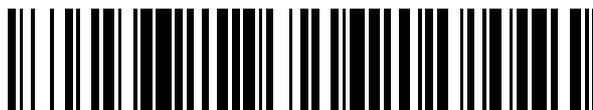


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 312**

51 Int. Cl.:  
**B29C 47/12** (2006.01)  
**B29C 47/00** (2006.01)  
**B29C 47/20** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **04806016 .4**  
96 Fecha de presentación: **10.12.2004**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1691964**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.08.2006**

54 Título: **MÉTODO PARA PRODUCIR PRODUCTOS CAPILARES.**

30 Prioridad:  
**12.12.2003 GB 0328855**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**14.12.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**14.12.2011**

73 Titular/es:  
**CAMBRIDGE ENTERPRISE LIMITED  
THE OLD SCHOOLS TRINITY LANE CAMBRIDGE  
CAMBRIDGESHIRE CB2 1TS, GB**

72 Inventor/es:  
**MACKLEY, Malcolm, R. y  
HALLMARK, Bart**

74 Agente: **Aznárez Urbieta, Pablo**

ES 2 370 312 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**

Método para producir productos capilares.

La presente invención se refiere a un método para elaborar un producto extruido que comprende una pluralidad de canales capilares en toda su longitud.

5 Es bien conocida la transformación de polímeros sintéticos en materiales alargados haciendo pasar el polímero, mientras está en estado blando o fundido, por el orificio de una boquilla. Estos procesos se conocen como moldeo por extrusión y se pueden aplicar a una amplia gama de materiales. Por ejemplo, el proceso de extrusión se puede aplicar a materiales fundidos o termoplásticos que se solidifican al enfriarse. El proceso de extrusión es especialmente aplicable en la extrusión de polímeros termoplásticos, tales como resinas de polialquileno, polietilenos, en particular polipropilenos, y aleaciones o mezclas de los mismos.

10 En general, el material a extrusionar se suministra en forma de un sólido particulado a un tubo cilíndrico llamado barril del aparato de extrusión y se alimenta a lo largo del barril mediante impulsión por un husillo o transportador de tornillo giratorio, un pistón de movimiento rectilíneo u otro medio de transporte positivo. Si es necesario, el barril puede calentarse o enfriarse para mantener el material en su interior a una temperatura óptima para la circulación de dicho material a su través. El material es empujado a través de un orificio situado en el extremo del barril, en general una boquilla intercambiable hecha de acero para herramientas o de otro material resistente al desgaste y que presenta un orificio cuya geometría transversal se corresponde sustancialmente con la de la forma que se va a producir. Por lo general, la sección transversal del barreno que forma la vía de fluido del producto extruido aguas abajo del barril va cambiando progresivamente hasta tener la forma del orificio de la boquilla. Preferiblemente tal cambio se produce de manera uniforme y la parte terminal del barreno puede tener una sección transversal sustancialmente uniforme que se corresponde con la del orificio situado en el extremo aguas abajo del mismo. Para mayor comodidad, el término boquilla se utilizará en lo que sigue para indicar la parte del equipo de extrusión por la que circula el producto extruido aguas abajo del barril; el término barreno de la boquilla se utilizará para indicar el paso interior de la boquilla a través del cual circula el producto extruido; y el término orificio de la boquilla se utilizará para indicar el orificio a través del cual circula el producto extruido desde el extremo aguas abajo del barreno. La boquilla se puede formar como elemento solidario al barreno y al orificio, que se fabrican o forman de otro modo como un componente metálico único. Alternativamente, la boquilla puede formarse en secciones, de forma que sólo la o las secciones terminales tengan que ser sustituidas para proporcionar la forma del orificio de la boquilla y, por tanto, del producto a cambiar.

15 La extrusión de fibras sintéticas es bien conocida en la industria textil, donde se utilizan hileras para extruir las fibras antes de tejerlas con el fin de transformarlas en un material tejido. Normalmente, estas fibras son sustancialmente cilíndricas, aunque también se conocen fibras sustancialmente triangulares. Para aumentar las propiedades aislantes de las fibras y para reducir la cantidad de material utilizado en su formación, es conocido el producir fibras en hileras con uno o más barrenos a lo largo.

20 Las fibras con un único barreno se forman utilizando un arrastre por gas dentro del extruido, tal como se muestra en la US 3.397.427. Este documento describe el uso de un único tubo de descarga de gas dentro del orificio de la boquilla, estando el tubo de descarga de gas situado en el centro del mismo.

25 Las fibras de múltiples barrenos también se conocen en la industria textil, aunque éstas se producen mediante el uso de huecos sin pespunte, como se describe en la EP 0 317 192 y en la US 3.585.684, donde se hace que varios elementos extruidos se unan por coalescencia poco después de salir del orificio de la boquilla. Tales boquillas deben ser diseñadas cuidadosamente para cada composición del producto extruido y con un caudal volumétrico específicos, ya que un aumento de volumen de la boquilla (un aumento de volumen del producto extruido a medida que sale del orificio de boquilla) puede hacer que los barrenos deseados en el interior del material varíen en tamaño, en cierre o se vuelvan inestables.

La US 2002/174663 describe una boquilla monobloque con una pluralidad de aberturas que crean un perfil multicanal.

30 La DE-B-30 22 313 describe una fibra semipermeable de múltiples huecos, caracterizada porque la fibra hueca tiene varias secciones huecas separadas que se extienden por toda su longitud y cada una presenta un agujero pasante a lo largo. Un método de fabricación utiliza una solución de una composición de alto peso molecular que se disuelve en un disolvente. La solución se extrusiona a través de varios anillos acanalados y los hilos así extruidos se fruncen en un estado en el que las fibras huecas se pueden conectar de forma activa.

35 La JP 11 090 192 describe una membrana hueca en forma de cinta adecuada para su uso en microfiltración y formada disponiendo dos o más vías de permeación huecas y circulares en sección transversal linealmente a intervalos regulares. La membrana se produce extrusionando la materia prima a partir de un agujero de colada acanalado que

forma una parte hueca en la sección transversal de la membrana. Se indica la anchura de la sección transversal de la membrana con (w) y el grosor con (t), cumpliéndose que  $2 \leq w/t \leq 100$ .

5 Según la presente invención, se proporciona un método para producir un producto extruido que comprende una pluralidad de canales capilares a lo largo de su longitud tal como se especifica en la reivindicación 1. Las características preferentes se especifican en las reivindicaciones dependientes.

