(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 709 036**

(21) Número de solicitud: 201990022

(51) Int. Cl.:

E21C 41/16 (2006.01)
E21C 35/00 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A2

(22) Fecha de presentación:

08.09.2017

(30) Prioridad:

09.09.2016 US 62/385,550

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

12.04.2019

(71) Solicitantes:

THE MOSAIC COMPANY (100.0%)
3033, Campus Drive, Suite E490
55441 Plymouth MN Minnesota US

(72) Inventor/es:

TIVAS, Roy, W. y
RASMUSSEN, Erik

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

(54) Título: **Sistema de dirección inercial de la máquina de minería de perforación rotaria**

(57) Resumen:

Un sistema de minería con un sistema de guía inercial configurado para permitir la excavación precisa de material geológico sin la necesidad de avanzar una línea de levantamiento sobre una larga distancia y/o una trayectoria de excavación no lineal, maximizando así la productividad de la mina al minimizar un ancho de material no minado necesario para el soporte entre trayectorias de excavación adyacentes y minimizar el tiempo de inactividad del equipo.

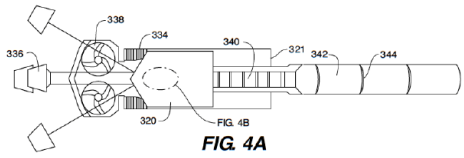

FIG. 4A

ES 2 709 036 A2

SISTEMA DE DIRECCIÓN INERCIAL DE LA MÁQUINA DE MINERÍA DE PERFORACIÓN ROTARIA

DESCRIPCIÓN

Solicitud relacionada

La presente solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud Provisional de los Estados Unidos No. 62/385,550 presentada el 9 de septiembre de 2016, que se incorpora aquí en su totalidad como referencia.

Campo de la invención

La presente divulgación en general se relaciona con sistemas y métodos para perforar o minar una región subterránea, y más particularmente con sistemas y métodos de minería que incorporan un sistema de guía inercial configurado para permitir la excavación precisa de material geológico sin la necesidad de avanzar una línea de levantamiento sobre una larga distancia y/o una trayectoria de excavación no lineal.

Antecedentes de la invención

La minería es la extracción de minerales u otros materiales geológicos de la tierra a partir de depósitos, tales como depósitos de cuerpos minerales, vetas, capas, vetas auríferas o localizaciones. Los minerales recuperados por la minería pueden incluir, por ejemplo, metales, carbón, esquisto bituminoso, piedras preciosas, piedra caliza, piedra de facetas, sal de roca, potasa, grava y arcilla. Se requiere que la minería obtenga cualquier material que no pueda crecer a través de procesos agrícolas, o que se crea artificialmente en un laboratorio o fábrica. La minería se puede realizar a través de una variedad de técnicas de superficie o subsuelo, dependiendo de la ubicación del depósito que se va a minar. Se ha desarrollado equipo de minería para cada tipo diferente de técnica de minería. Por ejemplo, para realizar técnicas de minería en el subsuelo, se han desarrollado una variedad de motores primarios de accionamiento subterráneo, tal como por ejemplo mineros continuos o de tambor, cabezas guía y máquinas de perforación rotativas.

Específicamente con respecto a la potasa, la potasa es un mineral que puede emplearse en muchos usos agrícolas, tal como los fertilizantes y la alimentación animal. La potasa se puede encontrar en depósitos minerales, tal como los que se encuentran en los antiguos lechos lacustres, y por lo tanto, a menudo se encuentra en vetas horizontales subterráneas. La minería de potasa implica extraer la potasa de estas vetas, a menudo utilizando minería de estilo de pilar y habitáculo y equipo asociado, tal como máquinas de minería de perforación rotatoria. Este tipo de minería, en la que se extraen "habitáculos" del depósito mineral mientras se dejan "pilares" intermedios como soportes, permite la extracción de una gran porción de la veta.

Las máquinas de minería de perforación rotatoria se utilizan en la minería subterránea de potasa para extraer el mineral KCl concentrado en forma sedimentaria. Las máquinas mineras cortan los materiales de depósito, por ejemplo mineral, forzando cortadores rotativos en la cara de la minería. En aras de la simplicidad, el material liberado o minado puede denominarse “mineral”, pero no debe limitarse a éste. El material liberado se augura en el centro de la máquina mediante rotores de rotación contraria de los cortadores y se transporta a través de la parte media de la máquina de minería hacia atrás mediante un transportador de cadena. El transportador de cadena descarga el material liberado en un transportador extensible que se opera detrás de la máquina minera y los transportadores consecutivos envían el material a un eje donde se eleva a la superficie, tal como por un salto, para su posterior procesamiento.

Para maximizar la producción, el transportador extensible debe instalarse precisamente detrás de la máquina minera a medida que avanza la minería, de modo que la maquinaria del sistema es perpendicular a la dirección de la minería (es decir, la cara) y se centra en la línea del transportador. Esta alineación garantiza que el sistema funcione de manera efectiva al mismo tiempo que minimiza los derrames y daños en la maquinaria debido a que las cintas transportadoras están descentradas y rozan el lado de la maquinaria. Los transportadores extensibles se instalan utilizando un puente especial que está acoplado de manera operativa a la máquina minera con enlaces y cilindros hidráulicos, que proporcionan cuatro grados de libertad para permitir que el puente se mueva de lado a lado y se gire hacia la izquierda o hacia la derecha para asegurar que la máquina minera permanezca centrada y alineada perpendicular a la cara de la minería.

Además, con el fin de extraer la mayor porción posible de los depósitos minerales, es preferible maximizar la proporción de espacio a pilar. En consecuencia, el uso de transportadores extensibles da como resultado habitáculos largos con pilares estrechos entre ellos. La colocación de los pilares también es importante para prevenir la pérdida de apoyo estructural a la mina. Por lo tanto, idealmente, los pilares se hacen lo más estrechos posible entre los habitáculos, mientras que se colocan con precisión con el fin de proporcionar suficiente soporte estructural para garantizar que la mina no se derrumbe. Para colocar los pilares de manera acertada y precisamente, los habitáculos a menudo se excavan usando dispositivos láser de detección de la vista. De lo contrario, la desviación de un orificio recto causaría que el pilar de un lado del habitáculo se vuelva más grueso, al tiempo que disminuye el espesor del pilar del otro lado, lo que podría comprometer la integridad estructural de la mina en general. En los sistemas convencionales, tal como los sistemas de máquinas de minería rotativa, el control de rumbo consiste en topógrafos que utilizan teodolitos para hacer avanzar las paletas de control. Un láser de haz de lápiz y un láser rotatorio se colocan detrás de las paletas para hacer brillar la luz de láser a través de cuerdas de plomada suspendidas de las paletas. La luz láser proyecta un objetivo en la parte frontal de la máquina minera que los operadores de las máquinas mineras pueden observar y con el cual controlar la dirección para mantener el láser en el objetivo.

Los dispositivos de detección láser se han utilizado como objetivo en la parte frontal de las máquinas de minería, lo que proporciona información de desviación al controlador lógico programable (PLC). El PLC interpreta los datos de desviación y proporciona control de dirección para mantener automáticamente el encabezado de diseño. Aunque el movimiento del puente extensible se articula desde la máquina de minería, obtiene la información de control del mismo láser que utiliza la máquina de minería. El láser golpea un par de planos de láser montados en el puente y la información de desviación se traduce en instrucciones lineales y de rotación que ejecuta la hidráulica del puente. El control continuo y el movimiento correctivo mantienen el puente y el transportador extensible en la alineación correcta cuando se instalan y funcionan correctamente.

