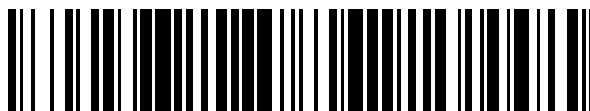


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 388 358**

51 Int. Cl.:

E21D 9/11

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08250521 .5**

96 Fecha de presentación: **13.02.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **1959093**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.08.2008**

54 Título: **Máquina de escudo**

30 Prioridad:
16.02.2007 JP 2007036154

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
11.10.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
11.10.2012

73 Titular/es:
**KAWASAKI JUKOGYO KABUSHIKI KAISHA
1-1 HIGASHIKAWASAKI-CHO
3-CHOME, CHUO-KU
KOBE SHI, HYOGO 650-8670, JP**

72 Inventor/es:
**Kondo, Yasunori y
Kishimoto, Koki**

74 Agente/Representante:
de Elzaburu Márquez, Alberto

ES 2 388 358 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 escudo.

5 La presente invención se refiere a una máquina de escudo capaz de perforar un túnel que tiene una sección transversal ovalada.

10 Usualmente, una máquina de escudo incluye un cuerpo principal de la máquina de escudo, que tiene un cuerpo o estructura, una pluralidad de gatos de escudo que hacen que el cuerpo principal de la máquina de escudo se mueva y un cabezal cortador rotatorio que perfora un terreno natural en un lado extremo delantero de dicho cuerpo principal. Generalmente, la estructura del cuerpo principal de la máquina de escudo está formada para tener una configuración cilíndrica, y el cabezal cortador, que tiene el mismo diámetro que la estructura, está equipado con una pluralidad de elementos cortadores sobre una superficie delantera del mismo. El cabezal cortador está montado en una parte lateral extrema delantera del cuerpo principal de la máquina de escudo, para ser giratorio alrededor de un eje central de dicho cuerpo principal de la máquina de escudo, y se hace girar, por ejemplo mediante una pluralidad de motores hidráulicos, para perforar un túnel que tiene una sección transversal circular.

15 En los últimos años, se han propuesto y utilizado, en la práctica, máquinas de escudo capaces de perforar túneles que tienen diversas secciones transversales, tales como una sección transversal rectangular y una sección transversal elíptica, además de la sección transversal circular.

20 En una máquina de escudo de sección libre, descrita en la publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar número 9-119288, un engranaje fijo está montado en un árbol fijo que tiene un eje concéntrico con el eje central del cuerpo principal de la máquina de escudo, el engranaje fijo está engranado con un engranaje planetario y el engranaje planetario está engranado con un primer engranaje. Una primera carcasa está dispuesta para ser giratoria alrededor del árbol fijo, la primera carcasa aloja el engranaje fijo, el engranaje planetario y el primer engranaje, y el engranaje planetario está soportado a rotación mediante la primera carcasa. Una segunda carcasa sobresale hacia delante de una zona de la primera carcasa que está próxima a su periferia exterior, una parte extrema trasera de un tramo de un árbol hueco de la segunda carcasa está ajustada internamente a rotación en la primera carcasa, el tramo del árbol hueco está fijado al primer engranaje y la segunda carcasa gira integralmente con el primer engranaje.

25 Un miembro del eje está introducido a rotación a través del tramo del árbol hueco de la segunda carcasa, un segundo engranaje está montado en una parte extrema delantera del miembro del árbol y el segundo engranaje está engranado con un tercer engranaje. Una parte de un brazo hueco de la segunda carcasa aloja los engranajes segundo y tercero para soportar a rotación dichos engranajes, y el tercer engranaje está provisto de un cabezal cortador rotatorio. El cabezal cortador se hace girar mediante un motor de accionamiento de la carcasa alrededor del árbol fijo a través de las carcasas primera y segunda. Conjuntamente con esta rotación, el cabezal cortador se hace girar alrededor del árbol fijo a través del engranaje fijo, el engranaje planetario, el primer engranaje y la segunda carcasa. La sección transversal del túnel perforado cambia dependiendo de la relación entre el número de dientes del engranaje fijo y el número de dientes del primer engranaje, y es posible perforar un túnel que tenga una sección transversal ovalada, cuando la relación es 2 : 1. Ya que la mayor parte de la primera carcasa penetra en una cámara formada sobre una parte extrema delantera de la máquina de escudo, el barro de perforación tiende a adherirse a dicha primera carcasa.

30 Una máquina de escudo para un túnel de sección transversal poco profunda, descrita en la publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar número 2000-328872, incluye un disco cortador principal circular y un par de cabezales cortadores derecho e izquierdo de pivotamiento dispuestos en partes ligeramente inferiores por ambos lados del disco cortador principal, para estar situados por detrás de dicho disco y muy próximos al mismo. El cabezal cortador de pivotamiento está construido para tener una forma en sectores que incluye una pluralidad de radios cortadores y cuyo ángulo abierto es aproximadamente 220 grados, y es capaz de perforar un túnel que tiene una sección transversal sustancialmente en forma de D. Además, unos discos cortadores de ruptura con diámetro pequeño (por ejemplo, conjuntos de ocho), para cubrir la perforación de una parte límite entre el disco cortador principal y los cabezales cortadores de pivotamiento, están dispuestos en partes laterales derecha e izquierda superiores y partes laterales izquierda y derecha inferiores.

35 En una máquina de escudo de la publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar número 2001-55890, cuatro radios de un cabezal cortador principal que se extienden radialmente están provistos de cuatro brazos extensibles, cada brazo extensible está construido para extenderse y retraerse radialmente gracias a un gato hidráulico, y cada brazo extensible está provisto de un cabezal cortador de esquina y un motor hidráulico que hace girar dicho cabezal cortador de esquina.

40 En una máquina de escudo, predominante en la actualidad, que perfora el túnel que tiene la sección transversal circular, se forma una sección transversal perforada inútil dependiendo de la aplicación del túnel. Especialmente, en el caso de una carretera de varios carriles, un túnel ferroviario de doble vía, etc., la sección transversal perforada inútil se puede minimizar adoptando el túnel que tiene la sección transversal ovalada.

Usualmente, una superficie interior del túnel perforado está revestida con un segmento. Al inyectar mortero entre el segmento y el terreno natural, el segmento se fija al terreno natural. En el caso, por ejemplo, de un gran túnel de poca profundidad, tal como una triple estación de metro, y un túnel de sección transversal rectangular, ya que el segmento que reviste la superficie interior del túnel no llega a ser una estructura de arco, es difícil aumentar la resistencia de fijación del segmento al terreno natural, aumentando por ello el coste para revestir el túnel.

En el caso del túnel que tiene la sección transversal ovalada, ya que el segmento que reviste la superficie interior del túnel llega a ser la estructura de arco, es fácil aumentar la resistencia de fijación del segmento al terreno natural, haciendo que la estabilidad del segmento sea alta, y un segmento que es sustancialmente el mismo que un segmento utilizado para el túnel de sección transversal circular se puede adoptar como el segmento del túnel que tiene la sección transversal ovalada. Por lo tanto, el túnel que tiene la sección transversal ovalada es ventajoso en el coste para fabricar el segmento y el coste para llevar a cabo el revestimiento utilizando dicho segmento.

En la máquina de escudo descrita en la publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar número 9-119288, la primera carcasa que aloja el engranaje fijo, el engranaje planetario y el primer engranaje está construida a efectos de penetrar en la cámara para agitar el barro de perforación. Por lo tanto, es más probable que la primera carcasa se haga girar con una gran cantidad de arena adherida, y el consumo eléctrico aumenta debido a un aumento de la fuerza de accionamiento para hacer girar la primera carcasa. Además, ya que el tramo del árbol hueco de la segunda carcasa sobresale hasta el fondo de la cámara, es difícil aumentar la rigidez de apoyo para soportar el cabezal cortador rotatorio. Por lo tanto, la máquina de escudo es desventajosa para asegurar la durabilidad de los medios de accionamiento del cabezal cortador.

En la máquina de escudo descrita en la publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar número 2000-328872, ya que se prevén ocho conjuntos de discos cortadores de ruptura con diámetro pequeño, la estructura de la máquina de escudo llega a ser compleja, y el coste de fabricación aumenta. Además, ya que la máquina de escudo no puede perforar el túnel que tiene la sección transversal ovalada, es difícil construir el segmento que recubre la superficie interior del túnel.

En la máquina de escudo descrita en la publicación de solicitud de patente japonesa sin examinar número 2001-55890, se incluye un cabezal cortador de tipo radio, y cada radio está equipado con un brazo extensible que se puede extender y retraer radialmente. Por lo tanto, en el caso de extender completamente el brazo extensible, tal como en el caso de perforar el túnel que tiene la sección transversal ovalada, se aplica alta resistencia rotatoria a dicho brazo extensible. Por lo tanto, la resistencia y durabilidad del brazo extensible y de una parte para conectarlo al radio pueden ser bajas.

Los objetivos de la presente invención son proporcionar una máquina de escudo capaz de perforar un túnel que tiene una sección transversal ovalada, una máquina de escudo que puede reducir el requisito de energía y destaca en durabilidad, una máquina de escudo cuyo coste de producción disminuye simplificando su estructura, etc.

Una máquina de escudo según un primer aspecto de la presente invención comprende: un cuerpo principal de la máquina de escudo, que incluye un cuerpo y una pared de separación que define un extremo trasero de una cámara en una parte extrema delantera del cuerpo; y una pluralidad de gatos de escudo para hacer que el cuerpo principal de la máquina de escudo perfora hacia delante, disponiéndose la máquina de escudo para perforar un túnel que tiene una sección transversal ovalada, caracterizada porque el cuerpo está construido para tener una sección transversal ovalada similar a la sección transversal del túnel, y porque la máquina de escudo comprende además: un miembro de placa circular que está montado en una parte lateral extrema delantera del cuerpo principal de la máquina de escudo, para ser giratorio alrededor de un primer eje central que es el centro del cuerpo principal de la máquina de escudo y constituye parte de la pared de separación; unos primeros medios rotatorios para hacer girar el miembro de placa circular; un par de brazos de pivotamiento que están soportados en un lado superficial delantero del miembro de placa circular de manera que partes extremas de base de los brazos de pivotamiento pueden girar alrededor de un par de segundos ejes centrales, respectivamente, que están en paralelo con el primer eje central y son rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central; un par de segundos medios rotatorios para hacer girar el par de brazos de pivotamiento alrededor de los segundos ejes centrales, respectivamente; un par de miembros de apoyo de cabezales, que están fijados firmemente a partes extremas en punta del par de brazos de pivotamiento, respectivamente; un par de cabezales cortadores rotatorios que están montados en el par de miembros de apoyo de cabezales, respectivamente, para ser giratorios alrededor de terceros ejes centrales, respectivamente, que están en paralelo con los segundos ejes centrales, y cada uno de los cuales tiene un diámetro que es la mitad del diámetro secundario de la sección transversal ovalada del cuerpo; y un par de terceros medios rotatorios para hacer girar el par de cabezales cortadores rotatorios alrededor de los terceros ejes centrales, respectivamente.

De acuerdo con la máquina de escudo, cuando los primeros medios rotatorios hacen girar el miembro de placa circular alrededor del primer eje central, las partes extremas de base del par de brazos de pivotamiento se mueven alrededor del primer eje central. Cuando el par de segundos medios rotatorios hacen girar las partes extremas de base de los brazos de pivotamiento alrededor de los segundos ejes centrales, el par de brazos de pivotamiento basculan. Ya que los cabezales cortadores rotatorios están montados en las partes extremas en punta de los brazos

de pivotamiento y se hacen girar mediante los terceros medios rotatorios, el par de cabezales cortadores rotatorios girados mediante los terceros medios rotatorios se mueven en una dirección ortogonal al primer eje central para perforar el terreno natural. Controlando apropiadamente el accionamiento de los medios rotatorios primero y segundo, es posible perforar el túnel que tiene la sección transversal ovalada.

5 Para especificar, de acuerdo con la máquina de escudo, se pueden conseguir los siguientes efectos. (a) Ya que se hace girar el miembro de placa circular que constituye parte de la pared de separación que define el extremo trasero de la cámara, y se hacen girar las partes extremas de base del par de brazos de pivotamiento a través del miembro de placa circular, el miembro de placa circular no sobresale hasta el fondo de la cámara y no se presenta el fenómeno de hacer girar el miembro de placa circular con una gran cantidad de barro de perforación adherido, de manera que es posible reducir el consumo eléctrico de los primeros medios rotatorios que hacen girar el miembro de placa circular y es posible asimismo reducir el tamaño de los primeros medios rotatorios. (b) Ya que la carga aplicada desde los cabezales cortadores y los brazos de pivotamiento al miembro de placa circular puede estar soportada por la pared de separación que soporta el miembro de placa circular, es posible mejorar la rigidez de apoyo para soportar los cabezales cortadores, los brazos de pivotamiento y el miembro de placa circular, y asegurar la durabilidad de los primeros medios rotatorios. (c) Es posible simplificar la construcción de un mecanismo de desplazamiento del cabezal cortador (el miembro de placa circular, los brazos de pivotamiento y los medios rotatorios primero y segundo) que hace que los cabezales cortadores se muevan en una dirección ortogonal a un eje central del túnel (primer eje central).

20 La máquina de escudo puede comprender además: unos primeros medios de detección de ángulos de rotación, para detectar un ángulo de rotación del miembro de placa circular girado desde una posición de referencia; un par de segundos medios de detección de ángulos de rotación, para detectar ángulos de rotación del par de brazos de pivotamiento girados desde posiciones de referencia alrededor de los segundos ejes centrales; y unos medios de control de la perforación, para controlar, basándose en salidas desde los primeros y segundos medios de detección de ángulos de rotación, los medios rotatorios primero y segundo de manera que el par de cabezales cortadores rotatorios perforen el túnel que tiene la sección transversal ovalada. De acuerdo con esta construcción, los primeros medios de detección de ángulos de rotación, el par de segundos medios de detección de ángulos de rotación y los medios de control de la perforación pueden controlar los primeros medios rotatorios y el par de segundos medios rotatorios, para perforar el túnel que tiene la sección transversal ovalada.