10 Se ha encontrado que el problema del hinchamiento de la boquilla con la capilaridad se reduce o anula sustancialmente cuando se permite entrar al fluido en la capilaridad. Esto permite controlar con más precisión el alma de los capilares, de forma que pueda obtenerse un barreno de capilaridad pequeña de forma fiable. Se prevé se puedan producir capilaridades de entre 2 mm y 10 micras en una sola etapa del proceso de fusión. Sin embargo, se prevé una etapa posterior de procesamiento que podría producir capilares con un alma inferior a 1 micra. Se debe entender que los barrenos de los capilares también se pueden denominar microcapilares.

15 Es preferible que las salidas de la aguja se distribuyan sustancialmente de forma regular en el orificio de la boquilla, ya que esto ayuda a prevenir una mala distribución del producto extruido. Preferentemente cada salida de aguja está a una distancia prácticamente igual de otras salidas y del orificio de la boquilla. Por ejemplo, cuando el orificio de la boquilla es sustancialmente rectangular y el patrón predeterminado para las salidas de la aguja es una línea simple de salidas dentro del orificio, preferentemente la línea esté dispuesta sustancialmente en el centro del lado corto del rectángulo y las distancias entre las salidas de la aguja son sustancialmente idénticas a la distancia entre las salidas exteriores de la aguja y los bordes cortos del orificio y las líneas de salida y los bordes largos del orificio. La salida de la aguja puede tener cualquier tamaño adecuado, siendo preferente de entre 2 mm y 0,1 mm, especialmente de entre 0,6 mm y 0,2 mm. Por ejemplo, con un tamaño de salida de aguja de 0,3 mm, se pueden obtener fácilmente barrenos capilares de entre 200 micras y 20 micras en función de las condiciones de procesamiento.

20 Preferentemente la presión del fluido que entra en los capilares a través de las agujas es sustancialmente igual a la presión del medio en el que se extruye el producto extruido, ya que se ha comprobado que esto genera un producto extruido más estable. El flujo de material extruible arrastra el fluido en el capilar. El fluido que se permite entrar en los capilares será habitualmente aire a temperatura ambiente y bajo presión, aunque la extrusión puede llevarse a cabo en un baño líquido u otro entorno atípico. La fuente de fluido puede ser aire a temperatura ambiente y presión cuando el producto extruido se extruye en tal entorno y se puede extraer directamente de la atmósfera local. Sin embargo, debe entenderse que la fuente de fluido puede ser un gas inerte o un líquido, o una muestra gaseosa o líquida a quedar atrapado dentro de los capilares del producto extruido.

25 Preferentemente se emplea una bomba de engranajes para estabilizar el flujo de material a extrusionar entre la extrusora y la boquilla. Esto ayuda a reducir cualquier anomalía relacionada con el flujo que pueda surgir de las variaciones de funcionamiento de la extrusora.

30 La boquilla se utiliza para tomar la alimentación de material a la extrusora y cambiar la forma del flujo de material hasta que tenga la forma exterior deseada y pueda salir por el orificio de la boquilla, que sustancialmente tiene la forma exterior predeterminada. Se debe entender que, debido al aumento hinchamiento la boquilla, la forma exterior del producto extruido puede no corresponderse exactamente con la forma predeterminada del orificio. Preferentemente la boquilla es una boquilla convergente. La boquilla está formada preferentemente para asegurar que el flujo sobre las agujas sea sustancialmente regular, ya que ayuda a crear un producto extruido bien formado y regular.

35 Es preferible que el orificio de la boquilla sea sustancialmente rectangular para que la forma exterior resultante del producto extruido sea sustancialmente rectangular. Preferentemente las dimensiones del orificio rectangular son tales que el producto extruido es una lámina o película. Preferiblemente, el orificio rectangular tiene en su lado más largo una longitud al menos 5 veces mayor que la del lado corto. Preferiblemente, la relación es superior a 10, ya que esto permite que la película flexione más fácilmente. Se debe entender que el orificio puede tener cualquier forma adecuada, incluyendo de corona, cuadrado o círculo. Se ha observado que con una boquilla no circular, por ejemplo una boquilla rectangular, pueden aparecer efectos de borde que alteran la forma de los capilares en o cerca del borde de la película. Tal efecto de borde se puede anular con el uso de una boquilla anular, lo que es, en efecto, una película continua sin bordes. Una boquilla anular puede permitir que la producción de un producto extruido tenga mayor coherencia en cuanto a la forma y el tamaño de los capilares.

40 Para simplificar, el aparato se describirá ahora con referencia a la realización preferente, en la que la boquilla tiene un orificio sustancialmente rectangular donde está dispuesto un conjunto de salidas de aguja en una línea sustancialmente paralela al lado largo del rectángulo y sustancialmente en el centro de los lados cortos del orificio. Esto produce una película extruida con una pluralidad de capilares a lo largo de su longitud. Se debe entender que se pueden emplear diferentes conjuntos y formas de orificio.

5 Preferentemente las salidas de la aguja son sustancialmente circulares. Esta forma de salida es fácil de conformar, aunque se pueden utilizar otras formas si se desea. También es preferible que el cuerpo de cada aguja sea sustancialmente cilíndrico y alargado en un primer eje. Los cuerpos se disponen preferentemente de manera que el primer eje del cuerpo cilíndrico sea sustancialmente paralelo al flujo de material, ya que esto ofrece una baja resistencia al flujo de material y es sencillo de fabricar.

10 Se debe entender que la pluralidad de agujas se puede formar de manera individual, integral o en grupos de dos o más agujas. Por ejemplo, puede emplearse un monolito sólido de metal para formar una pluralidad de agujas. El monolito puede incluir orificios que lo atraviesan para formar las agujas que requiere la invención. Las agujas pueden incluir una entrada común, que luego se divide en una pluralidad de conductos que conducen a una pluralidad de salidas. Las salidas de las agujas desde el monolito pueden sobresalir del monolito, permitiendo al producto extruido circular alrededor del saliente antes de extraer el gas de la salida o puede no haber saliente. El producto extruido circulará alrededor del monolito y arrastrará el gas a través de las salidas, tal como se ha descrito anteriormente.

15 Aunque se ha mencionado anteriormente que el hinchamiento de la boquilla dentro de los capilares se reduce o anula sustancialmente, todavía se produce en la salida de la boquilla. La forma exterior del producto extruido aumentará a medida que sale del orificio. En el caso de una película, se ha encontrado que el hinchamiento es mayor a lo largo del eje corto del orificio rectangular que a lo largo del eje largo. El resultado es que los capilares sustancialmente circulares que están dentro del producto extruido antes del hinchamiento se deforman y transforman en una forma elíptica, con el eje largo sustancialmente paralelo al eje corto de la sección transversal rectangular de la película. Se debe entender que, con variaciones en la forma de la salida y en el procesamiento, la sección transversal de los capilares puede cambiar.

