra del embudo de transición 110 con una forma cónica. La entrada de aire del ambiente y/o otro gas o gases en el embudo 110 pueden ser con un vacío parcial (es decir, a una presión menor a la del ambiente). Al mismo tiempo, se suministra una corriente de gas móvil 142, su dirección está indicada por una flecha en la Figura 3A, al tubo de suministro de aire móvil 138, por ejemplo, por medio de un soplador, una fuente de gas comprimido, etc., (no mostrado). El gas móvil 142 puede ser, por ejemplo, aire atmosférico presurizado, o uno o más gases "secos", tales como nitrógeno, y mezclas de aire, gases secos, etc. También se pueden utilizar gases secos para transportar partículas a la porción de recibo 112.

Todavía en referencia con las Figuras 3A y 3B, el gas móvil 142 que se forma en una pieza de entrada o de influjo 144 del bloque del Venturi 124, a través de una cámara de entrada 146, y luego forzado a través de un orificio relativamente pequeño para el gas móvil 148 (mostrado en forma aislada en la Figura 3C). El gas móvil 142 pasa luego por debajo de la abertura de dosificación 120 en el extremo superior del bloque del Venturi 124, donde el gas móvil 142 se mezcla con y acelera las partículas de polvo dosificadas corriente abajo 135. El movimiento del gas móvil 142 a través del orificio de entrada del gas 148 crea un vacío parcial en la cámara de recibo del Venturi 150 en una pieza corriente abajo 152 del bloque del Venturi 124, que ayuda a sacar las partículas de polvo 135 corriente
20 abajo a través de la abertura 120 y dentro de la cámara de recibo 150. El vacío parcial en la cámara 150 es provocado por la aceleración de y la caída de presión respectiva en el gas móvil 142 a medida que pasa a través del pequeño orificio para el gas móvil 148, que actúa como un orificio Venturi. La dirección de la mezcla acelerada 156 del gas móvil y de las partículas de polvo se indica por medio de una flecha a la izquierda en las Figuras. Por simplicidad de la descripción, se considera que la porción de vacío parcial del aire retirado con las partículas de
25 polvo 135 a través de la abertura de dosificación 120 forma parte del "gas móvil", a medida que se mezcla con el gas móvil 142. Haciendo referencia específicamente a la Figura 3B, la cámara de entrada 146 está en comunicación fluida con el orificio del aire móvil 148 a través de un pasaje 160 en la pieza corriente arriba 144.

La Figura 3C es una vista aislada tomada sobre la línea 3C en la Figura 3A, e ilustra la operación del bloque del Venturi 124 en forma más detallada. Con referencia a las Figuras 3B y 3C, la pieza corriente arriba 144 del bloque del Venturi 124 puede ser conectada a la pieza corriente abajo 152 por medio de elementos de unión roscados 166, y se puede colocar una empaquetadura 168 entre la pieza corriente arriba 144 y la pieza corriente abajo 152 para proporcionar un sello hermético al gas entre las piezas 144, 152 en la proximidad del orificio de entrada del gas móvil 148. El tubo de suministro de polvo / gas móvil 55 tiene un manguito exterior 170 que puede ser enroscado en el extremo de salida 134 del bloque del Venturi 124, y un pasaje interior montado en forma concéntrica 174 con un orificio interior 178 que tiene, por ejemplo, un área de sección transversal circular. Como se muestra en las Figuras 3B y 3C, el orificio escalonado 132 incluye un pasaje Venturi relativamente pequeño 180 que transporta la mezcla acelerada del gas móvil y partículas en polvo 156 corriente abajo a través del bloque del Venturi 124 y dentro del tubo de suministro del polvo / gas móvil 55. Se puede formar un puerto de control transversal 184 en el pasaje del Venturi 180 para la controlar condiciones tales como temperatura, humedad, concentración de partículas, presión, velocidad de flujo, etc., dentro del pasaje del Venturi 180. El pasaje del Venturi 180 puede tener, por ejemplo, una
35 sección transversal circular. Todavía con referencia a las Figuras 3B y 3C, la mezcla del gas móvil y de las partículas en polvo avanza a través del pasaje del Venturi 180 y entra en el orificio interior 178 del tubo de suministro de polvo / gas móvil 55. La mezcla puede ser luego suministrada a un proceso de fabricación, tal como, por ejemplo, un proceso de extrusión llevado a cabo en el aparato de extrusión 60 (ilustrado en la Figura 1). Los ejemplos de los usos de la mezcla del gas móvil y de las partículas en polvo 156 a partir del suministro polvo / gas móvil 50 en ejemplos de procesos de extrusión se discuten en forma detallada más adelante.

De acuerdo con un aspecto de la invención, el suministro de polvo del Venturi 50 utiliza el principio de Bernoulli en el cual la alta velocidad del gas móvil a través del orificio de suministro del gas móvil 148 crea un vacío parcial en la cámara 150 inmediatamente corriente abajo del orificio 148. Se retira por lo tanto el polvo 135 a través de la abertura de alimentación 120 y dentro del bloque del Venturi 124, donde se mezcla con el gas móvil a presión relativamente baja que sale del orificio 148. El uso de un gas móvil seco 142 que tiene un punto de rocío bajo (por ejemplo, 32°F o 0°C, o menor) reduce la posibilidad de aglomeración de polvo antes de aplicar las partículas de polvo a un sustrato, tal como, por ejemplo, un tubo o cavidad extrudida. La velocidad del gas móvil 142 puede ser regulada controlando la presión corriente arriba del orificio del gas móvil 148 para garantizar un flujo consistente a través del orificio de suministro del gas móvil 148. La velocidad del gas móvil 142 a medida que pasa a través del orificio 148 puede ser controlada, controlando el área de sección transversal del orificio 148. Se puede usar un orificio comparativamente pequeño 148, por ejemplo, para crear velocidades de flujo y densidades de polvo deseables para el suministro a los procesos de fabricación. Por ejemplo, en algunas aplicaciones, el orificio de suministro del gas móvil 148 tiene un
60

diámetro de 0,3 mm (área en sección transversal de aproximadamente 0,08 mm²) o menos proporciona flujos de alta velocidad a través del orificio. En otra aplicación, se pueden utilizar diámetros de orificio de 0,2 mm (área de la sección transversal de aproximadamente 0,03 mm²) o menor.

5 En un bloque de Venturi 124, la suma del gas móvil 142 y gas / polvo al vacío 138 iguala el flujo total del gas y de las partículas de polvo que ingresan al tubo de suministro de polvo / gas móvil 55. El tubo de suministro del polvo / gas móvil 55 recibe este flujo combinado desde el pasaje del Venturi con un orificio relativamente pequeño 180 en el bloque del Venturi 124. De acuerdo con una forma de realización de la invención, el diámetro interno del tubo de suministro del polvo / gas móvil 178 puede tener un tamaño tal que la velocidad de la mezcla de gas / polvo esté en el rango de 5 - 20 m / s (metros / segundo).

10 Para velocidades de flujo por debajo de 5 m / s, el flujo de una mezcla de gas / polvo puede ser denominado generalmente como "transporte en fase densa." El transporte en fase densa, la mezcla de gas / polvo puede carecer de uniformidad a través de la sección transversal del tubo de suministro 55, y gran parte del polvo puede moverse a lo largo el fondo (en lugar de ser soportado y transportado por el gas móvil) del tubo de suministro del polvo / gas móvil 55 o en cartuchos. Además, el transporte en fase densa puede conducir a gran caída de presión en el pasaje de transporte. El transporte en fase densa es también indeseable ya que puede conducir a un tubo de transporte atascado y/o creciente de la mezcla de gas / polvo a la salida del tubo de transporte.

15 Para velocidades de flujo por encima de 20 m / s, el flujo de la mezcla de gas / polvo puede denominarse generalmente como un "transporte en fase diluida". En un transporte en fase diluida, las partículas de polvo ocupan generalmente aproximadamente menos del 5% del volumen de la mezcla de polvo / gas, aunque las concentraciones pueden variar para diferentes tamaños de partículas, gases móviles, etc. El transporte en fase diluida es deseable ya que la mezcla de gas / polvo es generalmente uniforme través de la sección transversal del tubo de suministro 55, lo que conduce a una mejor dispersión del polvo cuando se aplica a la circunferencia interior de un tubo de protección extrudido, por ejemplo. Sin embargo, el incremento de la velocidad de flujo en el tubo de suministro del polvo / gas móvil 55 puede resultar en contrapresiones altas (por ejemplo, por encima de la presión atmosférica) en el bloque del Venturi 124. Las contrapresiones altas en el bloque 124 pueden afectar la operación del Venturi ya que las presiones altas en la cámara de recepción del Venturi 150 pueden inhibir el flujo del polvo 135 y obstruir la abertura de dosificación del polvo 120.

20 Las velocidades de flujo que caen generalmente en el rango de 5 - 20 m / s, entre los rangos para transporte en fase densa o en fase diluida, se denomina aquí "transporte en fase de línea". Aunque el transporte en fase de línea no puede proporcionar el grado de uniformidad de la distribución del tamaño de partícula de polvo a través de toda la sección transversal del tubo 55 que es posible en el flujo de fase diluida, se puede seleccionar la longitud del tubo de suministro polvo / gas móvil 55 para minimizar la oleada de polvo dentro del tubo de suministro 55. Se pueden utilizar flujos de fase en línea en porciones seleccionadas del aparato de aplicación / extrusión del polvo 40 para evitar o mitigar las altas contrapresiones en el Venturi asociadas con flujos en fase diluida. El uso de partículas transportadas en flujos de fase en línea y de fase diluida se discute más adelante en el contexto de dos ejemplos de procesos de extrusión, aunque se pueden utilizar los métodos y aparatos para proveer tales flujos discutidos anteriormente en otras aplicaciones que requieren un flujo de material en partículas transportado por medio de fluidos móviles tales como un gas o mezclas de gases y otros fluidos.

25 Se pueden utilizar diferentes parámetros para controlar la velocidad dentro del tubo de suministro del polvo / gas móvil 55. Por ejemplo, una velocidad de flujo de la mezcla de gas / polvo dentro del tubo de suministro 55 aumenta y disminuye el área de la sección transversal del tubo de suministro 55. Sin embargo, la resistencia en el tubo puede resultar en contrapresiones altas como se discutió anteriormente. El dispositivo ilustrado en las Figuras 3A - 3C puede operar, por ejemplo, con una contrapresión de hasta 172,3 mBar, medida en el puerto de control 184. Contrapresiones mayores pueden dar como resultado una presión manométrica positiva en la cámara 150. Las contrapresiones experimentadas en la generación de los flujos en fase diluida pueden, por ejemplo, ser aliviadas ajustando la velocidad del gas / polvo a través del tubo de suministro del polvo / gas móvil 55 para que caiga dentro del rango de transporte de la fase en línea.

Ejemplo 1

30 Una sección de mezcla de polvo / gas 108, como se muestra en las Figuras 2-3C tiene un orificio del gas móvil 148 de 0,25 mm de diámetro (área de sección transversal de aproximadamente 0,05 mm²). El volumen de flujo entrante del gas móvil 142 en el orificio del gas móvil 148 es de aproximadamente 2,5 L/min (Litros / minuto). La velocidad de flujo del gas móvil a medida que sale del orificio 148 es al menos de Mach 1. El volumen de flujo del aire de vacío retirado con el polvo 135 es aproximadamente de 1,7 L/min. La mezcla de gas móvil y del polvo en el pasaje del Venturi 180 está en el transporte en fase diluida con una velocidad de aproximadamente 80 m / s. El polvo 135 es transportado a través del bloque del Venturi 124 a una tasa de aproximadamente de 2 gramos / min. El polvo es transportado luego a través de un pasaje de 3,05 mm de diámetro por una distancia de 1,5 m en un transporte de flujo de línea a un aparato de extrusión.

Extrusión con suministro de polvo a través de un pasaje anular

Un ejemplo de un método de extrusión de un tubo alrededor de fibras ópticas y aplicación de polvo en el tubo es discutido a continuación con referencia a las Figuras 1 y 4A - 4C.

5 Como se muestra en la Figura 1, el suministro de polvo / gas móvil 50 suministra polvo al aparato de extrusión 60 a través del pasaje de suministro de polvo / gas móvil 55. El polvo y el gas móvil se utilizan en un proceso de extrusión utilizado para formar un tubo. La Figura 4A es una vista en sección parcial de porciones seleccionadas del aparato de extrusión 60 que utiliza el polvo y el gas móvil del pasaje de suministro 55 en el proceso de extrusión. La Figura 4A ilustra un troquel de extrusión en forma de T 200, un montaje de suministro de polvo / gas móvil 210, y una punta de extrusión 212 montada en forma concéntrica sobre el extremo corriente abajo del montaje 210. Los componentes 200, 212 ilustran una porción del aparato de extrusión 60, y pueden estar conectados al montaje 210, y se incorporan en un aparato de extrusión en forma de T circundante de diseño convencional, cuyos detalles se omiten en aras de la brevedad.

