CIMENTACIONES DE REFUERZO ROSCADAS Y SISTEMAS, MÉTODOS Y MÁQUINAS RELACIONADOS

REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica la prioridad a la solicitud provisional de patente de Estados Unidos, n. º 62/702.879, presentada el 24 de julio de 2018, titulada "PIEZAS DE CIMENTACIÓN PARA MATRICES SOLARES AXIALES Y SISTEMAS Y MÉTODOS RELACIONADOS", n.º 62/718.780, presentada el 14 de agosto de 2018, titulada "PIEZAS DE CIMENTACIÓN PARA MATRICES SOLARES AXIALES Y SISTEMAS Y MÉTODOS RELACIONADOS", n.º 62/726.909, presentada el 4 de septiembre de 2018, titulada "PIEZAS DE CIMENTACIÓN PARA MATRICES SOLARES AXIALES Y SISTEMAS Y MÉTODOS RELACIONADOS", n.º 62/733.273, presentada el 19 de septiembre de 2018, titulada "PIEZAS DE CIMENTACIÓN PARA MATRICES SOLARES AXIALES Y SISTEMAS Y MÉTODOS RELACIONADOS", n.º 62/748.083, presentada el 19 de octubre de 2018, titulada "CIMENTACIONES PARA EL MATRIZ SOLAR AXIAL Y SISTEMAS Y MÉTODOS RELACIONADOS", n.º 62/752.197, presentada el 29 de octubre de 2018, titulada "SISTEMAS, MÉTODOS Y MÁQUINAS PARA FABRICAR UN PILOTE DE CIMENTACIÓN", y n.º 62/756.028, presentada el 5 de noviembre de 2018, titulada "CONTROL DE RETROALIMENTACIÓN DE BUCLE CERRADO PARA PILOTES SOLARES MEJORADOS Y SISTEMAS, MÁQUINAS Y CIRCUITOS RELACIONADOS", cuyas divulgaciones se incorporan por referencia en el presente documento en su totalidad.

ANTECEDENTES

Las plantas de energía solar a escala de servicios públicos se configuran predominantemente como matrices montadas en el suelo de inclinación fija o rastreadores de un solo eje. Las matrices de inclinación fija están dispuestas en filas de paneles orientados este-oeste inclinados hacia el sur en un ángulo dictado por la latitud del sitio de la matriz - cuanto más lejos del ecuador, más pronunciado será el ángulo de inclinación. Por el contrario, los rastreadores de un solo eje se instalan en filas norte-sur con los paneles solares unidos a un eje giratorio llamado tubo de torsión que mueven los paneles desde una orientación este a una orientación oeste durante el transcurso de cada día, siguiendo la progresión del sol a través del cielo. A los fines de esta divulgación, tanto los

rastreadores de inclinación fija como los de un solo eje se denominan colectivamente matrices solares axiales.

Excluyendo los costos de adquisición de tierras, los costos generales del proyecto para matrices a escala de servicios públicos incluyen la preparación del sitio (topografía, construcción de carreteras, nivelación, conexiones de red y agua, etc.), cimentaciones, rastreador o hardware de inclinación fija, paneles solares, inversores y conexiones eléctricas (conducto, cableado, zanjas, interfaz de red, etc.). Muchos de estos costos se han reducido en los últimos años debido a la innovación continua y a las economías de escala, sin embargo, un área que se ha ignorado en gran medida son las cimentaciones. Las cimentaciones proporcionan una interfaz estructural uniforme que acopla el sistema al suelo.

Al instalar un rastreador convencional de un eje, después de que se haya preparado el sitio, monopilotes verticales se clavan en el suelo a intervalos regulares dictados por el fabricante del rastreador y/o el plano del sitio; los componentes del sistema de rastreador se unen posteriormente a la cabeza de esos pilotes. Más a menudo, los pilotes tienen un perfil en forma de H, pero también pueden tener forma de C o incluso de caja. En matrices de rastreadores de un solo eje convencionales a gran escala, la adquisición y la construcción de las cimentaciones puede representar hasta el 5-10 por ciento del costo total del sistema. A pesar de esta proporción relativamente pequeña, cualquier ahorro en acero y mano de obra asociado con las cimentaciones representará una cantidad significativa de dinero en una gran cartera de proyectos solares. Asimismo, los acuerdos de desarrollo de rastreadores a menudo se cierran un año o más antes de que se incurra realmente en los costos de instalación, por lo que cualquier ahorro de cimentación posterior al acuerdo que se pueda realizar se sumará a las ganancias ya incluidas en los cálculos que respaldaron la construcción del proyecto.

Una de las razones por las que las monopilotes han dominado el mercado de las cimentaciones de rastreadores de un solo eje es su simplicidad. Es relativamente fácil clavar monopilotes en el suelo a lo largo de una línea recta con la tecnología existente. Aunque su diseño es inherentemente un desperdicio, su costo relativamente bajo y su rendimiento predecible los convierte en una opción obvia frente a alternativas más costosas. La física de un monopilote exige que sea de gran tamaño porque los elementos estructurales individuales no son buenos para resistir las fuerzas de flexión. Cuando se usa para soportar un

rastreador de un solo eje, las fuerzas más grandes sobre la base no provienen del peso de los componentes, sino más bien de la fuerza lateral combinada del viento que golpea los paneles solares conectados a la matriz. Esta fuerza lateral se traduce en la base del monopilote como un momento flector. La magnitud del momento es mucho mayor que la carga estática atribuible al peso de los paneles y componentes del rastreador. Por lo tanto, cuando se usa para soportar rastreadores de un solo eje, las cimentaciones de monopilotes deben sobredimensionarse y hundirse profundamente en el suelo para resistir cargas laterales.

Hay alternativas a los monopilotes disponibles en el mercado, pero hasta ahora no han sido competitivas en costos. Por ejemplo, en suelos muy difíciles donde sea dominan los rechazos costosos, algunos instaladores solares usarán tornillos de tierra en lugar de pilotes en H. Como implica el nombre, un tornillo de tierra es esencialmente una versión ampliada de un tornillo para madera o un tornillo de metal autoblocante, con un vástago hueco alargado y un extremo cónico que termina en un filo o punta. El tornillo también tiene una gran forma roscada externa que se extiende desde la punta, hasta el cono e incluso parcialmente hasta el vástago para permitir que se acople con el suelo cuando se atornilla al suelo. Se muestra un tornillo de tierra de la técnica anterior, por ejemplo, en la figura 1A. Los tornillos de tierra como el tornillo de tierra 10 en 1A son fabricados y vendidos por Krinner, GmbH de Strasskirchen, Alemania, entre otros. Cuando los instaladores encuentran suelos rocosos o deben instalar sobre un lecho de roca, taladran previamente orificios en la ubicación de cada tornillo de tierra y luego colocan los tornillos en los orificios pretaladrados, uniendo unos herrajes para cimentaciones sobre el suelo a la cabeza de cada tornillo.