20 Preferentemente el producto extruido se aleja del orificio a una velocidad mayor que la velocidad a la que se produce. El coeficiente de elongación es la relación entre la tasa de producción del producto extruido y la velocidad a la que se retira el producto extruido. Para ciertos coeficientes de elongación (entre 16 y 20) se desprende que domina el efecto de hinchamiento de la boquilla y los capilares son sustancialmente elípticos.

25 A mayores coeficientes de elongación (por encima de 30), domina el cambio en la geometría debido al estiramiento del producto extruido. Como se ha mostrado en la literatura, durante el estiramiento de un producto extruido que tiene una sección transversal rectangular, la longitud del eje corto disminuye a un ritmo mayor que la longitud del eje largo del producto extruido y, por tanto, los capilares se deforman para formar capilares sustancialmente elípticos cuyo eje largo es básicamente paralelo al eje largo de la sección transversal rectangular. El proceso de estiramiento normalmente reduce todas las dimensiones en sección transversal del producto extruido y, por tanto, reduce las dimensiones de los capilares en el producto.

35 También se ha encontrado que es posible seguir procesando el producto extruido después de la elongación. Este proceso posterior puede ser un estirado en frío o un estirado en caliente a temperatura elevada. Se ha encontrado que el estirado en frío puede reducir las dimensiones del producto entre dos y tres veces y es de esperar una mayor reducción cuando se utiliza un estirado en caliente.

El aparato y un proceso que utiliza el aparato es capaz de producir un producto extruido en sección rectangular con múltiples capilares a lo largo de su longitud.

40 Aquí se obtienen productos extruidos de múltiples capilares elípticos con una longitud de eje mayor de alrededor de 65  $\mu\text{m}$  y una longitud de eje menor de 35  $\mu\text{m}$ . Cabe señalar que la proporción dimensional y el diámetro medio del capilar pueden variar por cambios en las condiciones del proceso.

Se produjo una longitud de aproximadamente veinte metros de producto extruido y se seccionó cinco veces a intervalos iguales de longitud y el producto se observó bajo un microscopio electrónico de barrido. Esto reveló que los capilares cambiaron sus dimensiones no más de aproximadamente 10% a lo largo de su longitud.

45 Con ciertos polímeros, por ejemplo LLDPE, se consigue un alto grado de transparencia óptica a pesar de cualquier contenido cristalino presente en el polímero. Un aumento total, o al menos significativo del nivel de transparencia óptica se puede lograr mediante el uso de un polímero amorfo, tal como poliestireno. También es posible utilizar polímeros solubles en agua en este proceso.

Se proponen varias aplicaciones para el producto extruido de película. Estas áreas incluyen

1. Análisis de ADN – electroforesis capilar

Arvidsson y col. explican en su patente US 6322682 un método para usar capilares plásticos en lugar de tubos de sílice fundida para la electroforesis capilar de ADN. Las principales ventajas que se encontraron para las fibras huecas de polipropileno eran su transparencia a la radiación EM y UV visible y cercana, junto con una fragilidad reducida.

5 En la patente se describe el uso de fibras huecas poliméricas recubiertas fdr forma hidrofóbica. Su longitud es de aproximadamente 120 cm, con un barreno interno de 65  $\mu\text{m}$ . Estas dimensiones son fáciles de fabricar usando un aparato como el que se ha mencionado anteriormente.

10 Un producto extruido microcapilar de tipo película puede incluir una serie de capilares paralelos equiespaciados, que pueden utilizarse para analizar muestras en paralelo. Las superficies externas de la película pueden ser prácticamente planas en lugar de cilíndricas, ya que aparece una menor refracción de la radiación electromagnética incidente cuando se analizan las muestras. Los canales internos pueden ser elípticos con el eje mayor orientado en la dirección transversal del producto extruido. De nuevo, esto puede reducir la cantidad de refracción de radiación electromagnética de entrada, permitiendo una mejor visualización de los contenidos capilares. Una película también puede proporcionar una geometría más fácil a la que conectar los electrodos.

## 2. Aplicaciones de transferencia de calor

15 Cuando una mezcla de un material termoplástico (por ejemplo polietileno) junto con una carga de alta conducción térmica (por ejemplo negro de humo) se transforma en un producto extruido microcapilar, se permitiría la fabricación de dispositivos de intercambio de calor planos. Las escalas de longitud a las que se podrían fabricar estos dispositivos oscilarían entre dispositivos submilimétricos y decenas de láminas de centímetros de ancho.

20 Las áreas de aplicación para este tipo de dispositivos pueden ser muy amplias debido a la facilidad con la que se puede unir una película plana a una fuente o disipador de calor. Por ejemplo, la eliminación del calor de circuitos integrados (ICs). En la actualidad, la mayoría de los circuitos integrados se basan en la convección forzada para su refrigeración, en general en forma de un disipador de calor metálico unido al dispositivo, con un ventilador que sopla aire sobre el mismo. Gracias a un aumento de la disipación de potencia para los dispositivos de alta velocidad y la unidad de intensificar circuitos, los intercambiadores de calor microcapilares permiten disipar calor de una manera menos voluminosa y más silenciosa. En lugar de un ventilador, se necesitaría un termofluido (preferentemente de aislamiento eléctrico) y un medio de circulación del mismo sobre una superficie de transferencia de calor externa. Una película de microcapilares unida al exterior de una envuelta también podría desempeñar esta función.

30 El producto de película también puede ser adecuado para aplicaciones que requieran un intercambio de calor superficial y donde el espacio es limitado, aquí no serían adecuados los dispositivos de intercambio de calor debido a las limitaciones de espacio. La naturaleza plana y delgada de la película puede facilitar la adherencia sobre una superficie y procurar una inercia térmica casi insignificante.

35 Cualquier aplicación que requiera intercambio de calor en superficies que normalmente no se prestan a ser superficies de intercambio de calor, por ejemplo papel pintado, pueden ser aplicaciones adecuadas para el producto de tipo película. El material es ligero, resistente y capaz de soportar las temperaturas de un sistema de calefacción doméstico para el invierno y también las temperaturas reducidas de una superficie de refrigeración o disipador de calor, para el verano.

Podría emplearse una agrupación de microcapilares (ya sea como una única película o un laminado) como intercambiador de calor para caudales medianos, por ejemplo en el uso del calentamiento de fluidos iv antes de la transfusión a un paciente.

