

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 927 425**

51 Int. Cl.:

**E21D 9/00** (2006.01)

**E21D 9/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2020 PCT/GB2020/050756**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2020 WO20193960**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2020 E 20723471 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.08.2022 EP 3942154**

54 Título: **Método y sistema de construcción de un túnel subterráneo**

30 Prioridad:

**22.03.2019 GB 201903979**

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

**04.11.2022**

73 Titular/es:

**HYPERTUNNEL IP LIMITED (100.0%)  
Viewpoint ,Basing View, Basingstoke  
Hampshire RG21 4RG, GB**

72 Inventor/es:

**JORDAN, STEPHEN**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 927 425 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Método y sistema de construcción de un túnel subterráneo

5 La presente invención se refiere generalmente a un método y sistema para construir un túnel subterráneo y encuentra una utilidad particular, aunque no exclusiva, en la construcción de túneles de muchos kilómetros de longitud.

Además del costo y la velocidad, los principales desafíos al construir un túnel se derivan de la geología que se encontrará. En túneles relativamente cortos, la geología puede ser bastante consistente y fácil de planificar. Sin embargo, es probable que los túneles largos de muchos kilómetros atraviesen una variedad de geologías que provoquen problemas significativos e incluso potencialmente catastróficos. Idealmente, un túnel se construiría a través de una geología favorable y/o consistente en toda su longitud. Sin embargo, los métodos convencionales involucran simplemente el muestreo de la geología a lo largo de la longitud del túnel propuesto desde arriba (donde sea posible) y la extrapolación de esas muestras.

15 Se conocen tuneladoras (TBM) que comprenden un gran escudo cilíndrico de metal con una rueda de corte giratoria al frente y que contiene una cámara donde se deposita el suelo excavado (y opcionalmente se mezcla con lodo para la extracción, en dependencia del tipo de condiciones geológicas/del suelo). Detrás de la cámara hay un conjunto de gatos hidráulicos que se usan para empujar la TBM hacia adelante con relación a la pared del túnel de hormigón detrás. La pared del túnel se instala en segmentos a medida que avanza la TBM. Una vez que la TBM ha excavado la longitud de un segmento, se detiene y un erector construye un nuevo anillo de túnel utilizando los segmentos de hormigón prefabricado. Detrás del escudo, dentro de la parte terminada del túnel, se pueden encontrar otros mecanismos operativos que típicamente se consideran parte del sistema TBM: remoción de suciedad, tuberías para el lodo si corresponde, salas de control, rieles para el transporte de los segmentos prefabricadas, etc. Sin embargo, las TBM tienen varias desventajas, que incluyen la naturaleza intermitente de su excavación de túneles, y que una sola TBM no puede pasar fácilmente entre diferentes tipos de roca/suelo (especialmente capas de roca muy fracturadas y cortadas).

Además, diversas técnicas de perforación direccional que se usan en las industrias de minería, petróleo y gas y construcción. Por ejemplo, la perforación direccional horizontal (HDD) se usa para instalar tuberías, etc. HDD es capaz de perforar agujeros adecuadamente precisos de hasta solo ~ 800 m de largo con diámetros de solo entre 100 mm y 1200 mm. Alternativamente, la perforación direccional se usa en la industria del petróleo y el gas y permite perforar agujeros mucho más largos.

35 Los métodos y sistemas relevantes de la técnica anterior se presentan, por ejemplo, en los documentos CN 106 089 174 A y JP S62 273392 A.

La presente invención busca superar las desventajas de la técnica anterior al proporcionar un sistema y método como se describe a continuación. La presente invención puede usarse en la construcción de nuevos túneles, así como también en el proceso de ampliación y/o revestimiento y/o reparación de túneles existentes.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para construir un túnel subterráneo, el método que comprende las etapas de: perforar un primer orificio a lo largo de una primera trayectoria predeterminada a través de la geología subyacente, el primer orificio que tiene una longitud de al menos 25 m; perforar una pluralidad de segundos orificios a lo largo de las respectivas segundas trayectorias predeterminadas a través de la geología subyacente, cada una de las respectivas segundas trayectorias predeterminadas sustancialmente paralela a la primera trayectoria predeterminada para que la pluralidad de segundos orificios solos, o una combinación de la pluralidad de segundos orificios y el primer orificio juntos, definan una región sustancialmente en forma de prisma que tiene una sección transversal de una forma geométrica a lo largo de toda la longitud del primer y los segundos orificios, la forma geométrica y el tamaño de esa forma son constantes a lo largo de toda la longitud; revestir cualquiera del primer orificio y la pluralidad de segundos orificios con un revestimiento, el revestimiento que tiene agujeros en el mismo; tratar la geología subyacente a través de los agujeros en direcciones predefinidas específicas, antes de excavar el material para aumentar la eficiencia de excavación del material; y excavar material dentro de la región sustancialmente en forma de prisma para formar un túnel.

De esta forma, los datos de la perforación del primer orificio y la pluralidad de los segundos orificios pueden registrarse y usarse para informar a los operadores sobre los tipos de material a través de los cuales excavarán. Por lo tanto, se puede lograr una vista más completa de la geología subyacente antes de comenzar las excavaciones.

La perforación puede comprender perforación direccional, por ejemplo, HDD o formas de perforación direccional usadas en la industria del petróleo y el gas.

Las operaciones de perforación se pueden realizar desde la entrada y/o salida del túnel preconstruido, un pozo intermedio y/o desde la superficie.

Cada orificio del primer orificio y/o una pluralidad de segundos orificios puede comprender un agujero y/o un pozo que tiene una sección transversal sustancialmente circular y tiene una longitud de varios órdenes de magnitud mayor que su diámetro. Por ejemplo, cada orificio puede tener un diámetro de entre 100 mm y 1200 mm; cada orificio puede tener una longitud de al menos 25 m, al menos 50 m, al menos 100 m, al menos 200 m o más.

5 El método puede comprender determinar la primera trayectoria predeterminada (y opcionalmente las segundas trayectorias predeterminadas); sin embargo, esto debe hacerse por métodos convencionales.

10 La región sustancialmente en forma de prisma está definida por la pluralidad de segundos orificios solos, o puede estar definida por una combinación de la pluralidad de segundos orificios y el primer orificio juntos. Por ejemplo, el primer orificio en combinación con dos segundos orificios puede formar una región en forma de prisma triangular. Como otro ejemplo, tres segundos orificios pueden formar una región en forma de prisma triangular solos, el primer orificio que se ubica dentro de la región en forma de prisma triangular; alternativamente, los tres segundos orificios junto con el primer orificio pueden formar una región paralelepípedica (en forma de prisma cuadrado), si se colocan apropiadamente uno con relación a otro.

15 La región en forma de prisma puede curvarse; es decir, la región puede tener una sección transversal de una forma geométrica (por ejemplo, triángulo, cuadrado, etc.), regular o de cualquier otra manera, a lo largo de toda su longitud (y esa forma geométrica y el tamaño de esa forma pueden ser constantes a lo largo de su longitud), sin embargo, la trayectoria en la que se basa la región puede no ser una línea recta, sino una línea curva.

20 El primer orificio puede comprender un solo primer orificio o una pluralidad de primeros orificios (por ejemplo, dos o tres primeros orificios). El primer orificio puede comprender un orificio principal. El orificio principal puede estar separado de un perímetro de la región en forma de prisma, se ubica a través de una parte interior de la región en forma de prisma.

25 Se pueden recopilar datos del primer orificio para determinar el material a través del cual se ha realizado la perforación.

