

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 324**

51 Int. Cl.:

B29C 47/08 (2006.01)

B29C 47/60 (2006.01)

B29C 47/40 (2006.01)

B30B 11/24 (2006.01)

B29B 7/48 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.05.2013** **E 13168549 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019** **EP 2805805**

54 Título: **Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles para el tratamiento de materiales, en particular materiales plásticos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.07.2019

73 Titular/es:

COPERION GMBH (100.0%)
Theodorstrasse 10
70469 Stuttgart , DE

72 Inventor/es:

MUNKES, PETER;
SCHLEICHER, RAIMUND;
KOBERG, CARSTEN y
KYRION, DIRK

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 719 324 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

Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles para el tratamiento de materiales, en particular materiales plásticos

5 La presente invención se refiere a una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles para el tratamiento de materiales, en particular de materiales plásticos, de acuerdo con el concepto general de la reivindicación 1.

10 Por el documento DE 44 21 514 A1 (corresponde al documento US 5.797.677 A) se conoce una máquina de tornillo helicoidal para el tratamiento de materiales plásticos, que presenta dos árboles de elemento de tratamiento que se pueden accionar de manera giratoria en el mismo sentido. Los árboles del elemento de tratamiento están contruidos de forma modular y presentan respectivamente un árbol, sobre el que se disponen consecutivamente diferentes elementos de tratamiento en un orden libremente seleccionable. Los elementos de tratamiento están dispuestos de manera resistente a la torsión mediante muelles de ajuste en el respectivo árbol, de tal manera que es posible la transmisión confiable del par de fuerzas. Debido a que los elementos de tratamiento se disponen en un orden libremente seleccionable sobre los árboles, por medio de los árboles del elemento de tratamiento se pueden realizar de manera simple las más diversas funciones, tales como, por ejemplo, en dispositivos transportadores, plastificadores, homogeneizadores y acumuladores de presión. Sin embargo, la fabricación de los árboles del elemento de tratamiento es compleja y genera costes sustanciales.

20 El documento US 3.305.894 A1 desvela una máquina de tornillo helicoidal, cuyos árboles en la zona de la alimentación de masa están bipartidos. Debido a esto, las piezas helicoidales que sirven para la alimentación de la masa pueden cambiarse fácilmente.

25 El documento DE 39 40 954 A1 desvela una extrusora de tornillo helicoidal, cuyo tornillo helicoidal plastificador en una sección de tornillo helicoidal transportador presenta un árbol compuesto de árboles parciales.

30 Por el documento JP 2011 245721 A se conoce una extrusora de doble tornillo helicoidal que presenta un tornillo helicoidal de desgasificación. El tornillo helicoidal de desgasificación se compone de varios elementos de tornillo helicoidal que están realizados como cilindros macizos y que en el lado frontal presentan respectivamente un vástago roscado y un agujero roscado, de tal manera que estos elementos se pueden atornillar entre sí para formar el tornillo helicoidal de desgasificación.

35 El documento JP 08 309827 A desvela una extrusora con un árbol, sobre el que se disponen varios elementos de tratamiento. Entre una brida y el primer elemento de tratamiento se dispone un elemento tensor para tensar los elementos de tratamiento.

40 El documento US 2009/0258100 A1 desvela una extrusora con un árbol de tornillo helicoidal que en un extremo ubicado corriente abajo se apoya por medio de un elemento tensor.

45 Por el documento DE 10 2006 029 471 A1 se conoce una extrusora de doble tornillo helicoidal con árboles de tornillo helicoidal y segmentos de tornillo helicoidal dispuestos sobre ellos. Los segmentos de tornillo helicoidal están provistos con ranuras de chaveta en las dos secciones de extremo, mientras que las secciones medias están realizadas sin ranuras de chaveta. Las secciones medias sirven como secciones de descarga.

El objetivo de la presente invención consiste en crear una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles que permita una construcción modular, así como la transmisión de elevados pares de fuerza, con costes de fabricación comparativamente reducidos.

50 Este objetivo se logra a través de una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles con las características de la reivindicación 1. Debido a que los por lo menos dos árboles a diferencia del estado de la técnica no están realizados en una sola pieza, sino que se componen de varios árboles parciales, los árboles presentan una estructura modular, por lo que también se pueden reducir los costes de fabricación de los árboles del elemento de tratamiento. Los por lo menos dos árboles se componen preferentemente de por lo menos dos árboles parciales respectivamente, y en particular de por lo menos tres árboles parciales. Preferentemente, los por lo menos dos árboles están compuestos de igual manera de los árboles parciales. En los sitios de unión de los árboles parciales, la capacidad de transmisión del par de fuerzas de los árboles está menoscabada en comparación con una forma de realización en una sola pieza. Sin embargo, este menoscabo se compensa sustancialmente debido a que un elemento de tratamiento en el respectivo sitio de unión se dispone de manera resistente a la torsión y solapado sobre los dos árboles parciales unidos. El respectivo elemento de tratamiento puede estar realizado, por ejemplo, como elemento de tornillo helicoidal o como elemento amasador. Para esto, el elemento amasador está realizado como un así llamado bloque amasador, que comprende varios discos amasadores individuales unidos entre sí.

65 Debido a que los primeros árboles parciales se extienden respectivamente por lo menos hasta dentro de la zona de refusión y por lo menos un elemento amasador se dispone de manera resistente a la torsión sobre cada uno de los primeros árboles parciales, se asegura una transmisión confiable del par de fuerzas junto con una reducción de los

costes de fabricación. La mayor parte de la energía mecánica suministrada a los árboles del elemento de tratamiento se aplica en el respectivo primer elemento amasador, es decir que se introduce en el material que se está tratando. Esto significa que en la zona de los primeros elementos amasadores se presentan los mayores pares de fuerza. Debido a que los primeros elementos amasadores se disponen enteramente sobre el primer árbol parcial, los

5 mayores pares de fuerza no se presentan en la zona de los sitios de unión o después de los sitios de unión, por lo que la transmisión de los pares de fuerza se efectúa de manera extremadamente confiable. De esta manera se pueden prevenir efectivamente las fracturas de árbol.

Los elementos de tratamiento dispuestos sobre los árboles normalmente están fijados en el extremo corriente arriba y en el extremo corriente abajo mediante topes en la dirección de los ejes de giro. En el extremo corriente arriba, esto se hace, por ejemplo, por medio de un elemento de cierre de carcasa, mientras que la fijación en el extremo corriente abajo se efectúa, por ejemplo, por medio de puntas de árbol o puntas de tornillo helicoidal. Las puntas de árbol se pueden sujetar en los respectivamente últimos árboles parciales.

10

En la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la presente invención, los costes de fabricación se pueden reducir en particular si los árboles son comparativamente largos y/o presentan un diámetro comparativamente grande. Comparado con árboles de una sola pieza, los árboles parciales se pueden fabricar y mecanizar fácilmente y sin el uso de máquinas especiales. Además, los árboles parciales se pueden fabricar o mecanizar conforme a lo requerido, por lo que se optimiza la fabricación de los árboles.

15

Debido a que los árboles se componen de varios árboles parciales, por lo tanto, los árboles se pueden construir fácilmente de forma modular y dotarse con elementos de tratamiento. Debido a que en los sitios de unión los respectivos elementos de tratamiento se disponen de manera solapada sobre los árboles parciales, la capacidad de transmisión de los pares de fuerza de los árboles o de los árboles donde el elemento de tratamiento, respectivamente, no se menoscaba sustancialmente. En general, esto permite reducir los costes de fabricación.

20

Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 2 asegura, por una parte, una fácil fabricación de los árboles de elemento de tratamiento y, por otra parte, una transmisión confiable de los pares de fuerza entre los árboles parciales y el elemento de tratamiento dispuesta de manera solapada sobre los árboles parciales. Debido a que los perfiles exteriores de los árboles parciales en estado unido están orientados de manera alineada entre sí, los elementos de tratamiento durante la fabricación se pueden deslizar fácilmente sobre el sitio de unión. Además, los elementos de tratamiento se pueden disponer de manera sustancialmente libre de juego sobre los respectivos árboles parciales, por lo que en particular en el elemento de tratamiento dispuesta de manera solapada se logra una transmisión segura y confiable del par de fuerzas.

30

Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 3 asegura una elevada capacidad de transmisión de los pares de fuerza. La fabricación de un dentado evolvente es compleja, cumpliéndose en particular para árboles comparativamente largos. Debido a que los árboles se componen de varios árboles parciales, la fabricación de dentados evolventes se puede simplificar sustancialmente.

35

Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 4 asegura costes de fabricación reducidos. Los árboles parciales se pueden adaptar y optimizar conforme a lo requerido en lo referente al material, el mecanizado del material y/o la longitud para la respectiva función de tratamiento.