Una máquina de escudo, según un segundo aspecto de la presente invención, comprende: un cuerpo principal de la máquina de escudo, que incluye un cuerpo y una pared de separación que define un extremo trasero de una cámara en una parte extrema delantera del cuerpo; y una pluralidad de gatos de escudo para hacer que el cuerpo principal de la máquina de escudo perfora hacia delante, disponiéndose la máquina de escudo para perforar un túnel que tiene una sección transversal ovalada, caracterizada porque el cuerpo está construido para tener una sección transversal ovalada similar a la sección transversal del túnel, y porque la máquina de escudo comprende además: un miembro de placa circular que está montado en una parte lateral extrema delantera del cuerpo principal de la máquina de escudo, para ser giratorio alrededor de un primer eje central que es el centro del cuerpo principal de la máquina de escudo y constituye parte de la pared de separación; unos primeros medios rotatorios para hacer girar el miembro de placa circular; un par de miembros de guía que están montados en un lado del miembro de placa circular, cuyo lado es opuesto al lado de la cámara, para ser rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central, y un par de brazos extensibles que están montados de modo deslizante en el par de miembros de guía, para ser rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central, y están dispuestos en paralelo con el miembro de placa circular; un par de medios de accionamiento para hacer que el par de brazos extensibles se extiendan y se retraigan, respectivamente; un par de miembros de apoyo de cabezales que están fijados firmemente a las partes extremas en punta del par de brazos extensibles, respectivamente; un par de cabezales cortadores rotatorios que están montados en el par de miembros de apoyo de cabezales, respectivamente, para ser giratorios alrededor de segundos ejes centrales, respectivamente, que están en paralelo con el primer eje central, y cada uno de los cuales tiene un diámetro que es la mitad del diámetro secundario de la sección transversal ovalada del cuerpo; y un par de segundos medios rotatorios para hacer girar el par de cabezales cortadores rotatorios alrededor de los segundos ejes centrales, respectivamente.

De acuerdo con la máquina de escudo, el par de brazos extensibles están dispuestos sobre el miembro de placa circular, girados mediante los primeros medios rotatorios, a través del par de miembros de guía, para ser rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central, el par de medios de accionamiento hacen que el par de brazos extensibles se extiendan y se retraigan, y que el par de cabezales cortadores rotatorios dispuestos sobre las partes extremas en punta del par de brazos extensibles perforen. Haciendo que el par de brazos extensibles giren alrededor del eje central del túnel (primer eje central) mediante el miembro de placa circular y los primeros medios rotatorios, y haciendo que el par de brazos extensibles se extiendan y se retraigan mediante los medios de accionamiento, los cabezales cortadores se mueven en una dirección ortogonal al primer eje central. Controlando apropiadamente los primeros medios rotatorios y el par de medios de accionamiento, es posible perforar el túnel que tiene la sección transversal ovalada.

65 Para especificar, de acuerdo con la máquina de escudo, se pueden conseguir los siguientes efectos, además de un efecto similar al efecto (a) anterior. (d) Ya que la carga aplicada desde los cabezales cortadores y los brazos

extensibles al miembro de placa circular puede estar soportada por la pared de separación que soporta el miembro de placa circular, es posible mejorar la rigidez de apoyo para soportar los cabezales cortadores, los brazos extensibles y el miembro de placa circular, y asegurar la durabilidad de los primeros medios rotatorios. (e) Ya que el par de brazos extensibles están contruidos para ser soportados de modo deslizante por el par de miembros de guía y para ser accionados mediante el par de medios de accionamiento, se simplifican significativamente y se pueden fabricar a bajo coste la construcción para soportar el par de brazos extensibles mediante el miembro de placa circular y la construcción para hacer que los cabezales cortadores se muevan en una dirección ortogonal al primer eje central.

Adicionalmente, la máquina de escudo puede comprender además: unos primeros medios de detección de ángulos de rotación, para detectar un ángulo de rotación del miembro de placa circular girado desde una posición de referencia; un par de medios de detección de longitudes extendidas, para detectar las longitudes extendidas del par de brazos extensibles que se extienden desde la posición más retraída, respectivamente; y unos medios de control de la perforación, para controlar, basándose en salidas desde los primeros medios de detección de ángulos de rotación y los medios de detección de longitudes extendidas, los primeros medios rotatorios y los medios de accionamiento de manera que el par de cabezales cortadores rotatorios perforen el túnel que tiene la sección transversal ovalada. De acuerdo con esta construcción, los primeros medios de detección de ángulos de rotación, el par de medios de detección de longitudes extendidas y los medios de control de la perforación pueden controlar los primeros medios rotatorios y el par de medios de accionamiento para perforar el túnel que tiene la sección transversal ovalada.

Una máquina de escudo, según un tercer aspecto de la presente invención, comprende: un cuerpo principal de la máquina de escudo, que incluye un cuerpo y una pared de separación que define un extremo trasero de una cámara en una parte extrema delantera del cuerpo; y una pluralidad de gatos de escudo para hacer que el cuerpo principal de la máquina de escudo perfora hacia delante, disponiéndose la máquina de escudo para perforar un túnel que tiene una sección transversal ovalada, caracterizada porque el cuerpo está construido para tener una sección transversal ovalada similar a la sección transversal del túnel, y porque la máquina de escudo comprende además: un miembro de placa circular que está montado en una parte lateral extrema delantera del cuerpo principal de la máquina de escudo, para ser giratorio alrededor de un primer eje central que es el centro del cuerpo principal de la máquina de escudo y constituye parte de la pared de separación; unos primeros medios rotatorios para hacer girar el miembro de placa circular; un par de miembros de guía que están montados en una parte saliente para ser imágenes especulares simétricas con respecto al primer eje central, sobresaliendo la parte saliente hacia delante de la parte de la pared de separación distinta del miembro de placa circular y proporcionada por el miembro de placa circular, y un par de brazos extensibles que están montados de modo deslizante en el par de miembros de guía, respectivamente, de manera que las longitudes extendidas de los brazos extensibles son imágenes especulares simétricas con respecto al primer eje central; uno o un par de medios de accionamiento para hacer que el par de brazos extensibles se extiendan y se retraigan; un par de miembros de apoyo de cabezales que están fijados firmemente a un par de partes extremas en punta del par de brazos extensibles, respectivamente; un par de cabezales cortadores rotatorios que están montados en el par de miembros de apoyo de cabezales, respectivamente, para ser giratorios alrededor de segundos ejes centrales, respectivamente, que están en paralelo con el primer eje central, y cada uno de los cuales tiene un diámetro que es la mitad del diámetro secundario de la sección transversal ovalada del cuerpo; y un par de segundos medios rotatorios para hacer girar el par de cabezales cortadores rotatorios alrededor de los segundos ejes centrales, respectivamente.

En la máquina de escudo, el par de miembros de guía están dispuestos sobre el miembro de placa circular, girados mediante los primeros medios rotatorios, para ser sustancialmente imágenes especulares simétricas con respecto al primer eje central, el par de brazos extensibles están dispuestos de modo deslizante sobre los miembros de guía de manera que longitudes extendidas de los brazos extensibles son imágenes especulares simétricas con respecto al primer eje central, uno o un par de medios de accionamiento hacen que el par de brazos extensibles se extiendan y se retraigan, y que el par de cabezales cortadores rotatorios dispuestos sobre las partes extremas en punta del par de brazos extensibles perforen. Haciendo que el par de brazos extensibles giren alrededor del eje central del túnel (primer eje central) mediante el miembro de placa circular y los primeros medios rotatorios, y haciendo que el par de brazos extensibles se extiendan y se retraigan como imágenes simétricas especulares mediante los medios de accionamiento, los cabezales cortadores se mueven en una dirección ortogonal al primer eje central. Controlando apropiadamente los primeros medios rotatorios y los medios de accionamiento, es posible perforar el túnel que tiene la sección transversal ovalada.

Para especificar, de acuerdo con la máquina de escudo, se pueden conseguir efectos similares a los efectos (a), (d) y (e) anteriores.

Adicionalmente, la máquina de escudo puede comprender además: unos primeros medios de detección de ángulos de rotación, para detectar un ángulo de rotación del miembro de placa circular girado desde una posición de referencia; unos medios de detección de longitudes extendidas, para detectar las longitudes extendidas de los brazos extensibles que se extienden desde la posición más retraída; y unos medios de control de la perforación, para controlar, basándose en salidas desde los primeros medios de detección de ángulos de rotación y los medios de detección de longitudes extendidas, los primeros medios rotatorios y los medios de accionamiento de manera que

el par de cabezales cortadores rotatorios perforen el túnel que tiene la sección transversal ovalada. De acuerdo con esta construcción, los primeros medios de detección de ángulos de rotación, los medios de detección de longitudes extendidas y los medios de control de la perforación pueden controlar los primeros medios rotatorios y el par de medios de accionamiento para perforar el túnel que tiene la sección transversal ovalada.

5 El objeto anterior y objetos y características adicionales de la invención resultarán completamente evidentes de la siguiente descripción detallada, con los dibujos que se acompañan.

10 Se describirán a continuación ciertas realizaciones preferentes, solamente a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos que se acompañan.

La figura 1 es una vista, en sección longitudinal, de una máquina de escudo según la realización 1 de la presente invención.

15 La figura 2 es una vista frontal de la máquina de escudo (posición de referencia) de la figura 1.

La figura 3 es una vista frontal de la máquina de escudo de la figura 1.

La figura 4 es un diagrama de bloques de un sistema de control de la máquina de escudo de la figura 1.

La figura 5 es un diagrama para explicar un control del desplazamiento del cabezal cortador de la máquina de escudo de la figura 1.

20 La figura 6 es un diagrama de flujo esquemático de un control para desplazar un cabezal cortador.

La figura 7 es una vista, en sección longitudinal, de una máquina de escudo según la realización 2 de la presente invención.

La figura 8 es una vista frontal de la máquina de escudo (posición de referencia) de la figura 7.

La figura 9 es una vista frontal de la máquina de escudo de la figura 7.

25 La figura 10 es un diagrama de bloques de un sistema de control de la máquina de escudo de la figura 7.

La figura 11 es un diagrama para explicar un control del desplazamiento del cabezal cortador de la máquina de escudo de la figura 7.

La figura 12 es una vista, en sección longitudinal, de una máquina de escudo según la realización 3 de la presente invención.

30 La figura 13 es una vista frontal de la máquina de escudo (posición de referencia) de la figura 12.

La figura 14 es una vista frontal de la máquina de escudo de la figura 12.

La figura 15 es un diagrama de bloques de un sistema de control de la máquina de escudo de la figura 12.

35 Una máquina de escudo según la presente invención está construida para perforar un túnel que tiene una sección transversal ovalada, e incluye un miembro de cuerpo que tiene una sección transversal ovalada similar a una sección transversal del túnel y un miembro de placa circular que constituye parte de una pared de separación que define un extremo trasero de una cámara y se hace girar alrededor del centro del cuerpo principal de la máquina de escudo. El miembro de placa circular está equipado con un par de cabezales cortadores rotatorios, siendo variable la posición de cada uno de ellos con respecto al centro anteriormente citado. El par de cabezales cortadores rotatorios perfora el túnel. En la siguiente explicación, la dirección en la que la máquina de escudo perfora es hacia delante, y las direcciones derecha e izquierda, cuando mira hacia delante, son las direcciones derecha e izquierda.

40 En primer lugar, se explicará una máquina de escudo de acuerdo con la realización 1 según la presente invención. Como se muestra en las figuras 1 a 3, una máquina de escudo SM incluye: un cuerpo principal 3 de la máquina de escudo, que tiene un cuerpo 1 y una pared de separación 2; un par de cabezales cortadores rotatorios 4 montados en una parte extrema delantera del cuerpo principal 3 de la máquina de escudo; un mecanismo 5 de desplazamiento del cabezal cortador, que hace que el par de cabezales cortadores 4 se muevan en una dirección ortogonal al eje central del túnel; una pluralidad de gatos de escudo 6; un dispositivo 7 de movimiento de tierras; un transportador (no mostrado) de movimiento de tierras conectado al dispositivo 7 de movimiento de tierras; un dispositivo montador 8 que lleva a cabo un revestimiento utilizando un segmento S; y un carro trasero (no mostrado) equipado con una fuente de energía, una fuente hidráulica, una unidad 30 de control de la perforación (véase la figura 4) y otros dispositivos necesarios.

55 Se explicará (véanse las figuras 1 a 3) el cuerpo principal 3 de la máquina de escudo. El cuerpo 1 está construido para tener una sección transversal ovalada similar a una sección transversal de un túnel T a perforar, y está constituido por un miembro de chapa de acero. El cuerpo 1 incluye un cuerpo delantero 1A y un cuerpo trasero 1B, fijado a un extremo trasero del cuerpo delantero 1A, y el cuerpo trasero 1B tiene un miembro posterior de sellado 1a en una de sus partes extremas traseras. En una parte extrema delantera del cuerpo 1, está formada una cámara 9, que recibe arena de perforación, y la pared de separación 2 que define el extremo trasero de la cámara 9 está dispuesta en una parte lateral extrema delantera del cuerpo principal 3 de la máquina de escudo.

60 Una primera parte anular ovalada 10 para refuerzo está dispuesta en el interior de una parte intermedia del cuerpo delantero 1A del cuerpo 1, en una dirección hacia delante y hacia atrás del mismo, y una segunda parte anular ovalada 11 para refuerzo está dispuesta en el interior de una parte extrema trasera del cuerpo delantero 1A. En la posición de la primera parte anular 10, están dispuestos un par de miembros superior e inferior 12 de restricción de la rodadura, que sobresalen hacia el exterior del cuerpo 1 una longitud predeterminada para impedir que dicho cuerpo 1 ruede.

65

Una pluralidad de los gatos de escudo 6 hacen que el cuerpo principal 3 de la máquina de escudo avance y están conectados a una fuente de suministro hidráulico montada en el carro trasero. La pluralidad de los gatos de escudo 6 están dispuestos sobre una superficie interior de una media parte trasera del cuerpo delantero 1A, para estar separados circunferencialmente entre sí. Un cuerpo principal del gato de escudo 6 está fijado a la segunda parte anular 11, para penetrar a su través, y está fijado a las partes anulares primera y segunda 10 y 11. Cada uno de los gatos de escudo 6 tiene un vástago capaz de extenderse hacia atrás desde el cuerpo principal del gato de escudo 6, y un esparcidor 6a está conectado de modo basculante a la parte extrema en punta del vástago. El cuerpo principal 3 de la máquina de escudo se hace avanzar mediante los gatos de escudo 6, que soportan una fuerza de reacción de la perforación, haciendo que los vástagos se extiendan hacia atrás y los esparcidores 6a contacten con un extremo delantero del segmento S que recubre la superficie interior del túnel T.

Se explicará (véase la figura 1) el dispositivo montador 8. Un bastidor de apoyo 13 que se extiende hacia atrás está fijado a la segunda parte anular 11 del cuerpo principal 3 de la máquina de escudo, y un miembro de carril 14 para montar el dispositivo montador 8 en el mismo está fijado al bastidor de apoyo 13. Cuando se mira desde una superficie delantera, el miembro de carril 14 es sustancialmente ovalado y está separado una distancia predeterminada de la superficie interior del cuerpo 1. Por ejemplo, un par de dispositivos montadores 8A y 8B están montados en el miembro de carril 14 para ser desplazables circunferencialmente y desplazables una distancia predeterminada en las direcciones hacia delante y hacia atrás. El par de dispositivos montadores 8A y 8B llevan a cabo el revestimiento utilizando el segmento S sobre la superficie interior del túnel perforado T. Ya que la media parte superior, la media parte inferior, la media parte izquierda y la media parte derecha del segmento de revestimiento S tienen las estructuras en arco, dichas partes destacan en resistencia y estabilidad.

