

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 692**

51 Int. Cl.:

B29C 55/18 (2006.01)

B29C 55/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2008 E 08843986 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **04.08.2010 EP 2212098**

54 Título: **Método y aparato para la orientación longitudinal de material de película termoplástica**

30 Prioridad:

31.10.2007 GB 0721410

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

04.02.2013

73 Titular/es:

**RASMUSSEN, OLE-BENDT (100.0%)
SAGENSTRASSE 12
6318 WALCHWIL, CH**

72 Inventor/es:

RASMUSSEN, NIKOLAJ WETTERGREN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 394 692 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para la orientación longitudinal de material de película termoplástica.

La invención se refiere a un método y aparato para la orientación longitudinal de material de película termoplástica, especialmente con vistas a la elaboración de materiales laminados cruzados de películas que se han estirado uniaxialmente a una temperatura relativamente baja. Se conoce que las mejores propiedades de resistencia completa en un material laminado cruzado se obtienen por los siguientes pasos de orientación; primero una fuerte orientación en masa fundida casi uniaxial durante el retiro de la boquilla de extrusión, o aún mejor, una orientación casi uniaxial en tanto que el material polimérico está semifundido, y luego orientación adicional a una temperatura más bien baja. Las "propiedades de resistencia completa" se refieren en esta memoria a una combinación de resistencia a la tracción, límite de resistencia, resistencia a la propagación de desgarre y resistencia a la perforación. Es difícil dar una explicación satisfactoria por qué se prefiere esta combinación de pasos de orientación, pero se puede decir de forma breve que cuando la orientación se lleva a cabo en estos pasos, las cadenas moleculares exhibirán un amplio espectro de diferentes grados de orientación, y las de orientación relativamente baja ayudarán a la película a re-orientarse en lugar de dividirse, cuando se somete a fuerzas de desgarre o perforación.

Sin embargo, el estiramiento a baja temperatura provoca problemas significativos, por ejemplo en películas que pueden consistir en polietileno de alta densidad (HDPE) o polipropileno (PP) isotáctico o sindiotáctico. Un aspecto de este problema es que, cuando se estira longitudinalmente una película, ésta tiene una mayor tendencia a contraerse en la dirección transversal, al mismo tiempo conforme se reduce su espesor. Esta tendencia es la más alta cuando la temperatura es baja, por ejemplo entre 10-40°C que es el intervalo óptimo de temperaturas de estiramiento para HDPE y PP, en lo que se refiere a las propiedades logradas. La otra cara del problema es que a estas bajas temperaturas, el material tiende a "estrangularse", en lugar de desarrollar gradualmente la orientación dentro de una zona razonablemente larga. Esto significa que el estirado debe tener lugar entre rodillos de estiramiento o barras de estiramiento, colocadas de manera cercana y, a menos que se tomen precauciones especiales, esto impedirá que la película sufra la contracción necesaria en la dirección transversal.

En la patente del inventor US3233029, que se publicó cerca de 40 años atrás, se hace una propuesta para la solución de este problema, a saber anticipar una parte sustancial de la contracción transversal a la cual tiende la película por plegado longitudinal antes de un estiramiento dentro de una o más zonas cortas de estiramiento, ya que esto se expresa más exactamente en la introducción de la presente reivindicación 1.

En esa patente, el mecanismo de plegado descrito consiste en dos conjuntos de discos que se montan separados sobre los árboles, uno por encima y el otro por debajo de la película que se va a plegar, de modo que los discos en un conjunto se engranan entre los discos en el otro conjunto. De este modo, se fuerza a la película a formar pliegues o espirales. Además se describe que la película debe pasar preferentemente por encima de un rodillo en forma de corona adaptado para hacer esfuerzo sobre los límites igual a aquel en la parte intermedia de la película. La formación de una corona significa que el rodillo tiene el diámetro mayor en su parte intermedia, disminuyendo gradualmente el diámetro hacia sus extremos. Finalmente, se describe que la película se enfría preferentemente en la zona de estiramiento, que puede ser convenientemente al cubrir una barra de estiramiento con fieltro y mantener este fieltro húmedo. El agua también, por su acción lubricante, ayuda a permitir a la película la contracción transversal que elimina los pliegues. No permanecen pliegues en el producto final.

El inventor logró hacer este antiguo trabajo de invención con HDPE y PP flexibilizado, pero sólo en anchuras relativamente estrechas, insuficientes para una producción industrial, por ejemplo de bolsas industriales laminadas de forma cruzada u hojas de cubierta laminadas de forma cruzada. Cuando se intenta aplicar la invención a una película más rígida tal como película hecha de HDPE o PP plano, o cuando se intenta en una película de mayor anchura, por ejemplo una anchura de 1 m, las fuerzas transversales aplicadas por la película siempre provocaban un estiramiento transversal de la película en forma de delgadas líneas que se extienden de manera longitudinal. Parece que el principio de aplicar un plegamiento longitudinal, que permite de este modo una contracción transversal de la película durante el estiramiento longitudinal, hasta ahora sólo se ha llevado a cabo industrialmente bajo condiciones que también producen un estiramiento transversal y atenuación a lo largo de líneas longitudinales estrechas.

El problema descrito se supera por la mejora que aparece de la parte caracterizante de la reivindicación 1. Al re-dirigir la película de la manera convergente mencionada, se reducen las fuerzas que actúan de manera transversal ejercidas por los dispositivos de plegamiento y casi se pueden eliminar completamente por ajustas optimizados, de modo que se evita la formación de líneas longitudinales atenuadas, transversalmente estiradas. El grado preferible de plegamiento, es decir, la relación entre la anchura de la película antes del plegamiento y después del plegamiento, este último medido a lo largo de una línea recta de borde a borde, se analizará en la descripción específica.

La invención tiene importancia particular en relación con el estiramiento longitudinal de la película que consiste principalmente en HDPE, PP o mezclas de estos polímeros, puesto que el precio relativamente bajo y su rigidez y propiedades alcanzables de resistencia las hacen más adecuadas para materiales laminados cruzados usados en

artículos industriales tal como, por ejemplo, bolsas industriales, hojas de cubierta, telas alquitranadas, hojas asfaltadas reforzadas, forros de estanques, películas de invernadero y "película de envoltura doméstica". Sin embargo, la invención también es aplicable a cualquier otra película de material polímero termoplástico, si esta película en la forma de tiras estrechas se puede orientar en o casi a temperatura ambiente normal. Como ejemplos, la invención es aplicable a película basada en poliamidas, poliésteres tal como poli(tereftalato de etileno), poli(cloruro de vinilideno) y copolímeros cristalinos de cloruro de vinilo y cloruro de vinilideno. También se espera que llegue a ser útil para películas basadas en materiales polímeros biodegradables, estirables en frío.

De manera más conveniente, la zona de reducción no debería ser mayor que 3 veces la anchura original de la película preferentemente no más del doble y, de manera más preferente no más de igual al ancho.

Las ventajas del estiramiento a temperaturas relativamente bajas se han mencionado anteriormente, y el estiramiento de acuerdo con la invención debería tener lugar normalmente a una temperatura no mayor que 60°C, preferentemente no mayor que 50°C, y de manera aún más preferente no más de 40°C. La película que se ha de estirar puede estar en forma de un tubo tendido plano. Esto tiene referencia particular a la elaboración de materiales laminados cruzados de películas uniaxialmente orientadas, puesto que el proceso normal de producción para estos materiales laminados cruzados comprende un paso de corte helicoidal de un tubo longitudinalmente orientado.

En una realización preferida de la invención, el rodillo o conjunto de rodillos de aguas abajo comprende al menos un rodillo tipo banana con su lado convexo que apunta hacia el conjunto de rodillos de aguas arriba. El "rodillo tipo banana" es el nombre usado normalmente para un rodillo que tiene un eje curvado, usualmente formado como un arco de un círculo. Normalmente, los rodillos tipo banana se usan para eliminar arrugas o pliegues, pero aquí se usan para lo contrario. En su forma más simple, un rodillo tipo banana consiste en un vástago ligeramente doblado, colocado en un tubo de caucho, que puede girar sobre este árbol. El tubo normalmente se lubrica, por ejemplo, con talco. En un diseño más industrial, existe una disposición ordenada de cojinetes de bolas o cojinetes de rodillo, estrechamente lado a lado entre el vástago doblado y el tubo de caucho. El tubo de caucho se puede sustituir, por ejemplo, por una disposición ordenada de anillos, cada uno ajustado a un cojinete.

La flexión del rodillo tipo banana puede ser ajustable. El ajuste de un rodillo convencional tipo banana es bien conocido y puede tener lugar mediante el ajuste de la posición angular de los extremos del vástago. Para permitir una flexión variable, el vástago está hecho preferentemente de un material compuesto, por ejemplo de fibras de vidrio o fibras de carbono incrustadas en material polimérico.