Cuando se usan en cimentaciones para rastreadores de un solo eje, los tornillos de tierra como el de la figura 1A se instalan normalmente en pares adyacentes. Los pares se unen por encima del suelo con un soporte en T invertido que presenta una interfaz de monopilote para el rastreador de un solo eje. Esto se ve, por ejemplo, el sistema 20 en la figura 1B. Ft. Meyers, TERRASMART, con sede en Florida, instala cimentaciones como el sistema 20 utilizando tornillos de tierra Krinner. Si bien esto puede mitigar el problema de los rechazos, no optimiza el ahorro de material y solo determinará dónde no funcionan las alternativas menos costosas. Las cimentaciones verticales que soportan rastreadores de un solo eje deben resistir la flexión, ya sea de pilotes

en H o tornillos de tierra. Con referencia a la figura 2B, cuando el viento golpea la matriz, genera una fuerza lateral etiquetada F_L en la figura. La magnitud de esta fuerza es igual a F_L multiplicado por la altura del pilote sobre el punto donde la base está fijada al suelo (por ejemplo, no se mueve). Esta fuerza hace que los componentes de la cimentación vertical se doblen. Debido a que los elementos estructurales generalmente no resisten la flexión, deben estar sobreconstruidos para resistirla.

Otra alternativa propuesta a los pilotes en H accionados por percusión y los tornillos de tierra verticales, utiliza un par de tornillos de tierra colocados en ángulos agudos entre sí en una configuración de marco en A. A diferencia de los monopilotes verticales o la cimentación de doble tornillo de la figura 1B, un marco en A tiene la ventaja de convertir las cargas laterales en fuerzas axiales de tensión y compresión en las patas. Esto se ve, por ejemplo, en la solicitud de patente estadounidense publicada, 2018/0051915 (en adelante, "la solicitud '915"). La figura 1C muestra el sistema descrito en la solicitud '915. En teoría, tal sistema permite que las patas sean más delgadas que las utilizadas, por ejemplo, en el sistema de 1B, porque las patas no están sujetas a flexión. La figura 2C es un diagrama de fuerzas que muestra cómo se trasladan las cargas laterales en un marco en A como el de 1C. La carga lateral F_L pone tensión en la pata de barlovento y compresión en la pata de sotavento. El sistema 30 es potencialmente una mejora sobre los pilotes verticales y los tornillos de tierra paralelos, sin embargo, cualquier sistema que utilice tornillos de tierra estándar tiene una desventaja de costos en comparación con otras estructuras. Además, la geometría cerrada del tornillo de tierra exige una etapa previa de perforación separada donde no es posible el accionamiento directo. Por lo tanto, en su forma actual, y con equipos de perforación y accionamiento giratorios convencionales, no es posible que los tornillos de tierra logren la paridad de costos con las cimentaciones de monopilote en cualquier lugar que no sea en las peores condiciones del suelo, e incluso en esas condiciones, hay margen de mejora significativa.

En reconocimiento de estos y otros problemas, es un objeto de varias realizaciones de la presente divulgación proporcionar una cimentación de refuerzo o marco en A para rastreadores de un solo eje y otras aplicaciones que consiguen los beneficios de los tornillos de tierra de una manera menos costosa, más robusta y con un factor de forma flexible, así como máquinas y métodos

para instalar dichas cimentaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1A muestra un tornillo de tierra convencional;

La figura 1B muestra una cimentación de tornillo de tierra doble convencional para rastreadores de un solo eje;

La figura 1C muestra una cimentación de marco en A con pendiente pronunciada para rastreadores de un solo eje que utilizan un par de tornillos de tierra convencionales;

La figura 2A es un tornillo de tierra que soporta una cimentación de monopilote;

La figura 2B es un diagrama de fuerzas que muestra cómo se trasladan las cargas laterales en una cimentación de monopilote;

La figura 2C es un diagrama de fuerzas que muestra cómo se trasladan las cargas laterales en una cimentación de marco en A;

Las figuras 3A-D muestran las etapas de fabricación de un tornillo de tierra cónico;

La figura 4A muestra un anclaje de tornillo de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 4B es una vista en primer plano del extremo roscado del anclaje de tornillo de la figura 4A;

La figura 4C muestra un anclaje de tornillo de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 5A es una vista en sección de un anclaje de tornillo y un mandril durante el accionamiento de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

La figura 5B muestra un anclaje de tornillo que se acciona mientras un mandril se percute simultáneamente a través del centro del anclaje de tornillo;

La figura 6A muestra un par de anclajes de tornillo adyacentes introducidos en el suelo subyacente para formar la base de una cimentación de refuerzo de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 6B muestra una cimentación de refuerzo completa que soporta una porción de un rastreador de un solo eje de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 7A muestra un rechazo de un anclaje de tornillo y un mandril mientras se acciona debido al impacto sobre el lecho de roca de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 7B muestra una etapa intermedia de un proceso para la mitigación de rechazos in situ de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 7C muestra el anclaje de tornillo de 7B después de la mitigación de rechazos in situ de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 7D muestra el anclaje de tornillo de 7B después de una técnica alternativa de mitigación de rechazos in situ de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 8 es una vista en sección parcial que muestra un árbol de perforación aumentado de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

Las figuras 9A-C muestra varias brocas de perforación de roca utilizables para realizar la mitigación de rechazos in situ de acuerdo con diversas realizaciones de la invención;

Las figuras 10A y B son vistas lateral y frontal de una pieza de equipo pesado con un accesorio para instalar anclajes de tornillo de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 11 es una vista de una porción de un accesorio para clavar un anclaje de tornillo con un accionador giratorio y un mandril de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 12 es una vista en despiece de un conjunto para accionar un mandril a través de un accionador giratorio y un anclaje de tornillo de acuerdo con varias realizaciones de la invención;

La figura 13 es una porción de un anclaje de tornillo de acuerdo con varias realizaciones de la invención; y

Las figuras 14A-C son varias vistas de una tuerca helicoidal que se puede usar con un anclaje de tornillo de acuerdo con varias realizaciones de la invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

La siguiente descripción está destinada a transmitir una comprensión profunda de las realizaciones descritas proporcionando una serie de realizaciones específicas y detalles que involucran cimentaciones de marco en A utilizadas para soportar rastreadores solares de un solo eje. Debe apreciarse, sin embargo, que la presente invención no está limitada a estas realizaciones y detalles específicos, que son solo ilustrativas. Se entiende además que un experto en la técnica a la vista de los sistemas y métodos conocidos, apreciaría

el uso de la invención para los fines previstos.

Como se ha comentado en los Antecedentes, tornillos de tierra son una alternativa a los monopilotes convencionales (por ejemplo, pilotes en H, pilotes en I, poste y cemento, etc.). Los tornillos de tierra se atornillan en el suelo subyacente con un accionamiento giratorio utilizando una combinación de presión hacia abajo y torsión, muy parecido a clavar un tornillo en madera. Usualmente, se accionan hasta que están completamente o casi completamente enterrados y luego otros herrajes, tales como soportes de montaje, abrazaderas o soportes se pueden fijar a la porción que queda por encima del suelo para soportar letreros, cubiertas, pequeños marcos de edificios y rastreadores solares de un solo eje, entre otras estructuras.

