



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 367**

51 Int. Cl.:
B29D 99/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07405289 .5**

96 Fecha de presentación : **27.09.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1918089**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.05.2008**

54 Título: **Procedimiento para conformar un elemento estructural de forma continua.**

30 Prioridad: **31.10.2006 JP 2006-295219**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.06.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.06.2011

73 Titular/es: **JAMCO CORPORATION**
6-11-25 Osawa
Mitaka, Tokyo, JP

72 Inventor/es: **Umeda, Katsuhiko;**
Asari, Kazumi y
Kuriyama, Shuntaro

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 361 367 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

Procedimiento para conformar un elemento estructural de forma continua.

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para conformar un elemento estructural de forma continua utilizando un material compuesto.

10 Descripción de la técnica relacionada

Un procedimiento típico para conformar un elemento estructural utilizando un material compuesto constituido principalmente por fibras de carbono es el procedimiento de conformación que utiliza un dispositivo de autoclave.

15 La figura 16 ilustra el esquema del procedimiento de fabricación que utiliza un dispositivo de autoclave 600, en el que el material compuesto empleado en el procedimiento de conformación con autoclave es un material denominado fibra de carbono/epoxi preimpregnada, que consiste en una tela de fibra de carbono impregnada con resina epoxi.

20 En este procedimiento, se llena con nitrógeno el calderín 600 del dispositivo de autoclave, y se elevan la presión y la temperatura del gas nitrógeno para presionar y calentar un material 650 precintado en una bolsa de vacío 610 para moldear el material. Según este procedimiento, puede ser posible conformar un elemento estructural de alta calidad 650 que presenta superficies de curvatura de segundo/tercer orden, u otras formas complejas.

25 No obstante, el procedimiento de la técnica anterior presenta una eficacia de producción reducida y costes elevados, ya que el procedimiento exige un dispositivo de autoclave 600 de gran escala y un molde grande (horma de moldeo) 620, requiere unos procesos de moldeo que implican personal de desmontaje y montaje, y en cada proceso de moldeo produce sólo un número limitado de productos.

[Influencia de la expansión térmica]

30 Además, el procedimiento adolece del inconveniente de que la influencia del coeficiente de expansión térmica, que difiere según el material, causa la ondulación (fluctuación) de las fibras de carbono F_1 que constituyen el elemento estructural fabricado, generando el deterioro tanto de la resistencia como del módulo de elasticidad del elemento, con el resultado de un empeoramiento de la rigidez flexural en la zona de bajo esfuerzo de tensión.

35 El coeficiente de expansión térmica de la propia fibra de carbono F_1 como material principal es de cero o inferior, pero por otra parte, el coeficiente de expansión térmica de la resina epoxi P_1 que solidifica la fibra es de hasta 65 partes por millón.

40 En el procedimiento con autoclave, se utiliza aleación de aluminio con una conductancia térmica superior como material para el molde (horma) 620 para mejorar la conductancia térmica del gas nitrógeno al material preimpregnado 650.

45 Al presentar la aleación de aluminio un coeficiente de expansión térmica elevado de hasta 23 partes por millón, el molde 620 calentado en el calderín de la autoclave puede expandirse enormemente gracias a la expansión térmica.

50 Cuando la fibra de carbono F_1 se calienta a 160°C desde la temperatura ambiente de 20°C hasta la temperatura de calefacción de 180°C, no se expande, pero la resina P_1 contenida en la preimpregnación se expande enormemente por la expansión térmica cuando se ha completado el curado, aunque esta expansión se ve algo restringida por la fibra F_1 .

55 Similarmente, cuando la temperatura aumenta 160°C, la expansión térmica del molde 620 alcanza un 0,37%, ya que no está limitada por la fibra de carbono F_1 y la expansión térmica del molde 620 de una longitud de 2 metros es de 7,4 mm.

Al calentarse, la fibra de carbono F_1 se extiende mediante la resina P_1 y el molde 620, y se endereza.

60 Una vez terminada la etapa de calentamiento/presionado e iniciada la etapa de enfriamiento, el molde 620 y la resina epoxi P_1 curada empiezan a contraerse.

En este momento, al no estar sujeta la fibra de carbono F_1 a la contracción térmica, y presentar un módulo de elasticidad elevado y, por lo tanto, no estar sujeta a la contracción por esfuerzo de tensión, cuando la etapa termina la fibra está ligeramente pandeada, de forma similar a una onda (estado fluctuado), como muestra el diagrama conceptual de la figura 17.

65 Cuando se aplica una carga de tracción al elemento estructural fabricado en la forma descrita, como muestra la

figura 18, el elemento presenta un módulo de elasticidad bajo hasta que se elimina el pandeo de la fibra y la fibra se endereza.

5 Es decir, en la zona de bajo esfuerzo de tensión inicial, la relación esfuerzo/deformación no es proporcional, sino que está representada por una curva como la de la parte A de la figura 18, y sólo después de que las fibras se hayan enderezado podrá apreciarse el módulo de elasticidad del material, como muestra la parte B de la figura 18.

10 Como se ha descrito, en la zona de bajo esfuerzo de tensión se crea una deformación importante (alargamiento) y el módulo elástico es bajo.

10 Por otra parte, si se aplica una carga de compresión, se incrementa el pandeo de la fibra, de modo que el diagrama esfuerzo-deformación muestra un módulo de elasticidad bajo, como muestra la parte C de la figura 18, con la consecuencia final de pandeo.

15 Cuando un grupo de fibras solidificadas mediante resina se somete a una carga de compresión, el módulo elástico de compresión y la fuerza de pandeo varían según la rectilineidad de las fibras, como muestra la figura 19.

20 La línea LA representa un caso en el cual las fibras están rectas, la línea LB representa un caso en el cual las fibras están ligeramente onduladas y la línea LC representa un caso en el cual las fibras están muy onduladas.

20 Incluso después del pandeo de las fibras, la resina circundante soporta la fibra, de modo que el elemento ejerce cierto nivel de esfuerzo de tensión.

25 El fenómeno anteriormente mencionado se denomina "micropandeo" en la Society for Composite Materials, y se han realizado estudios referentes a este fenómeno.

30 Un medio para resolver el problema de fluctuación es la utilización de un molde fabricado de un material metálico especial que presenta un coeficiente de expansión térmica igual a cero, denominado un inver, en lugar del molde fabricado de aleación de aluminio, pero existen inconvenientes porque el material es caro, el procesamiento es difícil, y la conductividad térmica es tan reducida como la del acero inoxidable, lo cual aumenta el tiempo requerido para la etapa de calentamiento.

La exposición anterior es una descripción del procedimiento de conformación utilizando una autoclave.

35 Otro procedimiento posible de conformación es el procedimiento de conformación por prensado en caliente.

40 El procedimiento resulta conveniente porque presenta una elevada productividad, y es adecuado para la fabricación de productos del panel, pero debido a las limitaciones referentes al molde de prensado y a la dirección de presurización, el procedimiento no es adecuado para conformar elementos estructurales que presenten una forma de sección transversal compleja, o para conformar elementos estructurales largos.

Cuando se fabrica un producto de gran tamaño, puesto que resulta difícil garantizar la exactitud superficial del molde de prensado, es difícil fabricar un elemento estructural exacto.

45 Si se utiliza acero con un coeficiente de expansión térmica bajo para fabricar el molde de prensado para el prensado en caliente, la expansión térmica del molde de prensado no afectará mucho al producto, no obstante, la contracción térmica de la resina sí que lo afectará inevitablemente.

50 Además de los procedimientos de conformación anteriormente mencionados, se conoce otro procedimiento denominado procedimiento de pultrusión para conformar de forma continua un material compuesto largo.

55 El procedimiento implica pasar fibras largas por un molde, estirarlas y conformarlas, y simultáneamente curar la resina impregnada en las fibras en poco tiempo. El procedimiento no sólo presenta una conveniente productividad, sino que al aplicar tensión constantemente durante el proceso de conformación, la undulación de las fibras se minimiza, mejorando las características del material. No obstante, el procedimiento no puede aplicarse para conformar un elemento estructural que presente una forma de sección transversal compleja o un elemento estructural de alta calidad.

60 "Procedimiento de conformación ADP"

60 Un procedimiento de conformación ADP es un procedimiento de conformación que ha desarrollado el procedimiento de conformación por pultrusión, y el presente solicitante ha obtenido una patente relacionada con el procedimiento de conformación continua del mismo en la patente japonesa nº 1886522 (documento de patente 1).

65 El procedimiento de conformación del documento de patente 1 (procedimiento de conformación ADP) utiliza un material preimpregnado en el cual un grupo de fibras se impregna con resina y se semicura previamente.

Como puede apreciarse en la figura 20, el procedimiento es un procedimiento de conformación continua que comprende la alimentación de un material preimpregnado 702 enrollado alrededor de una bobina 701, la superposición del número necesario de materiales preimpregnados 702, paso de los mismos a través de un molde de inyección 700, prensado intermitente y calentamiento mientras se estira el elemento para curar la resina impregnada, y desplazamiento del elemento una corta distancia durante la supresión de la presión.

El dispositivo 700 para calentamiento y prensado del material preimpregnado 702 presenta la misma estructura que una prensa de termoconformación de tamaño reducido normal, para prensar y calentar intermitentemente el material.

El dispositivo del centro de la figura 20-1 es un horno de postcurado 720 para curar completamente la resina, desplazándose el material de izquierda a derecha mientras la resina se va curando completamente.

El dispositivo del extremo de la derecha de la figura 20-1 es un dispositivo 730 para desplazar intermitentemente el material en correspondencia con el ciclo de supresión de la presión.

Un cilindro de presurización 731 para aplicar fricción se desplaza repetidamente mediante un cilindro transmisor 732, desplazando el material.

La figura 20-2 ilustra una estructura de un molde para conformar un elemento estructural en forma de T, en la que un molde de inyección 750 del dispositivo de calentamiento y prensado 700 se divide en tres partes inferior y superiores 751, 752 y 753 que presentan una forma de sección transversal correspondiente al elemento estructural que debe conformarse, comprendiendo cada una un dispositivo de calentamiento 740 incorporado.

Las partes superiores 751 y 752 del molde se desplazan hacia arriba y hacia abajo por medio de los cilindros de presión 761 y 762, mediante los cuales se prensa el material intermitentemente.

La presión de prensado es de aproximadamente 3 kg/cm^2 , y el ciclo de prensado repite el prensado durante 30 segundos y suprime el prensado durante aproximadamente 2 segundos.

Durante la etapa de supresión del prensado, el material se desplaza aproximadamente 30 mm, de modo que la velocidad de desplazamiento de mismo es de aproximadamente 3,4 m por hora.

La temperatura de calentamiento viene determinada por la propiedad de curado térmico de la resina impregnada, que se sitúa en un intervalo comprendido entre 120 y 180°C, y el elemento estructural que ha pasado a través del horno de curado y ha curado completamente se corta seguidamente e longitudes predeterminadas con una sierra.

La descripción anterior describe el procedimiento de conformación ADP.

El procedimiento de conformación ADP presenta ventajas en comparación con el procedimiento de pultrusión ya que puede formar un elemento estructural de alta calidad y configuración del material compleja, y ya que se aplica tensión a la fibra aunque muy ligeramente durante el proceso de conformado, la "fluctuación" de las fibras se reduce y mejoran las características del material como elemento estructural. No obstante, existe una limitación en la forma de la sección transversal del elemento que debe conformarse debido a las limitaciones relativas a las formas de moldes para calentamiento y prensado del material y a las limitaciones relativas a la dirección de prensado.

Los elementos estructurales que presentan una curvatura intensa, los elementos estructurales que presentan una estructura hueca y los elementos estructurales que presentan torsiones son elementos estructurales solicitados como elementos estructurales para aviones, pero son difíciles de conformar utilizando el procedimiento ADP.

Por lo tanto, el solicitante de la presente invención ha llevado a cabo nuevas investigaciones y ha obtenido patentes relacionadas con el procedimiento de conformación continua de un elemento de material compuesto que presenta una cierta curvatura en la patente japonesa nº 3402481, nº 1886560, nº 3012847 y nº 3742082. No obstante, las formas de las secciones transversales y las curvaturas de los elementos que deben conformarse siguen estando limitadas.

Los elementos estructurales que utilizan materiales compuestos avanzados son ligeros de peso y presentan una elevada resistencia, pero el procedimiento de conformación de los mismos todavía no se ha desarrollado, de manera que las propiedades avanzadas de los materiales no se utilizan totalmente.

Sumario de la invención

La presente invención pretende resolver los problemas de la técnica anterior proporcionando un procedimiento para conformar elementos estructurales de calidad superior utilizando un material compuesto, siendo capaz el procedimiento de conformar elementos estructurales curvos, elementos estructurales huecos, elementos

estructurales largos y elementos estructurales torsionales con un grado de torsión determinado.

La presente invención también pretende proporcionar un procedimiento para conformar elementos estructurales con una elevada rigidez estructural en el área de bajo esfuerzo de tensión minimizando al mismo tiempo la “fluctuación” de la fibra causada durante el proceso de conformación.

La presente invención combina los tres medios básicos siguientes para solucionar el problema.

Medios básicos K-1

El elemento estructural que debe conformarse se divide previamente en dos o más elementos constructivos, pudiendo cada uno de ellos curvarse independientemente gracias la “orientación de la fibra” que constituye el elemento constructivo, y cada elemento se prepara en un estado curvado o en un estado en que el elemento puede ser curvado.

A continuación, los elementos constructivos se encajan entre sí, uniéndolos con adhesivo, mediante los medios básicos siguientes K-2, para formar un elemento estructural que presenta una elevada rigidez de flexión.

Por lo tanto, los elementos constructivos sólo ejercen la resistencia como elemento estructural cuando están combinados entre sí, y no ejercen resistencia como elemento estructural cuando se utilizan solos.

Los detalles de la “orientación de la fibra” se describen en la forma de realización 1 y otras formas de realización relacionadas.

Medios básicos K-2

Un proceso de unión con adhesivo se caracteriza por encajar entre sí los elementos constructivos con una película adhesiva interpuesta entre ellos, aplicando y suprimiendo presión periódicamente de forma repetida y desplazando el material entre molde intermitentemente de forma continua y una distancia reducida cada vez cuando se suprime la presión.

La aplicación de un procedimiento continuo de unión por adhesivo permite variar la curvatura del elemento estructural arbitrariamente a mitad de recorrido, para fabricar un elemento estructural largo y efectuar el calentamiento y la presión requeridos para unir el elemento estructural sin fallos.

Los materiales aplicables comprenden una combinación de materiales compuestos, o una combinación de materiales compuestos y metal.

El procedimiento real se describe en la forma de realización 1.

Medios básicos K-3

Se adopta un procedimiento para aplicar tensión inicial a las fibras que soportan la carga de esfuerzo como elemento estructural y estirar las fibras como medio para eliminar la fluctuación de las fibras causada durante la conformación del elemento compuesto y crear un elemento de viga que presente una elevada rigidez de flexión en un área de bajo esfuerzo de tensión.

En otras palabras, mientras se preparan elementos constructivos mediante los medios básicos K-1 los elementos se forman intencionadamente en estado previamente curvado, y en la siguiente etapa de unión mediante adhesivo adoptando los medios básicos K-2, los elementos constructivos encajados entre sí se estiran o curvan forzosamente hasta una curvatura predeterminada durante la unión con adhesivo, de modo que se aplica tensión inicial a las fibras que soportan carga como elemento estructural.

Los medios básicos K-3 y los detalles de la orientación de la fibra para el proceso se describen haciendo referencia a la forma de realización 3.

Los efectos de la presente invención son los siguientes.

Aplicando una combinación de medios básicos K-1 y medios básicos K-2 de la presente invención, se hace posible garantizar un procedimiento para conformar un elemento estructural que se curva con una curvatura determinada, un elemento estructural hueco, un elemento estructural que se curva con una curvatura que varía en el medio y un elemento estructural torsional con una torsión determinada.

Además, aplicando también unos medios básicos K-3 adicionalmente a los anteriores, es posible proporcionar un procedimiento para conformar un elemento estructural con un módulo elástico de flexión elevado y al mismo tiempo minimizar la ondulación de las fibras causada durante el proceso de conformación.

