

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 833 505**

51 Int. Cl.:

E02D 27/42 (2006.01)

F03D 13/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2016** **PCT/DK2016/050397**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017** **WO17108043**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2016** **E 16815550 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.10.2020** **EP 3394345**

54 Título: **Método para formar una cimentación de turbina eólica y sistema relacionado para formar una cimentación de este tipo**

30 Prioridad:

21.12.2015 DK 201570845

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

15.06.2021

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

BROHM, ANDERS;

JENSEN, SØREN P. y

ØLLGAARD, BØRGE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 833 505 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método para formar una cimentación de turbina eólica y sistema relacionado para formar una cimentación de este tipo

5 Campo Técnico

La presente invención se refiere generalmente a turbinas eólicas y, más particularmente, a métodos para formar cimentaciones de turbinas eólicas.

10 Antecedentes

Las turbinas eólicas se usan para producir energía eléctrica usando un recurso renovable y sin someter a combustión un combustible fósil. Generalmente, una turbina eólica convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Una turbina eólica de eje horizontal incluye generalmente una torre, una góndola ubicada en el ápice de la torre, y un rotor que tiene una pluralidad de palas y soportado en la góndola por un árbol. El árbol acopla el rotor directa o indirectamente con un generador, que está alojado en el interior de la góndola. Por consiguiente, cuando el viento obliga a las palas a rotar, se produce la energía eléctrica por el generador.

Las turbinas eólicas de eje horizontal pueden anclarse en la tierra asegurando una parte inferior, como una brida de torre inferior, de la torre de turbina eólica a una cimentación que se extiende en el suelo. Las cimentaciones convencionales incluyen estructuras de hormigón reforzadas con acero dispuestas dentro de un pozo de excavación. La estructura incluye una jaula de anclaje de acero situada centralmente que es generalmente cilíndrica e incluye bridas anulares de acero superiores e inferiores dispuestas horizontalmente, y una pluralidad de pernos de anclaje de acero de alta resistencia que se extienden verticalmente entre las bridas.

En métodos convencionales, la jaula de anclaje se sitúa dentro del pozo de excavación y entonces el hormigón se vierte en el pozo para que la jaula de anclaje pase a incrustarse dentro del hormigón. Una vez que se cura el hormigón vertido, la brida superior se levanta desde una superficie superior del cuerpo de hormigón curado para exponer un canal anular. Después, la lechada de alta resistencia se dirige por debajo de la brida superior y al interior del canal, y se deja curar para formar una capa de soporte de lechada anular. Entonces, la brida inferior de torre de turbina eólica se hace descender sobre los extremos superiores de los pernos de anclaje de manera que la capa de soporte de lechada se sitúe entre la brida inferior de torre y el cuerpo de hormigón reforzado con acero de la cimentación. Las tuercas se aprietan en los extremos superiores de los pernos de anclaje, tensando de ese modo los pernos de anclaje y manteniendo la cimentación bajo una fuerte compresión, lo que resulta ventajoso para contrarrestar los momentos de vuelco ejercidos por la turbina eólica durante el uso. La capa de soporte de lechada funciona para mantener la turbina eólica en una orientación nivelada y para transferir cargas desde la torre de la turbina eólica hasta la cimentación durante el funcionamiento. Con respecto a esto, es deseable formar la capa de soporte de lechada para definir un plano de montaje de nivel en el que pueda montarse la brida inferior de torre en la cimentación.

Un método convencional para formar una cimentación de turbina eólica se conoce también a partir del documento EP 2664714 A1.

Los métodos convencionales de nivelación de turbina eólica se realizan generalmente usando o bien la brida inferior de torre de la turbina eólica, o bien alternativamente la brida superior de la jaula de anclaje, como elemento para definir el plano de montaje de nivel. Por ejemplo, algunos métodos conocidos incluyen suspender y nivelar la brida inferior de torre por encima de la cimentación, y luego verter la lechada sobre una superficie superior del cuerpo de cimentación hasta una superficie inferior de la brida de torre, y permitir que la lechada se cure para mantener la turbina eólica en una posición nivelada. Otros métodos conocidos incluyen elevar la brida superior de la jaula de anclaje a una posición nivelada por encima del cuerpo de cimentación, y luego verter la lechada hasta una superficie inferior de la brida superior. Una vez curada la lechada, la brida de torre puede situarse entonces en la parte superior de la cimentación, con o sin la brida superior de la jaula de anclaje, para mantener la turbina eólica en una orientación nivelada.

El último de estos métodos de nivelación de turbina eólica, en el que se usa la brida superior de la jaula de anclaje para definir el plano de montaje de nivel, presenta diversas deficiencias. Por consiguiente, es necesario mejorar los métodos para establecer cimentaciones de turbina eólica y nivelar las turbinas eólicas.

Sumario

Un método para formar una cimentación de turbina eólica según una realización a modo de ejemplo en la invención incluye todas las características de la reivindicación 1, que incluye proporcionar una jaula de anclaje en un pozo de excavación formado en una superficie de suelo. La jaula de anclaje incluye una brida superior, una brida inferior y una pluralidad de pernos de anclaje que se extienden entre las bridas superiores e inferiores. El método incluye, además, dirigir un primer material cementoso al pozo de excavación para que la jaula de anclaje se incruste al menos parcialmente dentro del primer material cementoso, y permitir que el primer material cementoso se cure para formar un cuerpo rígido. El método incluye, además, enganchar selectivamente un elemento de conexión con la brida superior

y situar un elemento de accionamiento en relación de funcionamiento con el elemento de conexión, situándose el elemento de conexión y el elemento de accionamiento en relación sin contacto con los pernos de anclaje. El método incluye, además, accionar el elemento de accionamiento en relación con el elemento de conexión y elevar de ese modo la brida superior desde el cuerpo rígido hasta una posición nivelada. Un segundo material cementoso se dirige al interior de un espacio por debajo de la brida superior elevada, y se deja curar para formar una capa de soporte.

Un sistema a modo de ejemplo para formar una cimentación de turbina eólica incluye todas las características de la reivindicación 9, que incluye una jaula de anclaje que tiene una brida superior, una brida inferior y una pluralidad de pernos de anclaje que se extienden entre las bridas superior e inferior, estando la brida superior configurada para enganchar una parte inferior de una turbina eólica. El sistema incluye, además, al menos un aparato de nivelación que incluye un elemento de conexión que puede engancharse a la brida superior, y un elemento de accionamiento asociado operativamente al elemento de conexión. El al menos un aparato de nivelación se hace funcionar para elevar la brida superior desde el cuerpo rígido hasta una posición nivelada, que incluye enganchar el elemento de conexión con la brida superior y accionar el elemento de accionamiento en relación con el elemento de conexión sin poner en contacto los pernos de anclaje con el elemento de accionamiento.

Breve descripción de los dibujos

Diversas características y ventajas adicionales de la invención se volverán más evidentes para los expertos en la técnica tras revisar la siguiente descripción detallada de una o más realizaciones ilustrativas tomadas junto con los dibujos adjuntos. Los dibujos adjuntos, que están incorporados y forman parte de esta memoria descriptiva, ilustran una o más realizaciones de la invención y, junto con la descripción general dada anteriormente y la descripción detallada dada a continuación, sirven para explicar las una o más realizaciones de la invención.

La figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica acoplada a una cimentación a modo de ejemplo, mostrada esquemáticamente;

la figura 2 es una vista en perspectiva de una jaula de anclaje para su uso con una cimentación de turbina eólica según una realización a modo de ejemplo de la invención;

la figura 3A es una vista en perspectiva de una brida de distribución de carga superior de la jaula de anclaje de la figura 2, que tiene una pluralidad de segmentos arqueados mostrados en una configuración desensamblada;

la figura 3B es una vista en perspectiva de la brida de distribución de carga de la figura 3A, que muestra los segmentos arqueados en una configuración ensamblada;

la figura 4 es una vista superior de la brida de distribución de carga ensamblada de la figura 3A;

la figura 5 es una vista en sección transversal radial tomada a lo largo de la línea 5-5 mostrada en la figura 4 de la jaula de anclaje de la figura 2, que muestra un par radial de pernos de anclaje recibidos dentro de los tubos protectores;

la figura 5A es una vista ampliada de la figura 5, que muestra una tuerca y una arandela en un extremo superior de cada uno de los pernos de anclaje;

la figura 6 es una vista en sección transversal radial de la jaula de anclaje de la figura 2, que muestra un par radial de varillas de soporte;

la figura 7 es una vista en sección transversal radial superior de una cimentación de turbina eólica en el proceso de formación según una realización a modo de ejemplo de la invención, y que incluye un cuerpo rígido reforzado por la jaula de anclaje de la figura 2, mostrado en una ubicación de nivelación a modo de ejemplo a lo largo de la línea 5-5 que se muestra en la figura 4;

la figura 8 es una vista en sección transversal radial superior similar a la figura 7, que muestra tuercas en posición elevada sobre un par radial de pernos de anclaje;

la figura 9 es una vista en sección transversal radial superior similar a la figura 8, que muestra un aparato de nivelación, que incluye una placa de nivelación, en enganche operativo con los pernos de anclaje y las tuercas;

la figura 9A es una vista en perspectiva de la placa de nivelación de la figura 9;

la figura 10 es una vista en sección transversal radial superior similar a la figura 9, que muestra la brida de distribución de carga elevada a una posición nivelada para exponer un canal;

la figura 11 es una vista en sección transversal radial superior similar a la figura 10, mostrada en una ubicación de enlechado a modo de ejemplo a lo largo de la línea 11-11 mostrada en la figura 4;

la figura 12 es una vista en sección transversal radial superior similar a la figura 11, que muestra detalles de un dispositivo de entrega de material para entregar lechada al interior del canal a través de la brida de distribución de carga;

5 la figura 13 es una vista en sección transversal radial superior similar a la figura 12, que muestra la tolva apareada con la brida de distribución de carga;

la figura 14 es una vista en sección transversal radial superior similar a la figura 13, que muestra la entrega de lechada al interior del canal a través de la brida de distribución de carga.