30 La pluralidad de segundos orificios puede formar un perfil de túnel; es decir, la pluralidad de segundas trayectorias pueden proyectarse a lo largo de las paredes del túnel propuesto.

35 La sección transversal del túnel puede ser circular; sin embargo, son posibles otras secciones transversales, tales como rectangular, semicircular, arqueada, de fondo plano, etc. Las paredes circulares o curvas pueden mejorar la estabilidad de la estructura del túnel así formada, pero cuando esto se considere innecesario (por ejemplo, a partir de los datos obtenidos del primer/segundos orificios), se puede elegir un piso plano para facilitar el movimiento de personas, equipos de excavación, y carros de basura.

40 El primer y/o segundos orificios pueden estar revestidos, por ejemplo, con tubería o revestimiento (por ejemplo, de sacrificio). De esta manera, se puede proteger la integridad de cada orificio. El primer orificio puede revestirse antes/después de que se inicie y/o complete la perforación de la pluralidad de segundos orificios. De manera similar, al menos uno de los segundos orificios puede revestirse antes/después de que se inicie y/o complete la perforación del primer orificio. El revestimiento puede comprender el revestimiento de todo el orificio, o solo de una porción del orificio. Cualquier revestimiento del orificio puede retirarse total o parcialmente antes de excavar.

45 Todos, o algunos, del primer y los segundos orificios pueden perforarse al mismo tiempo, o cada orificio puede perforarse individualmente. Esto puede ser particularmente importante cuando se perfora arena/suelo donde la integridad de cada orificio está en riesgo.

50 La excavación de material dentro de la región sustancialmente en forma de prisma para formar un túnel puede llevarse a cabo desde un escudo de excavación de túneles, el escudo de excavación de túneles que comprende una pluralidad de sondas en un borde delantero del mismo, cada sonda de la pluralidad de sondas alineada con un orificio respectivo del primer orificio y la pluralidad de segundos orificios.

55 La forma del escudo coincide con el perfil de túnel; es decir, la sección transversal de la región a excavar. Las sondas se pueden dimensionar para encajar dentro del primer y/o los segundos orificios; en particular, las sondas pueden tener un tamaño tal que se permita alguna variación de la ubicación de cada orificio con respecto a su trayectoria predeterminada, por ejemplo hasta 50 cm, más particularmente hasta 30 cm.

60 Los tramos en los que se ha producido una desviación fuera de la tolerancia se pueden abordar al retraer/retirar temporalmente una sonda relevante (hasta el momento en que pueda volverse a conectar) y excavar por medios alternativos (por ejemplo, cabezales de corte montados en la pluma como los que se encuentran en las unidades de rozadora).

65 Las sondas pueden estar equipadas con herramientas (opcionalmente intercambiables) que les permitan excavar desde dentro del primer y/o los segundos orificios. En particular, se pueden emplear varias herramientas diferentes para su uso con diferentes materiales, por ejemplo, cortadores de discos, cilindros o conos cortadores giratorios,

brazos tipo motosierra con dientes adecuados para el material en el que se trabaja, agua a alta presión, hojas de arado y divisores hidráulicos que pueden aplicar una enorme presión dirigida según sea necesario tanto alrededor de la circunferencia del túnel como hacia adentro para aflojar y romper aún más el material que se va a eliminar.

5 Las sondas pueden ser retráctiles para que puedan retirarse o cambiarse las herramientas sin que sea necesario mover el escudo.

Las técnicas de derrumbe/desplome pueden usarse en material blando y/o suelto que se va a excavar. Para este tipo de trabajo las sondas van provistas de hojas de arado a medida que avanza el escudo.

10 A medida que avanza el escudo, puede usarse un conjunto de láser para escanear constantemente la superficie exterior recién expuesta de la excavación para garantizar que no quede ningún material que sobresalga en el túnel desde la pared periférica de manera que obstruya o impida el progreso del escudo. El radar de penetración terrestre también puede usarse cuando los escombros cubren áreas del túnel recién expuesto.

15 El método puede comprender además la eliminación de tales áreas cuando se detecten, por ejemplo, mediante el uso de uno o más brazos robóticos montados con un taladro neumático o un cabezal de corte intercambiable u otra herramienta adecuada.

20 La tecnología de perforación/perforación direccional se puede combinar con la tecnología de escudo de manera que la perforación se realice frente a cada sonda en el escudo, lo que permite que el escudo avance antes de que se complete la perforación.

25 El escudo puede tener un borde delantero inclinado, cuyo ángulo puede elegirse por métodos convencionales con base en la naturaleza del material a excavar. En particular, el borde delantero inclinado se inclina hacia arriba y hacia el túnel a excavar.

El escudo puede ser empujado por arietes hidráulicos.

30 El escudo puede comprender un escudo de dragalina, y el método puede comprender además tirar del escudo de dragalina a través del material. Un escudo de dragalina puede ser una combinación de escudo de excavación de túneles y tecnología de excavadora de dragalina. Una excavadora de dragalina puede comprender un cangilón de dragalina suspendido de una pluma de modo que pueda ser posicionada por la pluma. Se usan cables/cuerdas/cadenas (típicamente controlados por cabrestantes) para arrastrar el cangilón, lo que recoge de esta manera el material que se va a excavar en el cangilón. El escudo de dragalina es arrastrado de manera similar por cables controlados por cabrestantes (que pasarían a través del primer y/o los segundos orificios), pero no se requiere una pluma de posicionamiento ya que el escudo de dragalina se asienta dentro del túnel y el posicionamiento no es necesario.

40 El escudo de dragalina puede ser tirado a través del material por una pluralidad de cables, cada cable de la pluralidad de cables que pasa a través de un orificio respectivo del primer orificio y una pluralidad de segundos orificios.

45 De esta manera, el avance del escudo puede ser fiable y continuo. Cada cable puede unirse a una sonda respectiva. Un cabrestante o cabrestantes puede(n) actuar sobre un cable respectivo de la pluralidad de cables, o sobre más de un cable de la pluralidad de cables para tirar del escudo hacia delante. Los cabrestantes pueden proporcionarse en un extremo opuesto (por ejemplo, extremo abierto) de los orificios.

50 Cada cable de la pluralidad de cables puede pasar a través de su orificio respectivo del primer orificio y la pluralidad de segundos orificios a un carro de retorno de cable asegurado en el fondo de pozo, y vuelve a subir a través del orificio respectivo al escudo de dragalina.

De esta manera, los cabrestantes pueden proporcionarse detrás o dentro del escudo, y pueden permitir el funcionamiento del escudo antes de que se complete cada orificio.

55 El carro de retorno de cable puede comprender un sistema de sujeción que se acopla con las paredes de los orificios en los que se coloca. El sistema de sujeción se puede operar de manera remota para acoplarse y desacoplarse cuando se ordene, de manera que pueda moverse a una nueva ubicación cuando sea necesario.

60 Los escombros se pueden retirar continuamente, por ejemplo con una excavadora mecánica, sobre un mecanismo de carga. Sin embargo, en modalidades preferidas, el escudo tiene una forma tal que el movimiento del escudo hacia adelante a través del túnel excavado levanta los escombros de la excavación al mecanismo de carga. En particular, la acción de levantar los escombros es similar a la de un bulldozer o cangilón de dragalina.

65 La extracción de escombros del escudo se realiza mediante métodos convencionales; después de haberse transportado de regreso a donde el piso del túnel puede soportar maquinaria pesada. La maquinaria pesada puede comprender vehículos de transporte autónomos eléctricos o impulsados por hidrógeno de cero emisiones. Estos

vehículos pueden traer materiales, por ejemplo, segmentos de revestimiento prefabricados si se usan, al área de trabajo, así como también retirar los escombros. Los vehículos pueden configurarse para regresar automáticamente a un punto de carga cuando sea necesario antes de reanudar las operaciones.