40 Se ha encontrado que es posible laminar dos o más películas juntas. Por ejemplo, para laminar dos películas de LLDPE juntas, las películas se pueden calentar a 119°C y comprimir juntas con una fuerza de 9,8 N durante 3 minutos. Si la temperatura, el tiempo o la fuerza son demasiado pequeños, la fusión de las películas para formar el laminado no se produce. Si la temperatura, el tiempo o la fuerza son demasiado grandes, las películas se funden, aunque es probable que los canales capilares se cierren.

## 45 3. Aplicaciones en el transporte de fluidos

Las áreas de aplicación en referencia al transporte de fluidos son bastante numerosas. Para el uso líquido, la pérdida de presión por una parte del producto extruido sería significativa y esto podría aprovecharse en algunas aplicaciones. Para la circulación de fluido con pocas pérdidas de presión, sería factible el uso de gases.

50 Se prevé que se pueden encontrar aplicaciones para el transporte de fluidos de un conjunto de equipos microfluídicos a otro en un método análogo al del cable plano en equipos electrónicos. La posibilidad de transportar muchas corrientes

de fluido en paralelo es una clara ventaja de ahorro de espacio, junto con la posibilidad de mantener cada corriente bajo idénticas condiciones térmicas. La regularidad del conjunto de capilares en la película plana también permitiría el desarrollo de un conector análogo a los conectores terminales que se utilizan en los cables planos. Un conjunto de dispositivos de tipo aguja podrían perforar los tubos y una pinza de compresión adecuada podría sellar después los extremos para detener la fuga de líquido.

El producto extruido de película hecho de un material adecuado podría utilizarse como parte de una bomba peristáltica, que permite un bombeo y una dosificación muy precisos, de pequeñas cantidades de fluido. La ventaja que un producto extruido plano tendría sobre las fibras huecas convencionales es la facilidad de instalación dentro de la bomba, ya que el producto extruido microcapilar plano se puede colocar de manera fácil y reproducible dentro de la bomba y proporcionar una buena superficie de contacto con las piezas giratorias. Esto proporciona al usuario las ventajas de manejar algo relativamente grande (el producto extruido multicapilar en su conjunto), conservando al mismo tiempo las ventajas de tener tubos muy pequeños (los capilares integrados en el producto extruido).

El producto de película también podría utilizarse para formar un dispositivo que podría utilizarse para "goteo a demanda". Una parte del producto extruido de tipo película podría llenarse de un líquido de trabajo (tinta, perfume, medicamentos, reactivos) que se mantendría dentro de los capilares debido a la presión necesaria para producir un flujo y fuerzas capilares. Es decir, una vez que una parte de los microcapilares se llena de fluido, el fluido no desagua de los capilares y quedaría sometido a una escasa evaporación debido a la pequeña área de superficie del canal que se muestra al mundo exterior.

Si a continuación se aplicase un pulso de presión de la magnitud adecuada a los microcapilares, podría forzarse después al líquido a que saliera de los capilares, gota a gota, de manera controlada.

El producto extruido de película podría utilizarse como tubo de columna cromatográfica. Una posible ventaja es que podría identificarse una fase estacionaria adecuada y mezclarse con el polímero cuando estuviera en forma de bolas o podría fabricarse *in situ* utilizando el proceso para arrastrar un gas reactivo en lugar de aire, formando así una fase estacionaria. Ambas técnicas pueden dar lugar a la producción de una columna de cromatografía con una fase estacionaria ya existente.

El producto de película podría utilizarse de manera eficaz como tubería neumática para robótica a pequeña y mediana escala (entre otras aplicaciones). El uso de un producto extruido multicanal de tipo película podría permitir que las señales neumáticas pasaran de un conjunto de controladores a sus respectivos accionadores de manera muy efectiva, del mismo modo que un cable plano permite la comunicación eléctrica entre las partes constitutivas de un circuito.

#### 4. Aplicaciones como micro-reactor

El producto extruido de película podría utilizarse en la fabricación de micro-reactores. En la actualidad, uno de los métodos con el que se logra esto es mediante el grabado de finas placas de vidrio para producir un canal abierto. Una placa de recubrimiento se une después a la parte superior de la placa grabada para formar un canal cerrado de dimensiones de microescalas conocidas. El producto de película podría ser tanto un modo de reducir el coste de fabricación de los micro-reactores como de aumentar su solidez.

El producto de película ofrece la posibilidad de tener una serie de canales de flujo sólidos, paralelos, regularmente separados y cercanos entre sí.

El método de fabricación descrito anteriormente permite la creación de canales de flujo no circulares. Una elipse muy alargada es una posible geometría de flujo en la que, si el eje mayor se encuentra situado a lo largo de la anchura de la película, tendría muy poca curvatura en cada uno de los lados más largos. Esto minimizaría los efectos de refracción que se pueden encontrar en fibras huecas circulares cuando se comprueba visualmente la naturaleza de la muestra contenida en los capilares. Además, la posibilidad de crear canales de flujo en polímeros en lugar de dentro de cristal puede abrir el camino para mejorar la espectrometría UV, ya que algunos polímeros no absorben estas longitudes de onda.

El uso de un gas reactivo, en lugar de aire, como fuente de fluido en la fabricación del producto extruido puede producir un revestimiento en la superficie de revestimiento interna. Sería posible producir un revestimiento hidrofóbico graduado que podría mejorar la acción capilar debido a un desequilibrio de fuerzas resultante entre el avance y el retroceso de diferentes ángulos de contacto. También sería posible la formación de revestimientos catalíticos de este modo.

Si se utilizara un polímero altamente cargado, por ejemplo polietileno cargado con alúmina, se podrían obtener productos extruidos con propiedades catalíticas. Estos se podrían utilizar además de manera que hubiera suficiente alúmina en la superficie capilar manteniendo la matriz polimérica en su lugar o sería posible formar una cerámica con

plantilla capilar quemando la matriz de polímero circundante y sinterizando la cerámica. Se tendría que tener cuidado de evitar la destrucción del producto durante este proceso.

#### 5. Otras aplicaciones biomédicas

5 Si se pudiera encapsular un medicamento en una sección porosa del producto extruido y unir a una superficie adhesiva, se podría colocar después en la piel (o incluso debajo de la misma) para permitir el suministro controlado del medicamento al cuerpo. La ventaja de una película en lugar de una fibra hueca sería la facilidad de aplicación y la ventaja de utilizar un producto extruido poroso en vez un medio más convencional, la posibilidad de controlar el tamaño de los poros y, por tanto, de la dosificación.