Se explicará (véase la figura 1) el dispositivo 7 de movimiento de tierras. Como dispositivo 7 de movimiento de tierras, se prevén un par de dispositivos derecho e izquierdo 7 de movimiento de tierras. Cada dispositivo 7 de movimiento de tierras incluye un transportador de tornillo constituido por un cuerpo envolvente tubular 15 y una barrena 16, incorporada en el cuerpo envolvente tubular 15, y un transportador de cinta (no mostrado) que recibe barro de perforación del transportador de tornillo y lo transporta hacia atrás en el túnel. Una parte extrema delantera de la barrena 16 sobresale por una abertura 2a de la pared de separación 2 penetrando en la cámara 9.

Se explicarán el par de cabezales cortadores rotatorios 4 y el mecanismo 5 de desplazamiento del cabezal cortador, que hace que los cabezales cortadores 4 se muevan en una dirección ortogonal al eje central del túnel T. El mecanismo 5 de desplazamiento del cabezal cortador incluye: un miembro de placa circular 17; un primer mecanismo rotatorio 18, que hace girar el miembro de placa circular 17; un par de brazos de pivotamiento 19; un par de segundos mecanismos rotatorios 20, que hacen girar el par de brazos de pivotamiento 19, respectivamente; un par de miembros 19a de apoyo de cabezales, que están fijados firmemente a partes extremas en punta del par de brazos de pivotamiento 19, respectivamente; sensores; y una unidad de control 30, como se describe en lo que sigue.

Se explicará (véanse las figuras 1 a 3) el miembro de placa circular 17. El miembro de placa circular 17 está montado en la parte lateral extrema delantera del cuerpo principal 3 de la máquina de escudo, para ser giratorio alrededor de un primer eje central A1 que es el centro del cuerpo principal 3 de la máquina de escudo, y constituye parte de la pared de separación 2. El miembro de placa circular 17 está dispuesto en una parte central de la pared de separación 2. Una parte cilíndrica 10a está dispuesta sobre una parte circunferencial interior de la primera parte anular 10 del cuerpo principal 3 de la máquina de escudo, y el miembro de placa circular 17 está ajustado internamente en la parte cilíndrica 10a para ser giratorio. Una parte anular 17a que tiene una sección transversal en forma de L está dispuesta en una parte circunferencial exterior del miembro de placa circular 17, un engranaje anular 18a está fijado a una porción trasera de la parte anular 17a y un cojinete (no mostrado) está dispuesto entre la parte anular 17a y un miembro en el lado de la primera parte anular 10. Una pluralidad de miembros de sellado anulares (no mostrados), para sellar de manera estanca, están dispuestos entre la parte cilíndrica 10a y la parte anular 17a, y dicha parte anular 17a está construida para no moverse en la dirección hacia delante o hacia atrás con respecto a la parte cilíndrica 10a.

El primer mecanismo rotatorio 18, que hace girar el miembro de placa circular 17, está construido para ser capaz de hacer que el engranaje anular 18a gire selectivamente en una dirección hacia delante o una dirección hacia atrás mediante un pluralidad de motores hidráulicos 18m, montados en la primera parte anular 10 del cuerpo principal 3 de la máquina de escudo, a través de piñones 18p fijados a árboles de salida de los motores hidráulicos 18m.

Se explicarán (véanse las figuras 1 a 3) el par de brazos de pivotamiento 19. El par de brazos de pivotamiento 19 están dispuestos hacia delante de la pared de separación 2 y unas partes extremas de base circular 19b de los brazos de pivotamiento 19 están soportadas por el miembro de placa circular 17, para ser giratorias alrededor de un par de segundos ejes centrales A2, respectivamente, que están en paralelo con el primer eje central A1 y son rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central A1. El segundo eje central A2 está situado en una posición lateral circunferencial exterior que está alejada aproximadamente $(3/4) \times R$ del primer eje central A1, siendo R el radio del miembro de placa circular 17. Partes de los brazos de pivotamiento 19 distintas de las partes extremas de base circular 19b penetran en la cámara 9, y porciones de las partes extremas de base circular 19b, que sobresalen al exterior del miembro de placa circular 17, penetran asimismo en la cámara 9.

- Una parte anular 19c está formada en una parte circunferencial exterior de la parte extrema de base circular 19b de cada brazo de pivotamiento 19. Un engranaje anular 20a está fijado a la parte anular 19c y, de modo deslizante, contacta con una superficie delantera de la pared de separación 2 o se aproxima a la misma cuando sobresale al exterior del miembro de placa circular 17. Una pluralidad de miembros de sellado (no mostrados), para sellar de manera estanca, están dispuestos entre la parte anular 19c y una parte parcialmente anular 17b formada sobre el miembro de placa circular 17, para impedir que la parte anular 19c se mueva en la dirección hacia delante o hacia atrás con respecto a la parte parcialmente anular 17b.
- El par de brazos de pivotamiento 19 se controlan como sigue para ser rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central A1. Cada brazo de pivotamiento 19 incluye una parte del cuerpo principal del brazo, que se extiende una longitud predeterminada desde la parte extrema de base circular 19b, y el miembro 19a de apoyo de cabezales está dispuesto en la parte extrema en punta de la parte del cuerpo principal del brazo.
- Se prevé un segundo mecanismo rotatorio 20, que hace girar la parte extrema de base circular 19b del brazo de pivotamiento 19 alrededor del segundo eje central A2. El segundo mecanismo rotatorio 20 está construido para ser capaz de hacer que el engranaje anular 20a gire selectivamente en una dirección hacia delante o una dirección hacia atrás mediante una pluralidad de motores hidráulicos 20m, montados en la parte parcialmente anular 17b del miembro de placa circular 17, a través de piñones 20p fijados a ejes de salida de los motores hidráulicos 20m. De esta manera, el par de brazos de pivotamiento 19 se hacen pivotar (girar) alrededor del segundo eje central A2 mientras se mueven (giran) alrededor del primer eje central A1, y están controlados para ser rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central A1.
- El cabezal cortador rotatorio 4 está montado en el miembro 19a de apoyo de cabezales de la parte extrema en punta del brazo de pivotamiento 19 para ser giratorio alrededor de un tercer eje central A3, paralelo al segundo eje central A2. El par de cabezales cortadores rotatorios 4 están situados en las direcciones hacia delante y hacia atrás para corresponderse con la parte extrema delantera del cuerpo 1. Haciendo que los cabezales cortadores rotatorios 4 se muevan para extraer una sección sustancialmente ovalada mientras se sujetan los cabezales cortadores 4, de modo que los cabezales cortadores 4 sean rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central A1, se perfora el túnel T que tiene una sección transversal ovalada similar al cuerpo 1. El cabezal cortador rotatorio 4 tiene un diámetro que es la mitad del diámetro secundario de la sección transversal ovalada del cuerpo 1 (véase la figura 3).
- El cabezal cortador rotatorio 4 incluye: un bastidor circular 4a; seis radios 4b que se extienden radialmente desde el bastidor circular 4a; y una pluralidad de elementos cortadores 4c fijados a una superficie delantera y a una superficie lateral de la circunferencia exterior de los radios 4b (véase la figura 2). Una parte anular 21c está formada sobre el miembro 19a de apoyo de cabezales, y el bastidor circular 4a del cabezal cortador rotatorio 4 está ajustado internamente en la parte anular 21c para ser giratorio. Una pluralidad de miembros de sellado (no mostrados) para sellar de manera estanca están dispuestos entre la parte anular 21c y el bastidor circular 4a para impedir que el bastidor circular 4a se mueva en la dirección hacia delante o hacia atrás con respecto a la parte anular 21c.
- Un tercer mecanismo rotatorio 21, que hace girar el cabezal cortador rotatorio 4 alrededor del tercer eje central A3, está dispuesto sobre el brazo de pivotamiento 19. El tercer mecanismo rotatorio 21 incluye, por ejemplo, un engranaje anular 21a montado en el bastidor circular 4a y una pluralidad de motores hidráulicos 21m montados en la parte anular 21c. El tercer mecanismo rotatorio 21 está construido para ser capaz de hacer que el engranaje anular 21a gire selectivamente en una dirección hacia delante o una dirección hacia atrás mediante una pluralidad de motores hidráulicos 21m a través de piñones 21p dispuestos sobre ejes de salida de los motores hidráulicos 21m.
- A continuación, se explicará un sistema de control que controla los mecanismos rotatorios primero, segundo y tercero 18, 20 y 21. Como se muestra en la figura 4, se prevén un panel de control 31, una unidad de control 30, un primer sensor 32 de ángulos de rotación y un par de segundos sensores 33 de ángulos de rotación. La unidad de control 30 está construida para controlar unas válvulas de control hidráulico 34 y 35 de los mecanismos rotatorios primero y segundo 18 y 20 basándose en señales de detección procedentes de los sensores primero y segundo 32 y 33 de ángulos de rotación, de manera que el par de cabezales cortadores rotatorios 4 perforan el túnel T que tiene la sección transversal ovalada. La unidad de control 30 incluye una CPU 30a, una ROM 30b, una RAM 30c y una interfaz de entrada/salida (no mostrada).
- El primer sensor 32 de ángulos de rotación detecta un ángulo de rotación del miembro de placa circular 17 girado desde una posición de referencia (por ejemplo, la posición mostrada en la figura 2). El primer sensor 32 de ángulos de rotación está constituido por un captor electromagnético que detecta los dientes del engranaje anular 18a, y está fijado a la primera parte anular 10 del cuerpo principal 3 de la máquina de escudo. Entre un gran número de dientes del engranaje anular 18a, solamente el diente de engranaje en la posición de referencia tiene un pequeño agujero de separación. El captor electromagnético detecta dos pulsos (pulsos de referencia) desde el diente de engranaje en la posición de referencia y detecta un pulso desde cada uno de un gran número de otros dientes de engranaje. La unidad de control 30 detecta la posición de referencia a partir del pulso de referencia suministrado desde el primer sensor 32 de ángulos de rotación, y cuenta el número de pulsos suministrados en el momento y después de la detección de la posición de referencia para detectar el ángulo de rotación del engranaje anular 18a (ángulo de rotación del miembro de placa circular 17) girado desde la posición de referencia hacia una dirección

predeterminada. Contando el número de pulsos, y considerando la dirección rotatoria del motor hidráulico 18m, se detecta asimismo el ángulo de rotación del engranaje anular 18a girado en sentido opuesto a la dirección predeterminada.

5 El par de segundos sensores 33 de detección de ángulos de rotación detectan los ángulos de rotación del par de brazos de pivotamiento 19 girados desde las posiciones de referencia (por ejemplo las posiciones mostradas en la figura 2) de los brazos de pivotamiento 19 con respecto al miembro de placa circular 17 alrededor de los segundos ejes centrales A2, respectivamente. El segundo sensor 33 de detección de ángulos de rotación está constituido por un captor electromagnético que detecta los dientes del engranaje anular 20a. El segundo sensor 33 de ángulos de rotación está fijado a la parte parcialmente anular 17b del miembro de placa circular 17. Entre un gran número de dientes del engranaje anular 20a, solamente el diente de engranaje en la posición de referencia tiene un pequeño agujero de separación. El captor electromagnético detecta dos pulsos (pulsos de referencia) desde el diente de engranaje en la posición de referencia y detecta un pulso desde cada uno de un gran número de dientes de engranaje.

15 La unidad de control 30 detecta la posición de referencia a partir del pulso de referencia suministrado desde el captor electromagnético, y cuenta el número de pulsos suministrados en el momento y después de la detección de la posición de referencia para detectar el ángulo de rotación del engranaje anular 20a (ángulo de rotación basculante del brazo de pivotamiento 19) girado desde la posición de referencia hacia una dirección predeterminada. Contando el número de pulsos, y considerando la dirección rotatoria del motor hidráulico 20m, se detecta asimismo el ángulo de rotación del engranaje anular 20a girado en sentido opuesto a la dirección predeterminada.

20 El primer mecanismo rotatorio 18 está construido para incluir una válvula de control hidráulico 34 controlada por la unidad de control 30. La unidad de control 30 controla los ángulos de rotación de una pluralidad de los motores hidráulicos 18m, controlando la cantidad y la presión del aceite suministrado a los motores hidráulicos 18m por la válvula de control hidráulico 34, y controla el ángulo de rotación del miembro de placa circular 17. De modo similar, el segundo mecanismo rotatorio 20 está construido para incluir una válvula de control hidráulico 35 controlada por la unidad de control 30. La unidad de control 30 controla los ángulos de rotación de una pluralidad de los motores hidráulicos 20m, controlando la cantidad y la presión del aceite suministrado a los motores hidráulicos 20m por la válvula de control hidráulico 35, y controla el ángulo de rotación (ángulo de pivotamiento) del brazo de pivotamiento 19.

25 El tercer mecanismo rotatorio 21 está construido para incluir una válvula de control hidráulico 36 controlada por la unidad de control 30, para controlar la dirección rotatoria y la velocidad de rotación del cabezal cortador rotatorio 4. La unidad de control 30 controla las direcciones rotatorias y las velocidades de rotación de una pluralidad de los motores hidráulicos 21m, controlando la cantidad y la presión del aceite suministrado a los motores hidráulicos 21m por la válvula de control hidráulico 36 y la dirección en la que se suministra el aceite, y controla la dirección rotatoria y la velocidad de rotación del cabezal cortador rotatorio 4. A efectos de reducir el par de fuerzas de rodadura aplicado al cuerpo 1, se hacen girar en sentidos opuestos el par de cabezales cortadores rotatorios 4.

30 La ROM 30b de la unidad de control 30 almacena con antelación un programa de control para perforar un túnel que tiene una sección transversal ovalada, y los mecanismos rotatorios primero y segundo 18 y 20 se controlan basándose en el programa de control. En primer lugar, se explicará la lógica de control de este control. Como se muestra en la figura 5, el primer eje central A1 es el centro del cuerpo 1 de la máquina de escudo SM, un círculo C es una trayectoria formada por el segundo eje central A2, un óvalo E es un óvalo que muestra la forma externa del túnel T a perforar, un óvalo D es un óvalo o sustancialmente un óvalo que está separado, hacia dentro del óvalo E, el radio R del cabezal cortador rotatorio 4 y el óvalo D es una trayectoria formada por el movimiento del tercer eje central A3.

35 Se explicará uno de los brazos de pivotamiento 19 y se omite una explicación del otro brazo de pivotamiento 19. El brazo de pivotamiento 19 está situado en una posición de referencia (el segundo eje central A2 está situado en un punto P0 y el tercer eje central A3 está situado en un punto Q0) mostrada en la figura 5. Se pone en marcha la perforación a partir de la posición de referencia. Cuando el tercer eje central A3 se mueve sobre el óvalo D en sentido contrario al de las agujas del reloj, el segundo eje central A2 se mueve primero sobre el círculo C en el sentido de las agujas del reloj y se mueve a continuación en sentido contrario al de las agujas del reloj. La velocidad de movimiento V del cabezal cortador rotatorio 4 moviéndose sobre el óvalo D, que está relacionada con la velocidad de perforación, se establece con antelación dependiendo, por ejemplo, del tipo de suelo del terreno natural.