5 Los orificios más bajos (por ejemplo, a lo largo del piso del túnel) se pueden barrer detrás del punto donde los escombros ingresan al escudo para que el tren de rodaje del escudo (por ejemplo, ruedas/patines) pueda correr en los semitubos rugosos que se dejan en su lugar desde el revestimiento de sacrificio. De esta manera, no es necesario instalar o extender rieles a medida que avanza el escudo.

10 Cualquiera o cada orificio está revestido con un revestimiento. El revestimiento puede comprender un revestimiento de sacrificio. El revestimiento puede comprender una pared sólida. Alternativamente, el revestimiento puede perforarse previamente; de esta manera, se puede evitar el tiempo y el costo en el sitio en situaciones en las que se comprende bien la geología subyacente. El revestimiento preperforado puede comprender un manguito exterior que cubre las perforaciones; de esta manera, se puede evitar que el material o el agua entren en los orificios de manera descontrolada.

15 El equipo puede hacerse pasar a través del revestimiento de manera convencional para realizar operaciones en una ubicación deseada. El equipo puede comprender el carro de retorno, el cabezal de perforación y/o un cañón de perforación. En particular, puede hacerse pasar un cañón de perforación (como se usa convencionalmente en la industria de la fracturación hidráulica) a través del revestimiento para perforar el revestimiento en una ubicación deseada. El cañón de perforación puede comprender una pluralidad de cargas explosivas conformadas. El cañón de perforación puede configurarse para debilitar el material más allá del revestimiento; es decir, los explosivos pueden actuar para fracturar el material. Las perforaciones pueden formarse en ubicaciones deseadas en el revestimiento, por ejemplo, se orientan hacia adentro hacia la región en forma de prisma, se orientan hacia afuera en dirección opuesta a la región en forma de prisma y/o lateralmente a lo largo de un perfil de la región en forma de prisma.

El método comprende además la etapa de tratar la geología subyacente antes de excavar el material para aumentar la eficiencia de la excavación del material.

30 El tratamiento puede comprender la fracturación acústica y/o hidráulica del material dentro de la región sustancialmente en forma de prisma.

35 En los casos donde el material dentro de la región sea relativamente duro, se puede introducir agua presurizada, por ejemplo, a través de las perforaciones, lo que provoca la fractura del material. A diferencia de las operaciones de fracturación para extraer gas natural o petróleo, no es necesario introducir pequeños granos de apuntalantes de fracturación hidráulica (ya sea arena u óxido de aluminio) para mantener abiertas las fracturas.

40 La aplicación de técnicas de fracturación acústica y/o hidráulica a través de las perforaciones permite que la fracturación ocurra solo en direcciones específicas predefinidas; por ejemplo, en la región.

Delante del escudo, pueden hacerse pasar herramientas de escariado a través del(de los) orificio(s) para destruir el revestimiento de sacrificio, lo que permite que el material para la excavación se derrumbe/desplome, lo que ayuda al proceso de extracción.

45 El tratamiento puede comprender estabilizar la geología subyacente fuera de la región sustancialmente en forma de prisma.

50 De esta manera, en los casos donde el material fuera de la región sea relativamente débil, contenga huecos, sea inestable o esté anegado, el material puede estabilizarse. Se puede colocar equipo en el fondo de pozo para estabilizar la geología subyacente.

55 La estabilización puede ser a través de técnicas de congelación del suelo, por ejemplo, por medio de refrigerante bombeado a través del revestimiento y que sale potencialmente del revestimiento a través de perforaciones. Las técnicas de congelación pueden ser temporales.

60 Como una alternativa, la estabilización permanente puede lograrse mediante la inyección de estabilizador químico, por ejemplo a través de toberas de suministro de productos químicos (por ejemplo, dentro de los brazos telescópicos). La cantidad y tipo de estabilizador usado vendrá determinado por la geología a estabilizar y puede ser controlado según se requiera, y puede comprender cemento o cualquier otro material adecuado tal como microcementos, lechadas minerales (conocidas como sílice coloidal), poliuretanos sensibles al agua (resina espumosa de reacción rápida para combatir la entrada de agua), sistemas de silicato de poliurea de reacción rápida y no sensibles al agua (espuma expansiva para relleno de huecos), resinas acrílicas, chorro de lechada, a saber, la construcción in situ de suelo solidificado a una característica de diseño; a menudo conocido como Soilcrete (RTM), etc.

65

La estabilización de la geología subyacente fuera de la región sustancialmente en forma de prisma puede reducir en gran medida, si no prevenir por completo, la entrada de agua adicional. Cualquier agua subterránea que quede dentro de los confines del túnel que se va a excavar se puede drenar a través de la parte más baja de los orificios.

5 La estabilización o el debilitamiento, como se describe anteriormente, se pueden sincronizar con el escudo de manera que no sea necesario completar completamente la preparación del terreno antes de comenzar el avance del escudo.

La estabilización de la geología subyacente fuera de la región sustancialmente en forma de prisma puede usarse para formar la estructura exterior inicial (cubierta) del túnel antes de la excavación.

10 Las opciones de revestimiento de túneles alternativas y/o adicionales incluyen segmentos de hormigón prefabricado (con o sin revestimientos impermeables), hormigón colado en el lugar (que incluye encofrado de diseño de persiana modular mediante el uso de barras de refuerzo, por ejemplo) y/o hormigón proyectado, por ejemplo, "shotcrete" ( con o sin membranas impermeabilizantes aplicadas por pulverización, y opcionalmente que incorporan pernos de techo, malla de alambre o nevaduras/barras de acero).

15 Posiblemente, la presente invención también podría usarse con revestimientos de túneles de madera, ladrillos, bloques, mampostería, método de tubería en túnel y/o segmentos de acero/hierro fundidos.

20 Por ejemplo, la formación del revestimiento del túnel puede comprender una membrana impermeable aplicada por pulverización (por ejemplo, las membranas impermeabilizantes aplicadas por pulverización de BASF (RTM) constituyen un sistema de impermeabilización continua y están formuladas para funcionar en combinación con hormigón proyectado y hormigón in situ para facilitar la construcción de estructuras mixtas) y un acabado interior de hormigón reforzado con fibras. Alternativamente, cuando la geología requiera una mayor integridad estructural, se puede preferir la metodología de colada en el lugar.

30 El método puede comprender además un proceso continuo de formación de hormigón. En particular, a medida que el escudo avanza, el último de la serie de encofrados de metal reutilizables en secuencia puede moverse hacia adelante, una vez fraguado el hormigón más antiguo, y colocarse en el frente donde el vertido continuará en un proceso casi ininterrumpido. Se puede llevar agua y cemento al área de trabajo y el hormigón se puede mezclar localmente para la operación de excavación mediante el uso de agregado excavado siempre que sea posible. Se espera que los encofrados tengan aproximadamente 10 m de largo, en 3 o 4 piezas por conjunto de secciones y con 10 o más de los conjuntos de segmentos en uso. Esto significaría que -90m del túnel detrás del escudo tendrá encofrados en su lugar con hormigón recién vertido en el frente y hormigón fraguado en la parte posterior donde los conjuntos de segmentos anteriores se retiran y se llevan hacia el frente en un ciclo continuo. Los encofrados pueden pasarse entre sí para que las unidades donde el hormigón es más antiguo y se ha fraguado se puedan mover hacia adelante para ser reubicadas al frente del proceso. El sellado entre el encofrado y la superficie donde se va a verter el hormigón se puede realizar con juntas neumáticas. Una vez colocada la última forma e inflada la junta se desinflará la anterior para que el vertido quede continuo. El proceso puede repetirse de manera simple.