10 Se podría colocar un electrolito en una longitud del producto extruido microcapilar para permitir la comunicación de señales eléctricas a lo largo del mismo. Del mismo modo que un cable plano permite que pasen muchas señales por un cable, una sección del producto extruido podría realizar una tarea similar en ausencia de compuestos metálicos y con materiales completamente biocompatibles. Tener una cinta "plana" de producto extruido en lugar de un haz de fibras huecas, permitiría una conexión fácil de cada capilar con su electrolito asociado.

15 Puede ser posible utilizar una película porosa de producto extruido como medio de intercambio gas-sangre o, en otras palabras, realizar la función de un capilar biológico. Esto podría aplicarse en implantes o más probablemente en el crecimiento de tejidos en laboratorio.

#### 6. Aplicaciones de encapsulación de líquidos

20 La posibilidad de poder termosellar o soldar secciones termoplásticas juntas puede proporcionar medios de formar "paquetes" de fluidos encapsulados en una sección del producto extruido. El líquido encapsulado podría ser muy diverso, aunque las áreas donde los productos de extrusión serían más convenientes incluirían aquellas en las que la observación del medio encapsulado es de suma importancia. Un ejemplo sería encapsular cristales líquidos sensibles a un rango de temperatura donde emitan una longitud de onda de luz específica que se relacione directamente con la temperatura, para producir un termómetro de cristal líquido visible y fiable. La superficie plana le permitiría unirse fácilmente a otras superficies tales como depósitos, tubos o incluso la piel.

#### 25 7. Aplicaciones ópticas

La naturaleza ópticamente transparente del polímero extruido podría abrir el camino para numerosas aplicaciones que incluyen tiras fluorescentes. Un tinte fluorescente podría encapsularse en o utilizarse para cubrir los lados de una lámina de producto extruido de película. Esto puede proporcionar una vía alternativa para proporcionar material reflectante.

30 Un fluido inicialmente fotosensible podría encapsularse en una matriz discreta de células dentro de una lámina de película de producto extruido (llenar los capilares y luego termosellarlos en pequeños paquetes) y seleccionarse células de este fluido "desarrollado" mediante la exposición a radiación EM (electromagnética) (preferentemente radiación que no es abundante en la naturaleza, por ejemplo UV lejano) para que su color cambie con la temperatura y adquiera la forma de una señal de advertencia o peligro. Esto se podría montar después en un material de soporte reflectante y utilizarse como señales de advertencia de peligro para advertir, por ejemplo, de hielo negro.

35 Tiras de película de producto extruido microcapilar podrían llenarse de un fluido de alto índice de refracción y luego utilizarse como una fibra óptica a base de polímeros.

Las películas también se podrían utilizar como UV, IR o fibra óptica, o como un cristal fotónico mediante la selección del polímero de la película, de tal manera que las señales se podrían transmitir a lo largo de la película, guiando los microcapilares las señales.

#### 40 8. Productos alimenticios

El proceso utilizado para crear productos extruidos microcapilares en polímeros se podría transferir a cualquier material de extrusión procesable, incluidos los productos alimenticios. Podría pensarse que la introducción de microcapilares en productos alimenticios podría crear nuevas texturas interesantes o incluso permitir la infusión de sabor en partes muy específicas del producto.

45

9. Aplicaciones de Matriz Porosa

Es posible fabricar la matriz de polímero que rodea los microcapilares de manera que sea porosa. En la actualidad se utilizan fibras huecas porosas como membranas y se pueden fabricar en ausencia de agentes de soplado. Esto se logra a través de sucesivos tramos fríos y calientes en los polímeros semicristalinos. También es posible utilizar un agente de soplado en la masa fundida para producir un producto poroso. El producto final puede tener una estructura porosa de celdas abiertas.

En la actualidad, las técnicas de ultrafiltración se logran mediante el uso de haces de fibras huecas porosas. Las áreas de aplicación para esta tecnología están actualmente muy difundidas e incluyen desalinización de agua de mar por ósmosis inversa y filtración de aguas residuales. Sin embargo, puede haber aplicaciones en las que un grupo de filtración sería geoméricamente inadecuado y una lámina plana de microcapilares porosos podría tener aplicaciones en su lugar, por ejemplo, un revestimiento para un depósito de ultrafiltración.

Se pueden utilizar fibras huecas porosas en la creación de unidades de diálisis. Si se utilizasen productos extruidos microcapilares multicanal, sería posible construir unidades más compactas y también reducir su pérdida de presión con el uso de capilares paralelos.

A continuación se describe la invención con más detalle, a modo de ejemplo, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

Figura 1: diagrama esquemático de un aparato de extrusión para usar en un método según la invención;

Figura 2: sección transversal esquemática a través de la boquilla de la figura 1;

Figura 3: vista esquemática de la boquilla de la figura 1 desde abajo.

La figura 1 muestra un aparato de extrusión 1 para crear un producto extruido 2 con canales capilares a lo largo de su longitud. El aparato de extrusión comprende una extrusora de husillo 4 accionada por un motor 6. El material extruible 8 se introduce en la extrusora de husillo 4 a través de una tolva 10. A medida que el material extruible pasa a través de la extrusora de husillo 4, el material se funde para formar una masa fundida (no se muestra). La extrusora de husillo 4 suministra la masa fundida a una bomba de engranaje 12, que mantiene un flujo sustancialmente constante de la masa fundida hacia una boquilla 14. La bomba de engranaje 12 se conecta a la extrusora de husillo 4 mediante una brida 16, que incluye un filtro de pantalla para eliminar impurezas del flujo de fusión. El motor 6 se controla utilizando un enlace de retroalimentación de presión 18 entre la entrada de la bomba de engranaje y el motor 6.

La masa fundida pasa a la boquilla 14 a través de un barril de extrusora 20 que está conectado a la bomba de engranaje mediante una brida 22. En esta realización, el barril de extrusora incluye una curva de 90° 24. Se utilizan unos calentadores de banda 26 para controlar la temperatura en las diferentes etapas del aparato de extrusión 1. Los calentadores de banda 26 se pueden colocar dentro de la extrusora, en las bridas 16, 22, en la bomba de engranaje 12, en el barril de la extrusora 20 y también en la boquilla 14.

El detalle de la disposición de la boquilla 14 se muestra con mayor detalle en las figuras siguientes.