40

Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 5 asegura una conexión simple y confiable de los árboles parciales. La conexión atornillada permite una fácil atornilladura de los árboles parciales entre sí. Para esto, uno de los árboles parciales presenta preferentemente un vástago de conexión con una rosca exterior que se dispone concéntricamente con respecto al eje de giro. El otro árbol parcial que se va a unir con este árbol parcial presenta un agujero de conexión con una rosca interior que corresponde al vástago de conexión, de tal manera que el vástago de conexión se puede atornillar fácilmente en el agujero de conexión. Preferentemente, la rosca exterior del vástago de conexión y la rosca interior del agujero de conexión correspondiente están realizadas de tal manera que la transmisión de los pares de fuerza durante el funcionamiento de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles resulta en un fortalecimiento de la unión atornillada. Con esto se previene que la unión atornillada se afloje en caso de existir un pequeño juego entre los perfiles exteriores de los árboles parciales y el perfil interior del elemento de tratamiento dispuesta de manera solapada. Preferentemente, el respectivo árbol está realizado de manera sustancialmente libre de hendiduras de separación. Una posible hendidura entre los árboles parciales conectados entre sí o entre un árbol parcial y un disco de forma anular dispuesta entre los árboles parciales es de 2 mm como máximo, en particular de 1,5 mm como máximo, más en particular de 1 mm como máximo y más particularmente de 0,5 mm como máximo en la dirección del respectivo eje de giro. Mediante la unión atornillada y la realización sustancialmente libre de hendiduras, se asegura una transmisión confiable de los pares de fuerza.

45

Preferentemente, los árboles parciales, si entre los mismos no se dispone ningún disco de forma anular, se atornillan de tal manera entre sí que con sus lados frontales mutuamente orientados se contactan sin hendidura alguna. Durante el montaje de los elementos de tratamiento, dependiendo de una fuerza de pretensión, con la que los elementos de tratamiento se montan sobre el respectivo árbol, se puede formar una pequeña hendidura, debido a

60

que el árbol se somete a una tracción por la fuerza de pretensión. Esta hendidura no se altera sustancialmente en el estado de funcionamiento calentado del respectivo árbol.

- En cambio, si entre los árboles parciales se dispone un disco de forma anular, entonces los árboles parciales preferentemente se atornillan de tal manera entre sí que los árboles parciales se ponen en contacto con el disco con sus lados frontales mutuamente orientados sin hendidura alguna. Durante el montaje de los elementos de tratamiento, dependiendo de una fuerza de pretensión se puede formar una pequeña hendidura entre el disco y uno de los árboles parciales adyacentes o ambos de los árboles parciales adyacentes. Debido a que el coeficiente de dilatación térmica del disco preferentemente es mayor que el coeficiente de dilatación térmica de por lo menos uno de los árboles parciales adyacentes, esta hendidura vuelve a cerrarse en el estado de funcionamiento calentado del respectivo árbol. En el estado de funcionamiento calentado, el árbol presenta preferentemente una temperatura de por lo menos 100 °C, en particular de por lo menos 150 °C y más particularmente de por lo menos 200 °C. Por lo tanto, en el estado de funcionamiento calentado el árbol está libre de hendiduras.
- Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 6 asegura una elevada confiabilidad de los árboles de elemento de tratamiento durante el funcionamiento. Debido a que los elementos de tratamiento se disponen con una fuerza de pretensión sobre los árboles, los elementos de tratamiento se presionan frontalmente uno contra el otro en la dirección del respectivo eje de giro y el árbol correspondiente se somete a la carga de tracción ejercida por la fuerza de pretensión. Durante el funcionamiento de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles se calientan los árboles, lo que produce una dilatación axial de los árboles. Debido a que los elementos de tratamiento se disponen con una fuerza de pretensión sobre los árboles, se previene un juego axial de los elementos de tratamiento entre las fijaciones en los lados de extremo. Por lo tanto, los elementos de tratamiento se disponen de manera segura sobre los árboles, incluso en el estado de funcionamiento calentado de los mismos.
- Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 7 asegura una transmisión confiable de los pares de fuerza con reducidos costes de fabricación. La mayor parte de la energía mecánica suministrada a los árboles de los elementos de tratamiento se aplica en el tratamiento del material plástico en la zona de refusión, es decir que se introduce en el material plástico que se está tratando. En la zona de refusión, por lo tanto, se presentan los mayores pares de fuerza. Debido a que los primeros árboles parciales están realizados de forma comparativamente más larga que los segundos árboles parciales conectados a ellos, la zona de refusión se dispone enteramente en la zona de los primeros árboles parciales. Debido a esto, los mayores pares de fuerza no se presentan en la zona de los sitios de unión o después de los sitios de unión, respectivamente. Por lo tanto, se pueden prevenir eficazmente las fracturas de árbol en los sitios de unión. Si los árboles se componen de por lo menos tres árboles parciales, entonces los terceros árboles parciales y, dado el caso, otros árboles parciales posteriores, presentan preferentemente una longitud uniforme que corresponde a la longitud de los segundos árboles parciales. Debido a esto, los árboles se pueden construir de manera simple con un reducido número de árboles parciales diferentes, por lo que se reducen los costes de fabricación.
- Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 8 asegura costes de fabricación comparativamente bajos en árboles de gran longitud total.
- Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 9 asegura costes de fabricación comparativamente bajos en árboles con un diámetro de árbol grande. El diámetro de los agujeros de carcasa resulta del diámetro exterior de los elementos de tratamiento. Con elementos de tratamiento de gran diámetro exterior, también el diámetro del árbol se selecciona de manera correspondientemente grande. Debido a la partición en árboles parciales se simplifica la fabricación con grandes diámetros de árbol.
- Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 10 asegura de manera simple una transmisión confiable de los pares de fuerza. Dependiendo de la fuerza de pretensión, con la que los elementos de tratamiento se montan sobre el árbol correspondiente, entre el disco y uno de los árboles parciales adyacentes o los árboles parciales adyacentes se puede formar una pequeña hendidura, ya que el árbol se somete a una carga de tracción debido a la fuerza de pretensión. Debido a que el coeficiente de dilatación térmica α_s de los discos es mayor que el coeficiente de dilatación térmica α_i del árbol parcial adyacente i , o de los árboles parciales, los discos se dilatan más fuertemente en la dirección del eje de giro durante el calentamiento de los árboles en funcionamiento de lo que se agranda la hendidura. En un estado de funcionamiento calentado, por lo tanto, el respectivo árbol está libre de hendiduras, ya que los árboles parciales entran en contacto con sus lados frontales contra el disco dispuesta entre medio. Con esto se asegura una elevada estabilidad y capacidad de transmisión de los pares de fuerza del respectivo árbol. Preferentemente, el coeficiente de dilatación térmica α_s del disco es mayor que los coeficientes de dilatación térmica α_i de los dos árboles parciales adyacentes i . El coeficiente de dilatación térmica α_i designa el coeficiente de dilatación térmica del i -ésimo árbol parcial. En general se cumple para el índice corriente $i = 1, 2, \dots, n$, donde n designa el último árbol parcial. Por lo tanto, en caso de dos árboles parciales se cumple que $i = 1, 2$, mientras que con tres árboles parciales se cumple que $i = 1, 2, 3$. Si para la construcción de un árbol se prevén más de dos árboles parciales, los discos dispuestos entre medio pueden estar realizados de manera idéntica o diferente. Los discos mutuamente correspondientes de los árboles están realizados de forma idéntica. Debido a que los árboles parciales se ponen en contacto con el disco dispuesta entre medio, el árbol se realiza sin hendiduras.

Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 11 asegura una transmisión confiable de los pares de fuerza. Preferentemente se cumple la relación con respecto a los coeficientes de dilatación térmica α_i de los dos árboles parciales adyacentes i .

5 Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 12 asegura una transmisión confiable de los pares de fuerza. Debido a la dimensión axial L_s del respectivo disco, por una parte se asegura que a causa del coeficiente de dilatación térmica α_s con un calentamiento se logre una dilatación axial suficiente por la dimensión axial L_s o el espesor del disco, respectivamente. Por otra parte, se asegura que la dimensión axial L_s o el espesor del disco no separe los árboles demasiado entre sí, de tal manera que la capacidad de transmisión del par de fuerzas en el sitio de unión no se menoscabe sustancialmente.

10 Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 13 asegura una transmisión confiable de los pares de fuerza. Como material para el respectivo disco es apropiado, por ejemplo, el acero al manganeso.

15 Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 14 asegura una transmisión confiable de los pares de fuerza. Debido a que el respectivo disco presenta un perfil exterior del disco que corresponde a los perfiles exteriores de los árboles parciales adyacentes, el disco también contribuye a la transmisión del par de fuerzas. Por lo tanto, se mejora la capacidad de transmisión de los pares de fuerza del árbol.