40 Los escombros de la perforación direccional y la excavación pueden usarse para hacer hormigón que se puede bombear en el espacio entre el revestimiento del túnel (si se usa un revestimiento prefabricado) y la cubierta para llenar el vacío entre ellos y para estabilizar aún más la estructura. Alternativa o adicionalmente, dichos escombros (por ejemplo, gravilla) pueden usarse como parte del agregado requerido para hacer hormigón en el sitio para formar el revestimiento del túnel mediante el uso de formas móviles y reutilizables u otros métodos de revestimiento tal como el hormigón proyectado.

50 Se puede verter un piso plano en un proceso continuo a medida que el escudo avanza con una placa o estructura de metal que protege el hormigón a medida que fragua. El escudo puede utilizar algunos de los orificios perforados direccionalmente en el piso del túnel como pistas o rieles (el número requerido está determinado por el diseño del escudo). Estos se pueden completar o reutilizar una vez que ha cesado todo la excavación del túnel y se ha retirado el escudo.

55 De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema para construir un túnel subterráneo de acuerdo con el método del primer aspecto, el sistema que comprende: equipo de perforación direccional configurado para perforar el primer orificio y la pluralidad de segundos orificios; revestimientos dispuestos dentro de cualquiera del primer orificios y la pluralidad de segundos orificios, el revestimiento que tiene agujeros en el mismo; equipo de tratamiento (T) configurado para tratar la geología subyacente a través de los agujeros en direcciones predefinidas específicas, antes de excavar el material para aumentar la eficiencia de excavación del material; 60 y equipo de excavación configurado para excavar el material dentro de la región sustancialmente en forma de prisma definida por el primer orificio y la pluralidad de segundos orificios para formar un túnel.

65 Las anteriores y otras características, elementos y ventajas de la presente invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos adjuntos, que ilustran, a manera de ejemplo, los principios

de la invención. Esta descripción se proporciona únicamente a modo de ejemplo, sin limitar el alcance de la invención, que está definido por las reivindicaciones.

Las figuras de referencia citadas a continuación se refieren a los dibujos adjuntos.

- 5 [Figura 1] La Figura 1 es una vista de un perfil de túnel definido por orificios circulares.  
 [Figura 2] La Figura 2 es una vista lateral de orificios perforados en una ladera.  
 [Figura 3] La Figura 3 es una vista de una porción del perfil de túnel de la Figura 1 que muestra la dirección de las explosiones de un cañón de perforación.  
 10 [Figura 4] La Figura 4 es una vista similar a la Figura 3, que muestra fracturas formadas por la fracturación hidráulica.  
 [Figura 5] La Figura 5 es una vista similar a las Figuras 3 y 4, que muestra varias técnicas de estabilización.  
 [Figura 6] La Figura 6 es una vista de un perfil de túnel completo, similar a la Figura 1.  
 [Figura 7] La Figura 7 es una vista lateral de un escudo de dragalina.  
 15 [Figura 8] La Figura 8 es una vista de un revestimiento de sacrificio preperforado para su uso dentro de los orificios.  
 [Figura 9] La Figura 9 es una vista de un carro telescópico de suministro de productos químicos de fondo de pozo.  
 [Figura 10] La Figura 10 es una vista de un carro de retorno de cable de fondo de pozo.

20 La presente invención se describirá con respecto a ciertas figuras, pero la invención no se limita a estas sino solamente por las reivindicaciones. Los dibujos se describen solamente de manera esquemática y no limitante. Cada dibujo puede no incluir todas las características de la invención y, por lo tanto, no debe considerarse necesariamente como una modalidad de la invención. En las figuras, el tamaño de algunos de los elementos puede ser exagerado y no dibujado a escala para fines ilustrativos. Las dimensiones y las dimensiones relativas no se corresponden a las reducciones reales a la práctica de la invención.

25 Además, los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones, se usan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir una secuencia, ya sea temporalmente, espacialmente, en la clasificación o de cualquier otra manera. Debe entenderse que los términos así usados son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y que la operación es posible en otras secuencias que las descritas o ilustradas en la presente descripción. Igualmente, se puede entender que las etapas del método descritas o reivindicadas en una secuencia particular operan en una secuencia diferente.

30 Además, los términos parte superior, parte inferior, sobre, bajo y similares en la descripción y las reivindicaciones se usan con fines descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Debe entenderse que los términos así usados son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y que la operación es posible en otras orientaciones que las descritas o ilustradas en la presente descripción.

35 Es de notar que el término "que comprende", usado en las reivindicaciones, no debe interpretarse como restringido a los medios que figuran a partir de entonces; no excluye otros elementos o etapas. Debe interpretarse como que especifica la presencia de las características, los enteros, las etapas o los componentes mencionados, pero no excluye la presencia o adición de una o más características, enteros, etapas o componentes, o grupos de los mismos. Por lo tanto, el alcance de la expresión "un dispositivo que comprende los medios A y B" no debe limitarse a dispositivos que constan únicamente de los componentes A y B. Significa que, con respecto a la presente invención, los únicos componentes relevantes del dispositivo son A y B.

40 De manera similar, debe observarse que el término "conectado", cuando se usa en la descripción, no debe interpretarse como que se restringe solamente a conexiones directas. Por lo tanto, el alcance de la expresión "un dispositivo A conectado a un dispositivo B" no debe limitarse a dispositivos o sistemas en donde una salida del dispositivo A se conecta directamente a una entrada del dispositivo B. Esto significa que existe una trayectoria entre una salida de A y una entrada de B que puede ser una trayectoria que incluye otros dispositivos o medios. "Conectado" puede significar que dos o más elementos están en contacto físico o eléctrico directo, o que dos o más elementos no están en contacto directo entre sí pero aun así cooperan o interactúan entre sí. Por ejemplo, se contempla la conectividad inalámbrica.

45 La referencia a lo largo de esta descripción a "una modalidad" o "un aspecto" significa que un rasgo, estructura o característica particular que se describe en relación con la modalidad o aspecto se incluye en al menos una modalidad o aspecto de la presente invención. Por lo tanto, las apariciones de las frases "en una modalidad" o "en la modalidad" o en "un aspecto" en varios lugares a lo largo de esta descripción no se refieren necesariamente todas a la misma modalidad o aspecto, pero pueden referirse a diferentes modalidades o aspectos

50 De manera similar se debe apreciar que en la descripción diversas características de la invención se agrupan a veces juntas en una única modalidad, figura o descripción de esta para el propósito de perfilar la descripción y ayudar en la comprensión de uno o más de los diversos aspectos de la invención. Este método de descripción, sin embargo, no debe interpretarse como el reflejo de una intención de que la invención reivindicada requiere más características que se enumeran expresamente en cada reivindicación. Además, la descripción de cualquier dibujo o aspecto individual no debe considerarse necesariamente como una modalidad de la invención. Más bien, como reflejan las siguientes

reivindicaciones, los aspectos inventivos descansan en menos de todas las características de una sola modalidad descrita con anterioridad. Por lo tanto, las reivindicaciones siguientes a la descripción detallada se incorporan de este modo expresamente en esta descripción detallada, con cada reivindicación que se mantiene por sí misma como una modalidad independiente de esta invención.

En la descripción proporcionada en la presente invención, se exponen numerosos detalles específicos. Sin embargo, se entiende que las modalidades de la invención pueden llevarse a la práctica sin estos detalles específicos. En otros casos, métodos, estructuras y técnicas bien conocidos no se han mostrado en detalle para no ensombrecer una comprensión de esta descripción.

