

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 823 303**

51 Int. Cl.:

B22D 11/12 (2006.01)

B22D 11/041 (2006.01)

B22D 11/128 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2017 PCT/IB2017/056300**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.04.2018 WO18069854**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2017 E 17795065 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.07.2020 EP 3525954**

54 Título: **Dispositivo y método para la reducción suave de productos metálicos de sección circular**

30 Prioridad:

12.10.2016 IT 201600102472

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

06.05.2021

73 Titular/es:

**DANIELI & C. OFFICINE MECCANICHE S.P.A.
(100.0%)
Via Nazionale 41
33042 Buttrio, IT**

72 Inventor/es:

**COMAND, DANIELE;
SGRO', ANTONIO;
CESTARI, LUCA;
POLONI, ALFREDO y
FORNASIER, MARCELLINO**

74 Agente/Representante:

RUO, Alessandro

ES 2 823 303 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

Dispositivo y método para la reducción suave de productos metálicos de sección circular

Campo de la invención

5 [0001] La presente invención se refiere a un dispositivo de reducción suave para tochos o palanquillas de sección circular con núcleo líquido o parcialmente líquido, procedentes de una máquina de colada continua, con el fin de comprimir el producto de forma controlada, reduciendo así la sección líquida y mejorando su calidad interior.

Antecedentes de la técnica

[0002] A partir de la técnica anterior se conocen varios dispositivos y métodos para prensar un producto colado con núcleo líquido, y esta operación se denomina «reducción suave».

10 [0003] Esta tecnología es especialmente común en el campo de los desbastes, que se caracterizan por ser mucho más anchos que gruesos.

[0004] La costra del producto se empieza a formar en el cristizador debido al enfriamiento progresivo al que se somete el producto. Conforme el producto se desplaza aguas abajo arrastrado por las unidades de enderezamiento, este se somete a operaciones continuas de enfriamiento directo e indirecto, y esto da como resultado un incremento del espesor de la costra, provocado por la sustracción de calor del núcleo del producto llevada a cabo por el sistema de enfriamiento.

[0005] El producto se vierte desde la artesa al cristizador y comienza su descenso hacia la zona de extracción aguas abajo, siendo enfriado y contenido por los rodillos de contención. El espesor de la costra del producto aumenta conforme el producto desciende y se enfría, hasta que se produce la unión espontánea de la costra en el denominado «cono metalúrgico», momento en el que se logra la completa solidificación del producto.

[0006] El proceso para formar la costra se ve influido generalmente por varios parámetros, en concreto por la calidad del acero del producto colado, por el intercambio de calor experimentado por el producto colado durante la colada, por la velocidad de colada y por las dimensiones del propio producto.

[0007] Resulta necesario que se produzca la solidificación completa del producto para conservar la calidad interna del mismo; de hecho, conforme se solidifica el producto, se produce una reducción del volumen ocupado por la fracción líquida, que inicialmente ocupa un mayor volumen con respecto a la fracción sólida. Esta diferencia volumétrica no afecta mucho al producto en la primera parte de la curva de colada, ya que el volumen de fracción líquida perdido durante la solidificación se sustituye por el líquido aguas arriba empujado aguas abajo por la presión ferrostática. Sin embargo, en las proximidades del vértice del cono metalúrgico, el componente sólido y el componente líquido ya no se distinguen bien entre sí, produciendo así la denominada «zona pastosa».

[0008] Desde un punto de vista microscópico, el aspecto de la costra del producto en contacto con el núcleo líquido presenta una serie de ramas cristalinas denominadas dendritas que, cuando la costra está a punto de unirse, tienden a intersectarse entre sí, formando por tanto una barrera para la entrada del líquido por encima, impidiendo que se llenen de líquido nuevo las zonas sometidas a una reducción del volumen de fracción líquida a causa de la solidificación, y provocando la formación de porosidad no deseada en la estructura interna del producto.

[0009] Un problema adicional generado en la etapa de solidificación son las macrosegregaciones: conforme se solidifica el producto, las dendritas se extienden y tienden a llevar los elementos de aleación (p. ej., carbono, azufre, etc.) hacia el núcleo líquido del producto. Este fenómeno provoca una diferencia en la composición química a lo largo de la sección del producto. Estas migraciones de elementos de aleación provoca diferencias no deseadas de las propiedades mecánicas, térmicas, etc., entre las diversas zonas del producto, mientras que lo deseable sería, en cambio, un producto que presente una estructura y propiedades uniformes.

[0010] Para obviar estos inconvenientes, se desarrolló el tratamiento de reducción suave, que proporciona el prensado controlado de los productos metálicos colados, p. ej., desbastes o tochos o palanquillas, donde el producto metálico colado se somete a una acción de reducción del espesor mientras el núcleo sigue siendo líquido o parcialmente líquido en una zona aguas debajo de la lingotera, obteniendo de este modo un producto menos grueso con respecto al que se ha colado en la salida de la máquina de colada continua.

[0011] La principal ventaja de reducir el espesor del núcleo líquido o parcialmente líquido es la obtención de una mejora de la estructura de solidificación junto con una calidad interna mejorada del producto colado.

50 [0012] Para que sea efectiva, la reducción suave se debería producir con una reducción continua y controlada del espesor del producto colado hasta que este contenga un núcleo líquido o parcialmente líquido, que se puede obtener con un perfil de reducción sustancialmente cónico del tramo de producto colado implicado.

[0013] Los dispositivos de reducción suave más habituales proporcionan un prensado del producto por medio de pares de rodillos opuestos: por lo tanto, la fuerza de prensado se aplica aquí con igual intensidad y en dirección opuesta, provocando de este modo una reducción del espesor del producto y una extensión del mismo (denominado «alabeo»).

[0014] Este tratamiento de reducción suave se suele utilizar en el campo de la colada continua de desbastes, ya que el ensanchamiento de las caras laterales no es tal como para afectar seriamente al producto acabado, el cual, una vez se hayan recortado convenientemente los lados curvos, estará listo para la laminación o para otras operaciones sucesivas.

5 [0015] En cambio, en lo que respecta a los productos que presentan sección rectangular o cuadrada, la reducción suave se debe llevar a cabo de forma más cuidadosa, ya que un exceso de curvado provocaría una deformación excesiva de los productos que, por tanto, serían difíciles de procesar.

10 [0016] Este problema se percibe todavía más para productos de sección circular, ya que el hecho de mantener la forma es fundamental para procesar y vender el producto en el mercado: de hecho, al usar solo dos rodillos que presan el producto en direcciones opuestas para cerrar su núcleo líquido, existe un riesgo de sufrir un exceso de deformación oval de la sección del producto. Para tratar de corregir esta ovalización, se puede generar otra deformación, realizada con rodillos conformados para obtener una sección circular con una sección más pequeña. No obstante, esta deformación adicional, que requiere al menos dos pasos, no siempre reduce la sección del producto y, al mismo tiempo, la mantiene perfectamente circular. De hecho, suelen ser necesarios más pasos de formación aguas abajo para una mejor definición de la geometría circular.

15 [0017] Una solución parcial a este problema ofrece la eliminación de la primera etapa de prensado colando directamente un producto de sección elíptica que, en la siguiente etapa de reducción suave, se deforma en una forma circular mediante dos rodillos conformados paralelos.

[0018] Sin embargo, la operación de deformación para pasar de la sección elíptica a la sección circular (en concreto, cuanto más se prensa la elipse) deriva en tensiones en el núcleo del producto, lo cual puede dañar su calidad interna.

20 [0019] Por lo tanto, se advierte la necesidad de proporcionar un dispositivo de reducción suave para productos colados de sección circular que permita superar los inconvenientes mencionados anteriormente.

Sumario de la invención

25 [0020] Un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo de reducción suave para productos metálicos colados de sección circular, tales como tochos o palanquillas, que permita un cierre controlado y efectivo del cono líquido, reduciendo así la sección de producto con respecto a la colada inicial y que permita, al mismo tiempo, mantener sustancialmente una forma redondeada, que ya es aceptable para procesar y vender el producto cuando salga de dicho dispositivo.

30 [0021] Ventajosamente, el dispositivo de reducción suave de la invención está diseñado para llevar a cabo la reducción suave de productos de colada, hechos de metal, que presentan una sección circular, manteniéndose dicha sección circular en sección circular a través de todo el proceso de reducción suave. Por lo tanto, la expresión «producto de sección circular» se refiere tanto al producto de colada, que presenta un núcleo líquido o parcialmente líquido, como al producto final de reducción suave, que está completamente solidificado.

35 [0022] Otro objeto de la invención es proporcionar un dispositivo de reducción suave que pueda obtener productos de sección circular completamente solidificados que presenten una composición química sustancialmente uniforme a lo largo de toda la sección del producto y, por lo tanto, propiedades uniformes.