10 la figura 15 es una vista en sección transversal radial superior similar a la figura 14, que muestra una capa de soporte de lechada curada dentro del canal;

15 la figura 16 es una vista en sección transversal radial superior que muestra la cimentación completa acoplada a y que soporta una brida inferior de torre de la turbina eólica;

la figura 17 es una vista en perspectiva de un segmento arqueado de una brida de distribución de carga superior según otra realización a modo de ejemplo de la invención;

20 la figura 18 es una vista en perspectiva de una placa de nivelación según otra realización a modo de ejemplo, para su uso con la brida de distribución de carga superior de la figura 17; y

la figura 19 es una vista en sección transversal radial superior que muestra el funcionamiento de la placa de nivelación de la figura 18 en combinación con la brida de distribución de carga superior de la figura 17.

25

Descripción detallada

Haciendo referencia a las figuras, y en particular a la figura 1, una turbina eólica de eje horizontal a modo de ejemplo 10 generalmente incluye una torre 12, una góndola 14 dispuesta en el ápice de la torre 12, y un rotor 16 acoplado de manera operativa a un generador 18 alojado dentro de la góndola 14. Además del generador 18, la góndola 14 alberga varios componentes requeridos para convertir energía eólica en energía eléctrica y diversos componentes necesarios para hacer funcionar, controlar y optimizar el rendimiento de la turbina eólica 10. La torre 12 soporta la carga presentada por la góndola 14, el rotor 16 y otros componentes de la turbina eólica 10 que están alojados dentro de la góndola 14. La torre 12, además, se hace funcionar para elevar la góndola 14 y el rotor 16 a una altura sobre el nivel de suelo o el nivel del mar, como puede ser el caso, en la que normalmente se encuentran corrientes de aire de movimiento más rápido de menor turbulencia.

35

El rotor 16 de la turbina eólica 10 sirve como fuerza motriz principal para el sistema electromecánico. El viento que excede un nivel mínimo activará el rotor 16 y provocará la rotación en una dirección sustancialmente perpendicular a la dirección del viento. El rotor 16 de la turbina eólica 10 incluye un buje central 20 y una pluralidad de palas 22 que se proyectan hacia el exterior desde el buje central 20 en ubicaciones distribuidas circunferencialmente alrededor del mismo. Aunque el rotor a modo de ejemplo 16 mostrado en el presente documento incluye tres palas 22, pueden proporcionarse diversas cantidades alternativas de palas. Las palas 22 están configuradas para interactuar con el flujo de aire que pasa para producir la elevación que provoca que el rotor 16 gire generalmente dentro de un plano definido por las palas 22.

40

45

La turbina eólica 10 puede incluirse entre una colección de turbinas eólicas similares que pertenecen a un parque eólico o granja eólica que sirve como planta de generación de energía conectada por líneas de transmisión con una red de potencia, como una red de potencia de corriente alterna trifásica (CA). La red de potencia generalmente consiste en una red de estaciones de potencia, circuitos de transmisión y subestaciones acopladas por una red de líneas de transmisión que transmiten la energía a cargas en forma de usuarios finales y otros clientes de servicios eléctricos. En circunstancias normales, la potencia eléctrica se suministra desde el generador 18 a la red de potencia conocida por una persona experta en la técnica.

50

Como se muestra en la figura 1, la turbina eólica 10 está anclada a una superficie de suelo G asegurando una brida inferior de torre 24 de la torre de la turbina eólica 12 a una cimentación 26, mostrada de manera esquemática. La cimentación 26 está empotrada en un pozo de excavación, o cavidad, formado en el suelo G. La cimentación 26 y los componentes y etapas de formación relacionados se describen con mayor detalle a continuación según realizaciones a modo de ejemplo de la invención.

55

60

En resumen, y como se muestra mejor en las figuras 2 y 17, la cimentación completada 26 generalmente incluye un cuerpo rígido 28, una jaula de anclaje 30 incrustada al menos parcialmente dentro y que refuerza el cuerpo rígido 28, y una capa de soporte de lechada 32 situada entre una brida de distribución de carga superior 34 de la jaula de anclaje 30 y una superficie superior del cuerpo rígido 28. La brida inferior de torre 24 está acoplada a pernos de anclaje 36 de la jaula de anclaje 30 y se soporta directamente por la brida de distribución de carga 34, que a su vez se soporta en una posición nivelada por la capa de soporte de lechada 32. Ventajosamente, las realizaciones a modo de ejemplo de

65

la invención mostradas y descritas en el presente documento proporcionan características y etapas únicas para nivelar la brida de distribución de carga 34 de modo que la turbina eólica 10 pueda anclarse en una orientación de nivel y estable. Como se usa en el presente documento, el término “nivel” significa generalmente horizontal y, más particularmente, generalmente ortogonal respecto a la dirección de la fuerza gravitacional.

Haciendo referencia a las figuras 2-4, la formación de la cimentación 26 comienza con el ensamblaje de la jaula de anclaje 30, que puede realizarse en el sitio de instalación de turbina eólica. Como se muestra mejor en la figura 2, la jaula de anclaje 30 ensamblada es generalmente cilíndrica e incluye la brida de distribución de carga superior 34, una brida de base inferior 38, y una pluralidad de pernos de anclaje separados circunferencialmente 36 que se extienden entre la brida de distribución de carga superior 34 y la brida de base 38. La brida de distribución de carga superior 34 y la brida de base 38 pueden disponerse generalmente de manera horizontal, mientras que los pernos de anclaje 36 se extienden generalmente de manera vertical y acoplan la brida de distribución de carga superior 34 a la brida de base 38. La brida de distribución de carga superior 34 y la brida de base 38 pueden ser generalmente circulares, y en particular anulares, por ejemplo. Los componentes de la jaula de anclaje 30 pueden estar formados de acero de alta resistencia, por ejemplo.

Haciendo referencia particularmente a las figuras 3A-4, ahora se describirán características de la brida de distribución de carga superior 34. Aunque no se describe simultáneamente en detalle, se apreciará que la brida de base 38 puede estar formada con características estructurales similares.

La brida de distribución de carga superior 34 puede construirse de una pluralidad de segmentos arqueados formados de manera independiente 40 acoplados entre sí en sus extremos usando placas de unión 42, mostradas esquemáticamente, o usando cualquier otro elemento de sujeción mecánico adecuado, por ejemplo. La brida de distribución de carga superior a modo de ejemplo 34 mostrada en el presente documento incluye cuatro segmentos arqueados 40, formando cada uno una parte circunferencial aproximadamente de 90 grados de la brida de distribución de carga superior 34, aunque se apreciará que la brida de distribución de carga superior 34 se construye de segmentos más o menos arqueados de diversos tamaños circunferenciales en realizaciones alternativas. En una realización alternativa a modo de ejemplo, la brida de distribución de carga superior 34 puede estar formada como un único componente integral que no incluye múltiples segmentos arqueados formados de manera independiente.

Ventajosamente, el carácter modular de la jaula de anclaje 30, atribuido en parte a los segmentos arqueados 40 formados de manera independiente, facilita el transporte eficiente de los componentes de la jaula de anclaje al sitio de instalación de la turbina eólica. En el suelo G en el sitio de instalación, cada segmento arqueado 40 de la brida de distribución de carga superior 34 puede acoplarse a un segmento arqueado correspondiente 40 de la brida de base 38 usando una correspondiente pluralidad de pernos de anclaje 36, formando de ese modo una parte circunferencial de la jaula de anclaje 30. Las partes circunferenciales de la jaula de anclaje 30 pueden entonces hacerse descender al pozo de excavación y unirse entre sí usando las placas de unión 42 para formar la jaula de anclaje completa 30 dentro del pozo de excavación.