15 Con referencia a la Figura 4A, el montaje de suministro de polvo / gas móvil 210 incluye un pasaje central de guía de fibra 214 a través del cual la pluralidad de fibras ópticas 22 pasa durante el proceso de extrusión. El pasaje guía de fibra 214 puede tener, por ejemplo, una sección transversal circular. El montaje de suministro de polvo / gas móvil 210 comprende un manguito exterior tubular alargado 216 y un manguito interior tubular alargado 220 montado concéntricamente dentro del manguito exterior 216. Se define un pasaje anular 226 entre los manguitos interior y exterior y está dispuesto para transportar polvo y gas móvil a través del montaje del suministro de polvo / gas móvil 210. Se forma una corriente de entrada de polvo / gas móvil 230 en la pieza de aplicación / extrusión del polvo 210 y está en comunicación con el pasaje anular 226 a través de un puerto de entrada 234. El vástago de entrada polvo / gas móvil 230 se adapta para recibir el extremo corriente abajo del tubo de suministro de polvo / gas móvil 55, o un transporte intermedio, tal como una manguera, que está conectada al extremo corriente abajo del pasaje de suministro 55. La mezcla del gas móvil y las partículas de polvo suministradas por el suministro de polvo / gas móvil 50 s transportada por lo tanto dentro del pasaje anular 226 del montaje de suministro de polvo / gas móvil 210.

20 La punta de extrusión 212 está montada concéntricamente con el extremo corriente abajo del manguito exterior 216, y una porción del extrusor en forma de T (no mostrada) está en contacto con un borde de detención 244 sobre el manguito exterior 216. El extremo corriente abajo de la punta de extrusión 212 y el extremo corriente abajo del montaje de suministro de polvo / gas móvil 210 están a su vez montados concéntricamente dentro del troquel de extrusión 200. La región entre el troquel de extrusión 200 y la guía interior 212 define un canal anular 248 a través del cual se proporciona extrudido líquido fundido 250 para el proceso de extrusión. La fuente (no ilustrada) de extrudido fundido puede ser cualquier medio convencional.

25 La Figura 4B es una vista en sección aislada del aparato de extrusión 60 que ilustra el proceso de aplicación de extrusión / polvo en la cercanía del troquel de extrusión 200. Como se muestra en la Figura 4B, la punta de extrusión 212 tiene una porción ahusada 254 que termina en una porción cilíndrica en punta 258. El manguito interior 220 del montaje de suministro de polvo / gas móvil 210 se extiende concéntricamente a través de la porción cilíndrica 258, y puede terminar en una ubicación adyacente a la cara del extremo corriente abajo de la porción cilíndrica en punta 258. El extremo corriente abajo del canal anular 226 se define como un espacio anular entre el extremo corriente abajo del manguito interior 220 y la punta de extrusión 212.

30 Todavía en referencia a la Figura 4B, en operación, las fibras ópticas 22 avanzan a través del pasaje 214 en el manguito interior 220 en la dirección del proceso 12. A medida que avanzan las fibras 22 a través del manguito interior 220, el extrudido fundido 250, que está en un estado blando que absorbe energía, avanza a través del canal del extrudido 248 generalmente en dirección de las flechas negras gruesas. El extrudido 250 forma un cono de extrusión 262 alrededor de las fibras 22 que eventualmente se encogen radialmente o "son atraídas hacia abajo" y forma el tubo alrededor de las fibras 22 (el tubo atraído hacia abajo está indicado por medio de la señal de referencia 264 en la Figura 4A). En el ejemplo de la forma de realización, el tubo es un tubo holgado, aunque son posibles otras formas. Un "cono de extrusión" se puede definir generalmente como la zona del extrudido fundido o parcialmente fundido 250 entre el extremo corriente abajo del canal de flujo del extrudido 258 y el punto en donde el extrudido es completamente atraído hacia abajo. El cono de extrusión, por ejemplo, puede extenderse en el canal de enfriamiento (ilustrado en la Figura 1). Se entiende que el término "cono de extrusión" abarca formas de extrusión que se desvían de una forma cónica perfecta, e incluye, por ejemplo, formas extrudidas ahusadas que tienen contornos de superficie exterior cóncava y/o convexa, como los pueden apreciar aquellos capacitados en el arte. Durante el proceso de extrusión, la mezcla de gas móvil y de partículas de polvo suministradas por el tubo de suministro de polvo / gas móvil 55 viaja a través del canal anular 226 en una dirección indicada por las flechas 266, que pueden ser generalmente paralelas a la dirección de proceso 12, y se introduce en el interior 272 del cono de extrusión 262.

35 40 45 50 55 60 A medida que la mezcla de gas / polvo es lanzada entro del cono de extrusión caliente 262, las partículas de polvo tienen suficiente momento de tal manera que ellas colisionan con el interior 272 del cono de extrusión 262. La mezcla de gas / polvo puede ser transportada a través del canal anular 226 con suficiente velocidad para que el momento de las partículas provoque que toda o una porción se aloje, incruste, o se fije mecánicamente al interior del extrudido caliente, particularmente en el cono de extrusión 262. En ciertas aplicaciones, una porción del polvo se puede adherir a las superficies exteriores de las fibras 22. Durante la extrusión, se requiere la introducción de un flujo de gas para evitar que el tubo se colapse bajo la presión atmosférica mientras el tubo del extrudido está aún

fundido. El gas móvil del canal 226 puede ser de una velocidad de flujo relativamente baja para que no distorsione excesivamente la forma del cono de extrusión 262 durante la extrusión, mientras transporta también las partículas en polvo dentro del cono de extrusión 262. A medida que el cono de extrusión 262 se cierra alrededor de las fibras 22, el gas móvil y el exceso de polvo no consumido por el proceso se devuelven a través del pasaje que sirve de guía a la fibra 214 en la dirección de las flechas 278, en contra de la dirección del proceso 12. Se introduce por lo tanto, el polvo en el cono de extrusión sin afectar en forma adversa la estabilidad dimensional del proceso de extrusión.

El material en partículas en la mezcla de gas / polvo 266, si tiene suficiente momento, se puede incrustar parcialmente en diferentes sitios en el extrudido. En general, el extrudido que tiene una temperatura de al menos 160°C provee un área de aplicación que permite al menos la incrustación parcial del materia en partículas. Para una fijación más efectiva, el extrudido puede estar a una temperatura de al menos 200°C en el área de fijación.

Una porción del polvo en partículas lanzada a través de la abertura anular 284 puede que no llegue a fijarse mecánicamente a la superficie interior del tubo extrudido a través de incrustación parcial. Por ejemplo, hasta un 30% en peso de la materia en partículas suministrada al proceso de extrusión, y en algunas formas de realización, hasta 40%, o más particularmente 60% en peso del material suministrado en partículas puede fijarse mecánicamente al tubo, con el resto permaneciendo ya sea suelto en el tubo siendo descartado. Por ejemplo, una porción del polvo no fijado, junto con el gas móvil, pueden ser expulsados a través del extremo opuesto del pasaje 214, o, si se desea, recirculado para ser reutilización en el proceso de extrusión. Aproximadamente 10 - 25% en peso del total de polvo, por ejemplo, puede ser expulsado del tubo. Una porción del polvo no utilizada puede también ser transportado hacia delante en el tubo por parte de las fibras ópticas 22 y permanece suelta en el tubo. Aproximadamente 25 - 45% en peso de la materia suministrada en partículas, por ejemplo, puede permanecer suelta en el tubo. El pasaje 214 puede estar en comunicación con un filtro, tal como un filtro HEPA, un recipiente recolector, u otro medio para recolectar el polvo no utilizado expulsado y/o el gas móvil no utilizado.

Para la cantidad del material en partículas que permanece en el tubo, incluyendo el polvo que se encuentra ya sea suelto, fijado mecánicamente, y una pequeña cantidad adherida a las fibras, aproximadamente 45 - 80% en peso de esa cantidad puede estar mecánicamente fijada al interior del tubo. Se pueden obtener fácilmente niveles altos de polvo fijados mecánicamente variando parámetros del proceso tales como el momento de las partículas lanzadas. Por ejemplo, hasta un 60% en peso, o en algunas formas de realización, hasta un 80% o incluso 90% en peso, de la cantidad de polvo total en el tubo puede estar mecánicamente fijada al interior del tubo. El porcentaje total de polvo en peso mecánicamente fijada puede ser determinado promediando el peso medido o calculado del polvo fijado mecánicamente por metro de longitud dividido por el peso total del polvo por metro de longitud dispuesto dentro del tubo o cavidad. Por el contrario, el porcentaje total del polvo en peso dispuesto en forma suelta se puede determinar promediando el peso medido o calculado del polvo dispuesto en forma suelta por metro de longitud dividido por el peso total del polvo dispuesto dentro del tubo o cavidad.

De acuerdo con las presentes formas de realización, los montajes de fibra óptica también pueden tener concentraciones promedio relativamente pequeñas de polvo por metro de tubo. Las bajas concentraciones promedio hacen del polvo en el tubo casi transparente al artilugio. La "concentración promedio" de polvo o de otro materia en partículas en un tubo es el peso total del material en partículas por unidad de longitud del tubo, y puede ser expresada como gramos de material en partículas por metro de tubo (g / m), o en forma equivalente, miligramos por milímetro (mg / mm). La concentración promedio puede ser utilizada luego para calcular una "concentración normalizada" con el propósito de escalar la concentración por área de sección transversal de la cavidad o interior del tubo. La concentración normalizada por milímetro cuadrado del área de sección transversal de la cavidad se calcula dividiendo la concentración promedio por el área de sección transversal de la cavidad. El término "concentración normalizada" se usa en lugar de "concentración en volumen", ya que el material en partículas no se distribuirá uniformemente a través de todo el volumen interior del tubo. Los montajes tubulares de fibra óptica de acuerdo con las presentes formas de realización pueden formarse con concentraciones de polvo normalizadas y de bajo promedio y aún así tener suficiente bloqueo del agua para bloquear una carga de presión de un metro de agua del grifo dentro de una longitud de un metro durante veinticuatro horas. En un ejemplo, un tubo tiene una concentración promedio de aproximadamente de 0,02 gramos de polvo por metro de longitud para un tubo que tiene un diámetro interior de 2,0 milímetros. La sección transversal de la cavidad de aproximadamente 3,14 milímetros cuadrados produce un valor de concentración normalizada de aproximadamente de 0,01 gramos de polvo hinchable en agua por metro de longitud del montaje de tubo cuando se lo redondea. En otro ejemplo, un tubo tiene un diámetro interno de 1,6 mm y una concentración promedio de aproximadamente 0,0085 gramos por metro del tubo. La concentración normalizada es aproximadamente de 0,004 gramo de polvo por metro de longitud del tubo por milímetro cuadrado de las áreas de sección transversal de la cavidad. De acuerdo con las presentes formas de realización, las concentraciones normalizadas con bajos contenido de polvo de 0,01 o menos, e incluso tan bajas como 0,005 o menos, proporcionan características deseables de bloqueo del agua, tales como la capacidad de bloquear una carga de presión de un metro de agua del grifo dentro de una longitud de un metro durante veinticuatro horas. Hablando en términos generales, a medida que se incrementa el área de la sección transversal de la cavidad del tubo o similar, la cantidad de polvo hinchable en agua necesaria para bloquear efectivamente la migración de agua a lo largo de la misma puede incrementarse generalmente proporcionalmente para un bloqueo efectivo del agua.

De acuerdo con un aspecto de la invención, las partículas de polvo pueden ser lanzadas al interior del cono de extrusión a través de la abertura anular 284 formada entre el manguito interior dispuesto concéntricamente 220 y la

porción cilíndrica de la punta 258 de la punta de extrusión 212, que definen el extremo terminal del canal anular 226. El punto de salida o lanzamiento del polvo desde la abertura anular 284 está por lo tanto inmediatamente adyacente al cono de extrusión 262 que está en parte definido por la punta de extrusión 212. La proximidad de la abertura anular 284 con el cono de extrusión 262 asegura que se disipa una energía cinética mínima de las partículas de polvo antes de que las partículas de polvo golpeen el interior 272 del cono de extrusión. En el punto de salida o lanzamiento de mezcla de gas / polvo desde la abertura anular 284, el área de sección transversal interior del cono de extrusión 262 es mucho mayor que el área de la sección transversal de la abertura anular 284. El incremento en el área de la sección transversal que encuentra la mezcla de gas / polvo puede provocar que caiga la velocidad del gas por debajo de la velocidad de saltación, que puede provocar que el polvo caiga fuera del gas de transporte. Sin embargo, el momento de las partículas de polvo permite que las partículas viajen durante una distancia corta a una velocidad mayor que el gas y se adhieran, incrusten o bien se fijen mecánicamente al interior del cono de extrusión 262. La proximidad de la abertura anular 284 con el interior 272 del cono de extrusión 262 garantiza que una porción significativa de las partículas de polvo retenga suficiente momento para fijarse mecánicamente al cono.

Con referencia a la Figura 4B, de acuerdo con una forma de realización de la invención, la cara corriente abajo (es decir, la cara a la derecha en la figura 4B) del troquel de extrusión 200 puede estar a una distancia D1 en el rango de +/- 3 mm de la cara corriente abajo de la porción cilíndrica de la punta 258 de la punta de extrusión 212. El extremo de la porción cilíndrica de la punta 258 puede ser ahusada de manera que la mezcla de gas / polvo que sale del canal cilíndrico 226 afecte esencialmente directamente sobre el producto extrudido 250. La cara corriente abajo de la porción cilíndrica de la punta 258 puede estar a una distancia D2 en el rango de +/- 3 mm de la cara corriente abajo del manguito interior 220. Además, la cara corriente abajo del manguito interior 220, así como la cara corriente abajo de la porción cilíndrica de la punta 258, puede estar corriente abajo de la cara corriente abajo el troquel de extrusión 200. En esta configuración, los extremos de la punta 212 y del manguito 220 descansan dentro del cono de extrusión 262 de tal manera que las partículas de polvo sean lanzadas desde el canal 226 a una zona de lanzamiento que yace entro del cono de extrusión 262. En otra forma de realización, la cara corriente abajo troquel de extrusión 200 puede estar 0 - 5 mm corriente arriba de la cara corriente abajo de la porción cilíndrica de la punta 258.