Breve descripción de los dibujos

- 5 La figura 1 es una vista explicativa que representa un elemento estructural curvado con una curvatura determinada;
- la figura 2 es una vista explicativa que representa un procedimiento de fabricación de un elemento estructural curvado con una curvatura determinada;
- 10 la figura 3-1 es una vista explicativa que ilustra las orientaciones de fibra de una aleta y un alma de viga;
- la figura 3-2 es una vista explicativa que muestra un ejemplo en el cual el alma está formada por una fibra unidireccional de 90°;
- 15 la figura 3-3(a) es una vista explicativa que muestra un ejemplo en el cual el alma está formada por una tela compuesta de fibras orientadas a $\pm 45^\circ$, y la figura 3-3(b) es una vista explicativa que muestra un ejemplo de la configuración real de la fibra;
- la figura 4 es una vista explicativa que muestra la preparación para la unión adhesiva;
- 20 la figura 5-1 es una vista general de la etapa de calentamiento y prensado para adhesión continua;
- la figura 5-2 es una vista explicativa que muestra la etapa de calentamiento y prensado para adhesión continua;
- 25 la figura 6-1 es una vista general de la etapa de calentamiento y prensado para adhesión continua;
- la figura 6-2 es una vista explicativa que muestra el proceso de curvado de un elemento constructivo previamente curvado;
- 30 la figura 6-3 es una vista explicativa que muestra la unión por adhesión continua de un elemento constructivo previamente curvado;
- la figura 7-1 es una vista explicativa que muestra una estructura con una sección transversal en forma de sombrero según una segunda forma de realización de la presente invención;
- 35 la figura 7-2 es una vista explicativa que muestra una estructura de orientación de la fibra y eje neutral;
- la figura 8 es una vista explicativa que muestra la unión por adhesivo de una estructura que presenta una sección transversal en forma de sombrero;
- 40 la figura 9 es una vista explicativa que muestra otros ejemplos de aplicación;
- la figura 10 es una vista explicativa que muestra la estructura de un elemento de viga con tensión previa aplicada al mismo;
- 45 la figura 11 es una vista explicativa que muestra una etapa de adhesión de un elemento comprimido al elemento constructivo;
- la figura 12 es una vista explicativa que muestra una etapa de enderezamiento de un elemento constructivo curvo y la unión por adhesión del mismo;
- 50 la figura 13 es una vista explicativa que muestra un larguerillo del fuselaje posterior;
- la figura 14 es una vista conceptual de la estructura de un larguerillo curvado;
- 55 la figura 15-1 es una vista explicativa que muestra un aparato para fabricar un elemento estructural en el cual puede variarse la curvatura;
- la figura 15-2 es una vista explicativa que muestra un aparato para fabricar un elemento estructural en el cual puede variarse la curvatura;
- 60 la figura 16 es una vista explicativa que muestra un proceso de moldeo utilizando una autoclave;
- la figura 17 es una vista conceptual de la "fluctuación" de la fibra de carbono;
- 65 la figura 18 es un diagrama esfuerzo/deformación del caso en el cual las fibras presentan "fluctuación";

la figura 19 es una vista explicativa que muestra el grado de "fluctuación" y la carga de pandeo de las fibras;

la figura 20-1 es una vista explicativa que muestra el procedimiento de moldeo ADP; y

5 la figura 20-2 es una vista explicativa que muestra el procedimiento de moldeo ADP

Descripción de las formas de realización preferidas

[Primera forma de realización preferida de la presente invención]

10

[Elemento estructural curvado en una curvatura intensa determina]

Se describe una forma de realización preferida, que aplica los "medios básicos K-1" y los "medios básicos K-2" de la presente invención combinados, con referencia a un procedimiento para fabricar un elemento estructural curvado con una curvatura intensa y constante para fabricar un fuselaje de un avión.

15

La figura 1 es un diagrama conceptual en el que el elemento estructural es un elemento estructural 100 con una sección transversal en forma de H con una altura de 80 mm y un radio de curvatura de 2.500 mm.

20

En este caso, para alcanzar una forma determinada aplicando la deformación plástica, la deformación permanente requerida respectivamente para las aletas superior e inferior se calcula en un 1,6%.

Al presentar el material de aleación de aluminio de alta resistencia utilizado para los aviones las características de elevada deformación plástica de tracción y de compresión, con una distorsión plástica máxima que supera el 10%, es posible fabricar un material rectilíneo con una sección transversal en forma de H mediante un proceso de extrusión y aplicar la curvatura determinada mediante un proceso de curvado secundario, gracias a la deformación plástica.

25

No obstante, en el caso del material compuesto de fibra de carbono, al no presentar la fibra de carbono deformación plástica, es imposible aplicar un esfuerzo de deformación de un valor tan alto como el 1,6% mediante un proceso de curvado secundario.

30

Si el material se curva mediante fuerza, las fibras del lado de la tracción no se expanden, de modo que las fibras del lado de la compresión deben deformarse en un 3,2%, pero en realidad el material se comba o forma pliegues, porque las fibras no se contraen.

35

Puesto que las fibras combadas y las fibras con pliegues no soportan la tensión y compresión requeridas, el elemento fabricado no puede utilizarse como elemento estructural.

40

Cuando se utiliza el elemento estructural 100 como elemento de viga, recibe un momento M de curvado hacia abajo, el pie superior 101 se somete a esfuerzo compresivo, la aleta inferior 102 se somete a esfuerzo de tracción y el alma 103 se somete a esfuerzo cortante.

Por consiguiente, para fabricar un elemento estructural 100 que presente una sección transversal en forma de H, se aplican los "medios básicos K-1" de la presente invención para fabricar con antelación dos tipos de elementos estructurales en forma de T 110 y 120, como muestra la figura 2, y se realiza la adhesión continua de los "medios básicos K-2" para unir los dos elementos y fabricar un elemento estructural de alta resistencia y elevada rigidez.

45

Al presentar los elementos constructivos en forma de T 110 y 120 arquitecturas de fibra capaces de ser curvadas hasta la curvatura requerida en su estado independiente, se curvan y simultáneamente se unen mediante adhesivo.

50

La arquitectura de fibra se describe a continuación de forma detallada, con referencia a la figura 3-1.

Los elementos constructivos en forma de T 110 y 120 presentan básicamente la misma forma y la misma estructura, pero pueden presentar distintas formas y estructuras según los requisitos de carga y forma del elemento estructural 100.

55

Para ejercer un alto grado de elasticidad y resistencia para oponerse a la fuerza de tracción o a la fuerza de compresión (tensión axial), las aletas 111 y 121 están compuestas respectivamente principalmente por una fibra unidireccional (fibra UD) dispuestas en una dirección a 0° respecto a la dirección axial, como muestra la figura 3-1 (b).

60

En realidad también es necesario disponer fibras en orientaciones a ±45° para transferir la fuerza cortante entre fibras de modo que las fibras UD reciban un esfuerzo de tensión uniforme.

65

Las partes de alma 112 y 122 que reciben la fuerza cortante de la viga están compuestas de fibras orientadas a ±

45° para ejercer un módulo de elasticidad cortante elevado, que están curvadas y encajadas para transferir fuerza cortante a la aleta.

5 Los elementos constructivos 110 y 120 preparados en la forma descrita anteriormente, se encajan entre sí con películas adhesivas interpuestas en las partes de alma y a continuación se curvan y se adhieren entre sí para formar un elemento estructural 100 con una sección transversal en forma de H, del modo descrito posteriormente con mayor detalle. La razón de que los elementos puedan curvarse se describirá a continuación.

10 Tal como representa la figura 3-2, cuando estas almas 313a y 323a están compuestas por fibras unidireccionales de 90°, al no mostrar las fibras orientadas a 90° ninguna resistencia en la dirección axial, el elemento constructivo fabricado puede curvarse centrando fácilmente alrededor de un eje neutral situado en el centro de la aleta, pero no puede transferir la fuerza axial causada por la fuerza cortante. Así, las almas se componen de fibras orientadas a $\pm 45^\circ$. La expansión y la contracción son también posibles cuando las fibras están orientadas a $\pm 45^\circ$.

15 Si la curvatura es intensa, tal como muestra la figura 3-3A, las almas 313b y 323b están compuestas de una capa de fibras unidireccionales de $\pm 45^\circ$, una capa de fibras unidireccionales de -45° , y una fibra unidireccional de 90° interpuesta entre las capas, según lo cual aumenta el grado de libertad de expansión y contracción en los extremos de las almas 313b y 323b. La figura 3-3B muestra un ejemplo de la disposición real de las fibras.

20 Si se considera la resistencia del alma, cuando el elemento estructural 100 recibe una carga concéntrica de 1.000 kg, el "flujo cortante" en el alma se calcula en 12,5 kg/mm, ya que la altura del alma es de 80 mm y cuando el espesor del alma formado por cuatro capas es de 0,8 mm, el esfuerzo aplicado se calcula en 15,6 kg/mm², lo cual puede ser suficientemente soportado por la fibra de carbono preimpregnada compuesta de fibra a 45°.

25 Estos elementos constructivos 110 y 120 que presentan secciones transversales en forma de T, compuestas de un material compuesto de fibra de carbono, pueden fabricarse mediante un procedimiento ADP dado a conocer en el documento de patente 1, pero también pueden fabricarse por un procedimiento que utiliza una autoclave corriente o un procedimiento de pultrusión.

30 La descripción anterior ilustra la aplicación de "medios básicos K-1" de la presente invención.

A continuación, se describe la aplicación de "medios básicos K-2" de la presente invención.

35 Como muestra la figura 4, en un proceso de preparación, los elementos constructivos en forma de T 110 y 120 en estado curvado se encajan entre sí con una película adhesiva 104 interpuesta entre las almas.

40 El adhesivo de tipo película 104 es un adhesivo termosoldable basado en epoxi, que se corta en los anchos requeridos en estado parcialmente curado, y se enrolla con una película separadora 105 en una bobina. La película separadora 105 se retira antes de la adhesión.

Las figuras 5-1 y 5-2 muestran el proceso de calentamiento y prensado.

45 En el lado izquierdo de la figura 5-1, está previsto un aparato 200 para calentar/prensar el material, que presenta una estructura de una prensa de termoformación general de tamaño reducido, para calentar/prensar intermitentemente el material.

El aparato dispuesto en el centro de la figura 5-1 es un horno de postcurado 220 para curado completo del adhesivo, en el cual el material se desplaza de izquierda a derecha para curar completamente el adhesivo.

50 El horno de postcurado no será necesario si se selecciona una resina que presente un tiempo de curación corto, pero desde el punto de vista de la fiabilidad del curado se selecciona intencionadamente una resina que presenta un tiempo de curación largo.

55 El aparato del extremo derecho de la figura 5-1 es un aparato 230 para desplazar intermitentemente el material correspondientemente al ciclo de supresión de la presión.

En el aparato 230, un cilindro presurizador 231 para aplicar fricción desplaza el material con un movimiento repetido a través del cilindro 232.

60 El elemento constructivo fabricado se corta a las longitudes deseadas mediante una sierra.

65 Tal como muestra la figura 5-2, el molde del aparato de calentamiento/presurización 200 se divide en un molde superior 201 y un molde inferior 202, cada uno de los cuales presenta un dispositivo de calentamiento incorporado en su interior.

El molde inferior 202 se fija en la parte superior de la base 210, y el molde superior 201 se desplaza arriba y abajo

mediante un cilindro de presión 212 para prensar intermitentemente el material.

Una presión de presurización de 3 kg/cm^2 es suficiente, y el ciclo de presurización se repite aplicando presión durante 30 segundos y suprimiendo la presión durante 2 segundos.

5 En la etapa de despresurización, el material se desplaza aproximadamente 30 mm, de modo que la velocidad de desplazamiento es de 30 mm en 32 segundos (aproximadamente 3,4 m/h).

10 La temperatura de calentamiento viene determinada por la propiedad de termosellado de la resina adhesiva, que se sitúa en un intervalo comprendido entre 120 y 180°C.

15 La resina adhesiva que ha sido curada aproximadamente un 30% funde temporalmente y a continuación empieza a curar en el molde de calentamiento/presurización, pero cuando sale del molde, el curado ha progresado y ha alcanzado un estado estable.

20 Como se describe anteriormente, para crear un elemento estructural en forma de H 100 curvado con una curvatura determinada, como muestran las figuras 6-1 y 6-2, el primer y segundo elementos constructivos 110 y 120 que deben unirse mediante adhesivo pasan a través de unos rodillos guía 350 y se superponen, a continuación se curvan con una curvatura determinada y se introducen en la prensa caliente 200.

En otro procedimiento posible, tal como muestra la figura 6-3, los elementos constructivos respectivos 110 y 120 se fabrican en estado curvado y se introducen a la prensa caliente 200.

25 La anterior descripción ilustra la aplicación de los "medios básicos K-2" de la presente invención.

Tal como se describe, los elementos constructivos curvables 110 y 120 no presentan la resistencia y rigidez del elemento estructural en estado independiente, pero al ensamblar los elementos constituyen un elemento estructural resistente con una elevada rigidez flexural.

30 El procedimiento anterior se describe mediante un ejemplo utilizando resina termosoldable de alta fiabilidad, pero también puede aplicarse a la conformación de un elemento estructural utilizando resina termoplástica.

35 Cuando se utiliza un material preimpregnado compuesto de resina termoplástica para la pluralidad de elementos constructivos premoldeados, el recalentamiento para la adhesión hace que los elementos formados de resina termoplástica se fundan parcialmente, de manera que resulta posible prescindir de adhesivos, no obstante, la baja dureza de la resina termoplástica presenta el inconveniente de que la unión forzada de las fibras es débil y es imposible ejercer suficientemente las características de resistencia a la compresión de los elementos constructivos.

[Segunda forma de realización de la presente invención]

40 La figura 7-1 ilustra una segunda forma de realización de la presente invención, referida a un procedimiento para la fabricación de una viga curvada 400 de un material compuesto de fibra de carbono curvado con una curvatura determinada, que presenta una sección transversal en forma de sombrero (sección de sombrero) para aplicar, por ejemplo, al fuselaje de un avión.

45 Para fabricar un elemento constructivo 400 que presente una sección de sombrero, se aplican los "medios básicos K-1" de la presente invención para formar tres elementos constructivos, un elemento constructivo en forma de canal 410 y dos elementos constructivos 420 y 430 que presentan una sección transversal angular, y a continuación se aplican los "medios básicos K-2" para realizar la unión adhesiva.

50 Cada uno de los elementos constructivos 410, 420 y 430 se fabrica mediante un procedimiento ADP, se forman en estado longitudinal y curvo y preparado para la unión.

55 Cuando se aplica un momento de curvatura a un elemento de viga 400 que presenta sección de sombrero, los lados 401, 404 y 405 que constituyen la aleta del elemento de viga 400 se someten a esfuerzo de tracción/compresión, y los lados 402 y 403 que constituyen el alma se someten a fuerza cortante.

60 Por lo tanto, como muestra a figura 7-1, el elemento constructivo en forma de canal 410 se compone de un lado 411 que forma la aleta del elemento de viga de sección de sombrero 400, que está formada principalmente por tela UD 0° para obtener una resistencia y un módulo elástico elevados que soporten la fuerza de tracción o la fuerza de compresión, y las caras 412 y 413 que constituyen el alma del elemento de viga están formadas exclusivamente de fibras UD orientadas a +45° y -45° para ejercer un módulo elástico cortante alto contra la fuerza cortante.

65 Las fibras de orientadas a 45° que constituyen el alma están situadas en la tela UD 0° de la parte de aleta.

Ya que los lados 412 y 413 que constituyen el alma se forman utilizando sólo fibras UD a +45° y -45°, el eje neutral

del elemento constructivo 410 está situado en el centro del espesor de la aleta pie 411 compuesto de fibras a 0°, de modo que no se aplica esfuerzo a la aleta, aunque el elemento sea curvado después de la laminación de los materiales preimpregnados, y puede conformarse un componente mediante curvado sin crear pliegues.

5 Con el mismo objetivo, los elementos constructivos de forma angular 420 y 430 están compuestos de lados 421 y 431 que constituyen la aleta del elemento de viga, también compuesta principalmente de fibras UD a 0°, como muestra la figura 7-1, y los lados 422 y 432 constituyen el alma del elemento de viga compuesto exclusivamente de fibras UD a +45° y -45°, de manera que el eje neutral se sitúa en el centro de las aletas 421 y 431. Ver la figura 7-2.

10 Las fibras orientadas a 45° que constituyen el alma están superpuestas sobre la fibra UD a 0° de la parte de aleta, como muestra la figura 7-2

Los “medios básicos K-2” de la presente invención se aplican como procedimiento para realizar la unión adhesiva mediante calor y presurización.

15 La figura 8 ilustra unos medios para llevar a cabo una unión adhesiva continua para formar un elemento de viga largo que presenta la estructura de sección transversal mostrada en la figura 7-1 y una curvatura determinada.

20 Tal como se describe, los elementos constructivos 410, 420 y 430 fabricados aplicando los “medios básicos K-1” pueden ser curvados en estado independiente, pero no ejercen la resistencia requerida de un elemento estructural. No obstante, cuando los elementos constructivos están adheridos mediante los “medios básicos K-2” constituyen un elemento estructural que presenta una resistencia y una rigidez flexural elevadas.

25 Otros ejemplos de aplicación de la combinación de “medios básicos K-1” y “medios básicos K-2” comprenden la fabricación de un elemento estructural 510 que presenta una sección transversal hueca, como muestra la figura 9A, y la fabricación de un elemento estructural 520 de un aspa de un molino de viento que presenta una torsión de un índice torsional determinado, como muestra la figura 9B.

[Tercera forma de realización preferida]

30 La figura 10 ilustra como tercera forma de realización de la presente invención un ejemplo de una viga con una tensión inicial aplicada al grupo de fibras de la parte de aleta de un elemento estructural en forma de H para eliminar fluctuación y mejorar el módulo elástico de curvatura en un intervalo de esfuerzo bajo.

35 La presente forma de realización se describe haciendo referencia a un elemento estructural recto 600, pero también puede aplicarse a un elemento estructural curvo.

La estructura básica de la fibra es la misma que en la forma de realización 1, como muestra la figura 10.

40 La tensión inicial debería aplicar solamente el desplazamiento necesario para tirar de la fibra de carbón ondulada y enderezarla, de modo que la cantidad de desplazamiento requerida es reducida, aproximadamente de 0,1 a 0,2%, como puede apreciarse en la figura 13.

45 De forma similar a las formas de realización anteriormente mencionadas, las fibras que constituyen la aleta superior 601 y la aleta inferior 602 de un elemento constructivo 600 son principalmente fibras orientadas a 0° respecto al eje.

Las fibras que constituyen el alma 603 sólo están orientadas a +45° y a -45° respecto a eje, pero para transferir fuerza se curvan y superponen sobre las aletas.

