

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 107**

51 Int. Cl.:

**B29C 47/26** (2006.01)

**B29C 47/06** (2006.01)

**B29C 47/70** (2006.01)

**B29C 47/08** (2006.01)

**B29C 47/56** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2013** **E 13159821 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019** **EP 2639038**

54 Título: **Módulo repetidor de secuencia de capas para una matriz de coextrusión de discos modular y su utilización**

30 Prioridad:

**16.03.2012 US 201261611943 P**

**29.01.2013 US 201313752458**

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

**04.12.2019**

73 Titular/es:

**RENOLIT NEDERLAND B.V. (100.0%)**

**Flevolaan 1-5**

**1601 MA Enkhuizen, NL**

72 Inventor/es:

**SCHIRMER, HENRY G.**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 734 107 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**

Módulo repetidor de secuencia de capas para una matriz de coextrusión de discos modular y su utilización

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un módulo repetidor de secuencia de capas para una matriz anular para extruir materiales termoplásticos. Más particularmente, la presente invención se refiere a un conjunto de discos anulares delgados para una matriz de coextrusión anular y a un método para producir un producto de múltiples capas.

Antecedentes de la invención

10 Las matrices anulares, tales como, por ejemplo, las matrices de película soplada coextruida, se utilizan para formar productos de múltiples capas, por ejemplo, películas sopladas, a partir de materiales fundidos termoplásticos (en lo sucesivo, "masa fundida"). Típicamente, las matrices modulares de película soplada coextruida incluyen un módulo formado por un conjunto de celdas. Cada celda generalmente incluye varios discos anulares y produce una capa de un producto multicapa. Debido a que cada celda normalmente produce solo una capa, las matrices anulares modulares convencionales que producen productos de múltiples capas tienden a resultar más voluminosas a medida que se agregan más capas.

15 La Patente de los EE.UU 5.762.971 describe una matriz modular de coextrusión de discos. La matriz de coextrusión incluye una pluralidad de delgados discos anulares apilados uno sobre otro.

El documento US 2001/0000234A1 describe un aparato y un método para inyección directa de aditivos a una corriente fundida de polímeros.

20 El documento WO 2011/119323A1 describe un elemento de matriz de extrusión y un método para extruidos de múltiples franjas.

La Patente de los EE.UU 6.383.539 describe un método para fabricar un conjunto de boquilla de alimento decorativo y un chocolate decorativo. El conjunto de boquilla ramifica cada corriente de al menos dos materiales alimenticios fluidificados de diferentes colores en múltiples corrientes, y guía las múltiples corrientes a ubicaciones predeterminadas en un molde.

25 El documento DE 19927556A1 describe un micro-mezclador estático para producir emulsiones y dispersiones de gas-líquido que tiene un alojamiento con entradas de fluido, una salida de fluido y placas apiladas en el alojamiento.

El documento GB 2 161 745A describe una máquina de extrusión de material alimenticio. En particular, un material alimenticio fluido viscoso tal como masa o pasta de pescado es extruido en una forma de anillo que tiene sectores, por ejemplo, de materiales de gusto o color diferentes, alrededor de su periferia.

30 Las matrices de película soplada coextruida han progresado a más y más capas en los últimos veinte años para combinar diversos materiales valorados para la mejora del rendimiento o las propiedades de la película a fin de hacer películas especiales únicas. La mayoría están ahora en el intervalo de 7 a 11 capas. Todos varían en capacidades de grosor, pero todos pueden ser considerados como capaces de hacer películas que contienen capas de micro-escala (en adelante, "micro-capas").

35 Las películas anulares coextruidas, los tubos y los parisones pueden variar de grosor total en la medida en que la masa fundida se extrae de la matriz. Cuanto más rápido se extrae una masa fundida, más delgada será. Las micro-capas correspondientes dentro del grosor total de la película también serán afectadas proporcionalmente en el grosor por la extracción. Por lo tanto, el grosor absoluto de cualquier micro-capas es un objetivo móvil y puede expresarse mejor en términos de grosor relativo. Las micro-capas dentro de las películas coextruidas estándar generalmente pueden variar de grosor relativo en un intervalo que oscila desde el 1% al 100% del grosor total. Esta limitación está relacionada con la

40 tasa de salida total de la línea de película y el tiempo de residencia máximo de las masas fundidas dentro del sistema de matriz antes de que la fusión del polímero comience a degradarse.

45 Por ejemplo, las capas dentro de un producto de múltiples capas típico de 10 mil (0,254 mm) de grosor producido por matrices anulares convencionales o modulares se consideran micro-capas, y típicamente varían de grosor desde aproximadamente 0,1 mil (2,54 micrones) hasta aproximadamente 10 milésimas de pulgada (0,254 mm), y las matrices anulares convencionales y modulares típicamente producen productos de múltiples capas que tienen desde aproximadamente 7 a 11 capas. Debido a que las celdas que producen micro-capas en una matriz anular modular son relativamente gruesas, el aumento del número de micro-capas en un producto de múltiples capas generalmente incrementa indeseablemente el grosor total del módulo que contiene estas celdas. Otras matrices anulares convencionales también tienen limitaciones dimensionales similares.

50 Existe una necesidad en curso de una matriz anular modular mejorada para producir productos de múltiples capas con más capas más delgadas. Existe una necesidad continua de productos de múltiples capas que tengan un mayor número de capas que produzcan respuestas de material sinérgicas, tales como la imitación de las propiedades de las mezclas sin los problemas de incompatibilidad generalmente asociados con las mezclas. También es necesario tener películas

con paquetes muy finos de nano-capas dispersados dentro de una matriz de micro-capas para que el comportamiento sinérgico de múltiples materiales en forma de nano-capas no quede restringido por la pérdida del rendimiento del sellado de alta resistencia. Finalmente, existe una necesidad continua de productos multicapa que tengan muchas capas comprimidas en las dimensiones de grosor o altura que caracterizan la mayoría de las matrices de coextrusión anulares.

## 5 RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención está dirigida a un módulo repetidor de secuencia de capas según la reivindicación 1.

El módulo repetidor de secuencia de capas puede ser incorporado en un módulo existente de una matriz anular de coextrusión, o, alternativa o adicionalmente, puede ser un componente ensamblado y extraíble por separado dentro de una matriz anular de coextrusión.

10 El módulo repetidor de secuencia de capas de la presente invención incluye una sección de distribución directa en el extremo de entrada del módulo repetidor de secuencia de capas, y una sección de distribución inversa en el extremo de salida del módulo repetidor de secuencia de capas. Cada sección de distribución incluye un disco de distribución intercalado entre un primer disco de cubierta y un segundo disco de cubierta. Cada sección de distribución distribuye una masa fundida y dirige el flujo de la masa fundida distribuida a pasos internos y/o aberturas del (de los) discos repetidores y del (de los) discos repartidores del módulo repetidor de secuencia de capas, por lo que cada masa fundida se forma en una o más capas. La sección de distribución hacia delante dirige el flujo de la masa fundida que distribuye en una dirección hacia adelante. La dirección hacia adelante dentro del módulo repetidor de secuencia de capas se extiende desde el extremo de entrada hasta el extremo de salida del mismo. La sección de distribución inversa o en sentido inverso dirige el flujo de la masa fundida que distribuye en una dirección inversa. La dirección inversa dentro del módulo repetidor de secuencia de capas se extiende desde el extremo de salida hasta el extremo de entrada del mismo. Por lo tanto, en al menos una realización del módulo repetidor de secuencia de capas según esta invención, dos o más masas fundidas fluyen en direcciones opuestas.

25 El módulo repetidor de secuencia de capas puede incluir secciones de distribución adicionales, cada una de las cuales distribuye al menos una masa fundida adicional. Cada sección de distribución adicional puede ser una sección de distribución hacia delante o una sección de distribución inversa, como se describe anteriormente. En una realización de esta invención, el módulo repetidor de secuencia de capas solo incluye una o más secciones de distribución hacia delante y ninguna sección de distribución inversa. En otra realización de esta invención, el módulo repetidor de secuencia de capas solo incluye una o más secciones de distribución inversa y ninguna sección de distribución hacia delante.

30 El módulo repetidor de secuencia de capas según la presente invención incluye además uno o más discos repetidores y uno o más discos repartidores. El (los) discos repetidores y el (los) discos repartidores se colocan alternativamente dentro del módulo repetidor de secuencia de capas y reciben masas fundidas distribuidas procedentes de una o más secciones de distribución y/o discos distribuidos. En una realización del módulo repetidor de secuencia de capas que incluye una sección de distribución directa y una sección de distribución inversa, los discos repartidores y los discos repetidores se colocan preferiblemente entre las dos secciones de distribución.

35 En funcionamiento, una o más masas fundidas se introducen en una o más aberturas de entrada del primer disco de cubierta. Desde el primer disco de cubierta, las masas fundidas se dirigen a los discos restantes del módulo repetidor de secuencia de capas. Específicamente, las masas fundidas pueden dirigirse a uno o más discos de distribución. Cada disco de distribución distribuye una masa fundida y dirige la masa fundida distribuida desde una pluralidad de aberturas de salida de distribución del disco de distribución a una pluralidad correspondiente de aberturas de flujo interno de un segundo disco de cubierta y/o una pluralidad de pasos internos de un disco repetidor. Después de la distribución, cada masa fundida fluye en las selecciones correspondientes, respectivamente, de pasos internos de los discos repetidores y las aberturas internas de los discos repartidores. Específicamente, cada disco repetidor tiene una pluralidad de pasos internos, que incluyen una o más selecciones de pasos internos, donde cada selección de pasos internos acomoda una masa fundida. En una realización, una selección de pasos internos incluye ocho pasos internos. De manera similar, cada disco repartidor tiene una pluralidad de aberturas internas, que incluyen una o más selecciones de aberturas internas, donde cada selección de aberturas internas acomoda una masa fundida. En una realización, una selección de aberturas internas incluye ocho aberturas internas. De manera deseable, una o más selecciones de pasos internos se corresponden con una o más selecciones de aberturas internas, de tal modo que proporcionen una trayectoria de flujo continuo para cada masa fundida dentro del módulo repetidor de secuencia de capas. Cada disco repartidor incluye además una región de flujo conectada a una primera selección de aberturas internas. La masa fundida recibida por la primera selección de aberturas internas del disco repartidor se forma deseablemente en una capa. El disco repartidor forma una capa a partir de una masa fundida deseada colocando el disco repartidor de modo que la primera selección de aberturas internas reciba el flujo de la masa fundida deseada. De manera deseable, los discos repartidores se alternan con discos repetidores, de modo que cada disco distinto es un disco repartidor.

55 Debido a que los discos repartidores y los discos repetidores se alternan de manera deseable dentro del módulo repetidor de secuencia de capas, cada otro disco puede formar una capa. En consecuencia, y debido a los grosores mínimos de los discos, el módulo repetidor de secuencia de capas según la presente invención tiende por sí mismo a producir productos de múltiples capas con una matriz que es mucho menos maciza que las matrices convencionales.

5 A medida que aumenta el número de capas dentro de un producto de película coextruida y disminuye el grosor de capa correspondiente, se pueden ver cambios en las propiedades de la película. Por ejemplo, las películas se pueden hacer del orden de 25 capas donde cada otra capa era un elastómero. Las propiedades de la película se acercan más a una mezcla física de los dos materiales sin tener los problemas de incompatibilidad habituales, como la neblina óptica o sin que se desarrollen propiedades físicas reducidas.

Por otro lado, hay ventajas en tener una o más capas más gruesas colocadas estratégicamente dentro de muchas capas más delgadas. Un ejemplo sería lograr una mayor resistencia de sellado, especialmente si la resistencia de la unión entre capas de las capas internas fuera más débil que la resistencia de sellado deseada. Por lo tanto, tener capas más gruesas y más delgadas dentro de la misma estructura de película puede ser extremadamente deseable.

10 Con el fin de identificar mejor las capas más gruesas y más delgadas dentro de la misma estructura de película, hay un término de grosor utilizado en este documento para identificar las capas más delgadas del módulo repetidor de secuencia de capas (LSR) de la invención. Dado que el grosor de las capas más delgadas producidas por el módulo LSR de esta invención es al menos aproximadamente un 10% menor que el grosor de una micro-capas correspondiente, estas capas se definen en este documento utilizando la siguiente unidad de medición menor. De aquí en adelante, el término "nano-capas" se usará para referirse a las capas más delgadas formadas por el módulo LSR de esta invención. Las nano-capas tienen típicamente un grosor medido en nanómetros, de orden inferior a las micras.

En general, las nano-capas aparecerán dentro de una estructura de película con micro-capas como los materiales principales y, por lo tanto, se reconocen claramente por el hecho de que aparecen en paquetes de nano-capas, siendo cada una de las nano-capas del orden del 10% aproximadamente o más delgadas que las micro-capas circundantes.

20 Hay una región donde el grosor de las nano-capas puede aproximarse al de algunas de las micro-capas circundantes. Esto es más probable que ocurra en la región de 1 a 10% de grosor que en las capas más gruesas. La superposición es una consecuencia inevitable de operar en los límites de la capacidad de la matriz y del material. Sin embargo, la característica claramente identificable de tener paquetes de nano-capas dispersos entre las micro-capas es una característica única e identificable de las nano-capas producidas por un módulo LSR.

25 Se mostrará que el módulo LSR produce muchas capas en una secuencia diseñada que se une en una disposición de flujo paralelo donde se permite que cada material fluya de una manera más lenta más natural sin que se desarrolle una tensión indebida. Debido a que el flujo de masa fundida sufre menos manipulación, la calidad de las capas producidas es muy alta y similar a las micro-capas circundantes. La naturaleza anular del módulo LSR también lo distingue del multiplicador de capas. Las películas sopladas procedentes de matrices anulares tienden a tener propiedades más equilibradas que las películas extraídas de matrices planas.

30 El módulo repetidor de secuencia de capas de la presente invención produce capas de nano-escala (en adelante "nano-capas") que son al menos aproximadamente un 10% más delgadas, y pueden ser un orden de magnitud más delgadas que las capas de micro-escala producidas por matrices modulares convencionales.

35 Otras ventajas serán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La fig. 1 es una línea de lado a lado de los discos que forman una celda de un módulo repetidor de secuencia de capas de acuerdo con una realización de la presente invención, que incluye siete discos repartidores que forman siete capas de dos masas fundidas.

40 La fig. 2 es una vista en perspectiva despiezada ordenadamente de los primeros seis discos alineados de la celda del módulo repetidor de secuencia de capas que se muestra en la fig. 1.

La fig. 3 es una línea de lado a lado de los discos que forman una celda de un módulo repetidor de secuencia de capas de acuerdo con una realización de la presente invención, que incluye once discos repartidores que forman once capas de tres masas fundidas.

45 La fig. 4 es una línea de lado a lado de discos que forman una sección de distribución inversa de una realización de una celda del módulo repetidor de secuencia de capas de la presente invención.

La fig. 5 es una línea de lado a lado de discos que forman una sección de distribución hacia adelante de una realización de una celda del módulo repetidor de secuencia de capas de la presente invención.

50 La fig. 6 es una vista superior de un disco de distribución según una realización de la presente invención, que incluye una selección de aberturas de distribuidor internas.

La fig. 7 es una vista superior de un disco de distribución según otra realización de la presente invención, que incluye dos selecciones de aberturas de distribuidor internas.

La fig. 8 es una vista superior de un disco repetidor según una realización de la presente invención, que incluye un punto de terminación y dos selecciones de pasos internos.

La fig. 9 es una vista superior de un disco repetidor según otra realización de la presente invención, que incluye dos selecciones de pasos internos y ningún punto de terminación.

5 La fig. 10 es una vista desde arriba de un disco repartidor según una realización de la presente invención.

La fig. 11 es una vista superior de un disco repetidor según otra realización más de la presente invención, que incluye tres selecciones de pasajes internos.

La fig. 12 es una vista en sección transversal de una matriz que incluye el módulo repetidor de secuencia de capas de la presente invención.

10 La fig. 13 es una vista en sección transversal de un producto multicapa (Muestra 8-16, Tabla 7) de una matriz que incluye el módulo repetidor de secuencia de capas de la presente invención, visto con un aumento de 100 veces, donde el producto multicapa tiene la siguiente estructura y el acrónimo "EVOH" se refiere a "alcohol etilen-vinílico": polietileno/polietileno/adhesivo/EVOH/adhesivo/EVOH/adhesivo/EVOH/adhesivo/EVOH/adhesivo/EVOH/adhesivo/EVOH/adhesivo/EVOH/adhesivo/EVOH/adhesivo/polietileno/polietileno.

15 La fig. 14 es una vista en sección transversal de otro producto multicapa (Muestra 7-9, Tabla 2) de una matriz que incluye el módulo repetidor de secuencia de capas de la presente invención, visto con 200 aumentos.

La fig. 15 es una vista en sección transversal del producto multicapa mostrado en la fig. 14, visto bajo 500 aumentos.

La fig. 16 es una vista en sección transversal de una matriz de coextrusión compleja que incluye dos módulos repetidores de secuencia de capas y dos módulos de matriz de coextrusión de discos modulares convencionales.