Con el propósito de proporcionar un grado deseado de fijación de las partículas de polvo al tubo extrudido, la velocidad de la mezcla de gas / polvo en la abertura anular 284 puede estar en el rango de 2 m/s hasta 50 m/s. La velocidad en la abertura anular puede ser, más particularmente, al menos de 5 m/s. Por ejemplo, las partículas de polvo que tienen un tamaño promedio de partícula de aproximadamente de 60 micrómetros o menos, una velocidad de flujo de al menos 5 m/s (es decir un flujo de la fase de línea) en la abertura anular 284 imparte suficiente momento a las partículas para que las partículas se fijen mecánicamente al producto extrudido fundido. De acuerdo con esta forma de realización, la mezcla del polvo y del gas móvil puede ser transportada en transporte de la fase de línea a través de pasaje de suministro de polvo / gas móvil 55, e introducida en el proceso de extrusión a velocidad de flujo de la línea. Al menos 40% en peso del polvo suministra al proceso, o, en el rango de 45 - 80% en peso de la cantidad total de polvo que permanece en el tubo puede adherirse al interior del tubo usando este proceso.

El montaje de suministro de polvo / gas móvil 210 puede, por ejemplo, estar construido para que la ubicación axial relativa de uno o más de los manguitos interiores 220, la punta de extrusión 212, y el troquel de extrusión 200 puedan ser variados. Por ejemplo, el extremo corriente abajo de la punta de extrusión 212 puede ser ajustable axialmente con respecto al troquel de extrusión 200. Con referencia a la Figura 4A, la punta de extrusión 212 puede ser montada en forma roscada en la extrusión en forma de T (no ilustrada) de tal manera que pueda ser axialmente trasladada con respecto al troquel de extrusión 200. Volviendo nuevamente a la Figura 4B, la distancia D1 puede ser por lo tanto variada para obtener las propiedades de flujo deseadas en la abertura anular 284. En forma similar, la ubicación axial del manguito interior 220 puede ser variada con respecto a la punta de extrusión 212 y con respecto al troquel de extrusión 200. El manguito interior 220 puede, por ejemplo, ser montado en forma roscada en el manguito exterior 216 para que se pueda variar la distancia D2.

Ejemplo 2

Un proceso de extrusión utiliza el suministro de polvo / gas móvil 50 para proporcionar polvo y el gas móvil al aparato de extrusión ilustrado en las Figuras 4A y 4B. El suministro de polvo / gas móvil 50 proporciona una mezcla en polvo de SAP al pasaje de suministro de polvo / gas móvil 55 transporte de fase e línea, que tiene una velocidad de gas móvil de aproximadamente de 10 m/s. El diámetro del orificio del gas móvil 148 está entre 0,1 y 0,3 mm (áreas de sección transversal de alrededor de 0,008 mm² y 0,07 mm²). La velocidad de flujo del gas móvil 142 está entre 0,5 l/min y 5 l/min. La proporción de polvo con respecto al aire en volumen está entre 0,01 - 2,0%. La velocidad del flujo del polvo está entre 0,05 - 10 gramos/min. La mezcla de polvo / gas móvil es posteriormente transportada al pasaje 226, donde es transportada en el flujo de línea a una velocidad aproximadamente de 5 m/s. El tamaño promedio de partícula del polvo está en el rango de aproximadamente 30 micrómetros, con una distribución por tamaño en el rango de aproximadamente 0 - 63 micrómetros como se describe generalmente en la Tabla 1. La mezcla de gas móvil/polvo es lanzada desde el pasaje anular 226 a una velocidad en el rango de 5 - 8 m/s. El tubo es de polipropileno con un diámetro interno de 1,6 mm y está a una temperatura de aproximadamente de 230°C en la zona de aplicación del polvo. Al menos 40% en peso del polvo suministrado al proceso de extrusión se fija mecánicamente al tubo extrudido. Aproximadamente 45 - 80% en peso del polvo en el tubo es mecánicamente fijado. La concentración normalizada es menor a 0,01 gramos de polvo por metro de tubo por milímetro cuadrado del

área de sección transversal de interior del tubo.

Extrusión utilizando una fuente de polvo a través de una boquilla

Otro ejemplo de método de extrusión de un tubo alrededor de fibras ópticas y de aplicación de polvo al mismo se discute a continuación con referencia a las Figuras 1 y 5A - 5B. En la forma de realización de las Figuras 5A y 5B, el material en partículas se introduce en el proceso de extrusión a través de una boquilla en lugar de una abertura anular.

Haciendo referencia a la Figura 1, el suministro de polvo / gas móvil 50 suministra polvo al aparato de extrusión 60 a través del pasaje de suministro de polvo / gas móvil 55. La Figura 5A es una vista en sección parcial del aparato de extrusión 60, que incluye un troquel de extrusión en forma de T 500, un montaje de suministro de polvo / gas móvil 510, y una punta de extrusión 512 montada en el extremo corriente abajo del montaje de suministro de polvo / gas móvil 510. Los componentes 500, 510, 512 pueden ser incorporados en un aparato de extrusión en forma de T de diseño convencional, cuyos detalles se omiten en aras de la brevedad.

Haciendo referencia a la Figura 5A, el montaje de suministro de polvo / gas móvil 510 incluye un pasaje de guía de la fibra central 514 a través del cual pasa la pluralidad de fibras ópticas 22 durante el proceso de extrusión. El montaje de suministro de polvo / gas móvil 510 comprende una porción de cabeza de inyección 516 unida a un cabezal de entrada 518 por un collar 520 y una tuerca de conexión 522. Una pieza de escape 526 que tiene un puerto de escape 528 se puede conectar al cabezal de entrada 518, por ejemplo, mediante un mecanismo de retención (no mostrado) dispuesto en la abertura transversal 530. Como alternativa, el cabezal de entrada 518 y la pieza de escape 526 pueden ser una pieza unitaria. Se define un puerto de entrada de polvo / gas 536 en el cabezal de entrada 518 y está en comunicación con un pasaje de polvo / gas 540 en el cabezal de inyección 516. Se puede formar un vástago de entrada de polvo / gas u otro dispositivo (no ilustrado) en o unirse al cabezal de entrada 518 en comunicación con el puerto de entrada de polvo / gas 536. El vástago de entrada está adaptado para recibir el extremo corriente abajo del pasaje de suministro de polvo / gas 55, o un medio de transporte intermedio, tal como una manguera, conectada al pasaje 55. La mezcla de gas móvil y de partículas de polvo suministrada desde el pasaje de suministro de polvo / gas móvil 55 es transportada de este modo dentro del pasaje de polvo / gas 540.

El montaje de suministro de polvo / gas móvil 510 se puede montar en un aparato de extrusión en forma de T mediante la inserción del cabezal de inyección 516 en el aparato de extrusión, de izquierda a derecha en la Figura 5A, hasta que la porción ahusada 548 se apoya en el aparato de extrusión. La tuerca de conexión 522 se desliza sobre el cabezal de inyección 516 junto con el collar 520. Se enrosca luego el cabezal de entrada 518 en el collar 520 mediante la rotación del collar. El puerto 536 y el pasaje longitudinal corto en el cabezal de entrada 518 se pueden alinear con el pasaje de polvo / gas 540 en el cabezal de inyección 516, por ejemplo, mediante una clavija (no ilustrada) que impide la rotación relativa entre el cabezal de inyección 516 y el cabezal de entrada 518. La punta de extrusión 512 está montada concéntricamente con el extremo corriente abajo del cabezal de inyección 516 y forma un canal 550 con el troquel de extrusión 500 a través del cual el producto extrudido fundido 554 fluye durante la extrusión.

La Figura 5B es una vista en sección aislada del aparato de extrusión 60 que ilustra el proceso de aplicación de extrusión / polvo en las proximidades del troquel de extrusión 500. Como se muestra en la Figura 5B, la punta de extrusión 512 tiene una porción ahusada 560 que termina en un terminal corriente abajo (es decir, a la izquierda en la Figura 5B) de la porción cilíndrica 564. El extremo del cabezal de inyección 516 se extiende concéntricamente a través de, y se asienta dentro (por ejemplo, puede apoyarse) en el interior de la porción cilíndrica 564, y puede terminar en una ubicación adyacente al extremo de la porción cilíndrica 564.

En funcionamiento, las fibras ópticas 22 avanzan a través del montaje de suministro de polvo / gas móvil 510 a lo largo de la dirección del proceso 12. A medida que las fibras 22 avanzan, el producto extrudido fundido 554, que está en un estado blando de absorción de energía, se hace avanzar a través del canal 550 en la dirección de las flechas negras gruesas, y forma un cono de extrusión 570 alrededor de las fibras 22 que eventualmente es atraído hacia abajo y forma el tubo 576 alrededor de las fibras 22. El tubo 576 puede ser, por ejemplo, un tubo suelto, aunque también son posibles formas de tubo ajustadas, tales como tubos de protección ajustados. Durante el proceso de extrusión, la mezcla de gas móvil y de partículas de polvo suministrada por el tubo de suministro de polvo / gas móvil 55 viaja a través del pasaje de polvo / gas 540 y se introduce o se lanza al interior 572 del cono de extrusión 570.b

A medida que la mezcla de gas / polvo entra en el cono de extrusión 570, partículas de polvo invaden el interior 572 del cono de extrusión caliente 570. El momento de las partículas hace que una parte significativa de las partículas se adhieran, incrusten, o bien se fijen mecánicamente al interior del producto extrudido caliente, en particular en el cono de extrusión 570. En ciertas aplicaciones, una parte del polvo se puede adherir a las fibras 22. Durante la extrusión, se puede usar el gas móvil para mantener la forma del cono de extrusión 570 durante la extrusión, y también sirve para transportar el polvo en el cono de extrusión 570.

Como se discutió anteriormente, una porción del polvo en partículas total lanzado a través de la boquilla 580 puede no ser mecánicamente fijada a la superficie interior del tubo extrudido. A medida que el cono de extrusión 570 se

cierra alrededor y se adhiere a las fibras 22 para formar el tubo 576, el polvo y el gas móvil no consumidos por el proceso se devuelven a través del conducto que sirve de guía para la fibra 514 en la dirección de la flecha 578. El gas móvil, y una porción del polvo no fijado son liberados a través del puerto de escape 528 en la pieza de escape 526 (Figura 5A). Una porción del polvo no fijado también puede ser transportada hacia delante en el tubo por las

5 fibras ópticas 22 y permanece suelta en el tubo. El puerto de escape 528 puede estar en comunicación con un filtro, tal como un filtro HEPA, un recipiente de recolección, u otros medios para recolectar el polvo no utilizado y/o el gas móvil no utilizado. Una porción del polvo no utilizado también puede ser transportado hacia adelante por las fibras ópticas 22.

De acuerdo con un aspecto de la invención, una boquilla 580 de área de sección transversal más pequeña (por ejemplo, un diámetro más pequeño) que el pasaje de polvo / gas 540 puede ser incluida en el extremo del pasaje 10 540 para acelerar el flujo de gas y polvo. La boquilla 580 puede ser construida, por ejemplo, para acelerar el flujo a velocidades de fase diluida, a medida que se descarga o lanza desde la salida de la boquilla. En el punto de salida o lanzamiento de la mezcla de gas / polvo desde la boquilla 580, el área de sección transversal interior del cono extrudido 570 es mucho mayor que el área de la sección transversal del pasaje de polvo / gas 540. El aumento en el

15 área de sección transversal que encuentra la mezcla de gas / polvo puede provocar que caiga la velocidad del gas por debajo de la velocidad de saltación, lo que puede causar que el polvo caiga fuera del gas de transporte. Sin embargo, se puede seleccionar el momento de las partículas de polvo para permitir que las partículas se desplacen una corta distancia a una velocidad mayor que la del gas y que se adhieran, incrusten o bien se fijen mecánicamente a la parte interior del cono de extrusión 570.

Con el fin de proporcionar una fijación adecuada de las partículas de polvo al tubo extrudido, la velocidad de la 20 mezcla de gas / polvo que sale de la boquilla 580 puede estar en el intervalo de 2 m/s a 100 m/s. Por ejemplo, para el polvo que tiene una distribución de tamaño de partícula como se muestra en la Tabla 1, una velocidad de flujo de al menos 20 m/s en la boquilla 580 imparte suficiente momento a las partículas de modo que al menos 40% de las partículas suministradas se fijen mecánicamente al producto extrudido fundido. La salida de la boquilla 580 puede 25 estar relativamente cerca de la superficie interior del cono de extrusión. Por ejemplo, la salida de la boquilla puede estar dentro de + / - 7 mm de la cara corriente abajo de la boquilla de extrusión 500.

Haciendo referencia a la Figura 5B, el punto de salida de la boquilla 580 puede ubicarse de manera que quede al ras o casi al ras (por ejemplo, dentro de $\pm 0,5$ mm) con el extremo de la punta de extrusión 512. En esta forma de 30 realización, el material en partículas que sale de la boquilla 580 conserva gran parte de su velocidad de lanzamiento a medida que golpea el cono de extrusión 570. Localizando la boquilla 580 muy cerca del cono de extrusión 570 se garantiza en consecuencia altas tasas de fijación para las partículas.