Sin embargo, el uso de láseres y elementos de detección de láser como guía tiene varias limitaciones. La luz láser pierde fuerza cuanto más se aleja del objetivo, por lo que la máquina de minería corta la cara y avanza, a los operadores les resulta cada vez más difícil ver la luz láser. Además, la costura sedimentaria ondula y la máquina minera debe permanecer dentro de una zona geológica horizontal prescrita. A medida que esta zona

horizontal se ondula y en consecuencia, la máquina de minería corta en mayor o menor medida la luz láser golpea el techo u otra estructura o equipo que impide que la luz láser alcance el objetivo deseado en la parte frontal de la máquina y el puente.

El avance de la línea de levantamiento y los láseres requiere mucho tiempo y requiere que la máquina de minería se apague durante aproximadamente una hora o más mientras se realiza este trabajo. El avance de la línea de levantamiento se realiza típicamente por dos grupos de personas: los topógrafos y los operadores mineros. Los topógrafos utilizan equipos de levantamiento sofisticados que son muy precisos y garantizan que las paletas de control estén alineadas de manera correcta y de manera precisa. Los operadores utilizan la luz láser que se encuentra a varios cientos de pies hacia atrás para instalar nuevas paletas de control cerca de la máquina minera. Esto es menos preciso que usar un instrumento de levantamiento, ya que la luz láser tiene un espesor de un habitáculo de pulgada y no está perfectamente alineada con las paletas más cercanas al láser, por lo que el error se multiplica cuando se proyecta a varios cientos de pies de distancia. Ocasionalmente, puede haber grandes desviaciones que requieren una corrección de rumbo, lo que resulta en problemas de alineación del transportador.

Los sistemas convencionales, que utilizan láseres y elementos de detección láser como los detectores, se han utilizado anteriormente con un éxito limitado porque el elemento de detección láser montado en la parte frontal de la máquina minera que se usó para el control automático pierde la vista del láser muy rápidamente a medida que la máquina minera se controla hacia arriba o hacia abajo de acuerdo con la naturaleza ondulada del cuerpo de mineral sedimentario. La constante necesidad de avanzar la línea de levantamiento y el equipo láser hace que el sistema convencional sea indeseable.

A medida que avanza el equipo de minería, empujando la cara hacia la veta de potasa para cortar, el sistema de transportador debe poder avanzar y permanecer estrechamente alineado entre sí y con el equipo de minería para evitar o impedir que el material extraído se caiga del sistema de transportador, lo que podría crear ineficiencias, retrasos o peligros. Como los sistemas de transporte pueden alcanzar varios kilómetros de longitud, puede ocurrir una ligera desalineación. A menudo, la fuerza de la locomotora para avanzar el transportador hacia la cara se proporciona a través del equipo de minería, y el transportador y los puentes deben ser capaces de permanecer lo suficientemente alineados entre sí y con el equipo de minería para funcionar de manera confiable y de manera eficiente.

Además, los errores en la alineación del láser aumentan con la distancia desde la fuente del rayo láser. Los errores en el ángulo del rayo láser resultan en un error creciente en el posicionamiento del equipo de minería, proporcional a la distancia desde la fuente del rayo láser. Los errores en la configuración y la alineación de la fuente del rayo láser cometidos a medida que avanza el equipo de minería también pueden combinarse entre sí para producir cambios en el rumbo, lo que puede causar un desplazamiento en el ángulo o la posición a lo largo del sistema transportador.

Sigue siendo necesario un sistema de guía más robusto que reduzca los errores de posición y, por lo tanto, aumente la eficiencia de la extracción.

Resumen de la invención

Las realizaciones de la presente divulgación proporcionan un sistema de guía inercial para máquinas mineras y métodos de minería con guía direccional avanzada configurada para permitir la excavación precisa de material geológico sin la necesidad de avanzar una línea de levantamiento sobre una larga distancia y/o una trayectoria de excavación no lineal, por lo tanto maximizando la productividad de una mina al minimizar el ancho de material no minado necesario para el soporte entre trayectorias de excavación adyacentes y minimizar el tiempo de inactividad del equipo. En una realización, el sistema de minería incluye una máquina de minería, una cadena transportadora y un sistema de guía inercial.

La máquina minera puede tener un mecanismo de accionamiento orientable configurado para hacer avanzar la máquina minera a lo largo de una trayectoria de excavación previsto, un mecanismo de corte configurado para separar el material geológico de una pared de la trayectoria de excavación, un mecanismo de barrena configurado para recolectar el material geológico separado y un mecanismo transportador configurado para transportar el material geológico recolectado a la parte trasera de la máquina minera. La cadena transportadora se puede configurar para transportar el material geológico a una salida de la mina.

El sistema de guía inercial puede configurarse para detectar el movimiento de la máquina minera y proporcionar guía direccional como una ayuda para guiar el mecanismo de accionamiento orientable a lo largo de la trayectoria de excavación prevista. El sistema de guía inercial puede incluir al menos tres acelerómetros, al menos tres giroscopios y un

controlador lógico programable. Los acelerómetros individuales de los al menos tres acelerómetros pueden configurarse para detectar la aceleración a lo largo de los ejes x, y e z, respectivamente. Los giroscopios individuales de los al menos tres giroscopios pueden configurarse para detectar la rotación alrededor de los ejes x, y e z, respectivamente. El controlador lógico programable puede configurarse para recibir datos de aceleración detectados de los al menos tres acelerómetros y/o datos de rotación de los al menos tres giroscopios. Con estos datos, el controlador lógico programable puede determinar que el movimiento de la máquina minera es una función del tiempo, y calcular la guía direccional para mantener el avance de la máquina minera a lo largo de la trayectoria de excavación prevista.

En una realización, el sistema de guía inercial incluye además una memoria en la que se almacena el movimiento de la máquina minera como una función del tiempo. En una realización, el sistema de guía inercial incluye además una pantalla. En una realización, la pantalla está configurada para mostrar gráficamente el movimiento de la máquina minera como una función del tiempo. En una realización, la pantalla está configurada para mostrar gráficamente la comparación de la trayectoria de excavación prevista con la trayectoria de excavación real de la máquina minera. En una realización, la pantalla está configurada además para mostrar gráficamente las trayectorias de excavación anteriores excavadas por la máquina minera, así como el material no minado necesario para el soporte de trayectorias de excavación adyacentes en un formato de mapa. En una realización, la pantalla está configurada para mostrar gráficamente la guía direccional calculada a la máquina minera. En una realización, el sistema de guía inercial incluye además un bus de comunicación configurado para transmitir la guía direccional calculada al mecanismo de accionamiento orientable. En una realización, el mecanismo de accionamiento orientable está configurado para dirigir automáticamente la máquina minera de acuerdo con la guía direccional.