20 La fig. 17 es una vista en sección transversal de una matriz de coextrusión compleja que incluye cuatro módulos repetidores de secuencia de capas.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES

Los expertos en la técnica y siguiendo las enseñanzas proporcionadas en este documento apreciarán que, si bien las descripciones a continuación de distintos módulos repetidores de secuencia de capas de esta invención incluyen configuraciones preferidas, dichas configuraciones se usan solo con propósitos ilustrativos y pueden ser modificadas según sea necesario, dependiendo de las necesidades.

La presente invención se refiere a un módulo repetidor de secuencia de capas para una matriz de extrusión y/o de coextrusión. El módulo repetidor de secuencia de capas incluye al menos una celda que incluye una pluralidad de discos anulares delgados dispuestos axialmente. El módulo repetidor de secuencia de capas se puede utilizar en una matriz de coextrusión para extruir o coextruir materiales de resina para formar productos de múltiples capas, como, por ejemplo, películas sopladas que contienen nano-capas. El módulo repetidor de secuencia de capas de esta invención utilizado en una matriz de disco modular también se puede usar para crear un tubo coextruido, tal como una manguera, una varilla coextruida formada a partir de múltiples capas continuas de material para crear una estructura de varilla generalmente maciza, o parison (un tubo no inflado generalmente elíptico utilizado en el moldeo por soplado). La presente invención también está dirigida a productos de múltiples capas, especialmente aquellos que contienen nano-capas, producidas por el módulo repetidor de secuencia de capas y matrices que incorporan uno o más módulos repetidores de secuencia de capas de esta invención.

El módulo repetidor de secuencia de capas de la presente invención puede utilizarse en un dispositivo modular de coextrusión de discos, tal como la matriz de coextrusión descrita en la Patente de EE.UU, N° 5.762.971, expedida el 9 de junio de 1998, en la Patente de EE.UU, N° 6.000.926, expedida el 14 de diciembre de 1999, y/o en la Patente de EE.UU N° 6.413.595, expedida el 2 de julio de 2002. Las Patentes de EE.UU enumeradas anteriormente se incorporan aquí como referencia en este documento en su totalidad y se convierten en parte del presente documento, incluidas pero no limitadas a aquellas partes que aparecen específicamente a continuación.

El módulo repetidor de secuencia de capas de la presente invención puede ser un módulo de una matriz de coextrusión. Por ejemplo, uno o más módulos repetidores de secuencia de capas de esta invención pueden incorporarse en cualquiera de los módulos descritos en las patentes de EE.UU mencionadas anteriormente. Alternativa o adicionalmente, se pueden emplear uno o más módulos repetidores de secuencia de capas de la presente invención como componentes ensamblados por separado y extraíbles de un módulo de múltiples componentes dentro de una matriz de coextrusión. Por ejemplo, con referencia a la Patente de EE.UU N° 5.762.971, el módulo repetidor de secuencia de capas de esta invención puede formarse como una o más celdas de matrices de coextrusión, o puede emplearse como un componente ensamblado por separado y extraíble que se puede posicionar entre dos celdas adyacentes, o se puede insertar en una o más celdas. Una matriz de coextrusión puede incluir uno o más módulos repetidores de secuencia de capas según esta invención.

El módulo repetidor de secuencia de capas de la invención se describirá ahora con mayor detalle. Con referencia a la fig. 1, el módulo 30 repetidor de secuencia de capas incluye al menos una celda formada por una pluralidad de discos anulares delgados dispuestos axialmente. En la realización mostrada en la fig. 1, el módulo repetidor de secuencia de capas incluye solo una celda, y el número de referencia 30 se refiere a esa celda, así como a todo el módulo repetidor de secuencia de capas. La pluralidad de discos anulares delgados incluye al menos un primer disco 32 de cubierta, al menos un segundo disco 34 de cubierta, al menos un disco 36 de distribución, al menos un disco repartidor 38 y al menos un disco repetidor 40, dispuestos de tal manera que el módulo 30 repetidor de secuencia de capas produce al menos una y al menos y preferiblemente una pluralidad de capas de material extruido. El módulo 30 repetidor de secuencia de capas de la presente invención puede formar una o más nano-capas. En una realización de la presente invención, el módulo 30 repetidor de secuencia de capas está incorporado a una matriz de coextrusión, tal como la matriz 42 de coextrusión mostrada en la fig. 12, para producir una pluralidad de nano-capas intercaladas entre dos o más micro-capas.

El término "nano-capa", como se usa en toda esta memoria descriptiva, significa una capa de material extruido, cuyo grosor es al menos aproximadamente un 10% menor que el grosor de una micro-capa, adecuadamente al menos aproximadamente un 50% menor que el grosor de una micro-capa, y puede ser de un orden de magnitud (al menos aproximadamente un 90% menor) del grosor de una micro-capa. Las micro-capas típicamente tienen los grosores medidos en micrómetros o micrones. El grosor de una micro-capa puede oscilar entre aproximadamente 1-1000 micrones, adecuadamente entre aproximadamente 10 y 500 micrones, o entre aproximadamente 25 y 250 micrones. Las nano-capas suelen tener grosores medidos en nanómetros. El grosor de una nano-capa es típicamente menor que un micrón (1000 nanómetros) y puede oscilar desde aproximadamente 1-1000 nanómetros, adecuadamente aproximadamente 10-900 nanómetros, o aproximadamente 20-800 nanómetros. Las micro-capas 44 y las nano-capas 46 están ilustradas en las figs. 13-15, descritas más adelante.

Como se ilustra en la fig. 2, cada disco anular delgado tiene un radio interior 48, que define una abertura central 49, un radio exterior 50 y un grosor 52. Diferentes discos pueden tener diferentes grosores, dependiendo de la posición y/o de la función del disco en el conjunto de los discos anulares delgados. Los delgados discos anulares que forman el módulo 30 repetidor de secuencia de capas se apilan uno encima del otro en la dirección axial 41 de la matriz 42 de disco modular, como se muestra en la fig. 12. La dirección radial 43 de la matriz 42 de disco modular es deseablemente perpendicular a la dirección axial 41. Las direcciones axial y radial de cada disco anular delgado se corresponden con la dirección axial 41 y la dirección radial 43, respectivamente, de la matriz 42 de disco modular.

Los discos anulares delgados que forman el módulo 30 repetidor de secuencia de capas de esta invención se describirán ahora con mayor detalle.

El término "abertura", "canal" o "paso", tal como se utiliza en esta memoria, significa una abertura, un canal o un paso, respectivamente, que se extiende en una dirección axial del disco anular delgado a través de todo el grosor del disco.

El primer disco 32 de cubierta incluye al menos dos aberturas de entrada 33 dispuestas a lo largo o con respecto a una circunferencia 35 del primer disco 32 de cubierta. En una realización, como se muestra en la fig. 1, el primer disco 32 de cubierta incluye una pluralidad de aberturas de entrada 33 dispuestas radialmente a lo largo de la circunferencia del primer disco 32 de cubierta. El primer disco 32 de cubierta puede incluir cualquier número deseado de aberturas de entrada 33. En una realización, mostrada en la fig. 1, el primer disco 32 de cubierta incluye veinticuatro aberturas de entrada 33 dispuestas en ocho conjuntos de tres aberturas de entrada 33a, 33b y 33c, para recibir las corrientes de masa fundida correspondientes a, b y c. Cada conjunto está dispuesto en un ángulo con relación a los conjuntos adyacentes. Se pueden suministrar una o más corrientes de resina al módulo 30 repetidor de secuencia de capas a través de una o más aberturas de entrada 33. Se pueden suministrar hasta veinticuatro corrientes de resina al primer disco 32 de cubierta que incluye veinticuatro aberturas de entrada 33. El diseño del primer disco 32 de cubierta que incluye veinticuatro aberturas de entrada 33 puede permitir que se suministren tres, seis, doce o incluso veinticuatro corrientes de resina al módulo 30 repetidor de secuencia de capas, dependiendo de cuántos conjuntos se utilicen. En la realización mostrada en la fig. 3, sólo se puede utilizar un conjunto de tres aberturas de entrada 33, en particular aberturas de entrada 33a, 33b, y 33c. En la realización mostrada en la fig. 1, sólo pueden utilizarse dos aberturas de entrada 33 de un conjunto de tres aberturas entrada 33, en particular, las aberturas de entrada 33a y 33c. En otras realizaciones (no mostradas), cada conjunto de aberturas de entrada puede contener menos o más de tres aberturas de entrada, y cada primer disco de cubierta puede contener más o menos de ocho conjuntos. Por ejemplo, un primer disco de cubierta puede contener dos conjuntos de seis aberturas de entrada en filas de tres, de modo que se pueden entregar hasta veinticuatro corrientes de masa fundida al módulo repetidor de secuencia de capas.

Con propósitos de ilustración, el diseño del módulo 30 repetidor de secuencia de capas mostrado en la fig. 1 produce un producto de siete capas utilizando dos corrientes de resina, designadas como corrientes a y c. Así, por ejemplo, como se usa en este documento, la abertura de entrada 33a es una abertura de entrada para la corriente a de resina, mientras que la abertura de entrada 33c es una abertura de entrada para la corriente c de resina. Estas designaciones de corriente también se aplican a las aberturas y/o pasos en los discos anulares restantes descritos a continuación. Así, el módulo repetidor de secuencia de capas mostrado en la fig. 1 se muestra con todas menos dos de las aberturas de entrada sin usar.

- Una o más aberturas de entrada 33 del primer disco 32 de cubierta pueden reemplazarse con un punto de terminación. Un punto de terminación termina el flujo de una masa fundida dentro del módulo repetidor de secuencia de capas en el punto de terminación y evita que la masa fundida fluya al siguiente disco, si lo hubiera. Un punto de terminación es preferiblemente una barrera física y/o la carencia de una abertura. El primer disco 32 de cubierta
- 5   mostrado en la fig. 5 Incluye un punto de terminación 31. Un primer disco 32 de cubierta que incluye un punto de terminación 31 puede usarse en una sección de distribución inversa. Por ejemplo, como se muestra en las figs. 1 y 3, el primer disco 32 de cubierta colocado en el extremo de salida del módulo 30 repetidor de secuencia de capas puede incluir un punto de terminación 31, que termina el flujo de la masa fundida que se distribuye por el disco 36 de distribución adyacente.
- 10   En una realización, por ejemplo, como se muestra en la fig. 1, un disco de distribución 36 es axialmente adyacente al primer disco 32 de cubierta. Cuando un primer disco es "axialmente adyacente" a un segundo disco, significa que el primer disco está axial o verticalmente más próximo al segundo disco, como se muestra en la fig. 2. El disco 36 de distribución incluye una abertura 54 de entrada de distribución, tal como la abertura de entrada 54a de distribución mostrada en la fig. 1, que se extiende a través del disco 36 de distribución. La abertura de entrada 54a de distribución puede estar alineada axialmente con una abertura de entrada 33 del primer disco 32 de cubierta. Por
- 15   ejemplo, la abertura de entrada 54a de distribución puede estar alineada con la abertura de entrada 33a, 33b o 33c del primer disco 32 de cubierta para recibir masas fundidas a, b o c, respectivamente, para su distribución. La abertura de entrada 54a de distribución está conectada a un canal 55 que también se extiende a través del disco 36 de distribución. El canal 55 termina en una pluralidad de aberturas de salida 56x, 56y de distribución que se extienden a través del disco 36 de distribución. Por los términos "abertura de salida" o "canal", se entiende que la porción descrita es una abertura en el disco de tal manera que la porción penetra o se extiende a través de todo el grosor axial del disco. Cada abertura de salida 56x, 56y está dispuesta en un ángulo, por ejemplo, de 45°, con respecto a las aberturas de salida de distribución adyacentes. En una realización, el disco 36 de distribución incluye ocho aberturas de salida 56x, 56y.
- 20   La alineación axial de la abertura de entrada 54, 54a de distribución con respecto a las aberturas de entrada 33a, 33b o 33c del primer disco 32 de cubierta determina la corriente de resina que es distribuida por el disco 36 de distribución. Por ejemplo, con referencia a la fig. 3, el disco 36 de distribución puede estar alineado de manera que la corriente b sea distribuida por el disco 36 de distribución mediante la alineación de la abertura de entrada 54 con la abertura de entrada 33b del primer disco 32 de cubierta. El disco 36 de distribución puede estar alineado con la abertura de entrada 33a, de modo que la corriente a sea distribuida por el disco 36 de distribución. El disco 36 de distribución puede estar alineado con la abertura de entrada 33c, de modo que la corriente c sea distribuida por el disco 36 de distribución. Como se muestra mejor en la fig. 5, el canal 55 puede incluir un primer canal dividido 57, un segundo canal dividido 58, una zona de relieve 59 y un tercer canal dividido 60. Preferiblemente, los canales divididos dividen simétricamente la masa fundida seleccionada por la abertura de entrada 54 de distribución ("masa fundida seleccionada"). Más particularmente, cada primer canal dividido 57 preferiblemente dirige aproximadamente la mitad de la cantidad de la masa fundida seleccionada desde la abertura de entrada 54 de distribución a sus segundos canales divididos 58 adyacentes. De manera similar, cada segundo canal dividido 58 dirige aproximadamente la mitad de la cantidad de fusión seleccionada desde el primer canal dividido 57 a sus terceros canales divididos 60 adyacentes. Preferiblemente, se prevé una zona de relieve 59 para permitir un descanso momentáneo del flujo de masa fundida seleccionada antes de que fluya hacia los terceros canales 60 divididos. Como se describió anteriormente, una de las ocho aberturas de salida de distribución 56x, 56y termina cada extremo de los terceros canales divididos 60. Así, los canales divididos dividen preferiblemente la corriente de masa fundida seleccionada hasta que su geometría de flujo resulta anular.
- 25   El disco 36 de distribución ilustrado en la fig. 1 incluye una pluralidad de aberturas exteriores 62 del distribuidor. El número de aberturas exteriores 62 del distribuidor, incluyendo la abertura de entrada 54a de distribución, puede corresponder al número de aberturas de entrada 33 del primer disco 32 de cubierta, el número de aberturas exteriores 64 de flujo del segundo disco 34 de cubierta (descrito a continuación) y/o el número de aberturas exteriores 66 de paso del disco repetidor 40 (descrito a continuación). Por ejemplo, en una realización de esta invención, como se muestra en la fig. 1, el disco 36 de distribución de la sección 73x de distribución directa incluye veintitrés aberturas exteriores 62 de distribuidor y una abertura de entrada 54a de distribución (un total de veinticuatro aberturas), y el primer disco 32 de cubierta adyacente incluye veinticuatro aberturas de entrada 33 correspondientes. Una o más aberturas de entrada 33 del primer disco 32 de cubierta se corresponden preferiblemente con una o más aberturas exteriores respectivas 62 de distribución del disco 36 de distribución. Mientras que una masa fundida es deseablemente distribuida por el disco 36 de distribución, las aberturas exteriores 62 del distribuidor permiten que una o más masas fundidas adicionales pasen al siguiente disco anular delgado. Las aberturas y/o pasos alineados de discos adyacentes forman trayectorias de flujo orientadas axialmente para cada masa fundida dentro del módulo repetidor de secuencia de capas de esta invención.
- 30   En ciertas realizaciones de esta invención, por ejemplo, como se muestra en las figs. 6 y 7, el disco 36 de distribución incluye además una pluralidad de aberturas interiores 63 de distribución, en particular, 63a y 63b. La pluralidad de aberturas exteriores 62 del distribuidor y la pluralidad de aberturas interiores 63 del distribuidor son conjuntos concéntricos de aberturas, y cada conjunto está dispuesto circunferencialmente a lo largo o con respecto a una circunferencia 61 del disco 36 de distribución. La pluralidad de aberturas interiores 63 del distribuidor pueden incluir una o

más selecciones de aberturas interiores del distribuidor. Mientras una masa fundida es distribuida de manera deseable por el disco 36 de distribución, cada selección de aberturas interiores del distribuidor puede permitir que una masa fundida adicional, previamente distribuida por un disco 36 de distribución diferente, pase al siguiente disco anular delgado. Por ejemplo, en una realización de esta invención, la pluralidad de aberturas interiores 63 de distribución incluyen una selección de aberturas interiores de distribución, tales como la primera selección de aberturas interiores 63a de distribución mostradas en la fig. 6, que acomodan una masa fundida adicional. En otra realización de esta invención, la pluralidad de aberturas interiores 63 de distribución incluyen dos selecciones de aberturas interiores de distribución, tales como la primera selección de aberturas interiores 63a de distribución y la segunda selección de aberturas interiores 63b de distribución mostradas en la fig. 7, permitiendo cada selección que una masa fundida diferente pase al siguiente disco anular delgado. En otras realizaciones de esta invención (no mostradas), el disco 36 de distribución puede incluir más de dos selecciones de aberturas interiores 63 de distribución. Las aberturas interiores 63 del distribuidor y las aberturas de salida 56 de distribución pueden estar dispuestas paralelas a una circunferencia 61 del disco 36 de distribución. Cada selección de aberturas interiores de distribución puede incluir ocho aberturas interiores 63 del distribuidor, tales como ocho aberturas interiores 63a de distribución mostradas en las figs. 6 y 7 (colectivamente 63x) y ocho aberturas interiores 63b del distribuidor mostradas en la fig. 7 (colectivamente 63y). Otras realizaciones de un disco de distribución de acuerdo con esta invención pueden incluir selecciones que tienen menos o más de ocho aberturas interiores de distribución. Cuando se utilizan conjuntamente en una célula, el número de aberturas interiores de distribución en cada selección 63x y 63y de aberturas interiores de distribución corresponde deseablemente al número de aberturas de salida 56 de distribución, el número de aberturas interiores 71a, 71b en una selección de aberturas interiores 71x, 71y de un disco 38 repartidor (fig. 10), el número de aberturas interiores 68a, 68b en una selección de aberturas interiores 68x, 68y de paso de un disco repetidor 40 (fig. 11) y/o el número de aberturas interiores 65 de flujo de un segundo disco 34 de cubierta (fig. 5). Estas selecciones de pasos y/o aberturas interiores, cuando se alinean, crean trayectorias de flujo para una masa fundida dentro del módulo repetidor de secuencia de capas de esta invención. Según ciertas realizaciones de esta invención, cada masa fundida, una vez distribuida, tiene ocho trayectorias de flujo dentro del módulo repetidor de secuencia de capas. Otras realizaciones de esta invención pueden tener más o menos de ocho trayectorias de flujo para cada masa fundida distribuida.