En la descripción de la invención, a menos que se indique lo contrario, la descripción de valores alternativos para el límite superior o inferior del intervalo permitido de un parámetro, junto con una indicación de que uno de dichos valores es más preferido que el otro, debe interpretarse como una declaración implícita de que cada valor intermedio de dicho parámetro, que se encuentra entre la más preferida y la menos preferida de dichas alternativas, es en sí mismo preferido a dicho valor menos preferido y también a cada valor que se encuentra entre dicho valor menos preferido y dicho valor intermedio.

El uso del término "al menos uno" puede significar solo uno en determinadas circunstancias. El uso del término "cualquiera" puede significar "todos" y/o "cada uno" en determinadas circunstancias.

Los principios de la invención se describirán ahora mediante una descripción detallada de al menos un dibujo que se refiere a características ilustrativas de la invención. Está claro que pueden configurarse otras disposiciones de acuerdo con el conocimiento de los expertos en la técnica sin apartarse del concepto subyacente o enseñanza técnica, la invención se limita solamente por los términos de las reivindicaciones adjuntas.

La Figura 1 es una vista de un perfil de túnel definido por perforaciones circulares. A lo largo de la trayectoria del túnel se perforan tres orificios centrales principales 10. Alrededor de estos, se perfora una pluralidad de orificios 20 que definen la forma para formar un perfil de túnel en forma de arco que tiene un piso inferior plano. El ángulo de pendiente del túnel se optimiza según los requisitos específicos del túnel en cuestión y, por ejemplo, podría ser vertical.

La Figura 2 es una vista lateral de los orificios principales 10 y los orificios que definen la forma 20 durante la perforación en una ladera 30, la longitud de cada uno de los orificios 10, 20 que es más corta que sus longitudes finales. Como se puede apreciar, algunos de los orificios pueden perforarse al mismo tiempo que otras, algunas pueden completarse antes de que otras comiencen y/o algunas pueden perforarse parcialmente e interrumpirse mientras otras continúan.

La Figura 3 es una vista de una porción del perfil de túnel de la Figura 1, específicamente el cuadrante superior izquierdo que incluye un único orificio principal 10 y seis de los orificios que definen la forma 20. Los orificios 10, 20 están revestidos con un revestimiento de sacrificio (no mostrado), en el que se insertan en cañones de perforación respectivas (tampoco mostradas). Los cañones de perforación permiten que las cargas moldeadas perforen los revestimientos de sacrificio en direcciones predeterminadas, lo que provoca explosiones dirigidas 40. Las explosiones 40 que se muestran aquí están dirigidas dentro de la región a excavar, y solo desde tres de los orificios; sin embargo, se pueden formar perforaciones adicionales al mismo tiempo o posteriormente. En modalidades alternativas, los cañones de perforación pueden funcionar neumáticamente para realizar perforaciones en el revestimiento de sacrificio.

La Figura 4 es una vista similar a la Figura 3, que muestra fracturas 50 formadas por fracturación hidráulica a través de perforaciones similares a las que se muestran en la Figura 3.

La Figura 5 es una vista similar a las Figuras 3 y 4, que muestra la estabilización fuera de la región a excavar a través de la congelación 60 y la inyección química 70. Estas técnicas requieren el uso de perforaciones dirigidas hacia afuera, lejos de la región a excavar.

La Figura 6 es una vista un perfil de túnel 100 terminado, similar a la Figura 1, en la ladera 30 de la Figura 2. Fuera del perfil 80 definido por los orificios que definen la forma 20 y excavado, la geología subyacente se ha reforzado/estabilizado para formar una región reforzada 90 que rodea el túnel. Un ejemplo de las opciones de revestimiento que se pueden aplicar se representa con un revestimiento exterior de hormigón 120 separado de un revestimiento interior de hormigón 110 por una membrana impermeable 115 si es necesario.

Hay muchos otros métodos de revestimiento y acabado de túneles disponibles. Por ejemplo, pueden colocarse encofrados metálicos temporales reutilizables dentro del túnel y se aplica hormigón 120 detrás de los encofrados para formar una pared interior lisa del túnel. Una vez que el hormigón 120 se ha endurecido por completo, los encofrados temporales pueden retirarse y reutilizarse en otra sección del túnel, dejando el hormigón liso 120 como pared interna.

Opcionalmente, durante la excavación, se pueden dejar dos de los orificios que definen la forma 20 en el piso del túnel para que actúen como sumideros/canales 130 para ayudar a guiar la maquinaria (en particular, el escudo de dragalina)

a lo largo del túnel. Estos sumideros/canales 130 pueden rellenarse en una fecha posterior, una vez que se completa la excavación del túnel.

5 La Figura 7 es una vista lateral de un escudo de dragalina. La flecha 200 indica la dirección de movimiento del escudo de dragalina durante la excavación. El perfil del escudo de dragalina coincide con la forma del túnel exterior predefinido. El ángulo de inclinación del borde delantero 202 del escudo está optimizado para los requisitos específicos del túnel en cuestión, y podría ser, por ejemplo, vertical.

10 La propulsión del escudo a través del túnel puede ser a través de arietes hidráulicos 206 que empujan el escudo de dragalina y/o mediante cables 208 unidos a los extremos de las sondas que pasan a través de los orificios revestidos a cabrestantes que tiran del escudo de dragalina hacia adelante. Este último será el método preferido ya que facilita el movimiento continuo.

15 Los orificios inferiores que definen la forma a lo largo del piso del túnel se pueden barrer detrás del punto donde los escombros ingresan al escudo para que las ruedas 210 (o, alternativamente, el tren de rodaje) del escudo de dragalina puedan correr en los semitubos rugosos que queda. en su lugar desde el revestimiento de sacrificio. No es necesario instalar o extender rieles a medida que avanza el escudo de dragalina.

20 Las sondas 204 en la cara delantera del escudo se alinean y se extienden hacia los orificios que definen la forma. Las sondas 204 están separadas y dimensionadas de manera que se acoplan con los orificios que definen la forma y el escudo de dragalina avanza a través de la forma del túnel ahora predefinida. Si bien la precisión de los orificios es extremadamente precisa, las sondas 204 podrán tolerar alguna variación en caso de que la trayectoria del orificio se haya desviado del curso objetivo. Los tramos cortos en los que se ha producido una desviación fuera de la tolerancia podrían hacer que la sonda se retraiga hasta el momento en que pueda volver a acoplarse después de un período de excavación por otros medios, tal como los cabezales de corte montados en la pluma 212 que se encuentran en las unidades de rozadora.

30 Las sondas 204 están equipadas con herramientas intercambiables que les permiten ser tan brutales o sensibles como dicta la situación. Estos incluyen, pero no se limitan a, cortadores de disco, cilindros o conos cortadores giratorios, brazos tipo motosierra con dientes adecuados para el material en el que se trabaja, agua a alta presión, hojas de arado 214 y divisores hidráulicos 216 que pueden aplicar una enorme presión dirigida según sea necesario tanto alrededor de la circunferencia/perímetro del perfil de túnel y/o hacia adentro (hacia el interior del túnel) para aflojar y romper aún más el material que se va a extraer (además de extraer el revestimiento de sacrificio de los orificios que definen la forma).

35 Las técnicas de derrumbe/desplome pueden usarse en material blando y/o sueltos a excavar, en particular si la región fuera del perímetro del túnel se ha estabilizado para formar una cubierta autoportante. Para este tipo de trabajos las sondas están equipadas de hojas de arado 214 a medida que avanza el escudo de dragalina.