50 El elemento constructivo 600 está compuesto de dos elementos constructivos en forma de T, 610 y 620.

En los extremos de las almas 612 y 622 de los elementos constructivos en forma de T 610 y 620 se encuentran dispuestos elementos comprimidos 605 y 606, comprimidos para aplicar una tensión inicial a las aletas 611 y 621.

55 En otras palabras, los elementos constructivos en forma de T 610 y 620 han sido formados con antelación, habiendo sido curvados mientras tenían los elementos comprimidos 605 y 606 adheridos, como muestra la figura 11.

Los elementos comprimidos 605 y 606 están compuestos superponiendo un haz de fibras UD orientadas a 0° con fibra orientadas a +45° y -45°.

60 También es posible utilizar varillas metálicas de aleación de titanio o similar en lugar del haz de fibras.

65 El material que presenta esta forma de sección transversal y arquitectura de fibra se fabrica mediante el procedimiento ADP y en este punto se caracteriza porque está curvado con una curvatura determinada, como muestra la figura 11.

Si las fibras deben extenderse un 0,2% para aplicar tensión inicial al grupo de fibras, con el fin de eliminar fluctuación, cuando la altura del elemento estructural 600 es de 80 mm, el radio de curvatura aplicado para formar los elementos constructivos en forma de T 610 y 620 independientemente se calcula en 20 m.

5 En este estado, los elementos constructivos 610 y 620 respectivamente están provistos de rigidez flexural.

A continuación, como muestra la figura 12, los elementos constructivos 610 y 620 se encajan entre sí y, al mismo tiempo, se enderezan a través de rodillos 350 y se adhieren en la prensa de molde 200.

10 El procedimiento de unión con adhesivo es el mismo de la forma de realización 1, pero con un tiempo de calentamiento/prensado superior.

Las partes de aleta 601 y 602 del elemento de viga fabricadas tal como se ha descrito anteriormente presentan tensión inicial aplicada a las mismas.

15 Los elementos comprimidos 605 y 606 dispuestos en los extremos del alma han aplicado allí un esfuerzo compresivo que iguala la tensión inicial aplicada a la aleta. Los esfuerzos internos de los elementos respectivos se equilibran para que el elemento estructural terminado sea recto. En otras palabras, los esfuerzos internos de los elementos constructivos 610 y 620 se controlan para que el elemento estructural terminado sea recto.

20 Haciendo referencia a la figura 18, cuando no se aplica tensión inicial, cuando la aplicación de un momento de curvatura causa un esfuerzo de 100 MPa (10,2 kg/mm²), se genera una elongación del 0,2%, del modo que se calcula que el módulo elástico es de 50 GPa (5.100 kg/mm²). Por otra parte, cuando se aplica una tensión inicial correspondiente al esfuerzo de 100 MPa (10,2 kg/mm²), el incremento de la elongación respecto al esfuerzo incrementado de 100 MPa (10,2 kg/mm²) es de sólo un 0,1%, de modo que se calcula que el módulo elástico es de 100 GPa (10.200 kg/mm²), que es el doble del primer valor.

Tal como se ha descrito, el presente elemento ejerce una elevada rigidez flexural en un intervalo de esfuerzo bajo.

30 El objetivo de la aplicación de tensión inicial es eliminar fluctuación del grupo de fibras y enderezarlas, de modo que la tensión inicial debe ser preferiblemente lo más baja posible.

Este procedimiento también puede aplicarse para mejorar la rigidez flexural de un elemento estructural curvado.

35 [Cuarta forma de realización de la presente invención]

La cuarta forma de realización de la presente invención describe un procedimiento para fabricar un larguerillo del fuselaje posterior de un avión.

40 Tal como muestra la figura 13, un larguerillo de fuselaje 700 de un avión funciona para recibir la carga de fuerza de tracción/compresión (especialmente fuerza de compresión) que recibe el panel exterior del fuselaje, de modo que la fuerza se transfiere desde la aleta 701 al alma 702. Por lo tanto, la aleta 701 del larguerillo 700 debe soportar fuerza cortante, mientras que el alma debe 702 soportar fuerza de tracción/compresión.

45 Puesto que el fuselaje posterior de un avión se estrecha en dirección a la cola, los larguerillos que soportan el panel exterior del cuerpo están conformados como elementos estructurales con curvatura, y las curvaturas de cada elemento difieren según la posición de montaje de los elementos.

50 En la técnica anterior, el larguerillo metálico del fuselaje posterior se forma fabricando un larguerillo recto y dotándolo de las curvaturas requeridas correspondientes a la posición de montaje mediante un proceso secundario de deformación plástica. No obstante, si se utilizan materiales compuestos de fibra de carbono, como se ha descrito, es imposible efectuar un proceso secundario de deformación plástica para curvar los elementos que deben presentar curvaturas determinadas.

55 Por lo tanto, el procedimiento descrito en la cuarta forma de realización de la presente invención tiene como objetivo aplicar diversas curvaturas a los larguerillos en el momento de la fabricación para completar los elementos. Los elementos utilizados en un avión se identifican todos mediante números de pieza, de modo que los elementos se curvan con una curvatura diferente según el número de pieza, y las curvaturas vienen determinadas por la posición de los larguerillos.

60 La sección transversal de un larguerillo presenta forma de T, tal como representa la figura 13, pero a diferencia de las formas de realización anteriormente mencionadas, al recibir el alma carga de fuerza de tracción/compresión, la estructura de la fibra difiere básicamente, como puede apreciarse en la figura 14.

65 Un larguerillo 800 se fabrica apilando cinco varillas rectangulares 801 de 4 mm por 6 mm hechas de fibra UD, aplicando elementos angulares 802 y 803 compuestos de fibras a 45° en ambos lados de las mismas y efectuando

una unión con adhesivo mientras se curva toda la estructura. En caso necesario, es posible disponer un elemento de superficie inferior 804.

- 5 El proceso de unión con adhesivo es básicamente el mismo que el de la primera forma de realización, pero como muestran la figura 15-1 y la figura 15-2, la curvatura aplicada mediante un rodillo guía 950 se controla mediante un dispositivo de control numérico (CN) 960 que permite que la curvatura del larguero fabricado varíe a mitad de recorrido, utilizando las ventajas de la adhesión continua intermitente.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la conformación continua de un elemento estructural largo (100, 400, 510, 520, 600, 800) utilizando un material compuesto constituido principalmente por fibras de carbono, caracterizado porque comprende:
- 5 una etapa de conformación de una pluralidad de elementos constructivos (110, 120; 410, 420, 430; 610, 620; 802, 803) presentando cada uno de los cuales una curvatura a lo largo de una línea de eje longitudinal y fibras de carbono, como material constituyente, dispuestas en una orientación de 0º, 45º o 90º respecto a dicha línea de eje; y
- 10 una etapa de encaje entre sí de la pluralidad de dichos elementos constructivos con una película adhesiva (104) interpuesta entre los mismos;
- en el que durante la unión por adhesivo, se llevan a cabo repetidamente un prensado y un calentamiento intermitentes y cuando no se aplica presión el elemento estructural se desplaza una distancia determinada.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque durante la etapa de unión por adhesivo, los elementos constructivos (610, 620; 802, 803) se enderezan o se curvan forzosamente hasta una curvatura predeterminada para aplicar una tensión inicial a las fibras de los elementos constructivos y reducir el pandeo ondulado de las fibras y las deformaciones en un área de bajo esfuerzo de tensión.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque durante la etapa de conformación de una pluralidad de elementos constructivos (610, 620), se ensambla un elemento comprimido (605, 606) con dichos elementos constructivos, para aplicar a los mismos una tensión inicial.
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque dicho elemento comprimido (605, 606) está constituido por un material metálico.
5. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la curvatura de dichos elementos constructivos puede variarse a mitad de recorrido mediante un dispositivo de control (960).
- 30 6. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque durante la etapa de conformación de una pluralidad de elementos constructivos, se disponen en paralelo con la línea de eje longitudinal unas aletas (411, 421, 431, 611, 621, 804) compuestas principalmente de fibras de carbono, y en esta misma dirección, cada una de ellas está conectada con un lado de un alma (412, 413, 422, 432, 612, 622) realizada en fibras de carbono, para conformar unos elementos constructivos que presenten, por ejemplo, una sección transversal en forma de T; y
- 35 durante la etapa de unión por adhesivo, estas almas se encajan entre sí mediante la película adhesiva (104).
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el elemento estructural presenta una sección transversal en forma de H.
- 45 8. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que el elemento estructural presenta una sección transversal en forma de sombrero.