En una realización (fig. 12), el segundo disco 34 de cubierta es axialmente adyacente al disco 36 de distribución. El segundo disco 34 de cubierta incluye al menos una abertura exterior 64 de flujo y una pluralidad de aberturas interiores 65 de flujo (fig. 5). En una realización, el segundo disco 34 de cubierta incluye una pluralidad de aberturas exteriores 64 de flujo dispuestas radialmente a lo largo de la circunferencia 67 del segundo disco 34 de cubierta y una pluralidad de aberturas interiores 65 de flujo concéntricas. Las aberturas exteriores 64 de flujo se corresponden preferiblemente con y/o están alineadas axialmente con una o más aberturas exteriores 62 de distribución del disco 36 de distribución, que, a su vez, corresponden y/o están alineadas axialmente con una o más aberturas de entrada 33 del primer disco 32 de cubierta, como se describió anteriormente. El segundo disco 34 de cubierta incluye aberturas interiores 65 de flujo que están alineadas axialmente con las aberturas de salida 56 de distribución respectivas del disco 36 de distribución. El segundo disco 34 de cubierta está diseñado preferiblemente para dirigir la corriente de resina seleccionada al siguiente disco anular delgado del módulo 30 repetidor de secuencia de capas. Además, el segundo disco 34 de cubierta también dirige la o las corrientes de resina no seleccionadas, que fluyen en una o más aberturas exteriores 64 de flujo, al siguiente disco en el módulo repetidor de secuencia de capas. El segundo disco 34 de cubierta puede terminar un paso de resina. El segundo disco 34 de cubierta puede incluir uno o más puntos 31 de terminación que reemplazan una o más aberturas exteriores 64 de flujo.

En funcionamiento, el segundo disco 34 de cubierta puede dirigir una masa fundida distribuida, por ejemplo, la corriente b, al siguiente disco a través de las aberturas interiores 65 de flujo. Alternativamente, el segundo disco 34 de cubierta puede dirigir la corriente b al siguiente disco a través de una abertura exterior 64 de flujo, que puede estar alineada con la abertura de entrada 54 de distribución del disco 36 de distribución. Alternativamente, el segundo disco 34 de cubierta puede terminar el flujo de corriente b teniendo un punto 31 de terminación alineado con la abertura de entrada 54 de distribución del disco 36 de distribución. Un punto 31 de terminación terminará el paso de resina de la corriente b, de manera que el flujo de la corriente b se detendrá en el segundo disco 34 de cubierta. Por ejemplo, como se muestra en la fig. 1, el segundo disco 34 de cubierta en la posición del tercer disco incluye un punto 31 de terminación alineado con la abertura de entrada 54 de distribución del disco 36 de distribución, terminando así el flujo de corriente a. El segundo disco 34 de cubierta no incluye un punto de terminación para la corriente c y dirige el flujo de corriente c al disco repetidor 40, y también dirige el flujo de corriente c distribuido desde el disco 36 de distribución.

Con referencia a las figs. 9 y 11, cada disco repetidor 40 incluye deseablemente al menos uno y de manera adecuada una pluralidad de pasos exteriores 66 dispuestos circunferencialmente a lo largo de una periferia o circunferencia 69 del disco repetidor 40 y una pluralidad de pasos interiores 68 ilustrados como 68a, 68b y 68c, dispuestos hacia adentro de la pluralidad de pasos exteriores 66. La pluralidad de pasos interiores 68 está dispuesta en un patrón que es concéntrico con la pluralidad de pasos exteriores 66. Los pasos exteriores 66 pueden cada uno utilizarse para transportar una corriente de masa fundida hacia arriba o hacia abajo en el módulo repetidor de secuencia de capas hasta que la corriente de masa fundida alcance una abertura de entrada 54 de distribución en un disco 36 de distribución que divide la masa fundida en una pluralidad de corrientes, convenientemente ocho corrientes, colocadas uniformemente alrededor del disco de distribución. Dependiendo del número de capas deseadas en el producto de película coextruido, el número de pasos exteriores 66 puede ser relativamente pequeño o grande. Adecuadamente, el disco repetidor 40 incluye al menos



aproximadamente ocho pasos exteriores 66, o al menos aproximadamente 16 pasos exteriores 66, o al menos aproximadamente 24 pasos exteriores 66. Los pasos exteriores 66 en general, pueden estar separados uniformemente alrededor de la circunferencia 69. Uno o más pasos exteriores 66 pueden ser reemplazados con un punto 31 de terminación como se ha mostrado en la fig. 8.

5 La pluralidad de aberturas interiores 68 de paso incluyen al menos una selección de aberturas interiores de paso y preferiblemente una pluralidad de selecciones de aberturas interiores de paso. Cada selección de aberturas interiores de paso acomoda preferiblemente una corriente de fusión diferente. En una realización de esta invención, la pluralidad de aberturas interiores de paso incluye dos selecciones de aberturas interiores de paso, tales como una primera selección de aberturas interiores 68a de paso y una segunda selección de aberturas interiores 68b de paso, como se ha mostrado en la fig. 9. En otra realización de esta invención, la pluralidad de aberturas interiores 68 de paso incluyen tres selecciones de aberturas interiores de paso, tales como una primera selección de aberturas interiores 68a de paso, una segunda selección de aberturas interiores 68b de paso y una tercera selección de aberturas interiores 68c de paso, como se ha mostrado en la fig. 11. Cada selección preferiblemente dirige el flujo de una masa fundida al siguiente disco anular delgado. Cada selección puede tener ocho aberturas interiores de paso, tal como la selección 68x (que representa ocho aberturas interiores 68a de paso) y la selección 68y (que representa ocho aberturas interiores 68b de paso), mostradas en la fig. 8. En consecuencia, dos selecciones de aberturas interiores de paso pueden incluir un total de dieciséis aberturas interiores 68 de paso, como se muestra en la fig. 9 y tres selecciones de aberturas interiores de paso pueden incluir un total de veinticuatro aberturas interiores 68 de paso, como se ha mostrado en la fig. 10.

20 El disco repetidor 40 puede incluir uno o más puntos 31 de terminación que reemplazan una o más aberturas exteriores 66 de paso. El disco repetidor 40 mostrado en la fig. 8 incluye un punto 31 de terminación. Una de las selecciones de aberturas interiores 68a, 68b o 68c de paso del disco repetidor 40 puede estar alineada axialmente con aberturas interiores 64 de paso del segundo disco 34 de cubierta.

25 Cada disco repetidor 40 puede tener un grosor axial (no mostrado) de menos de aproximadamente 0,1 pulgadas (2,5 mm) preferiblemente menos de aproximadamente 0,07 pulgadas (1,78 mm), y lo más preferiblemente, menos de aproximadamente 0,05 pulgadas (1,27 mm). En una realización de esta invención, uno o más discos repetidores 40 tienen un grosor axial de aproximadamente 0,033 pulgadas (0,838 mm).

30 El disco repartidor 38 incluye al menos una y, preferiblemente, una pluralidad de aberturas exteriores 70 dispuestas radialmente a lo largo de una circunferencia 74 del disco repartidor 38. Las una o más aberturas exteriores 70 están alineadas axialmente con una o más aberturas exteriores respectivas 66 de paso del disco repetidor 40, aberturas exteriores 64 de flujo del segundo disco 34 de cubierta, aberturas exteriores 62 del distribuidor y/o abertura de entrada 54 de distribución del disco 36 de distribución y/o aberturas de entrada 33 del primer disco 32 de cubierta. El disco repartidor 38 incluye adicionalmente una pluralidad de aberturas interiores 71, que incluyen una pluralidad de selecciones de aberturas interiores. Por ejemplo, en una realización, el disco repartidor 38 incluye dos selecciones de aberturas interiores 71, tales como una primera selección de aberturas interiores 71a y una segunda selección de aberturas interiores 71b mostradas en la fig. 10. Al menos una selección de aberturas interiores 71 está deseablemente alineada axialmente con la selección respectiva de aberturas interiores 68 de paso del disco repetidor 40, aberturas interiores 65 de flujo del segundo disco 34 de cubierta (fig. 5), aberturas de salida 56 de distribución del disco 36 de distribución y/o una selección de aberturas interiores 63 de distribución internas del disco 36 de distribución.

40 Con referencia a la fig. 10, el disco repartidor 38 incluye además una región 72 de flujo. La región 72 de flujo se ha mostrado en la fig. 10 que tiene una configuración de una estrella de ocho puntas. La región 72 de flujo está conectada a una primera selección de aberturas interiores 71a, que son las ocho puntas de la estrella de ocho puntas. En la fig. 10, la región 72 de flujo ilustrada es una cavidad que se extiende a través de todo el grosor axial del disco repartidor 38. El disco repartidor 38 está diseñado para recibir la masa fundida seleccionada de las aberturas interiores 65 de flujo del segundo disco 34 de cubierta (fig. 5), aberturas interiores 68 de paso del disco repetidor 40 (fig. 11), aberturas de salida 56 de distribución del disco 36 de distribución y/o aberturas interiores 63 de distribución del disco 36 de distribución (figs. 6 y 7), permiten que la masa fundida seleccionada llene la región 72 de flujo del disco repartidor 38 y dirija la masa fundida seleccionada a un paso anular 75 (mostrado en la fig. 12) de la matriz para formar un producto multicapa.

50 Cada disco repartidor 38 puede tener un grosor axial (no mostrado) de menos de aproximadamente 0,1 pulgadas (2,5 mm), más preferiblemente de menos de aproximadamente 0,05 pulgadas (1,27 mm), y más preferiblemente de menos de aproximadamente 0,02 pulgadas (0,51 mm). En una realización de esta invención, uno o más discos repartidores 38 tienen un grosor axial de aproximadamente 0,016 pulgadas (0,406 mm).

55 La inclusión de discos repetidores 40 en una o más celdas del módulo repetidor de secuencia de capas permite que lo que anteriormente era una sola corriente de masa fundida formando una sola capa, se divida en múltiples corrientes de masa fundida más pequeñas que forman múltiples capas más delgadas en el producto. Sin los discos repetidores, una sola celda normalmente sería capaz de formar solo una única capa, y típicamente incluiría un primer disco 32 de cubierta, un disco 36 de distribución, un segundo disco 34 de cubierta, un disco repartidor 38 y un tercer disco 32 de cubierta, similar a la disposición descrita en la Patente de EE.UU N° 5.762.971. Para hacer una película que tenga múltiples capas, se apilarían juntas múltiples celdas (incluyendo cada una de ellas una disposición similar de discos). La

inclusión de los discos repetidores 40 permite que se formen múltiples capas a partir de una sola celda, y permite que las capas sean más delgadas. Como se ha mostrado en la fig. 1, por ejemplo, y se ha descrito más adelante, una secuencia del disco repetidor 40, seguida por el disco repartidor 38, el disco repetidor 40, el disco repartidor 38, etc., se puede repetir varias veces dentro de un módulo o celda 30 repetidor de secuencia de una sola capa para hacer múltiples nano-capas de grosores a nano-escala controlados. Si se desea, múltiples celdas 30 también pueden apilarse juntas para aumentar considerablemente el número de capas en el producto coextruido.

Los discos descritos anteriormente están dispuestos para formar el módulo 30 repetidor de secuencia de capas de la presente invención. Una posible disposición de discos está mostrada en la fig. 1. Otra posible disposición de los discos que forman el módulo repetidor de secuencia de capas de esta invención se ha mostrado en la fig. 3.

En una realización, el módulo repetidor 30 de secuencia de capas incluye una pluralidad de discos anulares delgados dispuestos como se ha mostrado en la fig. 1. Como se muestra en la fig. 1, el módulo repetidor 30 de secuencia de capas incluye, de forma secuencial, una primera sección 73x de distribución, una pluralidad de discos repartidores 38 que alternan con una pluralidad de discos repetidores 40, y una segunda sección 73y de distribución. Los discos repartidores 38 se alternan con los discos repetidores 40, de manera que cada disco repartidor 38 es intercalado de manera deseable entre dos discos repetidores 40. Cada sección 73x, 73y de distribución incluye un disco 36 de distribución. El disco 36 de distribución puede ser intercalado entre un primer disco 32 de cubierta y un segundo disco 34 de cubierta, como se muestra en la fig. 1. En la realización mostrada en la fig. 1, el módulo repetidor 30 de secuencia de capas incluye una primera sección 73x de distribución, siete discos repartidores 38, ocho discos repetidores 40 y una segunda sección 73y de distribución.

El módulo repetidor 30 de secuencia de capas de esta invención puede incluir cualquier número de discos repartidores 38 alternando con los discos repetidores 40, dependiendo de la necesidad. Por ejemplo, si se desea un producto de siete nano-capas, el módulo repetidor 30 de secuencia de capas puede incluir siete discos repartidores 38, alternando con discos repetidores 40. Si se desea un producto de veintiuna nano-capas, el módulo repetidor 30 de secuencia de capas puede incluir veintiún discos repartidores 38, alternando con los discos repetidores 40.

El módulo repetidor 30 de secuencia de capas de esta invención puede incluir una o más secciones de distribución 73 y/o discos 36 de distribución, dependiendo de la necesidad. Por ejemplo, para hacer un producto multicapa a partir de dos masas fundidas, el módulo repetidor 30 de secuencia de capas deseablemente incluirá dos secciones 73 de distribución o, alternativamente, dos discos 36 de distribución. Para hacer un producto multicapa a partir de tres masas fundidas, el módulo repetidor 30 de secuencia de capas incluirá deseablemente tres secciones 73 de distribución o, alternativamente, tres discos 36 de distribución. Para hacer un producto multicapa a partir de cuatro o más masas fundidas, el módulo repetidor de secuencia de capas tendrá deseablemente el número correspondiente de secciones 73 de distribución y/o de discos 36 de distribución. Alternativamente, una o más masas fundidas pueden ser distribuidas dentro de la matriz anular antes de introducir el módulo repetidor 30 de secuencia de capas.

Como se describió brevemente antes, el módulo repetidor 30 de secuencia de capas puede tener una o más secciones 73 de distribución. Cada sección 73 de distribución incluye un disco 36 de distribución. En una realización, la sección 73 de distribución, tal como la sección 73x de distribución mostrada en la fig. 1, incluye un disco 36 de distribución intercalado entre un primer disco 32 de cubierta y un segundo disco 34 de cubierta. En otra realización, la sección 73 de distribución, tal como la sección 73z de distribución mostrada en la fig. 3, incluye un disco 36 de distribución intercalado entre un segundo disco 34 de cubierta y un disco repetidor 40. Alternativamente (no mostrado), el disco 36 de distribución puede estar intercalado entre un primer disco 32 de cubierta y un disco repetidor 40, o dos discos repetidores 40.

Las secciones de distribución 73x y 73z mostradas en las figs. 1 y 3 son secciones de distribución hacia adelante. Las secciones de distribución directa distribuyen y dirigen el flujo de una masa fundida en una dirección hacia adelante que se extiende desde el extremo de entrada al extremo de salida del módulo repetidor 30 de secuencia de capas. Las secciones 73y de distribución 73 mostradas en las figs. 1 y 3 son secciones de distribución inversa. Las secciones de distribución inversa distribuyen y dirigen el flujo de una masa fundida en una dirección inversa que se extiende desde el extremo de salida al extremo de entrada del módulo repetidor 30 de secuencia de capas. La dirección hacia adelante es opuesta a la dirección inversa dentro del módulo repetidor de secuencia de capas de esta invención. Por lo tanto, en un módulo repetidor 30 de secuencia que incluye una sección de distribución directa y una sección de distribución inversa, al menos dos masas fundidas fluyen en direcciones opuestas dentro del módulo repetidor 30 de secuencia de capas. Otras realizaciones del módulo repetidor de secuencia de capas de esta invención pueden incluir solo secciones de distribución directa o solo secciones de distribución inversa.