40 Cuando la velocidad de movimiento es V y el tiempo transcurrido desde el comienzo de la perforación es t, la posición del segundo eje central A2 es el punto P y la posición del tercer eje central A3 es el punto Q en el tiempo t. Dichas posiciones se pueden obtener mediante cálculos. El ángulo de rotación $-\theta_1$ del miembro de placa circular 17 y el ángulo de rotación θ_2 del brazo de pivotamiento 19 en el tiempo t se pueden obtener asimismo mediante cálculos. Para especificar, el túnel T que tiene la sección transversal ovalada se puede perforar controlando momentáneamente los mecanismos rotatorios primero y segundo 18 y 20 de manera que el ángulo de rotación del

miembro de placa circular 17 llegue a ser $-\theta_1$ y el ángulo de rotación del brazo de pivotamiento 19 llega a ser θ_2 en el tiempo t después del comienzo de la perforación.

5 Se pueden adoptar un primer método para perforar todo el túnel utilizando ambos cabezales cortadores rotatorios 4 y un segundo método para perforar la mitad izquierda del túnel utilizando uno de los cabezales cortadores rotatorios 4 y perforando la mitad derecha del túnel utilizando el otro cabezal cortador rotatorio 4. Se adopta un ejemplo mostrado en el siguiente diagrama de flujo que ilustra el control llevado a cabo cuando se utiliza el primer método.

10 A continuación, se darán explicaciones basándose en el diagrama de flujo de la figura 6. Cuando se pone en marcha el control, se leen (S1) las señales de detección, etc. procedentes de los sensores primero y segundo 32 y 33 de ángulos de rotación, y se determina (S2) si se da entrada o no desde el panel de control 31 a una orden de comienzo que ordena que se comience la perforación. Mientras la determinación sea No, el proceso vuelve a S1. Cuando la determinación es Sí, en S3, el miembro de placa circular 17 y los brazos de pivotamiento 19 se establecen en sus posiciones de referencia. En este caso, accionando los motores hidráulicos 18m y 20m, el miembro de placa circular 17 y los brazos de pivotamiento 19 se establecen en sus posiciones de referencia basándose en las señales de detección suministradas desde los sensores primero y segundo 32 y 33 de ángulos de rotación. Nótese que el motor hidráulico 21m comienza a ser accionado en respuesta a la entrada de la orden de comienzo y el cuerpo principal 3 de la máquina de escudo avanza mediante una pluralidad de los gatos de escudo 6.

20 A continuación, en S4, se pone en marcha un temporizador T para comenzar a contar el tiempo. En S5, se lee un tiempo contado t del temporizador T y se leen las señales de detección suministradas desde los sensores primero y segundo 32 y 33 de ángulos de rotación. En S6, la posición del tercer eje central A3 (posición del punto Q) sobre el óvalo D se calcula basándose en el tiempo contado t , la velocidad de movimiento V del cabezal cortador 4 moviéndose a lo largo del óvalo D y la trayectoria del óvalo D. En S7, la posición del segundo eje central A2 (posición del punto P) se calcula basándose en la posición del tercer eje central A3, la longitud del brazo de pivotamiento 19 y la trayectoria del círculo C.

30 A continuación, en S8, se calculan el primer ángulo de rotación θ_1 , que es el ángulo de rotación del miembro de placa circular 17, y el segundo ángulo de rotación θ_2 , que es el ángulo de rotación del brazo de pivotamiento 19. En S9, las válvulas de control hidráulico 34 y 35 de los mecanismos rotatorios primero y segundo 18 y 20 se controlan de manera que los ángulos de rotación primero y segundo sean $-\theta_1$ y θ_2 , respectivamente. En S10, se determina si el miembro de placa circular 17 está situado o no en la posición de referencia. Cuando la determinación es No, el proceso avanza hasta S5, y se ejecutan S5 y las etapas después de S5. Por lo tanto, el tercer eje central A3, que es el centro del cabezal cortador 4, se mueve a lo largo del óvalo D, y se perfora así el túnel T que tiene la sección transversal ovalada. Cuando el cabezal cortador 4 gira una vez y alcanza la posición de referencia, la determinación en S10 llega a ser Sí. En S11, se determina si se da entrada o no desde el panel de control 31 a una orden de parada.

40 Mientras la determinación en S11 es No, el proceso vuelve a S3, y se repiten S3 y las etapas después de S3. Por lo tanto, el cabezal cortador 4 gira múltiples veces. Cuando el cabezal cortador 4 se mueve una distancia igual a la longitud que hay de la parte delantera a la parte trasera del segmento S, la orden de parada se suministra desde el panel de control 31 para construir el segmento S, la determinación en S11 llega a ser Sí, los mecanismos rotatorios primero y segundo 18 y 20 se detienen en S12, y el motor hidráulico 21m se detiene asimismo. A continuación, el proceso avanza hasta S1.

45 Se explicarán las operaciones y los efectos de la máquina de escudo SM descrita anteriormente. El túnel T que tiene la sección transversal ovalada se perfora de tal manera que el primer mecanismo rotatorio 18 hace girar el miembro de placa circular 17, el par de segundos mecanismos rotatorios 20 sujetan el par de brazos de pivotamiento 19, de modo que dichos brazos de pivotamiento 19 sean rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central A1, el par de terceros mecanismos rotatorios 21 hacen girar el par de cabezales cortadores rotatorios 4, y se hace que el centro (tercer eje central A3) del cabezal cortador 4 se mueva a lo largo del óvalo D mostrado en la figura 5.

50 Ya que se hace girar el miembro de placa circular 17 que constituye parte de la pared de separación 2 que define el extremo trasero de la cámara 9, y se hacen girar las partes extremas de base circular 19b del par de brazos de pivotamiento 19 a través del miembro de placa circular 17, dicho miembro de placa circular 17 no sobresale hasta el fondo de la cámara 9, y no se presenta el fenómeno de hacer girar el miembro de placa circular 17 con una gran cantidad de barro de perforación adherido. Por lo tanto, es posible reducir el consumo eléctrico del primer mecanismo rotatorio 18 que hace girar el miembro de placa circular 17 y es posible asimismo reducir el tamaño del primer mecanismo rotatorio 18. Además, ya que una fracción (aproximadamente 1/3) de la parte extrema de base circular 19b del brazo de pivotamiento 19 está construida para sobresalir al exterior del miembro de placa circular 17, es posible reducir el tamaño del miembro de placa circular 17 y el tamaño del primer mecanismo rotatorio 18.

60 Ya que el miembro de placa circular 17 está dispuesto para ser coplanario con la pared de separación 2, la resistencia rotatoria aplicada desde la arena en la cámara 9 al miembro de placa circular 17 llega a ser muy baja. Por lo tanto, es posible reducir el tamaño del primer mecanismo rotatorio 18. Ya que el diámetro del cabezal cortador rotatorio 4 se establece en la mitad del diámetro secundario de la sección transversal ovalada del túnel, el

65

rendimiento de la perforación de la máquina de escudo SM se puede mejorar aumentando los tamaños del par de cabezales cortadores 4 tanto como sea posible, mientras se evita la interferencia mutua entre los cabezales cortadores 4.

5 Ya que la carga aplicada desde los cabezales cortadores 4 y los brazos de pivotamiento 18 al miembro de placa circular 17 puede estar soportada por la pared de separación 2 que soporta el miembro de placa circular 17, es posible mejorar la rigidez de apoyo para soportar los cabezales cortadores 4, los brazos de pivotamiento 19 y el miembro de placa circular 17 y asegurar la durabilidad del primer mecanismo rotatorio 18. Es posible simplificar la construcción del mecanismo 5 de desplazamiento del cabezal cortador (el miembro de placa circular 17, los brazos de pivotamiento 19 y los mecanismos rotatorios primero y segundo 18 y 20) que desplaza el cabezal cortador 4 en una dirección ortogonal al eje central del túnel (primer eje central A1).

10 Ya que la sección transversal del túnel T es ovalada, el segmento S que reviste la superficie interior del túnel tiene la estructura de arco en cada parte. Por lo tanto, es posible asegurar la resistencia y durabilidad del segmento S, de manera que dicho segmento S se fija fuertemente al terreno natural, y es posible asimismo adoptar como segmento S un segmento normal o similar que se aplica al túnel que tiene la sección transversal circular. Por ello, es ventajoso a la luz de la fabricación y construcción del segmento S.

15 Se explicará un ejemplo obtenido cambiando parcialmente la realización anterior. En primer lugar, el cuerpo delantero 1A y el cuerpo trasero 1B del cuerpo 1 de la máquina de escudo SM pueden estar conectados entre sí para ser capaces de curvarse en las direcciones hacia la derecha y hacia la izquierda, o las direcciones hacia arriba, hacia abajo, hacia la derecha y hacia la izquierda, pudiéndose ajustar el ángulo de curvatura mediante una pluralidad de gatos de tipo interrumpido, y en este estado se puede perforar un túnel curvado. En segundo lugar, aunque la máquina de escudo SM se explica utilizando como ejemplo una máquina de escudo que incluye el dispositivo 7 de movimiento de tierras, se puede prever un dispositivo de movimiento de barro en vez de dicho dispositivo 7 de movimiento de tierras.

20 A continuación, se explicará (véanse las figuras 7 a 9) una máquina de escudo SM2 de acuerdo con la realización 2 según la presente invención. A diferencia del mecanismo 5A de desplazamiento del cabezal cortador y de un sistema de control en la máquina de escudo SM2, la máquina de escudo SM2 está construida de la misma manera que la máquina de escudo SM. Se utilizan los mismos números de referencia para los miembros que son iguales que los de la máquina de escudo SM, y se omiten explicaciones de los mismos. Se explicarán principalmente el mecanismo 5A de desplazamiento del cabezal cortador y el sistema de control.

25 Como se muestra en las figuras 7 a 9, el mecanismo 5A de desplazamiento del cabezal cortador incluye: un miembro de placa circular 17A que se puede hacer girar alrededor del primer eje central A1; el primer mecanismo rotatorio 18 que hace girar el miembro de placa circular 17A; un par de miembros de guía 40; un par de brazos extensibles 41; un par de mecanismos 42 de accionamiento del brazo; un par de miembros 43 de apoyo de cabezales que están fijados firmemente a partes extremas en punta del par de brazos extensibles 41, respectivamente; un par de cabezales cortadores rotatorios 4 que están soportados por el par de miembros 43 de apoyo de cabezales; etc.

30 El miembro de placa circular 17A incluye una parte saliente 17a que sobresale hacia delante de partes de la pared de separación 2 distintas del miembro de placa circular 17A. La parte saliente 17a está provista de un espacio de extensión y retracción que permite que el par de brazos extensibles 41 se extiendan y se retraigan. La estructura para soportar a rotación el miembro de placa circular 17A mediante la pared de separación 2 es la misma que la de la realización 1. En un lado del miembro de placa circular 17A, cuyo lado es opuesto al lado de la cámara 9, el par de miembros de guía 40 están dispuestos para ser rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central A1. El par de brazos extensibles 41 están fijados de modo deslizante al par de miembros de guía 40, para ser rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central A1, y están dispuestos para estar en paralelo con la pared de separación 2.

35 El par de mecanismos 42 de accionamiento del brazo están dispuestos para hacer que el par de brazos extensibles 41 se extiendan y se retraigan, respectivamente. El mecanismo 42 de accionamiento del brazo incluye un cilindro hidráulico 42a. El cilindro hidráulico 42a está dispuesto en el interior del brazo extensible 41, el cuerpo principal del cilindro está conectado por pasadores a un soporte 41b fijado a una porción de pared de la parte saliente 17a, y una parte extrema en punta de un vástago 42b del cilindro hidráulico 42a está conectada por pasadores a un soporte fijado a un miembro extremo en punta 41a de una parte extrema en punta del brazo extensible 41. El cilindro hidráulico 42a es un cilindro hidráulico de doble efecto y está conectado a la fuente de suministro hidráulico montada en el carro trasero.

40 Un miembro 43 de apoyo de cabezales está dispuesto fijamente sobre el miembro extremo en punta 41a del brazo extensible 41 y un cabezal cortador rotatorio 4 está dispuesto a rotación sobre el miembro 43 de apoyo de cabezales. La estructura para soportar a rotación el cabezal cortador rotatorio 4 mediante el miembro 43 de apoyo de cabezales es la misma que la de la realización 1.