Otra realización de la presente divulgación proporciona un método para proporcionar guía direccional a un sistema de minería, para permitir la excavación precisa de material geológico sin la necesidad de avanzar una línea de levantamiento sobre una larga distancia y/o una trayectoria de excavación no lineal, maximizando así la productividad de la mina minimizando el ancho del material no minado necesario para el soporte entre trayectorias de excavación adyacentes y minimizando el tiempo de inactividad del equipo. El método puede comprender: proporcionar una máquina de minería que tenga un sistema de guía inercial que incluya al menos tres acelerómetros, en el que al menos uno de los acelerómetros

configurados para detectar la aceleración a lo largo de un eje x de la máquina de minería, está configurado para detectar aceleración a lo largo de un eje y de la máquina minera, y al menos un acelerómetro está configurado para detectar la aceleración a lo largo de un eje z de la máquina minera; al menos tres giroscopios, en los que al menos un giroscopio está configurado para detectar la rotación alrededor de un eje x de la máquina minera, al menos un giroscopio está configurado para detectar la rotación alrededor de un eje y de la máquina minera, al menos un giroscopio está configurado para detectar la rotación alrededor de un eje z de la máquina minera; y un controlador lógico programable configurado para recibir datos de aceleración detectados de los al menos tres acelerómetros y datos de rotación de los menos tres giroscopios, y calcular la guía direccional con el fin de mantener un rumbo predeterminado; avanzar la máquina minera a lo largo de una trayectoria de excavación prevista; detectar el movimiento de la máquina minera; determinar el movimiento de la máquina minera es una función del tiempo; y proporcionar guía direccional para mantener el avance de la máquina minera a lo largo de la trayectoria de excavación prevista.

Debe entenderse que los pasos individuales utilizados en los métodos de las presentes enseñanzas pueden realizarse en cualquier orden y/o simultáneamente, siempre que la enseñanza permanezca operativa. Además, debe entenderse que el aparato y los métodos de las presentes enseñanzas pueden incluir cualquier número, o todas, las realizaciones descritas, siempre que la enseñanza permanezca operativa.

El resumen anterior no pretende describir cada realización ilustrada o cada implementación de la presente divulgación. Más bien, las realizaciones se eligen y describen para que otros expertos en la técnica puedan apreciar y comprender los principios y prácticas de la invención. Las figuras y la descripción detallada que sigue ilustran más particularmente estas realizaciones.

Breve descripción de los dibujos

La divulgación puede entenderse más completamente en consideración de la siguiente descripción detallada de varias realizaciones de la divulgación, en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

La FIG. 1 es una vista de mapa que muestra una mina de potasa.

La FIG. 2 es una vista de corte transversal que muestra varios habitáculos de una mina en construcción.

La FIG. 3A es una vista de corte transversal que representa un depósito mineral ondulado.

La FIG. 3B es una vista de corte transversal que representa un sistema de minería con guía direccional avanzada, que extrae la veta que se muestra en la Fig. 3A, de acuerdo con una realización de la divulgación.

La FIG. 4A es una vista esquemática que representa una máquina minera de acuerdo con una realización de la divulgación.

La FIG. 4B es una vista esquemática que representa un sistema de guía inercial de la máquina minera de la FIG. 4A.

Si bien las realizaciones de la divulgación son susceptibles a diversas modificaciones y formas alternativas, se describirán en detalle rasgos específicos de las mismas mostrados a modo de ejemplo en los dibujos. Sin embargo, debe entenderse que la intención no es limitar la divulgación a las realizaciones particulares descritas. Por el contrario, la intención es cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caigan dentro del espíritu y alcance del tema tal como se define en las reivindicaciones.

Descripción detallada de los dibujos

De acuerdo con realizaciones, se describen aparatos y métodos para un sistema de minería, tal como la minería de habitáculos y pilares. El sistema de guía comprende un sistema inercial, en lugar de o además de la guía de rayo láser convencional. Mediante el uso de un sistema de guía inercial, el tiempo de inactividad del equipo de minería se puede minimizar y el rumbo del equipo de minería se puede controlar con mayor precisión tanto en distancias más largas como en trayectorias de excavación no lineales.

Haciendo referencia a la FIG. 1, se muestra una vista de mapa de una mina 10 de potasa de ejemplo. Específicamente, la FIG. 1 representa una mina tipo estructura de habitáculo y pilar, que incluye pozos 12a y 12b de minas, conectada a una red de habitáculos 14 o trayectorias excavadas (representados como regiones sombreadas) con pilares 116 o material no minado necesarios para el soporte (descrito como regiones no sombreadas) ubicados entre los habitáculos 14 adyacentes. Los pozos 12a y 12b de minas tienen a menudo varios cientos de metros de longitud, extendiéndose desde la superficie (no se muestra) hasta el material geológico subterráneo y/o los depósitos minerales que se

encuentran debajo. En algunos casos, los pozos 12a y 12b de minas se extienden sustancialmente de manera vertical, principalmente perpendicular a la vista de mapa representada en la FIG. 1.

Los habitáculos 14 siguen la veta del material geológico subterráneo. Las minas de potasa, en particular, pueden ser bastante extensas en tamaño; por ejemplo, una mina de potasa típica puede extenderse sobre varios cientos de kilómetros cuadrados. A medida que se construye la mina 10 y se excavan las redes de habitáculos 14 y se transporta material geológico a la superficie, los pilares 16 de material no excavado se dejan en su lugar para proporcionar soporte estructural para mantener la integridad de los habitáculos 14. En consecuencia, durante las operaciones mineras, se debe tener cuidado para garantizar que los pilares 16 tengan un tamaño suficiente para proporcionar el soporte estructural necesario. Los pilares 16 de tamaño insuficiente pueden provocar un colapso, o un colapso parcial, de uno o más de los habitáculos 14 adyacentes.

Haciendo referencia a la FIG. 2, se representa una vista de corte transversal de una mina 110 en construcción. La mina 110 incluye tres habitáculos 114a, 114b y 114c completados, así como un cuarto habitáculo 114d en construcción. La mina 110 incluye además los pilares 116. Un extremo del cuarto habitáculo 114d define una cara 118, que es la porción del habitáculo 114d no terminada desde la cual se está excavando o separando material geológico de la tierra. Como se muestra, una máquina 120 de minería está dispuesta adyacente a la cara 118 para afectar la excavación. Una cadena 122 transportadora que incluye una pluralidad de puentes 124 se coloca en la parte trasera de la máquina 120 de minería, opuesta a la cara 118, con el fin de transportar el material geológico a una salida de la mina.

Como se muestra en la FIG. 2, los habitáculos 114a–114d adyacentes están separados entre sí por pilares 116. Como se describió anteriormente, los pilares 116 brindan soporte estructural para la mina 110, lo que permite que la excavación de materiales geológicos se realice de manera segura en los habitáculos 114a–114d. Para maximizar la productividad de la mina mediante la excavación de la mayor cantidad de material geológico posible, al tiempo que se garantiza un soporte estructural adecuado, generalmente es deseable que los habitáculos 114a-114d se extiendan lo más cerca posible en paralelo una a otra tanto como sea estructuralmente posible. Por consiguiente, la cara 118 es generalmente

sustancialmente perpendicular a la dirección en la que se extienden los habitáculos 114a-114d.

Con referencia a las FIGS. 3A-B, se representa una vista de corte transversal de la tierra que representa un depósito mineral subterráneo ondulado. En tal depósito, una veta de material 232 geológico se coloca debajo de una capa de tierra 228 no mineral, que puede variar en profundidad D desde la superficie 230 de la tierra. Por consiguiente, la extracción eficiente de tal depósito puede requerir una trayectoria de excavación no lineal, o una red de habitáculos que varían en altura para centrarse en la veta de los materiales 232 geológicos.