La brida de distribución de carga superior 34 incluye una pluralidad de perforaciones pasantes de perno circunferencialmente separadas 44 a través de las cuales se reciben los extremos superiores roscados 46 de los pernos de anclaje 36. Se apreciará que la brida de base 38 incluye una correspondiente pluralidad de perforaciones pasantes de perno 44 a través de las cuales se reciben los extremos inferiores roscados 48 de los pernos de anclaje 36. Las perforaciones de perno 44 están dispuestas en un anillo radialmente interior 44a para recibir un anillo radialmente interior de los pernos de anclaje 36, y un anillo radialmente exterior 44b para recibir un anillo radialmente exterior de los pernos de anclaje 36. Los anillos interior y exterior 44a, 44b pueden estar alineados radialmente entre sí de manera que las perforaciones de perno 44 y los respectivos pernos de anclaje 36 están dispuestos en pares radiales circunferenciales separados, como mejor se muestra en la figura 2. Además, las perforaciones de perno 44 pueden estar uniformemente separadas de manera circunferencial de modo que cada uno de los segmentos arqueados 40 incluye una cantidad igual de perforaciones de perno 44.

En realizaciones a modo de ejemplo, la jaula de anclaje 30 puede incluir aproximadamente de 64 a 144 pares radiales de pernos de anclaje 36 y correspondientes perforaciones de perno 44 formadas en cada una de la brida de distribución de carga superior 34 y la brida de base 38. En la realización ilustrada a modo de ejemplo, la jaula de anclaje 30 incluye 84 pares radiales de pernos de anclaje 36, de manera que cada segmento arqueado 40 de la brida de distribución de carga superior 34 y la brida de base 38 incluye 21 pares radiales de perforaciones de perno 44. Se apreciará que pueden proporcionarse otras cantidades diversas adecuadas de pernos de anclaje 36 y perforaciones de perno 44 en realizaciones alternativas.

La brida de distribución de carga superior 34 incluye, además, una pluralidad de elementos de sujeción circunferencialmente separados, mostrados en forma de perforaciones pasantes de nivelación roscadas 50, que facilitan el proceso de nivelación descrito a continuación. Cada elemento de sujeción define una ubicación de nivelación respectiva en la brida de distribución de carga superior 34. Aunque se muestran en forma de perforaciones pasantes roscadas 50, los elementos de sujeción pueden adoptar diversas formas alternativas adecuadas para engancharse el aparato de nivelación a modo de ejemplo 82 descrito a continuación. Por ejemplo, los elementos de sujeción pueden proporcionarse en forma de salientes que se extienden desde la brida de distribución de carga

superior 34.

Las perforaciones de nivelación 50 pueden estar dispuestas entre los anillos radialmente interior y exterior 44a, 44b de las perforaciones de perno 44, y pueden estar dotadas de espaciamiento circunferencial uniforme de manera que cada segmento arqueado 40 de la brida de distribución de carga superior 34 incluye una cantidad igual de perforaciones de nivelación 50. En la realización ilustrada a modo de ejemplo, la brida de distribución de carga superior 34 incluye doce perforaciones de nivelación 50 separadas uniformemente de manera que cada segmento arqueado 40 de la brida de distribución de carga superior 34 incluye tres perforaciones de nivelación 50. Sin embargo, se apreciará que pueden proporcionarse diversas cantidades y configuraciones alternativas de perforaciones de nivelación 50. Por ejemplo, pueden proporcionarse menos de doce perforaciones de nivelación 50.

La brida de distribución de carga superior 34 incluye además una pluralidad de perforaciones pasantes de enlechado circunferencialmente separadas 52 a través de las cuales la lechada, u otros materiales cementosos adecuados, pueden dirigirse durante la formación de la capa de soporte de lechada 32, como se describe con mayor detalle a continuación. Por consiguiente, cada perforación de enlechado 52 define una ubicación de enlechado respectiva en la brida superior de distribución de la carga 34.

Similar a las perforaciones de nivelación 50, las perforaciones de enlechado 52 pueden estar dispuestas entre los anillos radialmente interior y exterior 44a, 44b de las perforaciones de perno 44, y pueden estar dotadas de espaciamiento circunferencial uniforme de manera que cada segmento arqueado 40 de la brida de distribución de carga superior 34 incluye una cantidad igual de perforaciones de enlechado 52. En la realización ilustrada a modo de ejemplo, la brida de distribución de carga superior 34 incluye cuatro perforaciones de enlechado 52 uniformemente separadas de manera que cada segmento arqueado 40 de la brida de distribución de carga superior 34 incluye una perforación de enlechado 52. Sin embargo, pueden proporcionarse diversas cantidades y configuraciones alternativas de perforaciones de enlechado 52. Además, aunque las realizaciones a modo de ejemplo mostradas y descritas en el presente documento incluyen el uso de perforaciones 50 para operaciones de nivelación y perforaciones 52 para operaciones de enlechado, se apreciará que cada una de las perforaciones 50, 52 puede usarse indistintamente o bien como perforación de nivelación o bien como perforación de enlechado.

Como se muestra mejor en las figuras 3A-4, cada una de las perforaciones de nivelación 50 y las perforaciones de enlechado 52 pueden estar situadas en alineación radial con un par radial respectivo de las perforaciones de perno 44. En una realización alternativa a modo de ejemplo, como se muestra en las figuras 17-19 que muestran un segmento arqueado 40a de una brida de distribución de carga superior alternativa a modo de ejemplo, las perforaciones de nivelación 50 y las perforaciones de enlechado 52 pueden estar situadas circunferencialmente entre pares radiales adyacentes de las perforaciones de perno 44.

Haciendo referencia a las figuras 5 y 5A, se describen detalles adicionales de los pernos de anclaje 36 y la forma en que se acoplan a la brida de distribución de carga superior 34 y la brida de base 38. Como se describió anteriormente, la jaula de anclaje 30 puede ensamblarse en partes circunferenciales, que incluyen cada una un segmento arqueado 40 de la brida de distribución de carga superior 34, un segmento arqueado 40 de la brida de base inferior 38 y una pluralidad de pernos de anclaje 36 que se extienden entre los mismos.

La figura 5 muestra un par radial de pernos de anclaje 36 de una parte circunferencial representativa de la jaula de anclaje 30. Cada perno de anclaje 36 se extiende longitudinalmente e incluye un extremo superior roscado 46, un extremo inferior roscado 48 y un vástago central 54. Antes de ensamblar los pernos de anclaje 36 con los segmentos arqueados 40 de la brida de distribución de carga superior 34 y la brida de base 38, el extremo superior roscado 46 de cada perno de anclaje 36 puede sellarse con una cubierta protectora 56, como por ejemplo cinta o una manguera termorretráctil, como se muestra en la figura 5A.

Durante el ensamblaje, el extremo inferior roscado 48 del perno de anclaje 36 se pasa a través de una perforación de perno 44 del segmento arqueado 40 de la brida de base 38, y se asegura a la misma usando tuercas de base superior e inferior 58 y arandelas de base superior e inferior 60 que sujetan el segmento arqueado 40 entre las mismas. El extremo superior roscado 46 del perno de anclaje 36 se pasa a través de una perforación de perno correspondiente 44 del segmento arqueado 40 de la brida de distribución de carga superior 34, y se asegura a la misma usando una tuerca de brida de distribución de carga superior 62 y una arandela de brida de distribución de carga superior 64. Opcionalmente, la parte del perno de anclaje 36 que se extiende entre la brida de distribución de carga superior 34 y la brida de base 38 puede encerrarse dentro de un tubo de protección 66, como por ejemplo un tubería de PVC o una manguera termorretráctil. Ventajosamente, los tubos protectores 66 y los revestimientos protectores 56 pueden proteger sustancialmente los pernos de anclaje 36 de contacto no deseado y la unión con material cementoso durante las etapas de vertido y curado descritas a continuación.

Como se muestra en el simulador de la figura 5, cada una de las perforaciones de nivelación 50 y las perforaciones de enlechado 52 pueden estar provistos de un tapón, mostrado en forma de un perno de cubierta roscado 68. Ventajosamente, los tapones protegen sustancialmente la superficie interior de las perforaciones de nivelación y las perforaciones de enlechado 52 de contacto no deseado y la unión con material cementoso durante el vertido y curado. En realizaciones en las que los tapones están en forma de perno roscado 68, las perforaciones de enlechado 52

pueden roscarse de manera similar a las perforaciones de nivelación 50 para recibir de manera roscada los pernos de cubierta 68.