40 Un conjunto de láser (no mostrado) escaneará constantemente 218 la superficie exterior recién expuesta de la excavación para asegurarse de que no ha quedado ningún material que sobresalga hacia el interior de manera que ensucie o impida el progreso del escudo de dragalina. El radar de penetración terrestre también puede usarse cuando los escombros cubren áreas del túnel recién expuesto. Si se descubre un área de este tipo, se abordará inmediatamente, sin obstaculizar el progreso, mediante uno o más brazos robóticos 212 montados con un taladro neumático o un cabezal de corte intercambiable u otra herramienta adecuada.

50 Cuando se trabaja bajo la protección del escudo de dragalina, los escombros se excavan continuamente (con la ayuda de una excavadora mecánica 220 cuando sea necesario) sobre un mecanismo de carga 222 dentro del escudo. La carga sobre el mecanismo de carga 222 puede ser principalmente por la acción del escudo de dragalina que avanza a través de los escombros algo así como una excavadora. La extracción de escombros se realiza por métodos convencionales; al moverlos hacia atrás sobre un transportador 224 de vuelta a donde el piso del túnel recién colocado puede soportar maquinaria pesada.

55 La Figura 8 muestra vistas transversales axiales y oblicuas de un revestimiento de sacrificio preperforado para su uso dentro de los orificios, el revestimiento que tiene una forma sustancialmente cilíndrica con una serie de agujeros perforados 230 desde el exterior hacia el interior del mismo.

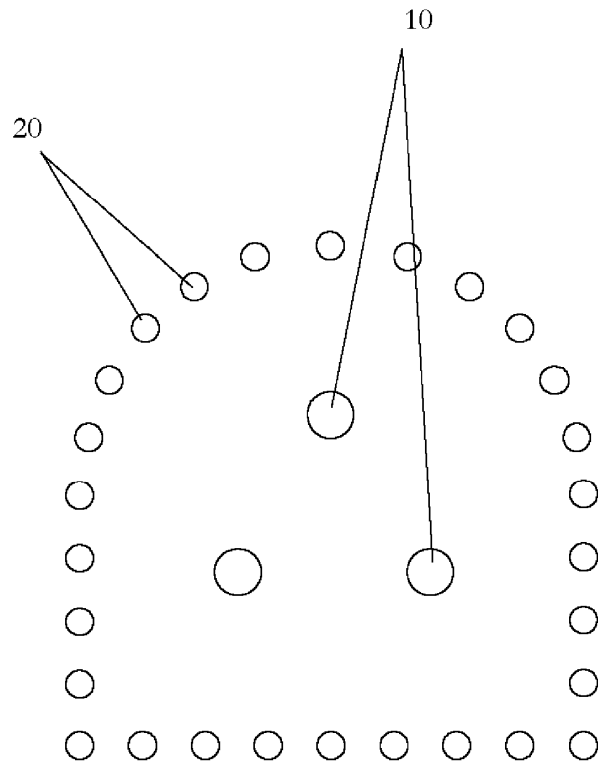
60 La Figura 9 es una vista de un carro telescópico de suministro de productos químicos de fondo de pozo 236 configurado para desplazarse por un orificio individual 238 hasta el área que requiere tratamiento químico. El carro comprende 5 sondas de suministro telescópicas 240 dispuestas alrededor de un cuerpo del carro 242, aunque se prevén otros números. Una vez colocado en posición, el producto químico que se está usando se bombea al carro bajo presión por medios convencionales. La presión hace que las sondas telescópicas se extiendan, lo que empuja hacia el material fuera del orificio a través de los agujeros preperforados correspondientes (o los agujeros realizados cuando el revestimiento está en su lugar) en el revestimiento de sacrificio. La cantidad de producto químico que se suministra y la región a la que se suministra se elegirán para cada caso con base en el conocimiento de la geología obtenido durante el proceso de perforación y de la resistencia máxima de diseño del túnel requerida.

5 La Figura 10 es una vista de un carro de retorno de cable de fondo de pozo, que se muestra con la carcasa del carro 250 como transparente. En la carcasa 250 se dispone un sistema de sujeción 252 que se acopla con las paredes del orificio revestido en el que se ha desplegado. El sistema de sujeción 252 puede acoplarse o desacoplarse por un operador, para permitir que el carro se mueva dentro del orificio, y se asegure en su lugar listo para el arrastre. Un primer extremo de un cable 254 está conectado al escudo. Un segundo extremo del cable 256 está unido a un cabrestante. A medida que el cabrestante se enrolla en el segundo extremo del cable 256, una serie de poleas 258 dentro del carro invierten la dirección del cable para que el primer extremo del cable 254 tire del escudo.