Otras características, ventajas y detalles de la presente invención se derivan de la siguiente descripción de varios ejemplos de realización. En las figuras:

25 La Fig. 1 muestra una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles representada de manera parcialmente cortada para el tratamiento de materiales plásticos de acuerdo con un primer ejemplo de realización,

La Fig. 2 muestra una vista desde arriba parcialmente cortada sobre la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles en la Fig. 2,

30 La Fig. 3 muestra una sección transversal a través de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles y sus árboles del elemento de tratamiento a lo largo de la línea de corte III-III en la Fig. 2,

35 La Fig. 4 muestra un árbol del elemento de tratamiento representado de manera parcialmente cortada en dirección axial en la zona de un sitio de unión entre dos árboles parciales de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de la Fig. 1,

La Fig. 5 muestra una vista desde arriba parcialmente cortada sobre una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con un segundo ejemplo de realización,

40 La Fig. 6 muestra un árbol del elemento de tratamiento representado de manera parcialmente cortada en dirección axial en la zona de los sitios de unión de árboles parciales de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de la Fig. 5,

45 La Fig. 7 muestra un árbol del elemento de tratamiento representado de manera parcialmente cortada en dirección axial en la zona de un sitio de unión entre árboles parciales de una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con un tercer ejemplo de realización, y

50 La Fig. 8 muestra un árbol del elemento de tratamiento representado de manera parcialmente cortada en dirección axial en la zona de un sitio de unión entre árboles parciales de una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con un cuarto ejemplo de realización.

Con referencia a las figuras 1 a 4, a continuación se describe un primer ejemplo de realización de la presente invención. Una máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles 1 sirve para el tratamiento de un material plástico 2, que está provisto con aditivos 3. La máquina de tornillo helicoidal 1 presenta una carcasa 4 formada por varias secciones de carcasa 6 a 15 denominadas como tramos de carcasa y dispuestas consecutivamente en una dirección de transporte 5. Las secciones de carcasa 6 a 15 están unidas entre sí por medio de bridas no representadas con mayor detalle y conforman la carcasa 4.

60 En la carcasa 4 se proveen dos agujeros de carcasa 16, 17 paralelos entre sí y que se penetran mutuamente, los que en su sección transversal presentan la forma de un ocho acostado. En los agujeros de carcasa 16, 17 se disponen concéntricamente dos árboles del elemento de tratamiento 18, 19, que pueden accionarse de manera giratoria alrededor de los correspondientes ejes de giro 21, 22 por medio de un motor de accionamiento 20. Entre los árboles del elemento de tratamiento 18, 19 y el motor de accionamiento 20 se dispone un engranaje con varias salidas del eje 23, en lo que entre el motor de accionamiento 20 y el engranaje con varias salidas del eje 23 se dispone a su vez un embrague 24. Los árboles del elemento de tratamiento 18, 19 se accionan en el mismo sentido,

es decir, en direcciones de giro iguales 25, 26 alrededor de los ejes de giro 21, 22.

Sobre la primera sección de carcasa 6 adyacente al engranaje con varias salidas del eje 23 se dispone una alimentación de material 33 en forma de una tolva, por la que se puede introducir el material plástico 2 que se va a tratar y, dado el caso, los aditivos 3 dentro de los agujeros de carcasa 16, 17.

La máquina de tornillo helicoidal 1 presenta en la dirección de transporte 5 consecutivamente una zona de entrada 27, una zona de refusión 28, una zona de desgasificación 29, una zona de homogeneización 30, una zona de transporte 31 y una zona de acumulación de presión 32. La carcasa 4 está cerrada en las últimas secciones de carcasa 15 por medio de una placa adaptadora 35 que presenta una abertura de salida 36.

Los árboles del elemento de tratamiento 18, 19 están formados por árboles 37, 38 y elementos de tratamiento dispuestos sobre ellos 39 a 48 y 39' a 48', respectivamente. Los elementos de tratamiento 39 a 48 dispuestos sobre el primer árbol 37 y los elementos de tratamiento 39' a 48' dispuestos sobre el segundo árbol 38 se corresponden entre sí, en lo que los caracteres de referencia de los elementos de tratamiento 39' a 48' dispuestos sobre el segundo árbol 38 se distinguen mediante un signo de apóstrofe ('). Los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48' en el ejemplo de realización de acuerdo con las Fig. 1 a 4 presentan respectivamente una longitud que equivale a la longitud de la correspondiente sección de carcasa 6 a 15. En la zona de entrada 27, los elementos de tratamiento están realizados como elementos de tornillo helicoidal 39 a 40'. Los elementos de tornillo helicoidal 39, 39' y 40, 40' se disponen de manera adyacente sobre los árboles 37, 38 y engranan entre sí, es decir que están realizados de forma engranada por parejas. Para la fijación de los elementos de tornillo helicoidal 39, 39' en la dirección de los ejes de giro 21, 22, en el extremo corriente arriba de los árboles 37, 38 se encuentra formado un primer tope 49, 49', contra el que se apoyan los elementos de tornillo helicoidal 39, 39'. La primera sección de carcasa 6 está cerrada en dirección hacia el engranaje con varias salidas del eje 23 por medio de una placa de cierre 50 que presenta dos agujeros de pasos 51, 51'. Los árboles 37, 38 en su lado del extremo están guiados a través de los agujeros de paso 51, 51' y acoplados con el engranaje de varias salidas del eje 23.

En la zona de refusión 28 se disponen primeros elementos de amasado 41, 41' y segundos elementos de amasado 42, 42' como elementos de tratamiento sobre los árboles 37, 38. Los elementos de amasado 41, 41' y 42, 42' también están realizados de forma engranada por parejas. Cada uno de los elementos de amasado individuales 41 a 42' está realizado en una sola pieza. Los elementos de amasado 41 a 42' presentan respectivamente cinco discos de amasado dispuestos de manera angularmente desplazada entre sí.

En la zona de desgasificación 29 se disponen elementos de tornillo helicoidal 43, 43' engranados por parejas entre sí. Los elementos de tornillo helicoidal 43, 43' están realizados respectivamente de una sola pieza, de manera correspondiente a los elementos de tornillo helicoidal 39 a 40'. La sección de carcasa correspondiente 10 presenta una abertura de desgasificación 52 para la desgasificación.

En la zona de homogeneización 30 conectada de manera posterior, sobre los árboles 37, 38 se disponen elementos de amasado 44, 44' realizados de manera engranada por parejas entre sí. Los elementos de amasado 44, 44' a su vez están formados por discos de amasado dispuestos de manera angularmente desplazada entre sí.

Adicionalmente, en la zona de transporte 31 conectada de manera posterior se disponen elementos de tornillo helicoidal 45, 45' y 46, 46' realizados de manera engranada por pareja entre sí sobre los árboles 37, 38. De manera correspondiente, sobre la zona de acumulación de presión conectada de manera posterior se disponen elementos de tornillo helicoidal 47, 47' y 48, 48' sobre los árboles 37, 38.

Los elementos de tratamiento 39 a 48' normalmente se fijan sobre los árboles 37, 38 por medio de puntas de árbol o puntas de tornillo helicoidal 53, 53'. Las puntas de árbol 53, 53' se pueden conectar en los lados del extremo con los árboles 37, 38 por medio de una respectiva unión atornillada, de tal manera que las puntas de árbol 53, 53' forman un respectivo segundo tope 54, 54', contra el que se apoyan los elementos de tornillo helicoidal 48, 48'. Mediante los topes 49, 49' y 54, 54' los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48' se fijan en la dirección axial sobre los árboles 37, 38.

Los árboles 37, 38 están realizados de forma idéntica, de tal manera que en lo siguiente solo se describe el árbol 37. El árbol 37 presenta un primer árbol parcial 55 y un segundo árbol parcial 56 dispuesto de manera posterior en la dirección de transporte 5, que se conectan entre sí por medio de una unión atornillada 57. El primer árbol parcial 55 presenta, partiendo del primer tope 49, una longitud axial L_1 , mientras que el segundo árbol parcial 56 hasta el segundo tope 54 presenta una longitud axial L_2 . La suma de las longitudes L_1 y L_2 da como resultado una longitud total L del árbol 37. La longitud total L es, por ejemplo, de 10,0 m.