[0023] Otro objeto de la invención es proporcionar un dispositivo de reducción suave que sea capaz de limitar la formación de huecos a causa de la contracción producida por el enfriamiento del volumen de producto.

40 [0024] Así, la presente invención logra los objetivos anteriormente descritos proporcionando un dispositivo de reducción suave de productos metálicos de sección circular que presenten un núcleo líquido o parcialmente líquido para reducir el espesor de dicho producto metálico procedente de una máquina de colada continua que, de acuerdo con la reivindicación 1, comprende al menos dos unidades de reducción suave,

donde dichas al menos dos unidades de reducción suave se disponen en serie,

donde cada unidad de reducción suave está provista de un grupo de solo tres rodillos dispuestos a 120° uno con respecto al otro,

45 y donde el grupo de tres rodillos de una unidad de reducción suave está desviado en un ángulo predeterminado con respecto al grupo de tres rodillos de una unidad de reducción suave adyacente.

[0025] Los tres rodillos de cada unidad de reducción suave interfieren con el producto metálico de avance para reducir la sección del mismo, cerrando así el núcleo líquido, actuando en ángulos de 120° entre sí de tal manera que el vector resultante de las fuerzas de prensado radiales aplicadas en el producto sea igual a cero.

50 [0026] Al proporcionar fuerzas de prensado de igual intensidad desde tres direcciones equidistantes, el cierre del núcleo líquido es más efectivo, ya que la deformación es menos brusca con respecto a las soluciones con solo dos rodillos de prensado. De hecho, al utilizar únicamente tres rodillos en cada unidad de reducción suave, la superficie externa de los productos de sección circular se enrolla de forma óptima. Dicho bobinado produce una buena propagación de las fuerzas de prensado hacia el núcleo del producto, ya que este último no tiene mucho espacio para deformarse hacia fuera, teniendo en cuenta la cercanía entre los rodillos. Por lo tanto, el material tenderá a desplazarse principalmente hacia el centro del producto, llenando las zonas ocupadas por el núcleo líquido que, a su vez, es obligado a retraerse o, en el caso de la zona pastosa, a solidificarse.

5 [0027] Esta operación da como resultado la unión interior forzada de la costra y, por lo tanto, el cierre del punto de beso obtenido mediante la interpenetración y solidificación de las dendritas. Así, también se evita la creación de huecos a causa de la contracción por el enfriamiento del volumen de producto, puesto que el espacio interior se llena a la fuerza de material solidificado, empujado por la deformación accionada por los rodillos de reducción suave. Ventajosamente, para mantener mejor la forma redondeada, se disponen varias unidades de reducción suave en serie, sobre las cuales se dividen las fuerzas de prensado radiales, aplicadas en menor medida, por lo tanto, por los rodillos de las unidades después del primero. Ventajosamente, de acuerdo con la invención, el número de unidades de reducción suave puede variar. En concreto, se pueden proporcionar de tres a ocho unidades de reducción suave dispuestas en serie, preferiblemente cuatro unidades de reducción suave dispuestas en serie. Se ha observado que el hecho de proporcionar un número de unidades de reducción suave superior a ocho induce una dispersión de temperatura que no permite un procesamiento óptimo del material.

10 [0028] Para maximizar el mantenimiento de la forma redondeada, la disposición de los rodillos está desviada ventajosamente entre una unidad de reducción suave y la siguiente, de manera que las zonas prensadas del producto varían de una unidad a la otra y, por lo tanto, se mantiene mejor la forma redondeada.

15 [0029] En una primera variante ventajosa, se proporcionan dos unidades de reducción suave dispuestas en serie, con grupos de tres rodillos desviados, es decir, rotados 180° entre sí. Esta disposición da como resultado que haya seis rodillos, entre entrada y salida del dispositivo de reducción suave, que, en una vista frontal a lo largo de la dirección de alimentación del producto circular colado, se disponen radialmente con respecto al centro del producto circular colado, con ángulos de 60° entre sí.

20 [0030] Otras variantes de la invención pueden proporcionar una compensación adicional de los grupos de rodillos de las unidades de reducción suave. Por ejemplo, se pueden proporcionar tres unidades de reducción suave con tres rodillos y, por lo tanto, con nueve rodillos en total, dispuestos para obtener, en una vista frontal a lo largo de la dirección de alimentación del producto circular colado, una desviación de 30° entre un rodillo y el siguiente. En cambio, otro ejemplo proporciona cinco unidades de reducción suave con tres rodillos y, por lo tanto, con quince rodillos en total, dispuestos para obtener, en una vista frontal a lo largo de la dirección de alimentación del producto circular colado, una desviación de 15° entre un rodillo y el siguiente, y así sucesivamente. Cuantas más unidades de reducción suave formen el dispositivo, menor será la contribución de la fuerza de prensado radial de los rodillos necesaria para cerrar el cono líquido, puesto que cada uno de ellos contribuye a una reducción parcial, limitando así el efecto de deformación excesivo generado con las soluciones de la técnica anterior con solo dos rodillos.

25 [0031] En otra variante ventajosa, como puede resultar complejo y costoso proporcionar un mayor número de unidades de reducción suave en serie mientras se desvían simultáneamente los rodillos a lo largo de muchos ejes incidentes, se proporciona, en cambio, la disposición de una pluralidad de unidades de reducción suave, preferiblemente cuatro o seis u ocho como máximo, dispuestas en serie y con grupos de tres rodillos desviados 180° adyacentes entre sí. Esta disposición da como resultado que haya doce o dieciocho o veinticuatro rodillos, entre entrada y salida del dispositivo de reducción suave, que, en una vista frontal a lo largo de la dirección de alimentación del producto circular colado, se disponen radialmente con respecto al centro del producto circular colado, con ángulos de 60° entre sí. De este modo, al alternar los ejes de los rodillos con una secuencia del tipo Y-λ o λ-Y, basta con diseñar y construir solo dos tipos separados de unidades de reducción suave.

30 [0032] Ventajosamente, en una variante preferida, además de cerrar el núcleo líquido, las unidades de reducción suave del dispositivo de la invención también son capaces de extraer el producto de la línea de colada al desempeñar una función similar a la de las unidades de extracción y enderezamiento que se utilizan habitualmente en máquinas de colada continua. En esta variante, al menos uno de los rodillos de cada unidad de reducción suave está motorizado. Esta solución permite evitar la instalación, aguas arriba del dispositivo de reducción suave, de una unidad de extracción que debería agarrar o sujetar el intradós y el extradós del producto y arrastrarlo aguas abajo en la primera unidad de reducción suave al mismo tiempo que lo endereza.

35 [0033] Otra ventaja de la presente invención es la posibilidad de proporcionar medios de ajuste de posición para ajustar la posición de los rodillos, de manera que la misma unidad de reducción suave pueda procesar productos con varios diámetros. Por ejemplo, los rodillos se pueden acercar o alejar mutuamente por medio de accionadores hidráulicos, mecanismos de palanca o pantógrafo, u otros.

40 [0034] Además, el movimiento de los rodillos se puede llevar a cabo linealmente a lo largo de guías, bloques deslizantes o elementos similares, o llevarse a cabo por medio de movimientos curvilíneos o una combinación de movimientos lineales y curvilíneos.

45 [0035] Los rodillos de reducción suave también pueden presentar varias formas en el tramo en contacto con la superficie externa del producto colado: pueden, por ejemplo, tener forma de panel plano o estar conformados y unidos con ángulos adecuados para el diámetro del producto que se quiere procesar.

50 [0036] Otra característica de la presente solución es la posibilidad de provocar que el extradós del producto colado coincida con la línea de paso de la línea aguas abajo de la curva de colada. De hecho, puesto que la línea de colada en la que se van a instalar las unidades de reducción suave de la presente invención es para colar varios diámetros de producto, existe la necesidad de modificar ciertas geometrías de la curva de colada, concretamente la disposición de los rodillos de contención y de los medios de enfriamiento, adaptándolos a los de cada producto colado. Normalmente, el conjunto de radios en el que está diseñada una línea de colada se calcula de acuerdo con el extradós de un producto;

por lo tanto, se calculan los rangos mínimo y máximo correspondientes al intradós mínimo y máximo de la gama de productos que se quiere colar.

[0037] En caso de que varíe el radio del extradós, habría problemas para alinear la línea de colada y las unidades de uso general aguas abajo (p. ej., placas de refrigeración, mesas de rodillos, etc.) para cada producto. En cambio, al provocar que el extradós coincida con la línea de paso, correspondiente, por ejemplo, a la placa de refrigeración, dicho problema no existe, ya que la curva de colada y la placa de refrigeración están siempre alineadas. Esta ventaja deriva en que estas unidades de reducción suave también se puedan instalar en líneas de colada ya existentes, puesto que su extensión es estrictamente vertical y garantizan el alineamiento continuo entre colada e instalaciones aguas abajo.