Otra realización del módulo repetidor 30 de secuencia de capas está mostrada en la fig. 3. En esta realización, el módulo repetidor 30 de secuencia de capas incluye tres secciones 73x, 73z y 73y de distribución, distribuyendo cada una de ellas una de las tres masas fundidas suministradas al módulo repetidor 30 de secuencia de capas. El módulo repetidor 30 de secuencia de capas mostrado en la fig. 3 incluye once discos repartidores 38 alternando con discos repetidores 40. El módulo repetidor 30 de secuencia de capas mostrado en la fig. 3, produce un producto multicapa que incluye once capas. Cada disco repartidor 38 está posicionado para capturar y formar una capa de uno de las tres masas fundidas a, b y c. Las ocho puntas de la región 72 de flujo de estrella de ocho puntas del disco repartidor 38 están posicionadas para

capturar la masa fundida deseada para formar una capa.

La primera sección de distribución 73x mostrada en las figs. 1 y 3, posicionada en un primer extremo (es decir, el extremo de entrada) del módulo repetidor 30 de secuencia de capas, distribuye una masa fundida y dirige un flujo de la masa fundida en una primera dirección. La segunda sección de distribución 73y mostrada en las figs. 1 y 3, ubicada en un segundo extremo (es decir, el extremo de salida) del módulo repetidor 30 de secuencia de capas, distribuye una masa fundida y dirige el flujo de la masa fundida en una segunda dirección, donde la segunda dirección es opuesta a la primera dirección dentro del módulo repetidor 30 de secuencia de capas de esta invención. En otra realización de esta invención (no mostrada), el módulo repetidor de secuencia de capas incluye secciones de distribución que distribuyen y dirigen el flujo de masas fundidas solo en una dirección. Esta única dirección puede ser una primera dirección o una segunda dirección.

El módulo repetidor 30 de secuencia de capas mostrado en la fig. 1, forma siete capas a partir de las corrientes de resina a y c en el siguiente orden: c, a, c, a, c, a, c. El módulo repetidor 30 de secuencia de capas mostrado en la fig. 3, forma once capas a partir de las corrientes de resina a, b y c en el siguiente orden: c, a, c, b, c, a, c, b, c, a, y c. La corriente de resina a es distribuida por la sección 73x de distribución, la corriente de resina b es distribuida por la sección 73z de distribución y la corriente de resina c es distribuida por la sección 73y de distribución.

Los discos que componen el módulo repetidor 30 de secuencia de capas pueden estar hechos de cualquier material adecuado para utilizar en una matriz de coextrusión. Los materiales adecuados incluyen, por ejemplo, materiales cerámicos, plásticos o metálicos que pueden soportar una fijación soldada o la presión de sujeción de los medios de fijación y que no reaccionan química o térmicamente con las masas fundidas que se procesan. Preferiblemente, los discos comprenden un material que facilita la fabricación fácil y económica de los propios discos. Un disco preferido puede comprender, por ejemplo, materiales metálicos tales como acero y aluminio. Más preferiblemente, cada disco tiene superficies lisas de modo que una superficie de un disco se apoya íntimamente en una superficie de un disco axialmente adyacente. Dicho contacto íntimo asegurará que las corrientes de masa fundida que fluyen a través del módulo repetidor de secuencia de capas sean dirigidas correctamente y sin fugas. Cuando se están utilizando discos de superficie pobre es preferible que los discos sean fijados juntos mediante pegamento o soldaduras para reducir las fugas.

Los discos en el módulo repetidor de capa de secuencia de capas se pueden asegurar mediante pernos de disco (no mostrados). Estos pernos pueden insertarse en una pluralidad de orificios de fusión no utilizados, tales como los alineados con las aberturas de entrada, si están disponibles. Alternativamente, también se pueden prever orificios dedicados (no mostrados) en cada disco específicamente para los pernos de disco. Sin embargo, estos orificios dedicados están situados preferiblemente de modo que los pernos de disco no interfieran con el flujo de masa fundida, por ejemplo, en los canales en el disco 36 de distribución o la región de flujo del disco repartidor. Además, se pueden usar otros medios de fijación, tales como, por ejemplo, pegamento. Cada disco se puede pegar a los discos adyacentes axialmente dentro del módulo repetidor de secuencia de capas. Cualquier material de pegamento adecuado para asegurar el material que compone los discos se pueden usar siempre que las corrientes de fusión procesadas no reaccionen químicamente con los materiales pegados. Un ejemplo de material de pegamento aceptable para discos metálicos, incluidos el acero y el aluminio (específicamente el número de producto DK-175-022A), es un esmalte cerámico de polímero inorgánico de Cerdec Corporation de Washington, Pa.

En una realización de esta invención, ciertos discos o conjuntos de discos dentro del repetidor de secuencia de capas pueden ser unidos de forma permanente. Uno de estos medios para unir permanentemente los discos dentro del repetidor de secuencia de capas es con soldadura por puntos entre las superficies de contacto de los discos adyacentes. Específicamente, un disco repartidor y un disco repetidor, o un disco repetidor y dos discos repartidores a cada lado del disco repetidor pueden conectarse uno con otro con soldaduras por puntos.

Se pueden usar otros medios de soldadura conocidos por los expertos en la técnica, tales como soldadura fuerte, para unir dos o más discos dentro de una celda. Una soldadura preferida haría que las superficies del disco se alisarían después de la realización de la soldadura.

En otra realización preferida, ciertos discos o un grupo de dos o más discos pueden mecanizarse a partir de una única pieza de material. Al igual que un grupo de discos soldados, una celda mecanizada de una sola pieza crea una conexión permanente entre grupos de discos.

El módulo repetidor de secuencia de capas se puede utilizar para producir películas multicapa que tienen un gran número de capas delgadas y propiedades de orientación superiores. Se cree que la orientación superior resultante se debe a que las capas delgadas se alinean suavemente en la fase de fusión, con muy poca tensión en la alineación. Todas y cada una de las superficies de la nano-capas se forman por separado entre dos superficies de matriz de metal separadas por un espacio mínimo antes de que la masa fundida en movimiento lento se una a la trayectoria de masa fundida común dentro del anillo de la matriz. En general, hay más superficie de fusión para contactar con el polímero a través de una sección transversal de fusión, dejando una matriz de disco modular con un módulo repetidor de secuencia de capas, que en una matriz convencional. Además, cada nano-capas generada tiene una alta relación de área de superficie a grosor. Esta condición requiere una suave alineación de masa fundida de baja tensión, para evitar la rotura en las nano-capas individuales,

El suave flujo de masa fundida de baja tensión a través del módulo repetidor de secuencia de capas es habilitado por el hecho de que la masa fundida fluye a través de las capas en paralelo, en lugar de en serie. Por ejemplo, un espacio interno de la matriz para cada nano-capas se puede establecer en 0,017 pulgadas (431 micrones). Para producir una película de 25 capas a partir de dos polímeros, el módulo repetidor de secuencia de capas tendría 25 de estos espacios, 13 para el primer polímero y 13 para el segundo polímero. Esto significa que cada polímero tendría un espacio de matriz equivalente superior a 0,2 pulgadas (12,5 mm), específicamente 0,017 pulgadas (431 micrones) x 13 para el primer polímero y 0,017 pulgadas (431 micrones) x12 para el segundo polímero. Esto es muy grande en comparación con el espacio de la matriz normal de 0,030-0,060 pulgadas (762-1524 micrones) para una única capa de película en una matriz convencional. Así, en comparación con una matriz convencional, el flujo de polímero a través del módulo repetidor de secuencia de capas es relativamente lento y suave, debido a la disposición de flujo paralelo. El flujo permanece paralelo hasta que todas las capas se reúnen en la abertura central 49 definida por el radio interior 48 de los discos anulares delgados.

El flujo suave y suave de fusión de baja tensión a través del módulo repetidor de secuencia de capas da como resultado una alineación suave de las moléculas. Esto permite un mayor estiramiento durante la posterior orientación uniaxial o biaxial debido a que se produce una mayor alineación y estiramiento de las moléculas durante el proceso de estiramiento de lo que sería típicamente el caso con películas hechas a partir de procesos de extrusión convencionales. El mayor estiramiento durante la orientación puede dar como resultado propiedades mejoradas, como la resistencia a la tracción y la resistencia a la perforación. Las películas de nano-capas también presentan un mejor termo-formado, porque el termo-formado y la orientación requieren procesos de estiramiento similares.

Se pueden utilizar distintos procesos convencionales para orientar las películas de múltiples capas preparadas utilizando el módulo repetidor de secuencia de capas, para obtener películas orientadas de nano-capas. La forma más rápida es estirar la película para orientarla, cuando se está soplando y enfriando. Esto generalmente crea películas contraídas orientadas con baja fuerza de contracción.

También se puede utilizar un proceso de doble burbuja. Se produce una primera burbuja de película soplada, luego se enfría y se temple o enfría repentinamente, luego se recalienta y se estira en una segunda burbuja con aire atrapado. Este proceso implica un estiramiento biaxial más frío que da como resultado una mayor fuerza de contracción y películas de mayor resistencia a tracción.

También se puede utilizar un proceso de bastidor de estiramiento para calentar y estirar la película. La película multicapa puede ser soplada, colapsarse y hendida para formar una cinta plana. Luego, la cinta plana se calienta y se estira (uniaxial o biaxialmente) utilizando el bastidor de estiramiento.

Otras ventajas y características de la presente invención se han ilustrado en los siguientes ejemplos.

#### EJEMPLOS

Se ensambló un módulo repetidor de secuencia de capas y se insertó en una matriz anular, como se ha mostrado en la fig. 12. Dos celdas convencionales 20, cada una de las cuales incluye la disposición descrita en la Tabla 1 de un primer disco 32 de cubierta, un disco 36 de distribución, dos segundos discos 34 de cubierta, un disco repartidor 38 y un tercer disco 32 de cubierta, se colocaron a cada lado del módulo repetidor 30 de secuencia de capas. El módulo 30 de secuencia de capas incluía un disco 32 de cubierta, un disco 36 de distribución y otro disco 34 de cubierta en ambos lados, intercalando una secuencia alterna de discos repartidores 38 y discos repetidores 40, como se ha descrito en la Tabla 1. Los materiales fundidos se entregaron procedentes de cuatro extrusoras A, B, C y D (no mostradas). Los materiales procedentes de las extrusoras B y C fueron entregados y distribuidos por el módulo repetidor de secuencia de capas para formar veintiuna nano-capas. Los materiales procedentes de las extrusoras A y D fueron entregados y distribuidos por las dos celdas convencionales 20 en ambos lados del módulo repetidor de secuencia de capas. La matriz modular ensamblada consistió en los siguientes módulos en el siguiente orden: una celda 20 que produce una capa del material de la extrusora A, una celda 20 que produce una capa del material de la extrusora D, el módulo repetidor 30 de secuencia de capas, una celda 20 que produce una capa de material de la extrusora D, y una celda que produce una capa de material de la extrusora A. El listado de módulos y discos en cada módulo se ha proporcionado en la Tabla 1 siguiente. Las celdas que forman capas de los materiales de las extrusoras A y D (es decir, dos celdas en cada extremo del módulo repetidor de secuencia de capas) produjeron micro-capas estándar, y el módulo repetidor de secuencia de capas produjo nano-capas de materiales procedentes de las extrusoras B y C. Se intercalaron las nano-capas entre dos micro-capas a cada lado de las mismas. Las veintiuna nano-capas tenían la siguiente estructura: c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c, donde b era el material procedente de la extrusora B y c era el material procedente de la extrusora C. La estructura total de la película, incluidas las dos micro-capas en cada lado de las veintiuna nano-capas tenía la siguiente estructura: a/d/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/b/c/d/a, donde a era el material procedente de la extrusora A y d era el material procedente de la extrusora D.

Se utilizaron una matriz de 2 pulgadas (50,8 mm) y una línea de coextrusión hacia abajo de cuatro extrusoras.

Las extrusoras A y D tenían un diámetro de 1,25 pulgadas (31,75 mm) y tornillos de acero de L/D de 22:1 con una punta de mezclado de batidora y una placa de ruptura y una relación de compresión de 3:1. La extrusora A estaba accionada

## ES 2 734 107 T3

por un variador de frecuencia (Vari-drive) de CA de 3 HP.

5 Dos extrusoras satélite B y C de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (19,05 mm) estaban en un accionamiento común con la extrusora A. Las extrusoras B y C entregaron resina en aproximadamente un total de 40% de la extrusora A. Las extrusoras B y C tenían un diámetro de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (19,05 mm) y tornillos de acero de L/D 28:1 con una punta de mezclado con batidora y sin placa de ruptura y una relación de compresión de 3:1.

Los valores de grosor de capa esperados se resumen a continuación con la extrusora A que entrega a 40 rpm, entregando las extrusoras B y C cada una al 20% de la extrusora A, y entregando la extrusora D a 30 rpm o 20% de  $A \times 30/40$ .

	Salida relativa A=40	0,5×40=20 cada capa
10	Salida relativa D=0,2×40×0,75=6	0,5×6=3 cada capa
	Salida relativa C=0,2×40=8	8/11=0,73 cada capa
	Salida relativa B=0,2×40=8	8/10=0,80 cada capa
Total=40+6+8+8=62		

15 GROSOR DE LA CAPA BASADO EN PELÍCULA DE 10 MIL (25,4 MICRONES)

Cada una de las capas a (2 capas totales a) =  $10 \times 20 / 62 = 3,23$  mil (82 micrones)

Cada una de las capas d (2 capas totales d) =  $10 \times 3 / 62 = 0,48$  mil (12,2 micrones)

Cada una de las capas c (11 capas totales c) =  $0,73 / 62 = 0,012$  mil (305 nanómetros)

Cada una de las capas b (10 capas totales b) =  $0,8 / 62 = 0,012$  mil (305 micrones)

20 Los tubos gruesos se extrajeron lentamente de la matriz y se dejaron enfriar. Luego se cortó el tubo grueso con una sierra para metales y se afeitó con una navaja de afeitar. Bajo un aumento de 10, aproximadamente  $\frac{1}{3}$  del grosor del tubo consistía de dos micro-capas formadas a partir de los materiales a y d, otro  $\frac{1}{3}$  del grosor del tubo consistía en veintiuna nano-capas, y el  $\frac{1}{3}$  final del grosor de la tubería consistía nuevamente en dos micro-capas formadas de materiales d y a. Las muestras del producto se muestran en las figs. 13-15.

25 Tabla 1

Módulo	Discos
Celda A (Salida)	.063" primer disco de cubierta (Salida) .063" disco repartidor .063" segundo disco de cubierta .250" segundo disco de cubierta .250" disco de distribución .250" primer disco de cubierta
Celda D	.063" primer disco de cubierta .063" disco repartidor .063" segundo disco de cubierta .250" segundo disco de cubierta .250" disco de distribución .250" primer disco de cubierta
	.500" disco repartidor espaciador con orificios de masa fundida

(continuación)

## ES 2 734 107 T3

Repetidor de secuencia de capas	.250" primer disco de cubierta .250" disco de distribución .250" segundo disco de cubierta  Unidad de disco repetidor de secuencia de 21 capas c/b (0.033" disco repetidor y .016" disco repartidor / capa)  .125" segundo disco de cubierta .250" disco de distribución .125" primer disco de cubierta
Celda D	.063" primer disco de cubierta .063" disco repartidor .063" segundo disco de cubierta .250" segundo disco de cubierta (a través) .250" disco de distribución .250" primer disco de cubierta
Celda A (Entrada)	.250" primer disco de cubierta (a través) .250" disco de distribución .250" segundo disco de cubierta (a través) .063" segundo disco de cubierta .063" disco repartidor .063" primer disco de cubierta (Entrada)

Con referencia a las Tablas 2-7 siguientes, las referencias a los Materiales A-J se hacen a las siguientes Resinas A-J, respectivamente:

Resina A = Dow 6411, un polietileno de baja densidad de aproximadamente 2 MI obtenido de Dow Plastics;

Resina B = Topas® 8007, un copolímero de olefina cíclica (COC) disponible en Polyplastics Co., Ltd .;

5 Resina C = Rexene® 204 (E4.5% VA 2MI) obtenida de Rexene Corporation;

Resina D = DOW LDPE 4012, un polietileno de baja densidad de aproximadamente 10 MI disponible en Dow Plastics;

Resina E = Vistamaxx™ 6100, un polímero de propileno-etileno disponible en ExxonMobil Chemical Company

Resina F = Milliken® 3276 HPP, una resina de ensayo clarificada obtenida en Milliken Chemical;

Resina G = Clyrell RC 1314, un copolímero aleatorio de polipropileno disponible en LyondellBassell Industries;

10 Resina H = 960 HDPE Pactiv, un polietileno de alta densidad de aproximadamente 5 MI, obtenido en Pactiv Corporation;

Resina I = EVAL® L171B, un alcohol etilen-vinílico (EVOH) disponible en Eval Company of America; y

Resina J = ADMER® NF498A, una resina adhesiva de polietileno disponible en Mitsui Chemicals America, Inc.