El primer árbol parcial 55 presenta una longitud L_1 , de tal manera que ésta se extiende hasta dentro de la zona de transporte 31 y termina en la zona del elemento de tornillo helicoidal 45. El elemento de tornillo helicoidal 45, por lo tanto, se dispone de manera resistente a la torsión y solapado sobre los dos árboles parciales 55, 56. Para la disposición solapada del elemento de tornillo helicoidal 45, el primer árbol parcial 55 presenta un primer perfil exterior A_1 y el segundo árbol parcial 56 presenta 1 segundo perfil exterior A_2 configurado de manera correspondiente, que en el estado conectado de los árboles parciales 55, 56 están orientados de tal manera entre sí,

que el elemento de tornillo helicoidal 45 se dispone con un perfil interior I configurado de manera correspondiente a los perfiles exteriores A₁ y A₂ de forma resistente a la torsión sobre los dos perfiles exteriores A₁ y A₂. Es decir que los perfiles exteriores A₁ y A₂ están configurados y dispuestos de manera alineada entre sí, de tal manera que el elemento de tornillo helicoidal 45 se puede montar o posicionar de forma sustancialmente libre de juego sobre los dos árboles parciales 55, 56.

Los elementos de tratamiento 39 a 44 ante puestos al elemento de tornillo helicoidal 45 se disponen de manera resistente a la torsión con un correspondiente perfil interior I sobre el perfil exterior A₁ del primer árbol parcial 55. Adicionalmente, los elementos de tornillo helicoidal 46 a 48 conectados de manera posterior al elemento de tornillo helicoidal 45 se disponen de manera resistente a la torsión con un correspondiente perfil interior I sobre el perfil exterior A₂ del segundo árbol parcial 56. Preferentemente, los perfiles exteriores A₁ y A₂, así como el respectivo perfil interior I de los elementos de tratamiento 39 a 48 forman un dentado evolvente.

Debido a que los mayores pares de fuerza se presentan en el área de la zona de refusión 28, el primer árbol parcial 55 o los primeros árboles parciales 55, respectivamente, se extienden más allá de la zona de refusión 28, de tal manera que los elementos de amasado 41, 41' y también los elementos de amasado 42, 42' se disponen sobre los primeros árboles parciales 55.

Los ejes parciales 55, 56 están conectados de tal manera entre sí a través de la unión atornillada 57 que el respectivo árbol 37, 38 se realiza de manera libre, o sustancialmente libre, de hendiduras. Para esto, el primer árbol parcial 55 presenta un agujero de conexión 58 que en un lado frontal dispuesta corriente abajo está realizado de manera concéntrica con respecto al eje de giro 21. Dentro del agujero de conexión 58 encuentra formada una rosca interior 59. Por su parte, el segundo árbol parcial 56 presenta un vástago de conexión 60, que se encuentra realizado en un lado frontal dispuesta corriente arriba de manera concéntrica con respecto al eje de giro 21. El vástago de conexión 60 presenta una rosca exterior 61, que se puede atornillar en la rosca interior 59 del agujero de conexión 58. La conexión atornillada 57 está realizada de tal manera que durante el funcionamiento de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles 1 con la rotación de los árboles del elemento de tratamiento 18, 19 en la respectiva dirección de giro 25, 26 no se afloja, sino que se afirma.

Para la realización sin hendiduras de los árboles 37, 38, los árboles parciales 55, 56 en estado atornillado se contactan frontalmente entre sí. Los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48' se disponen con una fuerza de pretensión axial F_V, es decir, una fuerza de pretensión F_V que actúa en la dirección del respectivo eje de giro 21, 22, sobre el árbol respectivamente correspondiente 37, 38. Los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48', por lo tanto, se comprimen entre sí por la fuerza de pretensión F_V, por lo que el respectivo árbol 37 o 38 se somete a una correspondiente carga de tracción. Dependiendo de la fuerza de pretensión F_V, debido a esto se puede formar una pequeña hendidura en la dirección axial entre los árboles parciales 55, 56. Para la fuerza de pretensión F_V se cumple en particular: F_V ≥ 50 kN, en particular F_V ≥ 100 kN, y más en particular F_V ≥ 150 kN.

Los árboles parciales 56, 57 de los árboles 37, 38 están adaptados en lo referente a su material, mecanizado del material y/o longitud a la respectiva función de tratamiento que deben cumplir y dependiendo de la función de tratamiento son iguales y/o diferentes en esas características.

Para la relación de la primera longitud L₁ con respecto a la segunda longitud L₂ se cumple preferentemente: L₁/L₂ > 1, en particular L₁/L₂ ≥ 1,5 y más en particular L₁/L₂ ≥ 2. Las ventajas alcanzadas de acuerdo con la presente invención de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles 1 se manifiestan en particular con árboles 37, 38 comparativamente largos y diámetros comparativamente grandes de los elementos de tratamiento 39 a 48'. Preferentemente, los árboles 37, 38 presentan respectivamente una longitud total L, en donde se cumple: L ≥ 6,0 m, en particular L ≥ 8,0 m y más en particular L ≥ 10,0 m. Adicionalmente, para un diámetro o diámetro interior D de los agujeros de carcasa 16, 17 se cumple preferentemente: D ≥ 177 mm, en particular D ≥ 248 mm, más en particular D ≥ 315 mm y más particularmente aún D ≥ 352 mm.

A continuación se describe el montaje y la operación de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles: para la fabricación de los árboles del elemento de tratamiento 18, 19, en primer lugar se atornillan los árboles parciales 55, 56 por parejas entre sí. Para esto, los segundos árboles parciales 56 se atornillan con la respectiva rosca exterior 61 del vástago de conexión 60 en la respectiva rosca interior 59 del agujero de conexión 58 realizado en el correspondiente primer árbol parcial 55. Los árboles parciales 56 se atornillan de tal manera que los perfiles exteriores A₁ y A₂ se alinean entre sí. Después de esto, los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48' se montan con una fuerza de pretensión predefinida F_V sobre los árboles 37, 38. Para esto, primero se deslizan los elementos de tornillo helicoidal 39 y 39' hasta el respectivo primer tope 49, 49' sobre los árboles 37, 38. Luego se deslizan sucesivamente los demás elementos de tratamiento 40 a 48 y 40' a 48' sobre el respectivo árbol correspondiente 37, 38. Al final, la punta del árbol 53, 53' se monta en el respectivo árbol correspondiente 37, 38 y se tensan los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48'. Para esto, la punta del árbol 53, 53' se atornilla con el lado frontal corriente abajo del correspondiente segundo árbol parcial 56, por lo que los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48' se tensan entre el respectivo primer tope 49, 49' y el correspondiente segundo tope 54, 54'. El respectivo sitio de unión entre los árboles parciales 55, 56 se dispone de tal manera que el elemento de tornillo helicoidal 45 y 45' se dispone de manera solapada sobre ambos árboles parciales 55, 56. El montaje restante de la máquina de tornillo

helicoidal de múltiples árboles 1 se efectúa de la manera convencional.

Durante el funcionamiento de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles 1, los árboles del elemento de tratamiento 18, 19 se accionan de manera giratoria en los mismos 62 de rotación 25, 26 por medio del motor de accionamiento 20. El material plástico 2 que se va a tratar y los aditivos 3 se introducen a través de la alimentación de material 33 dentro de los agujeros de carcasa 16, 17 y se transportan en la zona de entrada 27 en la dirección de transporte 5 hasta la zona de refusión 28.

En la zona de refusión 28, a través de los elementos de amasado 41, 42 y 41', 42' se introduce una elevada energía mecánica en el material plástico 2, por lo que éste se funde. En la zona de refusión 28, en particular en la zona de los elementos de amasado 41, 41', actúan correspondientemente los mayores pares de fuerza. Estos pares de fuerza normalmente se transmiten por medio de los árboles parciales 55 realizados de una sola pieza a los elementos de amasado 41, 42 y 41', 42'.

En la posterior zona de desgasificación 29, la masa fundida se desgasifica y se transporta a la zona de homogeneización 30, donde se efectúa una homogeneización adicional de la masa fundida y de los aditivos 3 contenidos en la misma.

En la zona de transporte 31 siguiente se efectúa una homogeneización adicional y el transporte en dirección hacia la zona de acumulación de presión 32. Debido a que los elementos de tornillo helicoidal 45, 45' se disponen de manera solapada sobre los dos árboles parciales 55, 56, respectivamente, en la zona de los sitios de unión se produce una transmisión confiable de los pares de fuerza. En la zona de acumulación de presión 32 se incrementa la presión de la masa fundida y después la masa fundida se descarga a través de la abertura de salida 36.

Durante el funcionamiento de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles 1, los árboles 37, 38 se dilatan en la dirección axial a causa del calentamiento. Debido a que los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48' se encuentran mutuamente pretensado dos a causa de la fuerza de pretensión F_v , se asegura que los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48' fijados sobre los árboles 37, 38 no se aflojen en la dirección axial a causa de la dilatación axial de los árboles 37, 38.