Fig.1

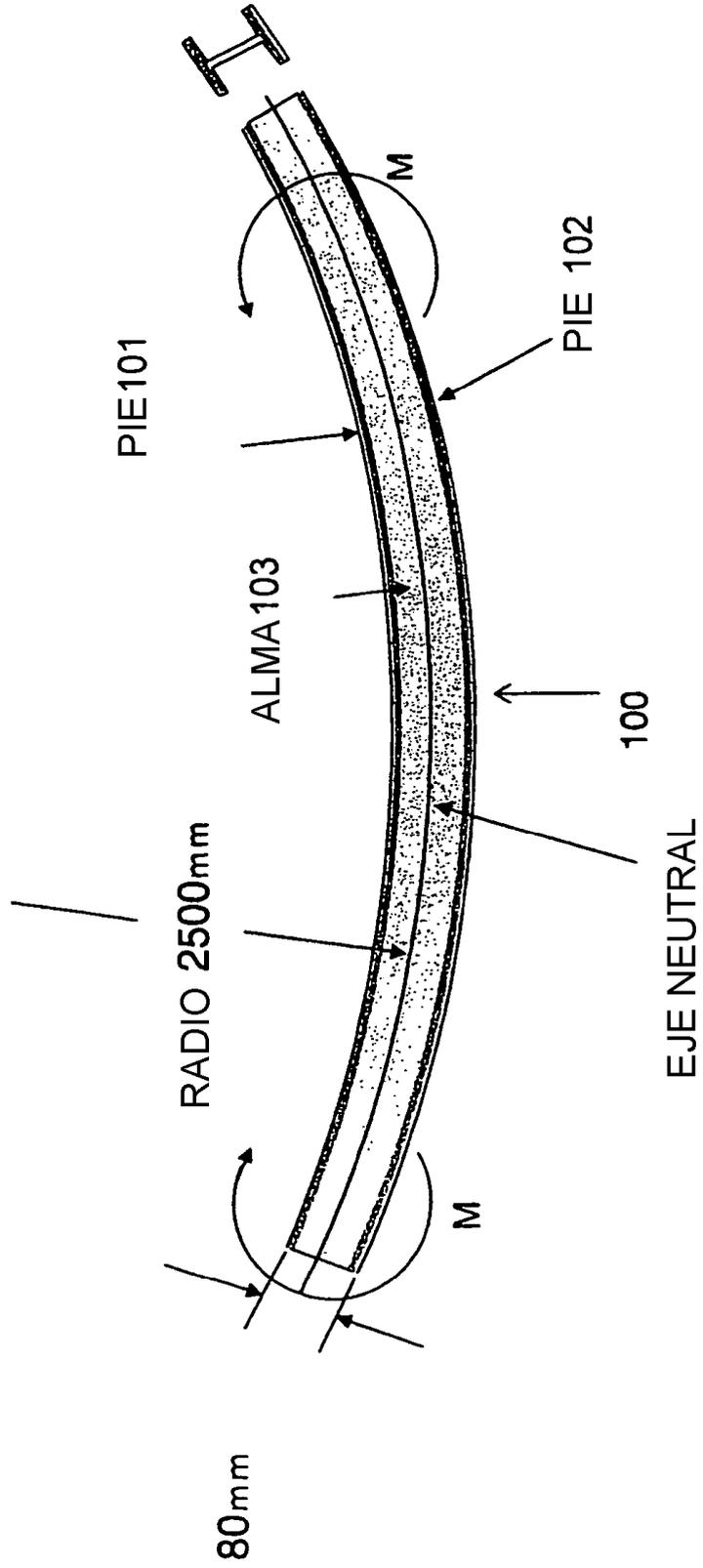


Fig.2

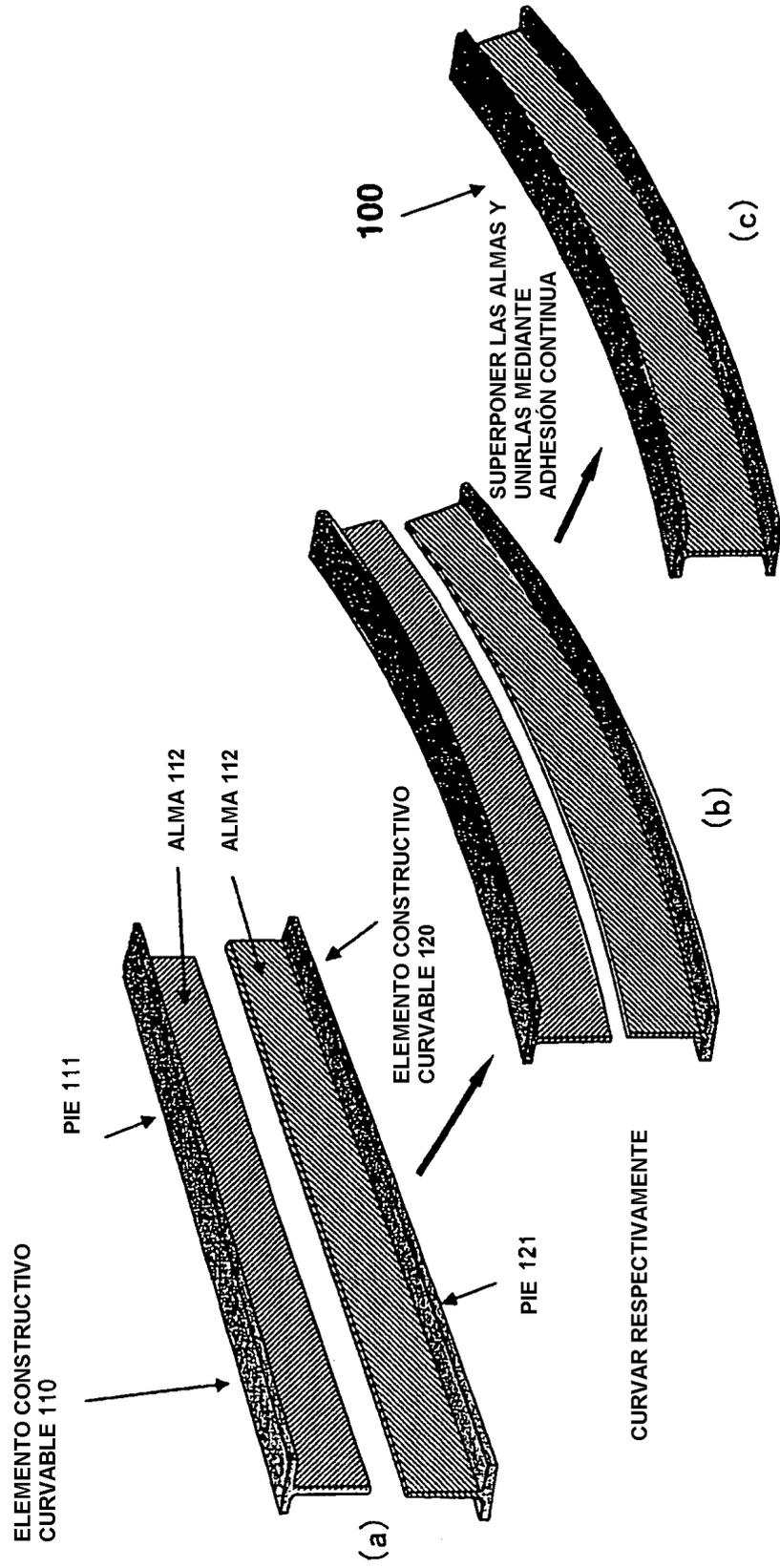


Fig.3-1

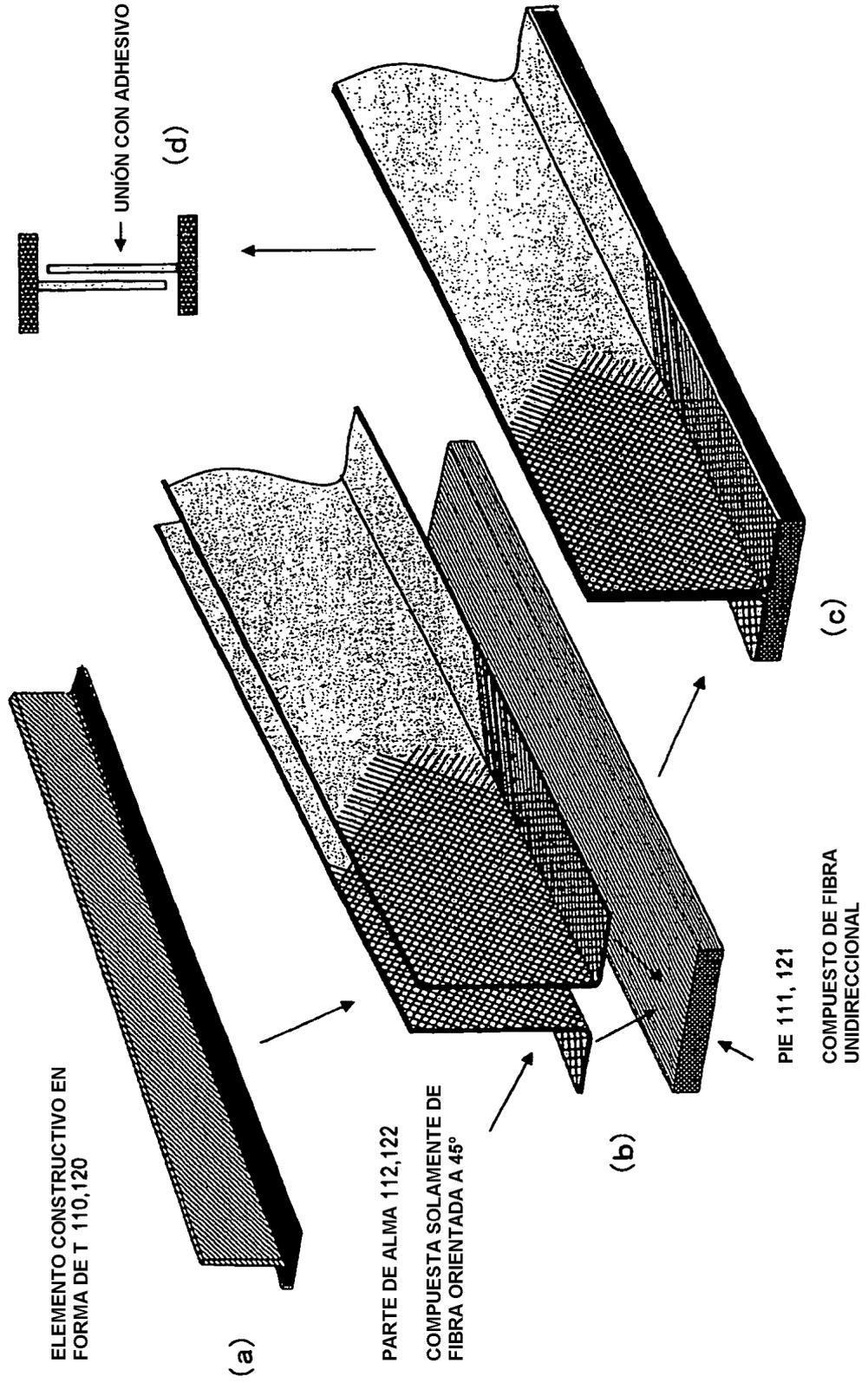


Fig. 3-2

PIE:
COMPUESTO DE FIBRA
UNIDIRECCIONAL A 0°

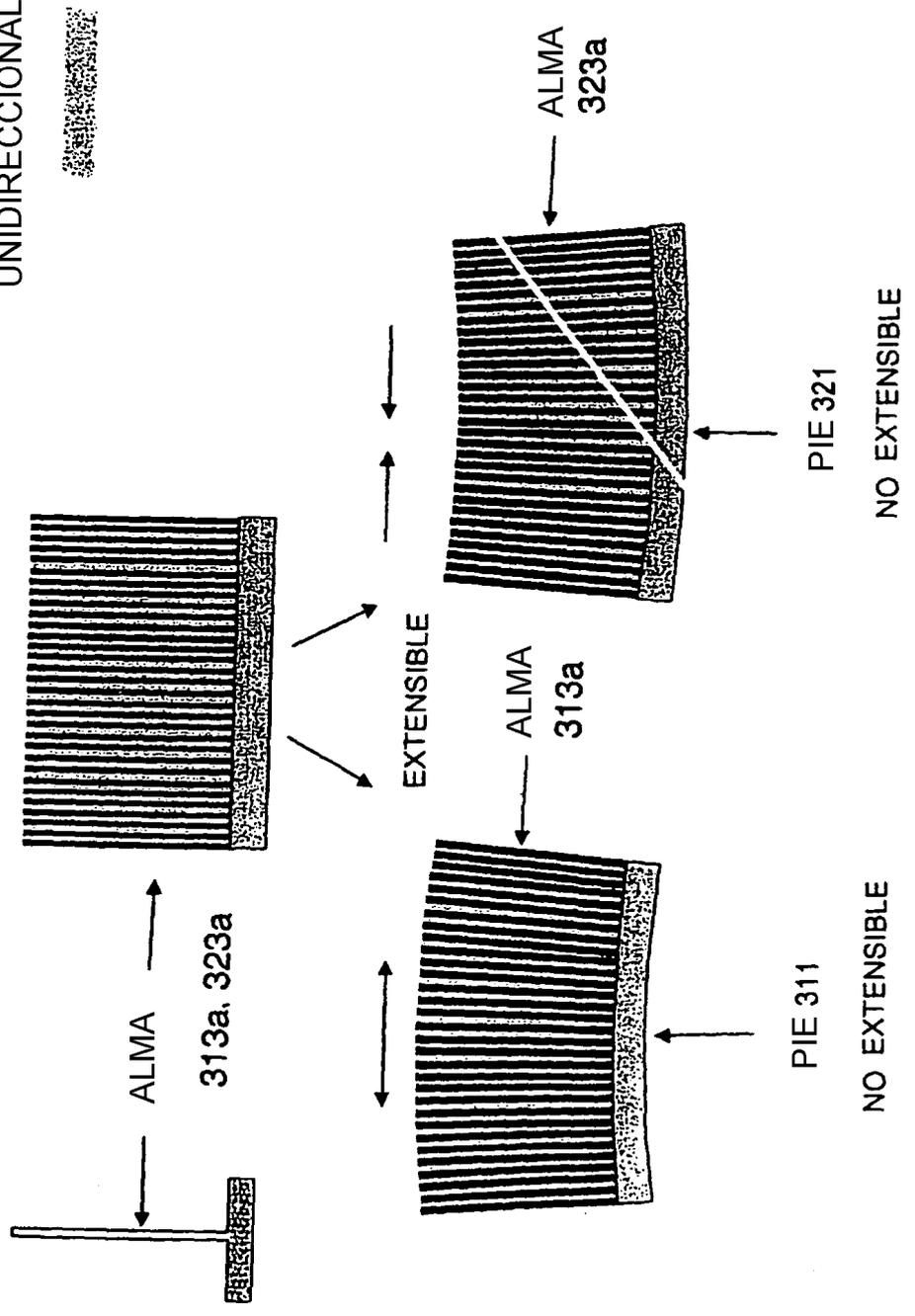
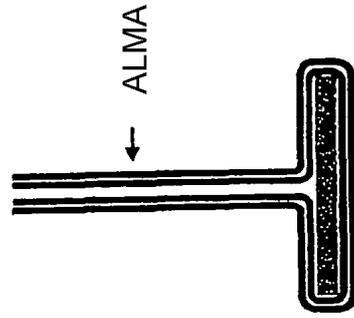