La masa fundida pasa a través de la boquilla 14 y se modela con la forma y la sección transversal deseadas. A medida que la masa fundida sale de la boquilla, se convierte en un producto extruido 28. El producto extruido 28 se estira sobre y entre los rodillos 30. El proceso de estirado, según se describe anteriormente, altera la sección transversal del producto extruido 28 para formar el producto extruido 2. Se define la longitud de elongación (L) 29 entre el orificio y el primer rodillo 30. Se ha descubierto que L tiene un gran efecto sobre el producto extruido 2 formado con este aparato.

La figura 2 muestra una sección transversal esquemática a través de la boquilla 14 de la figura 1. La boquilla comprende una zona de entrada 32, una parte convergente 34 y un orificio 36 con una forma exterior predeterminada. La masa fundida que entra en la zona de entrada 32 de la boquilla 14 se forma poco a poco mediante la parte convergente 34 hasta que la masa fundida sale por el orificio 36.

La boquilla 14 incluye además las agujas 38 (sólo se muestra una de ellas en esta figura) situadas en su interior. La aguja 38 tiene un cuerpo 40 con un conducto interno 42 conectado de forma fluida a una fuente de fluido 44 mediante un segundo conducto 43 que pasa a través de una pared de la boquilla 14, alrededor de la cual debe circular la masa fundida para pasar al orificio 36. La aguja 38 incluye además una salida 46 en un extremo 48 de la aguja 38. La aguja 38 está dispuesta de manera que la salida 46 se encuentra dentro del orificio 36.

La figura 3 muestra una vista esquemática de la boquilla 14 desde abajo. Este diagrama muestra que el orificio 36 tiene una forma exterior rectangular. El orificio tiene un lado corto 50 sustancialmente paralelo a un eje corto 51 y un lado largo 52 sustancialmente paralelo a un eje largo 53.

5 En este ejemplo, la boquilla incluye diez agujas 38 con las salidas 46 distribuidas sustancialmente de manera uniforme a lo largo del eje largo 53 dentro del orificio y sustancialmente en el centro del orificio a lo largo del eje corto 51. En este ejemplo, el orificio de la boquilla tiene una dimensión de lado corto de 1,5 mm, una dimensión de lado largo de 18 mm y las agujas tienen un orificio externo de 0,5 mm y un paso interno de 0,3 mm.

Descripción de un proceso ilustrativo

10 Una masa fundida polimérica se produce en una extrusora de husillo 4 y su caudal resultante se estabiliza mediante una bomba de engranaje 12. Esta masa fundida se introduce después en una boquilla 14, en cuyo orificio está dispuesta una pluralidad de salidas de las agujas 38 según un patrón predeterminado. Un conducto 42 a través de cada aguja 38 se alimenta desde un conducto de alimentación orientado horizontalmente 43, cuya entrada está abierta a la atmósfera exterior de la boquilla, que es la fuente de fluido 44. El producto extruido resultante se pasa después por una serie de rodillos 30 de un dispositivo de estiramiento (no se muestra). La velocidad del dispositivo de estiramiento se puede  
15 alterar para que puedan obtenerse productos extruidos 2 con diferentes coeficientes de elongación.

La boquilla 14 está diseñada de manera que el flujo de entrada procedente de la extrusora, que está contenido en un tubo circular, se altera de forma que pueda pasar a través del orificio 36 de la boquilla 14. La boquilla 14 debe efectuar este cambio de geometría, y esto en realidad se logra mediante el uso de una boquilla convergente 14.

20 La boquilla 14 también está diseñada para que el flujo que está por encima del conjunto de agujas 38 sea sustancialmente uniforme. Un flujo fundido uniforme alrededor de las agujas 38 facilita la creación un producto extruido 28 bien formado. Sin embargo, si hay un flujo irregular, la masa fundida se canalizará preferentemente por la vía de menor resistencia. Esto da como resultado un producto extruido 28 deformado, que también puede dar lugar a deformaciones de elongación irregulares.

25 El proceso se lleva a cabo a aproximadamente 165°C utilizando un polietileno lineal de baja densidad (LLDPE). El motor 6 se controla mediante un bucle de retroalimentación de presión que se ajusta a 300 psi y esto, a su vez, provoca una presión de unos pocos bares alrededor de la boquilla 14. El aire queda retenido como resultado del flujo del polímero sobre el conjunto de agujas 38 y la alimentación a este conjunto de agujas 38 se mantiene abierta a la atmósfera. La velocidad de la masa fundida de polímero en el orificio 36 de la boquilla es del orden de un centímetro por segundo, la velocidad del dispositivo de estiramiento se puede ajustar en cualquier punto entre cero y nueve metros por  
30 minuto.

El parámetro que tenía una influencia sustancial en el producto final era la distancia L 29, que se muestra en la figura 1 y se define como la distancia entre la salida de la boquilla y el primer rodillo 30. De hecho, en este caso, el primer rodillo es una barra fija de acero inoxidable pulido sumergida en un baño de agua.

35 Se llevaron a cabo diversos experimentos para estudiar el efecto del coeficiente de elongación en un flujo volumétrico fijo de polímero con tres valores diferentes de L. Los valores que se utilizaron fueron 150 mm, 80 mm y 8 mm.

Sorprendentemente, se encontró que la alteración de la longitud de elongación de la masa fundida L causó por sí sola una variación sustancial en la forma del producto y en la morfología del polímero. Sorprendentemente, se encontró un conjunto de condiciones que produjeron capilares elípticos, de paredes delgadas y muy alargados.

Los resultados de los experimentos fueron los siguientes:

40 Resultados para L = 150 mm

*Coefficientes de elongación "bajos" (80-20)*

La variación de la anchura exterior fue de aproximadamente 400 micras como máximo y la variación de grosor exterior fue de aproximadamente 130 micras como máximo.

45 La proporción dimensional externa del producto varió entre 5 con un coeficiente de elongación de 8 hasta 5,5 con un coeficiente de elongación de 20. El producto podía todavía estirarse sustancialmente en frío, lo que indicaba que hubo poca orientación en las cadenas poliméricas.

Aparte de la reducción general de las dimensiones del producto, parece haber muy poca variación en la forma y orientación de los capilares dentro del producto.

*Coefficientes de elongación "medios" (20-50)*

- 5 No se observaron diferencias sustanciales en el aspecto del producto que no fueran dimensiones reducidas. La variación de ancho y grosor fue esencialmente similar a la que se encontró con un coeficiente de elongación bajo. La proporción dimensional externa del producto osciló entre 5,5 con un coeficiente de elongación de 20 hasta aproximadamente 6 con un coeficiente de elongación de 50. Hubo muy pocos cambios notables en la forma y orientación de los capilares dentro del producto.