Como cualquier tornillo, la punta puntiaguda del tornillo de tierra cumple al menos dos funciones: una, permite que el tornillo esté orientado con precisión sobre el punto de inserción y proporciona una guía para ayudar a mantenerlo en la trayectoria y para estirar del tornillo en el suelo al accionarlo. En segundo lugar, la punta y la conicidad aumentan la presión alrededor de las roscas a medida que penetra el tornillo, ayudándoles a agarrarse mejor al suelo. La punta también puede desplazar pequeñas rocas que podrían dificultar el accionamiento. Todos estos beneficios, sin embargo, se realizan durante el accionamiento. Después de que el tornillo esté en el suelo, la punta tiene poca utilidad y puede ser menos eficaz que el resto del tornillo para resistir fuerzas axiales debido a su geometría cónica. Una de las razones por las que los tornillos de tierra rara vez se utilizan en rastreadores de un solo eje a gran escala es que son relativamente difíciles y costosos de fabricar en comparación con los pilotes en H y, por lo tanto, cuestan más. Se muestra un proceso para hacer un tornillo de tierra, por ejemplo, en las figuras 3A-D.

El proceso comienza con el corte de un tramo de tubo hueco redondeado a la longitud deseada. Entonces, un extremo del tubo se inserta en un horno o calentador eléctrico y hasta que alcanza una temperatura supercrítica. Luego, el extremo caliente se inserta en una máquina de encogimiento que cierra la punta e imparte una forma cónica y puntiaguda. Una vez que se enfría, se forma una tira de metal alrededor del tubo en un patrón de rosca y se suelda a la superficie del tubo. Después de que se enfríe, el tornillo terminado se galvaniza para completar el proceso de fabricación. Las dos etapas de conformado en caliente requieren una gran cantidad de energía de entrada y la forma de rosca soldada

es mucho más cara que la estructura equivalente formada en un proceso en frío. Asimismo, las etapas intermedias en caliente excluyen el uso de metal que ha sido pregalvanizado. La galvanización posterior a la fabricación es mucho más costosa que comenzar con metal pregalvanizado.

En gran parte, la forma en que los tornillos de tierra se instalan y se usan requiere este proceso de fabricación caro de múltiples etapas. Los tornillos necesitan una punta para ayudar con el accionamiento y los monopilotes deben sobreconstruirse para soportar fuerzas de flexión que son ortogonales al eje del tornillo. El sistema que se muestra en la solicitud '915 resuelve este último problema al traducir la carga lateral en fuerzas axiales de tensión y compresión, sin embargo, la magnitud de las fuerzas de tracción y compresión aumenta exponencialmente cuanto más inclinadas están las patas (por ejemplo, cuanto menor es el ángulo del vértice entre las patas de refuerzo), un hecho no reconocido en esa solicitud '915. Por lo tanto, aunque la base que se muestra en 1C puede evitar doblarse, las grandes fuerzas axiales generadas por los ángulos pronunciados recomendados aún requerirán que los tornillos de tierra se sobreconstruyan en relación con los marcos en A orientados como patas menos empinadas o con un ángulo de vértice más grande. Además, porque el sistema está construido sobre tornillos de tierra, todavía adolece de las desventajas de costes inherentes aquí descritas.

Los inventores de la presente invención han propuesto un sistema de cimentación, particularmente adecuado para matrices solares axiales (por ejemplo, rastreadores de un solo eje y matrices montadas en el suelo de inclinación fija), que utiliza un par de soportes angulares adyacentes configurados como un marco en A moderadamente angulado (por debajo de 72,5 grados) en lugar de un solo pilote vertical. El sistema se conoce comercialmente como EARTH TRUSS. La figura 4A muestra el componente de base EARTH TRUSS, anclaje de tornillo 200. El anclaje de tornillo 200 consiste en una sección de tubo alargado que tiene un diámetro sustancialmente uniforme a lo largo de su longitud y que está abierta en ambos extremos. Estas son distinciones importantes sobre los tornillos de tierra convencionales. El extremo inferior o subterráneo del anclaje de tornillo 200 tiene una forma de rosca externa que comienza cerca del extremo inferior y aumenta de diámetro a medida que se extiende hacia arriba del tubo hasta que se nivela hasta un diámetro uniforme para varias rotaciones más. Esto se ve con mayor detalle en 4B, que muestra

solo la porción roscada 210 del anclaje 200. Como se expone con más detalle en el presente documento, la importancia de la punta cónica puede surgir durante el accionamiento, así como cuando se realiza la mitigación de rechazo in situ. El otro extremo del anclaje 200 ilustrativo en 4A tiene una porción de conexión 220, que en este ejemplo, se muestra como un acoplamiento. La porción de conexión 220 tiene características que se acoplan con el portabrocas de un accionador giratorio para permitir que se accione el anclaje de tornillo 200. La porción de conexión 220 también tiene al menos una característica de acoplamiento para permitir que el anclaje de tornillo 200 se conecte a otros componentes que se extienden a lo largo sustancialmente del mismo eje para formar una pata de dos piezas.

Debe apreciarse que en varias realizaciones, en cambio, características de remache pueden estar estampadas en el extremo superior del anclaje de tornillo 200 en lugar de ser parte de un elemento unido separado. Además, una combinación de leva y fricción u otra técnica mecánica adecuada puede permitir que el anclaje de tornillo 200 gire en el suelo sin ninguna característica de accionamiento incorporada en el extremo superior. En dichas realizaciones, se puede usar una porción de conexión separada o se pueden construir elementos de acoplamiento en otros componentes por encima del anclaje de tornillo 200.

La figura 4C muestra un anclaje de tornillo 250 de acuerdo con varias otras realizaciones de la invención. El anclaje de tornillo 250 se diferencia del anclaje de tornillo 200 en que tiene una ligera conicidad en la punta, en lugar de tener una punta cónica en la forma de rosca externa. Aunque esto puede ser más caro de fabricar que el anclaje de tornillo 200, siempre que la abertura en el extremo cónico sea suficientemente grande, puede disfrutar de todos los demás beneficios del anclaje 200 como se describe en el presente documento. Otras realizaciones pueden utilizar tanto una punta ligeramente cónica como una forma de rosca con una entrada cónica.

En varias realizaciones, un anclaje de tornillo tal como el anclaje 200 o el anclaje 250 se hará girar en el suelo usando un accionador giratorio u otro dispositivo similar. El accionador giratorio puede girar el anclaje de tornillo desde la parte superior o puede insertarse parcial o totalmente en el pilote para girarlo parcialmente desde dentro. Debido a que los diversos anclajes de tornillo descritos en el presente documento están abiertos en ambos extremos, y como se analiza con mayor detalle en el presente documento, es posible, y puede ser

deseable, insertar otra herramienta en el árbol del pilote desde arriba durante el accionamiento para despejar una trayectoria delante del pilote, para aumentar la presión del suelo alrededor de la forma de rosca, e incluso para excavar una cavidad en roca sólida para recibir el pilote.