Fig.3-3

(b) EJEMPLO DE ESTRUCTURA DE FIBRA REAL



PIE:COMPUESTO DE FIBRA UNIDIRECCIONAL A 0°
311, 321

ALMA: COMPUESTA DE FIBRA UNIDIRECCIONAL A +45°
313b, 323b

COMPUESTO DE FIBRA UNIDIRECCIONAL A -45°

COMPUESTO DE FIBRA UNIDIRECCIONAL A 90°

(a) ALMA EXTENSIBLE

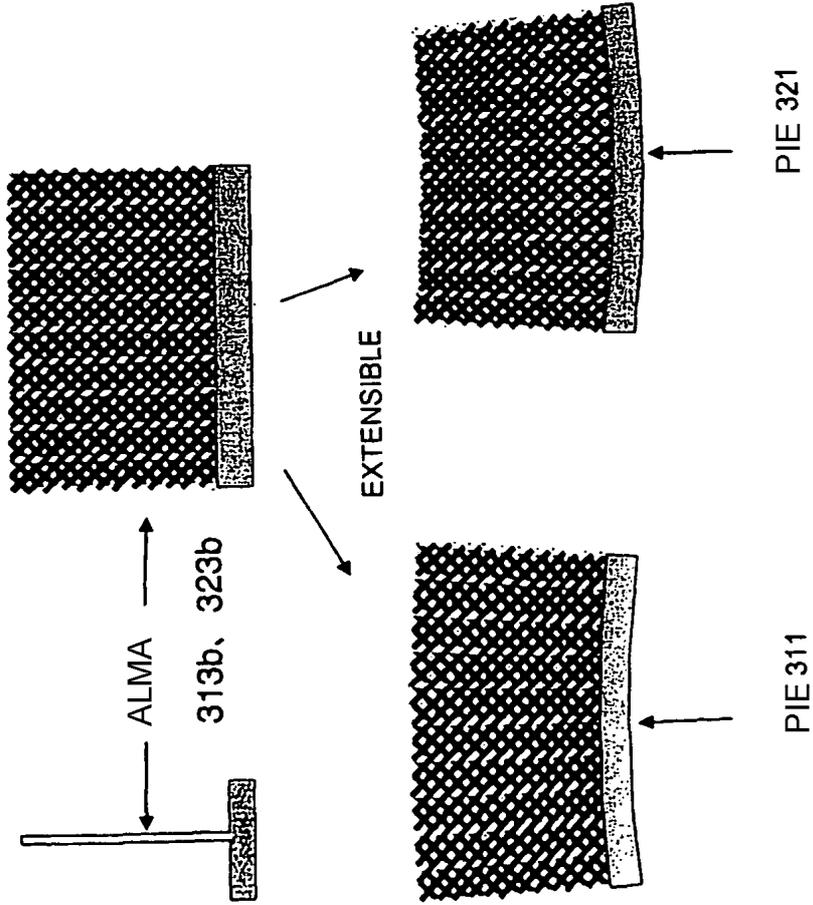


Fig.4

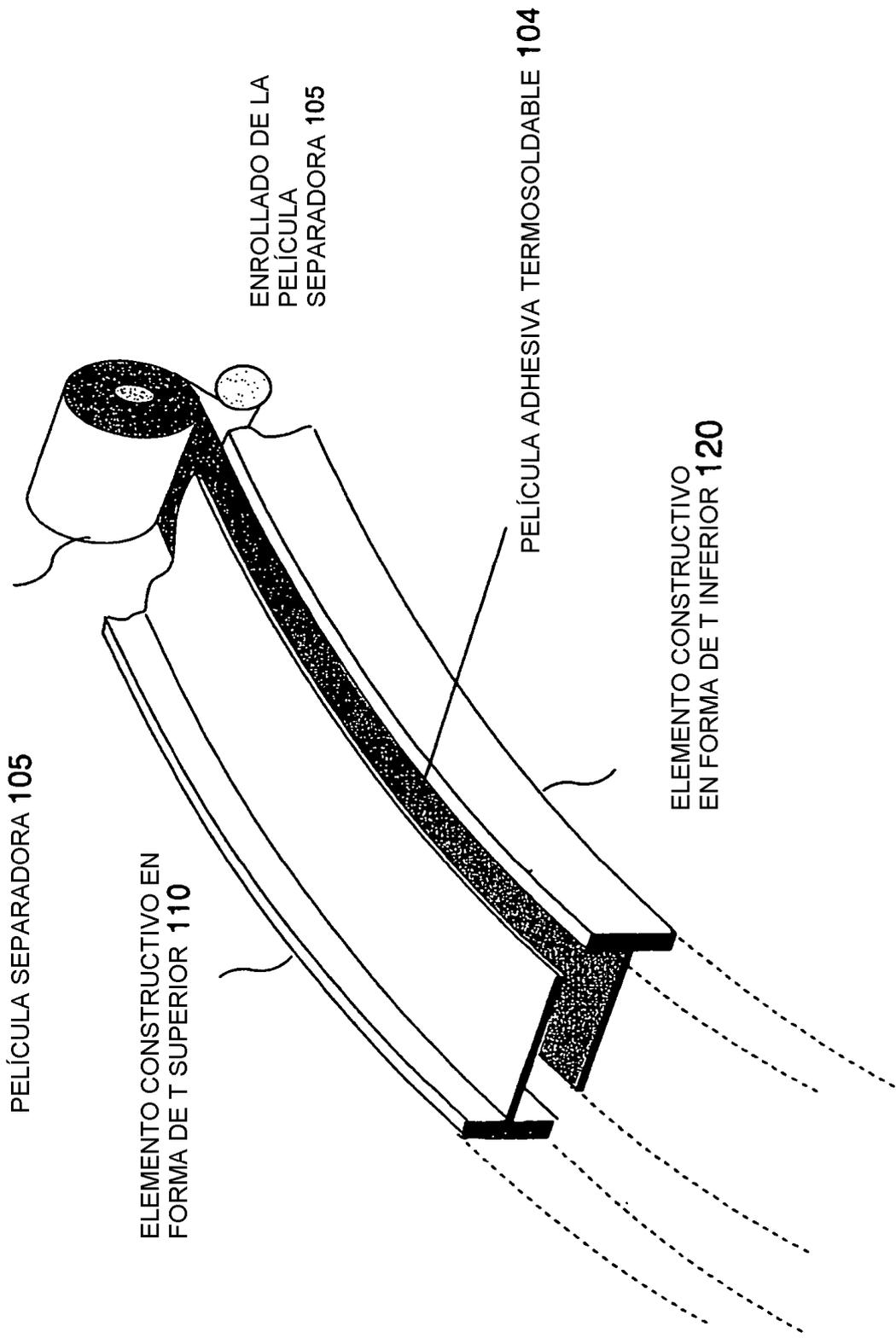


Fig.5-1

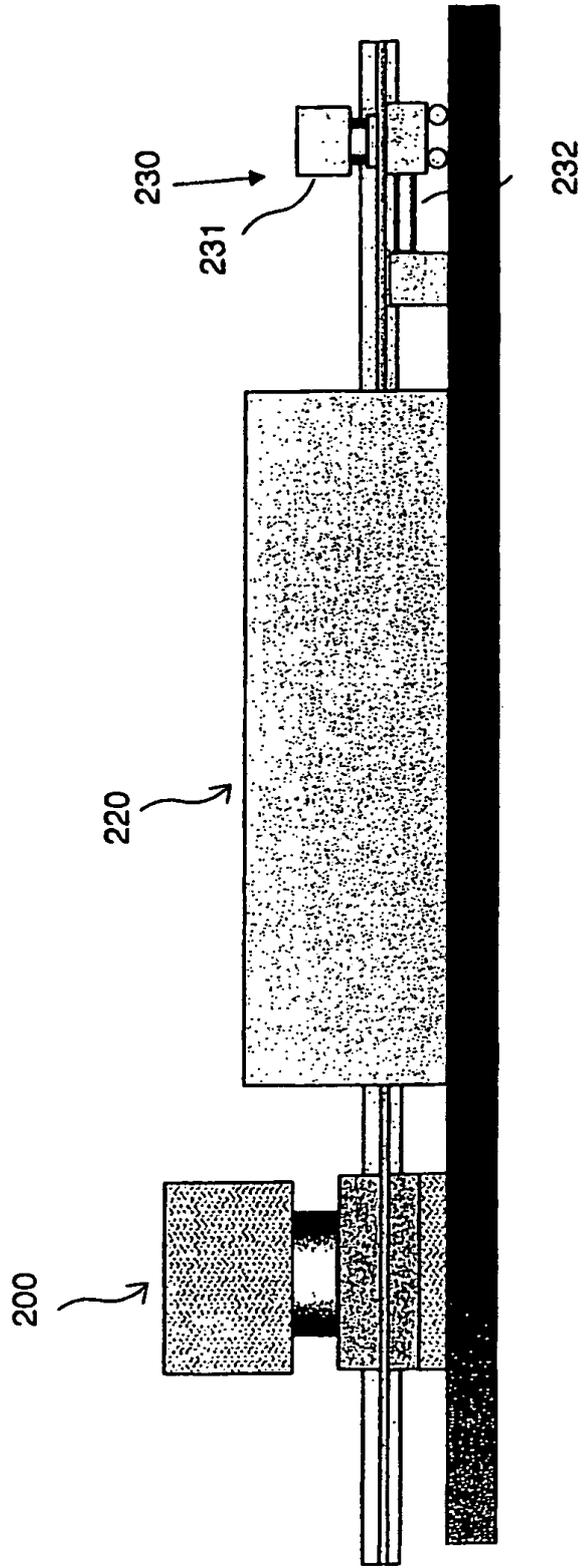


Fig.5-2

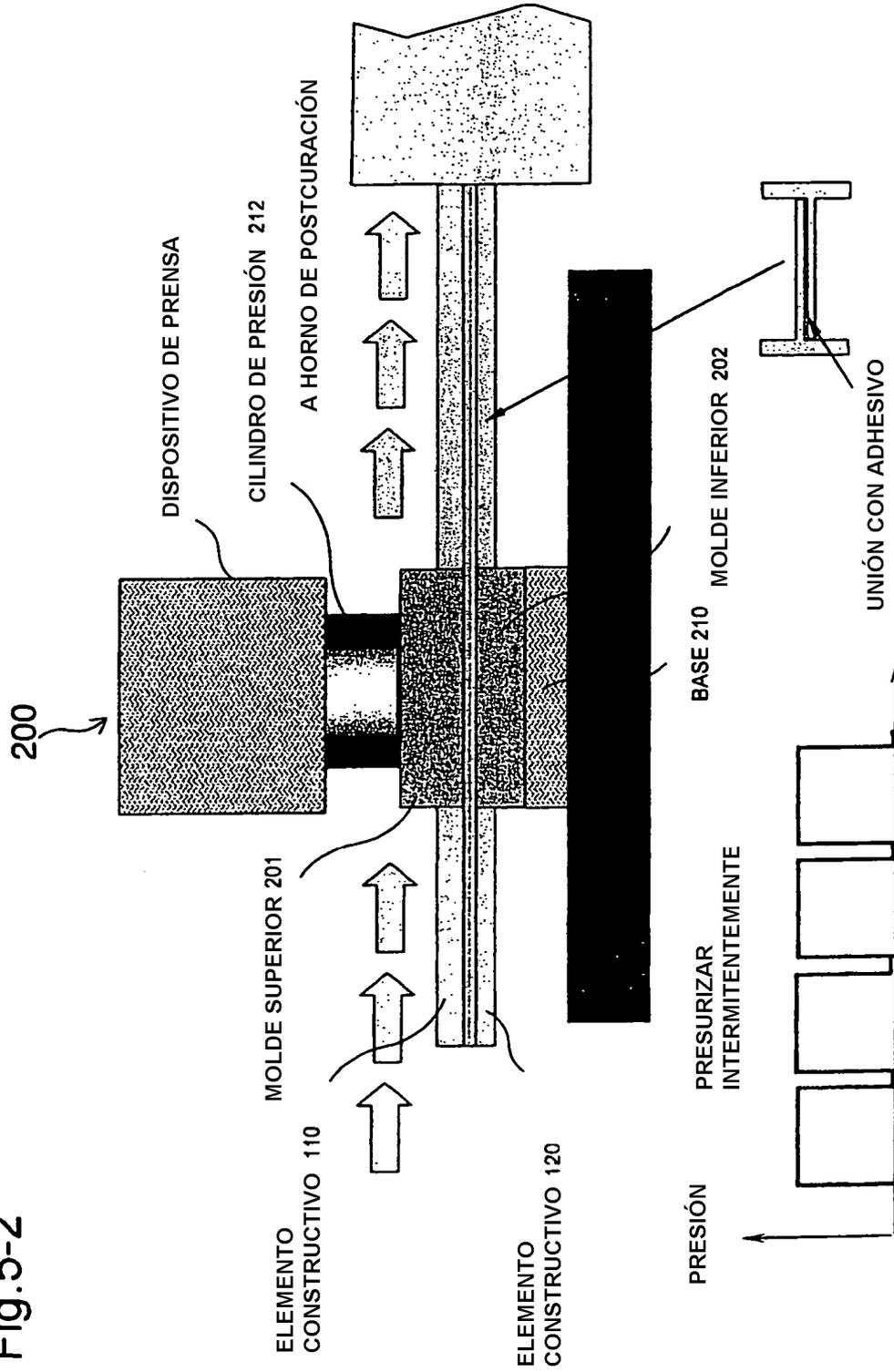
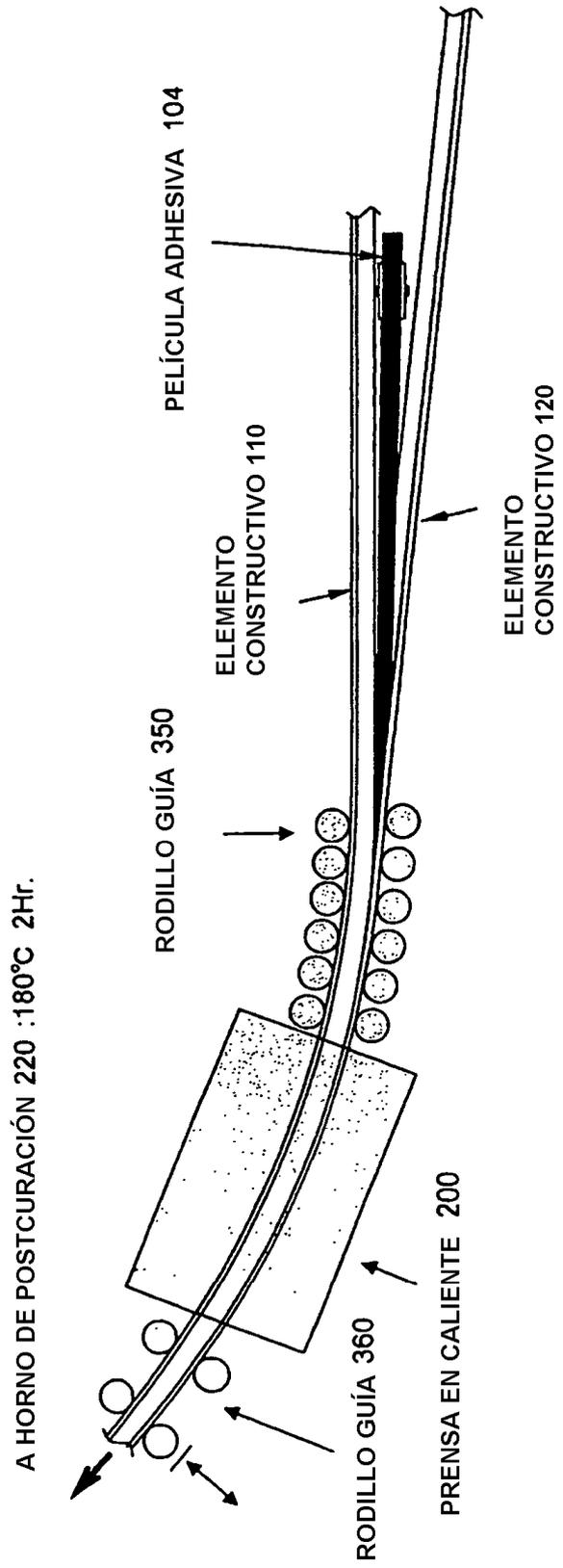