El montaje de suministro de polvo / gas móvil 510 y se puede construir el aparato de extrusión circundante, por ejemplo, de modo que se puede variar la posición axial relativa del cabezal de inyección 516 con respecto a la punta 35 de extrusión 512. El cabezal de inyección 516, por ejemplo, puede ser montado en forma roscada para variar la distancia con respecto a la cara del extremo corriente abajo de la punta de extrusión 512. Se puede variar la distancia D3 desde la boquilla 580 al extremo corriente abajo de la punta de extrusión 512, y en consecuencia la distancia de la boquilla 580 al producto extrudido. La punta de extrusión 512 puede ser también montada en forma roscada de manera que la punta de extrusión 512 y/o el cabezal de inyección 516 se puede trasladar axialmente con respecto al extremo corriente abajo del troquel de extrusión 500. Se puede variar por lo tanto la posición axial de la 40 boquilla 580 con respecto al troquel de extrusión 500 y con respecto a la punta de extrusión 512 para obtener las propiedades deseadas de lanzamiento para la mezcla de gas y material en partículas.

La disposición de la boquilla 580 con respecto a la superficie interior del tubo permite la aplicación específica del polvo al cono de extrusión 570. Como se muestra en la Figura 5B, las partículas de polvo tendrán su mayor momento a la salida de la boquilla 580, que está desplazado con respecto a las líneas centrales axiales del cono de 45 extrusión 570, las fibras ópticas 22, y el extremo del troquel de extrusión 500. Por consiguiente, una sección específica del interior de cono de extrusión 570 recibe la mayoría del material en partículas. Un ejemplo de aplicación específica de las partículas de polvo se discute más adelante con referencia a la Figura 11.

Ejemplo 3

Un proceso de extrusión utiliza el suministro de polvo / gas móvil 50 para proporcionar polvo y gas móvil al aparato 50 de extrusión ilustrado en las Figuras 5A y 5B. El suministro de polvo / gas móvil 50 proporciona una mezcla de polvo de SAP al pasaje de suministro de polvo / gas móvil 55 en el flujo de fase de línea, que tiene una velocidad de gas móvil en el intervalo de 3 - 20 m/s. El diámetro del orificio para el gas móvil 148 está entre 0,05 a 0,3 mm (área de sección transversal de aproximadamente 0,002 mm² y 0,07 mm²). Posteriormente, la mezcla de polvo / gas móvil es transportada al pasaje de polvo / gas 540, en donde es transportada en el flujo de fase de línea a una velocidad en el rango de 3 - 20 m/s. El tamaño promedio para el polvo está en el intervalo de aproximadamente 0 - 63 micrómetros, con una distribución de tamaño como se describe generalmente en la Tabla 1. La mezcla de gas móvil / polvo se lanza desde la boquilla 580 a una velocidad de al menos 20 m/s. Al menos 45% en peso del polvo suministrado al proceso se fija mecánicamente al tubo extrudido. Aproximadamente de 45 - 80% en peso del polvo en el tubo se fija mecánicamente. La concentración normalizada de polvo es menor a 0,01 gramos de polvo por 60 metro de tubo por milímetro cuadrado área de sección transversal interna del tubo.

Los métodos de extrusión discutidos anteriormente dan a conocer métodos para fijar mecánicamente las partículas al interior de un tubo extrudido durante el proceso de extrusión. Las Figuras 6A - 6D, 7A - 7D, y 8A - 8D son fotografías que ilustran diversos grados de fijación mecánica de las partículas de SAP al interior de un tubo. Las fotografías se obtuvieron usando un microscopio electrónico de barrido. Con el fin de obtener las fotografías, se cortó un montaje de fibra óptica en sentido longitudinal usando una hoja de afeitar, recubierta de carbono, y se fotografiaron en el microscopio electrónico de barrido con una inclinación de 55 grados. Las partículas 700 mostradas en las figuras se aplicaron usando un montaje de boquilla similar a la boquilla mostrada en las Figuras 5A y 5B.

Las Figuras 6A - 6D son una serie de fotografías de microscopio electrónico de barrido a diferentes aumentos de un tubo para un montaje de cable con una distribución de tamaño como se describe generalmente en la Tabla 1. En la fotografía, las partículas de SAP 700 fijadas mecánicamente son visibles tal cual están fijadas a la superficie interior 705 de un tubo 708. Las marcas de la fijación, o "huellas" 710 también son visibles. Las huellas 710 en la superficie interior 705 pueden indicar partes deformadas mecánicamente de la superficie interior, donde el técnico en fotografía ha eliminado las partículas fijadas para ilustrar la profundidad de las deformaciones de la superficie. El momento de las partículas 700 impartido por el lanzamiento desde la boquilla permitió que porciones de las partículas deformen la pared del tubo y se incrusten al menos parcialmente en la pared del tubo.

Las Figuras 7A - 7D son otra serie de fotografías de microscopio electrónico de barrido de un tubo para un montaje de cable a diferentes aumentos. Las partículas de SAP fijadas mecánicamente 700 y las huellas 710 son visibles en la superficie interior 705 del tubo 708.

Las Figuras 8A - 8D son otra serie de fotografías de microscopio electrónico de barrido de un tubo para un montaje de cables a diferentes aumentos. Las partículas de SAP fijadas mecánicamente 700 y las huellas 710 son visibles en la superficie interior 705 de un tubo 708.

Montajes de fibra óptica que tienen polvos fijados mecánicamente

Las Figuras 9 y 10, respectivamente, ilustran esquemáticamente una sección transversal y una vista en sección transversal longitudinal ampliada de un montaje de fibra óptica 800 (es decir, un montaje de tubo) que puede ser fabricado de acuerdo con los métodos descritos anteriormente. El montaje de fibra óptica 800 incluye un polvo hinchable en agua o mezcla de polvo 804 dentro de un tubo 805, y una pluralidad de fibras ópticas 822 que se extienden a través del tubo. Las fibras ópticas 822 discutidas en la presente memoria descriptiva pueden ser cualquier tipo adecuado de guía de onda óptica. Además, las fibras ópticas pueden ser una porción de una cinta de fibra óptica, un haz de fibra óptica o similar. En otras palabras, las fibras ópticas ilustradas 822 no están protegidas en forma ajustada, pero se pueden utilizar los métodos de la presente invención con fibras ópticas que tengan otras configuraciones, tales como protegidas en forma ajustada, en forma de cinta, en forma de hilo, etc. También se pueden construir cables que incorporan micromódulos de acuerdo con los principios de la presente invención, incluyendo los tubos de micromódulos, por ejemplo, polvo fijado en forma mecánica. Como se muestra, el polvo hinchable en agua 804, en términos generales, se representa como dispuesto alrededor de la superficie interna del tubo 805 con al menos una porción del mismo fijado mecánicamente a la pared interior del tubo. Además, el polvo hinchable en agua 804 se fija mecánicamente a un porcentaje relativamente pequeño de un área de la superficie de la pared interior del tubo. La presencia del polvo es casi transparente para el artilugio al mismo tiempo que es sorprendentemente efectivo en su desempeño para el bloqueo de agua.

El montaje 800 tiene una proporción relativamente alta de polvo hinchable en agua 804 fijado mecánicamente al mismo tiempo que es capaz de bloquear una cabeza de presión de un metro de agua corriente en una longitud de un metro durante veinticuatro horas. Como se utiliza aquí, "agua del grifo" se define como agua que tiene un nivel de salinidad del 1% o menos en peso. Del mismo modo, los montajes de tubos de fibra óptica divulgados aquí pueden bloquear también soluciones salinas hasta 3% en peso en un rango de 3 metros durante 24 horas, y el desempeño del bloqueo puede incluso detener la solución salina al 3% aproximadamente en un tramo de 1 metro por 24 horas, dependiendo del diseño. La fijación mecánica del polvo permite que una porción de una partícula fijada hinchable en agua sobresalga más allá de la superficie, de manera que si el agua entra en la cavidad pueda hacer contacto con la partícula. Se cree que después de que el agua hace contacto con la partícula hinchable en agua y se inicia el hinchamiento, algunas de las partículas se liberan de la superficie de tal manera que pueden hinchar completamente y/o moverse para formar un tapón que bloquea el agua con otras partículas.

El polvo hinchable en agua 804 está dispuesto dentro de un tubo extrudido que tiene una pared interior con un área superficial dada por metro de longitud. En una forma de realización, aproximadamente 30 por ciento o menos del área superficial de la pared interior del tubo tiene polvo hinchable en agua y/o mezclas de polvo fijadas mecánicamente a la misma, pero son posibles otros porcentajes, tales como 25 por ciento o menos. La fijación mecánica puede estar generalmente dispuesta de manera uniforme en el área superficial, tales como 30 por ciento o menos, de toda la superficie como se muestra.

Alternativamente, la fijación mecánica se puede concentrar en franjas longitudinales, tiras (ya sea interrumpidas o continuas) en la pared interior del tubo. Por ejemplo, se puede lograr 100 por ciento o menos, o más específicamente al menos 70% de fijación mecánica en una o más tiras que cubren 30 por ciento o menos del área

de la superficie, sustancialmente sin fijación mecánica en otros lugares, como se muestra esquemáticamente en la Figura 11. Se puede expresar que esta configuración puede ser, alternativamente, como una aplicación de polvo en un sector en arco del interior del tubo. Por ejemplo, arcos de 90 grados o menos, o 60 grados o menos pueden tener partículas de polvo mecánicamente aplicadas estando el resto del interior del tubo libre de partículas fijadas mecánicamente. Este tipo de fijación mecánica específica puede obtenerse, por ejemplo, proporcionando una extensión directa desde la boquilla 580 ilustrada en la Figura 5B de modo que el flujo de polvo incide en una región específica del cono extrudido 570.

La Figura 12 es una fotografía que muestra una vista ampliada (aproximadamente 50 veces) de la pared interior de un tubo extrudido que tiene polvo fijado mecánicamente a la misma por medio de los métodos discutidos anteriormente, observado mediante el uso del software de I-Solutions después de haber removido cualquier polvo o mezcla de polvo suelto hinchable en agua. La Figura 13 es la misma fotografía que se muestra en la Figura 12 con el polvo dentro de la región de interés 850 identificada utilizando el software para determinar el porcentaje de área superficial dentro de la región de interés 850 que está fijado mecánicamente a la misma. El software permite la medición del porcentaje de área de la superficie que tiene polvo fijado mecánicamente a la misma ya que la diferenciación de la escala de grises revela el área de la superficie que tiene polvo mecánicamente fijado a la misma en relación con la pared del tubo. Cuando se utiliza el software para determinar el porcentaje de área de la superficie que tiene fijación mecánica, se debe ajustar adecuadamente el umbral de iluminación para ver el contraste entre las zonas. La región de interés 850 que se muestra en la Figura 13 tiene el polvo fijado mecánicamente aproximadamente al 30 por ciento o menos de la región de interés 850 como se muestra. En otras formas de realización, el polvo se puede fijar mecánicamente al 25 por ciento o menos del área de la superficie. Además, a partir de la imagen se pueden observar el tamaño y la forma del polvo.

De acuerdo con un aspecto de las presentes formas de realización, se pueden utilizar niveles relativamente bajos de polvo para proporcionar una atenuación adecuada reducida de agua en los montajes ópticos. Por ejemplo, en los cables convencionales, se puede reunir y aglomerar una cantidad excesiva de polvo para el bloqueo del agua cuando se humedece. El polvo aglomerado puede alcanzar un tamaño tal que presiona contra una o más fibras ópticas e induce atenuación delta.

Un factor que puede afectar el desempeño óptico es el tamaño máximo de partícula, el tamaño promedio de partícula y/o la distribución del tamaño de partícula del polvo hinchable en agua, lo que puede afectar la microcurvatura si las fibras ópticas deben ponerse en contacto (es decir, presionar contra) con las partículas hinchable en agua. El tamaño promedio de partícula para el polvo hinchable en agua es preferiblemente de aproximadamente 150 micras o menos, pero son posibles otros tamaños promedio adecuados de partícula tales como 60 micras o menos. La persona capacitada en la materia entiende que, dado que el polvo se tamiza usando una malla de tamaño apropiado, tiene una distribución de tamaños de partícula. Por ejemplo, las partículas individuales pueden tener una relación de aspecto (es decir, más largo que ancho) que aún encaja a través de la malla del tamiz en una dirección y son más grandes que el tamaño promedio de partícula. El uso de SAP con un tamaño promedio máximo de partícula algo más grande aún puede proporcionar un rendimiento aceptable, pero utilizando un tamaño de partícula máximo más grande, aumenta la probabilidad de experimentar un aumento de los niveles de atenuación óptica. Un ejemplo de polvo hinchable en agua es un poliacrilato de sodio entrecruzado disponible a través de Evonik, Inc. de Greensboro, Carolina del Norte bajo el nombre comercial Cabloc GR-211. La distribución de las partículas para este polvo se da en la Tabla 1:

Tabla 1: Distribución de partículas para un polvo hinchable en agua explicativo

Tamaño de partícula	Porcentaje aproximado
Mayor a 63 micras	0,2 %
45 micras - 63 micras	25,7 %
25 micras - 44 micras	28,2 %
Menor a 25 micras	45,9%

Por supuesto, es posible el material en partículas incluyendo otros polvos, mezclas en polvo, y / u otras distribuciones de partículas. Otra poliacrilato de sodio entrecruzado adecuado está disponible a través de Absorbent Technologies, Inc. bajo el nombre comercial Aquakeep J550P, incluso otros tipos de materiales que se hinchan con el agua son también posibles. A modo de ejemplo, otro polvo adecuado hinchable en agua es un copolímero de acrilato y poliacrilamida, que es efectivo con soluciones salinas. Además, son posibles mezclas en polvo de dos o más materiales y/o polvos que se hinchan con el agua tales como la mezcla de un polvo hinchable en agua que se hincha lentamente y un polvo hinchable en agua que se hincha rápidamente. Del mismo modo, una mezcla de polvo hinchable en agua puede incluir un primer polvo hinchable en agua que es altamente efectivo para una solución salina y un segundo polvo hinchable en agua efectivo para agua del grifo. Las mezclas de polvos también pueden incluir componentes que no son inherentemente hinchables en agua. A modo de ejemplo, se pueden añadir

pequeñas cantidades de sílice, tales como, por ejemplo, una sílice de pirólisis, hasta un 3%, a un polvo hinchable en agua para mejorar las propiedades de flujo y/o la inhibición del apelmazamiento debido a la absorción de humedad. Además, los conceptos de la invención permiten el uso de otros tipos de partículas con o sin partículas hinchables en agua, tales como partículas retardantes de llama (por ejemplo, trihidrato de aluminio, hidróxido de magnesio, etc.), un lubricante seco tal como talco, grafito, boro, y/o similares.