[0038] Las reivindicaciones dependientes describen formas de realización preferidas de la invención.

10 Breve descripción de los dibujos

[0039] Otras características y ventajas de la invención serán más evidentes habida cuenta de la descripción detallada de formas de realización preferidas, aunque no exclusivas, de un dispositivo de reducción suave, que se da a conocer a modo de ejemplo no limitativo con la ayuda de los dibujos adjuntos, en los cuales:

la figura 1 representa un diagrama de una línea de colada que comprende un dispositivo de reducción suave de acuerdo con la invención;

la figura 2 representa una vista lateral de una primera forma de realización de una unidad de reducción suave del dispositivo de la invención;

la figura 3 representa una vista lateral de una segunda forma de realización de una unidad de reducción suave del dispositivo de la invención;

la figura 4 representa una vista lateral de parte de la figura 2 en una primera posición de funcionamiento;

la figura 5 representa una vista lateral de la parte de la figura 4 en una segunda posición de funcionamiento;

la figura 6 representa una vista lateral de la parte de la figura 4 en una tercera posición de funcionamiento;

la figura 7 representa una vista lateral de parte de la figura 3 en una primera posición de funcionamiento;

la figura 8 representa una vista lateral de la parte de la figura 7 en una segunda posición de funcionamiento;

la figura 9 representa una vista lateral de la parte de la figura 7 en una tercera posición de funcionamiento;

la figura 10 representa una vista frontal esquemática de los rodillos de la unidad de reducción suave, en una variante preferida.

[0040] Los mismos números de referencia en los dibujos identifican los mismos elementos o componentes.

Descripción detallada de formas de realización preferidas de la invención

[0041] Con referencia a las figuras, se representa una forma de realización preferida de un dispositivo de reducción suave de acuerdo con la invención, indicado en conjunto con un 1.

[0042] Un dispositivo de reducción suave de este tipo está diseñado para realizar una reducción suave de un producto metálico de sección circular, que presenta un núcleo líquido o parcialmente líquido, esto es, para reducir el espesor de un producto metálico colado de sección circular procedente de una máquina de colada continua. Por lo tanto, cada unidad de reducción suave del dispositivo es sustancialmente diferente de las unidades de guía con rodillos ajustables que guían el producto colado simplemente acompañando al producto metálico durante su avance sin reducir su espesor y, especialmente, sin obtener un cierre controlado y efectivo del cono líquido. Asimismo, como es bien sabido para los expertos en la materia, un dispositivo de reducción suave y una unidad de reducción suave se distinguen bien de un dispositivo de laminación y una unidad de laminación, respectivamente, no solo desde el punto de vista funcional, sino también desde el punto de vista constructivo. De hecho, los dispositivos o unidades de laminación (al contrario que los dispositivos o unidades de reducción suave) están diseñados para reducir el espesor de un producto metálico completamente solidificado (por lo tanto, sin núcleo líquido). Los dispositivos o unidades de laminación están provistos de rodillos de refuerzo, al contrario que los dispositivos o unidades de reducción suave. Los rodillos de refuerzo están presentes en los dispositivos o unidades de laminación para ofrecer un soporte robusto para los rodillos de funcionamiento, ayudando así a garantizar un correcto funcionamiento de todo el tren de laminación. Además, las fuerzas que actúan sobre el producto metálico en un dispositivo de laminación son distintas de las fuerzas que actúan sobre el producto metálico en un dispositivo de reducción suave, habida cuenta de la diferencia de consistencia entre un producto completamente solidificado y un producto de colada. Las diversas diferencias constructivas entre dispositivos de reducción suave y dispositivos de laminación también se reflejan en su coste, ya que estos últimos cuestan al menos dos veces más que los dispositivos de reducción suave.

[0043] La figura 1 muestra parte de una planta para una producción continua de productos metálicos de sección circular comprendiendo:

- una máquina de colada continua provista de al menos un cristalizador de sección circular 4 y una respectiva curva de colada 5;

- un dispositivo de reducción suave 1 dispuesto cerca del extremo de la respectiva curva de colada 5,
- y una línea de procesamiento 6 del producto metálico de sección circular, dispuesta aguas abajo del dispositivo de reducción suave 1.

5 **[0044]** El dispositivo de reducción suave 1 comprende al menos dos unidades de reducción suave 2, 3 dispuestas en serie a lo largo de la dirección de alimentación del producto metálico.

[0045] Ventajosamente, cada unidad de reducción suave 2, 3 está provista de un grupo de solo tres rodillos dispuestos a 120° entre sí, y el grupo de tres rodillos de una unidad de reducción suave está desviado en un ángulo predeterminado con respecto al grupo de tres rodillos de la siguiente unidad de reducción suave.

10 **[0046]** En la variante de la figura 1, se proporcionan cuatro unidades de reducción suave 2, 3, 2', 3' y el grupo de tres rodillos de una unidad de reducción suave está desviado 180° con respecto al grupo de tres rodillos de la unidad de reducción suave posterior y adyacente. Así, las unidades de reducción suave indicadas con los números 2, 2' presentan una disposición angular equivalente de los tres rodillos, desviada 180° con respecto a la disposición angular equivalente de los tres rodillos de las unidades de reducción suave indicadas con los números 3, 3'.

15 **[0047]** En el ejemplo de la figura 1, al menos las primeras unidades de reducción suave del dispositivo de la invención se sitúan a lo largo de la parte final de la curva de colada 5 y también actúan como unidades de extracción y enderezamiento.

[0048] En otro ejemplo (no representado), todas las unidades de reducción suave se disponen paralelas entre sí a lo largo de un tramo de planta completamente rectilíneo, esto es, completamente después de la curva de colada 5. Aquí, se proporcionan unidades de extracción y enderezamiento específicas aguas arriba del dispositivo de la invención.

20 **[0049]** En cambio, en otra variante de la invención, se proporcionan solo dos unidades de reducción suave y el grupo de tres rodillos de la primera unidad de reducción suave está desviado 180° con respecto al grupo de tres rodillos de una segunda unidad de reducción suave, que es posterior y adyacente a la primera unidad de reducción suave.

25 **[0050]** Otras variantes pueden incluir, por ejemplo, el uso de cuatro, seis u ocho unidades de reducción suave, estando el grupo de tres rodillos de una unidad de reducción suave desviado 180° con respecto al grupo de tres rodillos de la unidad de reducción suave posterior y adyacente.

[0051] En todas estas variantes, la disposición angular entre las unidades de rodillos da como resultado que haya una pluralidad de rodillos, entre entrada y salida del dispositivo de reducción suave, que, en una vista frontal a lo largo de la dirección de alimentación del producto metálico, se disponen radialmente con respecto al centro del propio producto, por ejemplo, con ángulos de 60° entre sí, como se muestra en la figura 10.

30 **[0052]** Cuantas más unidades de reducción suave formen el dispositivo, menor será la contribución de la fuerza de prensado radial que debería asegurar cada unidad de reducción suave para cerrar el cono líquido, ya que cada una de ellas contribuye a reducir parcialmente el espesor del producto metálico.

[0053] Una ventaja adicional de la presente invención es la posibilidad de ajustar la posición de los rodillos de cada unidad de reducción suave para adaptar el dispositivo al procesamiento de productos metálicos de diversos diámetros.

35 **[0054]** Ventajosamente, cada unidad de reducción suave puede estar provista de medios de ajuste para ajustar la posición de al menos dos rodillos de los tres rodillos, estando configurados los medios de ajuste para ajustar la posición de los rodillos con respecto al centro del producto metálico que se va a prensar, es decir, con respecto al eje de avance del producto metálico que se va a prensar, al mismo tiempo que se mantienen los planos de la línea central de los tres rodillos, que son perpendiculares a los respectivos ejes de rotación de dichos tres rodillos, a 120° entre sí en cualquier posición de funcionamiento. De este modo, los tres rodillos aplican siempre fuerzas equivalentes de prensado radiales a 120° entre sí, dirigidas al centro del producto metálico, durante el paso del producto metálico en una zona delimitada por los tres rodillos, y el vector resultante de dichas fuerzas de prensado radiales es igual a cero.