Como se muestra en la FIG. 3B, una máquina 220 de minería de acuerdo con una realización de la divulgación puede configurarse para seguir la veta no plana del material 232 geológico. Por consiguiente, la máquina 220 de minería puede avanzar a lo largo de la veta para separar el material 232 geológico de la cara 218 del habitáculo 214 que se está excavando. El material 232 geológico separado se puede recoger y transportar a la parte trasera de la máquina 120 de minería. En la parte posterior de la máquina 120 de minería, una cadena 222 transportadora, que puede incluir una pluralidad de puentes 224, puede cooperar para mover o transportar el material 232 geológico hacia una salida de la mina, tal como un pozo de mina. Posteriormente, el material 232 geológico puede ser transportado a la superficie 230 de la tierra para su posterior procesamiento y transporte. Por consiguiente, una ventaja de incorporar un sistema de guía inercial de la presente divulgación, a diferencia de los sistemas convencionales con base en láser de la técnica anterior, es la capacidad de rastrear los cambios en la velocidad y/o la dirección de la máquina 120 de minería donde la excavación no se realiza a lo largo de una línea recta o trayectoria lineal, reduciendo así el tiempo de inactividad asociado con el avance de una línea de levantamiento con base en láser.

Con referencia a las FIGS. 4A-B, una máquina 320 de minería se representa de acuerdo con una realización de la divulgación. En un ejemplo no limitante, la máquina 320 de minería se puede usar en la minería subterránea de potasa para extraer KCl concentrado que contiene mineral en una formación sedimentaria. La máquina 320 de minería puede ser, por ejemplo, cualquiera de una variedad de motores primarios con un mecanismo de corte o minería, tal como, por ejemplo, una máquina de minería de perforación rotatoria, rozadora, minera continua o de tambor, o similares. La altura de la máquina 320 de minería puede ser complementaria al espesor de la costura o vena del material geológico que se va a extraer.

Por ejemplo, la máquina 320 de minería puede ser de una altura de 8 pies 2 pulgadas, 8 pies 6 pulgadas o 9 pies. También se contemplan otras alturas de la máquina 320 de minería.

En una realización, la máquina 320 de minería puede incluir un mecanismo 334 de accionamiento dirigible como un motor primario. Por ejemplo, en una realización, el mecanismo 334 de accionamiento dirigible puede incluir ruedas y/o pistas configuradas para hacer avanzar la máquina 320 de minería a lo largo de una trayectoria de excavación prevista.

La máquina 320 de minería puede incluir además un mecanismo 336 de corte. El mecanismo 336 de corte puede configurarse para separar el material geológico de una pared o cara de una trayectoria de excavación. En algunas realizaciones, el mecanismo 336 de corte puede configurarse para moverse con relación a un cuerpo de la máquina de minería a través del intervalo de movimiento tanto de lado a lado lateralmente como verticalmente hacia arriba y hacia abajo para efectuar la separación del material geológico de una pared de la trayectoria de la excavación. En algunas realizaciones, la máquina 320 de minería puede incluir dos o cuatro cabezales de corte de perforación rotatorios, comúnmente denominados máquinas de minería de dos rotores y de cuatro rotores. También se contempla un mecanismo 336 de corte que incluye cantidades alternativas de cabezales de corte o mecanismos de corte alternativos.

La máquina 320 de minería incluye además un mecanismo 338 de barrena configurado para recolectar el material geológico separado para depositarlo en un mecanismo 340 de transporte. El mecanismo 340 de transporte está configurado para transportar el material geológico colectivo a una parte 321 trasera de la máquina 320 de minería.

Una cadena 332 transportadora puede acoplarse operativamente a la parte 321 trasera de la máquina 320 de minería. La cadena 332 transportadora se puede configurar para transportar el material geológico a una salida de la mina, donde se puede elevar a la superficie para su posterior procesamiento y/o transporte. La cadena 332 transportadora puede incluir una o más secciones 342 de transporte acopladas operativamente entre sí por uno o más puentes 344, configurados para proporcionar cuatro grados de libertad para permitir que la cadena 332 transportadora se mueva de lado a lado (guiñada) y/o girado

hacia la izquierda o hacia la derecha (balanceo) con el fin de garantizar que permanezca centrada y alineada sustancialmente perpendicular a la cara.

Haciendo referencia a la FIG. 4B, la máquina 320 de minería puede incluir además un sistema 346 de guía inercial. El sistema 346 de guía inercial se puede configurar para detectar el movimiento de la máquina 320 de minería y proporcionar guía direccional como ayuda para guiar el mecanismo 334 de accionamiento dirigible a lo largo de la trayectoria de excavación prevista. En algunas realizaciones, la guía direccional se proporciona visualmente o audiblemente a un operador, que manipula los controles para afectar la dirección. En otras realizaciones, la guía direccional se proporciona como datos a un controlador 360 de accionamiento dirigible (como se muestra en la Figura 4B) configurado para controlar y/o ayudar de manera autónoma a un operador a dirigir la máquina 320 de minería.

El sistema 346 de guía inercial puede incluir uno o más acelerómetros 348 y uno o más giroscopios 350. Como se muestra en la FIG. 4B, el sistema 346 de guía inercial incluye tres acelerómetros 348a-c configurados para detectar la aceleración a lo largo de los ejes x, y e z respectivos de la máquina 320 de minería. El sistema 346 de guía inercial incluye además tres giroscopios 350a-c configurados para detectar la rotación, respectivamente, sobre los ejes x, y e z de la máquina 320 de minería. Un controlador 352 lógico programable puede estar acoplado operativamente a el al menos un acelerómetro 348 y giroscopios 350, para recibir la aceleración detectada y los datos de rotación. Los datos recibidos pueden utilizarse para determinar el movimiento de la máquina 320 de minería como una función del tiempo. Posteriormente, se puede calcular la guía direccional para mantener el avance de la máquina 320 de minería a lo largo de una trayectoria de excavación prevista.

En algunas realizaciones, el sistema 346 de guía inercial puede incluir además un bus 354 de comunicación configurado para comunicar al menos uno de los datos de aceleración y rotación detectados, el movimiento determinado de la máquina 320 de minería es una función del tiempo y/o guía direccional computada para mantener el avance de la máquina 320 de minería a lo largo de una trayectoria de excavación prevista hacia un receptor externo acoplado comunicativamente, por ejemplo, a un servidor utilizado en la planificación y ejecución de operaciones mineras. Se pueden computar varias pantallas gráficas a partir de la información comunicada, por ejemplo, el movimiento de la máquina de minería como una función del tiempo, una comparación de la trayectoria de excavación prevista con una

trayectoria de excavación real, las excavaciones previas excavadas por la máquina 320 de minería, así como material no minado necesario para el soporte en formato de mapa, y guía direccional computada de la máquina 320 de minería. En una realización, el sistema 346 de guía inercial incluye su propia pantalla 356 para mostrar una o más pantallas gráficas. El sistema 346 de guía inercial puede configurarse además con una memoria 358 para almacenar dicha información de forma permanente o de forma temporal para su posterior recuperación.

En una realización, el uno o más puentes 344 de la cadena 332 transportadora pueden incluir adicionalmente un sistema de guía inercial similar al sistema 346 de guía inercial como se describe anteriormente. En particular, en ciertas realizaciones, el uno o más puentes 344 se pueden configurar para detectar la aceleración y la rotación alrededor de los ejes x, y e z respectivos del puente 344, proporcionando así información sobre la capacidad de operación de la cadena 332 transportadora a un operador. Por ejemplo, en una realización, el sistema de guía inercial de un puente 344 puede incluir al menos tres acelerómetros, al menos tres giroscopios, un controlador lógico programable y un bus de comunicación. En algunas realizaciones, se puede incluir un sistema de guía inercial en cada puente de la cadena 332 transportadora. En otras realizaciones, se puede incluir un sistema de guía inercial en ciertos puentes 344 seleccionados de la cadena transportadora, proporcionando así una posición estimada de toda la cadena 332 transportadora.