Otro factor a considerar al seleccionar un material hinchable en agua es su capacidad de absorción. La capacidad de absorción es la cantidad de agua que una unidad de material hinchable en agua puede absorber y normalmente se mide en gramos de agua absorbidos por gramo de material hinchable en agua. En una forma de realización, el material hinchable en agua que se utiliza en los métodos descritos en la presente invención preferiblemente tiene una capacidad de absorción de al menos aproximadamente 100 gramos por gramo de material hinchable en agua, pero son posibles otros valores inferiores o superiores. Por ejemplo, el material hinchable en agua puede tener una capacidad de absorción de alrededor de 200 gramos o más por gramo de material, 300 gramos o más por gramo de material, o 400 gramos o más por gramo de material.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el polvo o mezcla de polvo utilizadas en los procesos descritos en este documento pueden inhibir la adherencia entre las fibras ópticas y el tubo sin necesidad de utilizar una capa de separación u otro material. Específicamente, los montajes de fibra óptica pueden tener problemas con las fibras ópticas en contacto y que se adhieren al tubo mientras está en estado fundido cuando es extrudido alrededor de las fibras ópticas. Si la fibra óptica se adhiere a la parte interior del tubo puede causar que se distorsione la trayectoria de las fibras ópticas (es decir, la fibra óptica está impedida de moverse en ese punto), lo que puede inducir niveles indeseables de atenuación óptica. Como se representa en las Figuras 9 y 10, el tubo 805 está dispuesto alrededor de las fibras ópticas 822 de montaje de fibra óptica 800 sin necesidad de utilizar un material adicional o componente como una capa de separación (por ejemplo, sin gel, grasa, hilo, cinta, etc.) para inhibir el contacto entre las fibras ópticas y el tubo fundido. Se inhibe la adhesión debido a que el polvo hinchable en agua es un material entrecruzado por lo que no promueve la adhesión al mismo a temperaturas típicas de extrusión. Por lo tanto, el polvo hinchable en agua 804 tiende a actuar como una capa de separación ya que inhibe que las fibras ópticas 822 se adhieran al tubo fundido durante la fabricación.

El polvo hinchable en agua 804 también actúa para reducir la fricción entre las fibras ópticas y las paredes del tubo o de la cavidad, actuando como una capa de deslizamiento. Los materiales en partículas actúan efectivamente como rodamientos de bolas entre las fibras ópticas 822 y la pared interior del tubo para reducir la fricción y para reducir la tensión en las fibras ópticas. Las fibras ópticas 822 también pueden incluir una capa externa tal como una tinta que tiene un lubricante adecuado para inhibir la adhesión de las fibras ópticas 822 al tubo 805 fundido durante la extrusión. El tubo 805 puede incluir uno o más materiales de relleno adecuados en el polímero, inhibiendo así la adherencia de las fibras ópticas con el tubo. Además, el uso de otros materiales poliméricos para el tubo tales como un PVC con alto contenido de relleno puede inhibir la adherencia de las fibras ópticas al tubo.

Los tubos extrudidos discutidos en esta memoria descriptiva se pueden construir usando cualquier material polimérico adecuado para el alojamiento y la protección de las fibras ópticas 822 en el mismo. Por ejemplo, el tubo 805 y los tubos discutidos en los métodos de extrusión pueden ser un polipropileno (PP), polietileno (PE), o mezclas de materiales tales como una mezcla de PE y acetato de vinil etileno (EVA). En otras formas de realización, el tubo 805 se forma a partir de un material retardante de la llama tal como polietileno retardante de llama, polipropileno retardante de llama, cloruro de polivinilo (PVC), o fluoruro de polivinilideno PVDF, formando de este modo una porción de un cable de fibra óptica retardante de llama. Sin embargo, el tubo 805 no tiene necesariamente que ser formado a partir de un material retardante de llama para la fabricación de un cable de fibra óptica retardante de llama. En aún otras formas de realizaciones, el tubo 805 puede comprender una funda delgada que es fácilmente desgarrable por el artillugio sin necesidad de herramientas. Por ejemplo, un tubo formado a partir de un material con alto contenido de relleno hace que sea fácilmente desgarrable por parte de un trabajador utilizando simplemente sus dedos para desgarrar el mismo. A modo de ejemplo, los tubos que son fácilmente desgarrables pueden incluir materiales de relleno, tales como material de tereftalato de polibutileno (PBT), un policarbonato y/o un polietileno (PE) y/o un acrilato de vinil etileno (EVA) u otras mezclas de los mismos que tienen rellenos tales como tiza, talco, o similares; sin embargo, son posibles otros materiales adecuados tales como acrilatos curables por UV. En términos generales, siendo iguales todas las otras cosas, el tubo 805 puede tener un diámetro interno ID menor en comparación con montajes de tubos secos que incluyen un hilo, cinta o trenza hinchable en agua (es decir, un soporte para el SAP) con las fibras ópticas. Esto es debido a que el tubo 805 no tiene que proporcionar el espacio tanto para las fibras ópticas como para el soporte del SAP (es decir, el(los) hilo(s) o cinta(s)); por consiguiente, el diámetro interior del tubo puede ser más pequeño. Un diámetro interno más pequeño también permite un diámetro exterior más pequeño, un montaje más flexible que tiene un radio de curvatura menor (que puede reducir el retorcimiento), menor peso por unidad de longitud, y longitudes mayores de cable sobre un carrete.

La Figura 14 es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica 900 fabricado de acuerdo con la presente invención. El cable comprende una pluralidad de subunidades 902 dispuestas alrededor de una pieza central de refuerzo 908 y encerrado dentro de una funda 920. Se dispone una capa retardante de fuego 924 sobre el interior de la funda 920, y se dispone una capa hinchable en agua 928 sobre el interior de la capa 924. Cada subunidad 902 tiene un tubo 940 que encierra una pluralidad de fibras ópticas 944. Los tubos 940 pueden ser extrudidos utilizando los métodos descritos en este documento, de tal manera que las partículas hinchables en agua

se incrusten en las superficies internas del tubo 948. Las subunidades 902 pueden tener niveles relativamente bajos de polvo hinchable en agua con concentraciones normalizadas de menos de 0,01, por ejemplo.

5 Muchas modificaciones y otras formas de realización de la presente invención, dentro del alcance de las reivindicaciones serán evidentes para aquellos capacitados en el arte. Por ejemplo, se pueden utilizar los conceptos de la presente invención con cualquier diseño adecuado de cable de fibra óptica y/o método de fabricación. Por ejemplo, las formas de realización mostradas pueden incluir otros componentes adecuados para el cable tales como una capa que sirve de armadura, elementos de acoplamiento, diferentes formas de sección transversal, o similares. Por lo tanto, se pretende que esta invención cubra estas modificaciones y formas de realización así como aquellas que también son evidentes para aquellos capacitados en el arte.

10

REIVINDICACIONES

1. Un método para la elaboración de un cable de fibra óptica, que comprende las etapas de:
proporcionar al menos una fibra (22) óptica en una dirección (12) del proceso;
extrudir un cono (570) de material polimérico que es atraído hacia abajo alrededor de la al menos una fibra óptica para formar un tubo (576, 902);
acelerar las partículas de polvo en un gas motriz a través de una boquilla (580), a lo largo de la dirección del proceso, hasta un interior del cono de extrusión donde las partículas de polvo tienen suficiente momento para colisionar con el interior (572) del cono de extrusión, en donde la aceleración es tal que al menos una porción de las partículas de polvo se unen mecánicamente al cono de extrusión con al menos una parte de las partículas unidas extendiéndose dentro o parcialmente incrustadas dentro del tubo; e
incluir el tubo con otros tales tubos (902) para formar el cable (900) de fibra óptica.
2. El método de la reivindicación 1, en donde las partículas de polvo se aceleran a una velocidad que corresponde al transporte en fase diluida por la boquilla.
3. El método de la reivindicación 1 o 2, en donde la unión de las partículas de polvo es tal que menos la totalidad del área superficial dentro del tubo está cubierta por las partículas de polvo.
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el gas motriz tiene un punto de rocío de 0 °C o menos.
5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además una etapa de devolver partículas de polvo y gas motriz, no consumidas por el tubo, a través de un contador (578) de paso (514) a la dirección del proceso.
6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las partículas de polvo comprenden un polímero superabsorbente, en donde las partículas de polvo tienen un tamaño promedio de partícula de aproximadamente 60 micrómetros o menos y en donde la capacidad de absorción de las partículas de polvo es al menos 100 gramos por gramo de las partículas de polvo.
7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las partículas de polvo comprenden partículas retardantes de llama.
8. Un cable de fibra óptica, que comprende:
fibras (22, 944) ópticas;
tubos (576, 902) formados a partir de un material polimérico, en donde cada uno de los tubos soporta subconjuntos de las fibras ópticas en su interior;
una funda (920) que tiene un interior que define una cavidad a través de la cual se extienden los tubos;
partículas de polvo dispuestas alrededor de una pared interior de cada uno de los tubos con al menos una porción de los mismos unidos mecánicamente a la pared interior de los tubos de tal manera que porciones de las partículas de polvo se alojan o incrustan en la pared interior, extendiéndose dentro de la pared interior, y otras porciones de las partículas de polvo sobresalen hacia fuera más allá de la superficie de la pared interior, en donde
la unión es tal que menos de la totalidad del área superficial de la pared interior del tubo está cubierta por las partículas de polvo,
la unión mecánica es tal que las partículas de polvo están generalmente dispuestas uniformemente sobre la superficie de la pared interior de cada tubo y
aproximadamente el 30 por ciento o menos del área superficial de la pared interior tiene partículas de polvo unidas mecánicamente a las mismas.
9. El cable de la reivindicación 8, en donde las partículas de polvo se sitúan directamente entre las fibras ópticas y el tubo respectivo de manera que las partículas de polvo actúan como una capa de separación que inhibe la adhesión entre las fibras ópticas y el tubo durante la fabricación del tubo, mientras que el tubo es fundido; y en donde las partículas de polvo actúan como una capa de deslizamiento entre las fibras ópticas y el tubo, reduciendo la fricción entre la pared interna del tubo y las fibras ópticas, por lo cual el tubo está libre de gel, grasa, hilo y cinta.
10. El cable de la reivindicación 8 o 9, en donde los tubos son tubos de ajuste sueltos, comprendiendo además el cable un elemento (908) de refuerzo central, en donde los tubos están dispuestos alrededor del elemento de refuerzo central.

11. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde las partículas de polvo comprenden polímero superabsorbente, en donde las partículas de polvo tienen un tamaño promedio de partícula de aproximadamente 60 micrómetros o menos y en donde la capacidad de absorción de las partículas de polvo es al menos 100 gramos por gramo de partículas de polvo.
- 5 12. El cable de la reivindicación 11, en donde el polímero superabsorbente comprende al menos uno de poliacrilato de sodio entrecruzado y un copolímero de acrilato y poliacrilamida.
13. El cable de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde las partículas de polvo comprenden partículas retardantes de llama.
- 10 14. El cable de la reivindicación 13, en donde las partículas retardantes de llama comprenden al menos uno de trihidrato de aluminio e hidróxido de magnesio.