Se contempla que el conjunto comprenda además un mástil en el que el accionador giratorio y el accionador de mandril pueden operar para desplazarse a lo largo del mástil con el mandril pasando a través del accionador giratorio y el anclaje de tornillo hueco para accionar el anclaje de tornillo en el suelo subyacente. Se contempla que el mástil esté unido de forma giratoria a una pieza de equipo pesado, así como que el mástil se pueda operar para girar con respecto a la pieza de equipo pesado a un primer ángulo para accionar un primer anclaje de tornillo en el suelo de soporte, para girar sustancialmente en el mismo plano hasta un segundo ángulo, y para accionar un segundo anclaje de tornillo en el suelo de soporte en el segundo ángulo, en el que los anclajes de tornillo primero y segundo son parte de una base de refuerzo única.

Pasando a las figuras 5A y B, varias realizaciones de la invención aprovechan la geometría abierta del anclaje de tornillo para insertar herramientas en el mismo durante el accionamiento. En varias realizaciones, estas herramientas pueden proporcionar algunos de los beneficios de una punta en un tornillo de tierra convencional y, sin embargo, debido al cuerpo hueco, no es necesario permanecer en el suelo después de instalar el anclaje de tornillo. Con ese fin, la figura 5A es una vista en sección parcial que muestra una porción del anclaje de tornillo 200 ilustrativa con el mandril 300 que se extiende a través de su centro. El mandril 300 es un elemento alargado, preferentemente de acero de alta resistencia y con un diámetro exterior menor que el diámetro interior del anclaje de tornillo 200. En varias realizaciones, el mandril 300 puede tener una punta desmontable 310 que está perfilada para las condiciones específicas del suelo presentes y para facilitar el reemplazo de la punta sin desechar todo el mandril. El mandril 300 puede accionarse para aplicar presión hacia abajo a medida que el anclaje de tornillo 200 gira simultáneamente a su alrededor. Como alternativa, el mandril 300 puede aplicar una fuerza de percusión.

En varias realizaciones, la geometría abierta del anclaje de tornillo 200 hace posible que herramientas como un mandril se operen de forma independiente dentro del anclaje 200 y se retiren después de que se complete el accionamiento, dejando solo los componentes necesarios para resistir fuerzas axiales en el suelo. Como se ve en las figuras 5A y B, durante la instalación, el mandril 300 puede insertarse en el extremo superior del anclaje de tornillo 200,

deslizarse a lo largo de su longitud hasta llegar al extremo opuesto, subterráneo y accionarse para empujar o percutir contra el suelo subyacente. En varias realizaciones, y como se discute con mayor detalle en el presente documento, el mandril 300 puede estar conectado a un accionador separado que está alineado sobre un eje que se solapa con un eje que pasa por el centro de masa del anclaje de tornillo 200. El mandril 300 puede desplazarse con el anclaje de tornillo 200 a medida que se gira para evitar que la tierra se atasque en el centro del anclaje de tornillo 200. Como alternativa, el mandril 300 puede empujar hacia abajo por delante del anclaje de tornillo para ayudar a despejar una trayectoria y crear

tensión en el suelo alrededor de la forma de rosca externa 210. Esto puede ser cierto si el mandril ejerce una presión constante hacia abajo, oscila, o se percute en el suelo subyacente.

Oscilar, percutir o simplemente empujar hacia abajo con el mandril también puede permitirle desplazar y/o romper rocas más pequeñas que se encuentran en la trayectoria de accionamiento. Sin tal acción, las rocas y otras obstrucciones pueden causar un rechazo y/o dañar el anclaje 200. En el campo del accionamiento de pilotes solares, un rechazo se produce cuando la fuerza de accionamiento adicional no da como resultado una mayor incrustación. Usualmente, esto indica que el pilote ha golpeado una roca, suelo cementoso o, en el caso extremo, lecho de roca sólida. Mediante la oscilación, percusión o empuje hacia abajo con el mandril, funciona como un cincel que puede desmenuzar pequeñas rocas, objetos enterrados y bolsas de suelo denso o cementoso. Esto se muestra y se discute con mayor detalle, en el contexto de las figuras 7A-D.

Pasando a las figuras 6A y B, estas figuras muestran dos etapas de instalación de un par de anclajes de tornillo adyacentes y una cimentación de refuerzo para un rastreador de un solo eje usando tales anclajes de tornillo de acuerdo con diversas realizaciones ilustrativas de la invención. En 6A, los anclajes de tornillo 200 se han clavado en el suelo adyacentes entre sí y se han inclinado hacia dentro en ángulos agudos (por ejemplo, menos de 90 grados). En varias realizaciones, y como se muestra en el presente documento, pueden ser accionados hasta estar casi completamente incrustados, de modo que solo la porción de extremo quede por encima del suelo. Como se muestra en las figuras 5A y B, los anclajes 200 pueden ser accionadas a través del proceso único descrito en el presente documento por el cual el anclaje de tornillo 200 se hace girar en el suelo subyacente en el ángulo deseado con una combinación de torsión y presión hacia abajo mediante un accionador giratorio, mientras que, al mismo tiempo, se acciona un mandril u otra herramienta a través del anclaje de tornillo para ayudar al accionamiento. Una vez que ambos anclajes de tornillo 200 alcancen sus respectivas profundidades objetivo, se fijan componentes sobre el suelo.

En el ejemplo de 6A y B, las patas superiores 225 se insertan sobre las porciones de conexión 220 para extender sustancialmente el eje principal de cada anclaje de tornillo 200 hacia el alojamiento del cojinete. Los extremos libres

de cada pata superior 225 se unen para formar un refuerzo unitario en forma de A mediante un adaptador 230. En varias realizaciones, y como se muestra en el presente documento, el adaptador 230 puede tener un par de porciones de conexión simétricas que se extienden hacia abajo y alejándose del adaptador para coincidir con el espacio y el ángulo de las patas superiores 225. Un conjunto de cojinete, tal como el conjunto 240 está unido a la parte superior del adaptador 230 y el tubo de torsión 245 capturado rotativamente dentro del cojinete 242.

Pasando ahora a las figuras 7A-D, estas figuras muestran varios escenarios de accionamiento con un anclaje de tornillo y un sistema para clavar un anclaje de tornillo de acuerdo con varios ejemplos de realización de la invención. Comenzando con 7A, en esta figura, el anclaje de tornillo 200 se introduce en el suelo de soporte debajo del anclaje. En varias realizaciones, y como se discute y se muestra en el presente documento, esto se logra con un accionador giratorio o una máquina atornilladora. Sustancialmente al mismo tiempo, el mandril 300 se acciona a través del anclaje de tornillo 200 para presionar hacia abajo, percutir y/u oscilar contra el suelo mientras el anclaje 200 se desplaza a lo largo de su trayectoria. En varias realizaciones, y como se muestra en la figura, la punta del mandril 310 puede sobresalir del extremo subterráneo del anclaje de tornillo 200 a medida que se acciona. En algunas realizaciones, puede permanecer sustancialmente en la misma posición con respecto al extremo inferior del anclaje 200, bajando con el anclaje 200 para desplazar el suelo y aumentar la presión del suelo alrededor de las roscas del anclaje. En otras realizaciones, la punta del mandril 310 puede ejercer una presión hacia abajo independientemente del pilote. Si el accionador giratorio encuentra una resistencia de accionamiento excesiva como se indica, por ejemplo, mediante una reducción o parada en el recorrido descendente o una resistencia excesiva contra el accionador giratorio o ambos, el mandril 300 puede retraerse parcialmente de modo que la punta 310 ya no sobresalga del anclaje para permitir que la suciedad se atasque en el extremo, aliviando así la presión del suelo, retardando el accionamiento. Esta reducción de presión puede reducir la resistencia al accionador giratorio. Es importante al atornillar un pilote o un tornillo de tierra en el suelo que el pilote continúe avanzando para que no taladre o perfore el orificio, lo que reducirá la resistencia del pilote a las fuerzas axiales.