Con referencia a las FIGS. 2 y 4A-4B, en funcionamiento, una mina 110 se construye extrayendo material de los habitáculos 114a a 114d, mientras que deja los pilares 116 en su lugar entre y alrededor de los habitáculos 114a a 114d para proporcionar soporte estructural. En consecuencia, la máquina 320 de minería avanza a lo largo de una trayectoria de excavación previsto mientras corta material geológico (por ejemplo mineral), forzando un mecanismo 336 de corte en la cara 118 minera. El mineral liberado se puede augurar en el centro de la máquina 320 de minería, por ejemplo, girando en sentido contrario a los rotores de un mecanismo 338 de barrena, y transportado a través de la parte media de la máquina 320 de minería por la sección 342 del transportador. El uso de una cadena 332 transportadora típicamente resulta en habitáculos 114a-114d largos que tienen pilares 116 de soporte no minados estrechos colocados entre ellos. La longitud de los habitáculos puede ser, por ejemplo, entre aproximadamente 2500 pies y aproximadamente 9000 pies, dependiendo del equipo y el diseño de la minería. Tal diseño requiere que la máquina 320

de minería siga de cerca un rumbo prescrito para evitar la invasión en el pilar 116 estrecho que proporciona soporte estructural para los habitáculos 114a-114d.

Luego, el mineral se puede transportar a lo largo de una serie de secciones 342 de transporte, que se pueden vincular entre sí y con la máquina 320 de minería por puentes 344, que se operan detrás de la máquina 320 de minería. La cadena 332 transportadora luego transporta el mineral a un eje (por ejemplo, el eje 12A o 12B de la Fig. 1), donde se eleva a la superficie de la tierra para su posterior transporte y/o procesamiento.

En contraste con los sistemas convencionales que utilizan la tecnología de detección láser, como se describe en la sección Antecedentes, la máquina 320 de minería, las secciones 342 de transporte y/o los puentes 344 de la presente divulgación se pueden alinear entre sí utilizando un sistema 346 de guía inercial que incluye una combinación de sensores de movimiento y rotación (por ejemplo, acelerómetros 348 y giroscopios 350). A medida que la máquina 320 de minería avanza hacia la cara 118, los datos de ubicación de identificación se pueden medir con el sistema 346 de guía inercial. Por ejemplo, la máquina 320 de minería puede determinar la aceleración y/o la rotación a lo largo de varias direcciones, como la aceleración de cabeceo, guiñada, balanceo, hacia adelante o hacia atrás (en la que "hacia adelante" es hacia la cara 118), aceleración hacia arriba o hacia abajo (donde "hacia abajo" está a lo largo del potencial gravitatorio), o aceleración de izquierda a derecha (en la que izquierda y derecha son las dos direcciones ortogonales hacia adelante y hacia abajo). Estos datos de aceleración y/o rotación se pueden utilizar para determinar el movimiento de la máquina 320 de minería y/o la cadena 332 transportadora como una función del tiempo. Al integrar los datos de aceleración y/o rotación dos veces, se puede determinar una posición de la máquina 320 de minería y/o la cadena 332 transportadora en el espacio euclidiano.

En algunas realizaciones, el sistema 346 de guía inercial puede registrar el historial de ubicación para que la cadena 332 transportadora pueda colocarse detrás de la máquina 320 de minería y reducir la cantidad de derrames que de lo contrario podrían resultar de sistemas desalineados. Es decir, no es necesaria una mira láser para el uso de alineación del puente 344 como en los sistemas de la técnica anterior. Se pueden usar dispositivos de detección adicionales para calcular la posición y la rotación de los puentes 344 y/o cadena 332 transportadora en relación con la máquina 320 de minería. El sistema 346 de guía inercial puede estar en comunicación con los puentes 344 para recibir y transmitir datos de

posición. El sistema también puede configurarse para proporcionar una pantalla gráfica al operador para uso manual o para controlar automáticamente el equipo 120 de minería. La información generada por el sistema 346 de guía inercial se puede almacenar en una memoria 358 para su posterior recuperación.

En tales sistemas, que utilizan sistemas 346 de guía de inercia (con o sin sistemas de guía de láser), la máquina 320 de minería y la cadena 332 transportadora no necesitan estar dispuestas a lo largo de una línea recta o trayectoria lineal. Más bien, la máquina 320 de minería se puede conducir a lo largo de una veta de potasa u otro material que permita capturar el material más geológico y de una manera que mantenga una disposición adecuada de habitáculo y pilar (es decir, que brinde un soporte adecuado), ya sea o no que la trayectoria tomada por el equipo de minería 320 esté a lo largo de un plano o elevación constante. En contraste con los sistemas de mira láser, esto permite que los equipos de minería sigan ondulaciones en una veta sin detenerse para recalibrar.

En las realizaciones donde se almacena la posición de la máquina 320 de minería, las secciones 342 transportadoras de remolque y puentes 344 se pueden enrutar a lo largo de la misma trayectoria que tomó la máquina 320 de minería, u otra trayectoria que evite el derrame del mineral. En consecuencia, el control del levantamiento solo se necesita al inicio del habitáculo y, por lo tanto, los retrasos de producción durante cada turno se pueden reducir o eliminar. En algunas realizaciones, la máquina 320 de minería se puede controlar automáticamente para dirigir y/o corregir el rumbo sobre largas distancias. Por ejemplo, la máquina 320 de minería puede operarse sin un operador en la cubierta de control, lo que reduce potencialmente la mano de obra necesaria para operar la máquina 320 de minería.

En realizaciones, los habitáculos 114a–114d no necesitan ser exactamente paralelos entre sí. Por ejemplo, como se representa anteriormente en la FIG. 1, los habitáculos 14 pueden estar dispuestos paralelos entre sí, perpendiculares entre sí, o en cualquier otra orientación que proporcione suficiente soporte a la parte posterior de la mina y que permita la extracción de materiales como la potasa de la mina. En cualquier caso, la incorporación de un sistema 346 de guía inercial a las operaciones mineras es ventajosa porque permite determinar la ubicación precisa de la máquina 320 de minería y/o la cadena 332 transportadora, ya sea que esos elementos estén o no dispuestos a lo largo de una línea recta como se requiere en los sistemas de mira láser convencionales. Además, los sistemas de guía inercial (especialmente aquellos que no viajan a lo largo de una trayectoria recta) pueden permitir

que la máquina 320 de minería funcione durante largos períodos de tiempo y/o largas distancias sin detenerse para recalibrar la posición, a diferencia de los sistemas de mira láser que deben ser detenidas para avanzar el láser de vez en cuando.

Se han descrito varias realizaciones de sistemas, dispositivos y métodos aquí. Estas realizaciones se dan solo a modo de ejemplo y no pretenden limitar el alcance de las invenciones reivindicadas. Debe apreciarse, además, que las diversas características de las realizaciones que se han descrito pueden combinarse de diversas maneras para producir numerosas realizaciones adicionales. Además, aunque se han divulgado diversos materiales, dimensiones, formas, configuraciones y ubicaciones, etc. para su uso con realizaciones descritas, se pueden utilizar otros además de los divulgados sin exceder el alcance de las invenciones reivindicadas.