Haciendo referencia a la figura 6, un par radial de manguitos de soporte 70 puede sustituirse por los tubos protectores 66 en determinadas ubicaciones circunferenciales dentro de la jaula de anclaje 30, para mejorar el soporte estructural interno dentro de la cimentación 26. En una realización a modo de ejemplo, un par radial de manguitos de soporte 70 puede disponerse en aproximadamente cada décimo par radial de pernos de anclaje 36, por ejemplo. Los manguitos de soporte 70 están formados por un material que tiene una alta resistencia a la compresión adecuado para aplicaciones de soporte de carga, como acero, por ejemplo. Adicionalmente, cada manguito de soporte 70 está formado con un diámetro exterior mayor que los diámetros de las perforaciones de perno 44 formadas en la brida de distribución de carga 34 y la brida de base 38. Ventajosamente, además de proteger los pernos de anclaje 36 encerrados en las mismas de contacto no deseado y la unión con material cementoso, los manguitos de soporte 70 funcionan, además, para soportar el peso de la brida de distribución de carga superior 34 y garantizar que se mantenga sustancialmente un espaciamiento uniforme entre las bridas superior e inferior 34, 38 antes de la adición de hormigón, como se describe a continuación.

Haciendo referencia a las figuras 2 y 7, una vez se han unido las partes circunferenciales de la jaula de anclaje 30 dentro del pozo de excavación usando placas de unión 42, pueden hacerse ajustes posicionales finales de la jaula de anclaje ensamblada 30 para garantizar el posicionamiento generalmente central dentro del pozo de excavación. El pozo de excavación puede revestirse con una forma (no mostrada), como una tubería de gran diámetro, para definir una superficie lateral exterior de la cimentación 26.

Después del posicionamiento final de la jaula de anclaje 30 dentro del pozo de excavación, se vierte un material cementoso, como hormigón, en el pozo de excavación para que el pozo se llene hasta aproximadamente una superficie superior 78 de la brida de distribución de carga superior 34. Por consiguiente, la jaula de anclaje 30 está incrustada sustancialmente dentro del material cementoso. Se deja entonces que el material cementoso vertido se cure de manera adecuada un período de tiempo apropiado para formar un cuerpo rígido 28, mostrado en la figura 7. En una realización a modo de ejemplo, el material cementoso puede dejarse aproximadamente 48 horas para que se cure.

Como se muestra en la figura 7, los tubos protectores 66 y los pernos de cubierta 68 protegen sustancialmente los pernos de anclaje 36, las perforaciones de nivelación 50 y las perforaciones de enlechado 52 del contacto no deseado con el material cementoso. Antes de verter el material cementoso, las superficies inferior y lateral de la brida de distribución de carga superior 34 puede cubrirse con un lubricante, como aceite o pintura, por ejemplo, para facilitar la separación de la brida de distribución de carga superior 34 del cuerpo rígido 28 para un funcionamiento de nivelación posterior, que se describe a continuación.

Haciendo referencia a las figuras 8-11, se muestran las etapas para nivelar la brida de distribución de carga superior 34 según una realización a modo de ejemplo de la invención. Como se describió anteriormente, es deseable colocar la brida de distribución de carga superior 34 en una orientación nivelada con el fin de proporcionar una superficie de montaje de nivel para la turbina eólica 10 durante la instalación. También es deseable proporcionar una capa de soporte de lechada entre la brida de distribución de carga superior 34 y el cuerpo rígido 28 con el fin de facilitar la transferencia de carga de la turbina eólica 10 a la cimentación 26, manteniendo al mismo tiempo una interfaz metal-metal rígida entre la cimentación 26, a través de la brida de distribución de carga superior 34, y la turbina eólica 10. Ventajosamente, las realizaciones a modo de ejemplo de la invención descritas a continuación proporcionan etapas y componentes para lograr estos objetivos.

Las figuras 8-11 muestran una ubicación representativa de nivelación en la brida de distribución de carga superior 34, que incluye una perforación de nivelación 50 y un par radial adyacente de pernos de anclaje 36 y tuercas de brida de distribución de carga superior 62. Se entenderá que las etapas de nivelación descritas a continuación pueden realizarse de manera similar en cada una de las otras ubicaciones de nivelación definidas por las perforaciones de nivelación restantes 50.

En primer lugar, se evalúa la brida de distribución de carga superior 34 en su superficie superior 78 para cualquier grado de pendiente en relación con la horizontal que deba corregirse durante la nivelación. A continuación, se determina la altura y la orientación angular de un plano de montaje de nivel (horizontal) M (véanse las figuras 9-11) al que debe elevarse la brida de distribución de carga superior 34, por ejemplo, para corregir adecuadamente cualquier pendiente no deseada. Esta determinación puede realizarse usando diversos dispositivos conocidos, como un nivel láser, por ejemplo.

Como se muestra en la figura 8, todas las tuercas de brida de distribución de carga superior 62 de la brida de distribución de carga superior 34 se aflojan y giran entonces a lo largo de sus respectivos pernos de anclaje 36 a alturas adecuadas, en relación con la superficie superior 78 de la brida de distribución de carga superior 34, para definir colectivamente un plano de referencia de nivel (horizontal) P paralelo al plano de montaje de nivel M. Un desplazamiento del plano de referencia de nivel P desde el plano de montaje de nivel M puede elegirse basándose en una dimensión correspondiente de un aparato de nivelación que va a usarse para nivelar la brida de distribución de carga superior 34, como se describe con mayor detalle a continuación. Se entenderá que en instalaciones en las que

los planos de nivel predeterminados M, P están inclinados con respecto a la superficie superior 78 de la brida de distribución de carga 34 empotrada dentro del cuerpo rígido 28, las tuercas de brida de distribución de carga superior 62 pueden estar situadas a diferentes alturas en relación con la superficie superior 78 con el fin de definir el plano de referencia de nivel (horizontal) P. Por ejemplo, en una ubicación de nivelación dada que tiene un par radial de tuercas de brida de distribución de carga superior 62, una primera brida de distribución de carga superior 62 puede elevarse a una primera altura y una segunda tuerca de brida de distribución de carga superior 62 puede elevarse a una segunda altura. En una realización a modo de ejemplo, cada una de las tuercas de brida de distribución de carga superior 62 en las ubicaciones de nivelación puede elevarse a una altura de aproximadamente 50 mm en relación con el punto más alto de la brida de distribución de carga superior 34, y luego ajustarse de manera individual según sea necesario para definir el plano de nivel P.

Haciendo referencia a las figuras 9 y 9A, una pluralidad de aparatos de nivelación 82 en un sistema según una realización a modo de ejemplo de la invención puede usarse en la pluralidad de ubicaciones de nivelación para elevar la brida de distribución de carga superior 34 del cuerpo rígido 28 hasta el plano de montaje de nivel M. Cada aparato de nivelación 82 incluye un dispositivo de nivelación mostrado en forma de placa de nivelación 84, un elemento de conexión mostrado en forma de varilla de nivelación roscada 86, y un elemento de accionamiento mostrado en forma de tuerca de nivelación 88. Antes de la instalación de los aparatos de nivelación 82, los pernos de cubierta 68 (figura 7) se retiran de las perforaciones de nivelación 50 de la brida de distribución de carga superior 34.

Como se muestra mejor en la figura 9A, la placa de nivelación a modo de ejemplo 84 de cada aparato de nivelación 82 incluye una parte de placa superior 90 y partes de placa laterales primera y segunda 92, 94 que dependen hacia abajo de la parte de placa superior 90 y paralelas entre sí. La parte de placa superior 90 incluye perforaciones pasantes primera y segunda 96 dimensionadas y separadas entre sí para recibir de manera deslizable a través de la misma los extremos superiores roscados 46 de un par radial de pernos de anclaje 36 en una ubicación de nivelación. Como se muestra, cada una de las perforaciones pasantes primera y segunda 96 pueden estar formadas con una forma oblonga en sección transversal para albergar una serie de espaciamientos radiales entre los pernos de anclaje internos y externos 36 de un par radial.

La parte de placa superior 90 de la placa de nivelación 84 incluye, además, una tercera perforación pasante 98 dimensionada para recibir de manera deslizable a través de la misma la varilla de nivelación roscada 86 del aparato de nivelación 82. La tercera perforación pasante 98 se sitúa adecuadamente para la alineación con una perforación de nivelación 50 en cualquiera de las ubicaciones de nivelación de la brida de distribución de carga superior 34. Como tal, se apreciará que el posicionamiento de la tercera perforación pasante 98 en relación con las perforaciones pasantes primera y segunda 96 es similar al posicionamiento de una perforación de nivelación 50 en la brida de distribución de carga superior 34 en relación con un par radial adyacente de pernos de anclaje 36. Por ejemplo, en la realización a modo de ejemplo en la que las perforaciones de nivelación 50 se sitúan en alineación radial con un par de perforaciones de perno 44, y correspondientes pernos de anclaje 36, la tercera perforación pasante 98 de la placa de nivelación 84 se sitúa de manera similar en alineación con las perforaciones pasantes primera y segunda 98. En realizaciones alternativas en las que las perforaciones de nivelación 50 están separadas circunferencialmente entre pares adyacentes de pernos de anclaje 36, es decir, no en alineación radial con un par de pernos de anclaje 36, la tercera perforación pasante 98 de la placa de nivelación 84 está separada de manera similar de las perforaciones pasantes primera y segunda 96, como se muestra en la placa de nivelación a modo de ejemplo alternativa 84a que se muestra en la figura 18.