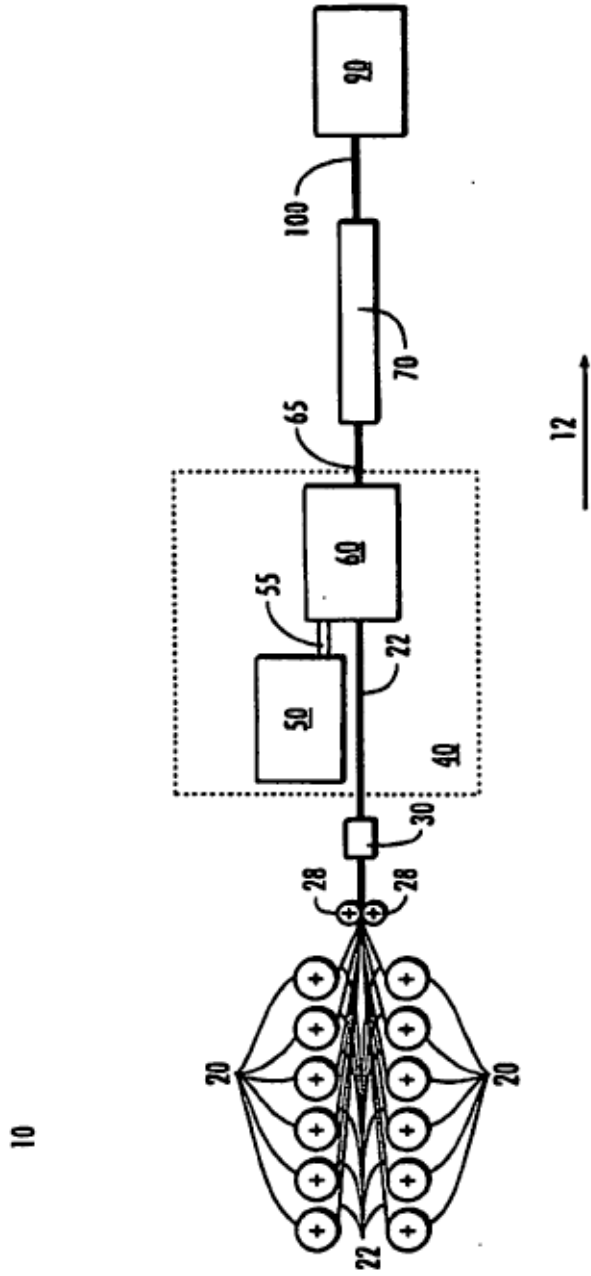


FIG. 1

108

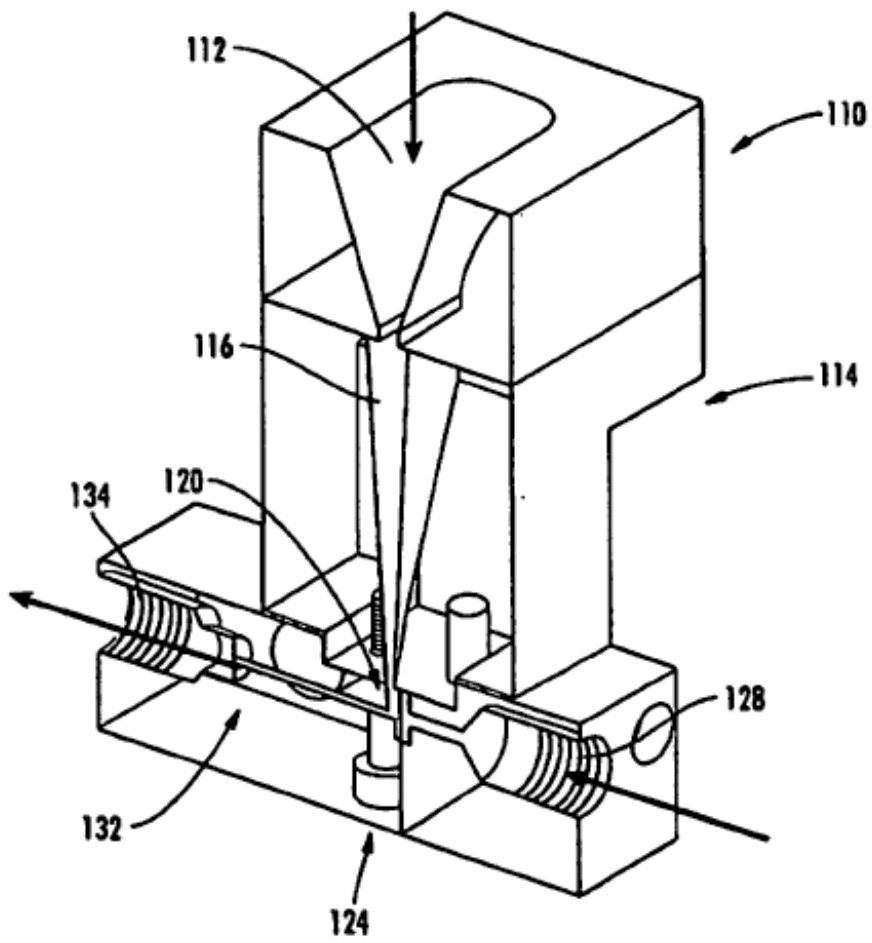


FIG. 2

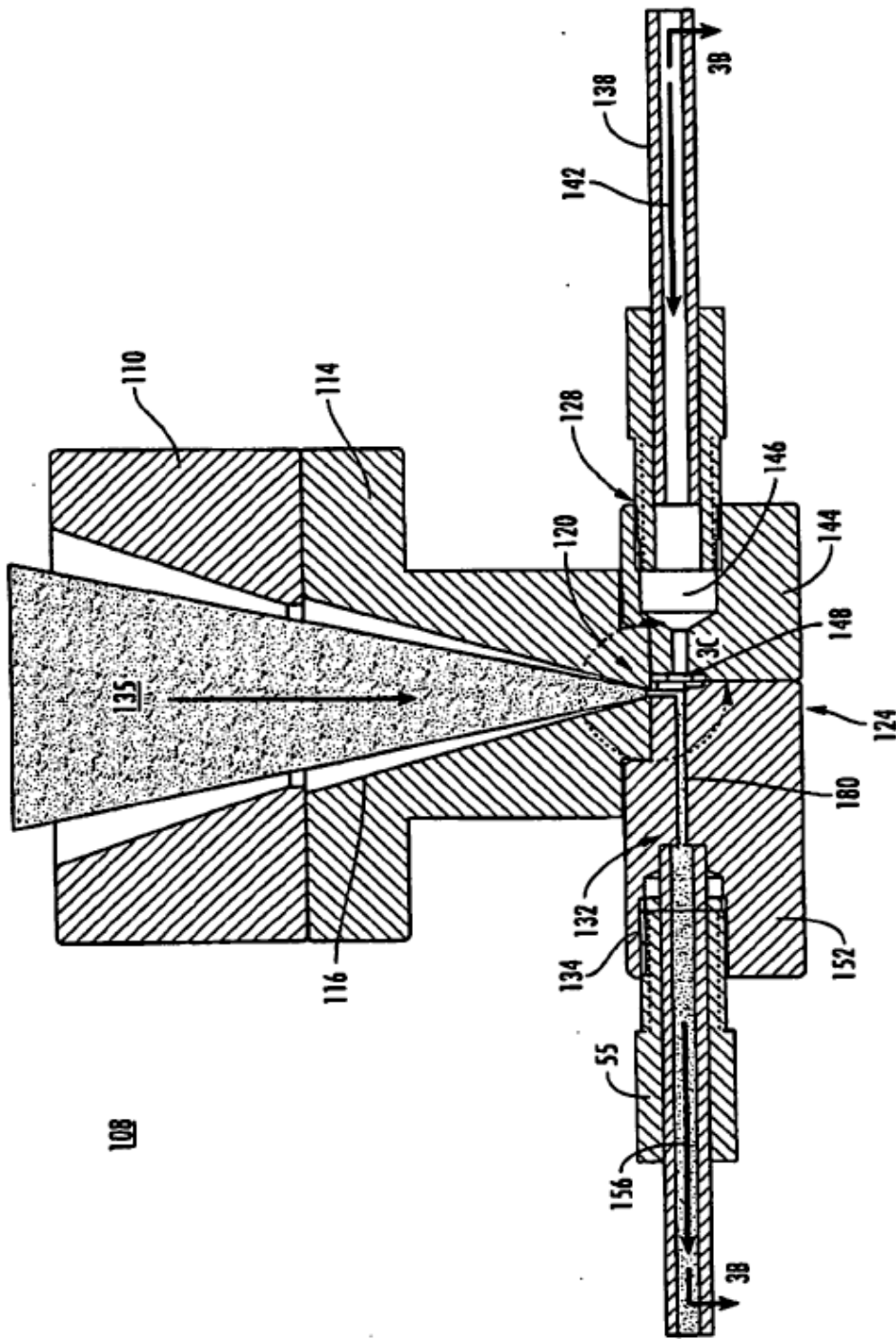
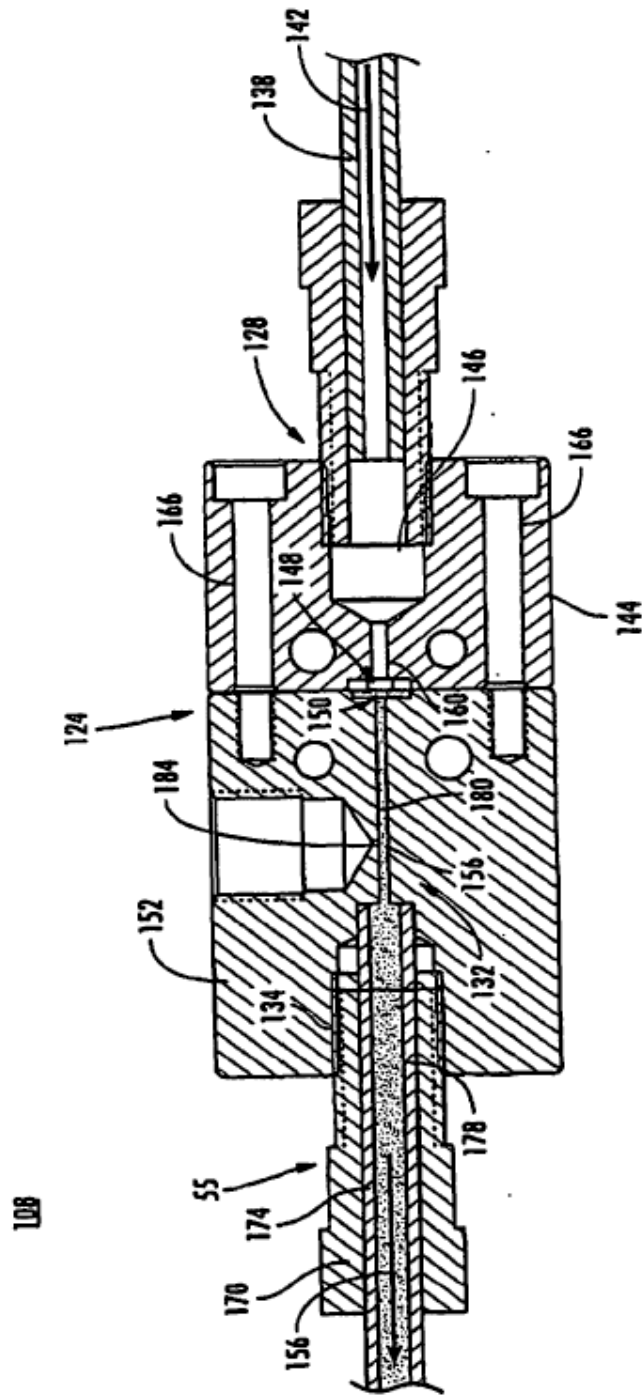