No importa si se usa un rodillo tipo banana con flexión ajustable o fija, el radio de la flexión o curvatura se determina por la longitud de la zona de contracción y el grado elegido de plegamiento. Esto se explica en la descripción específica.

Como un equivalente técnico al uso de al menos un rodillo tipo banana como el rodillo de aguas abajo, o como parte del conjunto de rodillos de aguas abajo, se pueden proporcionar muchos rodillos cortos montados de manera individual de una manera tal que conjuntamente formen parte de un polígono que se aproxima a un arco de un círculo.

En tanto que la película deja el último rodillo o conjunto de rodillos de la parte de aguas abajo de la zona de reducción y prosigue hacia los rodillos de estiramiento o barras, se guía preferentemente en una dirección sustancialmente perpendicular a su movimiento con la zona de reducción, que se desvía preferentemente no más de 10° de estar perpendicular a esta dirección. Como se debe explicar adicionalmente en unión con la descripción de las figuras, esta precaución sirve para igualar las tensiones longitudinales en la película a lo largo de su anchura.

Similar a la construcción del rodillo o conjunto de rodillos de aguas abajo, el rodillo o conjunto de rodillos de aguas arriba puede consistir de manera conveniente en un rodillo tipo banana o en varios rodillos paralelos tipo banana con el lado o lados cóncavos apuntando hacia el rodillo o conjunto de rodillos de aguas abajo. Dicho rodillo o rodillos tipo banana forman preferentemente arcos, cuyas tangentes en cualquier ubicación son perpendiculares a la tensión de la película creada por el rodillo o conjunto de rodillos de aguas abajo. Esto significa, si los rodillos de aguas arriba y de aguas abajo son rodillos tipo banana, que estos rodillos forman en general arcos concéntricos. Esto se clarifica adicionalmente en la descripción específica de la realización preferida.

El rodillo tipo banana de aguas arriba o el último de los rodillos tipo banana de aguas arriba puede ser suministrado con ventaja con una disposición ordenada de pares de segmentos circulares salientes para iniciar el plegamiento. También similar a la construcción de aguas arriba de la zona de reducción, la flexión o curvatura de cada rodillo tipo banana se puede hacer ajustable.

Como ya se ha mencionado, la película sale preferentemente de la parte de aguas abajo de la zona de reducción sustancialmente perpendicular a su movimiento dentro de esta zona. También preferentemente y por razones similares se re-dirige hacia el primer rodillo de aguas arriba en una dirección sustancialmente perpendicular a su movimiento dentro de la zona de reducción, que se desvía preferentemente a lo sumo 10° de esta dirección.

Como una alternativa al uso de uno o más rodillos tipo banana en la entrada a la zona de reducción, el rodillo o conjunto de rodillos de aguas arriba puede ser un rodillo o conjunto de rodillos en forma de corona de rodillos cortos que forman conjuntamente una forma tipo corona en un vástago recto, estando conectados dichos rodillos cortos con un vástago común a través de cojinetes que se pueden girar independientemente uno del otro.

La reducción gradual de la anchura dentro de la zona de reducción es asistida preferentemente por rodillos ranurados tipo banana instalados entre el rodillo o conjunto de rodillos de aguas abajo y el rodillo o conjunto de rodillos de aguas arriba, o de otra manera por disposiciones ordenadas o discos mutuamente inter-engranables. Un rodillo ranurado tipo banana para este propósito puede consistir en discos de diferentes diámetros externos en sucesión alternante o en segmentos de rodillos cortos suministrados con ranuras, por lo que los discos o segmentos de rodillos se montan en un vástago flexionado o curvado a través de cojinetes, o pueden por si mismos actuar como cojinetes.

De manera preferente, el inter-engrane entre estos dos rodillos ranurados tipo banana no se ajusta de una manera fija, sino que se hace variable por medio de una fuerza ajustable que intenta empujar conjuntamente los dos rodillos ranurados tipo banana. Esta fuerza ajustable se puede crear por muelles, medio neumáticos o por la gravedad. Cuando el plegamiento es irregular, en general como en el inicio, las fuerzas que intentan incrementar el inter-engrane actuarán más fuertemente en la película donde es más bajo el grado de plegado. Siempre y cuando el medio para empujar conjuntamente los dos rodillos ranurados tipo banana se haya ajustado apropiadamente por experimentación, el plegamiento llegará a ser gradualmente uniforme a lo largo de la anchura de la película.

Si el inter-engrane entre los rodillos tipo banana ranurados se ajusta de una manera fija sin que se tomen precauciones especiales, o si la fuerza ajustable que intenta empujar completamente los rodillos es demasiado alta, el resultado puede ser que, en lugar de hacer gradualmente uniforme el plegamiento, los rodillos ranurados tipo banana realizan el estiramiento transversal de la película en donde es menor el grado de plegamiento, creando de este modo líneas delgadas que se extienden de manera longitudinal.

Se ha encontrado que el sistema de plegamiento en una película uniformemente plegada bajo ninguna o muy baja tensión tiende a llegar a ser aleatorio cuando la película pasa sobre un rodillo liso tipo banana o un rodillo liso o recto. Esto puede ser un problema en relación con los rodillos lisos usados en la presente invención antes de que se haya llegado a alargar permanentemente la película. Para contrarrestar esta aleatorización, puede haber medios guía que actúen inmediatamente aguas arriba y en estrecha proximidad a este rodillo liso. Estos medios pueden ser preferentemente pistas adaptadas para plegar todos los pliegues sobre el mismo lado.

El plegamiento tal como se describe se lleva a cabo preferentemente en varios pasos con varios conjuntos de rodillos ranurados tipo banana de inter-engrane o disposiciones ordenadas de discos, desarrollándose la separación de las disposiciones ordenadas en estos conjuntos de un plegamiento más grueso a un plegamiento más fino.

De manera alternativa al uso descrito de rodillos ranurados tipo banana, la reducción gradual de la anchura dentro de la zona de reducción puede ser asistida por un conjunto de cintas transportadoras estrechas que siguen y guían la película a través de al menos una parte de esta zona, de modo que los dos conjuntos de cintas estrechas se inter-engranan gradualmente más y más entre sí durante el avance convergente en la zona.

La invención también se refiere a cualquier aparato adecuado para llevar a cabo el método descrito anteriormente, y se enfatiza que los rodillos tipo banana con ranuras adecuadas para formar o controlar el plegamiento en si mismos, se consideran una invención.

La invención se describirá ahora en detalle adicional con referencia a las figuras.

La Figura 1 es una fotografía que ilustra, en vista en perspectiva, el principio básico de que se permite que la tendencia a la contracción transversal de una película durante la orientación longitudinal tenga lugar alimentando la película en la zona de estiramiento en estado plegado. La fotografía muestra una muestra de una película tubular tendida plana, que consiste principalmente en HDPE, antes y después del estiramiento descrito en el Ejemplo 1. La muestra se tomó de la máquina de estiramiento en frío durante una parada.

Las Figuras 2a y 2b son bocetos principales que muestran una línea para el estiramiento en la dirección de la máquina, que incluye los dispositivos para el plegamiento de la película antes del estiramiento. La Figura 2a, que representa la línea completa, es una sección vertical que comprende la sección a lo largo de a-a en la Figura 2b. La Figura 2b es la sección horizontal a lo largo de b-b en la Figura 2a. Por seguridad de una ilustración clara, la distancia entre los diferentes rodillos en general se muestra desproporcionadamente corta en comparación con los diámetros de los rodillos. Tampoco se muestran los patrones ranurados de la superficie de los rodillos plegadores.

La Figura 3 muestra una sección esquemática a través de los ejes, un segmento de un par de rodillos ranurados de inter-engrane que forman, ajustan o controlan el plegamiento. En el caso de que los rodillos ranurados sean rodillos tipo banana, se debe entender como una vista plegada hacia afuera.

Las Figuras 4a y 4b son dibujos geométricos que sirven como base para los cálculos de los parámetros para el proceso de plegamiento.

La Figura 5 muestra en detalle una construcción técnica preferida de un rodillo ranurado tipo principio igual a la Figura 3, pero en una construcción más sólida y duradera.

La Figura 6 muestra en detalle una construcción de la parte intermedia de un rodillo tipo banana en la entrada a o la salida de la zona de reducción de la anchura.

La Figura 7 muestra, en una vista en perspectiva esquemática, varias posiciones de una película plegada, ya que los pliegues se colocan planos tendidos en un rodillo liso. Por seguridad de claridad no se muestran las pistas guía ni el rodillo liso.

La Figura 8 muestra una alternativa al rodillo tipo banana de la Figura 6, a saber, una disposición ordenada de rodillos lisos cortos que forman parte de un polígono, que se aproxima a un arco de un círculo.