Las personas de experiencia ordinaria en las técnicas relevantes reconocerán que las realizaciones pueden comprender menos características que las ilustradas en cualquier realización individual descrita anteriormente. Las realizaciones descritas aquí no pretenden ser una presentación exhaustiva de las formas en que se pueden combinar las diversas características. Por consiguiente, las realizaciones no son combinaciones mutuamente excluyentes de características; más bien, las realizaciones pueden comprender una combinación de diferentes características individuales seleccionadas de diferentes realizaciones individuales, según lo entienden las personas de experiencia ordinaria en la técnica. Además, los elementos descritos con respecto a una realización pueden implementarse en otras realizaciones incluso cuando no se describen en tales realizaciones a menos que se indique lo contrario. Aunque una reivindicación dependiente puede referirse en las reivindicaciones a una combinación específica con una o más reivindicaciones, otras realizaciones también pueden incluir una combinación de la reivindicación dependiente con el objeto de cada otra reivindicación dependiente o una combinación de una o más características con otra reivindicación dependiente o independiente. Tales combinaciones se proponen aquí a menos que se indique que una combinación específica no está prevista. Además, también pretende incluir las características de una reivindicación en cualquier otra reivindicación independiente, incluso si esta reivindicación no se hace directamente dependiente de la reivindicación independiente.

Aunque una reivindicación dependiente puede referirse en las reivindicaciones a una combinación específica con una o más reivindicaciones, otras realizaciones también pueden

incluir una combinación de la reivindicación dependiente con el objeto de cada otra reivindicación dependiente o una combinación de una o más características con otras reivindicaciones dependientes o independientes. Tales combinaciones se proponen aquí a menos que se indique que una combinación específica no está prevista.

Para los fines de interpretar las reivindicaciones, se pretende expresamente que las disposiciones de la Sección 112, sexto párrafo de 35 U.S.C. no deben invocarse a menos que los términos específicos "medios para" o "paso para" se reciten en una reivindicación.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de minería con guía direccional avanzada configurado para permitir la excavación precisa de material geológico sin la necesidad de avanzar una línea de levantamiento a larga distancia y/o una trayectoria de excavación no lineal, donde el sistema de minería comprende:

una máquina de minería que tiene un mecanismo de accionamiento orientable configurado para hacer avanzar la máquina de minería a lo largo de una trayectoria de excavación prevista, un mecanismo de corte configurado para separar material geológico de una pared de la trayectoria de excavación, un mecanismo de barrena configurado para recolectar el material geológico separado y un mecanismo transportador configurado para transportar el material geológico recolectado a la parte trasera de la máquina de minería;

una cadena transportadora configurada para transportar el material geológico a la salida de una mina; y

un sistema de guía inercial configurado para detectar el movimiento de la máquina de minería y proporcionar guía direccional como ayuda para guiar el mecanismo de accionamiento orientable a lo largo de la trayectoria de excavación prevista, donde el sistema de guía inicial incluye:

al menos un acelerómetro configurado para detectar la aceleración a lo largo de un eje x de la máquina de minería, a lo largo de un eje y de la máquina de minería, y/o a lo largo de un eje z de la máquina de minería;

al menos un giroscopio configurado para detectar la rotación alrededor del eje x de la máquina de minería, la rotación alrededor del eje y de la máquina de minería, y/o la rotación alrededor del eje z de la máquina de minería; y

un controlador lógico programable configurado para recibir datos de aceleración detectados de los al menos un acelerómetro y/o datos de rotación de el al menos un giroscopio, determina el movimiento de la máquina minera como una función del tiempo y calcula la

guía direccional para mantener el avance de la máquina de minería a lo largo de la trayectoria de excavación prevista.

2. El sistema de minería de la reivindicación 1, en el que el sistema de guía inercial incluye además una memoria en la que se almacena el movimiento de la máquina de minería como una función del tiempo.

3. El sistema de minería de la reivindicación 1 o 2, en el que el sistema de guía inercial incluye además una pantalla.

4. El sistema de minería de la reivindicación 3, en el que la pantalla está configurada para mostrar gráficamente el movimiento de la máquina de minería como una función del tiempo.

5. El sistema de minería de la reivindicación 3, en el que la pantalla está configurada para mostrar gráficamente una comparación de la trayectoria de excavación prevista con la trayectoria de excavación real de la máquina minera.

6. El sistema de minería de la reivindicación 3, en el que la pantalla está configurada para mostrar gráficamente las trayectorias de excavación anteriores excavadas por la máquina de minería, así como el material no minado necesario para el soporte estructural entre trayectorias excavadas adyacentes en un formato de mapa.

7. El sistema de minería de la reivindicación 3, en el que la pantalla está configurada para mostrar gráficamente la guía direccional calculada de la máquina de minería.

8. El sistema de minería de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el sistema de guía inercial incluye además un bus de comunicación configurado para transmitir la guía direccional computada al mecanismo de accionamiento orientable.

9. El sistema de minería de la reivindicación 1, en el que el mecanismo de accionamiento orientable está configurado para dirigir automáticamente la máquina de minería de acuerdo con la guía direccional.

10. El sistema de minería de la reivindicación 1, en el que el sistema de guía inercial incluye además dispositivos de detección adicionales configurados para detectar al menos uno de aceleración y rotación a lo largo de la cadena transportadora.

11. El sistema de minería de la reivindicación 1, en el que el sistema de guía inercial comprende tres acelerómetros, en el que un primer acelerómetro está configurado para detectar la aceleración a lo largo del eje x de la máquina de minería, un segundo acelerómetro está configurado para detectar la aceleración a lo largo del eje y de la máquina de minería, y un tercer acelerómetro está configurado para detectar la aceleración a lo largo del eje z de la máquina de minería.

12. El sistema de minería de la reivindicación 1, en el que el sistema de guía inercial comprende tres giroscopios, en el que al menos un giroscopio está configurado para detectar la rotación alrededor del eje x de la máquina de minería, al menos un giroscopio está configurado para detectar la rotación alrededor del eje y de la máquina de minería, y al menos un giroscopio está configurado para detectar la rotación alrededor el eje z de la máquina de minería

13. Un método para proporcionar guía de dirección a un sistema de minería, con el fin de permitir la excavación precisa de material geológico sin la necesidad de avanzar una línea de levantamiento sobre una larga distancia y/o una trayectoria de excavación no lineal, donde el método comprende:

proporcionar una máquina de minería que tenga un sistema de guía inercial que incluya:

al menos un acelerómetro configurado para detectar la aceleración a lo largo de un eje x de la máquina de minería, la aceleración a lo largo del eje y de la máquina de minería y/o a lo largo de un eje z de la máquina de minería;

al menos un giroscopio configurado para detectar la rotación alrededor del eje x de la máquina de minería, la rotación alrededor del eje y de la máquina de minería, y/o la rotación alrededor del eje z de la máquina de minería; y

un controlador lógico programable configurado para recibir datos detectados desde el al menos un acelerómetro y el al menos un giroscopio y calcular la guía direccional con el fin de mantener un rumbo prescrito;

avanzar la máquina de minería a lo largo de una trayectoria de excavación previsto;

detectar el movimiento de la máquina de minería;

determinar el movimiento de la máquina de minería como una función del tiempo; y

proporcionar guía direccional para mantener el avance de la máquina de minería a lo largo de la trayectoria de excavación prevista.

14. El método de la reivindicación 11, en el que el sistema de guía inercial incluye además una memoria en la que se almacena el movimiento de la máquina de minería como una función del tiempo.

15. El método de la reivindicación 11 o 12, en el que el sistema de guía inercial incluye además una pantalla.

16. El método de la reivindicación 13, que comprende además mostrar el movimiento de la máquina de minería como una función del tiempo.

17. El método de la reivindicación 13, que comprende además mostrar una comparación de la trayectoria de excavación prevista con una trayectoria de excavación real de la máquina de minería.