En algún momento mientras se acciona, la punta del mandril 310 en 7A encuentra un lecho de roca sólido que resulta en un rechazo. En varias

realizaciones, comienza un proceso único de mitigación de rechazos in situ que antes era imposible en la técnica anterior con tornillos de tierra convencionales o con pilotes en H. La condición de rechazo puede ser detectada en varias realizaciones por un operador o por un bucle de retroalimentación automatizado que detecta el fallo del mandril o anclaje para penetrar más. En varias realizaciones, el operador quitará el mandril del anclaje 200 y lo reemplazará con una perforadora de rocas tal como la perforadora 400. En algunas realizaciones, la perforadora de rocas puede ser un accesorio diferente al mismo accionador que acciona el mandril. En otras realizaciones, la perforadora de rocas puede ser una máquina diferente, requiriendo que el accionador de mandril sea pivotado o movido de otro modo fuera de la trayectoria para dejar espacio para la perforadora de rocas. Una vez fuera, el mandril 300 se reemplaza por un árbol de perforación 400 y una broca para perforación de rocas 410. Estos componentes se insertan en el extremo superior del anclaje 200 y se pasan a través del mismo hasta llegar al lecho rocoso de abajo. En varias realizaciones, el mismo accionador utilizado para accionar el mandril se utiliza para accionar la perforadora de rocas. La perforadora de rocas puede consistir en un martillo de fondo y una broca que utiliza aire comprimido para percutir la broca dentro del anclaje 200. Como alternativa, el martillo perforador puede ser un martillo de cabeza mediante el cual se aplica una acción de percusión al árbol 400 y esta fuerza se traduce directamente en la broca para rocas 410.

Como se conoce en la técnica, las perforadoras de rocas suelen utilizar aire presurizado para generar la acción de percusión y retirar los restos de roca triturada del camino. La acción específica de la perforadora de rocas (por ejemplo, percusión, rotación) dependerá en parte del tipo de broca utilizada. Por ejemplo, una broca de botón normalmente emplea únicamente la acción de percusión, mientras que otros tipos de brocas pueden depender de una combinación de percusión y corte giratorio.

En varias realizaciones, la perforadora de rocas continuará su acción hasta que se haya formado una cavidad en la roca que tenga la profundidad deseada. Esta profundidad puede ser la profundidad mínima requerida para fijar el anclaje de tornillo o la profundidad objetivo original. En cualquier caso, una vez que la cavidad está perforada, la perforadora de rocas se retira, o al menos se retira parcialmente del anclaje 200 para que no sobresalga por debajo del mismo y el accionador giratorio se acopla para accionar el anclaje en la cavidad

recién formada. En varias realizaciones, la entrada cónica en las roscas aumentará la probabilidad de que la aplicación de torsión y presión hacia abajo en el anclaje 200 lo guíe hacia la cavidad. En algunas realizaciones, el anclaje de tornillo 200 se puede introducir hasta el fondo de la cavidad, tal como se muestra en 7C. Esto dependerá del tamaño del orificio en relación con el diámetro exterior del anclaje, cuán limpia y libre de desperdicios está la cavidad, y la geometría y las dimensiones de la forma de la rosca. En otras realizaciones, es posible que el anclaje 200 no pueda clavarse completamente hasta el fondo de la cavidad. Esto puede ser una consecuencia de las ciegas condiciones subterráneas (por ejemplo, limpieza del pozo, densidad del suelo por encima del pozo) o las dimensiones de la broca 410 o las roscas. En cualquier caso, puede que solo sea posible introducir una parte del anclaje 200 en la cavidad. En algunos casos, la colocación del anclaje 200 tan profundamente como sea posible puede proporcionar un acoplamiento suficiente entre las roscas del anclaje y la pared de la cavidad sin etapas adicionales. Esto podría, en varias realizaciones, confirmarse estirando del anclaje 200 con el accionador giratorio u otra herramienta con una fuerza fija. En otros casos, si no se logra un acoplamiento suficiente entre las roscas y la pared de la cavidad, es posible que se requieran etapas adicionales.

Con ese fin, el árbol de la perforadora 400 y la broca 410 pueden retirarse del anclaje 200 accionado y un acoplador u otro dispositivo tal como el acoplador 430 puede dejarse caer por el anclaje 200 hasta que llegue al fondo de la cavidad. En varias realizaciones, el acoplador 430 puede ser una pieza de varilla u otro material rígido que sea lo suficientemente pequeño para encajar dentro del anclaje 200, pero lo suficientemente largo para extenderse desde la parte inferior de la cavidad al anclaje 200. El propósito del acoplador 430 es conectar el anclaje 200 a la roca subyacente. Se pueden usar uno o más centralizadores 435 u otros dispositivos similares para mantener la orientación del acoplador 430 dentro del centro del anclaje 200, así como en la cavidad. Después de colocar el acoplador 430, un volumen de lechada presurizada, epoxi u otro material adecuado 440 puede inyectarse a través del extremo sobre el suelo del anclaje 200, llenando la cavidad completamente y rodeando el acoplador 430 y la porción del anclaje 200 que contiene el acoplador. Una vez que el material 440 fragua, el anclaje 200 se acoplará firmemente al lecho de roca.

La figura 8 muestra un árbol de perforación con tornillo sinfín utilizable con

varias realizaciones de la invención. Dependiendo del tipo de broca utilizada y si se utiliza un martillo superior o un martillo inferior, puede ser necesario y/o deseable utilizar energía mecánica para eliminar los escombros generados por el taladro del árbol del anclaje 200. Con ese fin, el árbol de perforación 402 incluye una serie de roscas helicoidales que circunscriben parte, la mayor parte o toda su longitud. Estas roscas tenderán a mover material hacia arriba y hacia fuera del interior del anclaje 200 cuando el árbol se gira en la dirección correcta (en el sentido de las agujas del reloj en el árbol 402 ilustrativo mostrado en la figura). También se muestra la porción roscada macho 405 en la base del árbol 402 para unir diferentes brocas. Debería apreciarse que la porción roscada 405 es únicamente a modo de ejemplo y está destinada simplemente a significar que las puntas pueden retirarse del árbol 405 sin necesidad de descartar todo el árbol. En otras realizaciones, una abertura hembra, una conexión de clavija, roscas cónicas u otros mecanismos de sujeción conocidos o sus equivalentes funcionales se pueden usar en su lugar.