FIG. 3A



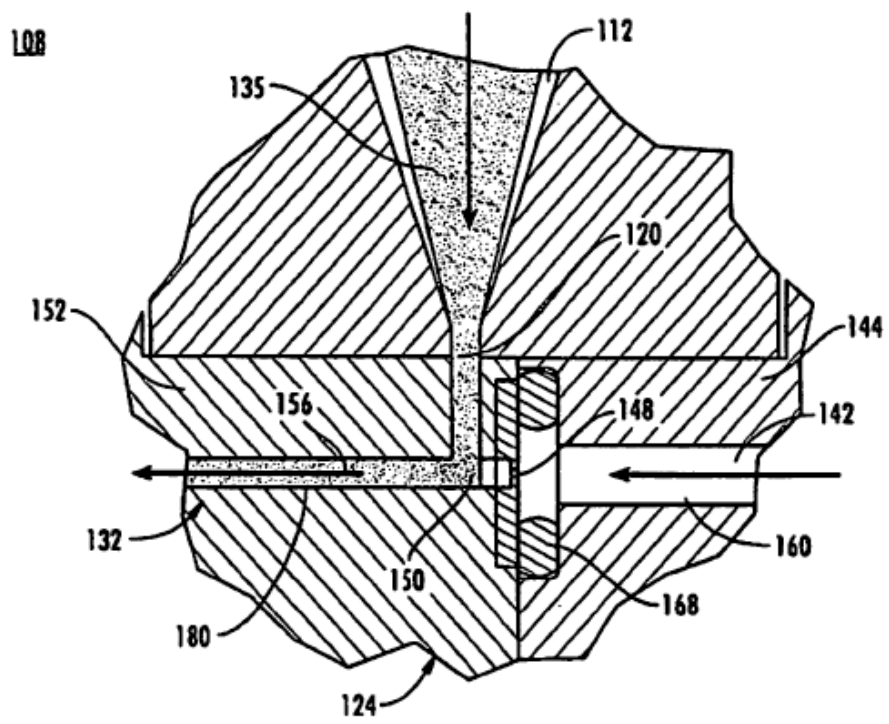


FIG. 3C

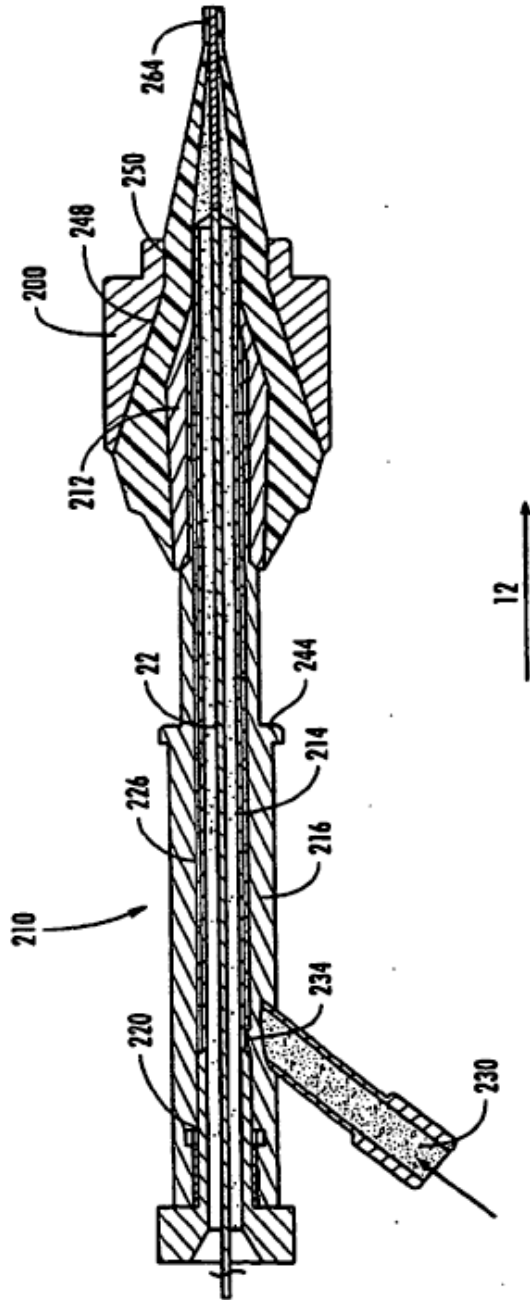
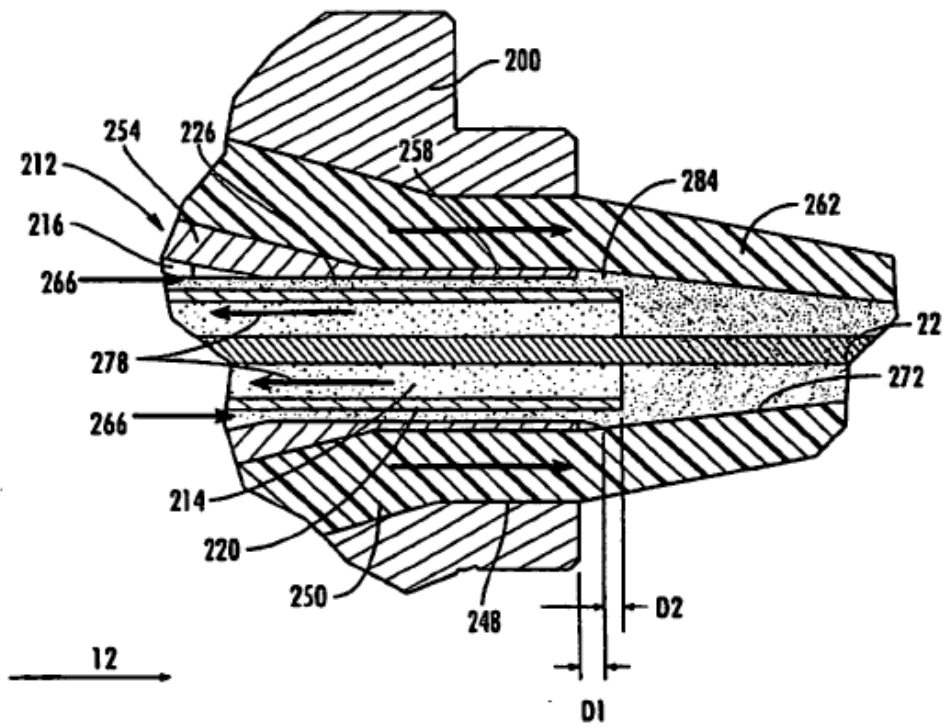


FIG. 4A



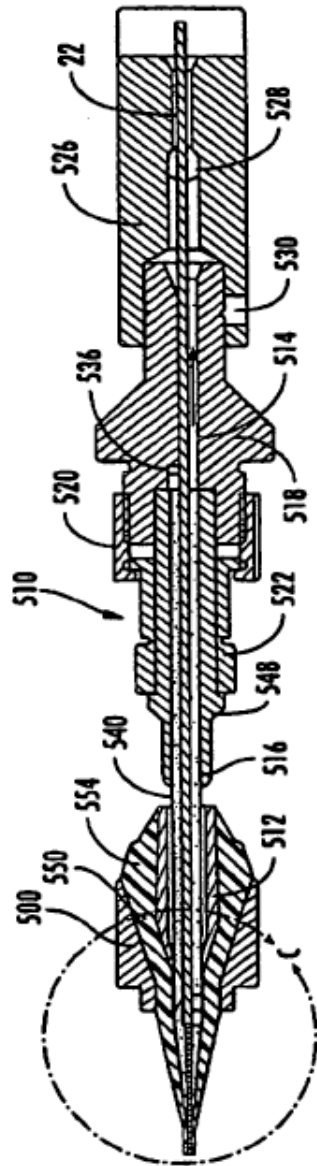


FIG. 5A

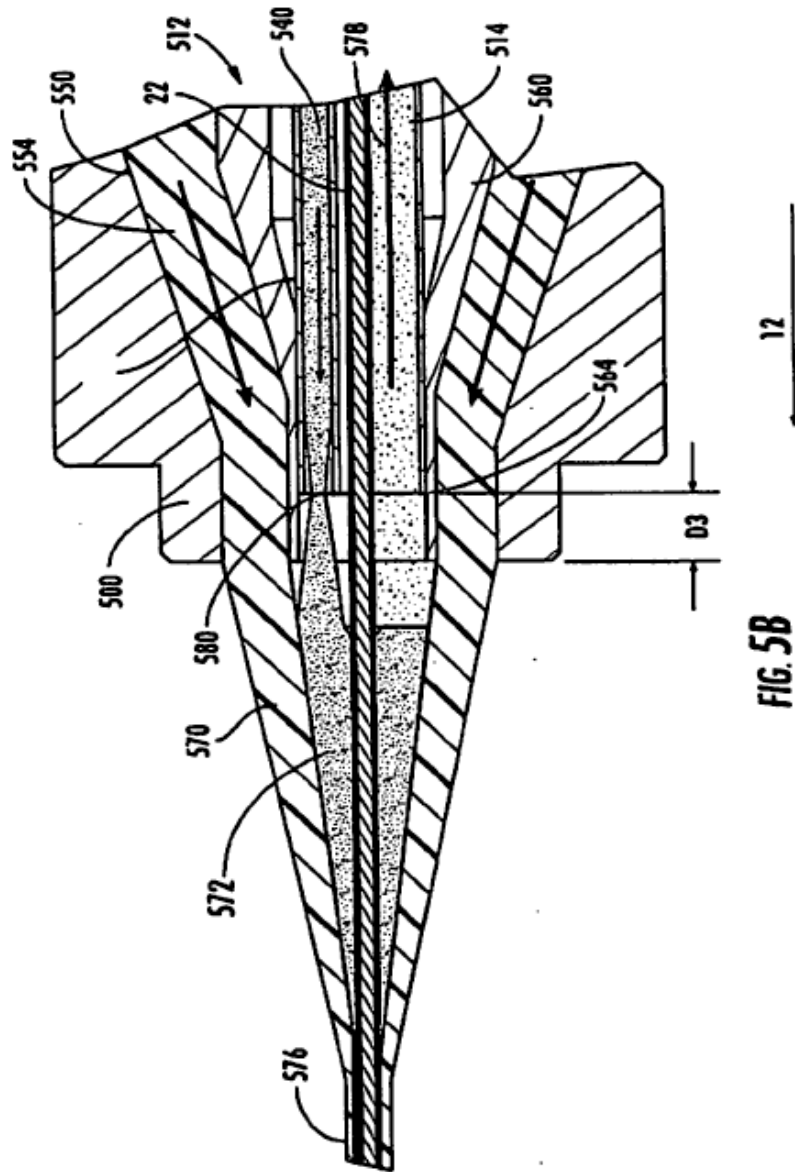
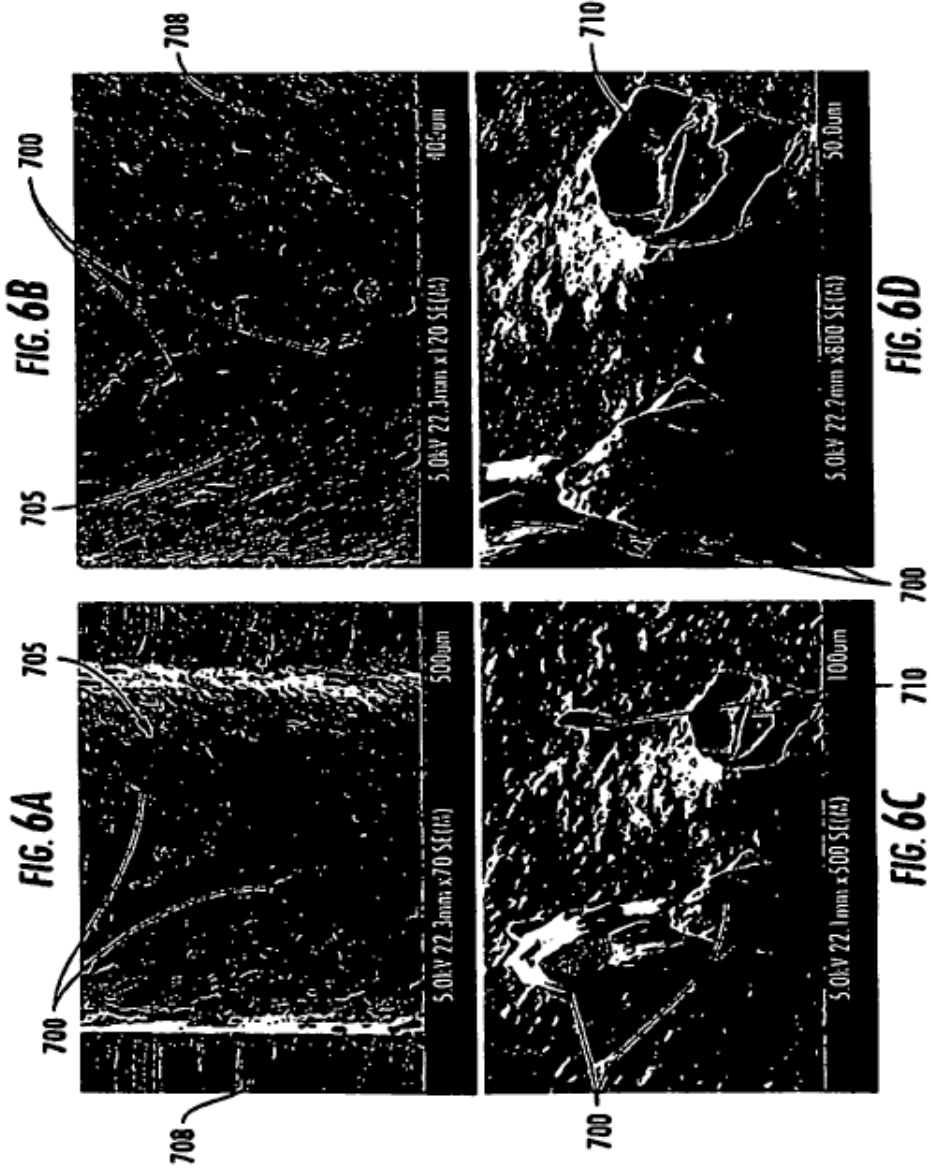
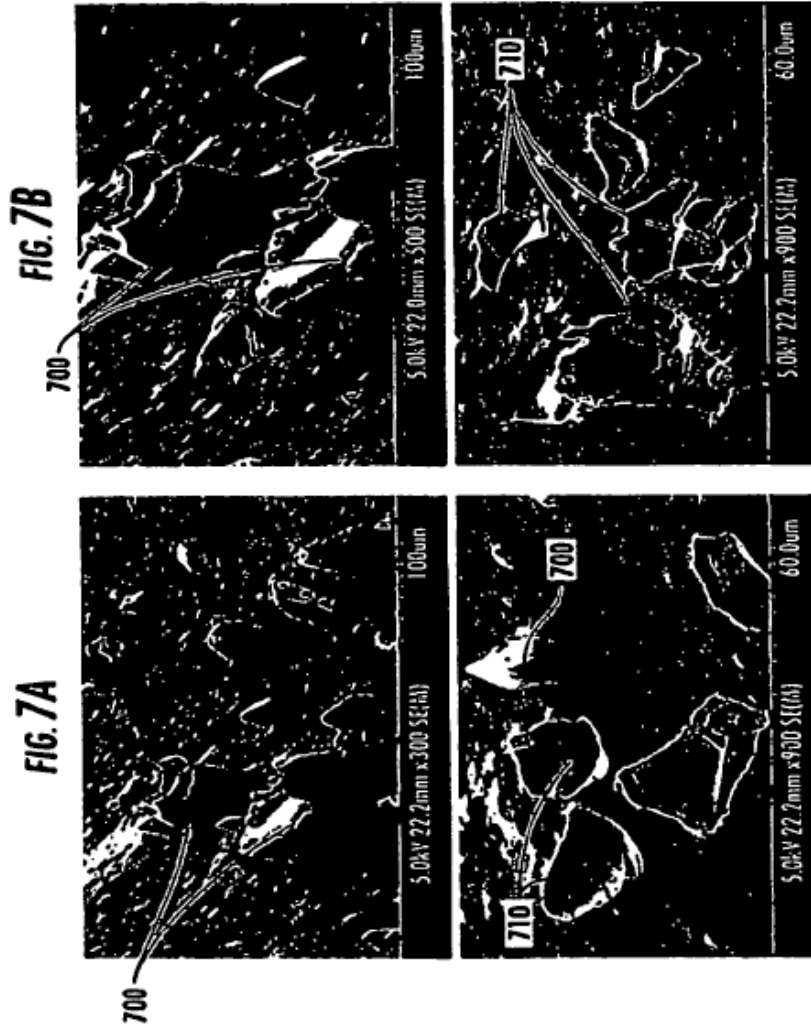
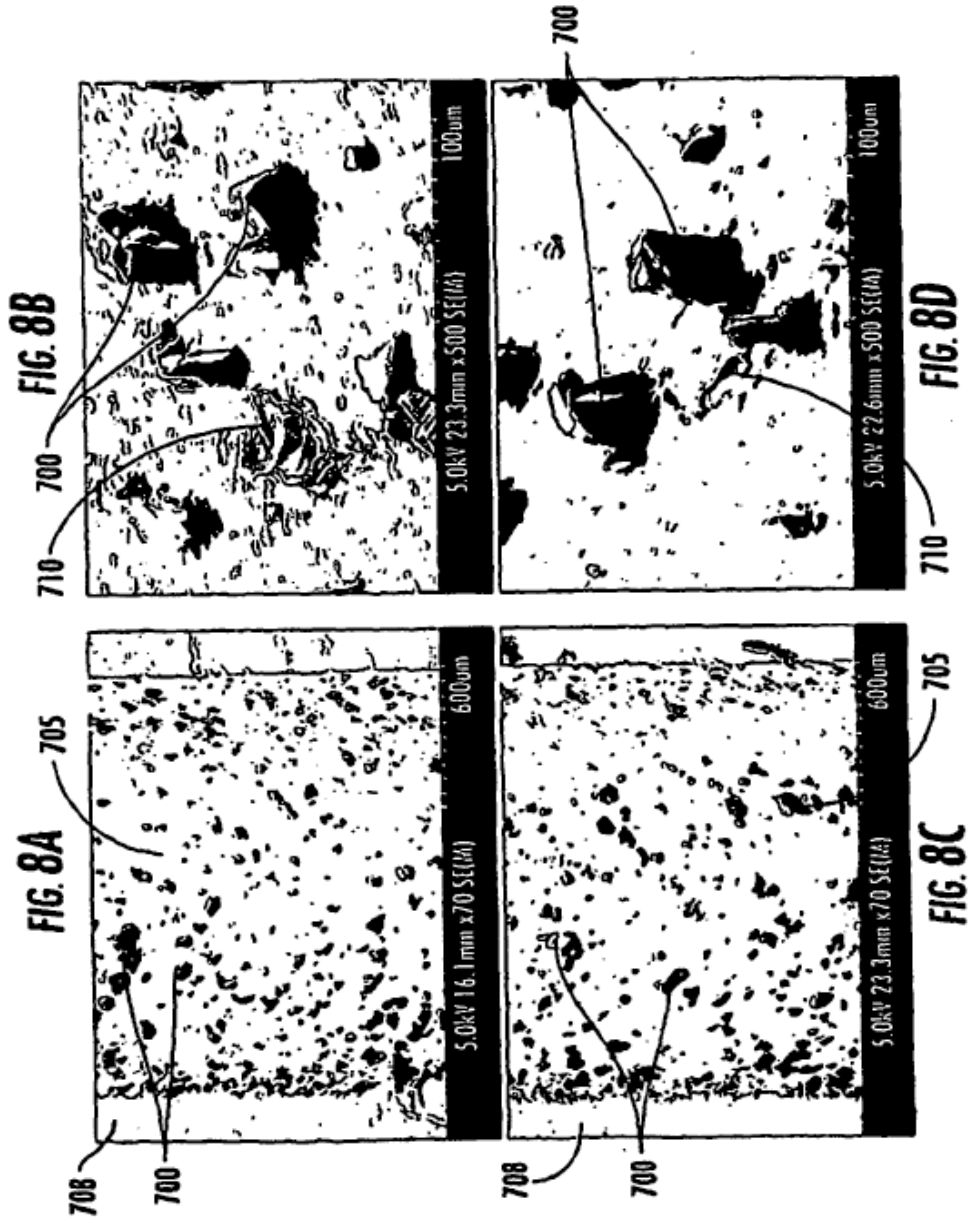
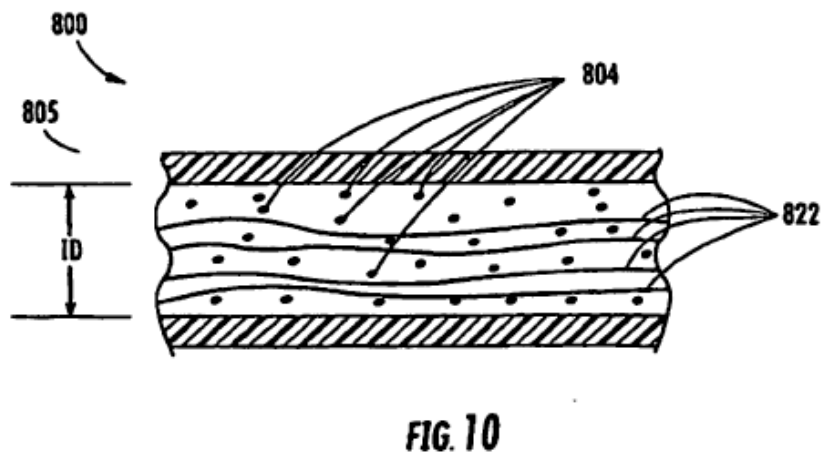
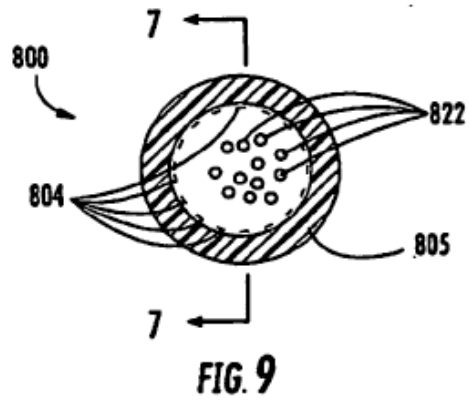