40 **[0055]** En una forma de realización preferida representada en las figuras 2 y 3, las unidades de reducción suave 2 y/o 2' comprenden un rodillo superior 7 que presenta un eje de rotación horizontal y está dispuesto sobre dos rodillos inferiores 8, 9 que presentan un eje de rotación inclinado con respecto a la horizontal, mientras que las segundas unidades de reducción suave posteriores y adyacentes 3 y/o 3' comprenden un rodillo inferior 10 que presenta un eje de rotación horizontal y está dispuesto de manera fija bajo dos rodillos superiores 11, 12 que presentan un eje de rotación inclinado con respecto a la horizontal, o viceversa. La configuración de los rodillos de la unidad de reducción suave en la figura 3 puede definirse como una configuración en forma de Y, y la configuración de los rodillos de la unidad de reducción suave en la figura 2 puede definirse como una configuración en forma de Y al revés o una configuración en forma de A (lambda), teniendo en cuenta la disposición de los planos de la línea central de los rodillos, que son ortogonales a los respectivos ejes de rotación. Para mejorar la función de extracción y enderezamiento, es preferible proporcionar, a lo largo de la dirección de alimentación del producto, una unidad de reducción suave que presente una configuración de A (lambda), (como la que se muestra en la figura 2), como primera unidad de reducción suave.

55 **[0056]** Sin embargo, aquí, no es necesario que el rodillo 7 de las unidades de reducción suave 2 y/o 2' y el rodillo 10 de las unidades de reducción suave 3 y/o 3' presenten un eje de rotación horizontal. De hecho, dichos rodillos 7, 10 podrían presentar un eje de rotación que esté inclinado en un ángulo distinto de cero con respecto a la horizontal.

[0057] Preferiblemente, al menos un rodillo de dichos tres rodillos está motorizado en cada unidad de reducción suave. En una variante preferida, únicamente el rodillo 7, 10 que presenta un eje de rotación horizontal está motorizado. Por ejemplo, en la figura 2, el rodillo superior 7 está conectado a un árbol 13, opcionalmente a una extensión, que se puede accionar mediante el motor 14, mientras que el rodillo inferior 10 en la figura 3 está conectado a un árbol 15, opcionalmente a una extensión, que se puede accionar mediante el motor 16.

[0058] En otras variantes, solo dos rodillos o los tres rodillos están motorizados. Esta motorización de al menos un rodillo permite evitar el uso de unidades de extracción aguas arriba del dispositivo de reducción suave para extraer el producto de la curva de colada.

[0059] En la unidad de reducción suave 2 que se muestra en la figura 2, los medios de ajuste de posición están adaptados para ajustar la posición de los tres rodillos 7, 8, 9; mientras que, en la unidad de reducción suave 3 que se muestra en la figura 3, los medios de ajuste de posición están adaptados para ajustar únicamente la posición de los dos rodillos superiores 11, 12.

[0060] Los medios de ajuste en la unidad de reducción suave 2 comprenden:

- primeros medios de traslación, adaptados para trasladar el rodillo superior 7 a lo largo de uno de sus planos de la línea central que es ortogonal a su eje de rotación, por ejemplo, adaptado para trasladar verticalmente en caso del eje de rotación horizontal del rodillo 7 y la unidad de reducción suave 2 dispuesta con su eje longitudinal W;
- y segundos medios de traslación adaptados para trasladar los dos rodillos inferiores 8, 9, dispuestos a 120° entre sí y con respecto al rodillo superior 7, a lo largo de los respectivos planos inclinados X, Z. Los dos planos inclinados X, Z son convergentes y simétricos con respecto al plano de la línea central del rodillo superior 7. En una variante preferida, los planos inclinados X, Z forman un ángulo de 30° con respecto a la horizontal. Los rodillos inferiores 8, 9 tienen plano de línea central, que son ortogonales a los respectivos ejes de rotación, inclinados en un ángulo distinto de cero con respecto a los planos X, Z y dispuestos a 120° del plano de la línea central del rodillo superior 7, coincidiendo así con un plano vertical en caso de que el rodillo superior presente un eje de rotación horizontal.

[0061] Dichos primeros medios de traslación comprenden, por ejemplo, un primer cilindro 17 que presenta un eje vertical cuando el rodillo 7 tiene un eje de rotación horizontal y la unidad de reducción suave 2 está dispuesta con su eje longitudinal W vertical, y dichos segundos medios de traslación comprenden al menos un segundo cilindro 18 para cada rodillo inferior 8, 9, adaptado para mover linealmente el respectivo rodillo inferior a lo largo de una respectiva guía fija 19, o bloque deslizante fijo, donde la guía fija está inclinada conforme al respectivo plano X, Z. En una variante, se proporcionan, por ejemplo, dos cilindros 18 para cada rodillo inferior 8, 9.

[0062] Las figuras 4 a 6 muestran tres posiciones adoptadas por los tres rodillos 7, 8, 9 para adaptarse al diámetro del producto metálico en el que se va a realizar la reducción suave. Se pueden proporcionar sensores para detectar la posición angular de los rodillos 7, 8, 9 entre sí, y/o medios de sincronización para sincronizar el accionamiento del primer cilindro 17 y de los segundos cilindros 18.

[0063] En una variante preferida, los medios de ajuste en la unidad de reducción suave 3 (figura 3) comprenden:

- un mecanismo de palanca simétrico 20 conectado de manera simétrica a los dos rodillos superiores 11, 12, siendo las palancas simétricas con respecto a un plano de la línea central V del rodillo inferior 10 ortogonal al eje de rotación del propio rodillo inferior 10,
- y un medio de accionamiento de dicho mecanismo de palanca simétrico 20.

[0064] El plano de la línea central V es un plano vertical cuando el rodillo 10 presenta un eje de rotación horizontal. Por ejemplo, dicho medio de accionamiento es un cilindro 21, por ejemplo, un cilindro hidráulico, que presenta un eje vertical cuando el rodillo 10 tiene un eje de rotación horizontal y la unidad de reducción suave 3 se dispone con su eje longitudinal vertical.

[0065] Las figuras 7 a 9 muestran tres posiciones adoptadas por los rodillos superiores 11, 12, para adaptarse al diámetro del producto metálico en el que se va a realizar la reducción suave, estando el rodillo inferior 10 en posición fija.

[0066] El mecanismo de palanca simétrico 20 puede comprender, por ejemplo:

- un elemento móvil o elemento de presión 30, que se desliza a lo largo del plano V, sobre el que actúa el cilindro 21;
- dos primeras palancas 23, que son simétricas con respecto al plano V, articuladas en un primer extremo del elemento de presión 30 por medio de un respectivo perno 22;
- dos juntas 25, que son simétricas con respecto al plano V, por ejemplo, con forma de placa sustancialmente triangular, presentando un primer vértice articulado a un segundo extremo de una respectiva primera palanca 23 por medio de un respectivo perno 24, y un segundo vértice articulado por medio de un respectivo perno fijo 26 a la estructura de la unidad de reducción suave;
- dos segundas palancas 27, que son simétricas con respecto al plano V, articuladas en un primer extremo de las mismas por medio de un respectivo perno 28 al tercer vértice de la respectiva junta 25, y articuladas en un segundo extremo de las mismas por medio de un respectivo perno 31 a un respectivo dispositivo soporte de rodillo 29.

[0067] Por lo tanto, cada junta 25 conecta una primera palanca 23 a la respectiva segunda palanca 27. Cada dispositivo soporte de rodillo 29 soporta uno de los dos rodillos superiores 11, 12 de la unidad de reducción suave 3, que se

disponen a 120° entre sí y con respecto al rodillo inferior 10, y está configurado para deslizarse a lo largo de un respectivo plano inclinado X', Z'. Los dos planos inclinados X', Z' son convergentes y simétricos con respecto al plano V.

[0068] Cuando el dispositivo soporte de rodillo 29 se desliza, desplaza linealmente el respectivo rodillo superior 11, 12 a lo largo de una relativa guía fija, o bloque deslizante fijo, que está inclinado conforme al respectivo plano X', Z'.

5 [0069] En una variante preferida, los planos X', Z' forman un ángulo de 30° con respecto al plano V.

[0070] Los rodillos superiores 11, 12 tienen planos de línea central, que son ortogonales a los respectivos ejes de rotación, inclinados en un ángulo distinto de cero con respecto a los planos X', Z' y dispuestos a 120° del plano de la línea central del rodillo inferior fijo 10, coincidiendo con el plano vertical V en caso de que el rodillo 10 presente un eje de rotación horizontal.

10 [0071] Con referencia a las figuras 3 y 7 a 9, se describe a continuación la secuencia de movimientos del mecanismo 20 anteriormente mencionado.

[0072] El cilindro 21, que controla el movimiento y ajusta el prensado de los rodillos superiores 11, 12, presiona el elemento de presión 30 que se desliza hacia abajo a lo largo del plano V.