Pasando ahora a las figuras 9A-C, estas figuras muestran varias brocas diferentes que se pueden usar con diversas realizaciones de la invención. La primera broca, la broca 410A es una broca transversal o una broca transversal de roca. Consiste en cuatro hojas elevadas de tipo cincel orientadas en forma de cruz. Este tipo de broca generalmente está hecha de acero con las hojas recubiertas de titanio o de acero endurecido o carburo. La broca puede percutir y girarse para cincelar y raspar a través de la roca mientras los escombros se evacuan a través del espacio entre las cuatro hojas. La figura 9B muestra una broca de rodillo de tres conos 410B. La broca de rodillo de tres conos tiene tres ruedas giratorias en forma de cono cubiertas con dientes de corte de acero o carburo que están unidas a un cabezal fijo a través de una conexión de cojinete. A medida que se gira la perforadora, estos conos ruedan a lo largo del fondo del pozo en un patrón circular cortando la roca subyacente. La presión hacia abajo sobre la broca facilita el corte. Estas brocas se utilizan comúnmente en exploración y extracción de agua, gas y petróleo. Los escombros se retiran hacia arriba en un anillo en el centro de la broca con aire comprimido o fluido. La última broca que se muestra en 9C es una broca de martillo de tipo de percusión 410C. Las brocas de martillo no son afiladas y no utilizan el corte como su mecanismo de perforación principal. Más bien, una serie de botones de carburo endurecido están incrustados en la cara de la broca. Durante la rotación, un vástago golpea

contra un yunque o una superficie de impacto dentro de la cabeza de la broca, lo que hace que los botones pulvericen cualquier roca con la que entren en contacto, mientras que la rotación y el aire comprimido barren los escombros fuera del camino y los introducen en canales de escombros para que el siguiente impacto vuelva a golpear la roca virgen. Cualquiera de las brocas mostradas en las figuras 9A-C, o cualquier otra broca disponible comercialmente o aún no desarrollada puede usarse con las diversas realizaciones de la invención.

En determinadas situaciones en las que se requiere taladrar, puede ser conveniente perforar una cavidad que tenga un diámetro exterior ligeramente mayor que el pilote de base. Por ejemplo, para crear una cavidad que sea lo suficientemente ancha para aceptar al menos parcialmente el extremo roscado 210 del anclaje de tornillo 200. Con ese fin, la broca 410C en la figura 9C es un tipo de broca capaz de perforar un orificio de mayor diámetro que el revestimiento en el que se inserta. Esta técnica se emplea a menudo en aplicaciones de perforación y carcasa donde el diámetro del orificio debe ser mayor que el de la carcasa para permitir la expulsión de los escombros alrededor del diámetro exterior del tubo, entre otras razones. La broca 410C logra esto con una o más alas desplegables, etiquetadas con "W" en la figura, que amplían el diámetro de corte de la broca una vez que la broca está libre del anclaje. Cuando la broca 410C se inserta inicialmente en el anclaje de tornillo de extremo 200, la una o más alas están empotradas para quedar al ras con la superficie exterior de la broca. Esto se puede hacer mecánicamente o mediante un operador comprimiéndolas mientras se inserta la broca en el anclaje. Cuando la broca emerge por el otro extremo y las alas ya no están comprimidas por la superficie interna del anclaje, para que se expandan a su posición relajada, ya sea por acción de resorte o mediante otro mecanismo de despliegue, aumentando así el diámetro de corte de la broca. En varias realizaciones, se pueden formar botones de carburo adicionales en la superficie de corte de las alas (por ejemplo, la superficie que es normal a la dirección de perforación). En varias realizaciones, si las alas se cargan elásticamente, la resistencia de la roca tenderá a mantenerlas fuera, es decir, en la orientación expandida. Una vez que se ha logrado la profundidad deseada y la broca y el árbol se vuelven a introducir en el extremo inferior del anclaje, la presión contra la parte posterior de la una o más alas desde la abertura del anclaje las empujará de regreso a la posición empotrada, reduciendo así el diámetro exterior de la broca, permitiendo que se

eleve y salga del anclaje. Debe tenerse en cuenta que hay varias otras brocas disponibles para taladrado por socavación, incluyendo las que se compensan intencionalmente de modo que una vez que comienzan a girar, se desplazan alrededor de un círculo de mayor diámetro.

A diferencia de los suelos cementosos y/o rocosos que dan lugar a rechazos, algunos suelos pueden tener una estructura tan suelta que ofrecen muy poca resistencia al accionamiento, pero al mismo tiempo, carecen de la capacidad de resistir fuerzas axiales de tensión y compresiones. En tales suelos, el anclaje de tornillo roscado 200 solo puede necesitar más área de superficie ortogonal para proporcionar la resistencia requerida. Con ese fin, las figuras 14A-C muestran una tuerca helicoidal de acuerdo con varias realizaciones de la invención que se puede utilizar con un anclaje de tornillo tal como el anclaje de tornillo 200 en la figura 13 para aumentar la capacidad de los anclajes para resistir fuerzas axiales en tales suelos. Comenzando con 14A y B, estas figuras muestran la tuerca helicoidal 270 de acuerdo con varios ejemplos de realización. Como se muestra, la tuerca helicoidal 270 consiste en una porción de cuerpo principal 272 y una hélice 274. Como se ve en una vista en sección de 14B, el interior de la porción de cuerpo principal 272 está roscado. En varias realizaciones, la profundidad y el paso de estas roscas coincidirá con el paso y la profundidad de las roscas externas 210 en el anclaje 200. Esto permitirá que la tuerca helicoidal 270 gire sobre el anclaje 200 hasta que la entrada cónica de la forma de rosca se proyecte más allá de la profundidad de la rosca hembra en la tuerca helicoidal 270. Cuando el anclaje 200 se clava en el suelo subyacente con la tuerca helicoidal 270 unida, la rotación del anclaje en el sentido de las agujas del reloj se reforzará, en lugar de aflojar la conexión entre la tuerca 270 y la porción roscada 210. El diámetro exterior de la hélice 274 puede aumentar sustancialmente la cantidad de área de superficie ortogonal, creando una columna o cono de resistencia a la extracción y dificultando aún más la compresión del anclaje 200 después de que se haya clavado.

La figura 14C muestra otra realización de una tuerca helicoidal que se puede utilizar con un anclaje de tornillo de acuerdo con varias realizaciones de ejemplo de la invención. La tuerca 280 de 14C consiste en una tuerca de retención roscada 282 y una hélice 280 separada. En varias realizaciones, la hélice 280 tiene un paso que coincide con el paso de las roscas en la porción roscada 210 y una abertura central ligeramente mayor que el diámetro exterior

del anclaje 200, de modo que la hélice 280 se puede enroscar en el anclaje 200 hasta una ubicación deseada. Entonces, la tuerca de retención roscada 282, que preferentemente tiene roscas que coinciden sustancialmente con las de la tuerca helicoidal 272, es decir, roscas que tienen el mismo paso y profundidad que la porción roscada 210 de modo que la tuerca de retención 282 también se puede enroscar en la porción roscada 210 para presionar la hélice 285 contra las roscas externas en la ubicación deseada y capturarla allí. El accionamiento del anclaje de tornillo helicoidal resultante se puede realizar de la misma manera que se describe en el presente documento.