Fig.6-1



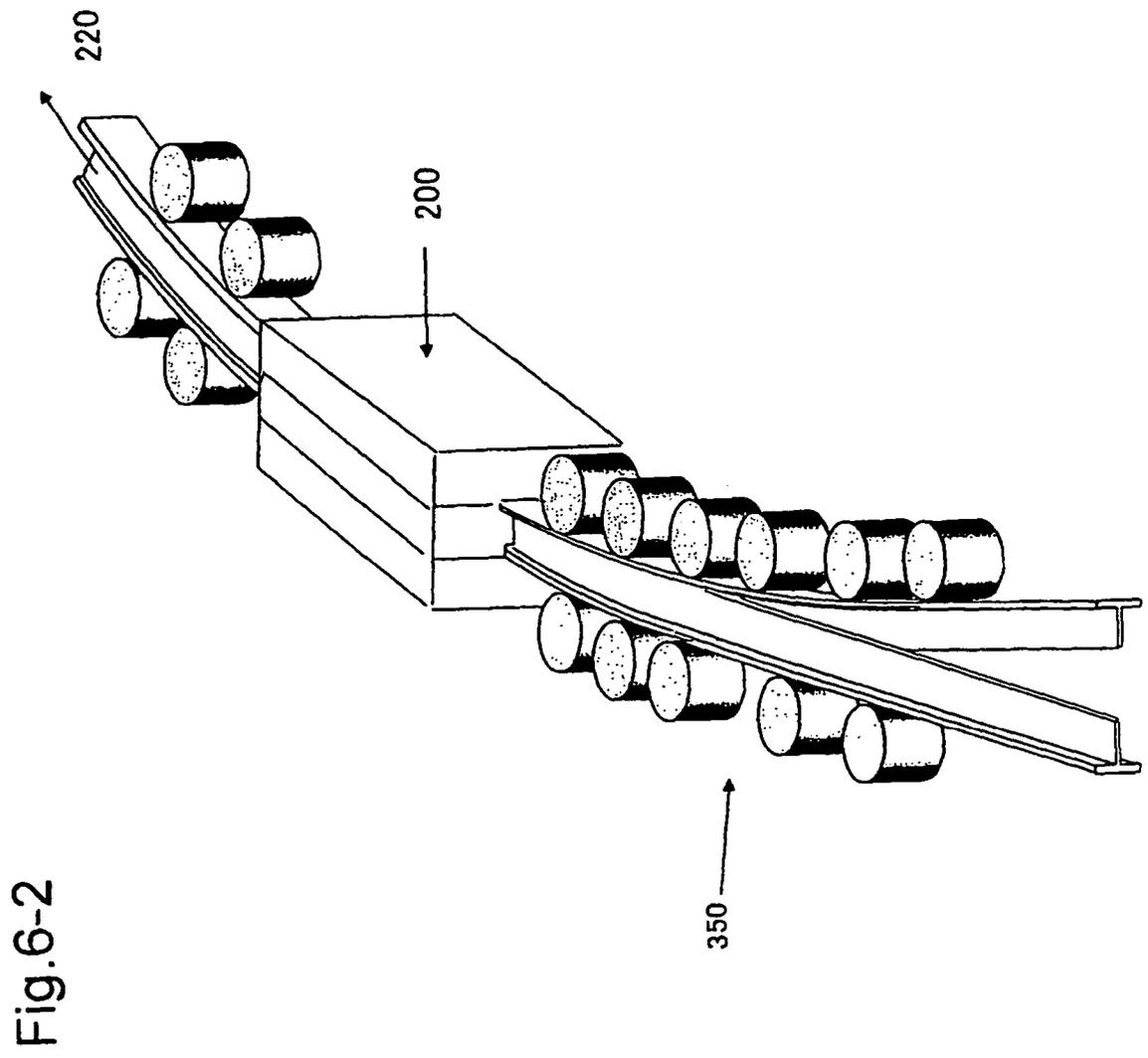


Fig.6-2

Fig. 6-3

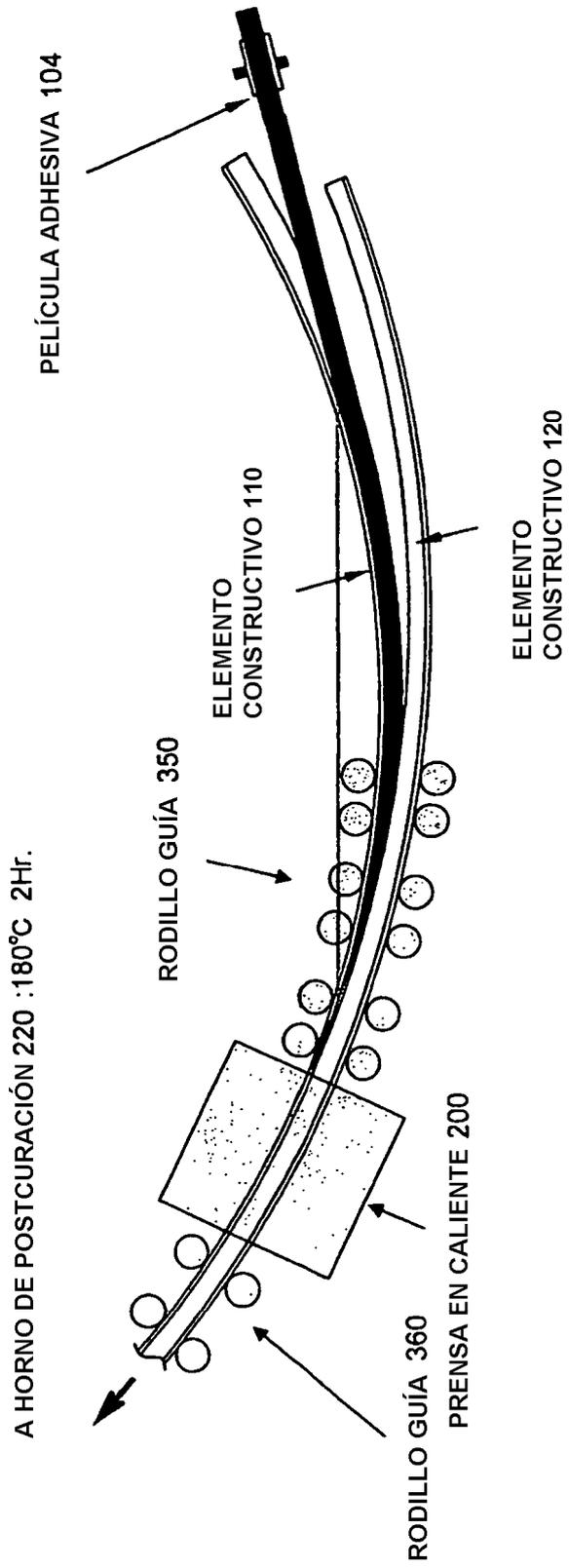


Fig. 7-1

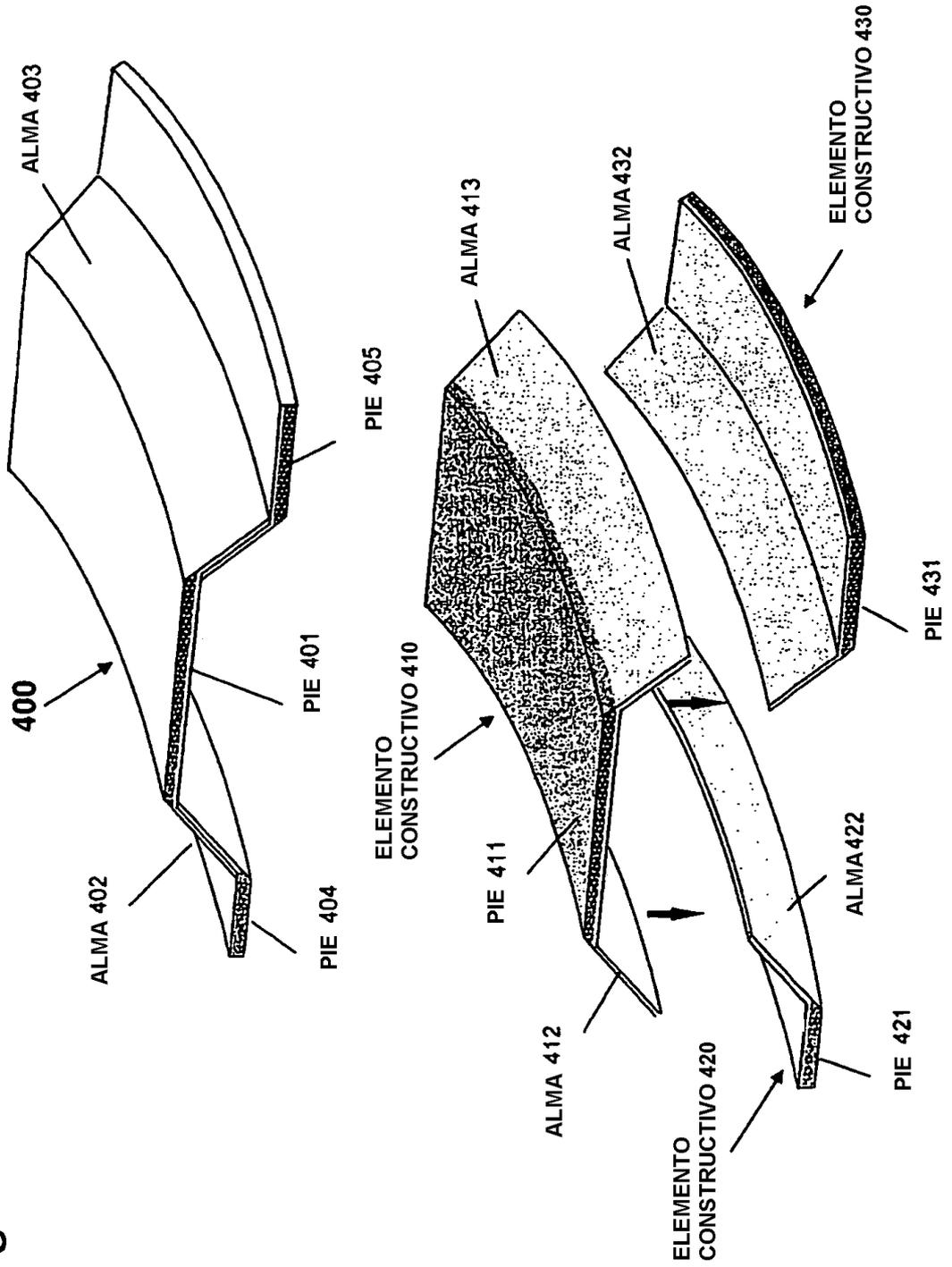


Fig.7-2

ESTRUCTURA DE LA ORIENTACIÓN DE FIBRA Y EJE NEUTRAL DE LA FORMA DE REALIZACIÓN 2

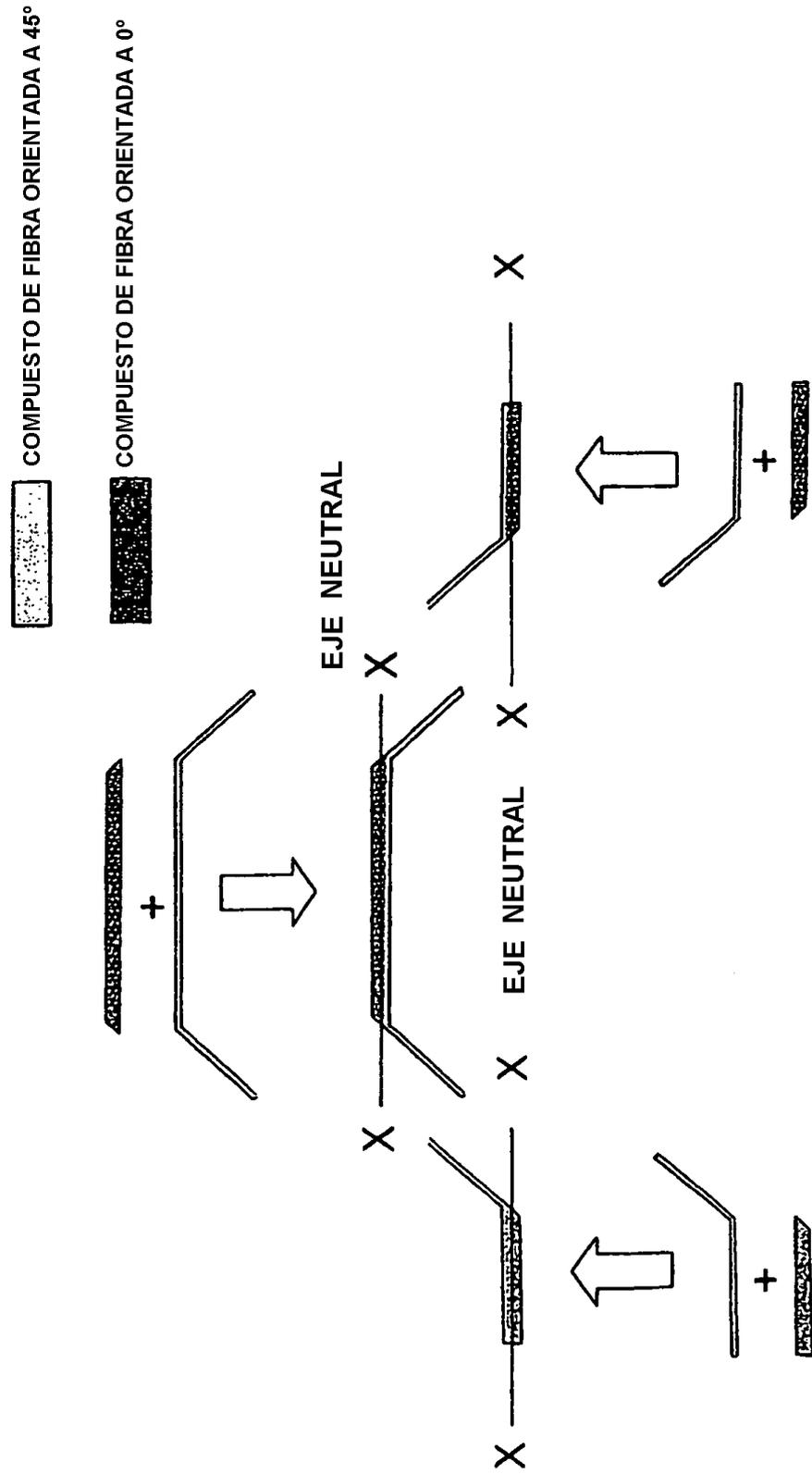


Fig.8

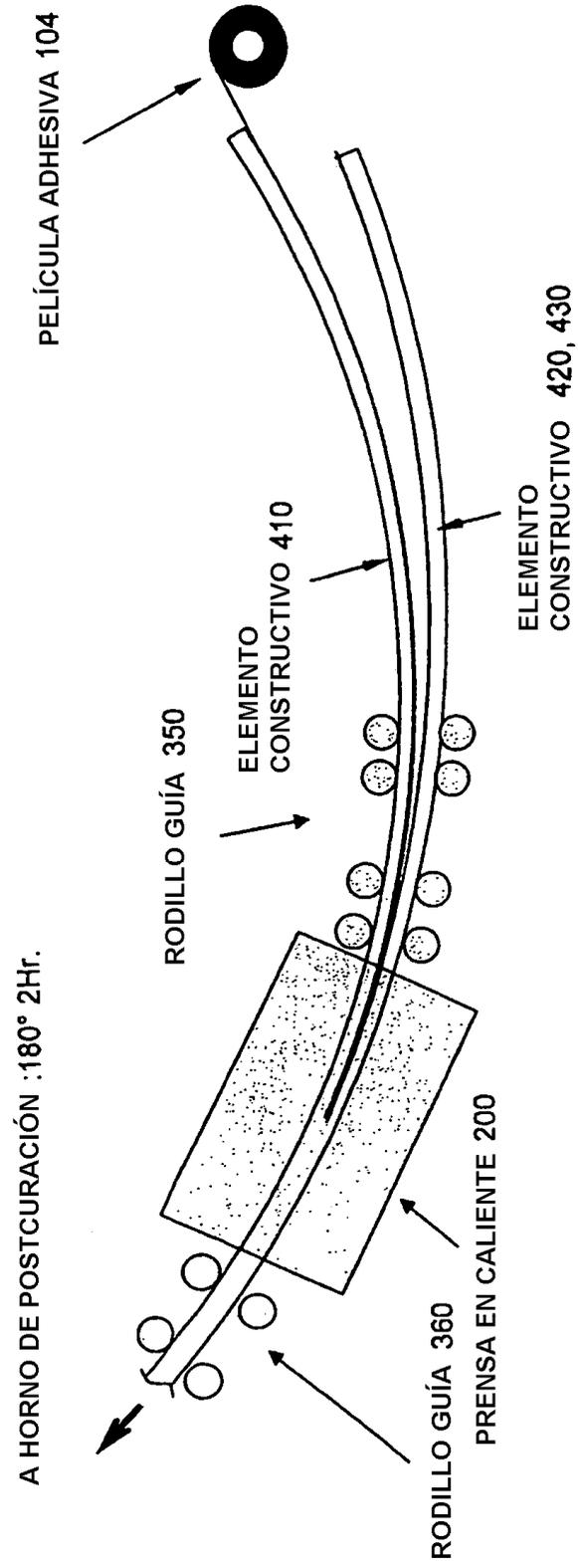
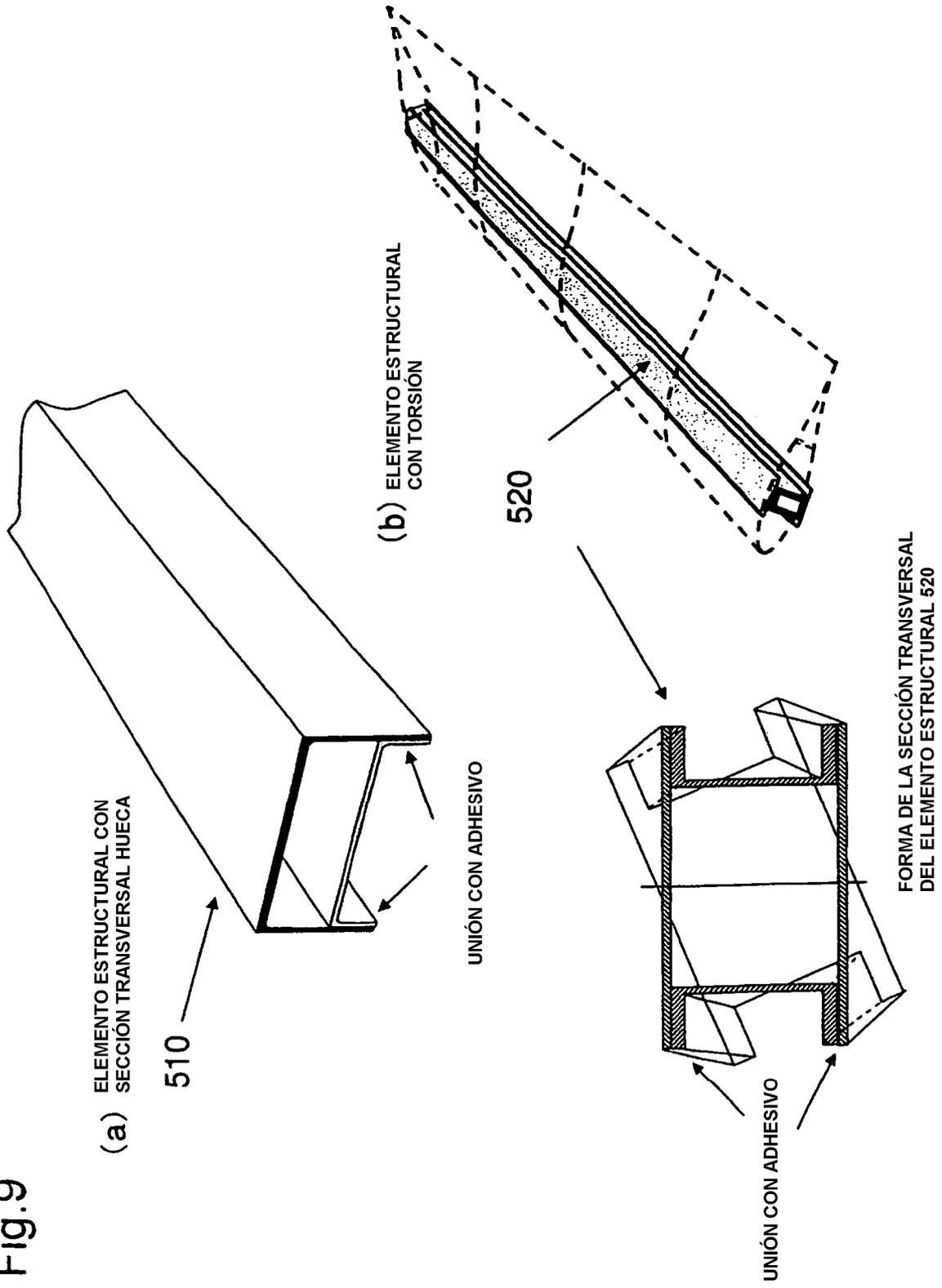
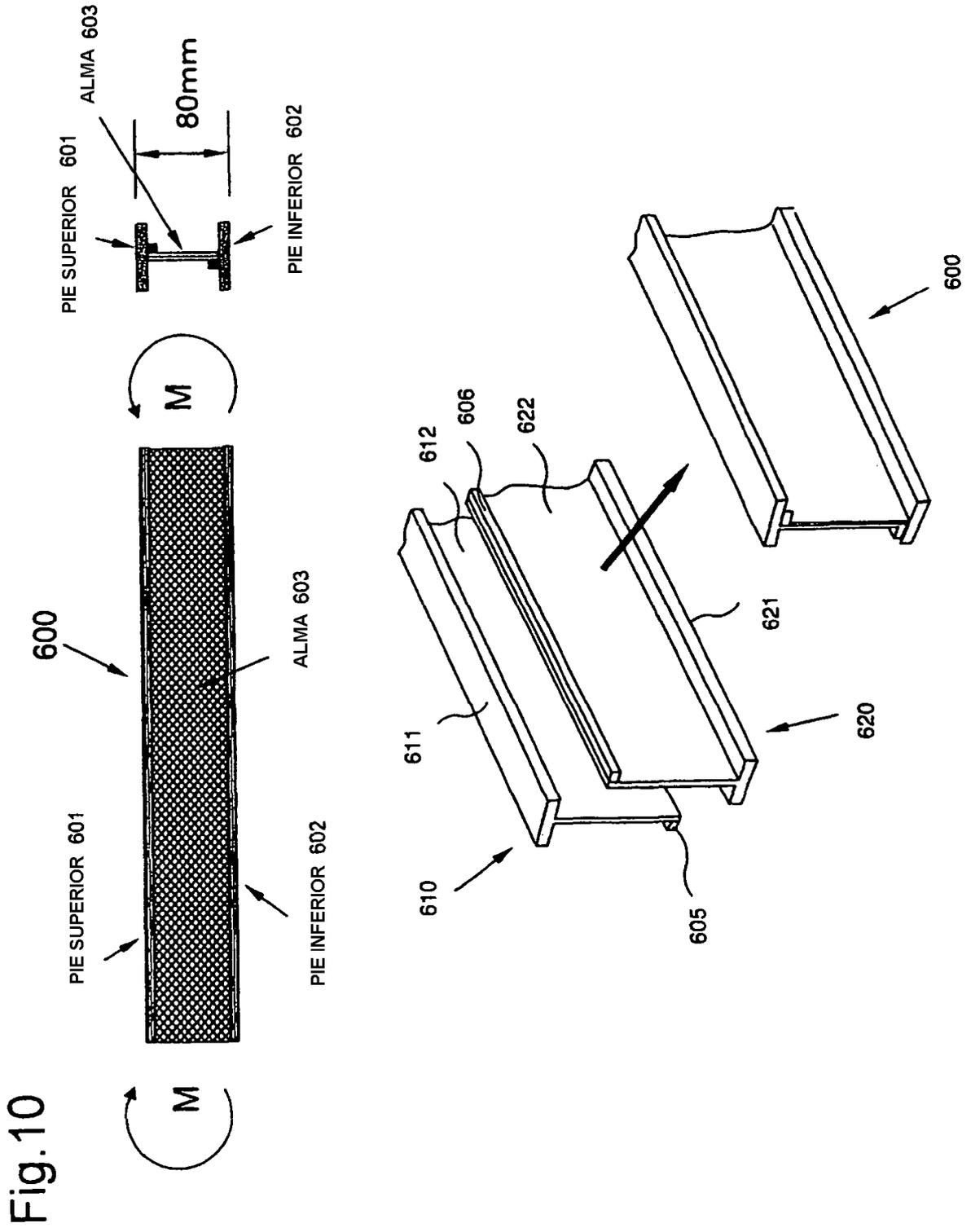