Aunque las placas de nivelación a modo de ejemplo 94, 94a mostradas en el presente documento incluyen una sola agrupación de perforaciones pasantes primera y segunda 96 y tercera perforación pasante 98, las placas de nivelación de realizaciones alternativas pueden incluir múltiples agrupaciones adyacentes de perforaciones pasantes 96, 98. Por ejemplo, una placa de nivelación puede incluir dos filas adyacentes de perforaciones pasantes, teniendo cada fila perforaciones pasantes primera y segunda 96 y una tercera perforación pasante 98 situada entre las mismas. Además, las perforaciones pasantes 96, 98 de una o más de las múltiples filas pueden estar formadas cada una con una forma oblonga adecuada, o de otro modo no circular, para albergar bridas de distribución de carga de diversos diámetros.

Como se muestra en la figura 9 en conexión con una ubicación de nivelación representativa definida por una perforación de nivelación 50, la placa de nivelación 84 se encaja en el par radial de pernos de anclaje 36. En particular, los extremos superiores roscados 46 de los pernos de anclaje 36 se extienden a través de las perforaciones pasantes primera y segunda 96 de la placa de nivelación 84, y la tercera perforación pasante 98 se alinea con la perforación de nivelación 50. La placa de nivelación 84 se hace descender de manera que una superficie inferior de la parte de placa superior 90 descansa en la parte superior de las tuercas de brida de distribución de carga superior elevada 62. Ventajosamente, la placa de nivelación 84 no está directamente unida a la brida de distribución de carga superior 34. Antes o después de la aplicación de la placa de nivelación 84, se enrosca un extremo inferior de la varilla de nivelación 86 en la perforación de nivelación 50, y un extremo superior de la varilla de nivelación 86 se recibe a través de la tercera perforación 98 de la placa de nivelación 84.

Como ilustran las flechas de movimiento mostradas en la figura 9, la tuerca de nivelación 88 en cada ubicación de nivelación se enrosca sobre la varilla de nivelación 86 y se aprieta contra la superficie superior de la parte de placa superior 90 de la placa de nivelación 84. A medida que las tuercas de nivelación 88 en la pluralidad de ubicaciones de

nivelación se hacen rotar lentamente, además, las varillas de nivelación 86 se atraen gradualmente hacia arriba a través de las placas de nivelación 84, elevando de ese modo la brida de distribución de carga superior 34 desde el cuerpo rígido 28 y a lo largo de los pernos de anclaje 36, que funcionan como guías lineales. Mientras tanto, las placas de nivelación 84 y las tuercas de brida de distribución de carga superior 62 permanecen estacionarias en posiciones
5 fijas en relación con los pernos de anclaje 36. Ventajosamente, la tuerca de nivelación 88 en cada ubicación de nivelación es fácilmente accesible por rotación y no se pone en contacto con ninguno de los pernos de anclaje adyacentes 36. Se apreciará que la placa de nivelación alternativa a modo de ejemplo 84a de las figuras 18 y 19 funciona de una manera similar a la placa de nivelación 84.

La brida de distribución de carga superior 34 puede estar formada con superficies laterales angulares 100, 102 que, en combinación con el lubricante aplicado a las superficies de brida de distribución de carga superior 34 antes de verter el material cementoso para formar el cuerpo rígido 28, facilitan la separación de la brida de distribución de carga superior 34 del cuerpo rígido 28. En particular, las superficies laterales de brida de distribución de carga superior
10 superficie 100, 102 pueden estar inclinadas de manera que la brida de distribución de carga superior 34 está formada con mayor anchura radial en su superficie superior que en su superficie inferior.

Aunque el elemento de conexión y el elemento de accionamiento del aparato de nivelación 82 se muestran en el presente documento en forma de varilla roscada 86 y tuerca 88 que se engancha de manera roscada y rota en relación con la varilla roscada 86, se apreciará que estos componentes pueden tener diversas formas alternativas y actúan
20 conjuntamente de diversas maneras alternativas adecuadas para levantar la brida de distribución de carga superior 34 con respecto al cuerpo rígido 28, siempre que esas alternativas estén se encuentren dentro del alcance definido por las reivindicaciones. A este respecto, el elemento de conexión puede adoptar cualquier forma adecuada para acoplar el aparato de nivelación 82 a la brida de distribución de carga superior 34 y para guiar el accionamiento del elemento de accionamiento. Además, aunque la rotación es la forma principal de accionamiento del elemento de
25 accionamiento dado a conocer en el presente documento, pueden usarse adecuadamente diversas formas alternativas de accionamiento. Por ejemplo, en una realización alternativa a modo de ejemplo, el elemento de accionamiento puede deslizarse linealmente a lo largo del elemento de conexión, sin rotación.

Como se muestra en las figuras 9 y 10, las superficies inferiores de las partes de placa laterales 92, 94 de los aparatos de nivelación 82 definen colectivamente el plano de montaje de nivel M, que puede situarse a una altura
30 predeterminada h en relación con la posición elevada previamente de la brida de distribución de carga superior 34. Por consiguiente, en cada ubicación de nivelación, se aprieta la tuerca de nivelación 88 en la varilla de nivelación 86 hasta que la superficie superior de la brida de distribución de carga superior 34 se pone en contacto con las superficies inferiores de las partes de placa laterales 92, 94. Con respecto a esto, se entenderá que la longitud de las partes de
35 placa laterales 92, 94, en una dirección perpendicular a la parte de placa superior 90, definen la distancia de desplazamiento entre el plano de montaje de nivel M y el plano de referencia de nivel P en que se sitúan las tuercas de brida de distribución de carga superior 62.

Haciendo referencia ahora a las figuras 11-15, se describe una operación de enlechado realizada en la pluralidad de ubicaciones de enlechado en la brida de distribución de carga superior 34 según una realización a modo de ejemplo
40 de la invención. Tras la nivelación de la brida de distribución de carga superior 34 descrita anteriormente, y antes de la operación de enlechado descrita a continuación, las tuercas de brida de distribución de carga superior 62 situadas en lugares de no nivelación pueden apretarse a mano contra la superficie superior 78 de la brida de distribución de carga superior 34, como se muestra en la figura 11 en una ubicación de enlechado representativa.

Al elevar la brida de distribución de carga superior 34 hasta el plano de montaje de nivel M durante la operación de nivelación descrita anteriormente, se expone un canal 104 en el cuerpo rígido 28. Como tal, la brida de distribución de carga superior 34 funciona en parte como plantilla para formar el canal 104 en el cuerpo rígido 28. En realizaciones a
50 modo de ejemplo, la brida de distribución de carga superior 34 puede elevarse a un plano de montaje de nivel M para crear un canal 104 que tiene una profundidad en el intervalo de aproximadamente de 8 mm a 50 mm, como por ejemplo aproximadamente 25 mm. Como se describe a continuación, mientras que la brida de distribución de carga superior 34 está suspendida en el plano de montaje de nivel M por los aparatos de nivelación 82, la lechada de alta resistencia 106 se dirige al canal 104 y se cura para formar una capa de soporte lechada 32 para soportar la brida superior de
55 distribución de distribución de carga 34 en el plano de montaje de nivel M. Se apreciará que diversos materiales cementosos adecuados distintos a la lechada pueden usarse para formar la capa de soporte 32 en realizaciones alternativas.

La figura 11 muestra una ubicación representativa de enlechado en la brida de distribución de carga superior 34, definida por una de las perforaciones de enlechado 52. Se muestra con línea imaginaria una placa de nivelación 84
60 en una ubicación adyacente de nivelación. Se entenderá que las etapas de enlechado descritas a continuación pueden realizarse de manera similar en cada una de las otras ubicaciones de enlechado definidas por las perforaciones de enlechado restantes 52, simultánea o secuencialmente, por ejemplo. Antes del enlechado, los pernos de cubierta 68 encajados en las perforaciones de enlechado 52 se retiran para proporcionar acceso al canal 104 a través de las perforaciones de enlechado 52. Además, puede dirigirse agua hacia el canal 104 para hidratar la lechada 106 dirigida
65 hacia el canal 104 a partir de entonces.

Como se muestra en las figuras 12-14, un dispositivo a modo de ejemplo de entrega de lechada mostrado en forma de tolva de tipo embudo 108 puede usarse para la entrega de lechada 106 al interior del canal 104 a través de una perforación de enlechado 52. La tolva 108 generalmente incluye un depósito 110 para sostener un suministro de lechada 106, y un vástago alargado 112 que se extiende desde el depósito 110 para dirigir la lechada 106 a través de la perforación de enlechado 52 y en el canal 104. El vástago 112 se forma con una longitud adecuada para proporcionar la lechada 106 que fluye desde la tolva 110 con una presión hidrostática suficiente para llenar el canal 104 en cada ubicación de enlechado. Un extremo distal 114 del vástago 112 puede estar formado con un diámetro exterior menor que un diámetro de la perforación de enlechado 52, de manera que al menos una parte del extremo distal 114 puede recibirse dentro de la perforación de enlechado 52. Al usar una o más tolvas 108, se dirige lechada al interior del canal 104 en cada ubicación de enlechado hasta que la lechada 106 se filtra hacia fuera desde el canal 104 en las circunferencias exterior e interior de la brida de distribución de carga superior 34. Se apreciará que la tolva 108 puede tener diversas configuraciones alternativas distintas a la mostrada en el presente documento. Además, se apreciará que el dispositivo de entrega de lechada puede tomar diversas formas alternativas, como un dispositivo de inyección (no mostrado), que puede incluir, por ejemplo, una bomba.