15 [0073] Como se muestra en el paso de la figura 7 a la figura 8, los pernos 22, que están integrados en el elemento de presión 30, se deslizan hacia abajo, bajando así las primeras palancas 23, cuyos segundos extremos se ensanchan simultáneamente hacia fuera (véase la posición de los pernos 24 en la figura 8).

20 [0074] Este movimiento de las primeras palancas 23 provoca una rotación de las juntas 25 alrededor de los pernos fijos 26, que produce un empuje hacia abajo de los pernos 28 y, por lo tanto, de las segundas palancas 27. En la configuración de la figura 8, los pernos 28 están alineados con los respectivos pernos 24 de las primeras palancas 23 y con los pernos 31 de los respectivos dispositivos soportes de rodillo 29.

25 [0075] El movimiento hacia abajo de los pernos 28 provoca un movimiento hacia abajo de los dispositivos soportes de rodillo 29. En concreto, el alineamiento de los pernos 28 con los pernos 24 y los pernos 31 permite una transmisión de una fuerza lineal que provoca que los dispositivos soportes de rodillo 29 se deslicen sobre los respectivos bloques deslizantes o guías fijas, desplazando por tanto linealmente hacia abajo los rodillos 11, 12 a lo largo de los planos inclinados X', Z'.

[0076] Como se muestra en el paso de la figura 8 a la figura 9, la máxima presión del cilindro 21 da como resultado una rotación adicional de las juntas 25 alrededor de los pernos fijos 26 y la máxima disminución simultánea de los dispositivos soportes de rodillo 29, con los rodillos asociados 11, 12, a lo largo de los bloques deslizantes o guías fijas 32 (figura 3).

30 [0077] Se pueden proporcionar sensores para detectar la posición angular de los rodillos 10, 11, 12 entre sí.

35 [0078] En una variante alternativa (no representada), los medios de ajuste en la unidad de reducción suave 3 (figura 3) pueden comprender, en cambio, dos medios de accionamiento, por ejemplo, dos cilindros, dispuestos simétricamente con respecto al plano V y adaptados para provocar que los dispositivos soportes de rodillo 29 se deslicen sobre los respectivos bloques deslizantes o guías fijas, moviendo de este modo linealmente hacia abajo los rodillos superiores 11, 12 a lo largo de los planos inclinados X', Z'. En esta variante, se pueden proporcionar sensores para detectar la posición angular de los rodillos 10, 11, 12 entre sí, y/o medios de sincronización para sincronizar el accionamiento de los dos medios de accionamiento.

40 [0079] Otra ventaja de la presente invención radica en el hecho de que los medios de ajuste de la posición de los rodillos anteriormente descritos se pueden utilizar para provocar que el extradós del producto metálico colado coincida con la línea de paso de la línea de procesamiento aguas abajo de la curva de colada.

[0080] Ventajosamente, los rodillos inferiores 8, 9 y 10 de las al menos dos unidades de reducción suave 2, 3 se sitúan de tal manera que el extradós de la curva de colada 5 aguas arriba coincide con la línea de paso de la línea de procesamiento 6 aguas abajo (figura 1).

45 [0081] En concreto, el rodillo inferior fijo 10 de las unidades de reducción suave 3, 3', esto es, aquellas con una configuración de los rodillos de reducción suave que presentan forma de Y, está dispuesto para provocar que su superficie de apoyo para el producto metálico de avance coincida con la línea de paso de la línea de procesamiento 6; mientras que la posición de los dos rodillos inferiores 8, 9 de las unidades de reducción suave 2, 2', es decir, aquellas con una configuración de los rodillos de reducción suave que presentan forma de A o de Y al revés, se puede ajustar, mediante los medios de ajuste anteriormente mencionados, para que el extradós del producto metálico de avance coincida con la línea de paso de la línea de procesamiento 6.

50 [0082] El ajuste de la posición de los rodillos inferiores 8, 9 se puede llevar a cabo, por ejemplo, debido a la automatización de la planta que, a través de dispositivos de medición instalados a lo largo de la línea de colada y en el propio dispositivo de reducción suave, puede medir la sección colada y calcular la altura correcta en la que ajustar dichos rodillos inferiores, con el fin de provocar que la línea de paso coincida con el extradós del producto, consiguiendo así el tratamiento de reducción adecuado para el modelo térmico configurado para el tipo de producto procesado. Las presiones de prensado de las diversas unidades que forman el dispositivo de reducción suave también se pueden configurar mediante la automatización, logrando así la denominada reducción suave dinámica. Por lo tanto, el núcleo

líquido del producto se prensará sin duda de manera óptima, mientras se mantiene simultáneamente en una forma final lo más cercana posible a la forma circular.

[0083] Por consiguiente, un proceso de producción continua de productos metálicos de sección circular de acuerdo con la invención comprende:

- 5 – colar de manera continua un producto metálico de sección circular por medio de una máquina de colada continua provista de al menos un cristalizador 4 de sección circular y una respectiva curva de colada 5;
- llevar a cabo una reducción suave de dicho producto metálico de sección circular, al mismo tiempo que se mantiene la sección circular en toda la operación de reducción suave por medio del dispositivo de reducción suave 1 dispuesto cerca del extremo de la respectiva curva de colada 5;
- 10 – procesar el producto metálico de sección circular que sale de dicho dispositivo de reducción suave 1 por medio de la línea de procesamiento 6.

[0084] Ventajosamente, durante la reducción suave, se puede proporcionar un ajuste de la posición de al menos dos rodillos de los tres rodillos de la unidad de reducción suave con respecto al centro del producto metálico que se va a prensar, de manera que se mantengan los planos de la línea central de los tres rodillos, que son perpendiculares a los respectivos ejes de rotación de dichos tres rodillos, a 120° entre sí en cualquier posición de funcionamiento, adaptando las unidades de reducción suave al diámetro del producto metálico que pasa en la zona delimitada por los tres rodillos respectivos. De este modo, dichos tres rodillos aplican fuerzas equivalentes de prensado radiales a 120° entre sí, dirigidas al centro del producto metálico, y el vector resultante de dichas fuerzas de prensado radiales es igual a cero.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de reducción suave (1) de un producto de colada hecho de metal con una sección circular que presenta un núcleo líquido o parcialmente líquido, para reducir el espesor de dicho producto de colada, procedente de una máquina de colada continua, al mismo tiempo que se mantiene la sección circular, comprendiendo el dispositivo al menos dos unidades de reducción suave (2, 3), donde dichas al menos dos unidades de reducción suave (2, 3) se disponen en serie, donde cada unidad de reducción suave (2, 3) está provista de un grupo de solo tres rodillos dispuestos a 120° entre sí, y donde el grupo de tres rodillos (7, 8, 9) de una unidad de reducción suave está desviado en un ángulo predeterminado con respecto al grupo de tres rodillos (10, 11, 12) de una unidad de reducción suave adyacente.
2. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde dicho ángulo predeterminado es de 180°.
3. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde solo se proporcionan dos unidades de reducción suave (2, 3) y el grupo de tres rodillos de una primera unidad de reducción suave (2) está desviado 180° con respecto al grupo de tres rodillos de una segunda unidad de reducción suave (3), que es posterior y adyacente a la primera unidad de reducción suave (2).
4. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, donde se proporcionan entre tres y ocho unidades de reducción suave.
5. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde se proporcionan cuatro unidades de reducción suave (2, 3, 2', 3') y el grupo de tres rodillos de una unidad de reducción suave (2, 2') está desviado 180° con respecto al grupo de tres rodillos de la unidad de reducción suave posterior y adyacente (3, 3').
6. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde cada unidad de reducción suave está provista de medios de ajuste de posición para ajustar la posición de al menos dos rodillos de dichos tres rodillos, adaptados para ajustar la posición de los rodillos con respecto al centro del producto metálico que se va a prensar manteniendo los planos de la línea central de los tres rodillos, que son perpendiculares a los respectivos ejes de rotación de dichos tres rodillos, a 120° entre sí en cualquier posición de funcionamiento.
7. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde una primera unidad de reducción suave (2) comprende un rodillo superior (7) que presenta un respectivo eje de rotación, preferiblemente horizontal, y dispuesto sobre dos rodillos inferiores (8, 9) que presentan un eje de rotación inclinado en un ángulo de 60° con respecto al eje de rotación del rodillo superior, mientras que la segunda unidad de reducción suave (3) posterior y adyacente comprende un rodillo inferior (10) que presenta un respectivo eje de rotación, preferiblemente horizontal, y dispuesto fijamente bajo dos rodillos superiores (11, 12) que presentan un eje de rotación inclinado en un ángulo de 60° con respecto al eje de rotación del rodillo inferior, o viceversa.
8. Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde al menos un rodillo de dichos tres rodillos está motorizado en cada unidad de reducción suave.
9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, donde en dicha primera unidad de reducción suave (2) los medios de ajuste de posición están adaptados para ajustar la posición de los tres rodillos (7, 8, 9), mientras que en dicha segunda unidad de reducción suave (3) los medios de ajuste de posición están adaptados para ajustar únicamente la posición de los dos rodillos superiores (11, 12).
10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9, donde los medios de ajuste de posición de dicha primera unidad de reducción suave (2) comprenden unos primeros medios de traslación, adaptados para trasladar el rodillo superior (7) a lo largo de un plano de la línea central de este que es perpendicular al respectivo eje de rotación, y segundos medios de traslación adaptados para trasladar los dos rodillos inferiores (8, 9) a lo largo de respectivos planos inclinados (X, Z), siendo los dos planos inclinados (X, Z) convergentes y simétricos con respecto al plano de la línea central del rodillo superior (7).
11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, donde dichos primeros medios de traslación comprenden un primer cilindro (17), y dichos segundos medios de traslación comprenden al menos un segundo cilindro (18) para cada rodillo inferior (8, 9), adaptado para desplazar linealmente el respectivo rodillo inferior a lo largo de una guía fija.
12. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, donde los medios de ajuste de posición de dicha segunda unidad de reducción suave (3) comprenden
- un mecanismo de palanca simétrico (20) conectado simétricamente a los dos rodillos superiores (11, 12), siendo las palancas simétricas con respecto a un plano de la línea central del rodillo inferior (10) ortogonal al eje de rotación de dicho rodillo inferior,
 - y un medio de accionamiento de dicho mecanismo de palanca simétrico (20),
- estando configurado dicho mecanismo de palanca simétrico (20) para trasladar los dos rodillos superiores (11, 12) a lo largo de respectivos planos inclinados (X', Z'), siendo los dos planos inclinados (X', Z') convergentes y simétricos con respecto a dicho plano de la línea central del rodillo inferior (10).
13. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 12, donde dicho medio de accionamiento es un cilindro (21).