Hasta este punto, la divulgación se ha centrado en los anclajes de tornillo y las técnicas para colocar el anclaje de tornillo. El resto de esta divulgación se centrará en máquinas y métodos de ejemplo de funcionamiento de máquinas para clavar anclajes de tornillo en el suelo de soporte mientras se acciona un mandril o perforadora de rocas a través del anclaje de tornillo de acuerdo con diversas realizaciones de la invención. Debería apreciarse que las máquinas mostradas en estas figuras son únicamente ilustrativas y deberían considerarse en términos de su funcionalidad con respecto al accionamiento de anclajes de tornillo en lugar de sus atributos físicos como se muestra en los dibujos. Son posibles diferentes realizaciones físicas conservando el espíritu y el alcance de las diversas realizaciones de la invención.

Se contempla que el conjunto comprenda un mástil, en el que el accionador de tornillo y el accionador de mandril están unidos y son operables para desplazarse a lo largo del mástil en un eje compartido. Asimismo, se contempla que el accionador de anclaje transfiera torsión al anclaje de tornillo y un mecanismo separado estira del accionador de anclaje a lo largo del mástil para transferir fuerzas axiales al anclaje de tornillo a través del accionador de anclaje. También se contempla que el mástil esté acoplado de forma giratoria al equipo pesado.

Pasando a las figuras 10A y 1B, estas figuras muestran vistas lateral y frontal, respectivamente, de un ejemplo de máquina 600 para clavar anclajes de tornillo de acuerdo con diversas realizaciones de la invención. Como se muestra, la máquina 600 incluye un cuerpo principal 605 montado en un chasis con orugas 610. Debería apreciarse que la máquina 600 podría tener neumáticos, una combinación de neumáticos y orugas, uno o más pontones flotantes, rieles u otros medios conocidos. Como se muestra, la máquina 600 tiene un accesorio, el accesorio 500, montado en el extremo de un brazo articulado 620. En varias realizaciones, el brazo articulado 620 es parte de la máquina de base y puede moverse a través de un arco de aproximadamente 90 grados desde una posición

replegada donde el brazo es sustancialmente perpendicular al suelo hasta una posición en uso donde el brazo es sustancialmente paralelo al suelo. En varias realizaciones, el extremo del brazo articulado 620 también puede girar a través de un intervalo de ángulos alrededor de su eje (por ejemplo, ± 35 grados desde la vertical) de modo que los anclajes de tornillo puedan clavarse en el suelo en

ángulos sin plomada. Esto también desacopla el eje del accionador del anclaje de tornillo desde la orientación de la máquina al permitirle compensar el terreno irregular al menos en la dirección este-oeste. Como alternativa, se puede ubicar un rotador en el extremo del brazo 620 de modo que todo el brazo no tenga que girar para girar el accesorio 500. En varias realizaciones, el extremo del brazo articulado 620 soporta el accesorio de accionamiento 500 con un eje principal que puede ser sustancialmente perpendicular al brazo articulado 620. Por lo tanto, cuando el brazo 620 está en la posición almacenada, el accesorio 500 será sustancialmente paralelo al suelo, minimizando su altura, mientras que cuando el brazo 620 está en la posición de uso, el accesorio de accionamiento 500 será sustancialmente perpendicular al suelo.

Como se muestra en el ejemplo de las figuras 10A/ 10B, el accesorio 500 incluye un marco 510 que funciona como un andamio para soportar el accionador giratorio o de tornillo 550 o y el accionador de mandril 520, y que proporciona un eje común para que se muevan. En varias realizaciones, el marco 510 incluye un par de elementos laterales paralelos 510A/B que están interconectados por elementos transversales. Esta configuración es solo ilustrativa. Pueden usarse varios soportes, vigas y travesaños armados y/o reforzados para proporcionar la rigidez y resistencia necesarias. El marco 510 también puede incluir una o más pistas sobre las que se desplazan el accionador de mandril y el accionador giratorio para limitar su movimiento al movimiento axial únicamente. Las una o más pistas pueden estar ubicadas entre el elemento lateral paralelo 510A/B, o, como alternativa, como se muestra en las figuras, se puede unir a los elementos laterales 510A/B. En aún más alternativas, el accionador de mandril 520 y el accionador giratorio 550 pueden desplazarse sobre ruedas dentro de rebajes formados en elementos laterales paralelos 510A/B. El mecanismo específico utilizado para limitar el movimiento a un solo eje a lo largo del accesorio 500 es una elección de diseño.

En varias realizaciones, se pueden usar una o más cadenas de transmisión enlazadas y los correspondientes conjuntos de motor para mover el accionador de mandril 520 y el accionador giratorio 550 a lo largo de una o más pistas. En varias realizaciones, pueden moverse independientemente entre sí. En otras realizaciones, pueden moverse juntos. En aún realizaciones adicionales, ambos modos pueden ser posibles. Por ejemplo, cuando se acciona, el accionador giratorio 550 aplicará un par mientras que una cadena de

transmisión del motor 515 generará una fuerza descendente que se traslada al anclaje mediante el accionador giratorio 550. Por lo tanto, desde la perspectiva del anclaje de tornillo, el accionador giratorio está aplicando par y fuerza axial, incluso la fuente de la fuerza axial puede ser un motor que acciona la cadena. De manera similar, el accionador de mandril 520 puede aplicar una acción de percusión al mandril 300, sin embargo, la fuerza descendente axial también puede provenir de la cadena de transmisión del motor 515, que, a su vez, estira del accionador de mandril 520 hacia abajo. Esta fuerza, sin embargo, se traslada a través del accionador del mandril al mandril de modo que, desde la perspectiva del mandril, ambas fuerzas axiales (percusión y presión hacia abajo) provienen del accionador del mandril.

En varias realizaciones, el accionador giratorio 550 puede ser alimentado por corriente eléctrica o por accionamiento hidráulico de una manera conocida en la técnica. De manera similar, el accionador de mandril 520 puede ser accionado por aire comprimido, corriente eléctrica o mediante accionamiento hidráulico. El accionador de mandril 520 puede ser un empujador hidráulico u otro dispositivo adecuado para generar fuerza aerodinámica y/o fuerza de percusión. En varias realizaciones, y como se muestra en las figuras, el accionador de mandril 520 y el accionador giratorio 550 pueden estar orientados concéntricamente en el marco en la dirección de una o más pistas para que el árbol del mandril 300 pueda pasar a través del accionador giratorio 550 y moverse hacia arriba y hacia abajo dentro del accionador 550 mientras gira un anclaje de tornillo en el suelo. De esta manera, la punta 310 del mandril 300 puede funcionar antes del anclaje de tornillo 200, sobresaliendo desde su abertura inferior (subterránea), para despejar una trayectoria para y delante del anclaje de tornillo 200. Esto también puede permitir que el mandril 300 se deje caer a través del accionador giratorio una vez que se desacople del accionador 520 para reparación y/o reemplazo sin desmontar completamente el accesorio 500.