Haciendo referencia a la figura 15, la lechada 106 dirigida al interior del canal 104 se deja un período de tiempo adecuado para que se cure adecuadamente, como hasta aproximadamente 28 días, por ejemplo. El curado de la lechada 106 forma una capa de soporte de lechada 32 entre el cuerpo rígido 28 y la brida de distribución de carga superior nivelada 34. Ventajosamente, la capa de soporte de lechada 32 soporta la brida de distribución de carga superior 34 en el plano de montaje de nivel M, de manera que pueden retirarse los aparatos de nivelación 82. Por consiguiente, la cimentación completada 26 incluye un cuerpo rígido 28 reforzado por la jaula de anclaje 30, y una capa de soporte lechada 32 que soporta una brida de distribución de carga superior nivelada 34. Antes de montar la turbina eólica 10 a la cimentación 26, se retiran las tuercas de brida de distribución de carga superior 62 y las arandelas 64 proporcionadas en los extremos superiores roscados 46 de los pernos de anclaje 36.

Haciendo referencia a la figura 16, la turbina eólica 10 se acopla a la cimentación 26 alineando las perforaciones de montaje 116 en la brida inferior de torre 24 con los extremos superiores roscados 46 de los pernos de anclaje 36. La torre de turbina eólica 12 se hace descender entonces hasta que la brida de torre 24 se pone en contacto directamente y se soporta por la brida de distribución de carga superior 34. A continuación, se aplican juegos de tuercas de brida de distribución de carga superior 62 y arandelas 64, que pueden ser juegos nuevos no usados durante la formación de la cimentación 26, a los extremos superiores roscados 46. Las tuercas de brida de distribución de carga superior 62 se aprietan con un par de fuerza adecuado. De esta manera, los pernos de anclaje 36 se someten a tensión posteriormente y mantienen el cuerpo rígido 28 de la cimentación 26 bajo alta compresión, posibilitando de ese modo que la cimentación 26 soporte adecuadamente diversas fuerzas y momentos ejercidos por la turbina eólica 10 durante el funcionamiento.

Aunque la actual invención se ha ilustrado mediante la descripción de diversas realizaciones de la misma, y aunque las realizaciones se han descrito con mucho detalle, no se pretende restringir o en modo alguno limitar el alcance de las reivindicaciones adjuntas a tal detalle.

Las ventajas y modificaciones adicionales aparecerán fácilmente para los expertos en la técnica. Por lo tanto, la invención en sus aspectos más amplios no se limita a los detalles específicos y ejemplos ilustrativos mostrados y descritos, sino que se define únicamente por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método para formar una cimentación de turbina eólica (26), que comprende:
 - 5 proporcionar una jaula de anclaje (30) en un pozo de excavación formado en una superficie de suelo (G), incluyendo la jaula de anclaje (30) una brida superior (34), una brida inferior (38) y una pluralidad de pernos de anclaje (36) que se extienden entre las bridas superior e inferior (34, 38);
 - 10 dirigir un primer material cementoso al interior del pozo de excavación de manera que la jaula de anclaje (30) pasa a estar al menos parcialmente incrustada dentro del primer material cementoso;
 - 15 permitir que el primer material cementoso se cure para formar un cuerpo rígido (28);
 - 20 enganchar selectivamente un elemento de conexión (86) con la brida superior (34) y situar un elemento de accionamiento (88) en relación de funcionamiento con el elemento de conexión (86), estando el elemento de conexión (86) y el elemento de accionamiento (88) situados en relación sin contacto con los pernos de anclaje (36);
 - 25 accionar el elemento de accionamiento (88) en relación con el elemento de conexión (86) y elevar de ese modo la brida superior (34) desde el cuerpo rígido (28) hasta una posición nivelada (M);
 - 30 dirigir un segundo material cementoso (106) al interior de un espacio (104) debajo de la brida superior elevada (34); y
 - 35 permitir que el segundo material cementoso (106) se cure para formar una capa de soporte (32), en el que el método comprende, además:
 - 30 proporcionar al menos un dispositivo de nivelación (84) en una posición separada por encima de la brida superior (34), estando soportado el al menos un dispositivo de nivelación (84) en los pernos de anclaje (36),
 - 35 situar el al menos un dispositivo de nivelación (84) para definir un plano de nivel (M), y
 - 35 en el que elevar la brida superior (34) hasta una posición nivelada (M) incluye elevar la brida superior (34) para ponerse en contacto con el dispositivo de nivelación (84).
2. El método según la reivindicación 1, que comprende, además:
 - 40 situar selectivamente una pluralidad de tuercas (62) a lo largo de extremos roscados (46) de respectivos pernos de anclaje (36) de manera que las tuercas (62) definen colectivamente un plano de nivel (P),
 - 45 en el que elevar la brida superior (34) hasta una posición nivelada (M) incluye situar la brida superior (34) paralela al plano de nivel (P) mientras que las tuercas (62) permanecen estacionarias en relación con los pernos de anclaje (36).
3. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que accionar el elemento de accionamiento (88) en relación con el elemento de conexión (86) incluye hacer rotar el elemento de accionamiento (88).
- 50 4. El método según la reivindicación 3, en el que hacer rotar el elemento de accionamiento (88) en relación con el elemento de conexión (86) incluye hacer rotar una tuerca (88) en relación con una varilla roscada (86) acoplada a la brida superior (34).
- 55 5. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la brida superior (34) es circular y accionar el elemento de accionamiento (88) incluye hacer rotar una pluralidad de elementos roscados separados circunferencialmente, estando los elementos roscados (88) situados en posiciones circunferenciales a lo largo de la brida superior (34).
- 60 6. El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la brida superior (34) incluye una pluralidad de perforaciones (52) y dirigir el segundo material cementoso (106) al interior del espacio (104) debajo de la brida superior elevada (34) incluye dirigir el segundo material cementoso (106) a través de las perforaciones (52).
- 65 7. Un método para erigir una turbina eólica (10) que incluye una torre (12) que tiene una parte inferior (24), que comprende:

formar una cimentación de turbina eólica (26) mediante un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores; y

acoplar la parte inferior (24) de la turbina eólica (10) a los pernos de anclaje (36).

8. El método según la reivindicación 7, en el que acoplar la parte inferior (24) de la turbina eólica a los pernos de anclaje (36) incluye soportar la turbina eólica (10) sobre la brida superior (34) y soportar la brida superior (34) sobre la capa de soporte (32).

9. Un sistema para formar una cimentación de turbina eólica (26), que comprende:

una jaula de anclaje (30) que incluye una brida superior (34), una brida inferior (38) y una pluralidad de pernos de anclaje (36) que se extienden entre las bridas superior e inferior (34, 38), estando la brida superior (34) configurada para enganchar una parte inferior (24) de una turbina eólica (10); y

al menos un aparato de nivelación (82) que incluye un elemento de conexión (86) que puede engancharse con la brida superior (34), y un elemento de accionamiento (88) asociado operativamente al elemento de conexión (86),

por lo cual el al menos un aparato de nivelación (82) se hace funcionar para elevar la brida superior (34) a una posición nivelada (M), que incluye enganchar el elemento de conexión (86) con la brida superior (34) y accionar el elemento de accionamiento (88) en relación con el elemento de conexión (86) sin poner en contacto los pernos de anclaje (36) con el elemento de accionamiento (88),

en el que el al menos un aparato de nivelación (82) incluye, además, una placa de nivelación (84) que tiene una parte de placa superior (90) y al menos una parte de placa lateral (92, 94),

el elemento de conexión (86) incluye una varilla roscada y el elemento de accionamiento (88) incluye una tuerca,

la parte de placa superior (90) incluye perforaciones pasantes primera y segunda (96) para recibir respectivos extremos superiores (46) de un par de pernos de anclaje (36) a través de las mismas, y una tercera perforación pasante (98) para recibir la varilla roscada (86) a través de la misma, y

la varilla roscada (86) puede engancharse con la brida superior (34), la placa de nivelación (84) puede situarse en relación con la brida superior (34) de manera que la al menos una parte de placa lateral (92, 94) define un plano de nivel (M), y la tuerca (88) puede hacerse rotar con respecto a la varilla roscada (86) y la placa de nivelación (84) para elevar la brida superior (34) para ponerse en contacto con al menos una parte de placa lateral (92, 94) y situar de ese modo la brida superior (34) en el plano de nivel (M).