Debido a que los árboles 37, 38 están formados por respectivamente dos árboles parciales 55, 56, los árboles parciales 55, 56 se pueden adaptar de manera óptima a la respectiva función de tratamiento en lo referente al material, el mecanizado del material y/o la longitud. De esta manera, el material, el mecanizado del material y la longitud de los árboles parciales 55, 56 se pueden seleccionar iguales y/o diferentes dependiendo de los requerimientos, lo que permite reducir los costes de fabricación sin variar su funcionalidad y confiabilidad.

Con referencia a las Fig. 5 y 6, a continuación se describe 1 segundo ejemplo de realización de la presente invención. A diferencia del primer ejemplo de realización, los árboles 37, 38 se componen de respectivamente tres árboles parciales 55, 56 y 62 conectados entre sí. Los primeros árboles parciales 55 se extienden hasta la zona de desgasificación 29, de tal manera que los elementos de tornillo helicoidal 43, 43' se disponen de manera solapada sobre los primeros árboles parciales 55 y los segundos árboles parciales 56 respectivamente conectados con ellos. Para esto, los perfiles exteriores A_1 y A_2 de los árboles parciales 55, 56 están alineados entre sí de la manera descrita más arriba. La unión atornillada 57 está realizada de manera correspondiente al primer ejemplo de realización.

Los terceros árboles parciales 62 presentan respectivamente un perfil exterior A_3 , que en el estado unido de los árboles parciales 56, 62 se orienta de forma alineada con el respectivo perfil exterior A_2 . Los segundos árboles parciales 56 se extienden hasta dentro de la zona de transporte 31, de tal manera que los elementos de tornillo helicoidal 46, 46' se disponen de manera solapada sobre los árboles parciales 56, 62 respectivamente conectados. Los árboles parciales 56, 62 están conectados entre sí por medio de uniones atornilladas 57, que están configuradas de manera correspondiente a las uniones atornilladas 57 de los árboles parciales 55, 56.

Los terceros árboles parciales 62 presentan una longitud L_3 en la dirección de los ejes de giro 21, 22 que preferentemente es igual a la longitud L_2 de los segundos árboles parciales 56. La longitud L_1 preferentemente es mayor que la respectiva longitud L_2 y L_3 , de tal manera que los primeros árboles parciales 55 se extienden más allá de la zona de refusión 28, de modo que en particular los elementos de amasado 41, 41' se disponen sobre los primeros árboles parciales 55.

Con respecto al montaje de los árboles de elemento de tratamiento 18, 19 y de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles 1, se hace referencia a lo expuesto con relación al primer ejemplo de realización.

Con referencia a las Fig. 7, a continuación se describe un tercer ejemplo de realización de la presente invención. A diferencia del ejemplo de realización previamente descrito, entre los árboles parciales conectados 55, 56 se dispone respectivamente un disco de forma anular 63. El vástago de conexión 60 del respectivo segundo árbol parcial 56 se guía a través de una abertura de paso 64 del disco 63, de tal manera que el disco 63 en el estado conectado de los árboles parciales 55, 56 se pone en contacto con los lados frontales de los árboles parciales 55, 56. Los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48' están pretensado dos de forma correspondiente a los ejemplos de realización

previamente descritos por medio de una fuerza de pretensión F_v , dependiendo de la fuerza de pretensión F_v , entre el disco 63 y uno de los árboles parciales adyacentes 55, 56, o los árboles parciales adyacentes 55, 56, se puede formar una pequeña hendidura. El disco 63 presenta en la dirección axial un coeficiente de dilatación térmica α_s , que es mayor que por lo menos uno de los coeficientes de dilatación térmica α_1 del primer árbol parcial 55 y del coeficiente de dilatación térmica α_2 del segundo árbol parcial 56. Preferentemente, el coeficiente de dilatación térmica α_s es mayor que los dos coeficientes de dilatación térmica α_1 y α_2 . el disco 63 se dispone de manera sustancialmente concéntrica con relación al respectivo eje de giro 21 o 22 y presenta un diámetro que es menor que el diámetro de árbol definido por los perfiles exteriores A_1 y A_2 del respectivo árbol 37, 38.

Para una relación del coeficiente de dilatación térmica α_s con respecto a por lo menos un coeficiente de dilatación térmica α_i con $i = 1$ o 2 se cumple: $\alpha_s/\alpha_i \geq 1,5$, en particular $\alpha_s/\alpha_i \geq 2$ y más en particular $\alpha_s/\alpha_i \geq 2,5$. Preferentemente, la anterior relación se cumple para α_s/α_i con $i = 1$ y 2 .

Para el coeficiente de dilatación térmica α_s se cumple preferentemente: $\alpha_s \geq 12,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, en particular $\alpha_s \geq 15,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ y más en particular $\alpha_s \geq 18,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

El disco 83 presenta en la dirección del respectivo eje de giro 21, 22 una dimensión L_s , en lo que para la dimensión L_s preferentemente se cumple: $5 \text{ mm} \leq L_s \leq 50 \text{ mm}$, en particular $10 \text{ mm} \leq L_s \leq 40 \text{ mm}$ y más en particular $15 \text{ mm} \leq L_s \leq 30 \text{ mm}$.

El respectivo disco 83 se dispone entre los árboles parciales 55, 56 antes de que éstos se atornillen entre sí. Debido a que el coeficiente de dilatación térmica α_s es mayor que por lo menos uno de los coeficientes de dilatación térmica α_1 o α_2 , preferentemente mayor que ambos coeficientes de dilatación térmica α_1 y α_2 , incluso con una dilatación axial a causa de un calentamiento durante el funcionamiento de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles 1, el respectivo árbol 37, 38 permanece libre de hendiduras o una eventual hendidura entre el disco 63 y uno de los árboles parciales 55, 56, o los árboles parciales 55, 56, se cierra debido a la dilatación comparativamente mayor del disco 63 en la dirección axial, por lo que el respectivo árbol 37, 38 queda libre de hendiduras. Por lo tanto, los árboles 37, 38 presentan una configuración libre de hendiduras en un estado de funcionamiento calentado, de tal manera que se asegura una transmisión confiable de los pares de fuerza, así como una fijación axial segura de los elementos de tratamiento 39 a 48 y 39' a 48' entre los topes 49 y 54 y 49' y 54'. En el estado de funcionamiento calentado, los árboles 37, 38 presentan una temperatura de por lo menos 100°C , en particular de por lo menos 150°C y más en particular de por lo menos 200°C .

Si de acuerdo con el segundo ejemplo de realización los árboles 37, 38 se componen de tres árboles parciales 55, 56 y 62, entonces entre los árboles parciales respectivamente conectados 55, 56, así como 56 y 62 se dispone un disco 63, cuyo coeficiente de dilatación térmica α_s es mayor que el coeficiente de dilatación térmica α_1 o α_2 , o bien α_2 o α_3 , de uno de los árboles parciales adyacentes 56, 55 y/o 56, 62. Preferentemente, los disco 63 están realizados de forma idéntica. Para los árboles 37, 38 con tres árboles parciales 55, 56, 62, la denominación de los coeficientes de dilatación térmica se efectúa mediante α_i con $i = 1, 2, 3$. En cuanto al montaje adicional de los árboles de elemento de tratamiento 18, 19 y la operación de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles 1, se hace referencia a los ejemplos de realización precedentes.

Con referencia a la Fig. 8, a continuación se describe un cuarto ejemplo de realización. A diferencia de los ejemplos de realización precedentes, el respectivo disco 63 dispuesto entre los árboles parciales 55, 56 presenta un perfil exterior de disco A_s que está realizado y orientado de manera correspondiente a los perfiles exteriores A_1 y A_2 . Por lo tanto, el respectivo elemento de tornillo helicoidal 45, 45' está unido de manera resistente a la torsión con los árboles parciales 55, 56 y el disco 63 dispuesto entre medio. Con esto se asegura una transmisión confiable de los pares de fuerza. Si los árboles 37, 38 están formados por tres árboles parciales 55, 56 y 62, entonces se cumple de manera correspondiente lo expuesto con relación al tercer ejemplo de realización para el disco perfilado 63 o para los discos perfilados.

En cuanto al montaje adicional de los árboles de elemento de tratamiento 18, 19 y la operación adicional de la máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles 1, se hace referencia a los ejemplos de realización precedentes.