FIG. 5B









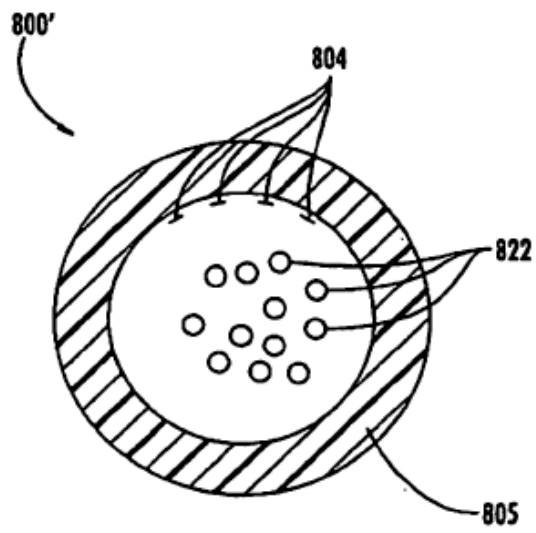


FIG. 11

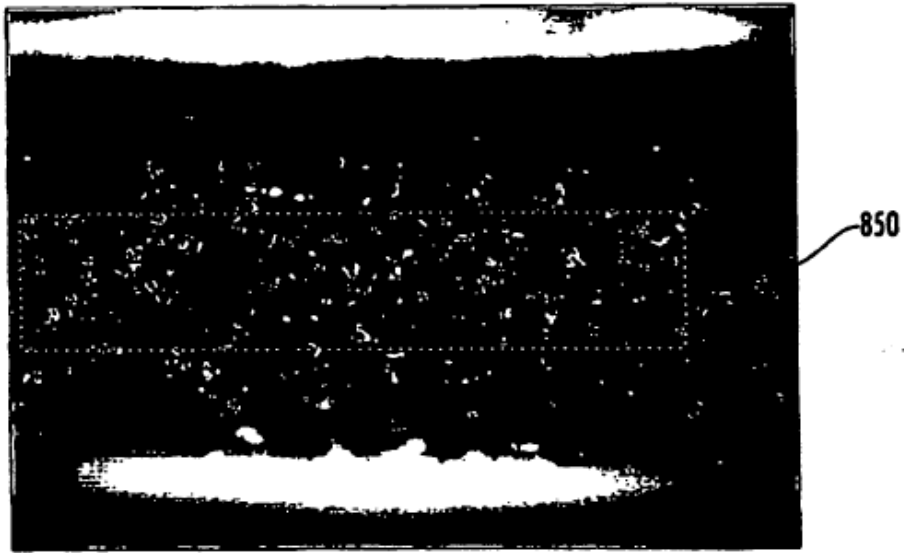


FIG. 12



FIG. 13

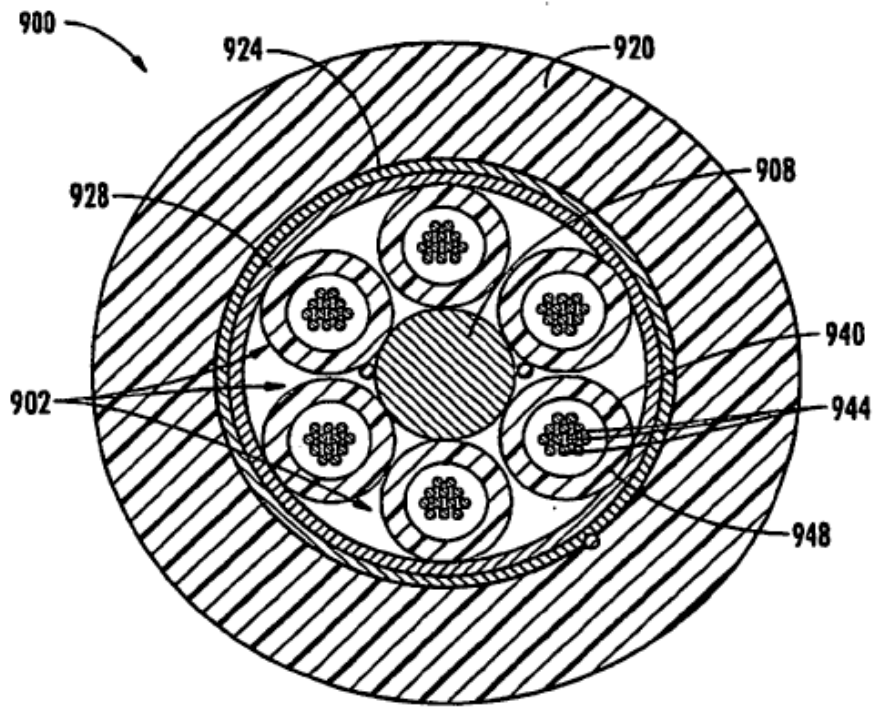


FIG. 14

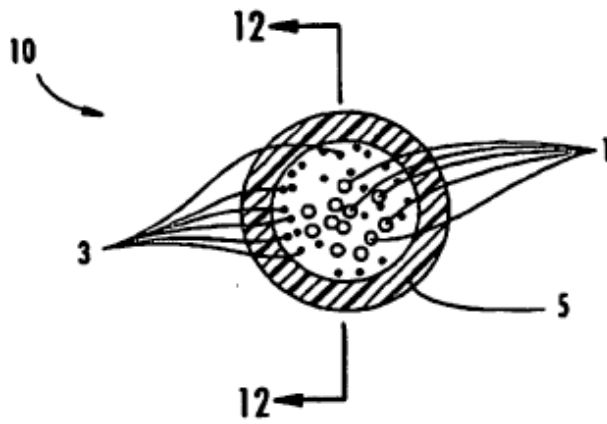


FIG. 15
(ESTADO DEL ARTE)

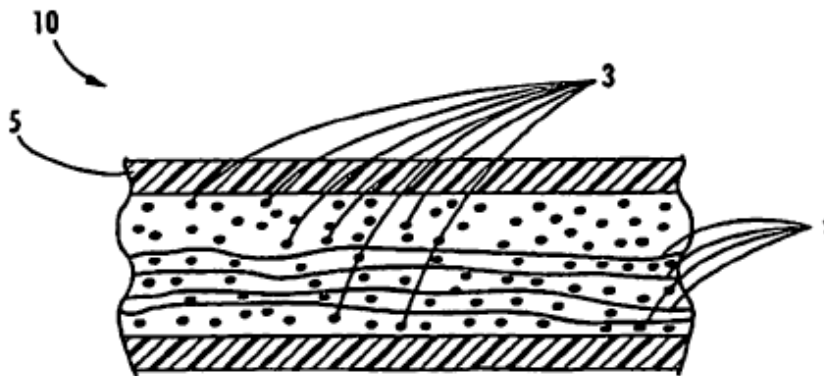


FIG. 16
(ESTADO DEL ARTE)