La Figura 9 muestra una alternativa similar al rodillo ranurado tipo banana de las Figuras 3 y 5, a saber una disposición ordenada de rodillos ranurados cortos que forman parte de un polígono que se aproxima a un arco de un círculo.

La Figura 10 muestra una parte de un rodillo en forma de corona compuesto de muchos segmentos que se pueden girar independientemente entre sí. Esta construcción es un sustituto del primer rodillo tipo banana mostrado en las Figuras 2a y 2b.

En la fotografía de la Figura 1, la zona indicada como (1) es la película plegada de DPE antes de haber llevado a cabo orientación alguna. La zona (2) ha pasado a través de un primer paso de estiramiento a 15°C, a saber en la relación 1,5:1, por lo cual ha llegado a ser orientada en la dirección de la máquina dentro de "líneas de estiramiento" que se extienden en la desviación y cruce de un lado a otro entre sí. La mayoría de la película aún no está orientada, aparte de su orientación en masa fundida. La orientación producida por el estiramiento en frío se puede observar directamente, puesto que el estiramiento de la película de HDPE o PP a temperaturas menores de aproximadamente 40-50°C crea micro-huecos cerrados, que actúan como granos de pigmento blanco. Esto es bien conocido.

La zona (3) ha pasado a través de un tercer paso de estiramiento, en el ejemplo (1) el paso final, y se ha vuelto blanca por completo, en tanto que las líneas desviadas, que cruzan de un lado a otro de estiramiento han crecido gradualmente y se han desarrollado en una estructura que a macroescala es homogénea. Al mismo tiempo, la película se ha contraído en la dirección transversal, y han desaparecido los pliegues. La relación final de estiramiento antes de la relajación fue de 3,8:1 y después de la relajación de 2,8:1.

El desarrollo descrito del proceso de orientación, iniciando con "líneas de estiramiento" desviadas, que mutuamente cruzan de un lado a otro y que continúan como un decrecimiento gradual y un crecimiento conjunto de éstas significa que la película orientada final llega a ser no homogénea vista en una microescala. Habrá micro-regiones a lo largo de toda la película que tengan una orientación cero o casi cero (aparte de la orientación en masa fundida), y habrá micro-regiones a lo largo de toda la película en las cuales la orientación forma un pequeño ángulo a la orientación en micro-regiones adyacentes. Esta clase de micro-irregularidades ayudará a la película a re-orientarse cuando se someta a fuerzas transversales y, por lo tanto, es muy ventajosa para la resistencia a la propagación de desgarre y resistencia a la perforación en un material laminado cruzado hecho de estas películas estiradas.

Como resulta del ejemplo 1, la separación de cada uno de los rodillos ranurados finales para el plegamiento ha sido 15 mm, y la "longitud de onda" media de los pliegues corresponde a esta. La finura requerida del plegamiento depende de las fuerzas de contracción transversal durante el estiramiento en frío y la fricción entre la película y el rodillo o rodillos de estiramiento de retención. Las bajas fuerzas de contracción

transversal y/o alta fricción requieren un plegamiento relativamente fino.

En las Figuras 2a y 2b, la película (4) se toma del carrete (5) y se hace pasar a través de rodillos (6) prensadores, los cuales, por medio de una medición automática y de un sistema de freno (no mostrado) sirven para mantener la tensión a un valor ajustado.

La película prosigue del par (6) de rodillos a través de una sección, que se analiza en unión con la Figura 4b, a un primer rodillo (14) liso tipo banana que actúa como la entrada a la zona de reducción de la anchura. La salida de

esta zona es el rodillo (15) liso tipo banana, y entre los rodillos lisos tipo banana se instalan tres pares de rodillos ranurados tipo banana (16, 17 y 18) que se entre-engranan mutuamente. El plano determinado por el eje circular del rodillo (14) liso tipo banana es esencialmente idéntico al plano determinado por el eje circular del rodillo (15) liso tipo banana, aunque son permisibles algunas desviaciones, y de manera similar los planos determinados por los ejes circulares de cada uno de los rodillos ranurados en la zona de reducción de la anchura, están cercanos a seguir el mismo plano. Todos los ejes circulares de los rodillos tipo banana son esencialmente concéntricos. La elección de los radios para estos arcos circulares se analiza en relación con la Figura 4a.

Como se analiza en la descripción general, cada uno de los tres pares de rodillos ranurados tipo banana se presan constantemente de forma conjunta bajo una presión ajustada, pero esto no se muestra en el dibujo.

En tanto que pasa por encima del rodillo (15) tipo banana, la película cambia de dirección y sale de este rodillo bajo un ángulo cercano a la perpendicular a la dirección que sigue a través de la zona de reducción de la anchura. En su camino al primer rodillo en la parte de estiramiento de la máquina, es decir, el rodillo (7) pasa dos pares de rodillos rectos (19 y 20) ranurados que se inter-engranan mutuamente. Estos dos pares de rodillos ranurados también se presionan constantemente de forma conjunta bajo una presión ajustada (medios no mostrados).

Los rodillos (14) y (15) tipo banana y todos los rodillos ranurados, curvados o rectos, son rodillos libres o "locos".

Inmediatamente aguas arriba de cada uno de los rodillos lisos (15) y (7) y en proximidad cercana a cada uno de estos rodillos, hay medios guía para evitar que los rodillos lisos aleatoricen el plegamiento uniforme. Por seguridad de claridad, estos medios guía no se muestran aquí, pero se hace referencia a la Figura 7 y la descripción relacionada.

El plegamiento de la película se provoca principalmente por la disposición concéntrica de los rodillos (14) y (15) tipo banana en combinación con la tensión en la película. Sin embargo, estos medios solos producirán normalmente un plegamiento grueso y desigual.

En la disposición descrita, la división ranurada del par (16) de rodillos es relativamente grande, puesto que requiere una fuerza relativamente baja para formar plegamientos espirales gruesos, uniformes, y dado que los plegamientos finos formados en esta porción pueden tender a volverse plegamientos gruesos en tanto que prosiguen al par (17) de rodillos.

La separación en el par (17) de rodillos se adapta para duplicar el número de pliegues formados por el par (16) de rodillos, y la separación en el par (18) de rodillos hace una duplicación adicional. El rodillo (15) liso tipo banana coloca los pliegues o espirales planos como se describe en relación con la Figura 7. Puede haber medios guía para asegurar que esto se presente de una manera uniforme. Para evitar que los pliegues se hagan más gruesos en el camino de rodillo a rodillo, son relativamente cortas las distancias del par (17) de rodillos al par (18) de rodillos y del par (18) de rodillos al par (15) de rodillos.

En el camino a los rodillos (19) rectos, ranurados de inter-engrane, los pliegues nuevamente toman la forma vertical. La separación en el rodillo (19) se adapta para llevar el número de pliegues de regreso al número formado por el par (17) de rodillos. Esto se hace puesto que a pesar de las pistas guía descritas, el rodillo (15) liso tipo banana puede provocar algún trastorno en el arreglo de los pliegues colocados planos, y el re-establecimiento del orden requiere entonces una mayor separación. El número de pliegues o espirales nuevamente se duplica por el paso a través del par (20) de rodillos, y luego se mantiene por el rodillo (7) impulsado, liso y el rodillo (8) prensador, revestido de caucho.

La distancia entre los rodillos (15) y (19) es relativamente larga. La razón de esta elección se analiza en relación con la Figura 4b. La distancia entre el par (20) de rodillos y los rodillos (7) y (8) es corta para evitar que los pliegues finos crezcan a más gruesos. (La figura no está completamente a escala en estos puntos).

El rodillo (7) liso, impulsado y su contra-rodillo (8) revestido con caucho refrenan la película durante el estiramiento, asistido por el rodillo (9) liso, que es impulsado a una velocidad circunferencial esencialmente igual a la del rodillo (7).

Los rodillos lisos (10), (11) y (12) también están impulsados. El rodillo (13) es un rodillo prensador revestido con caucho. El rodillo (10) se mueve más rápido que el rodillo (9), para llevar a cabo un primer paso de estiramiento, el rodillo (11) se mueve más rápido que el rodillo (10) para llevar a cabo un segundo paso de estiramiento y el rodillo (12) se mueve más rápido que el rodillo (11) para llevar a cabo un tercer paso de estiramiento. Cada uno de los rodillos (7) a (12) se mantiene a una temperatura constante por medio de agua en circulación. Esta temperatura puede ser igual a, ligeramente menor que, o algo mayor que la temperatura ambiente normal. Si se elige el estiramiento por ejemplo a 30°C o 40°C, la película se debe pre-calentar, y esto simplemente se logra al mantener el entorno a estas temperaturas elevadas.