Fig.9





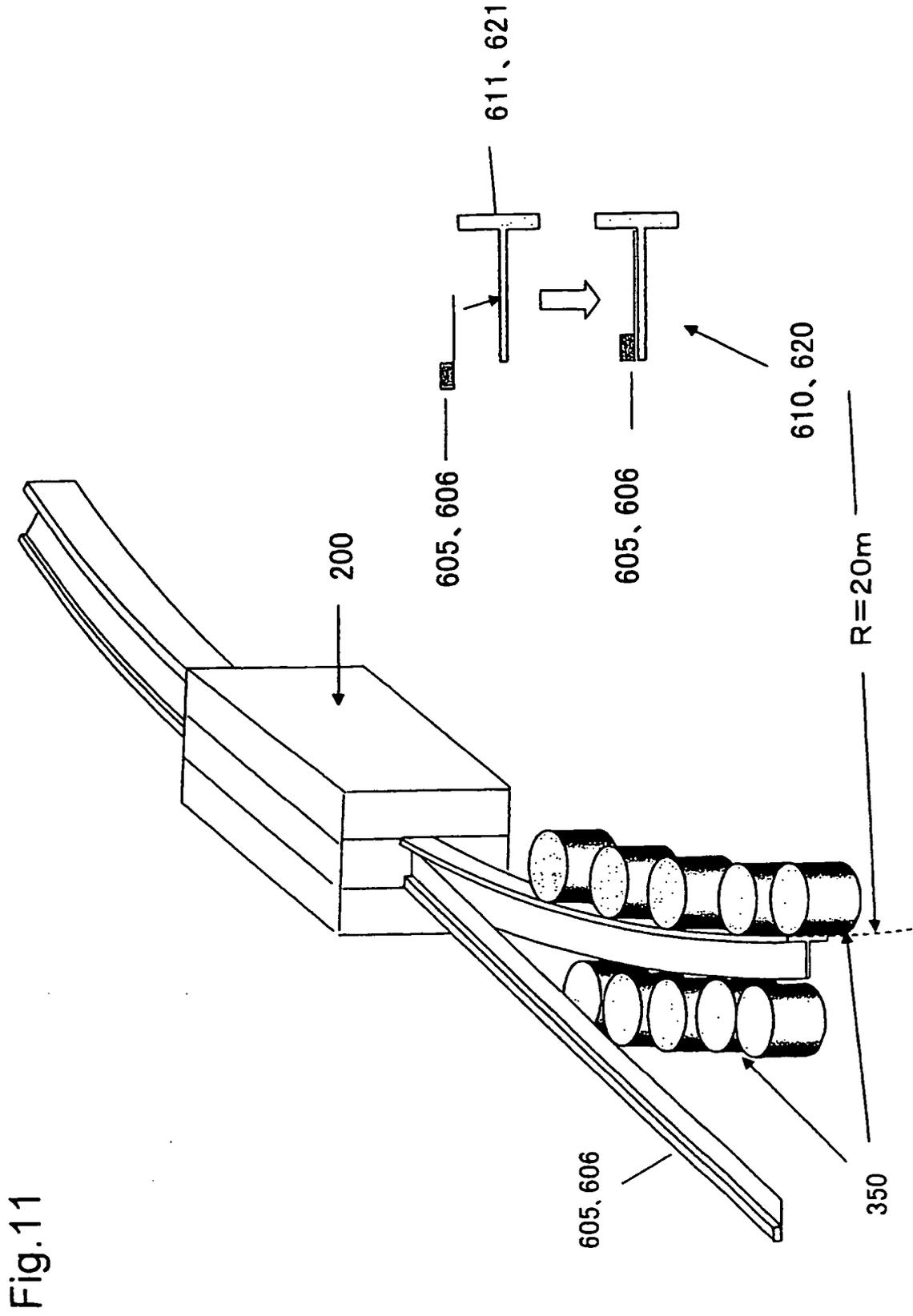


Fig.11

Fig.12

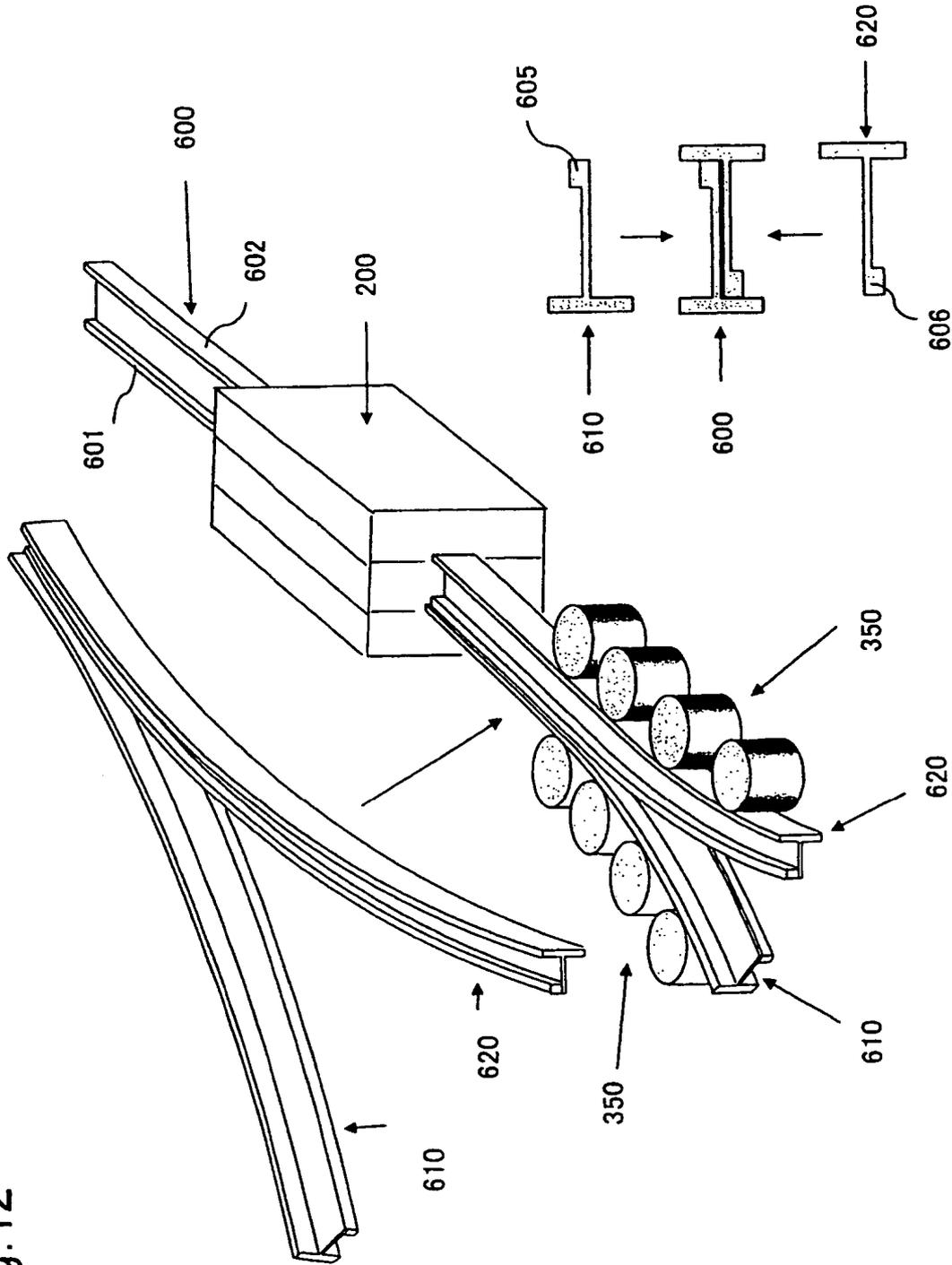


Fig. 13

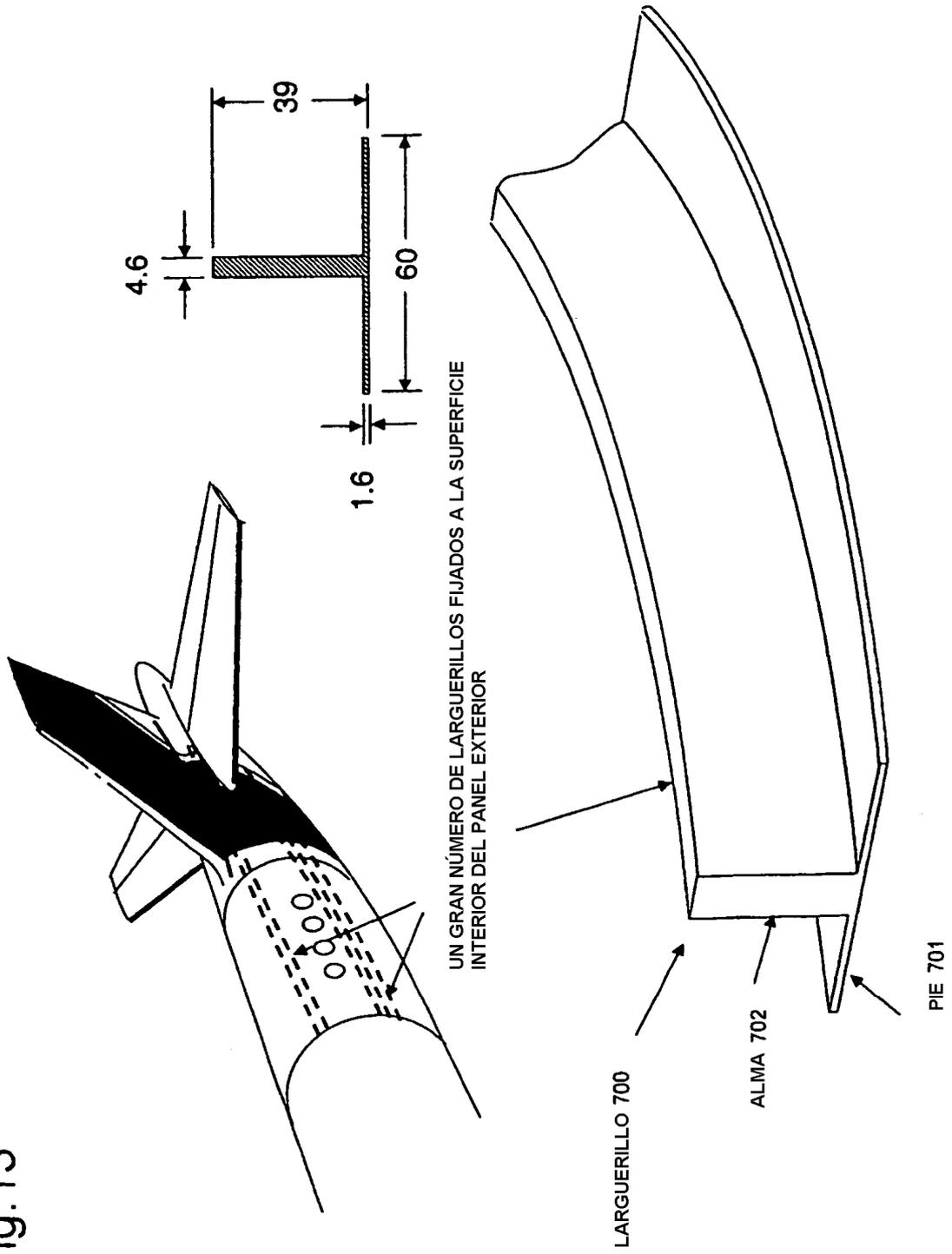


Fig.14

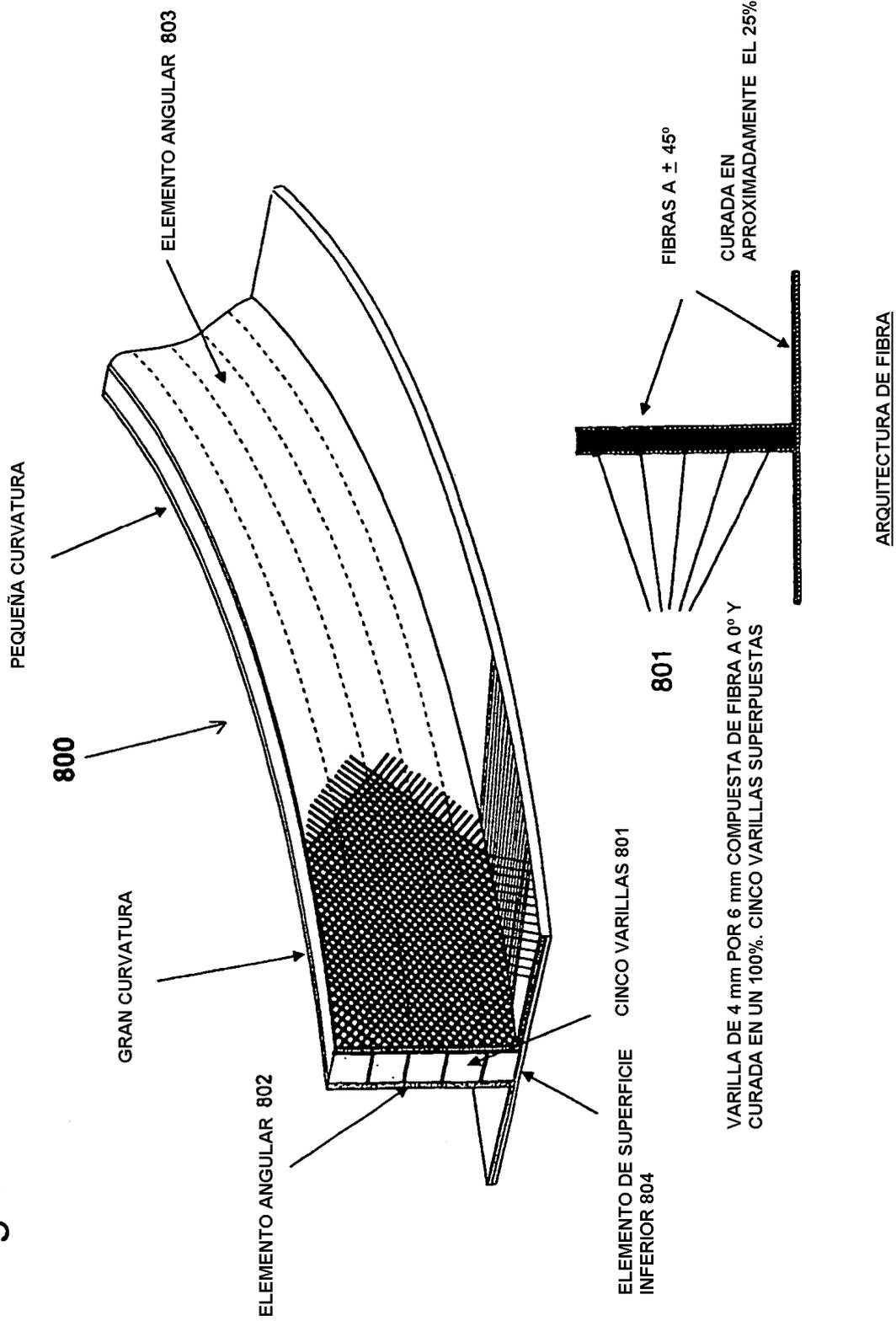
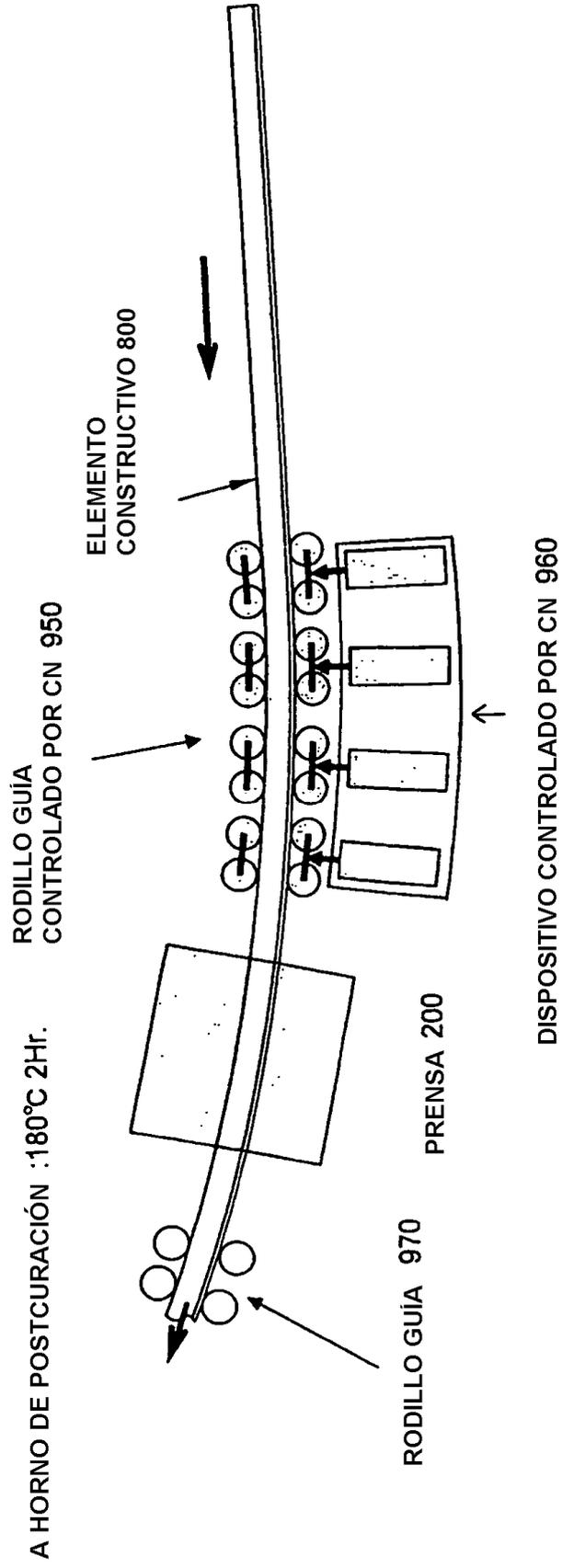