18. El método de la reivindicación 13, que comprende además mostrar las trayectorias de excavación anteriores excavadas por la máquina de minería, así como el material no minado necesario para el soporte estructural entre trayectorias excavadas adyacentes en un formato de mapa.

19. El método de la reivindicación 13, que además comprende mostrar la guía direccional calculada de la máquina de minería.

20. El método de la reivindicación 13, que comprende además transmitir la guía direccional calculada a un mecanismo de accionamiento orientable.

21. El método de la reivindicación 13, que comprende además dirigir automáticamente la máquina de minería de acuerdo con la guía direccional.

22. El método de la reivindicación 13, que comprende además detectar al menos uno de aceleración y rotación a través de dispositivos de detección adicionales a lo largo de una cadena transportadora.

23. El método de la reivindicación 13, en el que el sistema de guía inercial comprende tres acelerómetros, en el que un primer acelerómetro está configurado para detectar la aceleración a lo largo del eje x de la máquina de minería, un segundo acelerómetro está configurado para detectar la aceleración a lo largo del eje y de la máquina de minería y un tercer acelerómetro está configurado para detectar la aceleración a lo largo del eje z de la máquina de minería.

24. El método de la reivindicación 13, en el que el sistema de guía inercial comprende tres giroscopios, en el que al menos un giroscopio está configurado para detectar la rotación alrededor del eje x de la máquina de minería, al menos un giroscopio está configurado para detectar la rotación alrededor del eje y de la máquina de minería, y al menos un giroscopio está configurado para detectar la rotación alrededor del eje z de la máquina de minería.