*Coefficientes de elongación "altos" (50-80)*

- 10 En cuanto a los coeficientes de elongación medios, hubo muy pocos cambios, aparte de una reducción en las dimensiones. Con un coeficiente de elongación de 55, la proporción dimensional externa era de aproximadamente 6 y con un coeficiente de elongación de 80, la proporción dimensional externa era de aproximadamente 6,5.

Resultados para L = 80 mm

*Coefficiente de elongación "bajos" (4-20)*

- 15 La variación de anchura externa y grosor fue notablemente menor que las variaciones observadas en la longitud de elongación establecida en 150 mm. La variación de anchura fue de aproximadamente 200 micras con un coeficiente de elongación de 4 y de aproximadamente 60 micras con un coeficiente de elongación de 20. Del mismo modo, la variación de grosor se redujo mucho, siendo de aproximadamente entre 20 micras y 30 micras para todos los coeficientes de elongación.
- 20 La reducción tanto de la anchura como del grosor siguió una tendencia similar a cuando la longitud de elongación era de 150 mm, aunque el valor absoluto de la proporción dimensional externa fuera mayor (alrededor de 5,5 con un coeficiente de elongación de 5 y de aproximadamente 5,8 con un coeficiente de elongación de 20).

- Se observó que, con un coeficiente de elongación de 4, el producto podía todavía estirarse sustancialmente en frío. Sin embargo, a medida que el coeficiente de elongación aumentaba hacia 20, disminuía la posibilidad de estirar en frío el producto y, además, su tacto era más duro. Ambos factores apuntan a una cantidad cada vez mayor de cristalización en el producto.
- 25

*Coefficientes de elongación "medios" (20+)*

Un aumento del coeficiente de elongación por encima de 20 dio lugar a la aparición de una inestabilidad de elongación conocida como resonancia por estiramiento. La anchura y el grosor del producto comenzó a variar de forma periódica.

- 30 Resultados para L = 8 mm

*Coefficientes de elongación "bajos" y "medios" (8-45)*

- 35 La proporción dimensional externa inicial del producto fue de nuevo superior a la de los dos experimentos anteriores, con una proporción dimensional externa inicial de aproximadamente 9 con un coeficiente de elongación de 7, aumentando a aproximadamente 10,3 con un coeficiente de elongación de 45. La variación en el grosor y la anchura del producto fue muy poca, inicialmente cerca de 80 micras de ancho con un coeficiente de elongación de 7 hasta menos de 10 micras de ancho con un coeficiente de elongación de 45, con variaciones de grosor igualmente pequeñas. El grosor y la anchura del producto disminuyeron a medida que aumentaba el coeficiente de elongación.

- El tacto del producto era muy "duro" y mostraba muy poca capacidad para ser estirado en frío en un coeficiente de elongación de 7 y ninguna posibilidad de estirado en frío por encima de un coeficiente de elongación de aproximadamente 20. Ambos factores apuntan a un producto endurecido por su estiramiento en frío como resultado de una mayor cristalización.
- 40

La forma inicial de los capilares era más elíptica que en los experimentos anteriores, con una tendencia a aumentar la proporción dimensional de la elipse (que se define como relación entre las longitudes del eje mayor y el eje menor), con el eje mayor desplazándose a lo largo de la anchura del producto.

*Coefficientes de elongación "altos" (45+)*

5 A medida que el coeficiente de elongación aumentaba por encima de 45, la anchura del producto comenzaba a aumentar de forma inesperada. Esto venía acompañado por una disminución continua del grosor del producto. Como consecuencia directa, se produjo un cambio en la tasa de aumento de la proporción dimensional externa del producto y también en el perfil y la forma de los capilares. Se encontró que los agujeros centrales del producto se alargaban muchísimo, con proporciones dimensionales elípticas de hasta aproximadamente 15, aunque que los agujeros periféricos cambiaron muy poco.

La variación en la anchura y el grosor del producto todavía era únicamente de aproximadamente 10 micras o menos, mostrando el producto todas las características de mayor cristalinidad.

10

**REIVINDICACIONES**

1. Método para producir un producto extruido que comprende una pluralidad de canales capilares a lo largo de su longitud, comprendiendo el método los pasos de:
  - 5 a) proporcionar un aparato de extrusión (1) que comprende una extrusora (4) que tiene una entrada (4), una boquilla (14) que comprende un orificio (36) con una forma externa predeterminada, una pluralidad de agujas (38) teniendo cada una un cuerpo (40) que incluye un conducto interno (42) para la circulación de fluido, comprendiendo además cada aguja una salida (46) del conducto interno a un extremo de salida (48), estando dispuesto el extremo de salida de cada aguja según un patrón predeterminado sustancialmente en el orificio de la boquilla, estando el conducto de cada aguja conectado de manera fluida a una fuente de fluido (44);
  - 10 b) introducir material a extrusionar en la extrusora por la entrada;
  - c) utilizar la extrusora para forzar al material a extrusionar fundido hacia la boquilla y a través del orificio de la boquilla para producir un producto extruido con la forma externa predeterminada,  
caracterizado porque
  - 15 d) se utilizan las agujas para permitir la aspiración de fluido de la fuente de fluido a través del conducto a fin de reternerlo en el producto extruido para formar capilares de manera que el producto extruido incluya capilares a lo largo de su longitud siguiendo el patrón predeterminado.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque el método comprende el paso adicional de estirar el producto extruido utilizando un aparato de estirado (30).
3. Método según la reivindicación 1 ó la reivindicación 2, caracterizado porque el producto extruido es una película, comprendiendo además el método el paso de laminar dos o más películas juntas.
- 20 4. Método según la reivindicación 3, caracterizado porque dos o más películas se laminan juntas utilizando calor y presión.