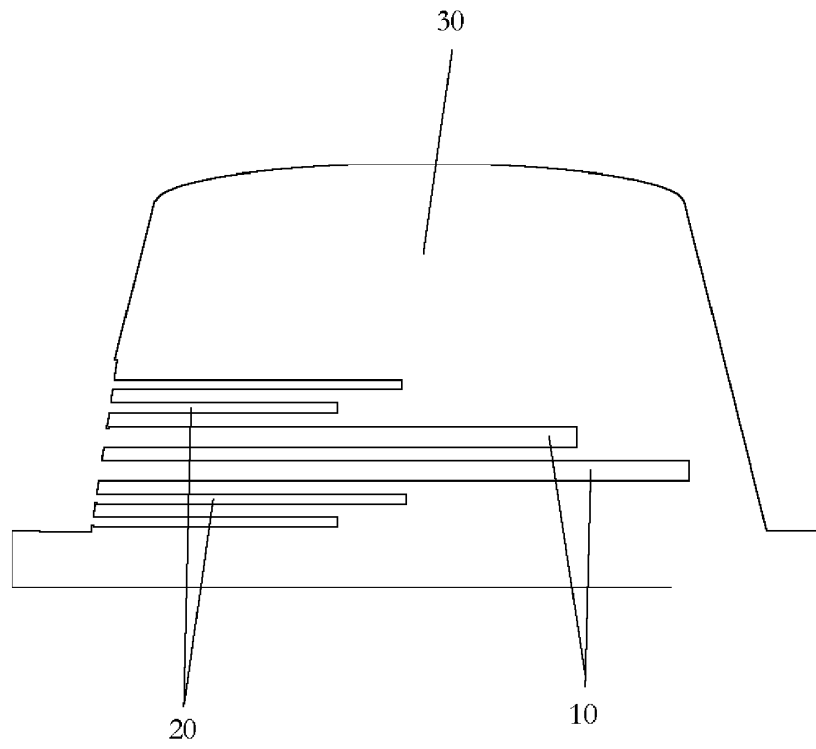
**REIVINDICACIONES**

1. Un método para construir un túnel subterráneo, el método que comprende las etapas de:
  - 5 perforar un primer orificio (10) a lo largo de una primera trayectoria predeterminada a través de la geología subyacente.  
el primer orificio que tiene una longitud de al menos 25 m;  
perforar una pluralidad de segundos orificios (20) a lo largo de las respectivas segundas trayectorias  
10 predeterminadas a través de la geología subyacente, cada una de las respectivas segundas trayectorias predeterminadas que son sustancialmente paralelas a la primera trayectoria predeterminada para que la pluralidad de segundos orificios solos, o una combinación de la pluralidad de segundos orificios y el primer orificio juntos, definan una región sustancialmente en forma de prisma que tiene una sección transversal de una forma geométrica a lo largo de toda la longitud del primer y los segundos orificios, la forma geométrica y el tamaño de esa forma son constantes a lo largo de la longitud total;  
15 revestir cualquiera del primer orificio y la pluralidad de segundos orificios con un revestimiento, el revestimiento que tiene agujeros en el mismo;  
tratar (50, 60, 70) la geología subyacente a través de los agujeros en direcciones predefinidas específicas, antes de excavar el material para aumentar la eficiencia de excavación del material; y  
excavar material dentro de la región sustancialmente en forma de prisma para formar un túnel.  
20
  2. El método de la reivindicación 1, en donde la excavación de material dentro de la región sustancialmente en forma de prisma para formar un túnel se lleva a cabo desde un escudo de excavación de túneles, el escudo de excavación de túneles que comprende una pluralidad de sondas (204) en un borde delantero del mismo, cada sonda de la pluralidad de sondas alineadas con un orificio respectivo del primer orificio y una pluralidad de  
25 segundos orificios, cada sonda equipada con herramientas opcionalmente intercambiables (214, 216) que permiten que cada sonda excave desde dentro del primer y/o los segundos orificios.
  3. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en donde el tratamiento comprende la fracturación hidráulica del material dentro de la región sustancialmente en forma de prisma.  
30
  4. El método de cualquier reivindicación anterior, en donde el tratamiento comprende estabilizar la geología subyacente fuera de la región sustancialmente en forma de prisma.
  5. Un sistema para construir un túnel subterráneo de acuerdo con el método de cualquier reivindicación anterior,  
35 el sistema que comprende:  
equipo de perforación direccional configurado para perforar el primer orificio (10) y la pluralidad de segundos orificios (20);  
revestimientos dispuestos dentro de cualquiera del primer orificio y la pluralidad de segundos orificios, el  
40 revestimiento que tiene agujeros en el mismo;  
equipo de tratamiento configurado para tratar (50, 60, 70) la geología subyacente a través de los agujeros en direcciones específicas predefinidas, antes de excavar el material para aumentar la eficiencia de excavación del material; y  
equipo de excavación configurado para excavar el material dentro de la región sustancialmente en forma  
45 de prisma definida por el primer orificio y la pluralidad de segundos orificios para formar un túnel.

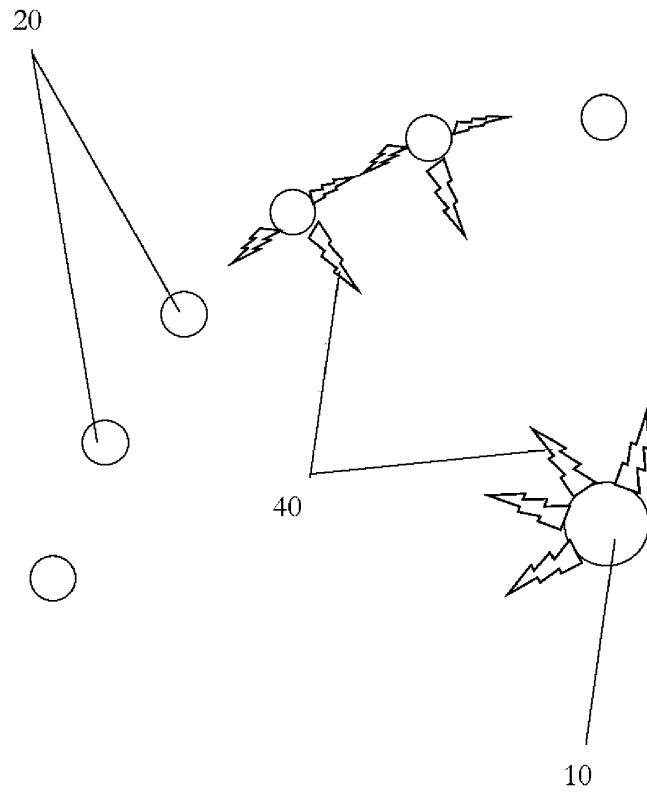
[Fig. 1]



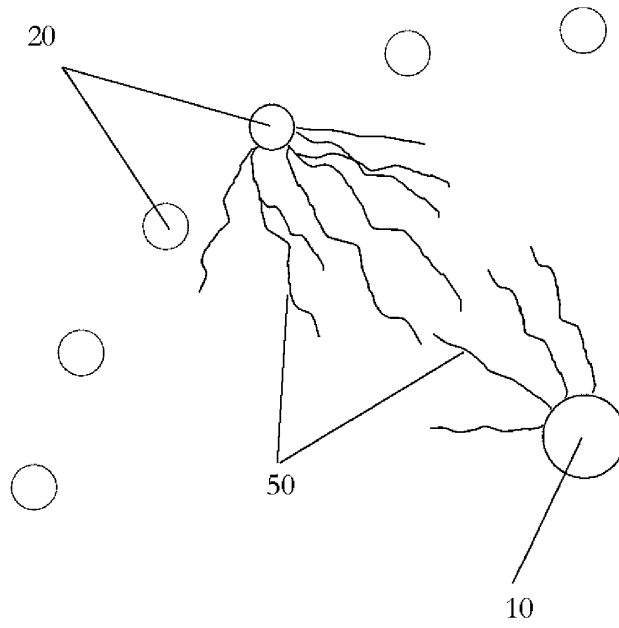
[Fig. 2]



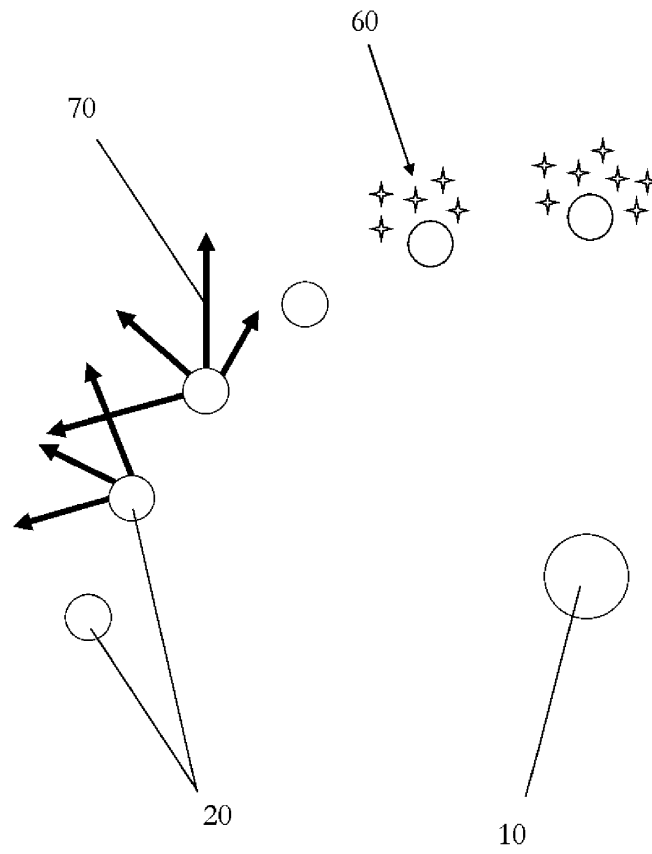
[Fig. 3]