De la línea descrita de estiramiento, la película prosigue a una estación de recocido, en donde se calienta, por ejemplo, a 60-80°C, y se deja que se relaje. Esto es un aparato convencional y en el dibujo se simboliza por un

recuadro (114). Sin embargo, se debe señalar que la película, en tanto que se está dejando que se relaje, se hará más ancha y de este modo tenderá a reformar una forma parcialmente plegada, a menos que esto se evite, por ejemplo, mediante el uso de varios rodillos tipo banana.

La tensión en una película durante la relajación se ajusta para la velocidad de los rodillos (115) y (116), este último con el contra-rodillo (117) revestido con caucho, y esta tensión se controla automáticamente por el rodillo (118) tipo banana que mide la tensión. Finalmente, la película se enrolla en una bobinadora (119) .

Los rodillos libres, ranurados, primitivos, mostrados en la Figura 3, pueden ser como se menciona, ya sean rectos o curvados. De esta manera, por ejemplo, los dos ejes se pueden entender como plegados a partir de planos que son perpendiculares al plano del papel. La forma del plegamiento se ajusta y se hace uniforme por medio de los anillos (22), que están libres en los vástagos (23) fijos. Los anillos (24) mantienen los anillos (22) exactamente separados uno del otro. Los anillos (22) y (24) están hechos de un material auto lubricante, por ejemplo, Teflon.

Durante el arranque de la línea de la máquina de plegamiento/estiramiento, cada par de rodillos ranurados debe estar fuera de acoplamiento uno del otro. El inter-engrane se establece gradualmente, por ejemplo por medios neumáticos, en tanto que la línea discurre con la película como se explica en la descripción general. En la Figura 5 se muestra una construcción más estable de un rodillo ranurado tipo banana, y un rodillo recto ranurado para plegamiento se puede hacer por supuesto girar por todas partes con cojinetes en los extremos.

En los cálculos posteriores con respecto a la Figura 4a, se hace la aproximación que los ejes de los dos rodillos lisos tipo banana, en esta figura (AB) y (CD) y en la Figura 2a (14) y (15), respectivamente, es igual a los radios de sus formas convexas y cóncavas. Esta aproximación es permisible, puesto que los radios y sus secciones transversales normalmente serán menores de 3 cm.

(A), (E), (G), (I) y (C) representan un borde de la película en diferentes pasos del proceso, y (B), (J) y (D) representan el otro borde. La distancia de (A) a (B), medida a lo largo del arco, es la anchura de la película conforme ésta entra en la "zona de reducción de la anchura", y la distancia de (C) a (D), también medida a lo largo del arco, es la anchura de la película plegada conforme sale de esta zona, (P) es el centro de los ejes concéntricos de los 5 arcos.

El grado de plegamiento es la relación entre la anchura de la película no estirada, no plegada y la película plegada conforme entra en el rodillo (7) (ver Figura 2a). La anchura de la película plegada se mide aquí de manera recta de borde a borde. Esta relación es esencialmente igual a la relación entre arco-longitud (AB) dividida por el arco-longitud (CD) que a su vez es esencialmente igual al radio (PA) dividido por el radio (PC).

Cuando una tira de película de unos pocos centímetros de ancho se estira longitudinalmente en la relación n:1 a temperaturas relativamente bajas, normalmente tenderá a reducir su anchura y su espesor casi por igual, es decir, tanto en una relación de aproximadamente $\sqrt{n}:1$, sin embargo, algo dependiente de su orientación en masa fundida. De esta manera, por ejemplo, a una relación de estiramiento de 4:1 normalmente reduce tanto la anchura como el espesor en una relación de aproximadamente 2:1, para estirar la película a lo ancho en una relación de 4:1, que se encontró aproximadamente igual a lo que se puede estirar la película de HDPE o PP sin riesgo de ruptura, cuando la temperatura de estiramiento es aproximadamente 20°C, el grado de plegamiento por lo tanto debe ser teóricamente de aproximadamente 2:1. La relación de estiramiento 4:1 se refiere aquí al estado en el cual no ha tenido lugar relajación y la película aún está bajo la tensión más alta que se presenta durante el estiramiento. Sin embargo, en la práctica, es muy difícil formar un plegamiento perfectamente uniforme, y a fin de asegurar de que no permanezcan trazas de pliegues después del estiramiento, se encontró que un grado de plegamiento entre 1,5:1 y 1,6:1 es más adecuado con la relación de estiramiento de 4:1 mencionada, y una temperatura de aproximadamente 20°C.

En el dibujo, el radio (PA) es 1,5 veces el radio (PC) que corresponde al grado de plegamiento 1,5:1. Además, se demuestra que la longitud de la "zona de reducción" es igual a la anchura (arco CD) de la película completamente plegada, que se ha encontrado que es bastante adecuado. El ángulo entre los dos bordes de película (AC) y (BD) por lo tanto es igual a 0,5 radianes = 28,6°.

En lo siguiente, se estipula además que la longitud del arco (CD) y de la zona de reducción es 1,00 m, la longitud del arco (AB) por lo tanto es 1,5 m. El radio (PA) entonces será 3,0 m y el radio (PC) 2,00 m. el arco (EF) puede estar localizado de manera adecuada a la mitad del arco (AB) y el arco (CD) , y el arco (GH) puede estar localizado de manera adecuada en medio entre (EF) y (CD). Esto significa que el radio del arco (EF) es 2,5 m y el radio del arco (GH) es 2,25 m. como se menciona en relación con la Figura 2a, el arco (IJ) debe estar muy cerca al arco (CD). Se estipula que este radio debe ser 2,08 m.

La distancia entre la parte intermedia del arco (AB) y el cordón (AB) es $3 \text{ m} \times (1 - \cos 0,25) = 9,4 \text{ cm}$. Como se ha mencionado en la descripción de la Figura 1, la finura requerida del plegamiento depende de las fuerzas de contracción transversal y la fricción entre la película y el rodillo o rodillos de estiramiento de retención. Se encontró que una separación de 15 mm en el rodillo (7) normalmente es adecuada para película tubular basada en HDPE o PP si su calibre no excede esencialmente de 0,10 mm. Con referencia a la descripción de la Figura 2a, el número de

5 pliegues que pasan el rodillo (15) liso tipo banana corresponde a esta separación. En consecuencia, teniendo en cuenta los diferentes radios, la separación en el par (18) de rodillos es $15 \times 2,08 + 2,00 = 15,6$ mm. El par (17) de rodillos se construye para producir la mitad de la cantidad de pliegues, y su separación será: $30 \times 2,25 + 2,00 = 33,75$ mm. Finalmente, el par (6) de rodillo se construye para producir un número de pliegues que es la mitad de esto, y su separación será: $60 \times 2,5 + 2 = 75$ mm. Si el plegamiento se prepara por partes de segmento circulares que sobresalen ligeramente y de forma lisa en el rodillo ranurado, la separación de este saliente será: $60 \times 3/2 = 90$ mm.

10 La figura geométrica, Figura 4b, se traza en un plano perpendicular al plano de la Figura 4a y va a través de los puntos que en la Figura 4a se llaman (K) y (L) . (M) es el punto donde la película abandona el par (6) de rodillos, ver Figura 2b. (N) en la línea (ML) se traza tal que (MK) = (MN) .

(MK) es la ruta que pasa la parte intermedia de la película desde el par (6) de rodillos al rodillo (14) tipo banana, y (ML) es la ruta que pasa los bordes de película entre los mismos rodillos. De esta manera, (LM) es la diferencia entre estas dos rutas, y esta diferencia crea diferencias en las tensiones. Se estipula que una diferencia de 1% es permisible, y el propósito de los siguientes cálculos es establecer la longitud mínima de la distancia (KM) .

15 El ángulo (LKN) es un ángulo periférico, de esta manera la mitad de grande como el ángulo (KMN) y puesto que ambos son ángulos pequeños, se aplica la siguiente ecuación:

$$\frac{(LN)}{(KL)} = \frac{(KL)}{2(KM)}$$

transformada a:

$$(KM) \times (LN) = \frac{1}{2} \times (KL)^2$$

20 Otra ecuación que expresa la máxima diferencia 1% en distancias es:

$$(LN) = 1/100 \times (KM).$$

Las dos ecuaciones combinadas dan:

$$(KM)^2 = 50(KL)^2, (KM) = 7,07 \times (KL)$$

Como se calcula en relación con la Figura 4a, (KL) = 9,4 cm y, por lo tanto, (KM) = $7,07 \times 9,4 = 66$ cm.

25 Se puede hacer un cálculo similar con referencia a las diferencias en las longitudes del rodillo (15) al rodillo (7).

En la Figura 5, las partes corrugadas, girables del rodillo ranurado tipo banana consisten en muchos anillos (25) que a través de cojinetes de bola (26) se fijan al árbol (23) circularmente flexionado. Los anillos de ajuste (24) (24a) aseguran el comportamiento apropiado de los cojinetes de bola.