- 5 El par de cabezales cortadores rotatorios 4 están montados en el par de miembros 43 de apoyo de cabezales, respectivamente, para ser giratorios alrededor de los segundos ejes centrales A2, respectivamente, que están en paralelo con el primer eje central A1. El cabezal cortador rotatorio 4 es el mismo que el de la realización 1. Como en el caso de la realización 1, se ha previsto un par de segundos mecanismos rotatorios 21A que hacen girar el par de cabezales cortadores rotatorios 4 alrededor de los segundos ejes centrales A2, respectivamente. Nótese que el segundo eje central A2 y el segundo mecanismo rotatorio 21A son los mismos que el tercer eje central A3 y el tercer mecanismo rotatorio 21 de la realización 1, respectivamente.
- 10 El sistema de control se explicará basándose en la figura 10. El panel de control 31, el primer sensor 32 de ángulos de rotación y un par de sensores 44 de detección de longitudes extendidas están conectados a una unidad de control 30A. El primer sensor 32 de ángulos de rotación detecta el ángulo de rotación del miembro de placa circular 17A girado desde la posición de referencia hacia una dirección predeterminada, y está construido de la misma manera que en la realización 1.
- 15 El sensor 44 de detección de longitudes extendidas detecta la longitud extendida del brazo extensible 41, que se extiende desde la posición más retraída mostrada en las figuras 7 y 8. Por ejemplo, el sensor 44 de detección de longitudes extendidas está constituido por una pluralidad de pequeños agujeros formados a intervalos cortos en una superficie de pared del brazo extensible 41 fabricado de acero y formados en una línea paralela a una dirección de extensión-retracción, y por un captor electromagnético dispuesto fijamente en el lado del miembro de guía 40. Nótese que los pequeños agujeros están bloqueados de manera estanca en un lado superficial interior del brazo extensible 41. Está formado asimismo un pequeño agujero ancho, desde el que se detecta un pulso de referencia cuya anchura de pulso detectada por el captor electromagnético, cuando el brazo extensible 41 está en la posición más retraída, es especialmente grande. Por lo tanto, es posible detectar la posición más retraída basándose en la señal de detección suministrada desde el captor electromagnético. Además, contando el número de pulsos detectados en el momento y después de la detección de la posición más retraída, es posible detectar la longitud extendida del brazo extensible 41 que se extiende desde la posición más retraída.
- 20
- 25
- 30 El primer mecanismo rotatorio 18 es el mismo que el de la realización 1. El mecanismo 42 de accionamiento del brazo está construido para hacer que el brazo extensible 41 se extraiga y se retraiga una longitud predeterminada según la cantidad y la presión del aceite suministrado al cilindro hidráulico 42a a través de la válvula de control hidráulico 42v. La unidad de control 30A controla la válvula de control hidráulico 42v. El segundo mecanismo rotatorio 21A es el mismo que el tercer mecanismo rotatorio 21 de la realización 1. La unidad de control 30A recibe salidas desde el primer sensor 32 de detección de ángulos de rotación y del par de sensores 44 de detección de longitudes extendidas, para controlar el primer mecanismo rotatorio 18 y los mecanismos 42 de accionamiento del brazo de manera que el par de cabezales cortadores 4 perforen el túnel T que tiene la sección transversal ovalada.
- 35
- 40 La unidad de control 30A incluye una CPU 30d, una ROM 30e, una RAM 30f y una interfaz de entrada/salida (no mostrada). La ROM 30e almacena con antelación un programa de control para el control anteriormente citado de hacer que el cabezal cortador 4 se mueva en una dirección ortogonal al primer eje central A1. Se omite el diagrama de flujo del programa de control. Se explicará resumida la lógica de control de uno de los brazos extensibles 41. Como se muestra en la figura 11, un óvalo I es un óvalo que muestra la forma externa del túnel a perforar, un óvalo H es un óvalo o sustancialmente un óvalo que está separado, hacia dentro del óvalo I, el radio R del cabezal cortador 4, un círculo F es el miembro de placa circular 17A y un círculo G es un círculo virtual con el que contacta externamente el brazo extensible 41 que gira integralmente con el miembro de placa circular 17A.
- 45
- 50 Cuando se encuentra en el estado mostrado en la figura 8, el miembro de placa circular 17A está situado en la posición de referencia y el brazo extensible 41 está situado asimismo en la posición de referencia (posición más retraída). Por lo tanto, en el caso de la posición de referencia mostrada en la figura 11, el extremo de base del brazo extensible 41 está situado en el punto M0 y el extremo en punta del brazo extensible 41 está situado en el punto N0. En el tiempo t después del comienzo de la perforación, el extremo en punta del brazo extensible 41 está situado en el punto N. Como en el caso de la realización 1, la posición del punto N se puede calcular basándose en la velocidad de movimiento V preestablecida del cabezal cortador 4 moviéndose a lo largo de un óvalo y en el tiempo t.
- 55 A continuación, la posición del punto M se puede calcular basándose en la posición del punto N y en los círculos F y G. El brazo extensible 41 se extiende para cambiar desde un segmento rectilíneo M0N0 hasta un segmento rectilíneo MN, y la longitud extendida del brazo extensible 41 que se extiende desde la posición más retraída se puede calcular por (Longitud del segmento rectilíneo MN - Longitud del segmento rectilíneo M0N0). Para especificar, el túnel T que tiene la sección transversal ovalada se puede perforar controlando momentáneamente el mecanismo 42 de accionamiento del brazo, de manera que la longitud extendida del brazo extensible 41 en el tiempo t después del comienzo de la perforación llegue a ser el valor anterior.
- 60
- 65 Se explicarán las operaciones y los efectos de la máquina de escudo SM2 descritos anteriormente. El túnel T que tiene la sección transversal ovalada se perfora de tal manera que el primer mecanismo rotatorio 18 hace girar el miembro de placa circular 17A, el par de mecanismos 42 de accionamiento del brazo sujetan el par de brazos extensibles 41, de modo que los brazos extensibles 41 son rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central A1, el par de segundos mecanismos rotatorios 21A hacen girar el par de cabezales cortadores rotatorios 4 y

se hace que el centro (tercer eje central A3) del cabezal cortador 4 se mueva a lo largo del óvalo H mostrado en la figura 11.

- 5 Ya que se hace girar el miembro de placa circular 17A que constituye parte de la pared de separación 2 que define el extremo trasero de la cámara 9, y se hacen girar el par de brazos extensibles 41 a través del miembro de placa circular 17A, el miembro de placa circular 17A no sobresale hasta el fondo de la cámara 9, y no se presenta sustancialmente el fenómeno de hacer girar el miembro de placa circular 17A con una gran cantidad de barro de perforación adherido. Por lo tanto, es posible reducir el consumo eléctrico del primer mecanismo rotatorio 18 que hace girar el miembro de placa circular 17A y es posible asimismo reducir el tamaño del primer mecanismo rotatorio 18. Ya que el diámetro del cabezal cortador rotatorio 4 se establece en la mitad del diámetro secundario de la sección transversal ovalada del túnel, el rendimiento de la perforación de la máquina de escudo SM2 se puede mejorar aumentando el tamaño del par de cabezales cortadores 4 tanto como sea posible, mientras se evita la interferencia mutua entre los cabezales cortadores 4.
- 10
- 15 Ya que la carga aplicada desde los cabezales cortadores 4 y los brazos extensibles 41 al miembro de placa circular 17A puede estar soportada por la pared de separación 2 que soporta el miembro de placa circular 17A, es posible mejorar la rigidez de apoyo para soportar los cabezales cortadores 4, los brazos extensibles 41 y el miembro de placa circular 17A, y asegurar la durabilidad del primer mecanismo rotatorio 18.
- 20 Es posible simplificar la construcción del mecanismo 5A de desplazamiento del cabezal cortador (el miembro de placa circular 17, los brazos extensibles 41, el primer mecanismo rotatorio 18 y los mecanismos 42 de accionamiento del brazo) que desplaza el cabezal cortador 4 en una dirección ortogonal al eje central del túnel (primer eje central A1).
- 25 Ya que la sección transversal del túnel T es ovalada, el segmento S que reviste la superficie interior del túnel tiene la estructura de arco. Por lo tanto, es posible asegurar la resistencia y estabilidad del segmento S, de manera que el segmento S se fija fuertemente al terreno natural. Asimismo, es posible adoptar como segmento S un segmento normal o similar que se aplica al túnel que tiene la sección transversal circular. Por ello, es ventajoso a la luz de la fabricación y construcción del segmento S.
- 30 Ya que el par de brazos extensibles 41 están contruidos para ser soportados de modo deslizante por el par de miembros de guía 40 y para ser accionados mediante el par de mecanismos 42 de accionamiento del brazo, la construcción para soportar el par de brazos extensibles 41 mediante el miembro de placa circular 17A y la construcción para hacer que los cabezales cortadores 4 se muevan en una dirección ortogonal al primer eje central A1 se simplifican significativamente y se pueden fabricar a bajo coste.
- 35 Se explicará un ejemplo obtenido cambiando parcialmente la realización 2. En primer lugar, el cuerpo delantero 1A y el cuerpo trasero 1B del cuerpo 1 de la máquina de escudo SM2 pueden estar conectados entre sí para ser capaces de curvarse en las direcciones hacia la derecha y hacia la izquierda, o las direcciones hacia arriba, hacia abajo, hacia la derecha y hacia la izquierda, pudiéndose ajustar el ángulo de curvatura mediante una pluralidad de gatos de tipo interrumpido, y se puede perforar un túnel curvado. En segundo lugar, aunque la máquina de escudo SM2 se explica utilizando como ejemplo una máquina de escudo que incluye el dispositivo 7 de movimiento de tierras, se puede prever un dispositivo de movimiento de barro en vez de dicho dispositivo 7 de movimiento de tierras.
- 40 A continuación, se explicará (véanse las figuras 12 a 14) una máquina de escudo SM3 de acuerdo con la realización 3 según la presente invención. A diferencia del mecanismo 5B de desplazamiento del cabezal cortador y de un sistema de control en la máquina de escudo SM3, la máquina de escudo SM3 está construida de la misma manera que la máquina de escudo SM. Se utilizan los mismos números de referencia para los miembros que son iguales que los de la máquina de escudo SM, y se omiten explicaciones de los mismos. Se explicarán principalmente el mecanismo 5B de desplazamiento del cabezal cortador y el sistema de control.
- 45 Como se muestra en las figuras 12 a 14, el mecanismo 5B de desplazamiento del cabezal cortador incluye: un miembro de placa circular 17B que se puede hacer girar alrededor del primer eje central A1; el primer mecanismo rotatorio 18 que hace girar el miembro de placa circular 17B; un par de miembros de guía 50a y 50b; un par de brazos extensibles 51a y 51b que están fijados de modo deslizante al par de miembros de guía 50a y 50b; un mecanismo 52 de accionamiento del brazo que hace que el par de brazos extensibles 51a y 51b se extraigan y se retraigan; y un par de miembros 53 de apoyo de cabezales, que están fijados firmemente a partes extremas en punta del par de brazos extensibles 51a y 51b, respectivamente.
- 50 El par de cabezales cortadores rotatorios 4 están montados en un par de miembros 53 de apoyo de cabezales, respectivamente, para ser giratorios alrededor de los segundos ejes centrales A2, respectivamente, que están en paralelo con el primer eje central A1. El cabezal cortador rotatorio 4 es el mismo que el de la realización 1. Un par de segundos mecanismos rotatorios 21B, que hacen girar los cabezales cortadores 4, son los mismos que los terceros mecanismos rotatorios 21 de la realización 1.
- 55
- 60

El miembro de placa circular 17B está montado en una parte lateral extrema delantera del cuerpo principal 3B de la máquina de escudo para ser giratorio alrededor del primer eje central A1, que es el centro del cuerpo principal 3B de la máquina de escudo, y dicho miembro de placa circular 17B constituye parte de la pared de separación 2. El miembro de placa circular 17B incluye una parte saliente circular 17b que está conectada a la parte anular 17a y sobresale hacia delante de porciones de la pared de separación 2 distintas del miembro de placa circular 17B. El par de miembros de guía 50a y 50b están dispuestos en el interior de la parte saliente 17b del miembro de placa circular 17B, para ser sustancialmente imágenes especulares simétricas con respecto al primer eje central A1. El par de brazos extensibles 51a y 51b están dispuestos de modo deslizante sobre el par de miembros de guía 50a y 50b, de manera que las longitudes extendidas son imágenes especulares simétricas con respecto al primer eje central A1.

El par de brazos extensibles 51a y 51b están constituidos por un brazo extensible exterior 51a que tiene una sección transversal rectangular y un brazo extensible interior 51b que está ajustado internamente en el brazo extensible exterior 51a, para ser relativamente deslizante. Una parte extrema del brazo extensible exterior 51a está fijada firmemente al miembro extremo en punta 53a, que está fijado firmemente a su vez a uno de los miembros 53 de apoyo de cabezales, y la parte extrema está insertada de modo deslizante a través del miembro de guía 50a en el lado del miembro extremo en punta 53a. Una parte extrema del brazo extensible interior 51b está fijada firmemente al miembro extremo en punta 53b, que está fijado firmemente a su vez al otro miembro 53 de apoyo de cabezales, y la parte extrema está insertada de modo deslizante a través del miembro de guía 50b en el lado del miembro extremo en punta 53b.

El mecanismo 52 de accionamiento del brazo está constituido por un cilindro hidráulico extensible del tipo de dos vástagos, dispuesto en el par de brazos extensibles 51a y 51b. El cilindro hidráulico extensible incluye una pared de separación en una parte intermedia a lo largo en el interior de su cuerpo principal 52A del cilindro, incluye partes de pistón en un par de agujeros de orificio cilíndrico, respectivamente, que están formadas por ambos lados de la pared de separación, y está construido de manera que un par de vástagos 52a y 52b del pistón se extienden y se retraen desde ambos extremos del cuerpo principal 52A del cilindro, respectivamente. Una parte extrema de uno de los vástagos 52a del pistón está conectada por pasadores al miembro extremo en punta 53a a través de un soporte y una parte extrema del otro vástago 52b del pistón está conectada por pasadores al miembro extremo en punta 53b a través de un soporte.

Cada uno de los dos cilindros hidráulicos del mecanismo 52 de accionamiento del brazo está construido como un cilindro de doble efecto y está conectado a la fuente de suministro hidráulico del carro trasero. Sincronizando los dos cilindros hidráulicos y haciendo que funcionen para ser imágenes especulares simétricas con respecto al primer eje central A1, las longitudes extendidas del par de brazos extensibles 51a y 51b llegan a ser imágenes especulares simétricas con respecto al primer eje central A1. Haciendo que el mecanismo 52 de accionamiento del brazo extienda y retraiga el par de brazos extensibles 51a y 51b mientras hace girar el miembro de placa circular 17B alrededor del primer eje central A1, se puede hacer que el par de cabezales cortadores 4 sean rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central A1. De esta manera, se puede perforar el túnel T que tiene la sección transversal ovalada.

A continuación, se explicará el sistema de control de la máquina de escudo SM3. Como se muestra en la figura 15, el panel de control 31, el primer sensor 32 de ángulos de rotación y un par de sensores 54a y 54b de detección de longitudes extendidas están conectados a una unidad de control 30B. El primer sensor 32 de ángulos de rotación detecta el ángulo de rotación del miembro de placa circular 17B girado desde la posición de referencia hacia una dirección predeterminada y está construido de la misma manera que en la realización 1.

El sensor 54a de detección de longitudes extendidas detecta la longitud extendida del brazo extensible exterior 51a, que se extiende desde la posición más retraída (posición de referencia) mostrada en las figuras 12 y 13. Por ejemplo, el sensor 54a de detección de longitudes extendidas está constituido por una pluralidad de pequeños agujeros formados a intervalos cortos en una superficie de pared del brazo extensible exterior 51a fabricado de acero y formados en una línea paralela a una dirección de extensión-retracción, y por un captor electromagnético dispuesto fijamente en el lado del miembro de guía 50a. Nótese que los pequeños agujeros están bloqueados de manera estanca en un lado interior del brazo extensible exterior 51a. Está formado asimismo un pequeño agujero ancho, desde el que se detecta un pulso de referencia cuya anchura de pulso detectada por el captor electromagnético, cuando el brazo extensible exterior 51a está en la posición más retraída, es especialmente grande. Por lo tanto, es posible detectar la posición más retraída basándose en la señal de detección suministrada desde el captor electromagnético. Además, contando el número de pulsos detectados en el momento y después de la detección de la posición más retraída, es posible detectar la longitud extendida del brazo extensible exterior 51a que se extiende desde la posición más retraída. Nótese que el sensor 54b de detección de longitudes extendidas detecta la longitud extendida del brazo extensible interior 51b que se extiende desde la posición más retraída y está construido de la misma manera que el sensor 54a de detección de longitudes extendidas.