10. El sistema según la reivindicación 9, en el que el elemento de accionamiento (88) puede hacerse rotar en relación con el elemento de conexión (86) para elevar la brida superior a la posición nivelada.

11. El sistema según la reivindicación 10, en el que el elemento de conexión (86) incluye una varilla roscada y el elemento de accionamiento (88) incluye una tuerca.

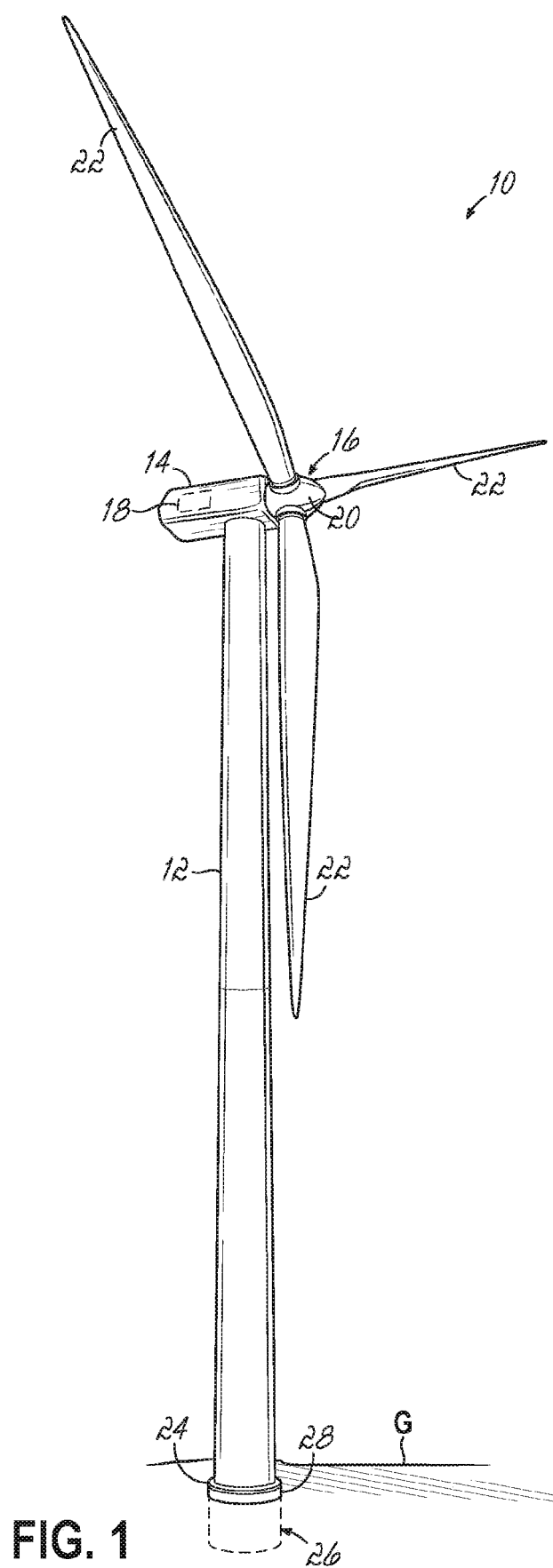
12. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que el al menos un aparato de nivelación (82) incluye una pluralidad de aparatos de nivelación (82), y la brida superior (34) incluye una pluralidad de elementos de sujeción (50) que enganchan cada uno uno respectivo de los elementos de conexión (86) para elevar la brida superior (34) a una posición nivelada (M).

13. El sistema según la reivindicación 12, en el que la pluralidad de elementos de sujeción (50) incluye perforaciones roscadas, y el elemento de conexión (86) de cada aparato de nivelación (82) está configurado para enganchar de manera roscada una respectiva de las perforaciones roscadas.

14. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 9-13, en el que la brida superior (34) incluye una pluralidad de perforaciones (52) a través de las cuales un material cementoso (106) se dirige al interior de un espacio (104) debajo de la brida superior (34).

15. El sistema según la reivindicación 14, que comprende, además:

un dispositivo de entrega de material (108) que dirige el material cementoso (106) al interior del espacio (104) debajo de la brida superior (34), incluyendo el dispositivo de entrega de material (108) un vástago (112) que engancha al menos una de la pluralidad de perforaciones (52) para dirigir el material cementoso (106) a través de la misma.