### EJEMPLO 1

Las muestras se prepararon en condiciones de extrusión resumidas en la Tabla 2 siguiente.

15

Tabla 2

<u>Extrusora B:</u>							
Cilindro Delantero (° F):	410	—	400	400	400	400	400
Cilindro Trasero (° F):	320	—	350	340	340	350	360
Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—	—	—

(continuación)

ES 2 734 107 T3

Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	A	C	C	A	A	re	A
<u>Extrusora A:</u>							
Extensión (° F):	400	400	400	400	400	400	400
Cilindro Delantero (° F):	380	—	360	370	360	360	360
Cilindro Intermedio (° F):	340	—	300	300	300	290	300
Cilindro Trasero (° F):	320	—	280	280	280	270	280
Tornillo (RPM):	30	30	40	40	40	40	40
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	A	A	C	C	A	A	A
<u>Extrusora C:</u>							
Cilindro Delantero (° F):	390	—	390	390	380	420	420
Cilindro Trasero (° F):	340	—	330	330	330	380	380
Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	B	B	B	B	B	B	B
<u>Extrusora D:</u>							
Extensión (° F):	—	—	—	—	—	—	—
Cilindro Delantero (° F):	380	—	380	380	380	380	380
Cilindro Trasero (° F):	340	—	330	340	340	340	350
Tornillo (RPM):	—	—					
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	A	A	C	C	A	A	A
Módulo de matriz (° F):	380	—	379	380	378	379	380
Colector de Matriz (° F):	363	—	361	361	360	361	361
Salida de la Matriz (° F):	375	—	354	354	354	354	354
Ajuste del aire de refrigeración (0-240)	180	180	210	210	210	210	210
Ajuste de Control de Velocidad de Rodillo (0-100)	25	25	40	40	40	40	40
Velocidad de enrollador (rpm):							
Ancho de la película (pulgadas):	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6	5-6
I.D. de Muestra:	7-1; 7-2	7-3; 7-4	7-5	7-6	7-7	7-8	7-9

Las muestras 7-1 y 7-2 tenían la siguiente estructura: Resina A / Resina A / Resina B / Resina A / . . . (resinas A y B alternando). . . / Resina A / Resina B / Resina A / Resina A. Se preparó un tubo de 10 mil de grosor para ver claramente las nano-capas en una sección transversal. Se observó una ligera inestabilidad de la masa fundida.

## ES 2 734 107 T3

5 La muestra 7-5 se preparó para determinar si los cambios en la viscosidad de la resina mejorarían la calidad de la película gruesa. La salida de la extrusora A se aumentó a 40 rpm para hacer un tubo de 15 mil. La muestra 7-5 tenía la siguiente estructura: Resina C / Resina C / Resina B / Resina C. . . (resinas B y C alternando). . . Resina C / Resina B / Resina C / Resina C. Se observó que la sustitución de una resina de 10 MI con una resina de 2 MI incrementaba la inestabilidad de la masa fundida.

La muestra 7-6 tenía la siguiente estructura: Resina C / Resina C / Resina B / Resina A. . . (resinas A y B alternando). . . Resina A / Resina B / Resina C / Resina C. Se observó que al agregar de nuevo la resina 10 MI al repetidor de secuencia de capas de veintiuna nano-capas mejoró la calidad de la película. Sin embargo, todavía había presente alguna inestabilidad de la masa fundida.

10 La muestra 7-7 tenía la siguiente estructura: Resina A / Resina A / Resina B / Resina A. . . (resinas A y B alternando). . . Resina A / Resina B / Resina A / Resina A. Se observó que la calidad de la película era muy buena y ligeramente mejor en comparación con la muestra 7-1. Sin embargo, todavía se observaron rastros de inestabilidad de la masa fundida.

15 La muestra 7-8 tenía la siguiente estructura: Resina A / Resina A / Resina B / Resina D / . . . (resinas B y D alternando). . . / Resina D / Resina B / Resina A / Resina A. Se observó que la calidad de la muestra 7-8 era peor que la de la muestra 7-7.

La muestra 7-9 tenía la misma estructura que las muestras 7-1 y 7-7, pero la temperatura de suministro de masa fundida de la Resina B se elevó. Se observó que aumentar la temperatura de suministro de masa fundida de la Resina B mejoró aún más la calidad de la película con solo trazas más pequeñas de inestabilidad de la masa fundida.

### 20 EJEMPLO 2

Las muestras se prepararon en condiciones de extrusión resumidas en la Tabla 3 siguiente.

Tabla 3

<u>Extrusora B:</u>						
Cilindro Delantero (° F):	410	410	410	—	400	—
Cilindro Trasero (° F):	350	380	380	—	390	—
Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	A	B	B	B	B	B
<u>Extrusora A:</u>						
Extensión (° F):	400	400	400	400	400	400
Cilindro Delantero (° F):	380	370	370	—	370	—
Cilindro Intermedio (° F):	340	300	300	—	300	—
Cilindro Trasero (° F):	320	280	280	—	280	—
Tornillo (RPM):	40	40	40	40	40	40
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	A	A	A	A	A	A
<u>Extrusora C:</u>						
Cilindro Delantero (° F):	420	410	410	—	420	—
Cilindro Trasero (° F):	380	390	390	—	390	—
Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí

(continuación)



ES 2 734 107 T3

Material:	A	A	A	A	A	A
<u>Extrusora D:</u>						
Cilindro Delantero (° F):	380	380	380	—	380	—
Cilindro Trasero (° F):	350	350	350	—	340	—
Tornillo (RPM):	30	30	30	30	30	30
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	A	A	A	A	A	E
Colector de Matriz (° F):	368	361	361	—	368	—
Módulo de Matriz (° F):	378	377	377	—	377	—
Salida de Matriz (° F):	358	354	354	—	353	—
Ajuste del aire de refrigeración (0-240)	220	220	220	220	220	220
Ajuste de Control de velocidad de Rodillo (0-100)	30	30	100	70	50	50
Velocidad de enrollador (rpm):						
Ancho de la película (pulgadas):						
I.D de Muestra:	—	7-10; 7-11	7-12	7-13	7-14	7-15

Se prepararon muestras adicionales en condiciones de extrusión resumidas en la Tabla 4 siguiente.

Tabla 4

<u>Extrusora B:</u>			
Cilindro Delantero (° F):	400	400	390
Cilindro Trasero (° F):	390	380	380
Tornillo (RPM):	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí
Material:	B	B	B
<u>Extrusora A:</u>			
Extensión (° F):	400	400	400
Cilindro Delantero (° F):	420	410	410
Cilindro Intermedio (° F):	350	340	340
Cilindro Trasero (° F):	330	340	340
Tornillo (RPM):	40	40	40
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí
Material:	F	G	G
<u>Extrusora C:</u>			

(continuación)

ES 2 734 107 T3

Cilindro Delantero (° F):	410	410	420
Cilindro Trasero (° F):	390	390	380
Tornillo (RPM):	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí
Material:	A	A	H
<u>Extrusora D:</u>			
Cilindro Delantero (° F):	380	380	380
Cilindro Trasero (° F):	340	340	350
Tornillo (RPM):	30	30	30
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí
Material:	E	E	E
Colector de Matriz (° F):	368	370	370
Módulo de Matriz (° F):	377	397	395
Salida de Matriz (° F):	357	395	396
Ajuste del aire de refrigeración (0-240):	220	220	220
Ajuste del control de velocidad del rodillo (0-100):	50	50	50
Velocidad de enrollador (rpm):			
Ancho de la película (pulgadas):			
I.D. de muestra:	7-16	7-17	7-18; 7-19

5 El funcionamiento comenzó con las condiciones iniciales de extrusión mostradas en la primera columna de la Tabla 3 anterior y luego avanzó inmediatamente al siguiente conjunto de condiciones de extrusión mostradas en la segunda columna de la Tabla 3 anterior. La resina B se utilizó en la extrusora B. Se recogió una muestra de una masa fundida muy gruesa y se afeitó con una maquinilla de afeitar para ver las veintiuna nano-capas. Las nano-capas fueron visibles bajo un aumento de 10 y ocuparon aproximadamente 1/3 de la estructura total. Se recogieron las muestras 7-10 y 7-11.

10 La velocidad de los rodillos de agarre se aumentó a un ajuste de 100, y se recogió la muestra 7-12. La velocidad de los rodillos de agarre se redujo a 70, y se recogió la muestra 7-13. La velocidad de los rodillos de agarre se redujo aún más a un ajuste de 50, y se recogió la muestra 7-14. Se observó que todas las muestras eran de buena calidad. Se alimentó a continuación la resina E a la extrusora D, y se recogió la muestra 7-15. Nuevamente se observó que la calidad de la película era buena.

15 A continuación, se agregó polipropileno (PP) a la extrusora A. Con referencia a la Tabla 4, la primera resina probada fue la Resina F. Se observó una inestabilidad severa de la masa fundida y se recogió la muestra 7-16. La segunda resina probada fue la Resina G en la extrusora A. Aunque la estabilidad de la masa fundida generalmente mejoró, todavía se observó cierta inestabilidad de la masa fundida. Se recogió la muestra 7-17. La tercera resina probada fue la resina H en la extrusora C. Se observó que la masa fundida resultante era una masa fundida de mejor calidad. Se recogieron las muestras 7-18 y 7-19.

20 Con referencia a los Ejemplos 1 y 2, se encontró que las resinas A y H coextruidas con la resina B eran las únicas masas fundidas de polietileno relativamente libres de inestabilidad de la masa fundida. La resina G utilizada con la resina E como adhesivo dio como resultado una buena estabilidad de la masa fundida.

20 EJEMPLO 3

Las muestras se prepararon en condiciones de extrusión resumidas en la Tabla 5 siguiente.

ES 2 734 107 T3

Tabla 5

<u>Extrusora B:</u>							
Cilindro Delantero (° F):	410	400	400	410	400	400	400
Cilindro Trasero (° F):	410	400	390	390	400	400	400
Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	I	I	I	I	I	I	I
<u>Extrusora A:</u>							
Extensión (° F):	440	440	440	440	440	440	440
Cilindro Delantero (° F):	430	420	420	420	420	420	420
Cilindro Intermedio (° F):	350	350	350	360	360	350	350
Cilindro Trasero (° F):	310	310	310	310	310	310	300
Tornillo (RPM):	40	40	40	40	40	40	40
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	A	A	A	A	A	A	A
<u>Extrusora C:</u>							
Cilindro Delantero (° F):	410	410	420	410	400	400	400
Cilindro Trasero (° F):	410	390	390	390	390	400	400
Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	J	J	J	J	J	J	J
<u>Extrusora D:</u>							
Cilindro Delantero (° F):	390	380	380	390	380	380	390
Cilindro Trasero (° F):	350	340	340	340	340	340	340
Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	E	E	E	E	E	E	E
Colector de Matriz (° F):	382	384	385	385	386	386	386
Módulo de Matriz (° F):	400	399	400	399	394	396	398
Salida de Matriz (° F):	404	397	396	397	397	397	397
Ajuste del aire de refrigeración (0-240):	220	220	220	220	220	220	220
Ajuste del control de velocidad del rodillo (0-100):	40	50	60	70	80	90	100
Velocidad de enrollador (rpm):							

(continuación)

Ancho de la película (pulgadas):							
----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--

ES 2 734 107 T3

I.D. de muestra:	8-1	8-2	8-3	8-4	8-5	8-6	8-7

La prueba comenzó con la Resina I secada al horno en la extrusora B, la Resina A en la extrusora A, la Resina J en la extrusora C y la Resina E en la extrusora D. Se observó una buena estabilidad de la masa fundida, y se produjeron y recogieron películas de grosor variable. Los grosores de película oscilaron entre 6 mil en la muestra 8-1 y 1 mil en la muestra 8-7.

5 EJEMPLO 4

Las muestras se prepararon en condiciones de extrusión resumidas en la Tabla 6 siguiente.

Tabla 6

<u>Extrusora B:</u>					
Cilindro Delantero (° F):	400	410	410	400	400
Cilindro Trasero (° F):	400	390	390	390	390
Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	I	I	I	I	A
<u>Extrusora A:</u>					
Extensión (° F):	440	440	440	440	440
Cilindro Delantero (° F):	420	420	420	420	420
Cilindro Intermedio (° F):	370	380	390	390	390
Cilindro Trasero (° F):	340	350	350	350	360
Tornillo (RPM):	40	40	40	40	40
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	G	G	G	G	G
<u>Extrusora C:</u>					
Cilindro Delantero (° F):	420	410	410	410	410
Cilindro Trasero (° F):	390	390	390	390	390
Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	J	J	J	J	J
<u>Extrusora D:</u>					
Cilindro Delantero (° F):	390	380	400	420	420
Cilindro Trasero (° F):	350	350	350	370	370
Tornillo (RPM):	30	30	30	30	30
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	y	y	y	y	y

(continuación)

--	--	--	--	--	--

ES 2 734 107 T3

Colector de Matriz (° F):	384	390	391	392	392
Módulo de Matriz (° F):	399	400	400	400	400
Salida de Matriz (° F):	397	412	413	412	412
Ajuste del aire de refrigeración (0-240):	220	220	220	220	220
Ajuste del control de velocidad del rodillo (0-100):	40	40	50	50	50
Velocidad de enrollador (rpm):					
Ancho de la película (pulgadas):					
I.D. de Muestra	8-8	8-9	8-10	8-11	8-12*

5 Se utilizó polipropileno clarificado (PP) en la extrusora A. La resina E se utilizó en la extrusora D para actuar como una capa adhesiva en ambos lados de la estructura de veintiuna nano-capas de capas alternadas de resina J y resina I. Se recogieron desde las muestras 8-8 a la 8-11. A lo largo de la recogida de muestras 8-8 a 8-11, partes de la película mostraron inestabilidad de la masa fundida independientemente de las condiciones como se ha mostrado en la Tabla 6 anterior. La inestabilidad de la masa fundida desapareció cuando la Resina I se enjuagó con la Resina A procedente de la extrusora B, lo que indica que la viscosidad de la Resina I debería ser similar a la viscosidad de la Resina A para producir películas de calidad a partir de estos materiales. La birrefringencia de la luz se observó en el lado de la película que tiene cierta inestabilidad de masa fundida. Las muestras de película clara tenían un brillo especial, probablemente también debido a la birrefringencia.

10 EJEMPLO 5

Las muestras se prepararon en condiciones de extrusión resumidas en la Tabla 7 siguiente.

Tabla 7

<u>Extrusora B:</u>					
Cilindro Delantero (° F):	400	400	390	420	420
Cilindro Trasero (° F):	390	390	390	390	390
Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	I	I	I	I	I
<u>Extrusora A:</u>					
Extensión (° F):	410	410	410	410	410
Cilindro Delantero (° F):	410	410	410	410	410
Cilindro Intermedio (° F):	370	370	370	370	370
Cilindro Trasero (° F):	320	320	320	320	320
Tornillo (RPM):	40	40	40	40	40
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	A	A	A	A	A
<u>Extrusora C:</u>					

(continuación)

Cilindro Delantero (° F):	410	410	410	410	420
Cilindro Trasero (° F):	390	390	380	390	390

## ES 2 734 107 T3

Tornillo (RPM):	—	—	—	—	—
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	J	J	J	J	J
<u>Extrusora D:</u>					
Cilindro Delantero (° F):	390	390	390	380	380
Cilindro Trasero (° F):	340	340	340	340	340
Tornillo (RPM):	30	30	30	30	30
Enfriamiento de la tolva:	sí	sí	sí	sí	sí
Material:	A	A	A	A	A
Colector de Matriz (° F):	369	368	368	368	368
Módulo de Matriz (° F):	378	378	378	377	377
Salida de Matriz (° F):	361	357	358	353	353
Ajuste del aire de refrigeración (0-240):	220	220	220	220	220
	30	30	30	30	30
Ajuste del control de velocidad del rodillo (0-100):		5,25			
Velocidad de enrollador (rpm):	4	4,5	4,5	4,7	4,7
Ancho de la película (pulgadas):					
I.D. de Muestra	8-13	8-14	8-15	8-16	8-17

Se hicieron tubos gruesos de EVOH de 12-15 mil. Las muestras 8-13 a 8-17 fueron todas muy similares.

5 Con referencia a los Ejemplos 3-5, se soplaron películas de excelente estabilidad de coextrusión que tienen la siguiente estructura: polietileno (PE) / Resina E / Resina J / Resina I. . . (resinas I y J alternando). . . . Resina I / Resina J / Resina E / polietileno (PE) a películas con un grosor de 5 mil a 1 mil. El PE fue luego reemplazado con PP clarificado para hacer películas transparentes. Se observó cierta inestabilidad de la masa fundida en un lado de la burbuja. La inestabilidad de la masa fundida desapareció cuando la Resina I se reemplazó por la Resina A. Se realizó una película de 12-15 mil, similar a la primera muestra, en la ejecución final. Se observó birrefringencia en la burbuja con luz reflejada. Las películas transparentes tenían un destello brillante por sí mismas. Dado que la inestabilidad de la masa fundida disminuyó cuando la Resina A reemplazó a la Resina I, un EVOH con una viscosidad de masa fundida similar a la Resina A debería producir una película transparente de mejor calidad.