El primer mecanismo rotatorio 18 es el mismo que el de la realización 1. El mecanismo 52 de accionamiento del brazo está construido para controlar la cantidad y la presión del aceite suministrado a los dos cilindros hidráulicos a través de una válvula de control hidráulico 52v, y hace que el brazo extensible exterior 51a y el brazo extensible interior 51b se extiendan y se retraigan como imágenes simétricas especulares una longitud deseada. La unidad de

- 5 control 30B controla la válvula de control hidráulico 52v. El segundo mecanismo rotatorio 21B es el mismo que el tercer mecanismo rotatorio 21 de la realización 1. La unidad de control 30B recibe salidas desde el primer sensor 32 de detección de ángulos de rotación y del par de sensores 54a y 54b de detección de longitudes extendidas, para controlar el primer mecanismo rotatorio 18 y el mecanismo 52 de accionamiento del brazo de manera que el par de cabezales cortadores 4 perforen el túnel T que tiene la sección transversal ovalada.
- 10 La unidad de control 30A incluye una CPU 30g, una ROM 30h, una RAM 30i y una interfaz de entrada/salida (no mostrada). La ROM 30h almacena con antelación un programa de control para el control anteriormente citado de hacer que el cabezal cortador 4 se mueva en una dirección ortogonal al primer eje central A1, para perforar el túnel que tiene la sección transversal ovalada. Se omiten el diagrama de flujo y la lógica de control del programa de control.
- 15 Las operaciones y los efectos de la máquina de escudo SM3 son sustancialmente iguales que los de la máquina de escudo SM2 de la realización 2, de manera que se omiten las explicaciones de los mismos. Se explicará un ejemplo obtenido cambiando parcialmente la realización 3. Dos cilindros hidráulicos independientes pueden estar dispuestos en oposición entre sí, en vez de los cilindros hidráulicos del mecanismo 52 de accionamiento del brazo, y dichos cilindros hidráulicos pueden estar contruidos para funcionar en sincronismo entre sí. Los otros ejemplos de modificación son sustancialmente los mismos que en la realización 2.
- 20 Dado que esta invención se puede realizar en varias formas sin salirse de sus características esenciales, las presentes realizaciones son, por lo tanto, ilustrativas y no restrictivas, ya que el alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas, en lugar de por la descripción que las precede, y todos los cambios que están comprendidos dentro de los límites de las reivindicaciones, o de la equivalencia de tales límites de las mismas, están destinados, por lo tanto, a ser abarcados por dichas reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una máquina de escudo (SM), que comprende: un cuerpo principal (3) de la máquina de escudo, que incluye un cuerpo (1) y una pared de separación (2) que define un extremo trasero de una cámara (9) en una parte extrema delantera (1A) del cuerpo; y una pluralidad de gatos de escudo (6) para hacer que el cuerpo principal (3) de la máquina de escudo perfora hacia delante, disponiéndose la máquina de escudo (SM) para perforar un túnel que tiene una sección transversal ovalada, **caracterizada porque** el cuerpo (1) está construido para tener una sección transversal ovalada similar a la sección transversal del túnel, y porque la máquina de escudo (SM) comprende además:
- un miembro de placa circular (17) que está montado en una parte lateral extrema delantera del cuerpo principal (3) de la máquina de escudo, para ser giratorio alrededor de un primer eje central (A1) que es el centro del cuerpo principal (3) de la máquina de escudo y constituye parte de la pared de separación (2);
 - unos primeros medios rotatorios (18) para hacer girar el miembro de placa circular (17);
 - un par de brazos de pivotamiento (19) que están soportados en un lado superficial delantero del miembro de placa circular (17) de manera que partes extremas de base (196) de los brazos de pivotamiento pueden girar alrededor de un par de segundos ejes centrales (A2), respectivamente, que están en paralelo con el primer eje central (A1) y son rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central (A1);
 - un par de segundos medios rotatorios (20) para hacer girar el par de brazos de pivotamiento (19) alrededor de los segundos ejes centrales (A2), respectivamente;
 - un par de miembros (19a) de apoyo de cabezales, que están fijados firmemente a partes extremas en punta del par de brazos de pivotamiento (19), respectivamente;
 - un par de cabezales cortadores rotatorios (4) que están montados en el par de miembros (19a) de apoyo de cabezales, respectivamente, para ser giratorios alrededor de terceros ejes centrales (A3), respectivamente, que están en paralelo con los segundos ejes centrales (A2), y cada uno de los cuales tiene un diámetro que es la mitad del diámetro secundario de la sección transversal ovalada del cuerpo (3); y
 - un par de terceros medios rotatorios (21) para hacer girar el par de cabezales cortadores rotatorios (4) alrededor de los terceros ejes centrales (A3), respectivamente.
2. La máquina de escudo (SM) según la reivindicación 1, **caracterizada porque** comprende además:
- unos primeros medios (32) de detección de ángulos de rotación para detectar un ángulo de rotación del miembro de placa circular (17) girado desde una posición de referencia;
 - un par de segundos medios (33) de detección de ángulos de rotación para detectar los ángulos de rotación del par de brazos de pivotamiento (19) girados desde posiciones de referencia alrededor de los segundos ejes centrales (A2); y
 - unos medios (30) de control de la perforación, para controlar, basándose en salidas desde los medios primeros (32) y segundos (33) de detección de ángulos de rotación, los medios rotatorios primeros (18) y segundos (20) de manera que el par de cabezales cortadores rotatorios (4) perforan el túnel que tiene la sección transversal ovalada.
3. Una máquina de escudo (SM), que comprende: un cuerpo principal (3) de la máquina de escudo, que incluye un cuerpo (1) y una pared de separación (2) que define un extremo trasero de una cámara (a) en una parte extrema delantera (19) del cuerpo; y una pluralidad de gatos de escudo (6) para hacer que el cuerpo principal (3) de la máquina de escudo perfora hacia delante, disponiéndose la máquina de escudo (SM) para perforar un túnel que tiene una sección transversal ovalada, **caracterizada porque** el cuerpo (1) está construido para tener una sección transversal ovalada similar a la sección transversal del túnel, y la máquina de escudo comprende además:
- un miembro de placa circular (17a) que está montado en una parte lateral extrema delantera del cuerpo principal de la máquina de escudo, para ser giratorio alrededor de un primer eje central que es el centro del cuerpo principal (3) de la máquina de escudo y constituye parte de la pared de separación (2);
 - unos primeros medios rotatorios (18) para hacer girar el miembro de placa circular (17a);
 - un par de miembros de guía (40) que están montados en un lado del miembro de placa circular (17A), cuyo lado es opuesto al lado de la cámara, para ser rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central (A1), y un par de brazos extensibles (41) que están montados de modo deslizante en el par de miembros de guía (40), para ser rotacionalmente simétricos con respecto al primer eje central (A1), y están dispuestos en paralelo con la pared de separación (2);
 - un par de medios de accionamiento (42) para hacer que el par de brazos extensibles (41) se extiendan y se retraigan, respectivamente;
 - un par de miembros (43) de apoyo de cabezales, que están fijados firmemente a partes extremas en punta (41a) del par de brazos extensibles (41), respectivamente;
 - un par de cabezales cortadores rotatorios (4) que están montados en el par de miembros (43) de apoyo de cabezales, respectivamente, para ser giratorios alrededor de segundos ejes centrales (A2), respectivamente,

que están en paralelo con el primer eje central (A1), y cada uno de los cuales tiene un diámetro que es la mitad del diámetro secundario de la sección transversal ovalada del cuerpo; y un par de segundos medios rotatorios (21a) para hacer girar el par de cabezales cortadores rotatorios alrededor de los segundos ejes centrales (42), respectivamente.

5 4. La máquina de escudo (SM) según la reivindicación 3, **caracterizada porque** comprende además:
 10 unos primeros medios (32) de detección de ángulos de rotación para detectar un ángulo de rotación del miembro de placa circular (17a) girado desde una posición de referencia;
 10 un par de medios (44) de detección de longitudes extendidas, para detectar las longitudes extendidas del par de brazos extensibles (41) que se extienden desde la posición más retraída, respectivamente; y
 15 unos medios (30A) de control de la perforación, para controlar, basándose en salidas desde los primeros medios (32) de detección de ángulos de rotación y los medios (44) de detección de longitudes extendidas, los primeros medios rotatorios (18) y los medios de accionamiento (42) de manera que el par de cabezales cortadores rotatorios (4) perforen el túnel que tiene la sección transversal ovalada.

5. Una máquina de escudo (SM), que comprende: un cuerpo principal (3B) de la máquina de escudo, que incluye un cuerpo (1) y una pared de separación (2) que define un extremo trasero de una cámara (9) en una parte extrema delantera (1A) del cuerpo; y una pluralidad de gatos de escudo (6) para hacer que el cuerpo principal (3) de la máquina de escudo perfora hacia delante, disponiéndose la máquina de escudo (SM) para perforar un túnel que tiene una sección transversal ovalada, **caracterizada porque**
 20 el cuerpo (1) está construido para tener una sección transversal ovalada similar a la sección transversal del túnel, y **porque**
 25 la máquina de escudo (SM) comprende además:

un miembro de placa circular (17B) que está montado en una parte lateral extrema delantera del cuerpo principal (3) de la máquina de escudo, para ser giratorio alrededor de un primer eje central (A1) que es el centro del cuerpo principal (3) de la máquina de escudo y constituye parte de la pared de separación (2);
 30 unos primeros medios rotatorios (18) para hacer girar el miembro de placa circular (17B);
 un par de miembros de guía (50a, 50b) que están montados en una parte saliente (17b) para ser sustancialmente imágenes especulares simétricas con respecto al primer eje central (A1), sobresaliendo la parte saliente (17b) hacia delante de la parte de la pared de separación (2) distinta del miembro de placa circular (17B) y proporcionada por el miembro de placa circular, y un par de brazos extensibles (51a, 51b) que están montados de modo deslizante en el par de miembros de guía (50a, 50b), respectivamente, de manera que las longitudes extendidas de los brazos extensibles (51a, 51b) son imágenes especulares simétricas con respecto al primer eje central (A1);
 35 uno o un par de medios de accionamiento (52) para hacer que el par de brazos extensibles (51a, 51b) se extiendan y se retraigan;
 40 un par de miembros (53) de apoyo de cabezales, que están fijados firmemente a un par de partes extremas en punta (53a) del par de brazos extensibles (51a, 51b), respectivamente;
 un par de cabezales cortadores rotatorios (4) que están montados en el par de miembros (53) de apoyo de cabezales, respectivamente, para ser giratorios alrededor de segundos ejes centrales (A2), respectivamente, que están en paralelo con el primer eje central (A1), y cada uno de los cuales tiene un diámetro que es la mitad del diámetro secundario de la sección transversal ovalada del cuerpo (3B); y
 45 un par de segundos medios rotatorios (21B) para hacer girar el par de cabezales cortadores rotatorios (4) alrededor de los segundos ejes centrales (A2), respectivamente.

6. La máquina de escudo (SM) según la reivindicación 5, **caracterizada porque** comprende además:
 50 unos primeros medios (32) de detección de ángulos de rotación, para detectar un ángulo de rotación del miembro de placa circular (17B) girado desde una posición de referencia;
 unos medios (54a, 54b) de detección de longitudes extendidas, para detectar las longitudes extendidas de los brazos extensibles (51a, 51b) que se extienden desde la posición más retraída; y
 55 unos medios (30B) de control de la perforación, para controlar, basándose en salidas desde los primeros medios (32) de detección de ángulos de rotación y los medios (54a, 54b) de detección de longitudes extendidas, los primeros medios rotatorios (18) y los medios de accionamiento (52) de manera que el par de cabezales cortadores rotatorios (4) perforen el túnel que tiene la sección transversal ovalada.