- 5 **14.** Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, donde los medios de ajuste de posición en dicha segunda unidad de reducción suave (3) comprenden dos medios de accionamiento, dispuestos simétricamente con respecto a un plano central del rodillo inferior (10) ortogonal al eje de rotación de dicho rodillo inferior, estando adaptados dichos medios de accionamiento para desplazar los rodillos superiores (11, 12) linealmente a lo largo de respectivos planos inclinados (X', Z'), siendo los dos planos inclinados (X', Z') convergentes y simétricos con respecto a dicho plano central del rodillo inferior (10).
- 10 **15.** Planta para una producción continua de productos metálicos de sección circular comprendiendo una máquina de colada continua provista de al menos un cristalizador (4) de sección circular y una respectiva curva de colada (5);
un dispositivo de reducción suave (1) de acuerdo con la reivindicación 1 dispuesto cerca del extremo de la respectiva curva de colada (5),
una línea de procesamiento (6) del producto metálico de sección circular que sale de dicho dispositivo de reducción suave (1),
donde los rodillos inferiores de las al menos dos unidades de reducción suave se sitúan de tal manera que el extradós de la curva de colada coincide con la línea de paso de dicha línea de procesamiento.
- 15 **16.** Proceso de producción continua de productos metálicos de sección circular, por medio de una planta de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende las siguientes etapas:
- 20 - colar de manera continua un producto metálico de sección circular por medio de una máquina de colada continua provista de al menos un cristalizador (4) de sección circular y una respectiva curva de colada (5);
- realizar una reducción suave de dicho producto metálico de sección circular, al mismo tiempo que se mantiene la sección circular en toda la operación de reducción suave por medio del dispositivo de reducción suave (1) dispuesto cerca del extremo de la respectiva curva de colada (5);
- procesar el producto metálico de sección circular que sale de dicho dispositivo de reducción suave (1) por medio de la línea de procesamiento (6).