Fig. 15-1



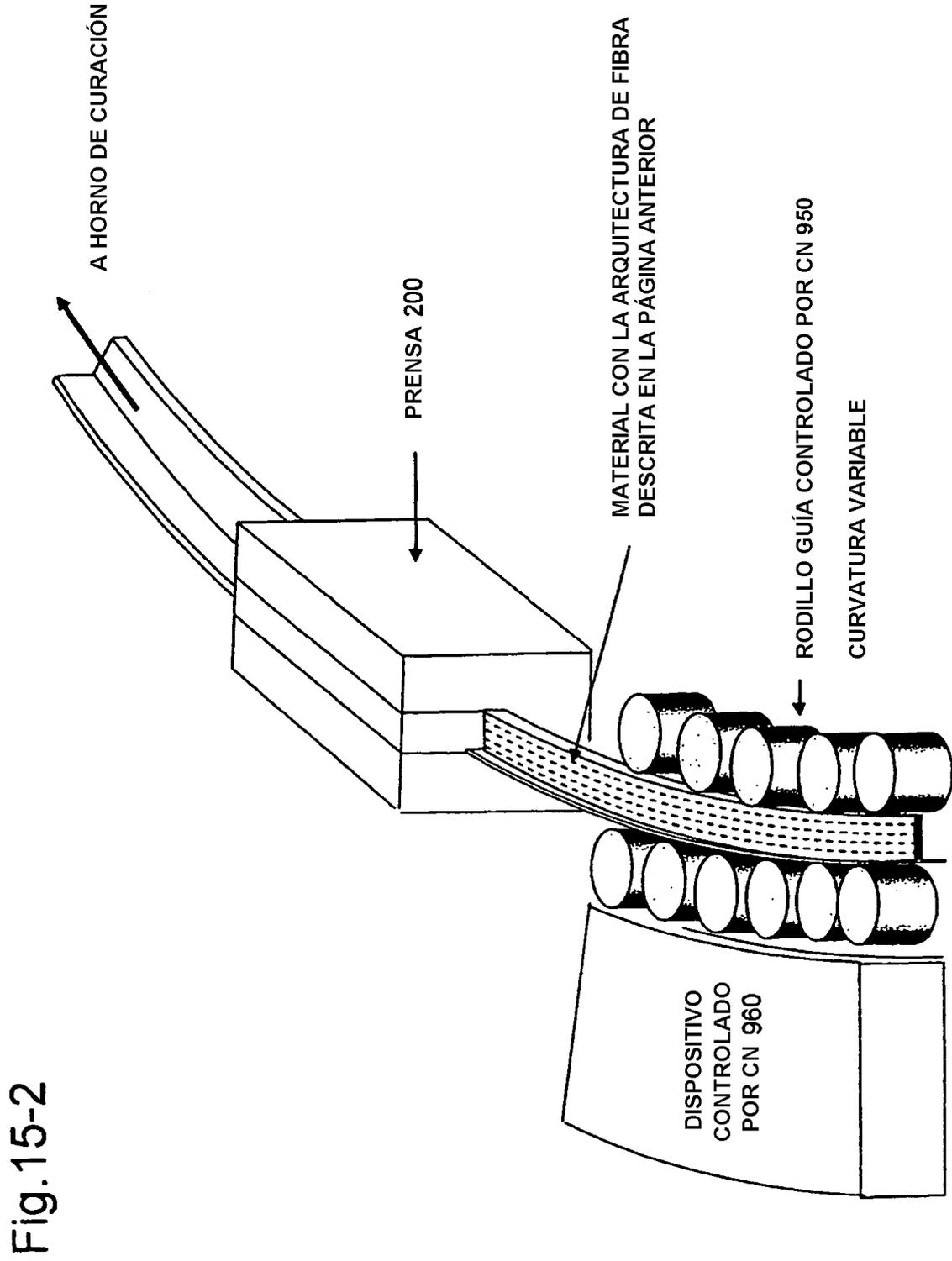


Fig.15-2

Fig.16

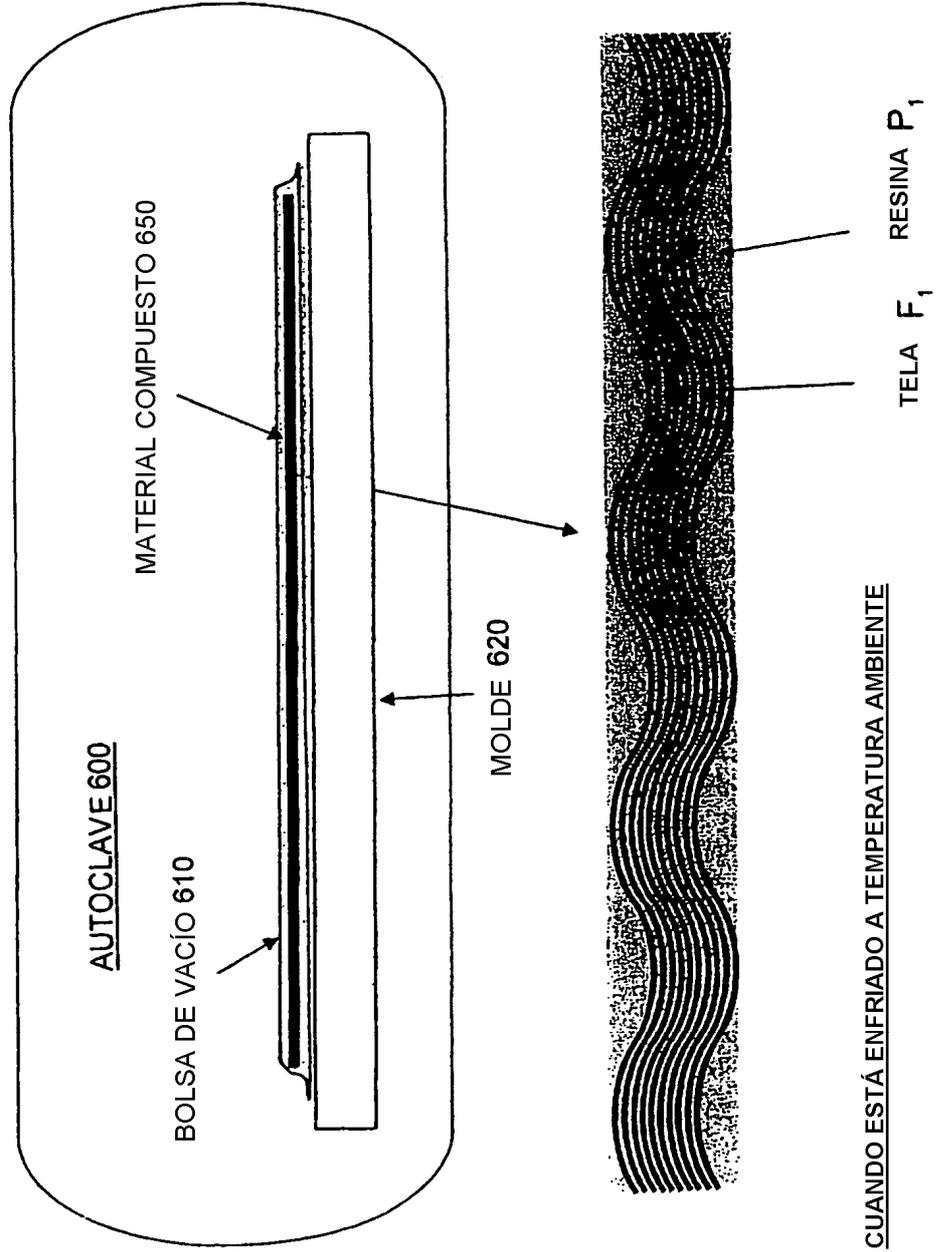


Fig.17

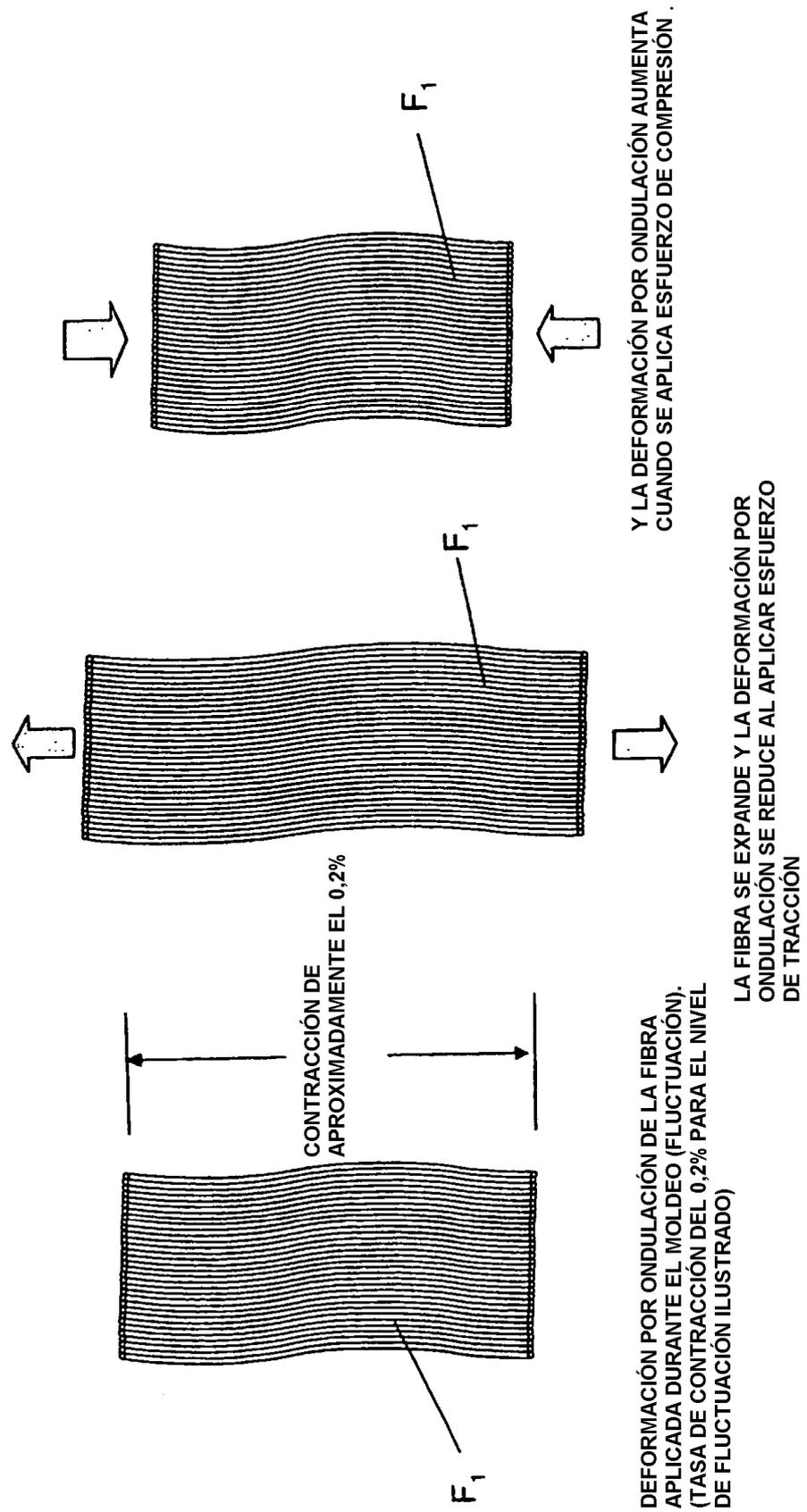


Fig.18

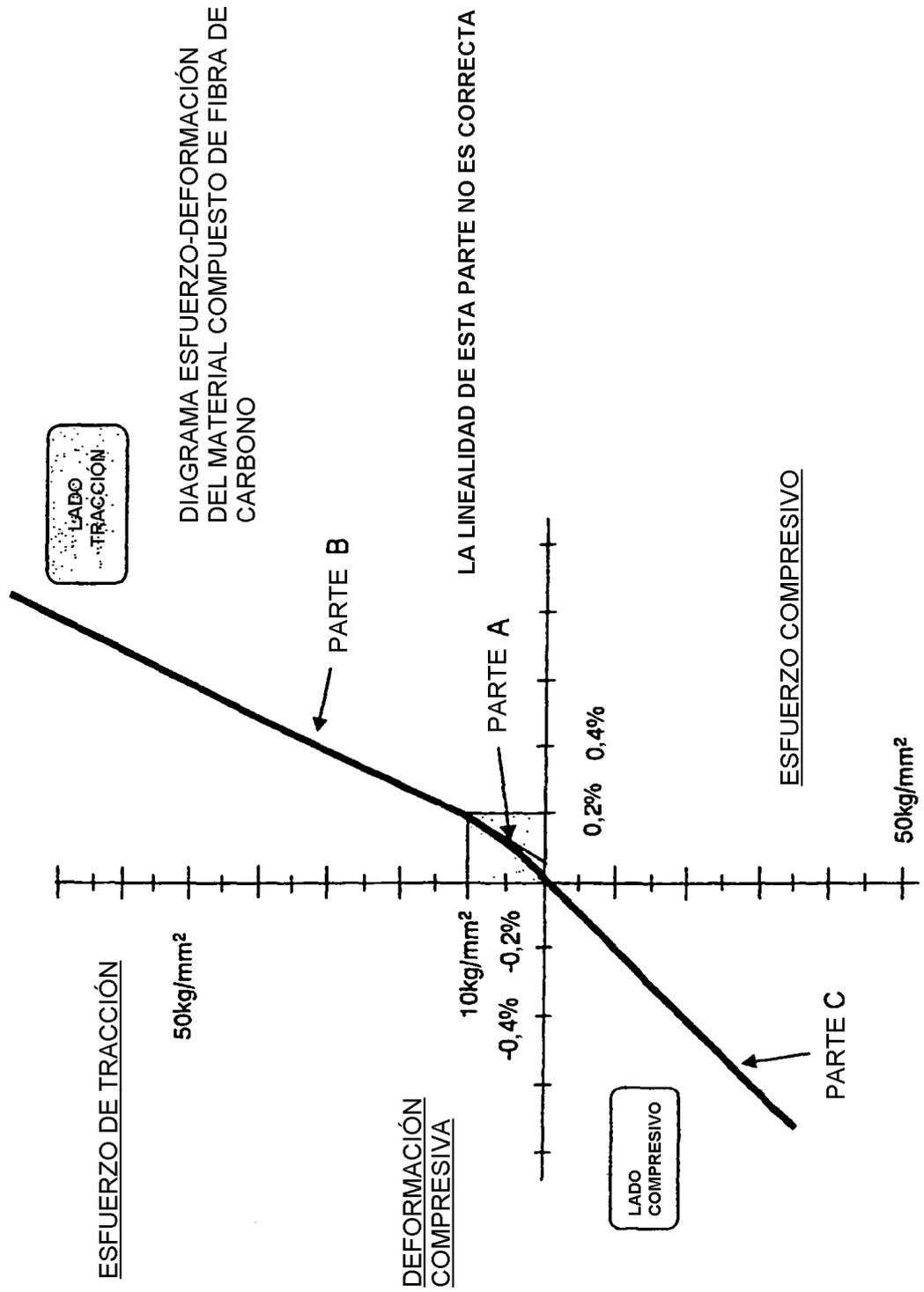


Fig.19

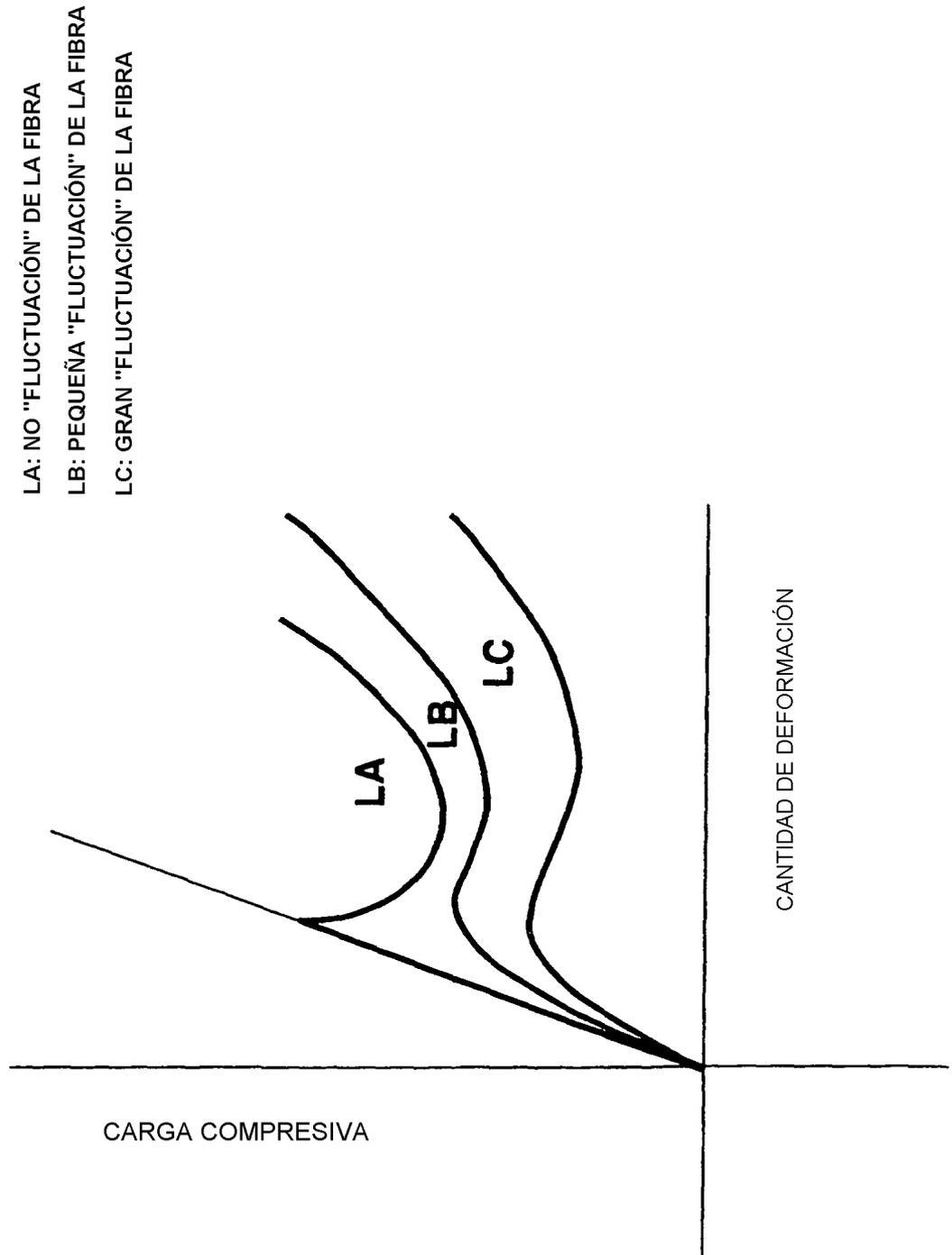


Fig.20-1

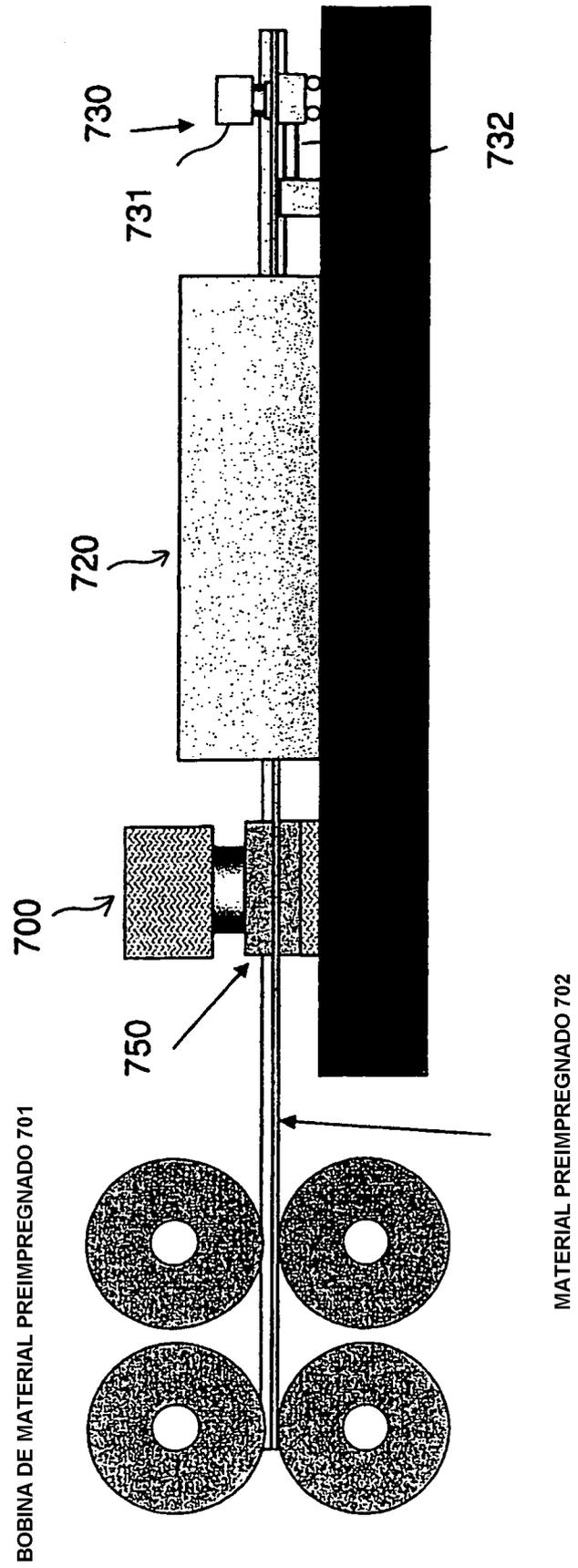


Fig.20-2