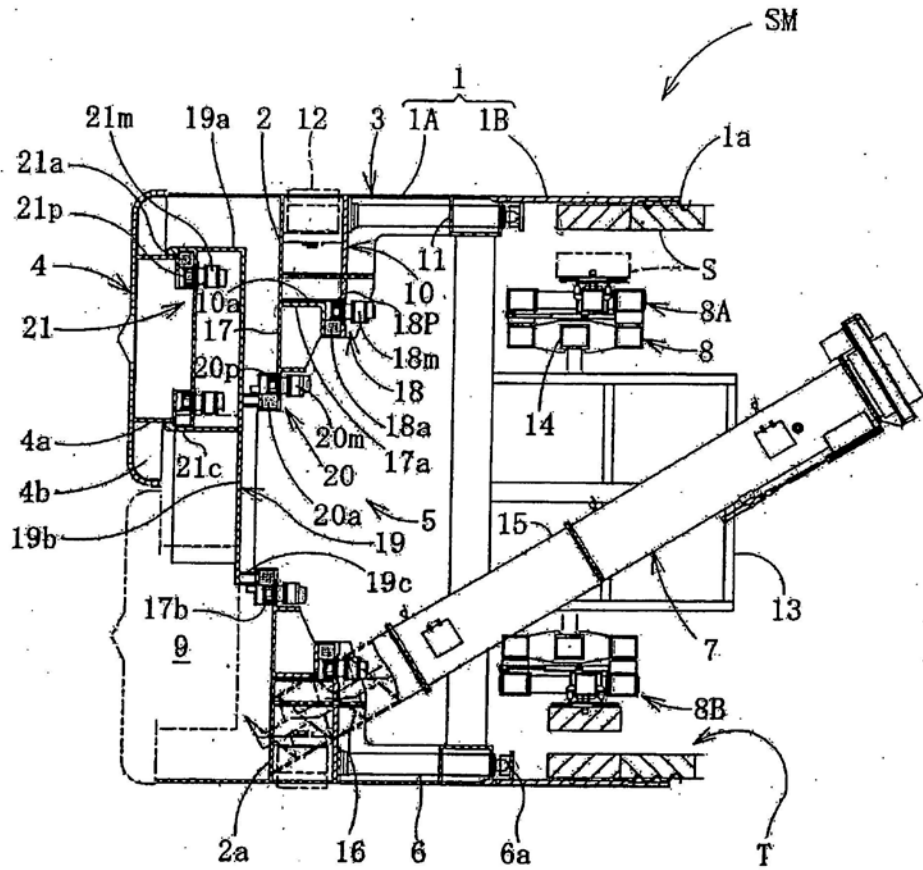


Fig. 1

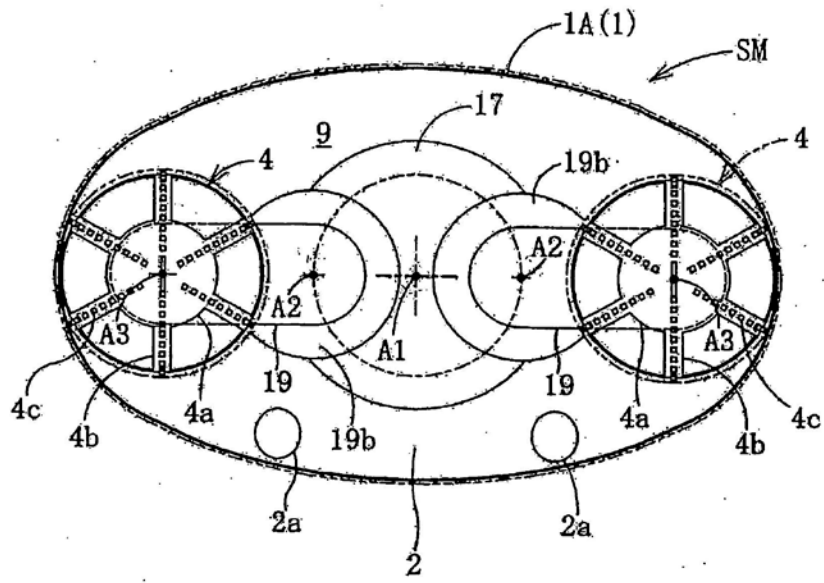


Fig. 2

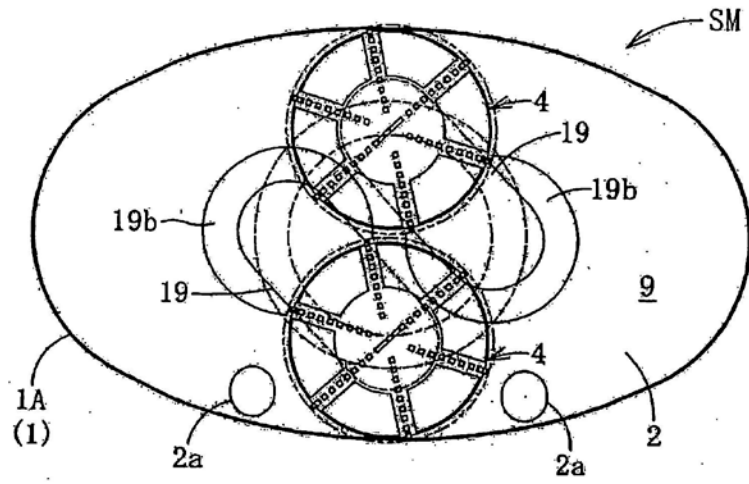


Fig. 3

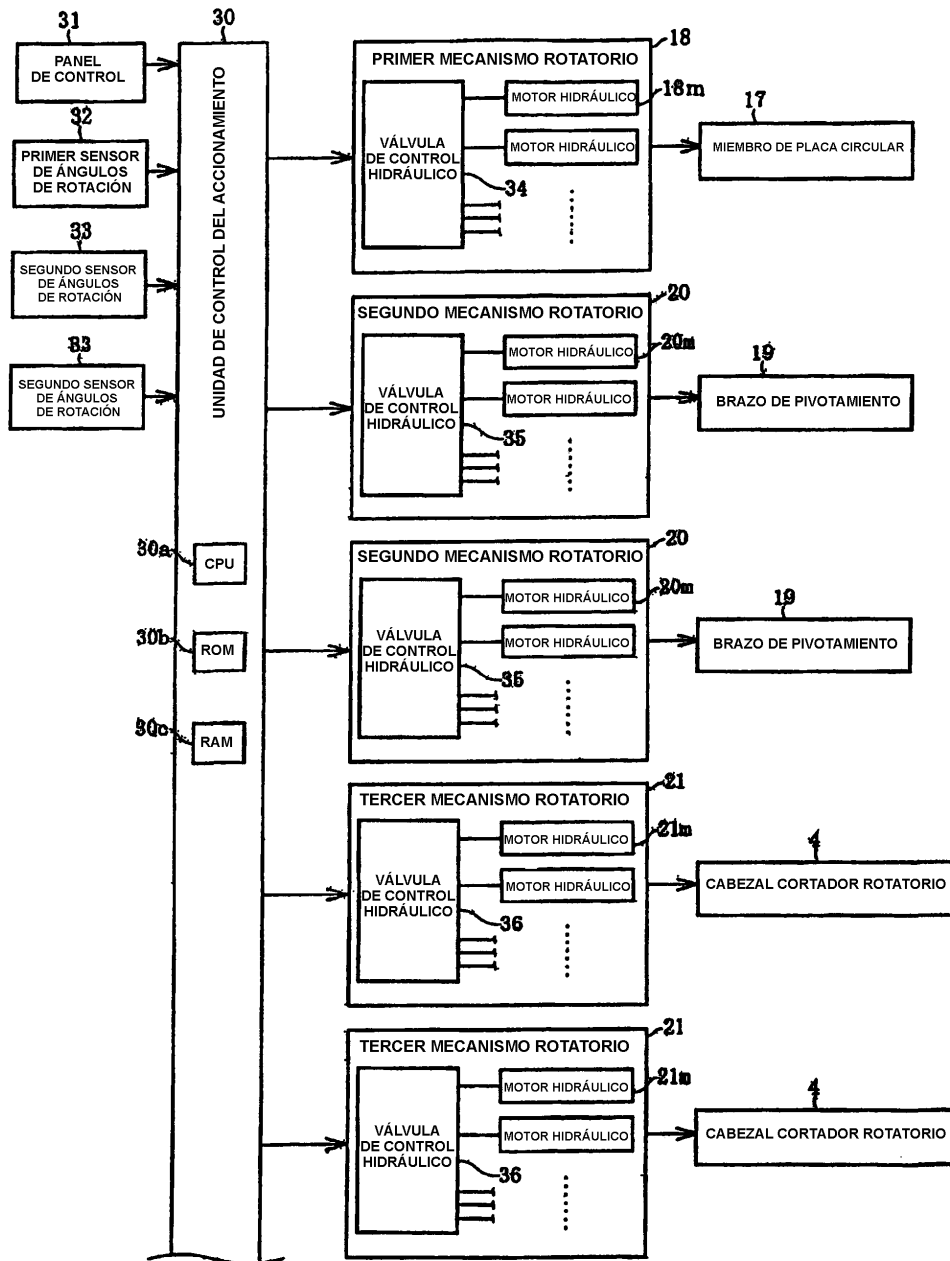


Fig. 4

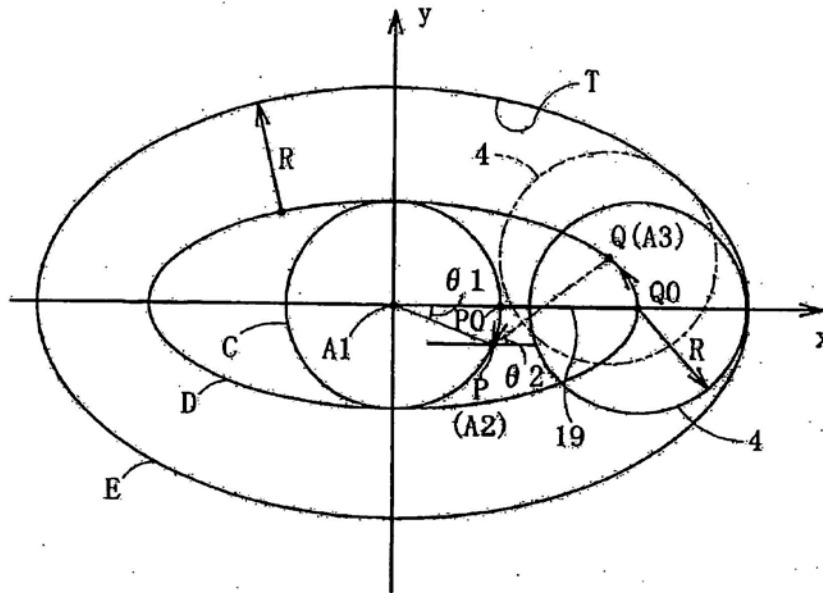


Fig. 5

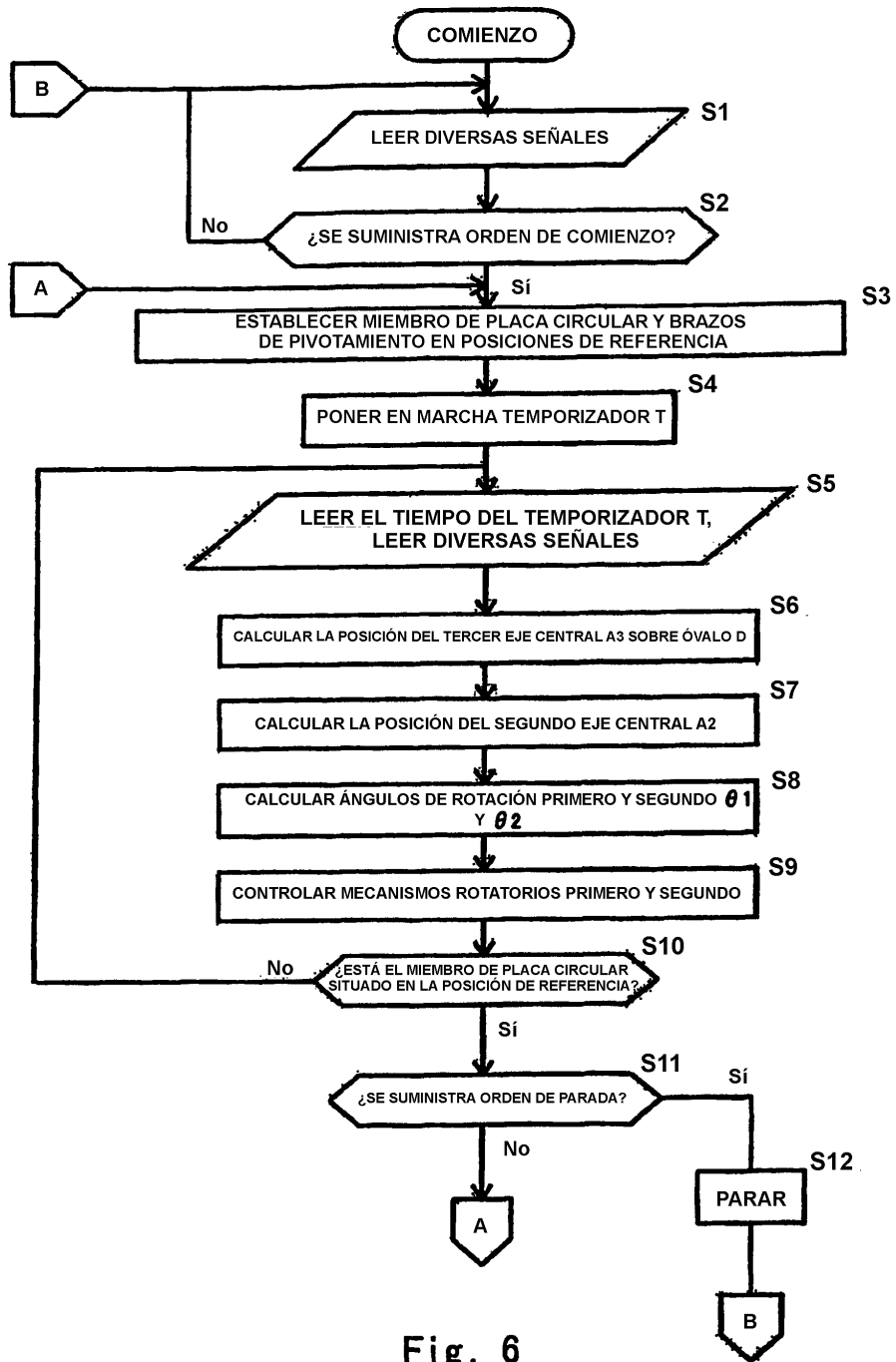


Fig. 6

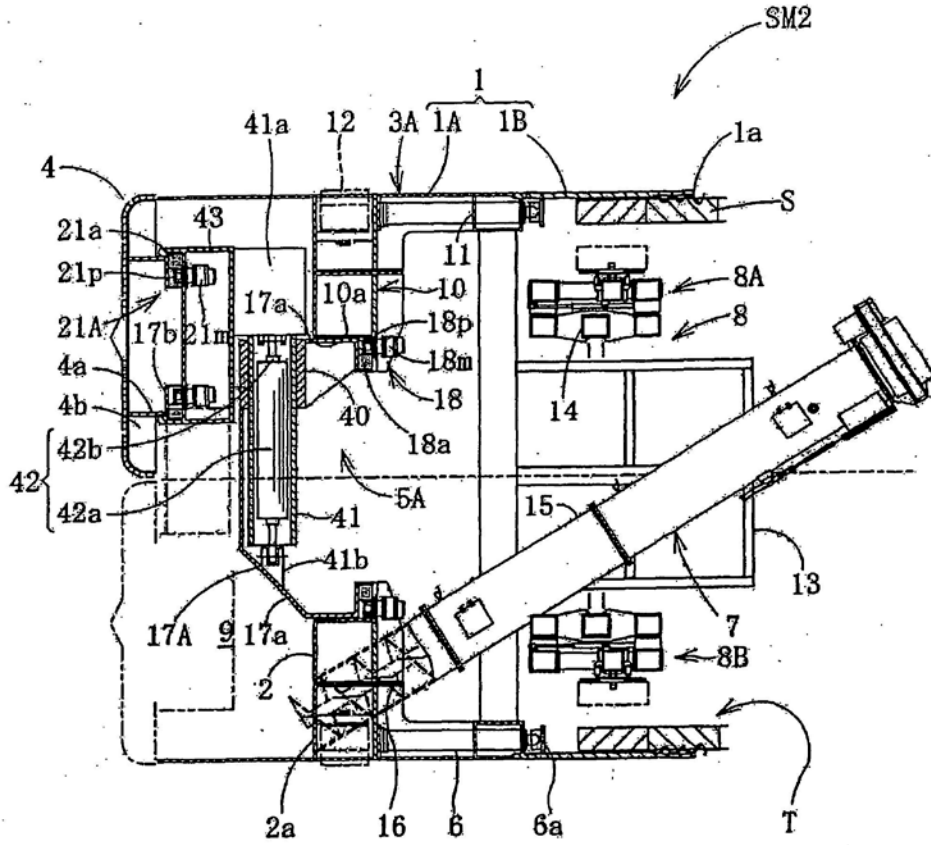


Fig. 7