30 La construcción de un rodillo liso tipo banana, como se muestra en la Figura 6, es similar a aquella mostrada en la Figura 5, excepto que los anillos (25) no tiene forma corrugada, y que el brazo (27) conectado al armazón de la máquina, soporta en su parte intermedia el árbol (23) flexionado. Sin este soporte, la tensión en la película puede distorsionar el plano determinado por el eje curvado del árbol. A fin de simplificar la figura, el brazo (27) de soporte se muestra paralelo con este plano, es decir, la forma del papel, pero más prácticamente debería estar dispuesto de manera oblicua con respecto a este plano para contrarrestar lo mejor posible la tensión de la película.

35 Correspondiente al brazo (27) de soporte existe un "medio anillo" (28) que es una extensión de este brazo, o se fija al árbol (23). La película se desliza sobre este medio anillo, y el calor friccional se elimina por medio de agua de enfriamiento bombeada a través de un canal en el brazo (no mostrado).

40 En la Figura 7, las espirales verticales (101) se transforman gradualmente en pliegues (103) tendidos planos, todos en el mismo lado. Se muestra una posición entre éstos (102) . Los pliegues se colocan planos de manera que todos están en el mismo lado. En el rodillo (15) liso tipo banana y el rodillo (7) liso, recto, ver la Figura 2. El dispositivo para realizar esta operación puede ser una disposición tipo peine que tuerza gradualmente estas placas metálicas delgadas. Esto significa que en su extremo de aguas arriba en general son perpendiculares a los ejes del rodillo liso, y hacia su extremo de aguas abajo cambia su ángulo para ser paralelo a este eje. Sin ningún dispositivo guía inmediatamente aguas arriba de cada uno de estos dos rodillos lisos, estos rodillos tenderán a aleatorizar el plegamiento. En alguna medida esta aleatorización también se puede contrarrestar por un simple peine o una

disposición de discos que giran libremente, pero una disposición simple de este tipo no volteará los pliegues sobre el mismo lado.

5 En la Figura 8, el rodillo ranurado tipo banana se sustituye por muchos rodillos (29) cortos, rectos, ranurados, cada uno soportado en sus extremos por un cojinete de bolas (30) y (31) . Cada par de cojinetes de bolas adyacente se enfunda en un alojamiento (32), fijándose el alojamiento a través de un brazo (33) al armazón 10 de la máquina o al medio para abrir y cerrar el inter-engrane entre los rodillos.

La Figura 9 es idéntica a la Figura 8, excepto que, al igual que en la Figura 7, hay "medios anillos" (34), enfriados con agua, no giratorios, sobre los cuales se desliza la película.

10 En la Figura 10, (35) es el árbol fijo en el cual pueden girar libremente los segmentos cortos (36), conectado al árbol a través de cojinetes de bola (37). Como se menciona, esto puede ser una alternativa adecuada al primer rodillo (14) tipo banana. La ventaja de construir un rodillo en forma de corona de muchos segmentos cortos que se mueven de manera independiente, es que cada segmento puede seguir la velocidad de la película, casi sin ningún deslizamiento sobre la superficie del rodillo.

Ejemplo

15 Se extruye una película tubular de 100 micras de espesor a partir de la siguiente composición: capa intermedia, 70% del total: 100% de HMWHDPE.

Capa superficial interna, 10% del total: LLDPE de m.f.i. = 1

Capa superficial externa, 20% del total: 60% de metaloceno PK + 40% de LLDPE; m.f.i. = 1.

20 Anchura de la película tendida plana: 54 cm. La película tendida plana se pliega y se estira 15°C en el aparato mostrado en las Figuras 2a y 2b, con las modificaciones que aparecen de lo siguiente:

25 El radio del rodillo (15) tipo banana es 1,00 m y el radio del rodillo (14) tipo banana es 1,5 m, que da aun el grado de plegamiento 1,5:1. El estiramiento tiene lugar sólo en dos pasos. Se omite el par (16) de rodillos ranurados. Los rodillos del par (18) tienen el radio 1,06 m y los del par (17) 1,15 m. La separación de los rodillos (7) ranurados, impulsados es de 15 mm, y de esto la separación de los otros rodillos ranurados se calcula de manera similar a los cálculos en relación con la Figura 4a.

La temperatura de los rodillos de estiramiento se mantiene en 15°C por medio de agua en circulación. En el horno (114) la película se trata a 70°C bajo baja tensión, controlada por el rodillo (118) con los dispositivos conectados.

La relación de estiramiento medida como la relación entre la velocidad del último y el primer conjunto de rodillos de estiramiento es 2,8:1 y la relación final de estiramiento después de la relajación es 2,8:1.

30 La película tubular tendida plana se corta entonces helicoidalmente para producir una película individual en la cual la dirección principal de orientación forma un ángulo de 45° con la dirección de la máquina, y se lamina continuamente a una película similar entre los rodillos prensadores a 70°, por lo que las capas que contienen metaloceno están actuando como capas de laminación.

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para suministrar una película de polímero termoplástico (4) con una orientación longitudinal mediante estiramiento en estado sólido, teniendo lugar el estiramiento en una o más zonas cortas entre o en dos o más rodillos o barras de estiramiento (9, 10, 11, 12), proceso en el cual la anchura medida en una línea recta de borde a borde se reduce antes del estiramiento, siendo esta reducción en forma de un patrón regular de pliegues (1) que se extienden de manera longitudinal, por lo que la reducción de la anchura y la longitud de las zonas de estiramiento se adapta para permitir que la película se estire completamente de los pliegues por la tendencia inherente en el material polimérico a contraerse transversalmente en tanto que se estira de manera longitudinal, y en que la formación de los pliegues tiene lugar entre al menos un par de rodillos ranurados (16, 17, 18) que se inter-engranan mutuamente o conjuntos inter-engranables de discos, caracterizado porque la reducción de la anchura tiene lugar gradualmente dentro de una zona de reducción no mayor que la mitad de la anchura original de la película, estando limitada esta zona por un rodillo (14) o un conjunto de rodillos de aguas arriba y un rodillo (15) o conjunto de rodillos de aguas abajo instalados con direcciones variables del eje de rotación, formando esta dirección un ángulo de 90° con la dirección de la máquina en la parte intermedia de la película y que cambia gradualmente sus bordes para re-dirigir la película de manera convergente dentro de la zona de reducción.
2. Un proceso según la reivindicación 1, caracterizado porque la película consiste principalmente en HDPE, PP o mezclas de estos polímeros.
3. Un proceso según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la zona de reducción no es mayor que 3 veces la anchura original de la película, preferentemente no más que dos veces y de manera aún más preferente no más que igual a esta anchura.
4. Un proceso según la reivindicación 1, 2 ó 3, caracterizado porque el estiramiento tiene lugar a un temperatura no mayor que 60°C, preferentemente no mayor que 50°C, y de manera aún más preferente no más de 40°C.
5. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el rodillo (15) o el conjunto de rodillos de aguas abajo comprende al menos un rodillo tipo banana con su lado convexo apuntando hacia el rodillo o conjunto de rodillos de aguas abajo.
6. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la película en tanto que abandona el último rodillo (15) o conjunto de rodillos de la parte de aguas abajo de la zona de reducción se guía en una dirección que se desvía no más de 10° de la perpendicular a su movimiento dentro de la zona de reducción.
7. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la película se re-dirige hacia el primer rodillo (14) de aguas arriba en una dirección que se desvía no más de 10° de la perpendicular a su movimiento dentro de la zona de reducción en anchura.
8. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la reducción gradual de la anchura dentro de la zona de reducción es asistida por discos mutuamente inter-engranantes, preferentemente en forma de pares de rodillos ranurados (16, 17, 18) tipo banana instalados entre el rodillo (14) o el conjunto de rodillos de aguas arriba y el rodillo (15) o conjunto de rodillos de aguas abajo.
9. Un proceso según la reivindicación 8, caracterizado porque el rodillo tipo banana consiste en discos de diferentes diámetros externos (22, 24) en sucesión alternante o en segmentos (25) de rodillos cortos suministrados con ranuras, estando los discos o segmentos de rodillo montados en un árbol (23) flexionado.
10. Un proceso según la reivindicación 8, caracterizado porque algunos o todos los discos inter-engranantes se pueden ajustar de manera individual en su inter-engrane.
11. Un proceso según la reivindicación 8, caracterizado porque la reducción gradual de la anchura es asistida por al menos un par de rodillos ranurados tipo banana que se inter-engranan mutuamente, en donde el Inter-engranaje es variable por medio de una fuerza ajustable que actúa para mover conjuntamente los dos rodillos.
12. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la reducción gradual de la anchura dentro de la zona de reducción es asistida por un conjunto de cintas transportadoras estrechas que siguen y guían la película a través de al menos una parte de esta zona, inter-engranando dichos dos conjuntos de cintas estrechas gradualmente más y más entre sí durante el avance de transporte en la zona.
13. Un proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cuando la película, en el estado plegado antes de que se alargue permanentemente, pasa sobre un rodillo liso tipo banana o un rodillo liso, recto, existen medios guía que actúan inmediatamente aguas arriba de y en estrecha proximidad a este rodillo, para contrarrestar la aleatorización del rodillo en el plegamiento.