REIVINDICACIONES

1. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles para el tratamiento de materiales, en particular de materiales plásticos, con

- una carcasa (4),
- por lo menos dos agujeros de carcasa (16, 17) formados en la carcasa (4),
- por lo menos dos árboles de elemento de tratamiento (18, 19),

– que están dispuestos dentro del agujero de carcasa (16, 17) correspondiente en cada caso y que pueden accionarse de manera giratoria alrededor de un eje de giro (21, 22) correspondiente en cada caso, y
– que para el tratamiento de un material que se va a tratar (2, 3) presentan varios elementos de tratamiento (39 a 48, 39' a 48') que están dispuestos consecutivamente en la dirección del respectivo eje de giro (21, 22) sobre por lo menos dos árboles (37, 38) correspondientes de manera resistente a la torsión, en donde

los por lo menos dos árboles (37, 38) comprenden cada uno un primer árbol parcial (55) y por lo menos un segundo árbol parcial (56; 56, 62) dispuesto detrás en la dirección de transporte (5), los árboles parciales (55, 56; 55, 56, 62) para formar el respectivo árbol (37, 38) están conectados entre sí por medio de una unión atornillada (57), y en cada uno de los árboles (37, 38) hay dispuesto un elemento de tratamiento (45, 45'; 43, 43', 46, 46') de manera resistente a la torsión y solapado sobre los árboles parciales conectados (55, 56; 55, 56, 62),

caracterizada por

que los primeros árboles parciales (55) se extienden cada uno por lo menos hasta dentro de la zona de refusión (28) y por lo menos un elemento de amasado (41, 41') está dispuesto de manera resistente a la torsión sobre cada uno de los primeros árboles parciales (55).

2. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 1,

caracterizada por

que los árboles parciales conectados (55, 56; 55, 56, 62) presentan cada uno un perfil exterior ($A_1, A_2; A_1, A_2, A_3$), **que** los perfiles exteriores ($A_1, A_2; A_1, A_2, A_3$) de los árboles parciales conectados (55, 56) están orientados de tal manera entre sí que el elemento de tratamiento solapado (45, 45'; 43, 43', 46, 46') está dispuesto con un perfil interior (I) de manera resistente a la torsión sobre los dos perfiles exteriores ($A_1, A_2; A_1, A_2, A_3$).

3. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 2,

caracterizada por

que los perfiles exteriores ($A_1, A_2; A_1, A_2, A_3$) y el perfil interior (I) correspondiente forman un dentado evolvente.

4. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3,

caracterizada por

que los árboles parciales (55, 56; 55, 56, 62) del respectivo árbol (37, 38) son diferentes en por lo menos una de las características referentes al material, el mecanizado del material y la longitud.

5. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4,

caracterizada por

que los árboles parciales (55, 56; 55, 56, 62) del respectivo árbol (37, 38) están conectados entre sí por medio de una unión atornillada (57) y el respectivo árbol (37, 38) en particular está realizado sin hendiduras.

6. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5,

caracterizada por

que los elementos de tratamiento (39 a 48, 39' a 48') están dispuestos con una fuerza de pretensión F_v en la dirección del respectivo eje de giro (21, 22) sobre el respectivo árbol parcial (55, 56; 55, 56, 62), en donde en particular se cumple: $F_v \geq 50$ kN, en particular $F_v \geq 100$ kN y más en particular $F_v \geq 150$ kN.

7. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6,

caracterizada por

que los primeros árboles parciales (55) presentan cada uno una primera longitud L_1 y los segundos árboles parciales (56) presentan cada uno una segunda longitud L_2 en la dirección de los ejes de giro (21, 22), en donde se cumple: $L_1/L_2 > 1$, en particular $L_1/L_2 \geq 1,5$ y más en particular $L_1/L_2 \geq 2$.

8. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7,

caracterizada por

que los árboles (37, 38) presentan cada uno una longitud total L , en donde se cumple: $L \geq 6,0$ m, en particular $L \geq 8,0$ m y más en particular $L \geq 10,0$ m.

9. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8,

caracterizada por

que los agujeros de carcasa (16, 17) presentan cada uno un diámetro D , en donde se cumple: $D \geq 177$ mm, en particular $D \geq 248$ mm, más en particular $D \geq 315$ mm y más particularmente $D \geq 352$ mm.

- 5 10. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9,
caracterizada por
que entre los árboles parciales conectados (55, 56; 55, 56, 62) está dispuesto en cada caso un disco de forma anular (63) y el respectivo disco (63) presenta un coeficiente de dilatación térmica α_s que es mayor que el coeficiente de dilatación térmica α_i de por lo menos uno de los árboles parciales (55, 56; 55, 56, 62) adyacentes.

- 10 11. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con la reivindicación 10,
caracterizada por
que para una relación de los coeficientes de dilatación térmica α_s con respecto a los coeficientes de dilatación térmica α_i de por lo menos uno de los árboles parciales (55, 56; 55, 56, 62) adyacentes se cumple que: $\alpha_s/\alpha_i \geq 1,5$,
15 en particular $\alpha_s/\alpha_i \geq 2$ y más en particular $\alpha_s/\alpha_i \geq 2,5$.

12. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11,
caracterizada por
que el respectivo disco (63) en la dirección de los ejes de giro (21, 22) presenta una dimensión L_s y se cumple que:
20 $5 \text{ mm} \leq L_s \leq 50 \text{ mm}$, en particular $10 \text{ mm} \leq L_s \leq 40 \text{ mm}$ y más en particular $15 \text{ mm} \leq L_s \leq 30 \text{ mm}$.

13. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12,
caracterizada por
que para el coeficiente de dilatación térmica α_s se cumple que: $\alpha_s \geq 12,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$, en particular $\alpha_s \geq 15,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$ y
25 más en particular $\alpha_s \geq 18,0 \cdot 10^{-6} \text{ 1/K}$.

14. Máquina de tornillo helicoidal de múltiples árboles de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 13,
caracterizada por
que el respectivo disco (63) presenta un perfil exterior de disco (A_s) que corresponde a los árboles parciales (55, 56;
30 55, 56, 62) adyacentes y que el elemento de tratamiento (45, 45'; 43, 43', 46, 46') dispuesto solapado sobre los árboles parciales (55, 56; 55, 56, 62) adyacentes está unido de manera resistente a la torsión al respectivo disco (63).