Aún con referencia a las figuras 10A y 10B, la máquina 600 de ejemplo tiene una porción de cuerpo principal 605 que aloja el motor de gasolina o el motor eléctrico de la máquina, un tanque de combustible o celda de potencia, un sistema hidráulico, contrapesos si es necesario, y una interfaz de control, asentado sobre un chasis de orugas 610. La máquina 600 también puede tener un compresor de aire y líneas de aire para suministrar aire presurizado a un

martillo neumático u otro equipo, una toma de fuerza para transferir mecánicamente la energía a dispositivos externos, una conexión eléctrica para proporcionar energía eléctrica al accesorio 500, y una o más interfaces hidráulicas para comunicar el fluido hidráulico al accesorio 500, al accionador de mandril 520 y/o al accionador giratorio 550. En el ejemplo de las figuras 10A/B, un brazo articulado 620 sobresale de un extremo de la máquina (por ejemplo, delantero o trasero), funcionando como un soporte de unión. En otras realizaciones, puede proyectarse desde cualquier lado. En aún realizaciones adicionales, el brazo 620 puede estar montado en una torreta giratoria que puede girar completamente alrededor de un eje vertical sobre el chasis con orugas 610 en cualquier orientación radial. Las líneas de puntos en la figura 10B a ambos lados del accesorio 500 muestran cómo puede girar alrededor de un punto de rotación para clavar anclajes de tornillo en el suelo en ángulos.

La figura 11 es una vista en primer plano del accionador de mandril 520 y el accionador giratorio 550. Para facilitar la ilustración, el accesorio y la máquina se han omitido intencionadamente. En la configuración de ejemplo que se muestra aquí, el mandril 300 está unido al accionador del mandril 520 a través de la conexión de clavija 521. Tal y como se indica en el presente documento, en varias realizaciones, esto puede permitir la extracción simplificada del mandril 300 quitando el pasador y permitiendo que el mandril 300 caiga a través del accionador giratorio 550 bajo la fuerza de la gravedad. En varias realizaciones, uno o más cojinetes, tal como el cojinete 552, están situados por encima y por debajo del accionador giratorio 550 para limitar el movimiento del mandril 300 y evitar que dañe el accionador giratorio 550. El accionador giratorio 550 puede tener un cabezal giratorio tal como el cabezal 555, portabrocas u otro dispositivo para transferir la torsión y la presión hacia abajo al anclaje 200. El corte parcial en la parte inferior de la figura 11 muestra el ajuste del mandril 300 dentro del anclaje de tornillo 200. En esta figura ilustrativa, el movimiento del accionador giratorio 550 y del accionador de mandril 520 se facilita mediante una cadena y un motor de accionamiento que mueve la cadena. En varias realizaciones, el accionador giratorio 550 está fijado a la cadena 515, mientras que el accionador de mandril 520 está unido, pero puede desacoplarse de la cadena 515 para un movimiento independiente o para permanecer en posición. Debería apreciarse que en lugar de una cadena se pueden usar dos o más accionadores hidráulicos para empujar y estirar del accionador giratorio 550 a lo largo de su eje de

desplazamiento y hacer que el accionador de mandril 520 se desplace con el mismo o independientemente del mismo. La forma específica en la que se genera la carga aerodinámica y la forma en que el accionador giratorio 550 y el accionador de mandril 520 se desplazan a lo largo de su eje es una elección de diseño.

Como se expone en el presente documento, la capacidad de accionar herramientas a través del anclaje de tornillo mientras se acciona es una ventaja importante en relación con los tornillos de tierra convencionales. Esto es posible porque ambos extremos del anclaje de tornillo están abiertos. Tener los extremos abiertos se logra con menos etapas de fabricación en lugar de más, permitiendo un proceso de fabricación menos costoso y que requiere menos energía. Las herramientas pueden imitar la funcionalidad y los beneficios de la punta del tornillo de tierra, todos los cuales se realizan durante el accionamiento, al tiempo que proporciona una mejor resistencia a la tracción y a la compresión por unidad de longitud porque la punta se retira después del accionamiento. Para lograr esto, dependiendo de cómo se imparta la torsión al anclaje de tornillo, puede ser necesario que el mandril pase directamente a través del accionador giratorio. La figura 12 muestra un conjunto para lograr esto, sin embargo, debe tenerse en cuenta que hay muchas formas posibles de hacerlo.

La figura 12 es una vista en despiece parcial de un tren de transmisión y una pila de conjuntos de engranajes que permiten que el mandril 300 actúe dentro del accionador giratorio 550 sin afectar su funcionamiento según diversas realizaciones de la invención. Como se muestra, en su extremo superior, el engranaje de salida 551 está acoplado mecánicamente al árbol de salida de un motor eléctrico o hidráulico. Puede acoplarse directamente a la salida o acoplarse mediante una transmisión u otro conjunto de engranajes reductores (no mostrado) para proporcionar una mayor ventaja mecánica. El engranaje de salida 551 está sincronizado con el engranaje de transmisión 552 de dos partes que consta de la porción accionada 553 y la porción motriz 554. En varias realizaciones, la porción motriz 554 está ranurada para interactuar con estrías del engranaje solar 576, que es el centro del conjunto de engranajes planetarios 575. El conjunto de engranajes planetarios 575 consiste en una corona 571 en el interior de la carcasa 570 que retiene los engranajes planetarios 577 que orbitan alrededor del engranaje solar 576. A medida que el engranaje de accionamiento 551 gira la porción accionada 553 del engranaje de

accionamiento, la porción motriz 554 hace girar el engranaje solar 576 en posición. El engranaje solar 576 acciona los engranajes planetarios 577, en este caso, cuatro engranajes planetarios, para girar dentro de la corona 571. El portador planetario 580 está unido al centro de cada engranaje planetario 577 con un cojinete para generar potencia de salida para el accionador giratorio. El portador planetario 580 incluye un buje estriado 581 que se acopla con la cabeza de accionamiento estriada 582. Un mandril o placa de accionamiento, tal como la placa de accionamiento 554 en la figura 11 o el portabrocas de accionamiento 555 en la figura 12, está conectado a la cabeza de accionamiento estriada 582 para transferir la torsión a la cabeza de un anclaje de tornillo. Aunque ahora se muestra, se pueden colocar uno o más collares de cojinete en el punto donde entra el mandril 300 y existe la carcasa 570 del accionador giratorio 550 para limitar su movimiento al movimiento axial sin afectar el movimiento del accionador giratorio.

Las realizaciones de las presentes invenciones no se limitan en ámbito a las realizaciones específicas descritas en el presente documento. De hecho, varias modificaciones de las realizaciones de las presentes invenciones, además de las descritas en el presente documento, serán evidentes para los expertos en la materia a partir de la descripción anterior y de los dibujos adjuntos. Así, dichas modificaciones están destinadas a caer dentro del ámbito de las siguientes reivindicaciones adjuntas. Es más, aunque algunas de las realizaciones de la presente invención se han descrito en el presente documento en el contexto de una implementación particular en un entorno particular para un propósito particular, los expertos en la técnica reconocerán que su utilidad no se limita a la misma y que las realizaciones de las presentes invenciones se pueden implementar de manera beneficiosa en cualquier número de entornos para cualquier número de propósitos. Por consiguiente, las reivindicaciones que se exponen a continuación deben interpretarse a la vista del espíritu de las realizaciones de las presentes invenciones divulgadas en el presente documento.