14. Aparato para la orientación longitudinal de una película termoplástica (4), que comprende, en secuencia en la dirección de la máquina,

- i) una estación de reducción de la anchura que comprende al menos un par de rodillos de plegamiento (16, 17, 18) de íter-engrane que comprenden rodillos ranurados de inter-engrane o conjuntos de íter-engrane de discos para la aplicación de pliegues regulares que se extienden de manera longitudinal a lo largo de la anchura de la película; y
- ii) una estación de estiramiento longitudinal para estirar longitudinalmente la película en el estado sólido, que comprende uno o más pares separados de rodillos (9, 10, 11, 12) o barras de estiramiento, siendo el espaciado entre cada par relativamente corto,

en donde la estación de reducción de la anchura se extiende no menos de la mitad de la anchura original de la película ;

caracterizado porque la estación de reducción de la anchura comprende un rodillo (14) o conjunto de rodillos de aguas arriba y un rodillo (15) o conjunto de rodillos de aguas abajo con una zona de reducción de la anchura localizada entre estos, teniendo el rodillo o el conjunto de rodillos de aguas arriba o de aguas abajo direcciones variables para el eje respectivo de rotación, siendo la variación de 90° con la dirección de la máquina en el centro de la película, que varía gradualmente en ambos lados del centro hacia los bordes de la película, de modo que la película se dirige a través de la estación de reducción de la anchura en tanto que los bordes de la película convergen hacia el centro,

15. Aparato según la reivindicación 14, caracterizado porque la distancia entre el rodillo (14) o el conjunto de rodillos de aguas arriba y el rodillo (15) o el conjunto de rodillos de aguas abajo no es mayor que 3 veces la anchura original de la película, preferentemente no más de 2 veces la anchura original de la película y preferentemente no más que igual a la anchura original de la película.

16. Aparato según la reivindicación 14 ó 15, caracterizado porque el rodillo (15) de aguas abajo es un rodillo tipo banana con su lado convexo apuntando hacia el rodillo o el conjunto de rodillos de aguas arriba.

17.- Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 14-16, caracterizado porque la película se dirige desde dicho rodillo (15) de aguas arriba hacia la estación de estiramiento longitudinal en una dirección que se desvía no más de 10% de la perpendicular a la dirección que se mueve a través de la estación de reducción de la anchura.

18. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 14-17, caracterizado porque el rodillo de aguas arriba es un rodillo tipo banana con su lado cóncavo apuntando hacia el rodillo o conjunto de rodillos de aguas abajo.

19. Aparato según la reivindicación 18, caracterizado porque dicho rodillo tipo banana forma un arco, cuyas tangentes son perpendiculares a la tensión de la película creada por el rodillo o conjunto de rodillos de aguas abajo.

20. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 14-19, que comprende, además, medios de suministro de película (6) aguas arriba de la estación de reducción de la anchura en la cual la película se dirige hacia dicho rodillo (14) o conjunto de rodillos de aguas arriba en una dirección que se desvía no más de 10° de la perpendicular a su movimiento dentro de la zona de reducción de la anchura.

21. Aparato según cualquiera de reivindicaciones 14-20, caracterizado porque la estación de reducción de la anchura comprende además al menos un par de rodillos que comprenden discos (22) mutuamente inter-engranables localizados entre los rodillos o conjuntos de rodillos de aguas arriba y de aguas abajo, preferentemente en forma de pares de rodillos ranurados tipo banana.



Fig.2a.

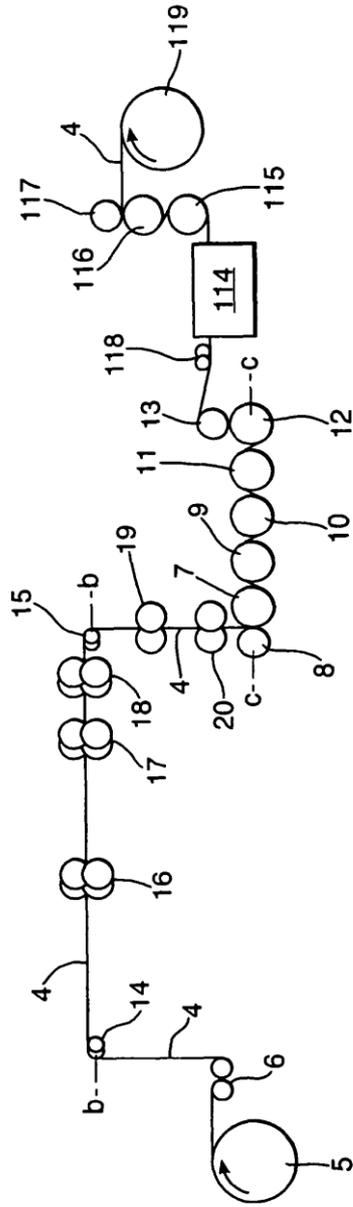


Fig.2b.

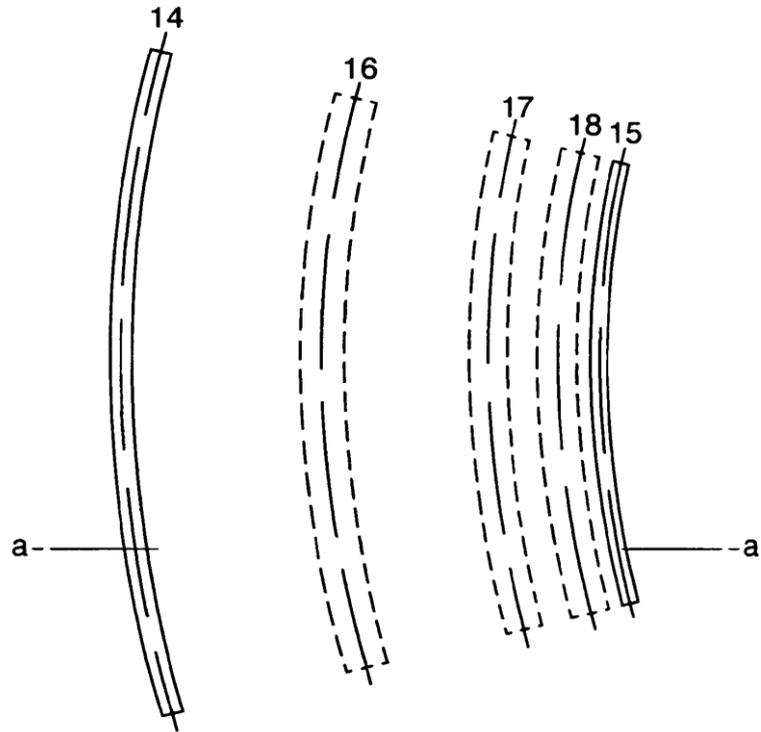


Fig.3.