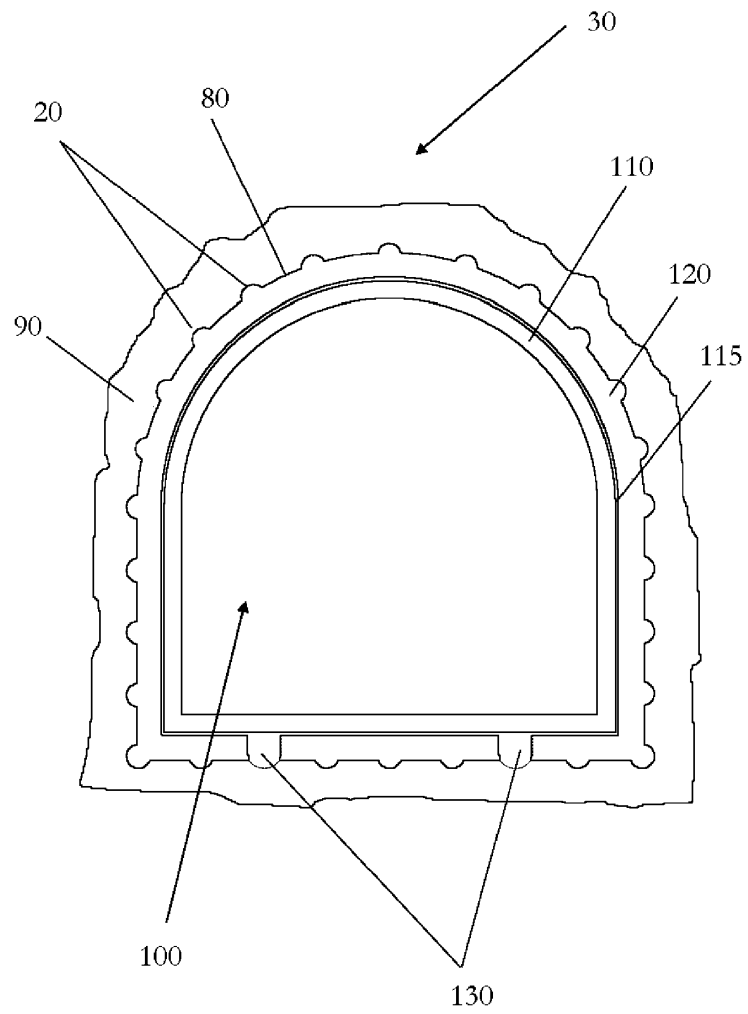
[Fig. 4]



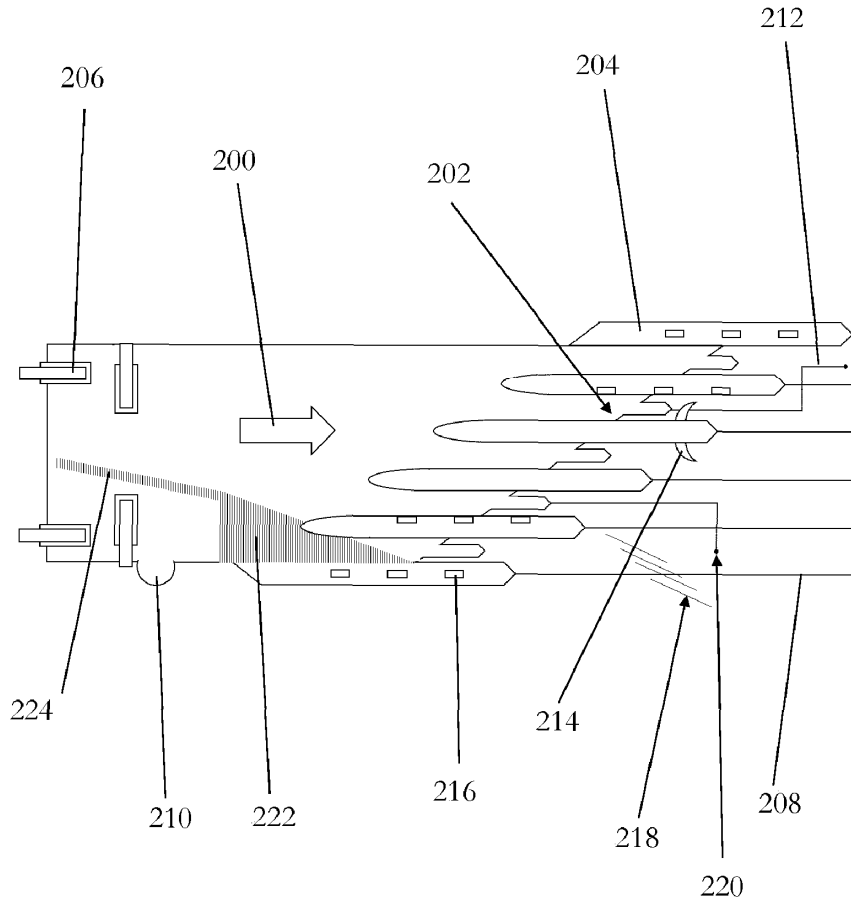
[Fig. 5]



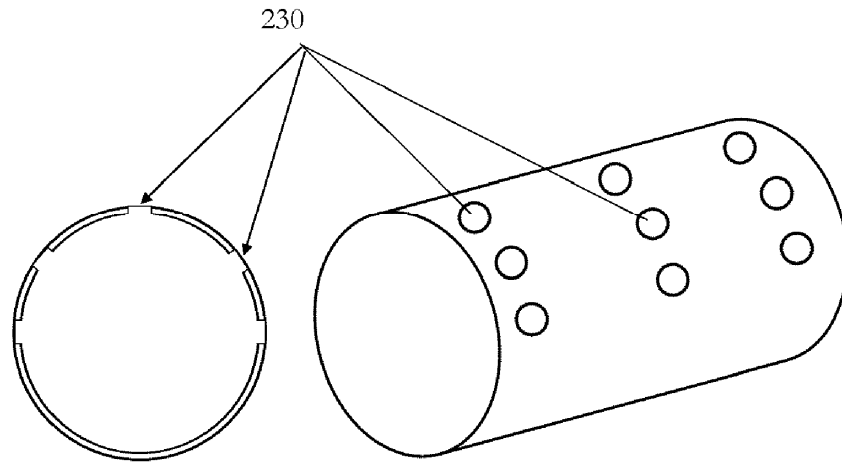
[Fig. 6]



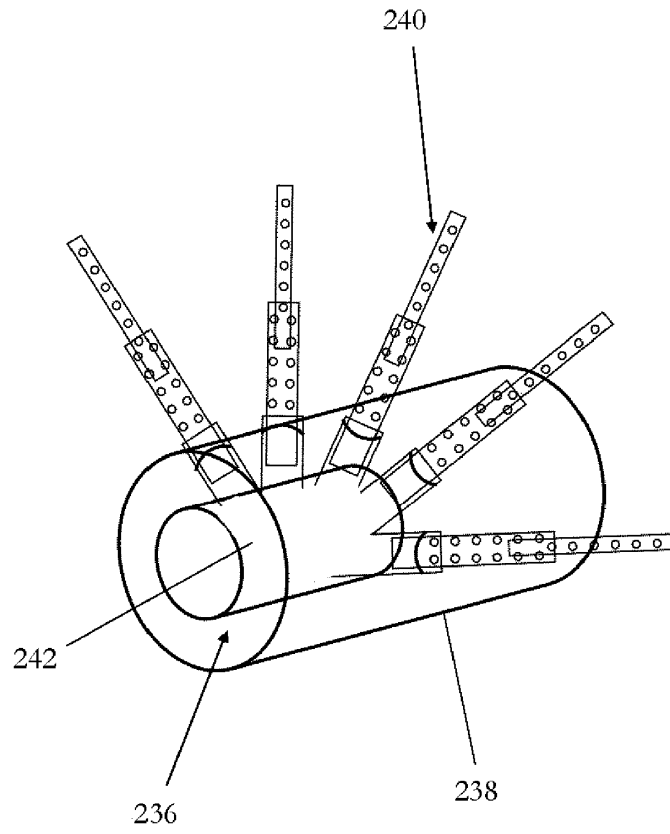
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]