15 Por lo tanto, el módulo repetidor de secuencia de capas y/o una matriz que incluye el módulo repetidor de secuencia de capas de la presente invención tiene la capacidad de producir productos de múltiples capas coextruidos que contienen un gran número de capas (por ejemplo, 21, 25, 51 y más) así como productos compuestos por gran cantidad de diferentes materiales. En una realización de esta invención, una pluralidad de nano-capas están intercaladas entre dos o más micro-capas. Las micro-capas pueden proporcionar soporte y estabilidad a las nano-capas muy delgadas por otro lado. Los productos multicapa pueden estar hechos de cualquier material fundido que pueda extruirse. Los materiales adecuados incluyen, por ejemplo, polietileno ("PE"), polipropileno ("PP"), acetato de etilen-vinilo ("EVA"), alcohol etilen-vinílico ("EVOH"), copolímeros de olefina cíclica ("COC") y/u otros materiales termoplásticos, así como materiales elastómeros tales como, por ejemplo, copolímeros de alquenos que tienen desde 2 a aproximadamente 30 carbonos en la cadena de alquil.

### ESTRUCTURAS ADICIONALES DE PELÍCULA

25 El uso de alcohol etilen-vinílico ("EVOH") para hacer películas de barrera de nano-capas delgadas ha llevado a la identificación de una nueva forma cristalina de EVOH que es más deformable y tiene una mayor energía asociada con ella. La estructura cristalina más deformable ha demostrado poder estirarse mucho a una temperatura justo por encima de su temperatura de transición vítrea (Tg) a 60 °C. Por ejemplo, el EVOH en películas de barrera convencionales puede

5 tener un grosor de aproximadamente 0.3 mils (7,6 micrones). En una nano-película de 25 capas que utiliza EVOH para 12 de las capas, la misma cantidad de EVOH se puede dividir en capas que tengan el mismo grosor de 635 nanómetros. En otro ejemplo, el número total de capas es incrementado a 77, siendo 38 de ellas de EVOH, y la película es orientada al estiramiento a un grosor total de 0,026 mil (660 nm). En este ejemplo, la cantidad total de EVOH se puede dividir en capas que tienen el mismo grosor de 8,6 nanómetros (teniendo las 77 capas el mismo grosor). Se puede usar una resina de poliamida o un adhesivo a base de poliolefina para formar las capas restantes de la película barrera de EVOH, y la estructura completa de la nano-capa se puede encapsular entre dos capas exteriores de polietileno adecuado u otro polímero de olefina.

10 Las siguientes estructuras de película se han producido utilizando el módulo repetidor de secuencia de capas, y pueden producirse con o sin variantes.

Estructura A

15 La estructura A de película, una película de barrera orientada, incluye una primera capa exterior de polietileno, seguida por una primera capa de unión (adhesiva), seguida de 25 capas alternas de Nylon 6 (13 capas) y EVOH (12 capas), seguida por una segunda capa de unión y una segunda capa exterior de polietileno. Una o ambas capas exteriores de polietileno pueden estar formadas por un material sellante, como un polietileno lineal de baja densidad o un copolímero de acetato de etilen-vinilo. Las 25 nano-capas se produjeron como se ha descrito anteriormente, utilizando el módulo repetidor de secuencia de capas, con grosores de capa orientados de 635 nm. Las capas restantes se produjeron utilizando celdas convencionales como se ha descrito anteriormente con respecto a la fig. 17.

Estructura B

20 La estructura B de película, una película retráctil de micro-capas que no es de barrera orientada, incluye seis capas de un primer polietileno, seguidas de trece capas alternas de segundo y tercer polietilenos, seguidas de seis capas adicionales del primer polietileno, para un total de 25 capas. Las 25 capas fueron micro-capas producidas utilizando el módulo repetidor de secuencia de capas. Se pueden emplear varios tipos de polietileno, incluyendo materiales tales como polietileno lineal de baja densidad y acetato de etilen-vinilo, especialmente para las capas externas. Como se explicó anteriormente, la formación de micro-capas en el módulo repetidor de secuencia de capas implica un flujo de masa fundida más suave que reúne las capas con menos tensión. La película multicapa resultante tiene mejores propiedades de orientación y contracción en comparación con las películas retráctiles convencionales que tienen menos capas y más gruesas.

Estructura C

30 La estructura C de película es una combinación de la Estructura A, con un mayor número de micro-capas de polietileno y capas de barrera adicionales en ambos lados del paquete de barrera de la nano-capa. La estructura C, una película de barrera orientada, incluye una secuencia alterna de ocho micro-capas de polietileno y adhesivo (repetida cuatro veces), seguida por una secuencia de dos capas de Nylon 6/66 y EVOH, seguida por la secuencia de 25 nano-capas de Nylon 6 (13 capas) alternando con EVOH (12 capas), seguida por una secuencia adicional de dos capas de EVOH y Nylon 6/66, seguida por una secuencia adicional de ocho micro-capas alternadas de adhesivo y polietileno (repetido cuatro veces). La primera y la segunda secuencias de ocho capas de polietileno / adhesivo pueden utilizar polietilenos iguales o diferentes y resinas adhesivas iguales o diferentes. Las secuencias de dos capas de Nylon 6/66 y EVOH pueden ser nano-capas o micro-capas. La estructura C de película puede fabricarse utilizando uno o más módulos repetidores de secuencia de capas apilados juntos, o puede hacerse con un módulo repetidor de secuencia de capas intermedio equipado para 25 capas, intercalado entre dos módulos de matriz de coextrusión de discos modulares, cada uno equipado para 8 capas.

Estructura D

45 La estructura D de película es una película retráctil orientada que no es de barrera, totalmente de nano-capas, que incluye 26 capas alternas de un segundo polietileno (13 capas) y un primer polietileno (13 capas), seguida de 25 capas alternas del segundo polietileno (13 capas) y del primer polietileno (12 capas), seguida de 26 capas alternas del primer polietileno (13 capas) y del segundo polietileno (13 capas), para un total de 77 capas de polietileno alternas. La estructura de la película se puede hacer apilando tres módulos repetidores de secuencia de capas, cada uno equipado para producir 25 o 26 capas alternas. Se pueden utilizar distintas resinas de polietileno (incluyendo, sin limitación, copolímeros de polietileno lineal de baja densidad y acetato de etilen-vinilo) para un rendimiento óptimo.

50 ESTRUCTURAS DE MATRIZ ADICIONALES

55 El módulo repetidor de secuencia de capas también se puede utilizar para ensamblar estructuras de matriz de coextrusión adicionales más complejas, incluidas las estructuras de matriz productoras de nano-capas ilustradas en las figs. 16 y 17. Con referencia a la fig. 16, un troquel complejo 100 incluye módulos 110, 120, 130 y 140 alineados y conectados entre sí mediante pernos de sujeción 101. El módulo 110 puede ser un módulo de matriz de coextrusión modular de discos convencional capaz de producir una pluralidad de micro-capas, por ejemplo, seis micro-capas en la realización mostrada, o cualquier número deseado de micro-capas. Cada micro-capa se produce mediante una

disposición 112 de discos que incluye disposiciones de discos similares a las descritas en la Tabla 1 para las Celdas A y D, excepto que los huecos internos de la matriz pueden variar de acuerdo con el grosor de los discos y pueden ser de 0,030 pulgadas (0,762 mm) en la realización mostrada. El módulo 120 es un módulo repetidor de secuencia de capas que tiene una configuración similar a la del módulo repetidor de secuencia de capas descrito en la Tabla 1, excepto en que la secuencia de los discos repetidores y de los discos de distribución pueden ser variadas para producir un número mayor o menor de nano-capas, por ejemplo, 25 nano-capas en la realización mostrada, o cualquier número deseado de nano-capas. Nuevamente, los huecos internos de la matriz pueden variar de acuerdo con el grosor de los discos individuales y pueden ser de 0,017 pulgadas (0,432 mm) en la realización mostrada.

El módulo 130 es un módulo repetidor de secuencia de capas similar al módulo 120, excepto en que la secuencia de los discos repetidores y los discos de distribución pueden ser variadas para producir un número mayor o menor de nano-capas, y los espacios internos de la matriz pueden variar de acuerdo con el grosor de los discos individuales. En la realización mostrada, por ejemplo, la secuencia de los discos repetidores y de los discos de distribución pueden ser variadas para producir 2 nano-capas, y los huecos internos de la matriz pueden ser de nuevo de 0,017 pulgadas (0,432 mm). El módulo 140 es otro módulo de matriz de coextrusión modular convencional capaz de producir una pluralidad de micro-capas, por ejemplo, seis micro-capas en la realización mostrada, o cualquier número deseado de micro-capas. Los huecos internos de la matriz también pueden variar según el grosor de los discos y pueden ser de 0,030 en la realización mostrada.

Con el fin de producir películas de barrera usando la matriz compleja 100, los módulos 110 y 140 pueden ser alimentados cada uno usando dos extrusoras para producir capas alternas de polímero de olefina/capa de unión, repetidas tres veces. Las capas de polímeros de olefinas pueden ser polietileno, polipropileno, polietileno lineal de baja densidad o un material de sellado tal como copolímero de acetato de etilen-vinilo. Las capas de unión pueden ser adhesivos a base de poliolefina, copolímero de acetato de etilen-vinilo, ionómero o similares. Los módulos 120 y 130 se pueden usar para producir nano-capas alternas de materiales de barrera tales como capas alternas de poliamida/alcohol de etilen-vinilo. Alternativamente, las nano-capas pueden ser capas alternas de poliamida/capa de unión adhesiva, o alcohol de etilen-vinilo capa de unión adhesiva, o cualquier estructura de barrera adecuada. Las películas multicapa complejas producidas de este modo pueden estar orientadas de manera uniaxial o biaxial utilizando cualquiera de las técnicas descritas anteriormente.

Con referencia a la fig. 17, una matriz compleja 200 incluye módulos 210, 220, 230 y 240. En este ejemplo, todos los módulos 210, 220, 230 y 240 son capaces de producir nano-capas, y dos, tres o los cuatro módulos pueden ser módulos repetidores de secuencia de capas. En la realización mostrada, cada uno de los módulos 210, 230, y 240 es un módulo repetidor de secuencia de capas capaz de producir múltiples nano-capas. Cada módulo repetidor de secuencia de capas tiene una disposición de disco similar a la descrita en la Tabla 1, a saber, un primer disco de cubierta, un disco de distribución y un segundo disco de cubierta en cada lado de una secuencia alternativa de discos de repetición y discos de distribución. Los módulos repetidores de secuencia de capas se pueden configurar para producir cualquier número deseado de nano-capas. Por ejemplo, en la realización mostrada, los módulos repetidores de secuencia de capas 210 y 230 están configurados para producir 25 nano-capas, y el módulo repetidor de secuencia de capas 140 está configurado para producir 26 nano-capas. El módulo 220 puede ser, pero no es necesario que sea un módulo repetidor de secuencia de capas. En la realización mostrada, el módulo 220 produce solo una nano-capa y solo puede incluir un primer disco de cubierta, un disco repartidor, un segundo disco de cubierta, un disco de distribución y otro primer disco de cubierta.

La encarnación de la matriz compleja 200 mostrada en la fig. 17 por lo tanto, produce una película de 77 nano-capas, a saber, 25 capas del módulo 210, una capa del módulo 220, 25 capas del módulo 230 y 26 capas del módulo 240. Las nano-capas pueden ser capas alternas de dos materiales diferentes suministrados desde dos extrusoras, o pueden ser uno, tres, cuatro o más materiales diferentes alimentados desde un número correspondiente de extrusoras. Los huecos internos de la matriz se pueden seleccionar y variar según el grosor del disco. En la realización mostrada, los huecos de la matriz utilizados para producir las 77 capas son de 0,017 pulgadas (0,432 mm).



**REIVINDICACIONES**

1. Un módulo repetidor de secuencia de capas que incluye una celda (30) de discos anulares delgados dispuestos axialmente para una matriz de coextrusión, comprendiendo la celda (30) de discos anulares delgados dispuestos axialmente:
- 5 al menos un primer disco (32) de cubierta que incluye al menos dos aberturas de entrada (33);
- al menos un segundo disco (34) de cubierta que incluye una pluralidad de aberturas interiores (65) de flujo y al menos una abertura exterior (64) de flujo correspondiente a una de las al menos dos aberturas de entrada (33) del primer disco (32) de cubierta;
- 10 al menos un disco (36) de distribución, incluyendo el disco (36) de distribución una abertura de entrada (54) de distribución correspondiente con una de las al menos dos aberturas de entrada (33) del primer disco (32) de cubierta o una de al menos una abertura exterior (64) de flujo del segundo disco (34) de cubierta, una pluralidad de aberturas de salida (56) correspondientes a la pluralidad de aberturas interiores (65) de flujo del segundo disco (34) de cubierta, y un canal (55) que conecta la abertura de entrada (54) de distribución y la pluralidad de aberturas de salida (56);
- 15 una pluralidad de discos repartidores, incluyendo cada disco repartidor (38) al menos una abertura exterior (70), una pluralidad de aberturas interiores (71) que incluyen una pluralidad de selecciones de aberturas interiores (71a, 71b) y una región (72) de flujo conectada a una primera selección de aberturas interiores (71a); y caracterizado por
- al menos un disco repetidor (40) en secuencia alterna con los discos repartidores e incluyendo una pluralidad de aberturas exteriores (66) de paso dispuestas alrededor de una circunferencia del mismo y una pluralidad de aberturas interiores (68) de paso circulares dispuestas en un patrón que es concéntrico con la pluralidad de aberturas exteriores (66) de paso.
- 20 2. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 1, en donde un grosor del al menos un disco repetidor (40) es menor de aproximadamente 0,1 pulgadas (2,5 mm).
3. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 1, en donde la celda (30) comprende al menos dos de los discos repartidores (38), el disco repetidor (40) posicionado entre y axialmente adyacente a los dos discos repartidores (38).
- 25 4. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 1, en donde la celda comprende al menos siete de los discos repartidores (38), y discos repartidores (40) axialmente adyacentes a cada uno de los siete discos repartidores (38).
5. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 1, en donde el grosor de al menos un disco repartidor (38) es menor de aproximadamente 0,05 pulgadas (1,27 mm).
- 30 6. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 1, en donde al menos un disco (36) de distribución incluye además una pluralidad de aberturas exteriores (62) de distribución y una pluralidad de aberturas interiores (63) de distribución dispuestas en un patrón que es concéntrico con la pluralidad de aberturas exteriores (62) de distribución.
7. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 1, en donde cada disco repartidor (38) comprende al menos ocho de las aberturas exteriores de paso y al menos ocho de las aberturas interiores de paso.
- 35 8. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 1, en donde al menos un disco repartidor incluye al menos dos selecciones de aberturas interiores (71a, 71b), acomodando cada selección de aberturas interiores (71a, 71b) una masa fundida diferente.
9. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 1, en donde la celda (30) de discos anulares delgados dispuestos axialmente comprende al menos una secuencia de los siguientes discos adyacentes axialmente: primer disco (32) de cubierta, disco (36) de distribución, segundo disco (34) de cubierta, disco repetidor (40), disco repartidor (38).
- 40 10. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 9, en donde la celda (30) de discos anulares delgados dispuestos axialmente comprende dos de dichas secuencias en orden inverso.
11. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 1, que comprende además una o más celdas (30) de discos anulares dispuestos axialmente.
- 45 12. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 1, en donde al menos un disco (36) de distribución está intercalado entre el primer disco (32) de cubierta y el segundo disco (34) de cubierta, comprendiendo la celda:
- una pluralidad de discos repartidores (40),
- en donde la pluralidad de discos repartidores (38) y la pluralidad de discos repartidores (40) están dispuestos

alternativamente entre al menos dos de los discos (36) de distribución.