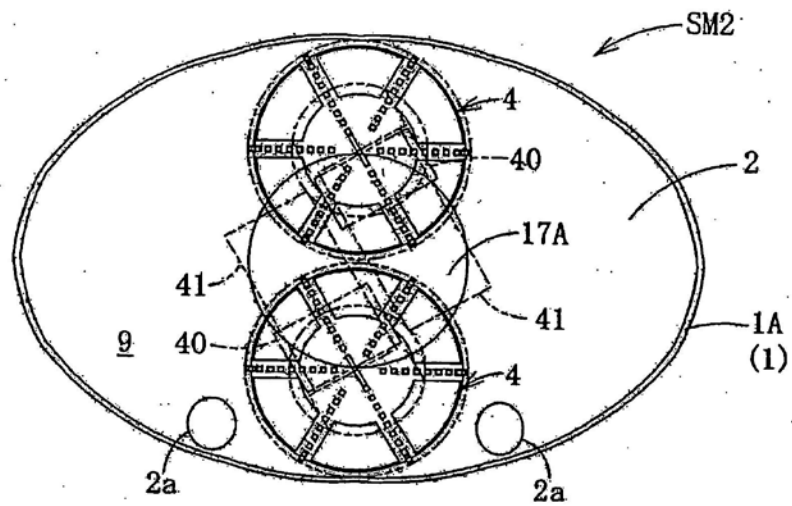


Fig. 8

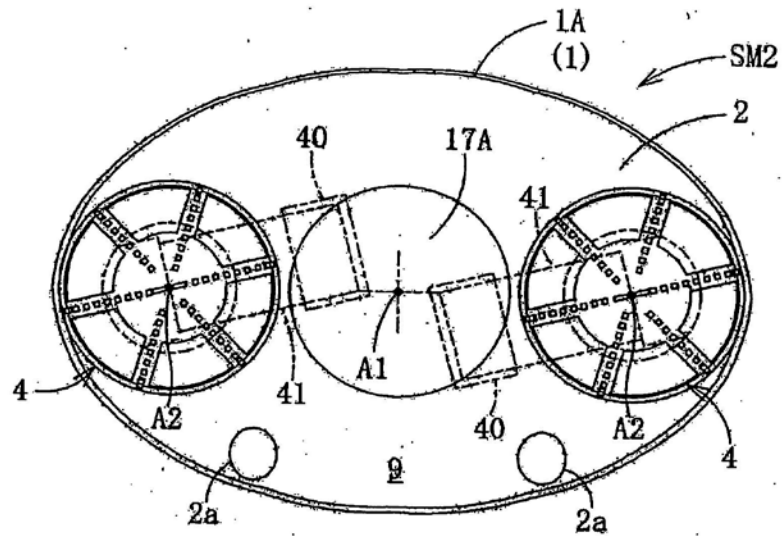


Fig. 9

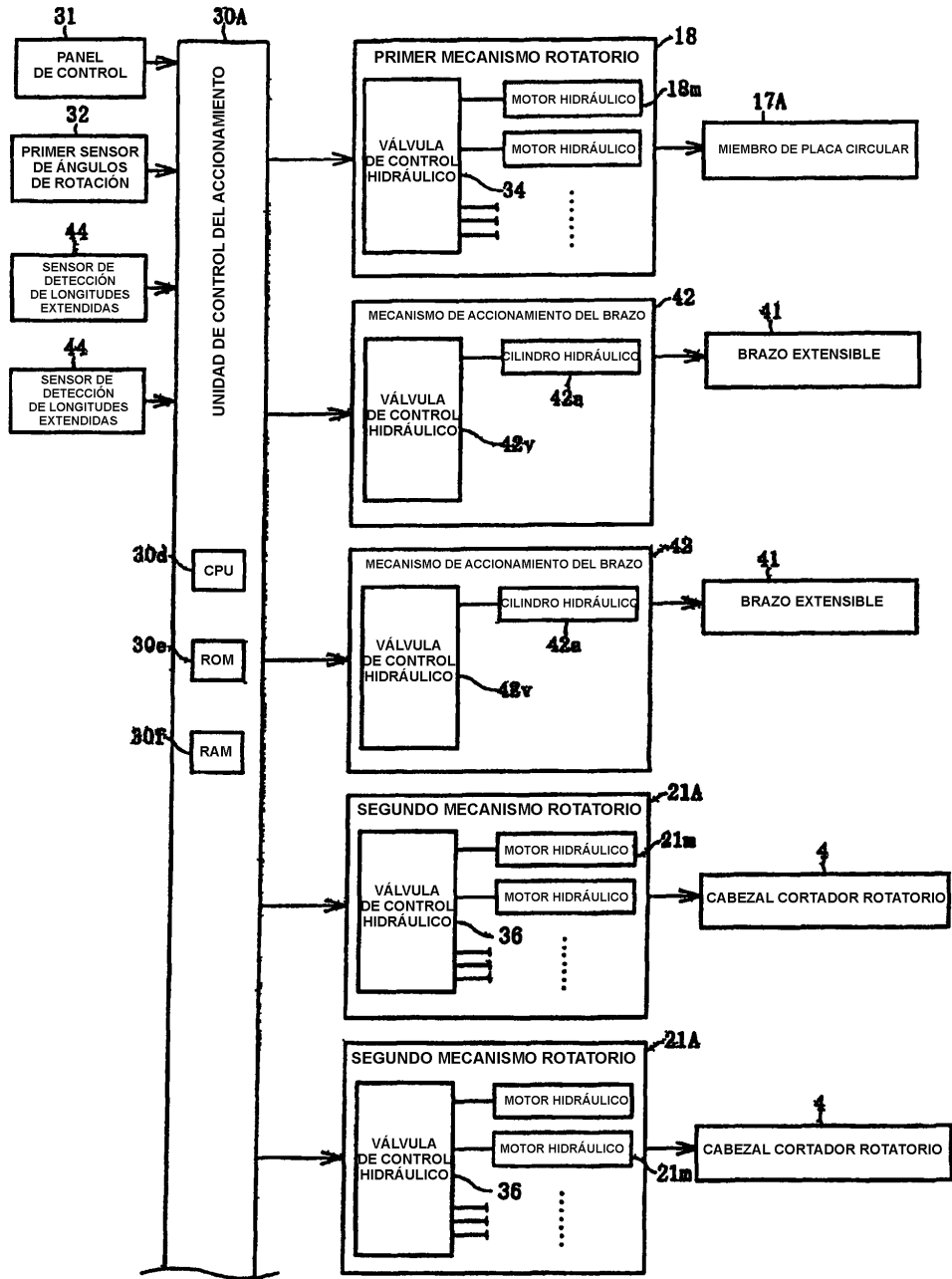


Fig. 10

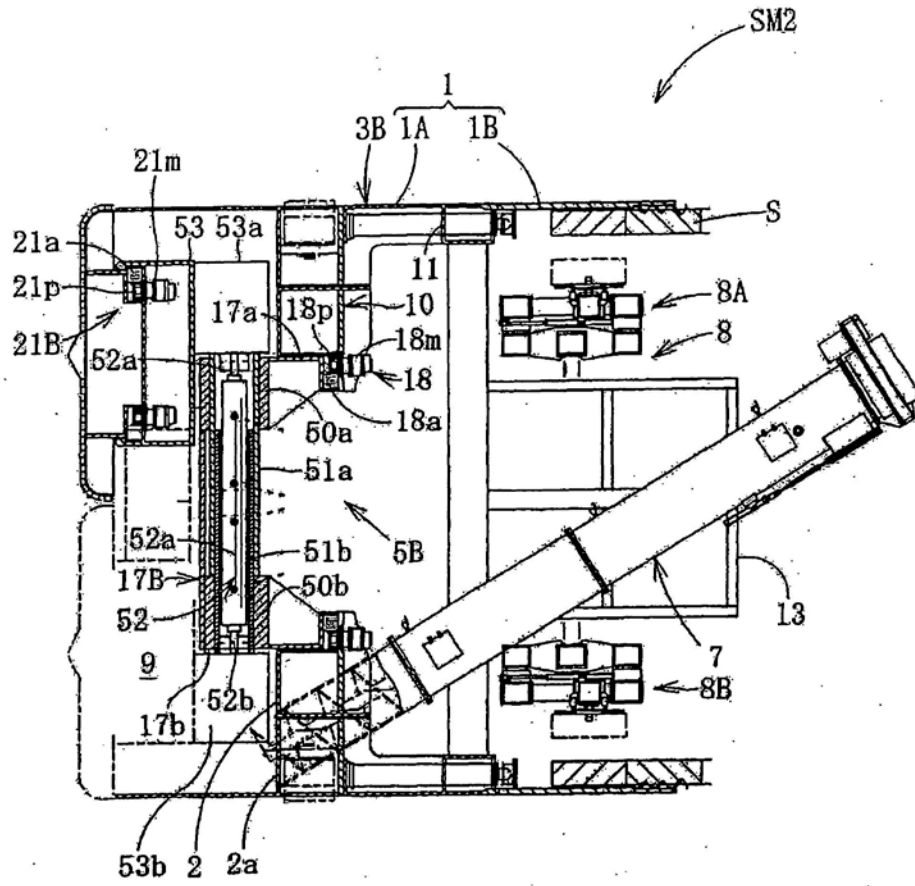


Fig. 12

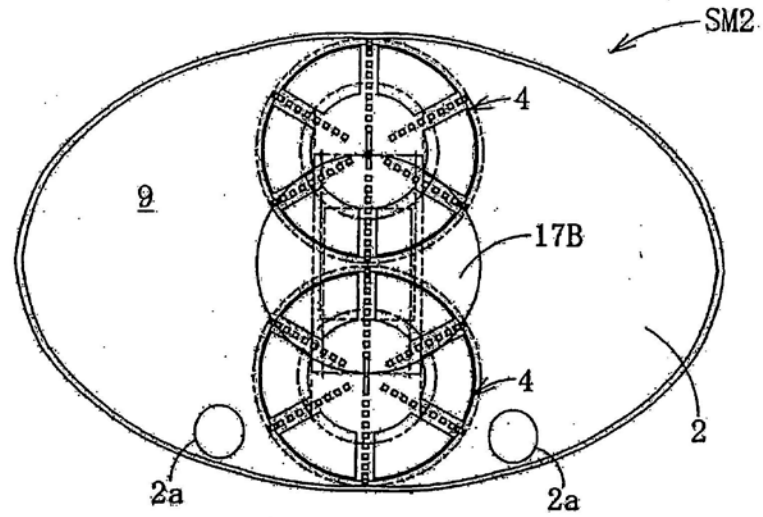


Fig. 13

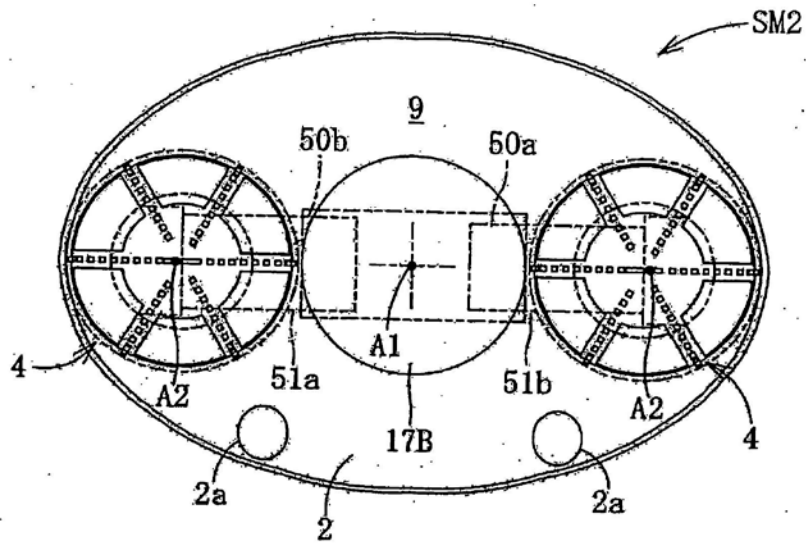


Fig. 14

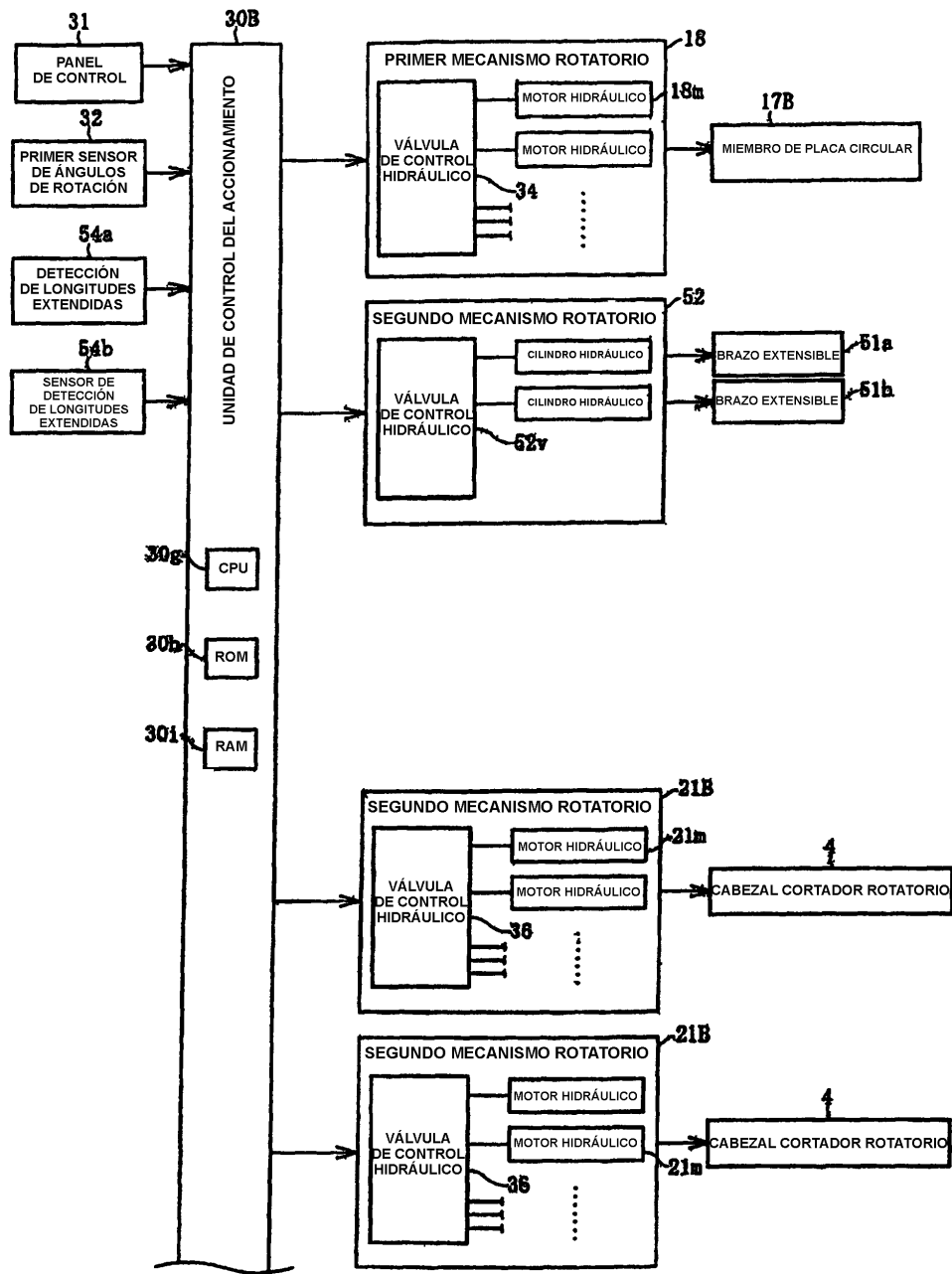


Fig. 15