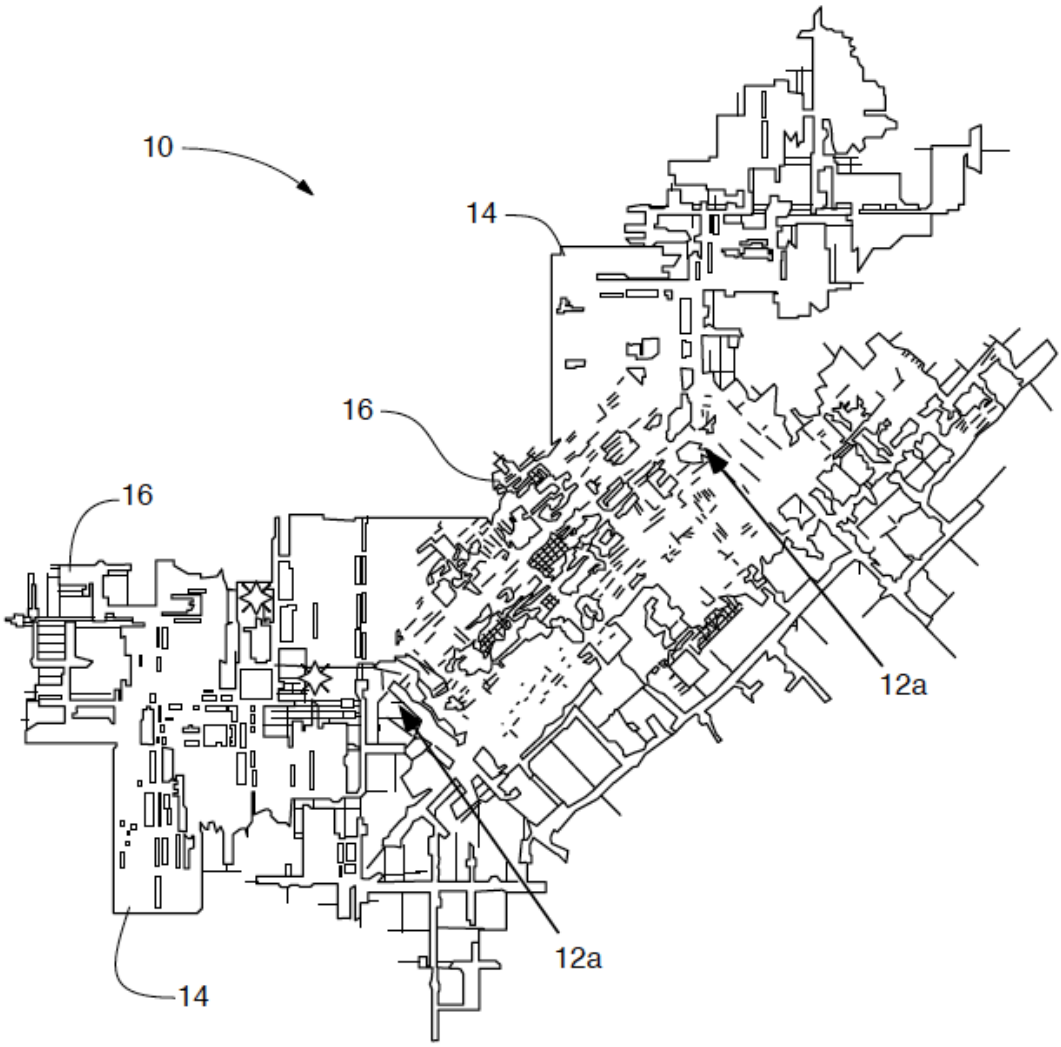

FIG. 1

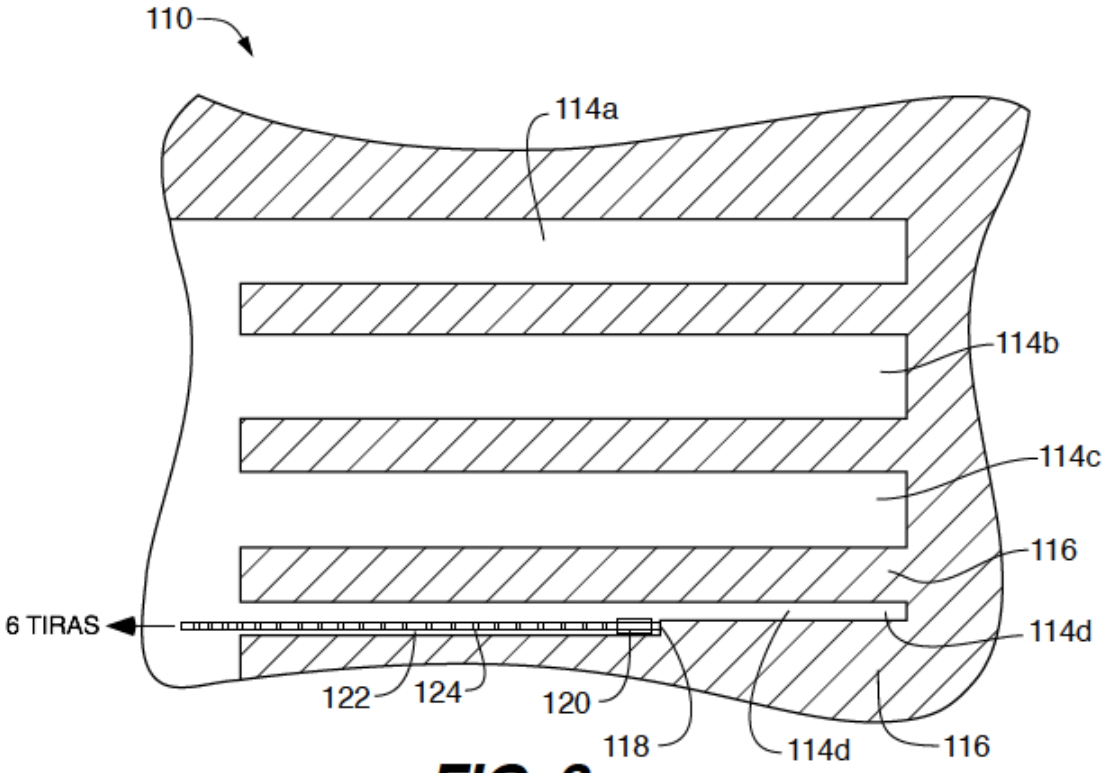

FIG. 2

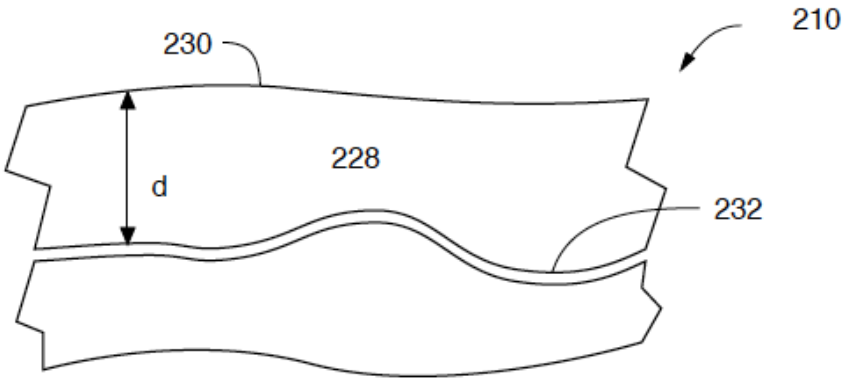

FIG. 3A

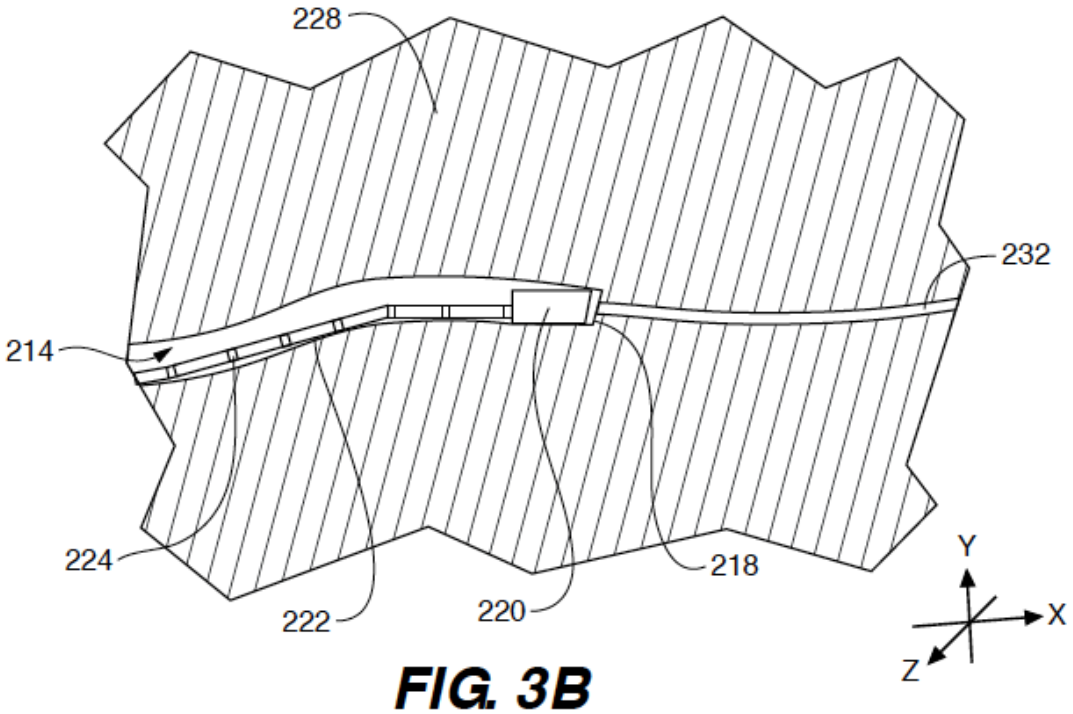

FIG. 3B

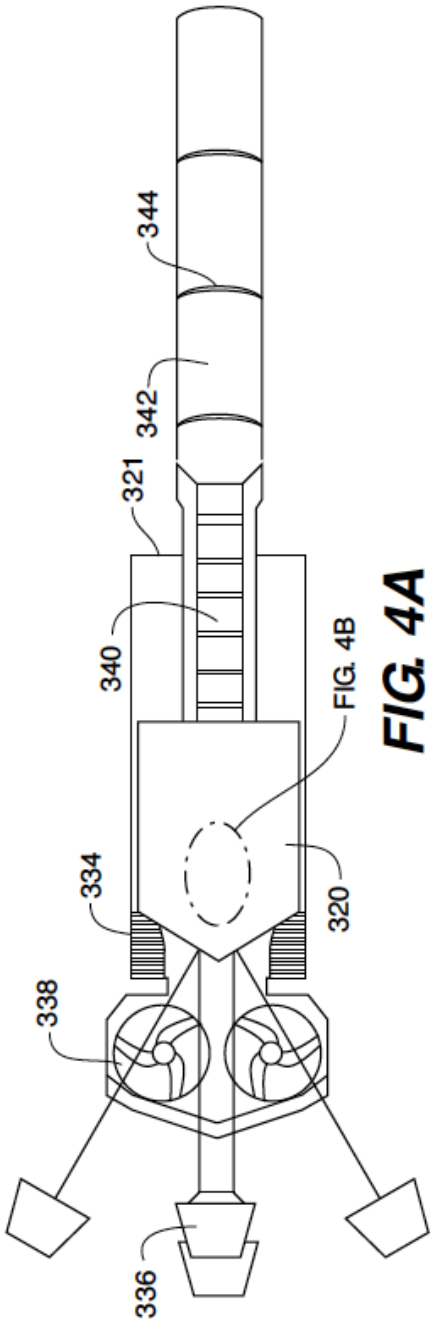
344
342
321
340
FIG. 4B
334
320
338
336

FIG. 4A

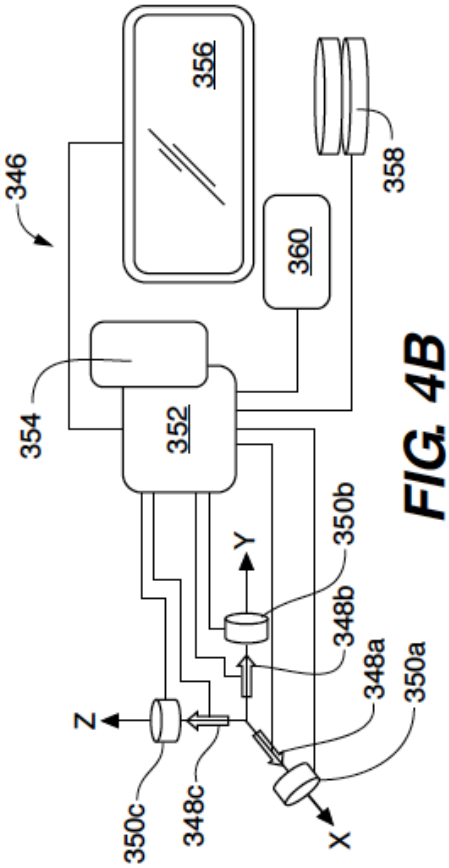
346
356
358
360
354
352
350b
Y
348b
348a
350a
Z
350c
348c
X

FIG. 4B