- 5 13. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 12, en donde los discos de cubierta (32, 34), de distribución (36), repartidor (38) y repetidor (40) están configurados y dispuestos para distribuir una primera corriente de masa fundida que fluye en una primera dirección y una segunda corriente de masa fundida que fluye en una segunda dirección opuesta a la primera dirección.
14. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 13, en donde los discos de cubierta (32, 34), de distribución (36), repartidor (38) y repetidor (40) están configurados y dispuestos para distribuir una tercera masa fundida que fluye desde al menos una de la primera y segunda direcciones.
- 10 15. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 12, en donde la pluralidad de aberturas interiores (68) de paso incluyen una pluralidad de selecciones de aberturas interiores (68a, 68b, 68c, 68x, 68y) de paso, acomodando cada pluralidad de selecciones de aberturas interiores (68a, 68b, 68c, 68x, 68y) de paso una masa fundida diferente.
16. El módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 12, en el que al menos un disco repetidor (40) comprende un punto (31) de terminación que termina un flujo de una masa fundida en el disco repetidor (40).
- 15 17. Un método para producir un producto multicapa que comprende la etapa de coextruir una pluralidad de capas utilizando el módulo repetidor de secuencia de capas de la reivindicación 12, comprendiendo el producto multicapa una pluralidad de nano-capas.
18. El método de la reivindicación 17, que comprende además la etapa de coextruir el producto multicapa entre al menos dos micro-capas, en donde cada nano-capa tiene un grosor de menos del 10% del grosor de una micro-capa.
- 20 19. Una matriz de coextrusión, que comprende un módulo repetidor de secuencia de capas, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16.
20. La matriz de coextrusión de la reivindicación 19, que comprende al menos dos de los módulos repetidores de secuencia de capas.
21. La matriz de coextrusión de la reivindicación 19, que comprende al menos tres de los módulos repetidores de secuencia de capas.
- 25 22. La matriz de coextrusión de la reivindicación 19, que comprende además un módulo de matriz de coextrusión de discos modular en uno o ambos lados del módulo repetidor de secuencia de capas, comprendiendo cada módulo de matriz de coextrusión de discos modular un primer disco (32) de cubierta, un disco (36) de distribución, un segundo disco (34) de cubierta, un disco repartidor (38), y un tercer disco de cubierta.
- 30 23. La matriz de coextrusión de la reivindicación 19, en donde el módulo repetidor de secuencia de capas comprende al menos veinte de los discos repartidores (38) y al menos veinte de los discos repetidores (40).