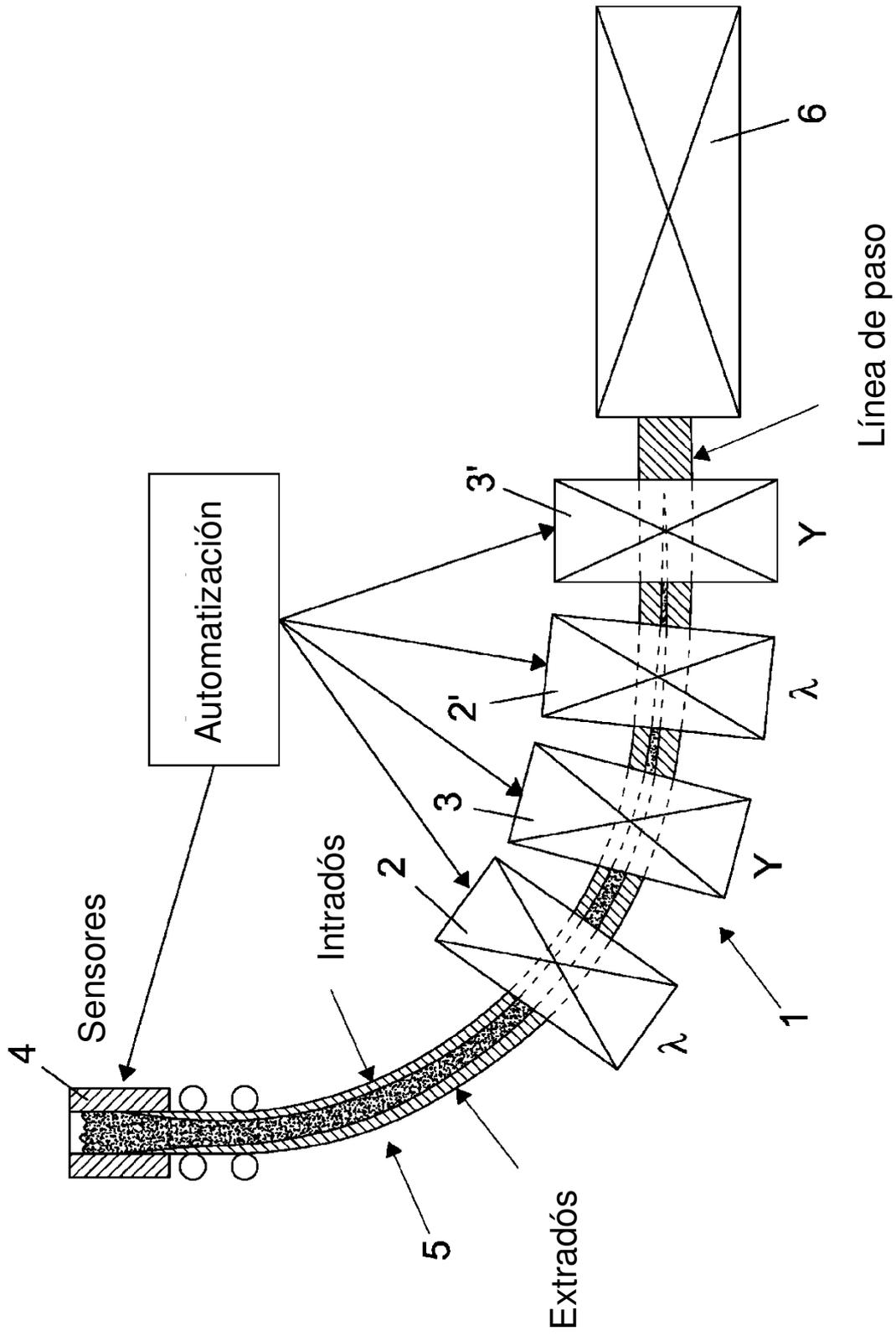


Fig. 1

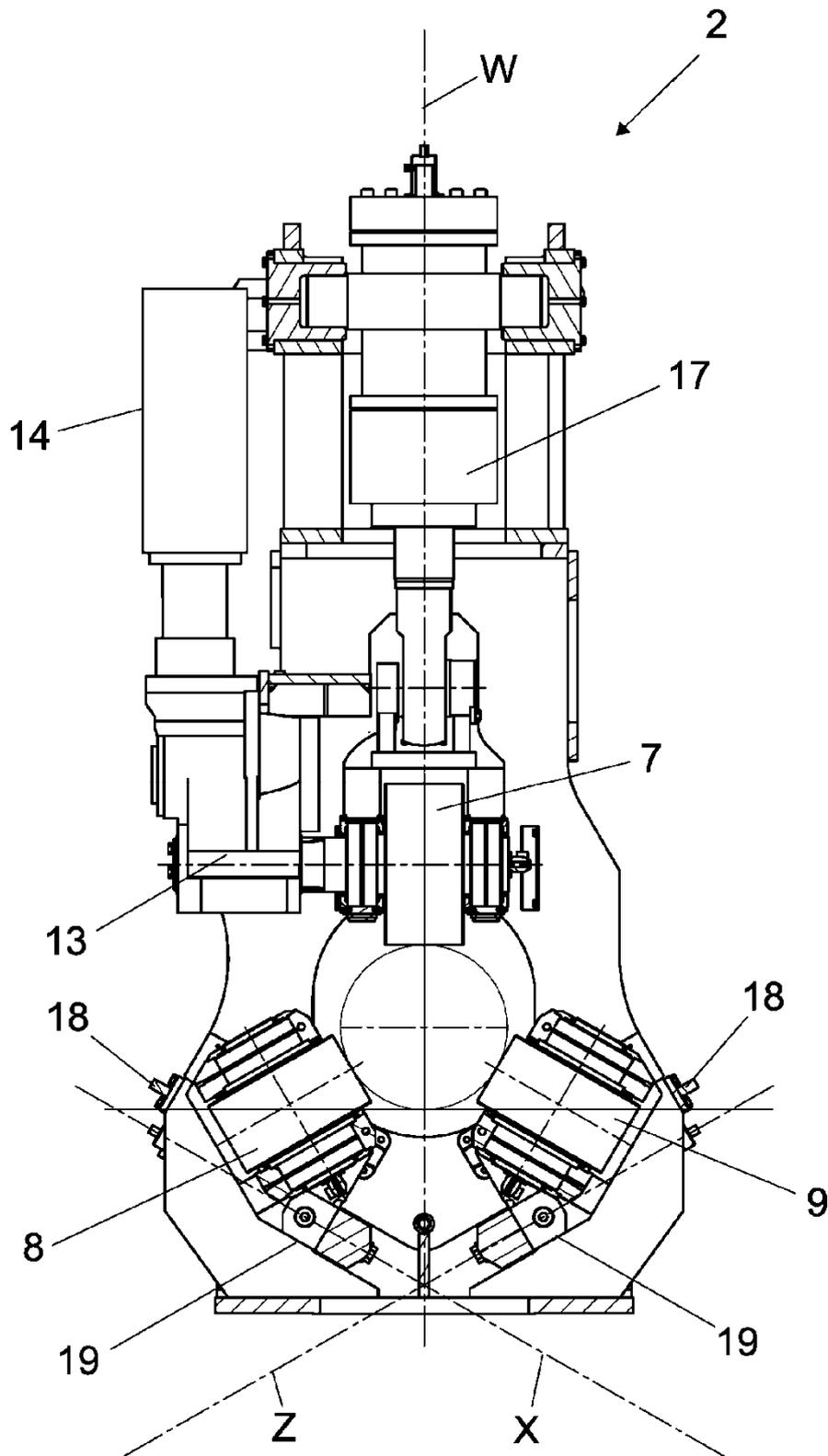


Fig. 2

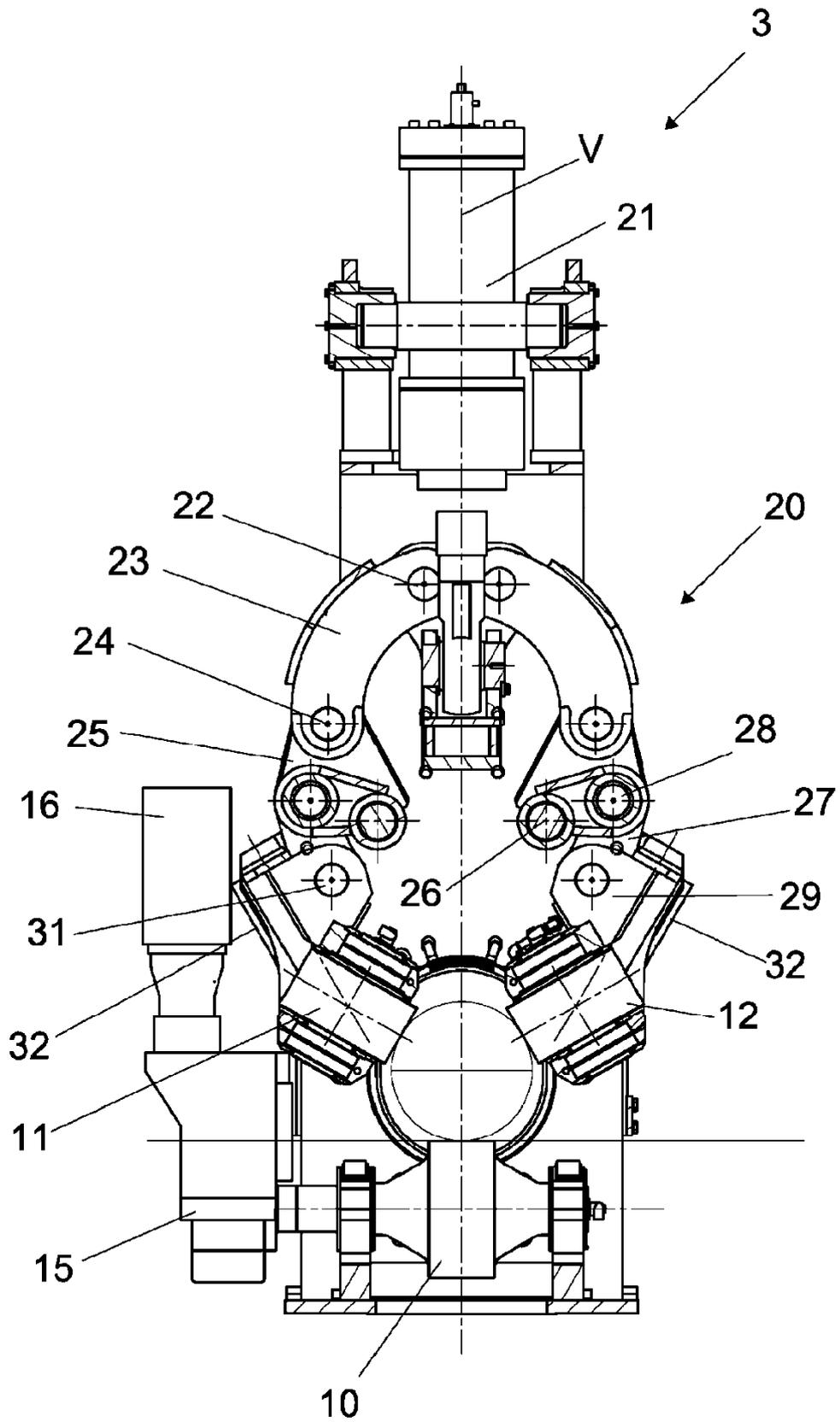


Fig. 3

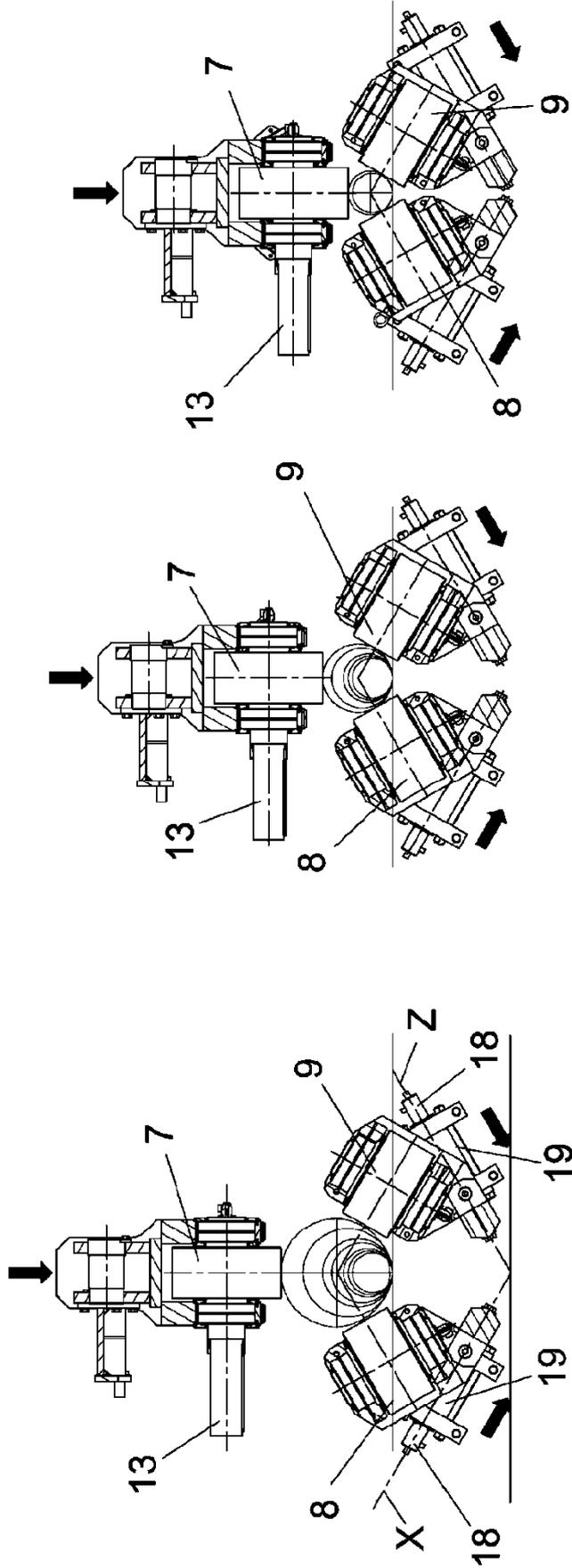


Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6

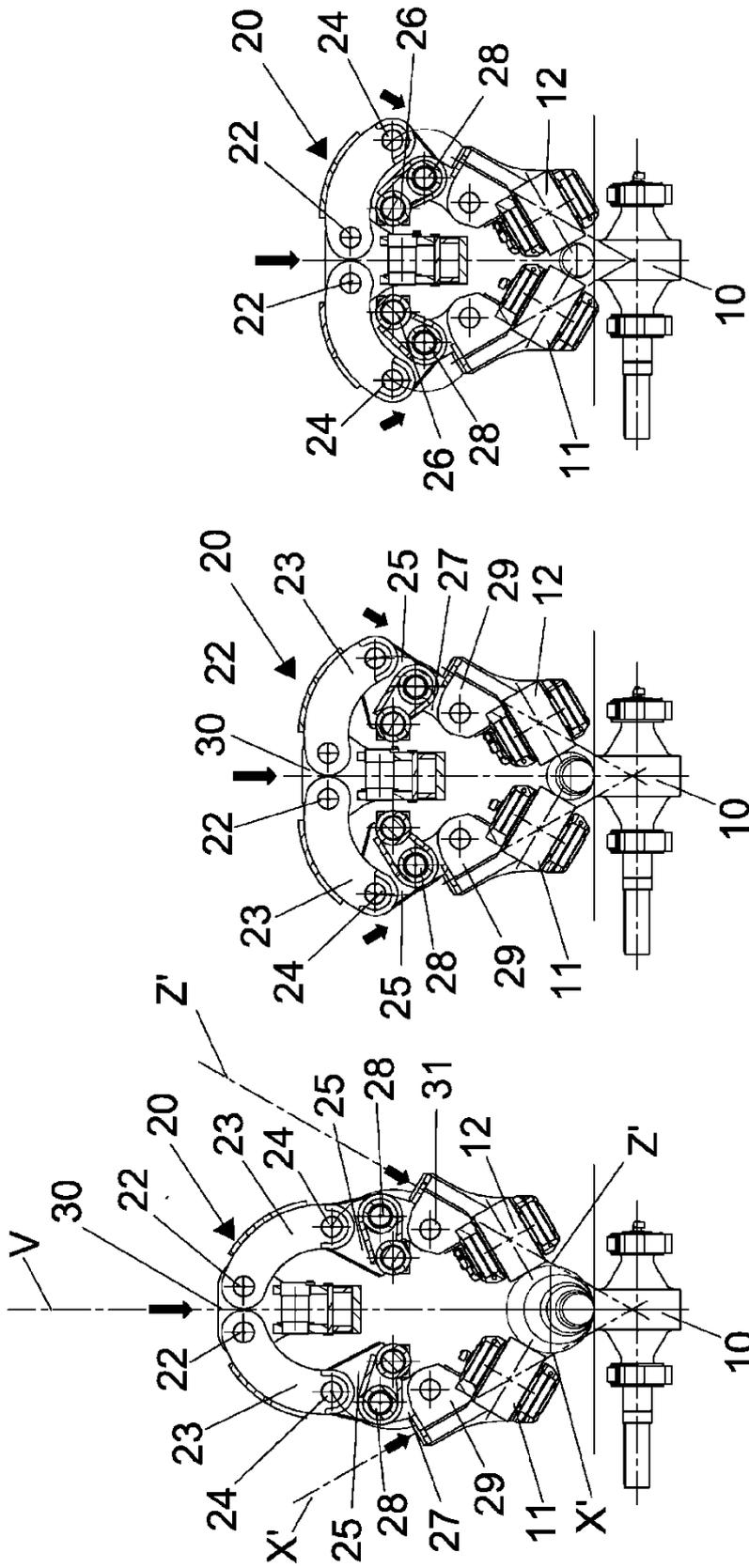


Fig. 7

Fig. 8

Fig. 9

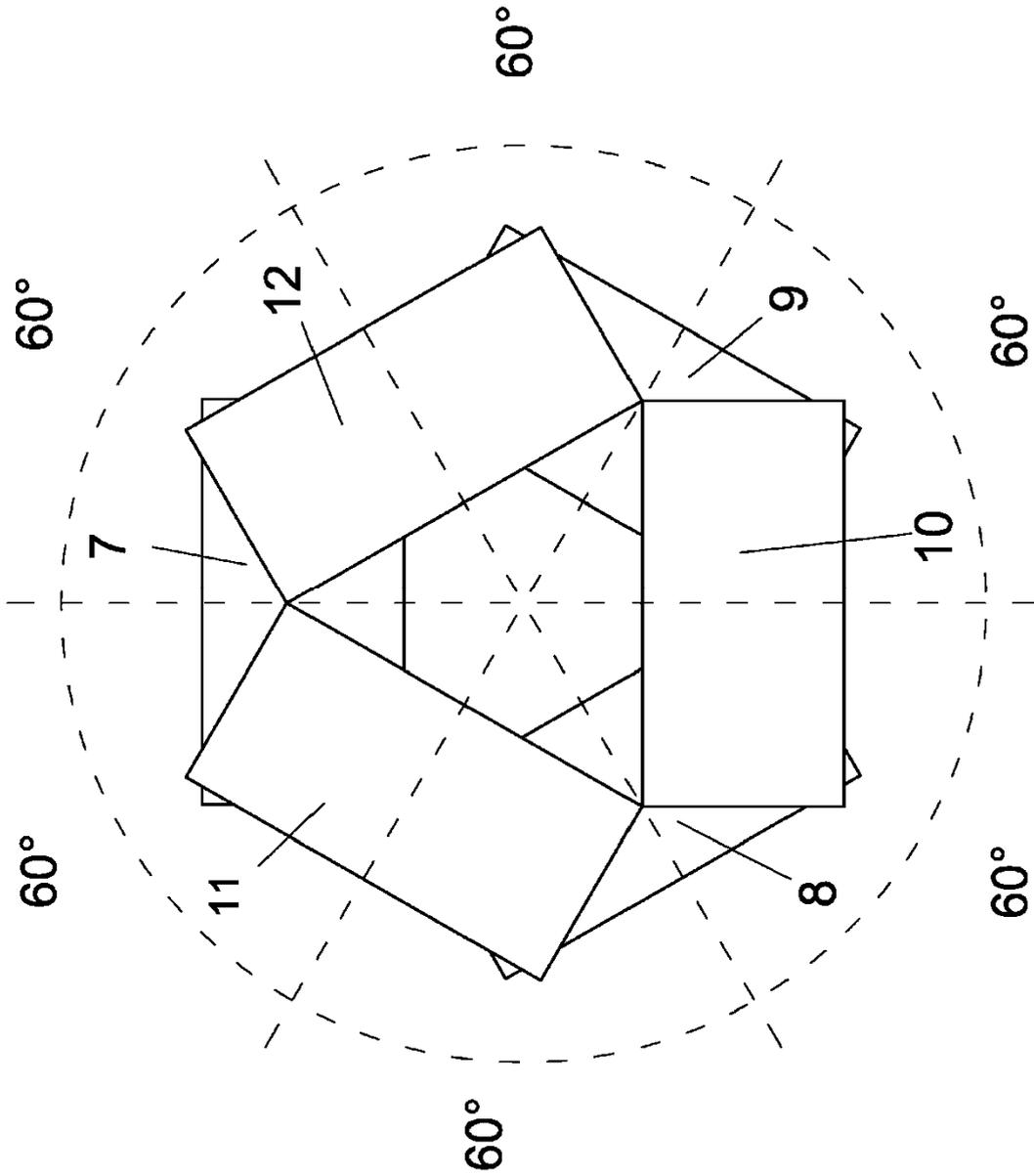


Fig. 10