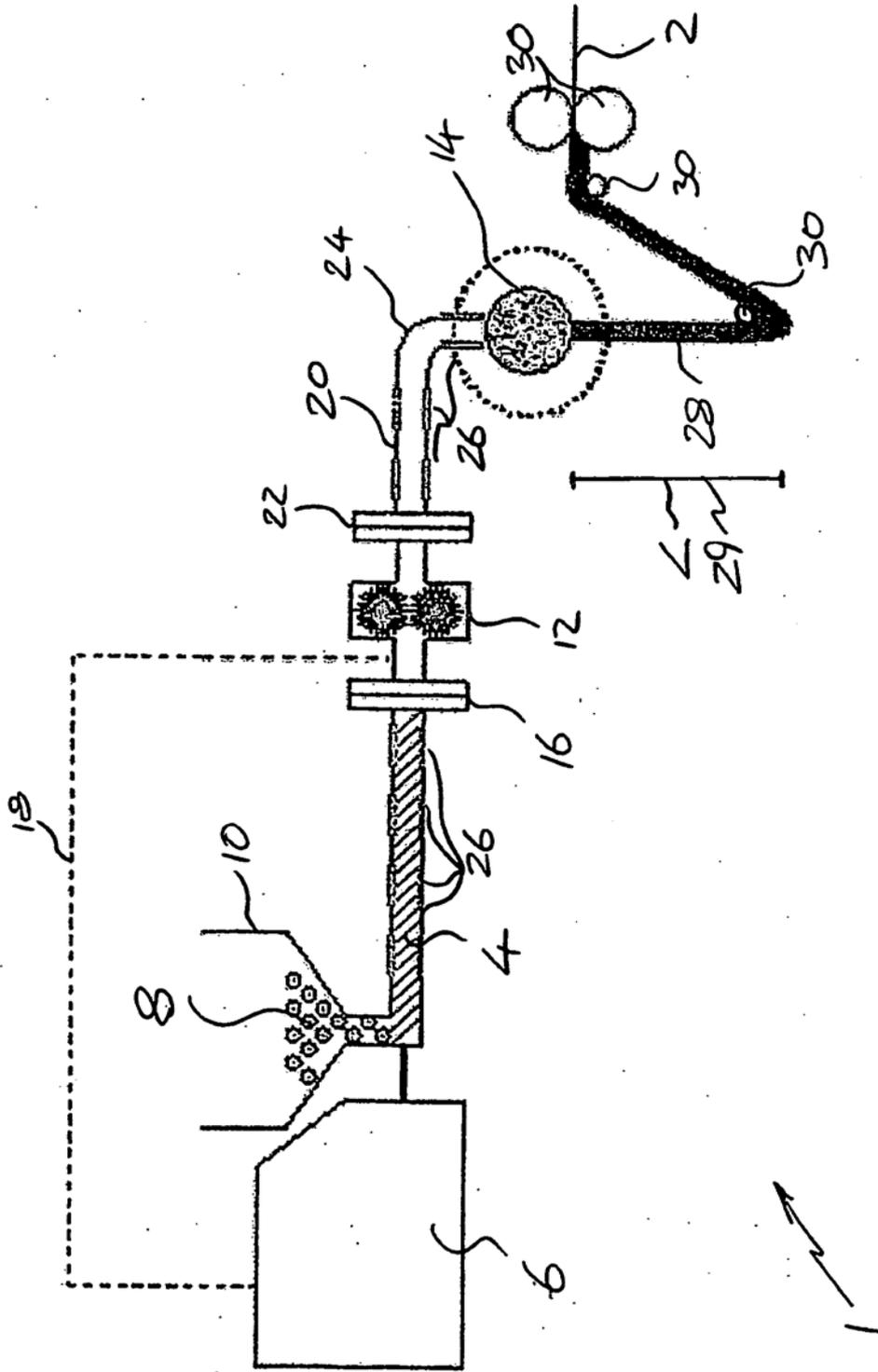


Fig. 1

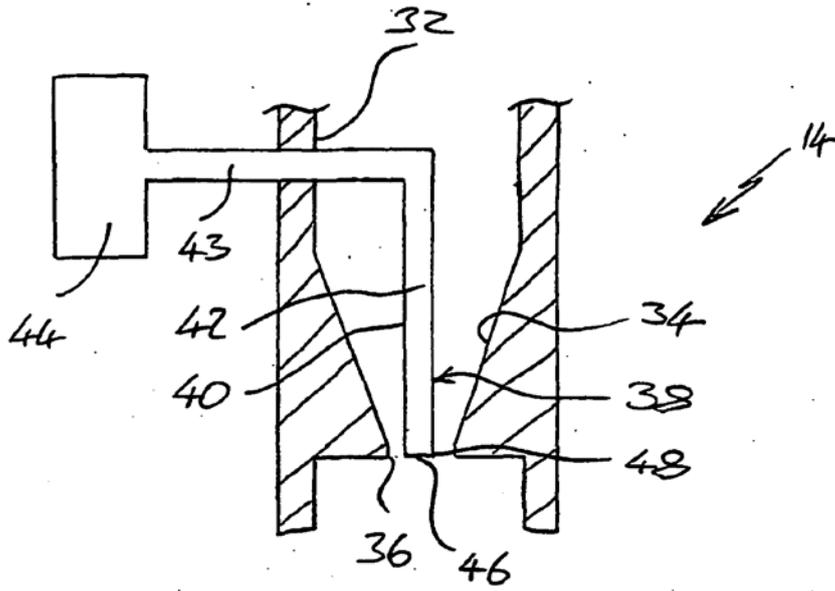


Fig. 2

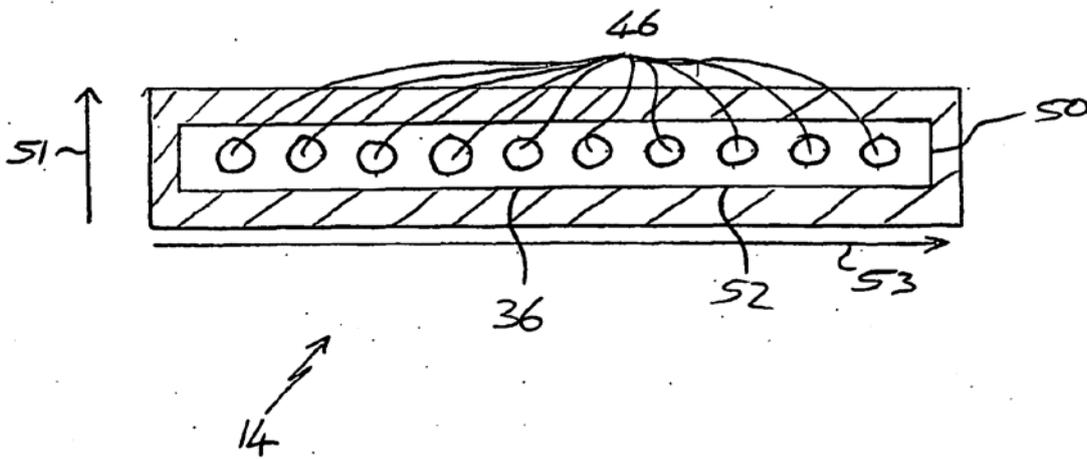


Fig. 3