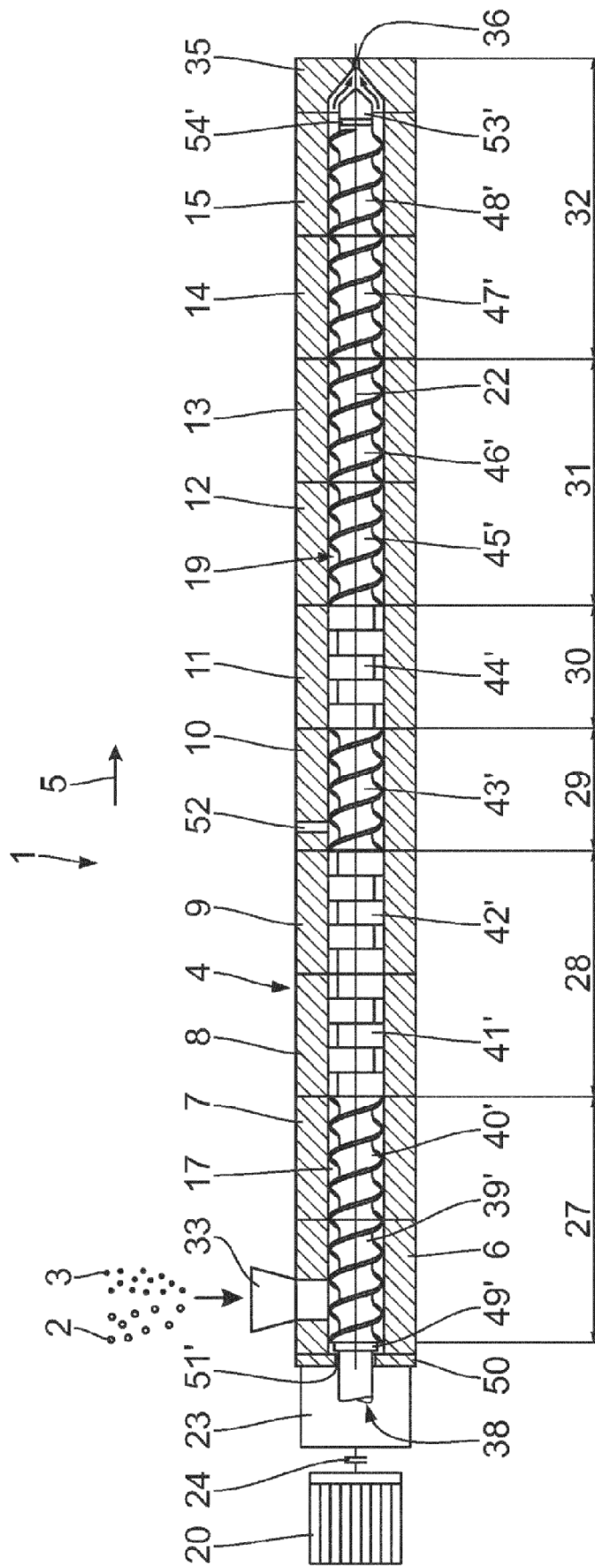


Fig. 1

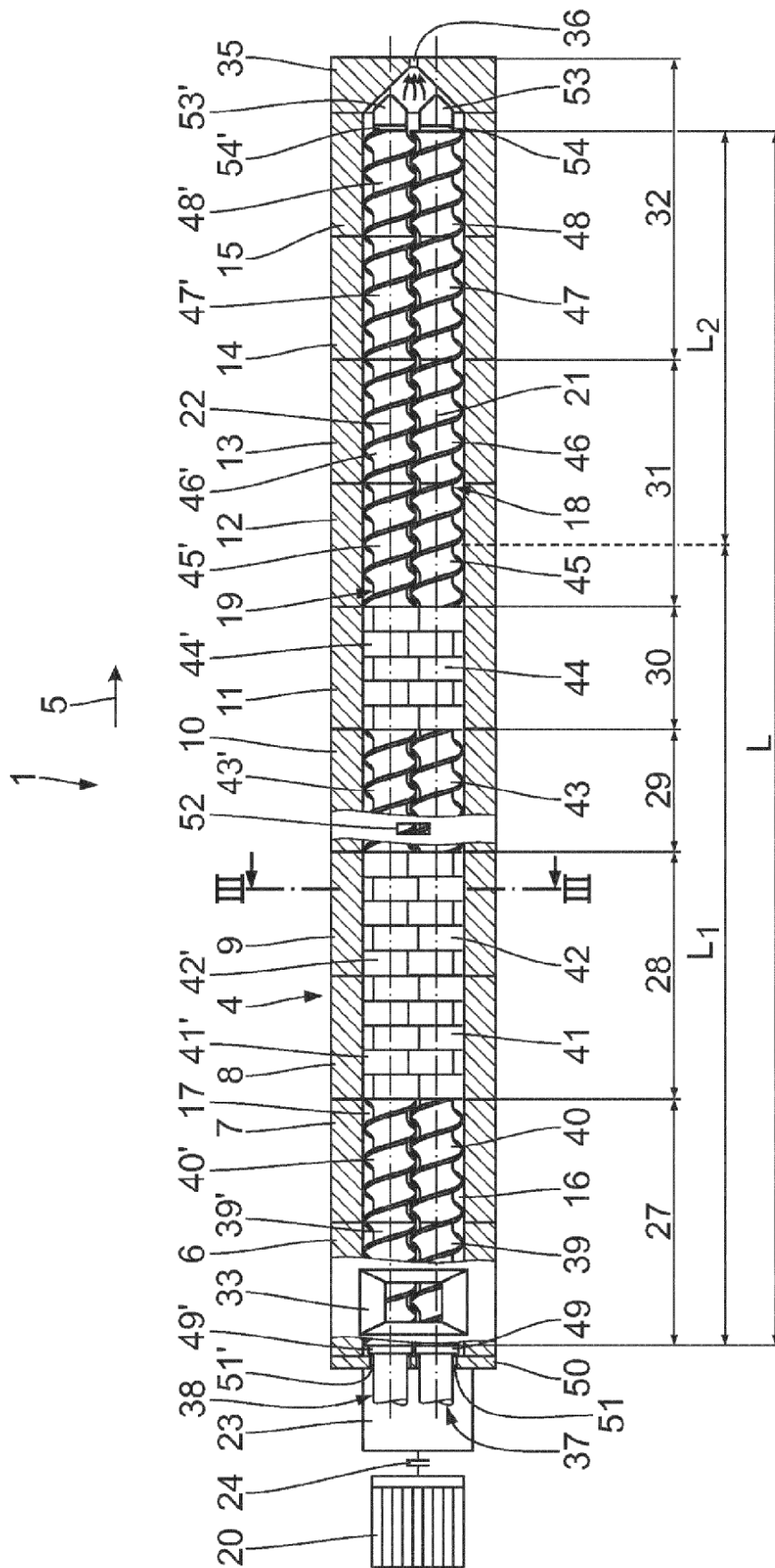


Fig. 2

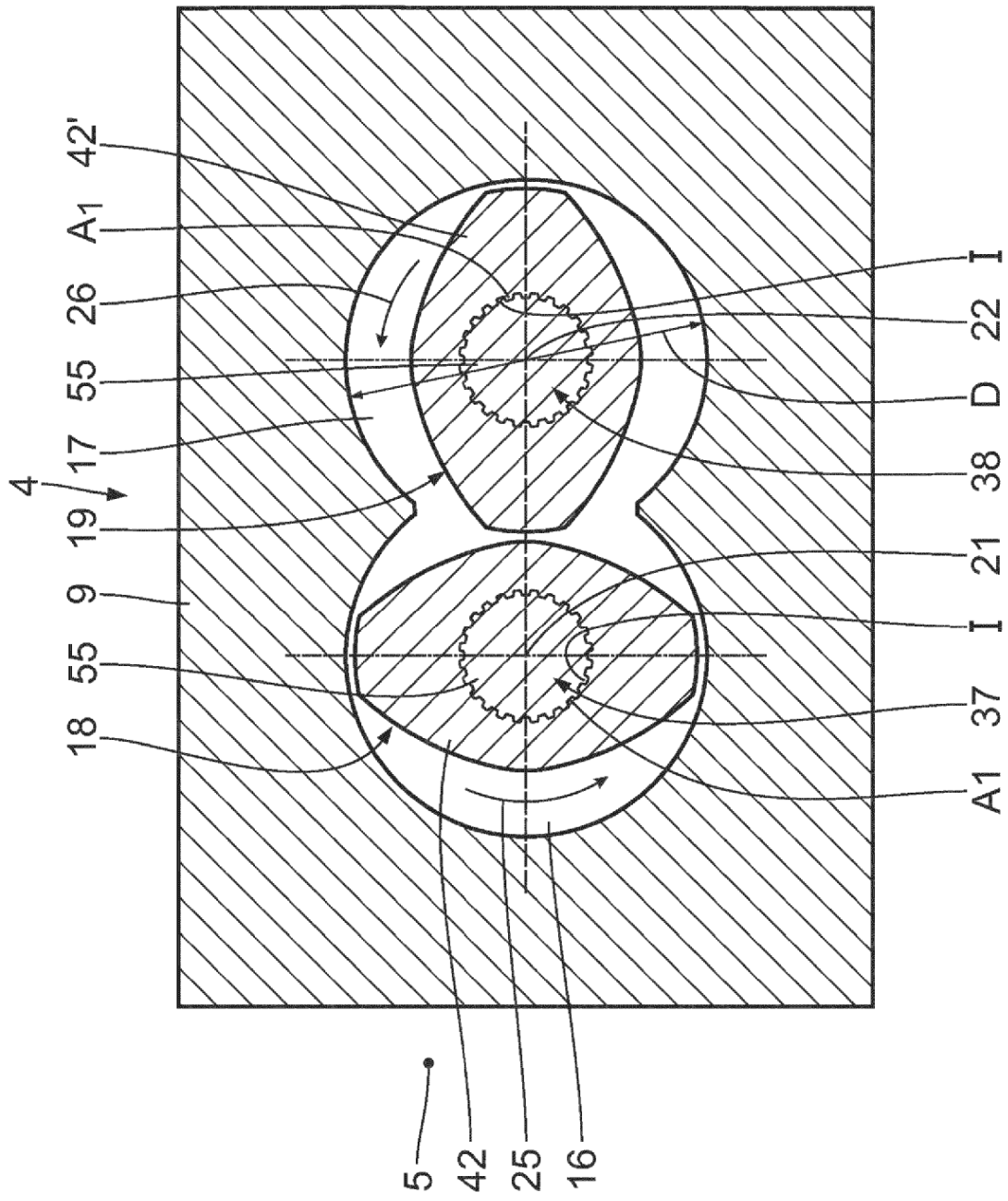


Fig. 3