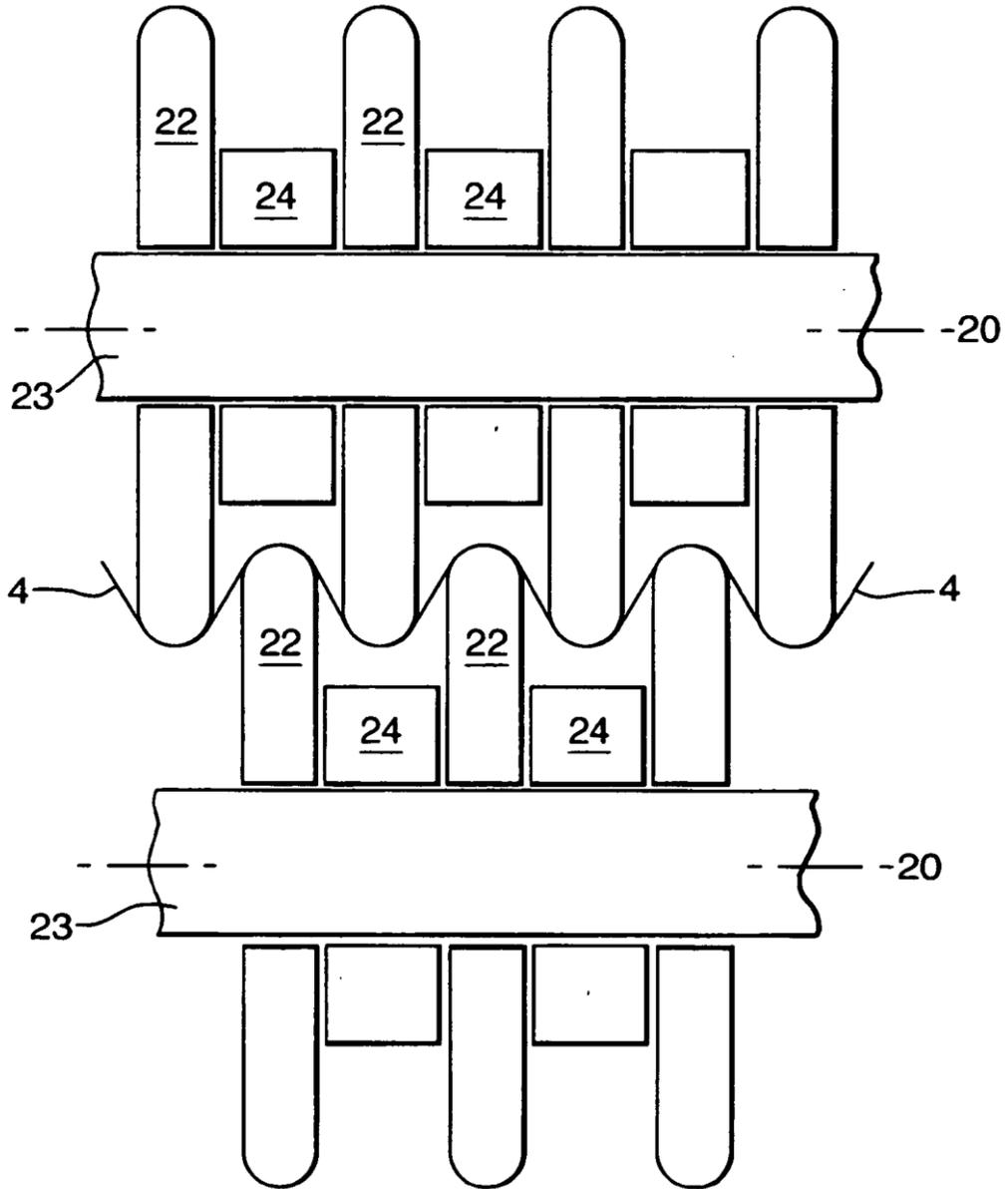


Fig.4a.

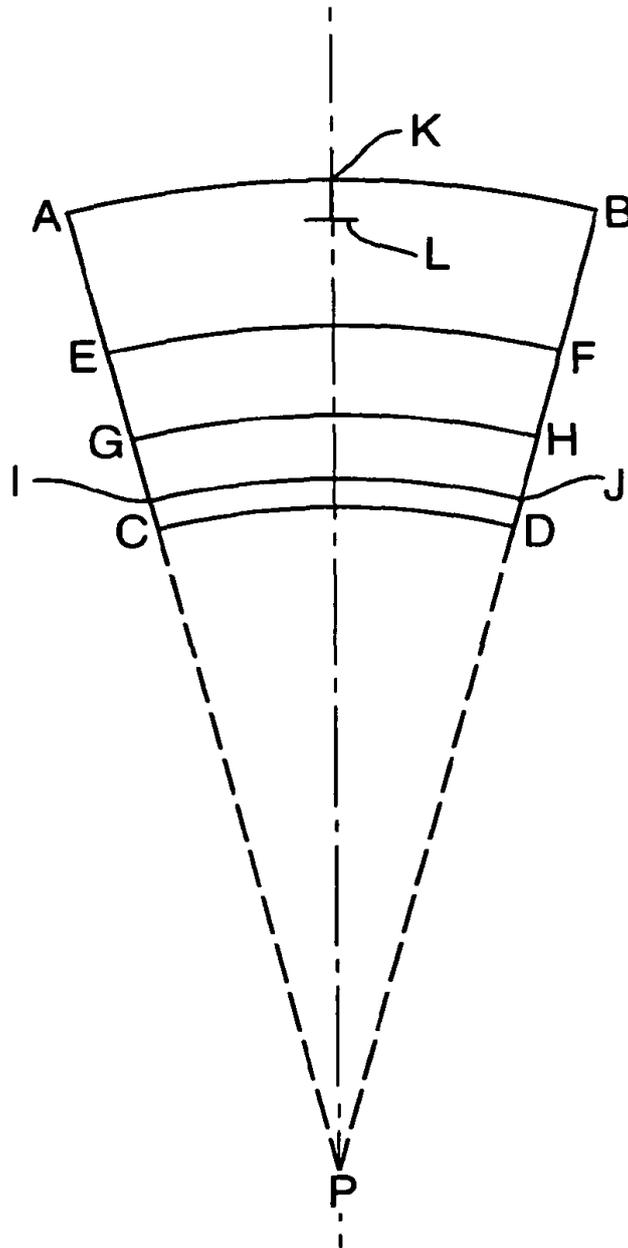


Fig.4b.