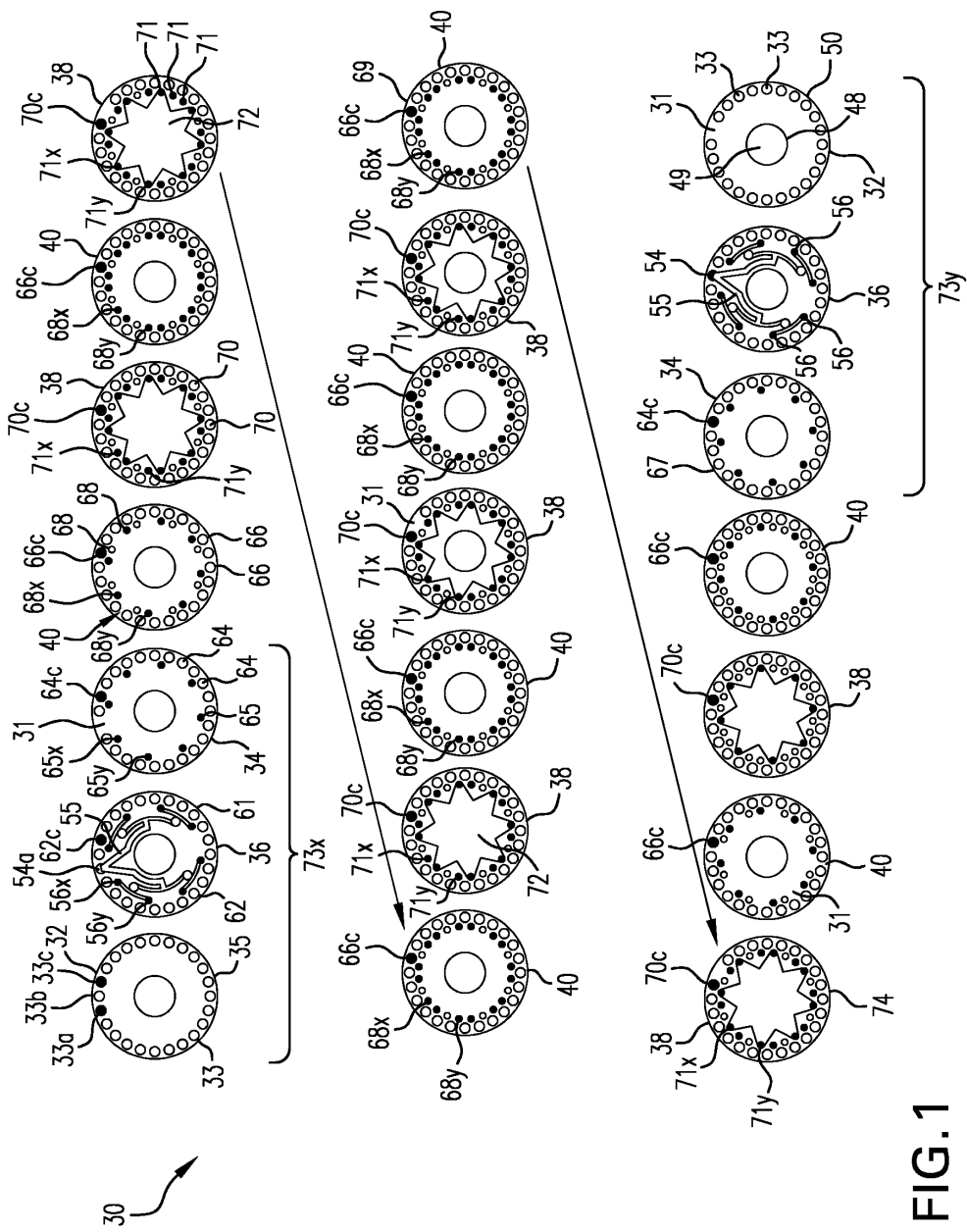


FIG. 1

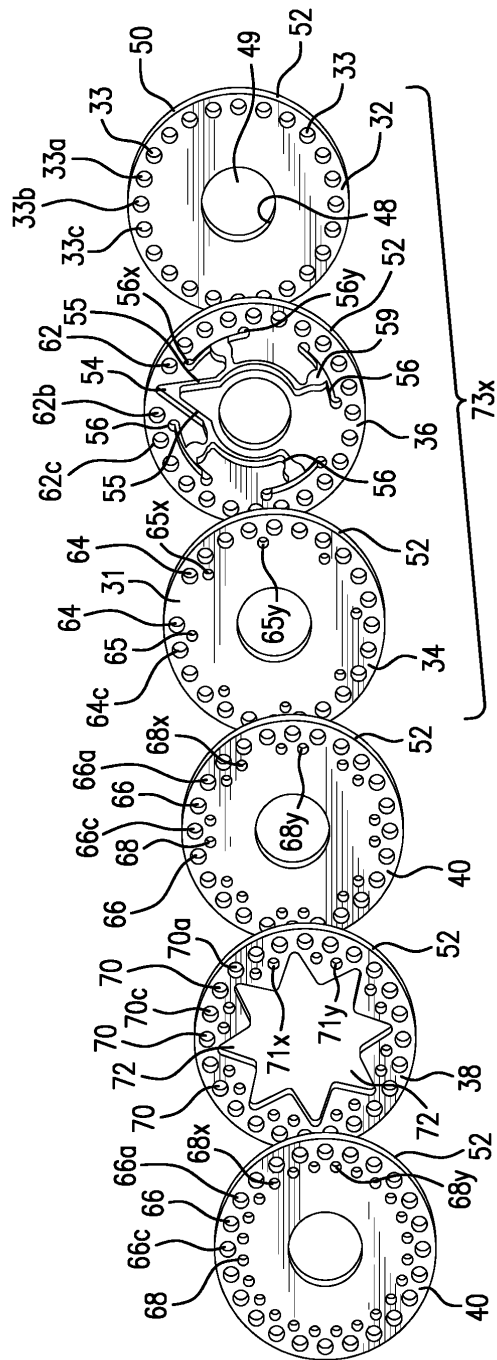


FIG. 2

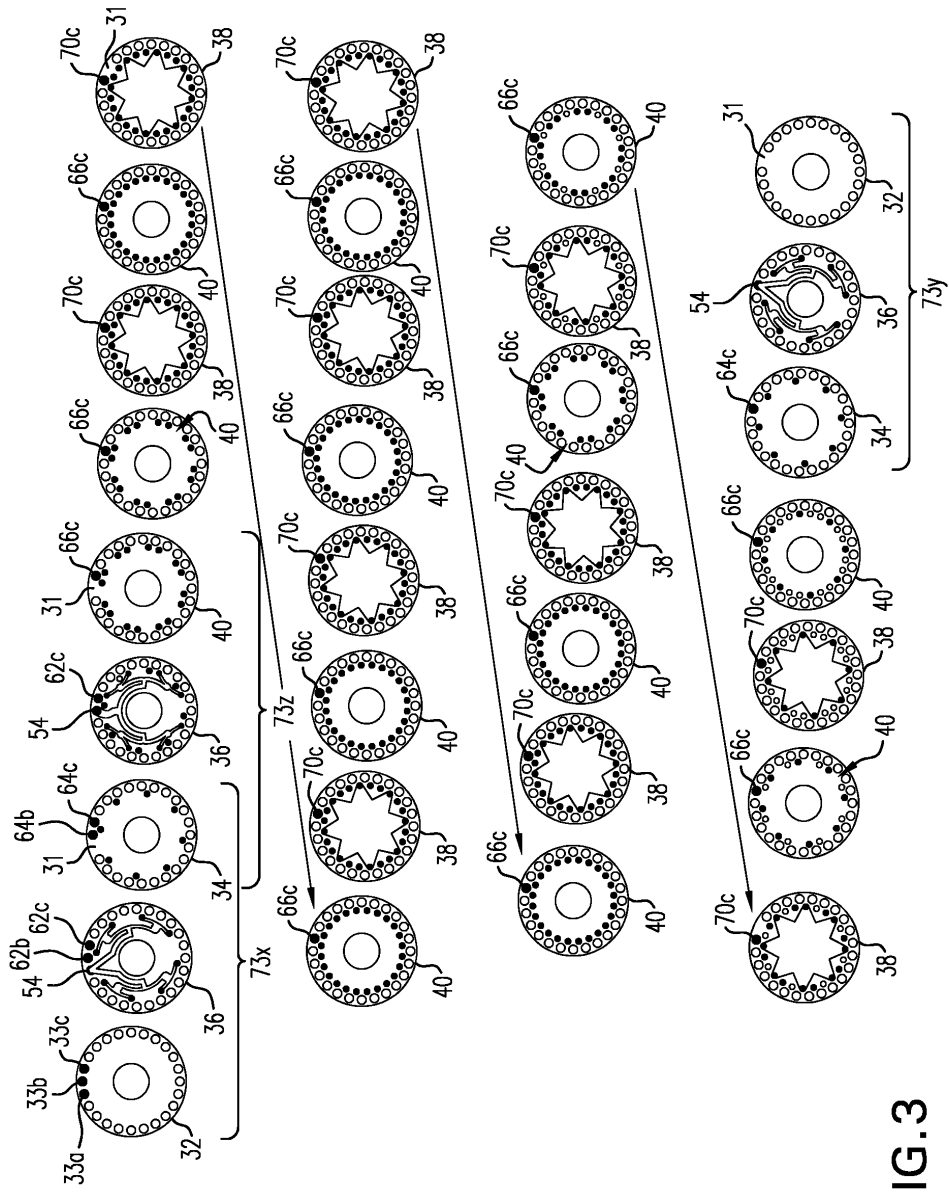


FIG.3

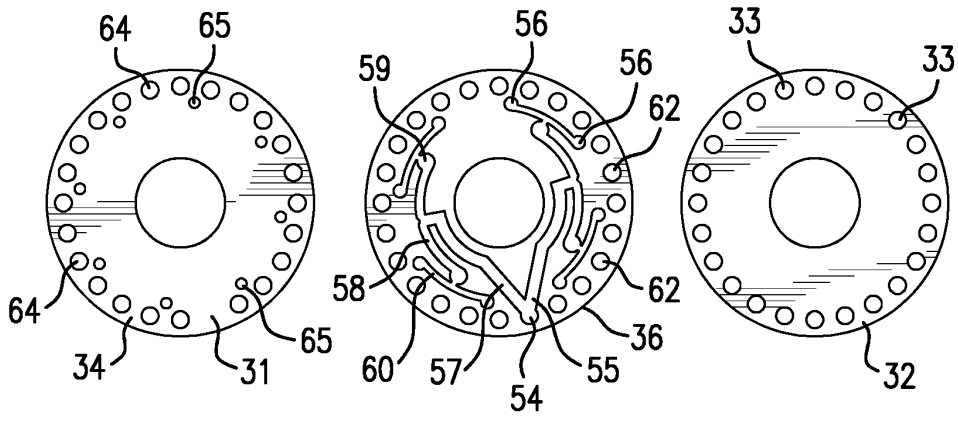


FIG. 4

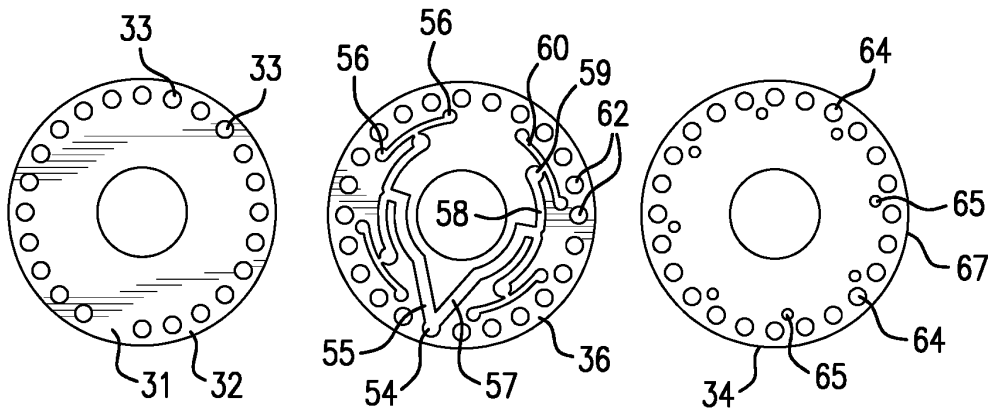


FIG. 5

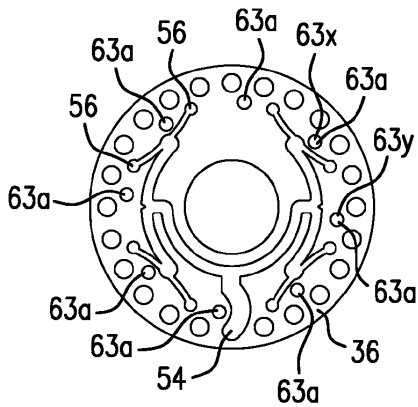


FIG. 6

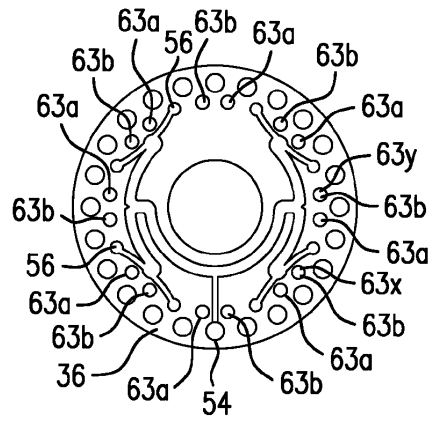


FIG. 7

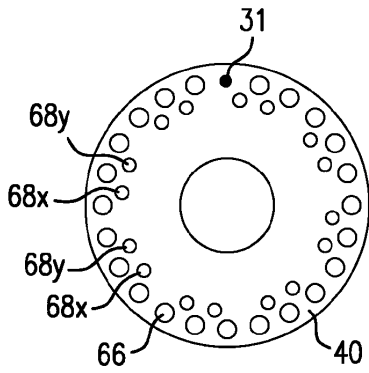


FIG. 8

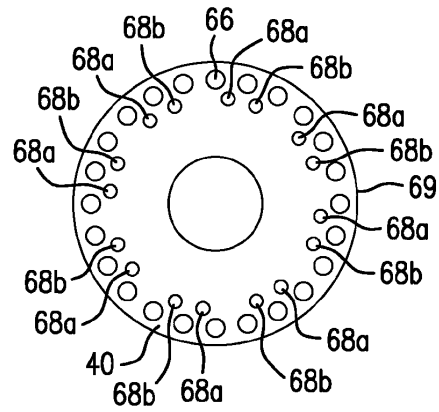


FIG. 9

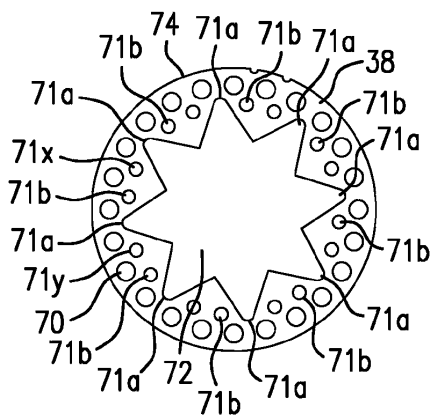


FIG. 10

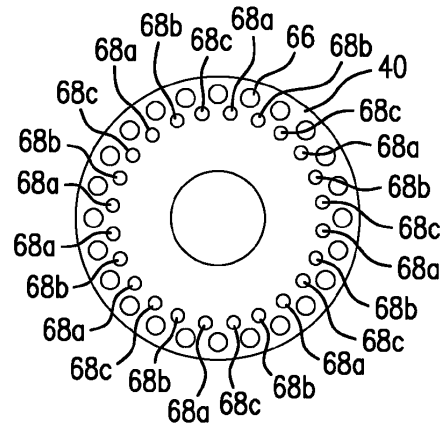


FIG. 11

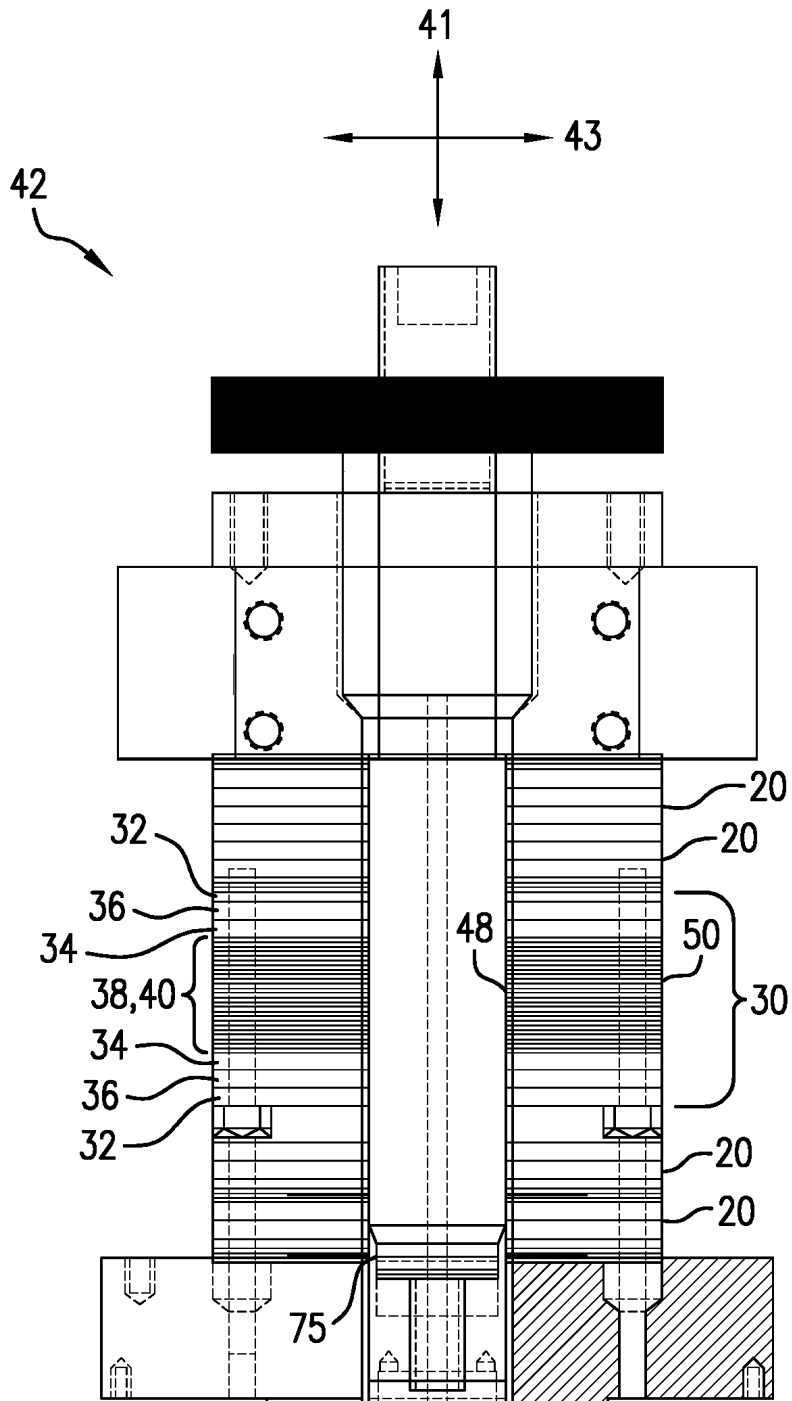


FIG. 12



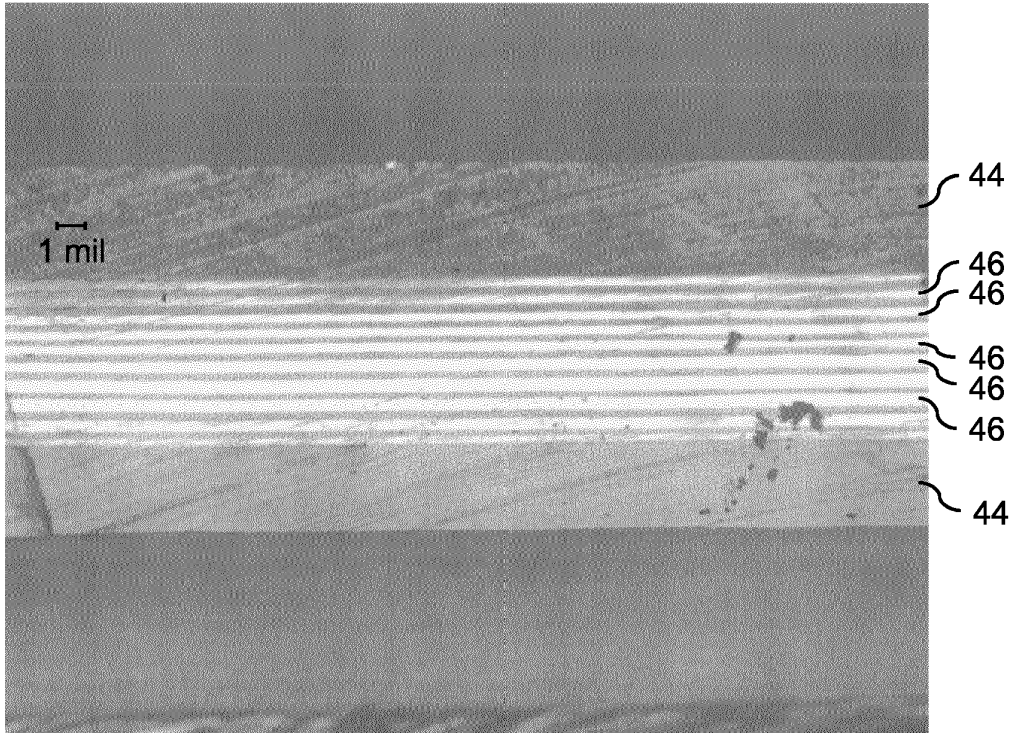


FIG. 13

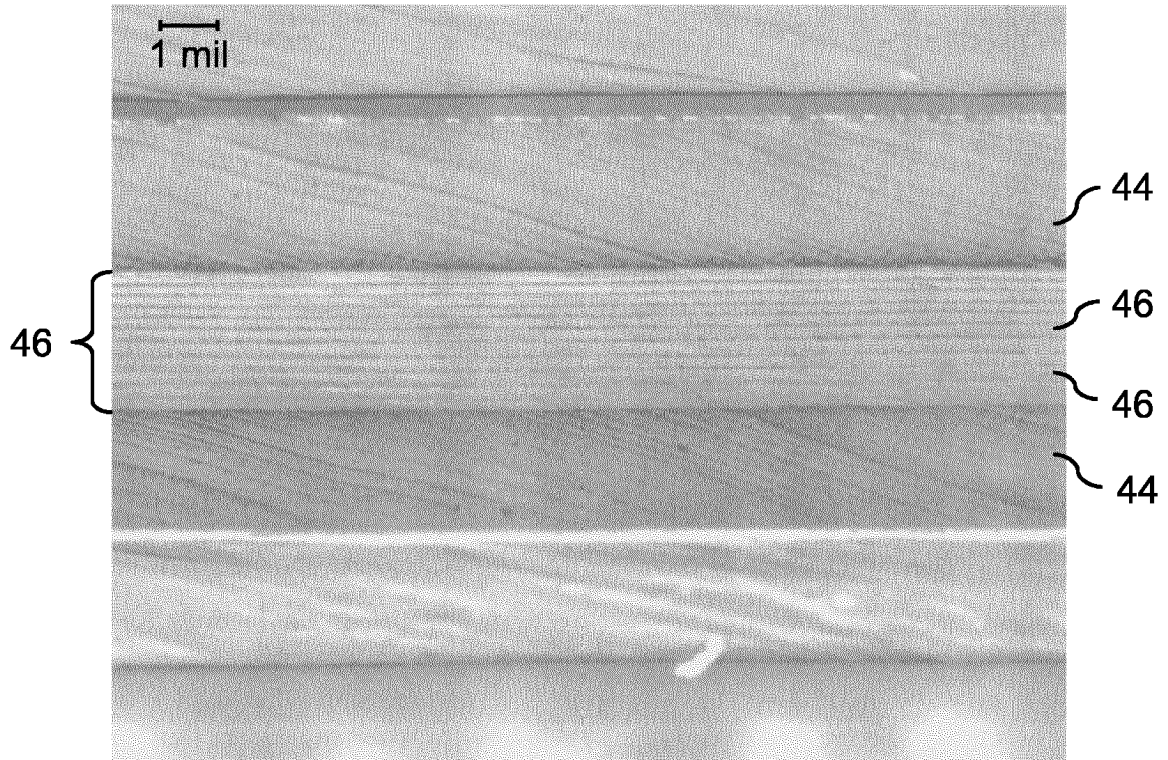


FIG. 14

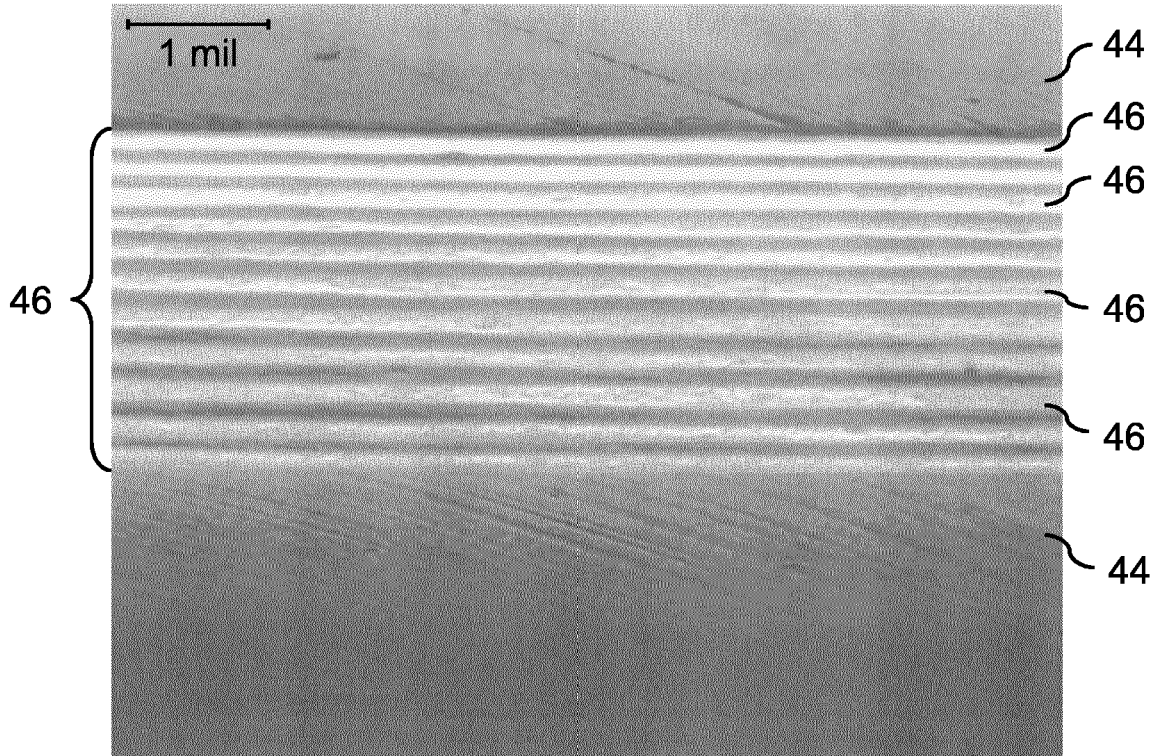


FIG. 15

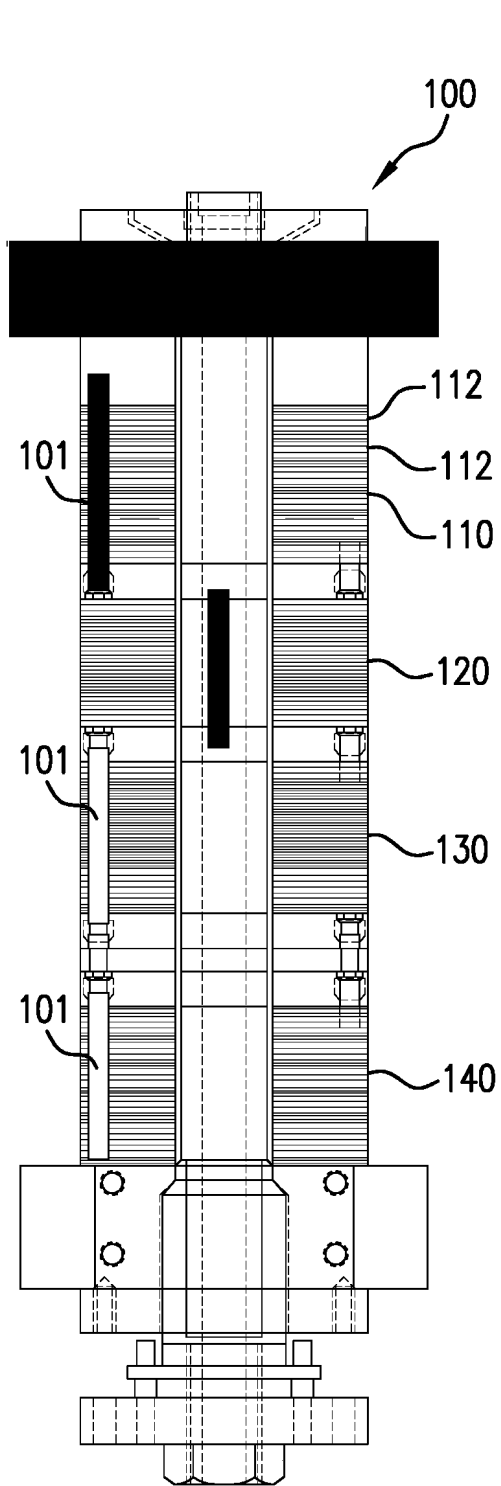


FIG. 16

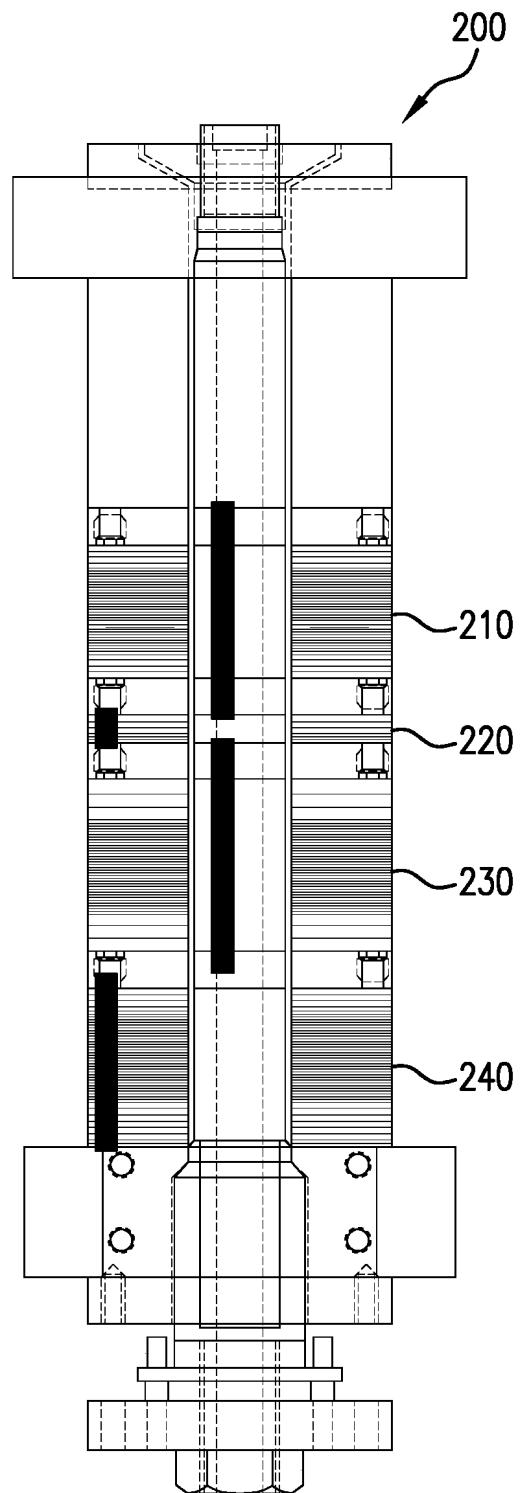


FIG. 17