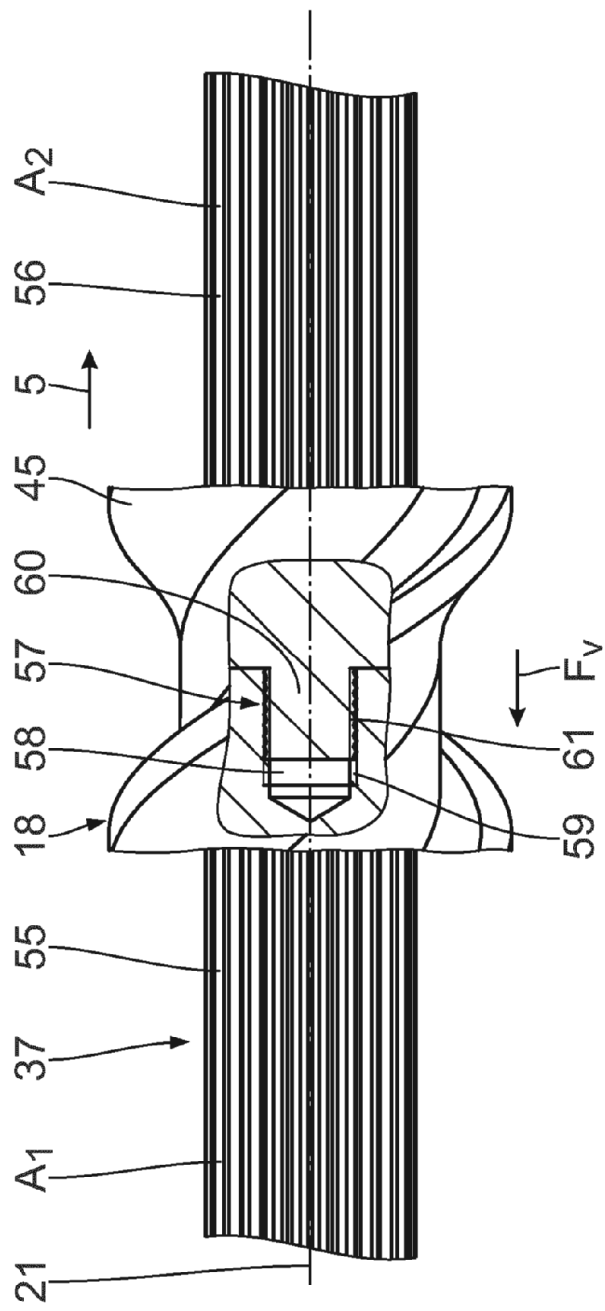


Fig. 4

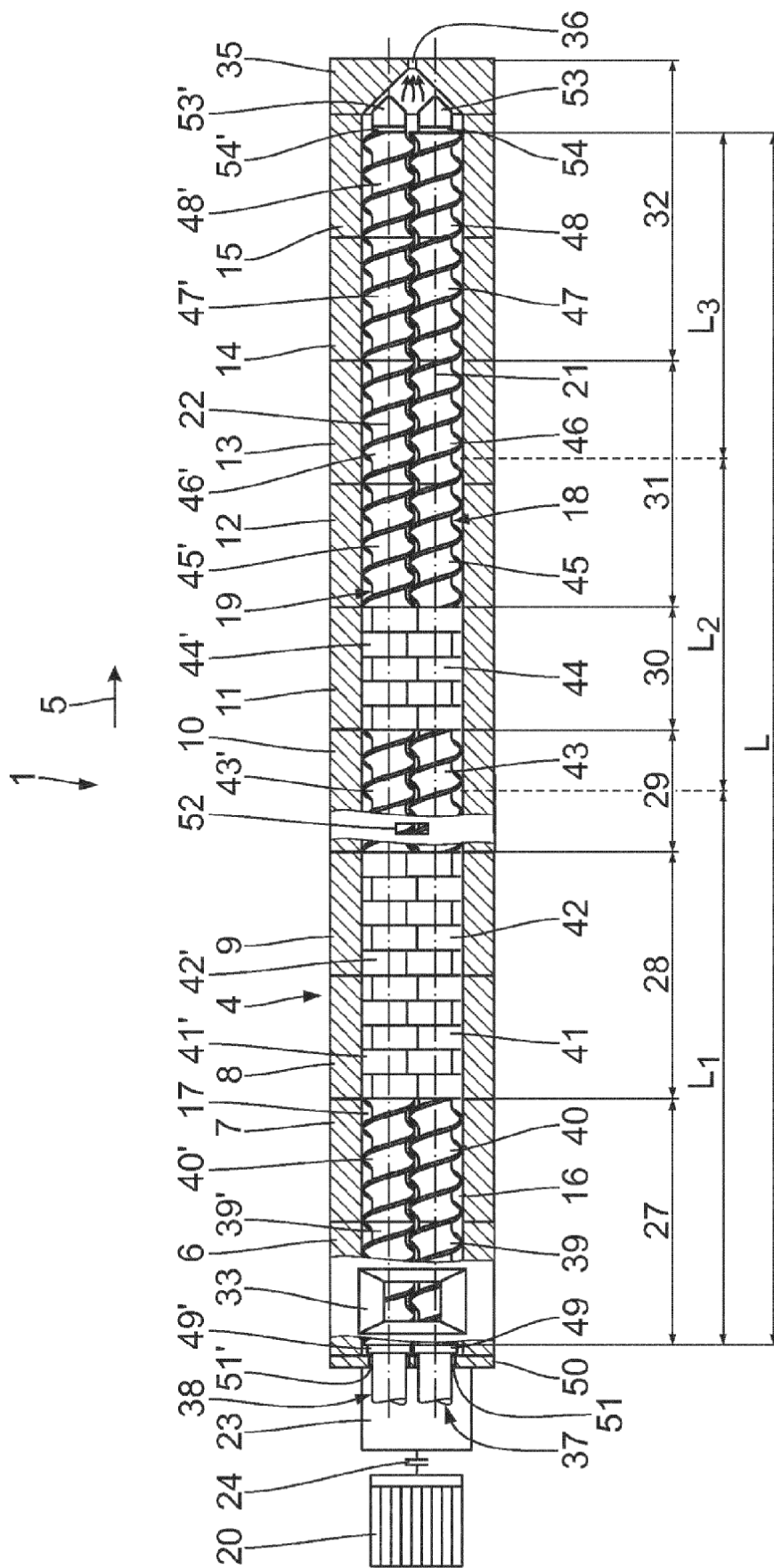


Fig. 5

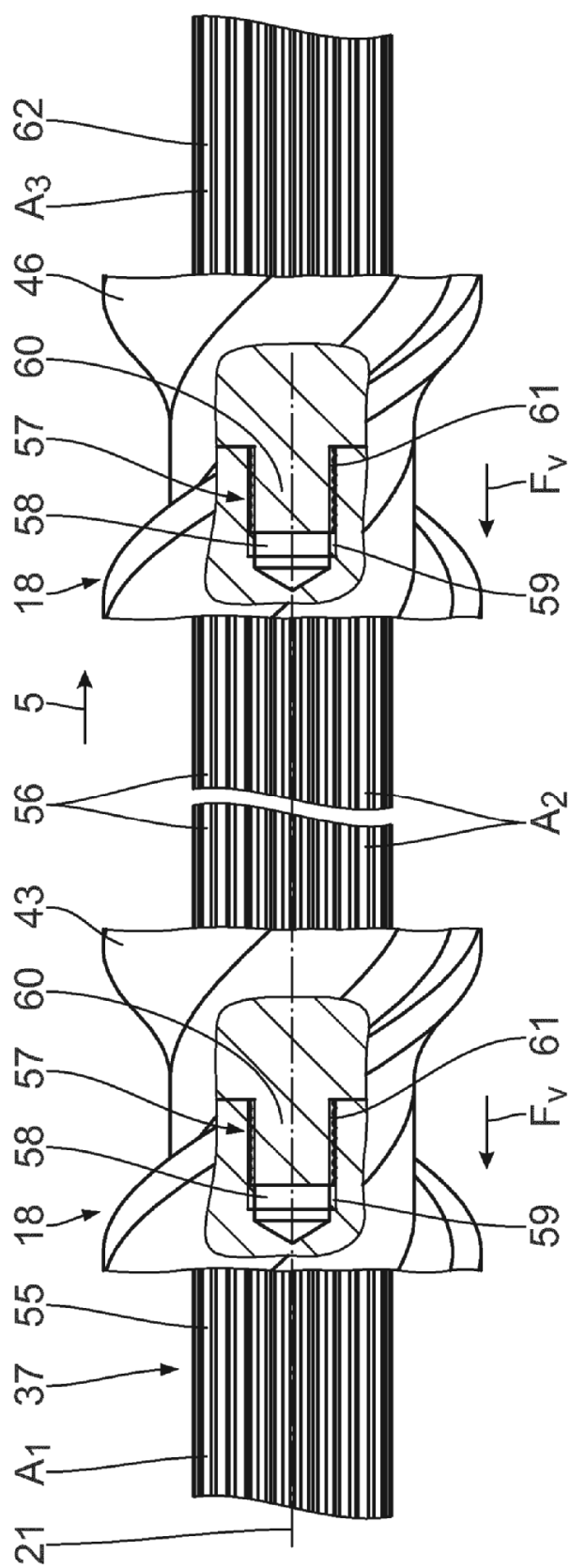


Fig. 6