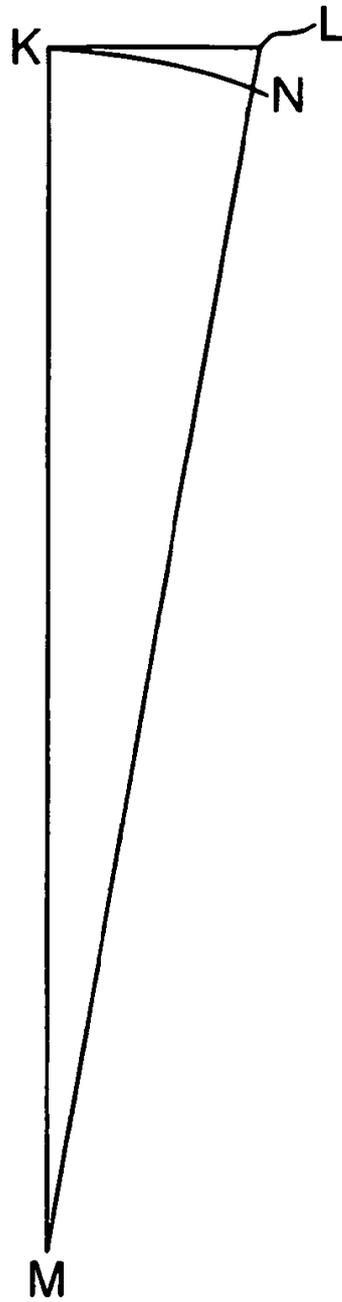


Fig. 5

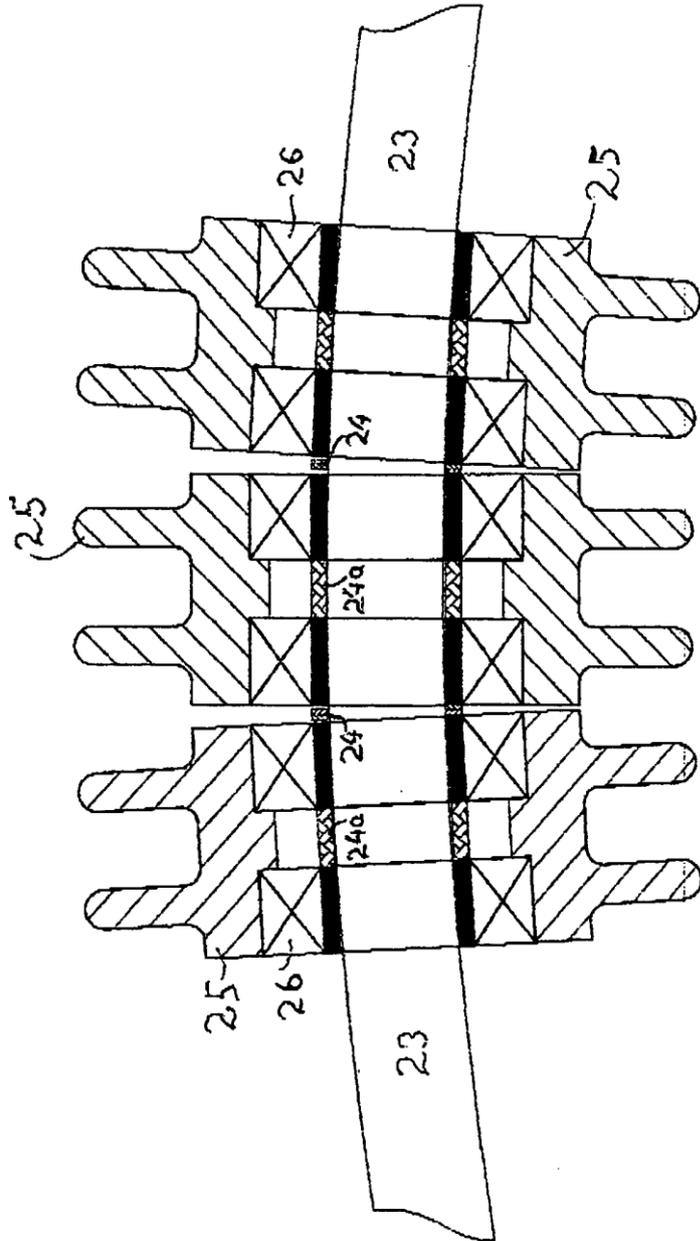


Fig. 6

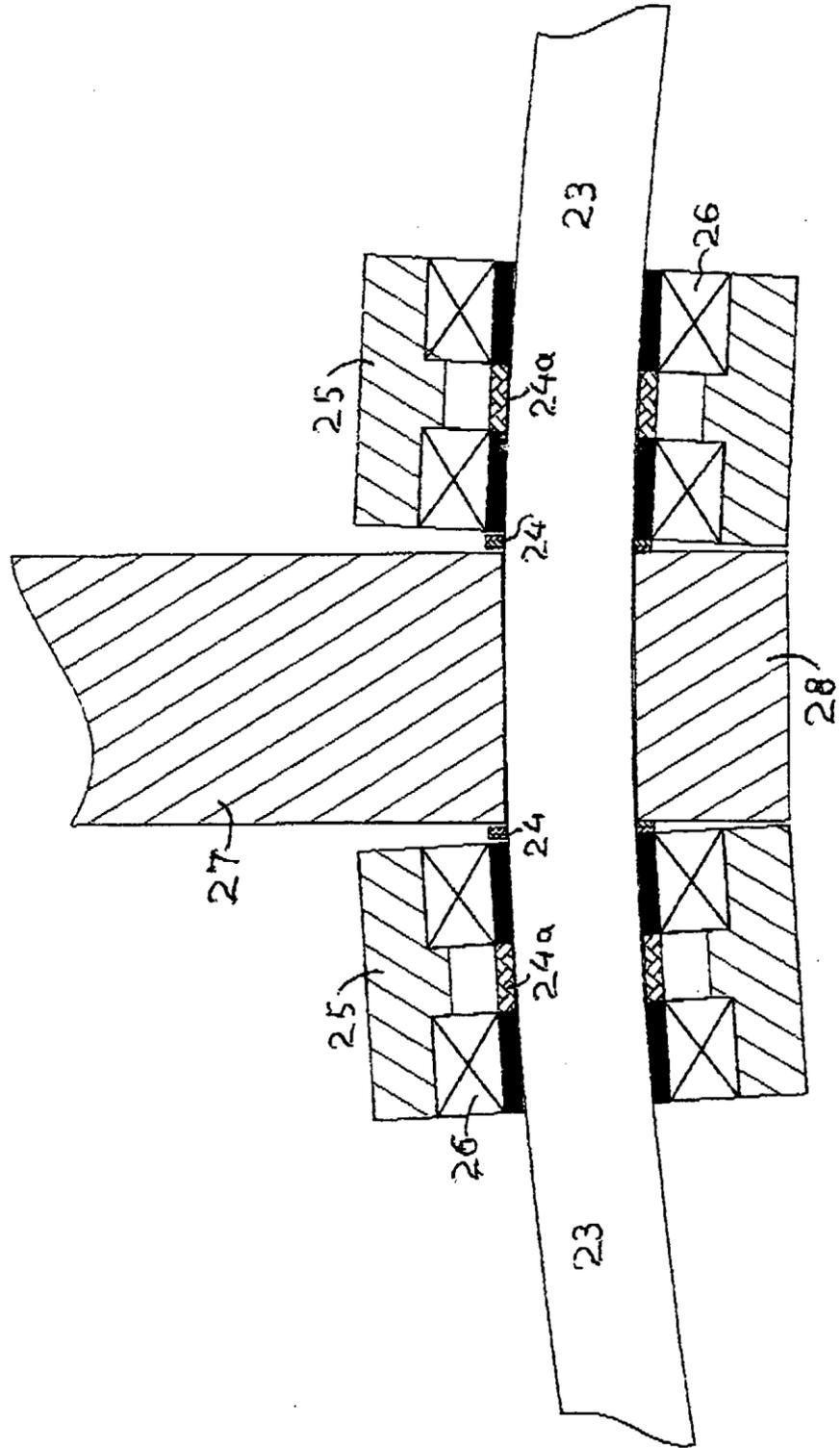


Fig. 7

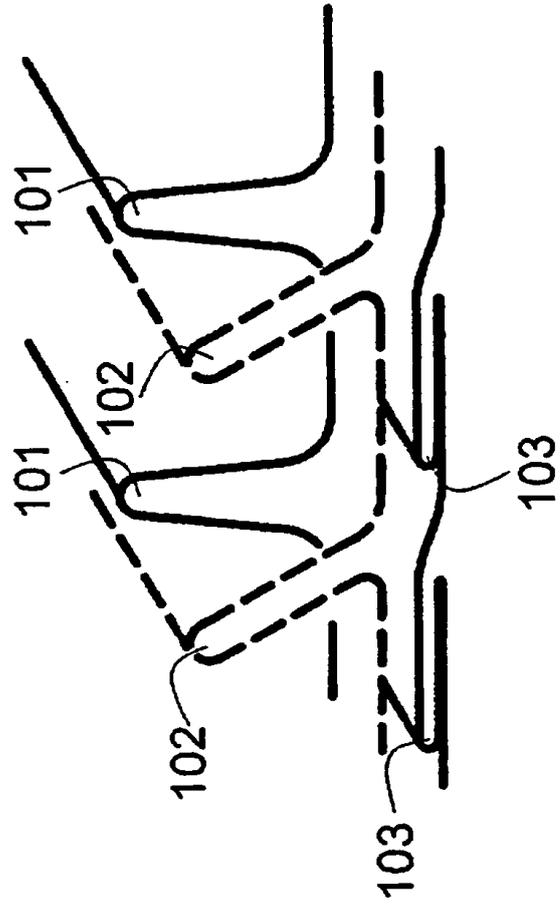


Fig. 8

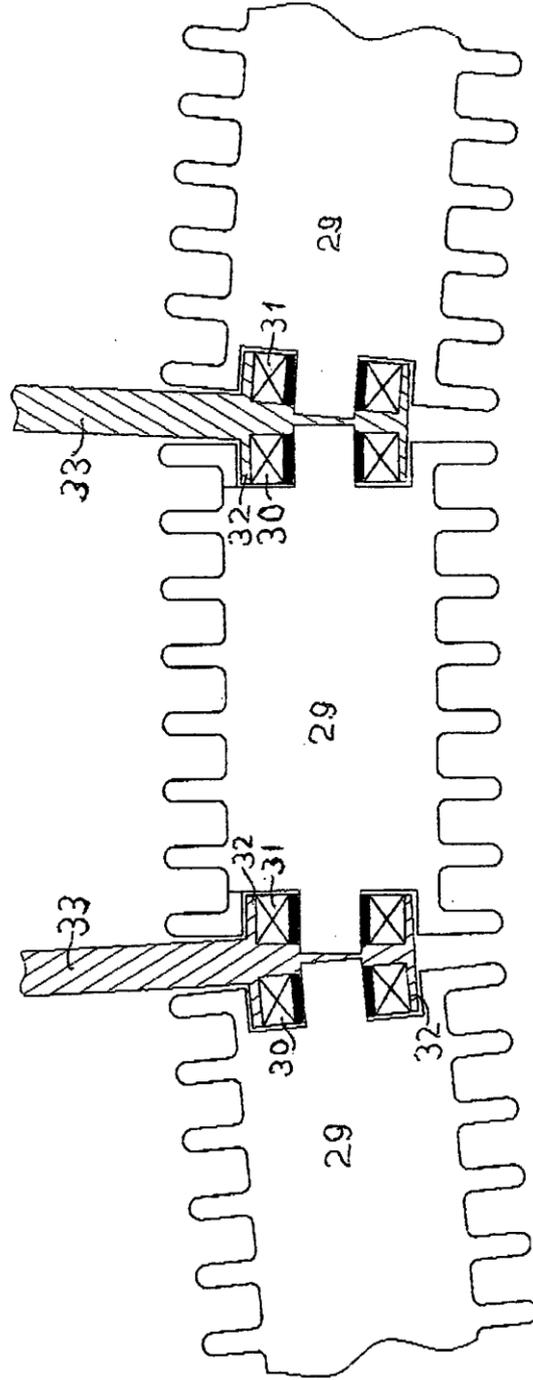


Fig. 9