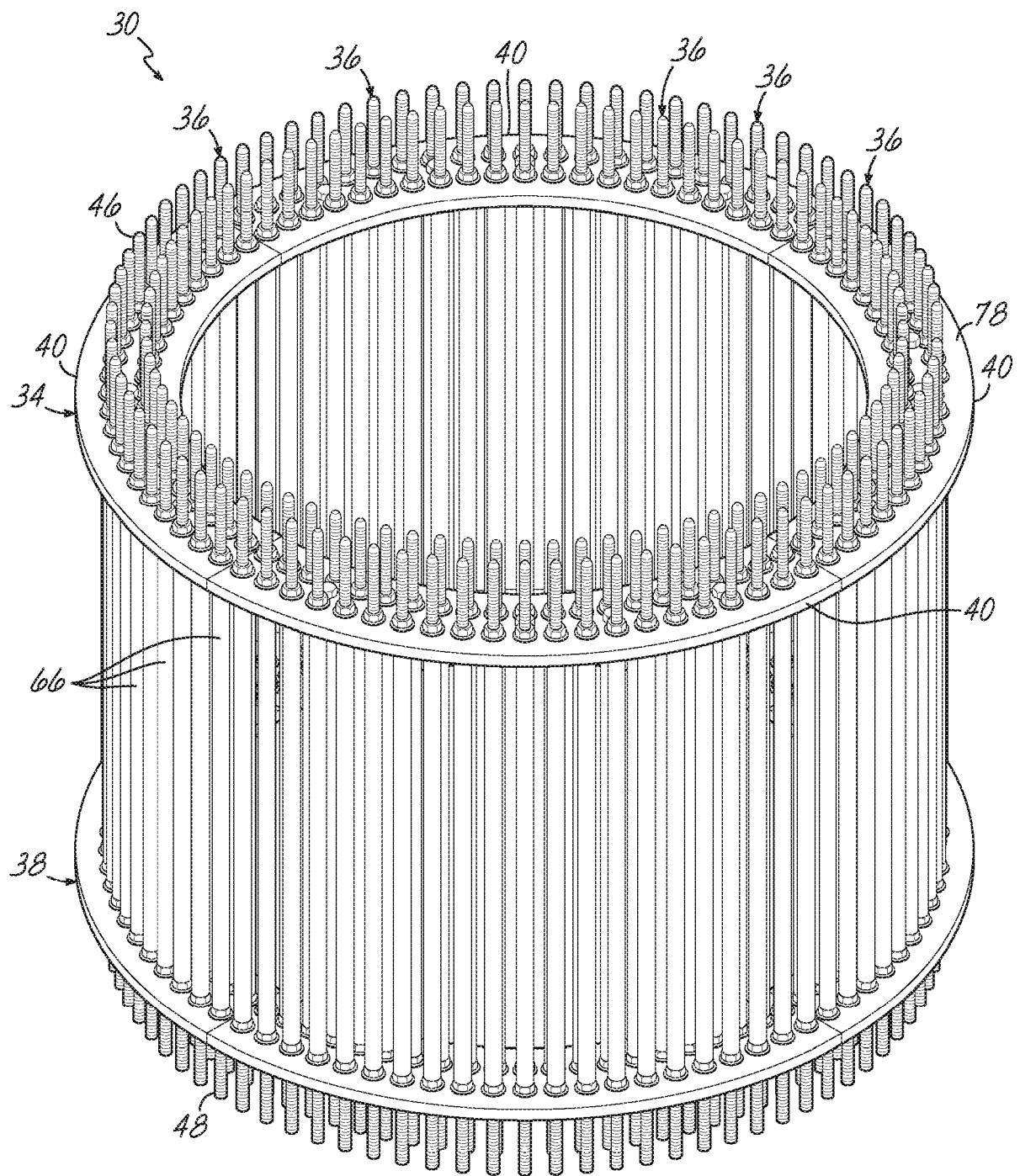


FIG. 2

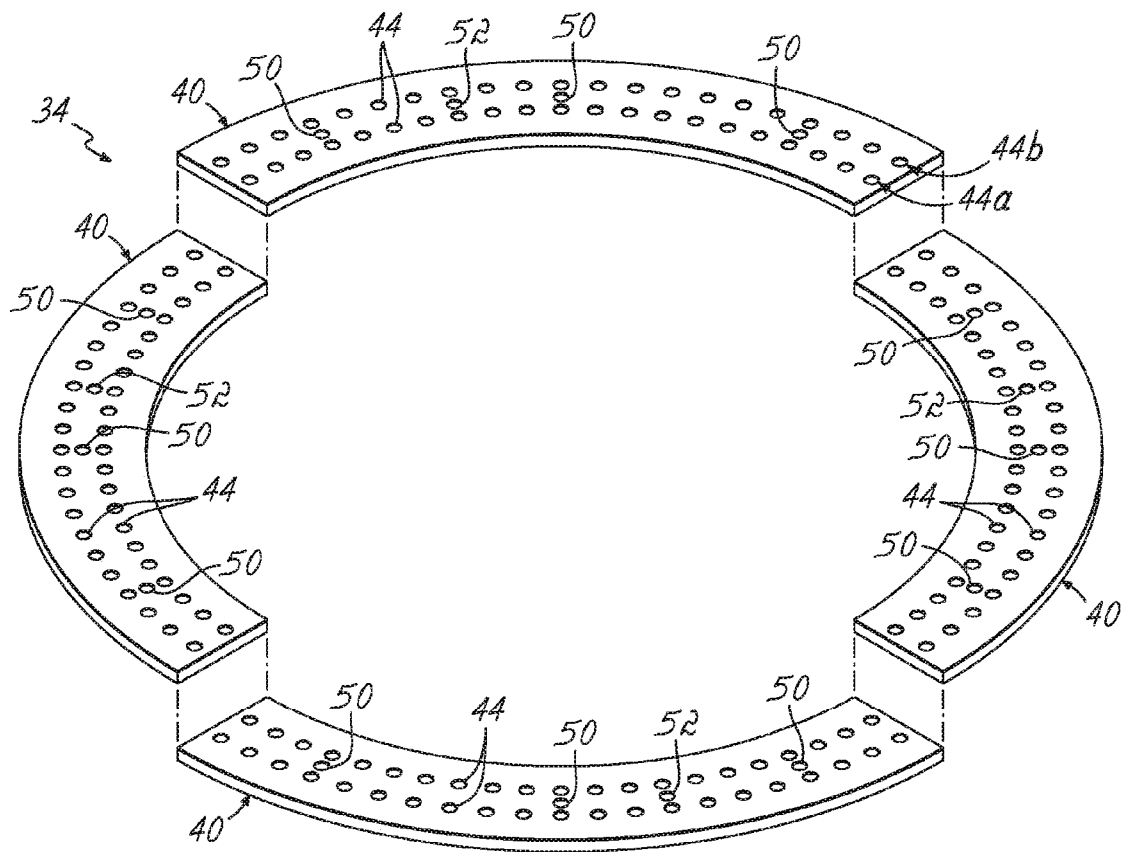


FIG. 3A

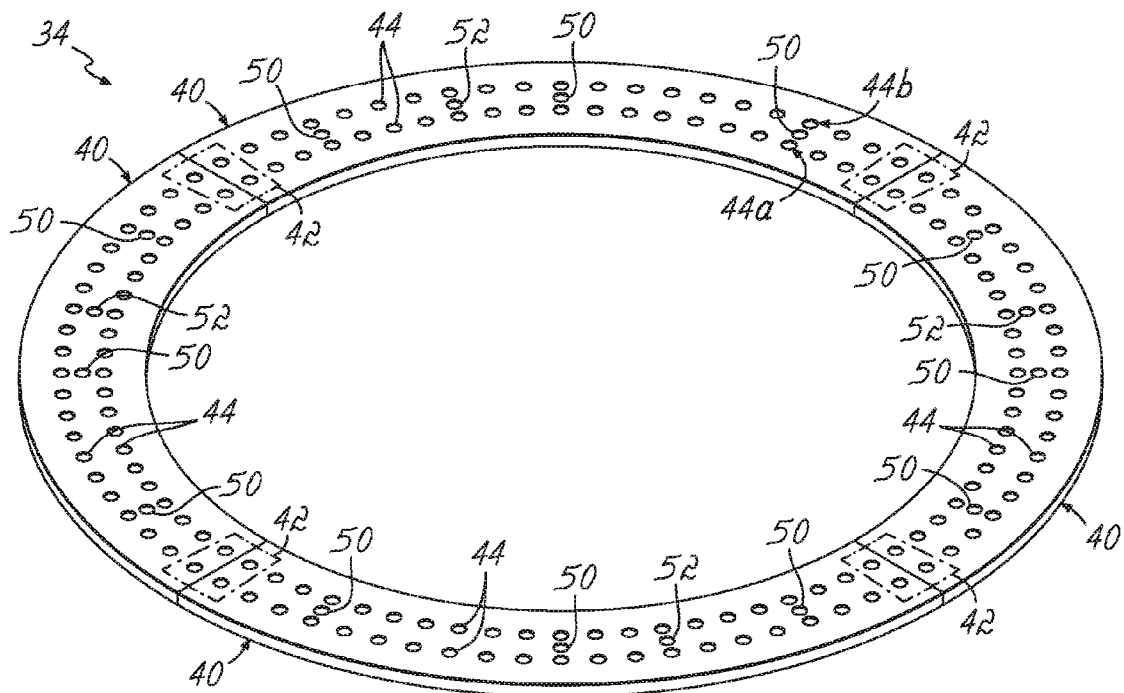


FIG. 3B

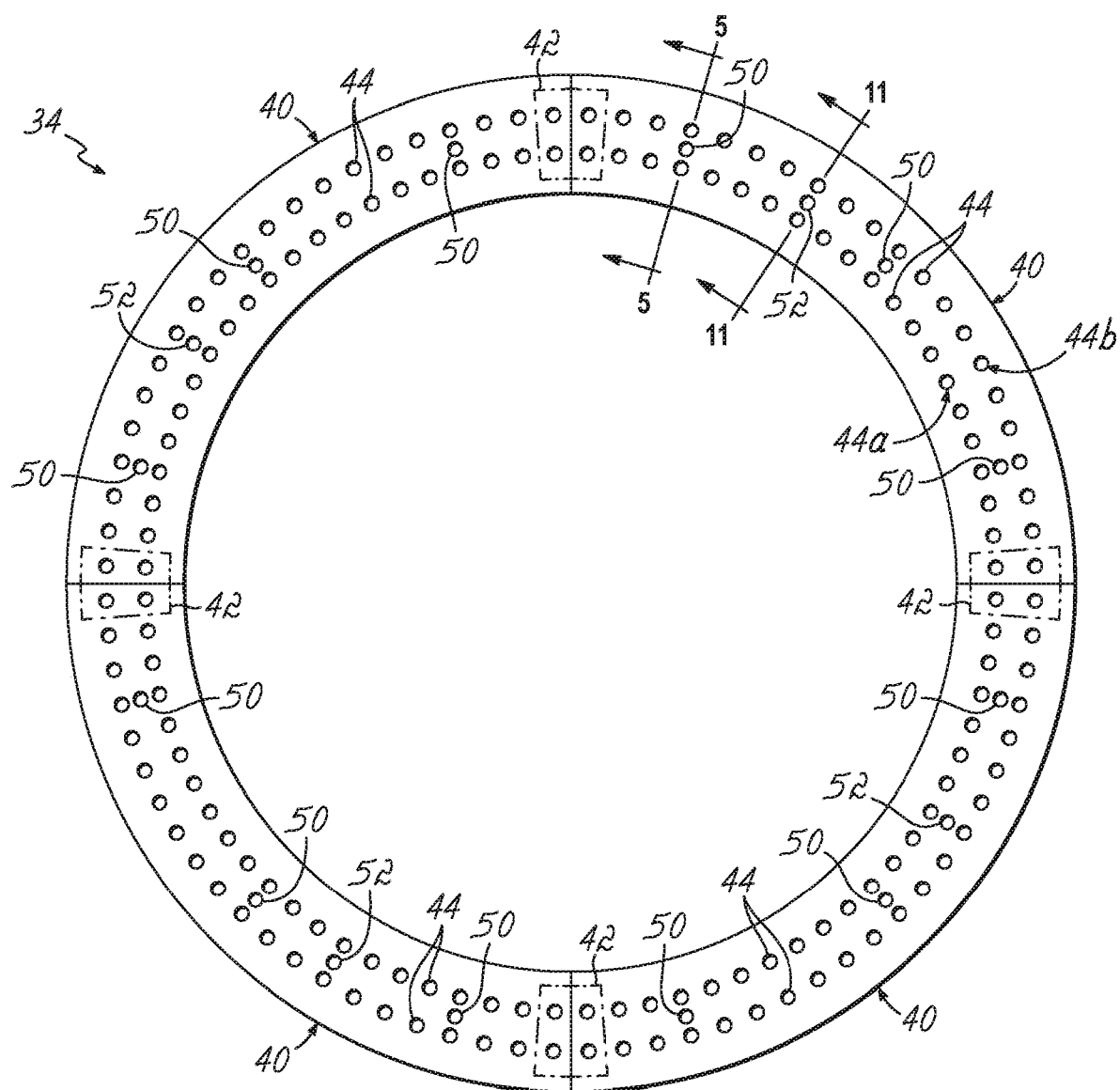


FIG. 4

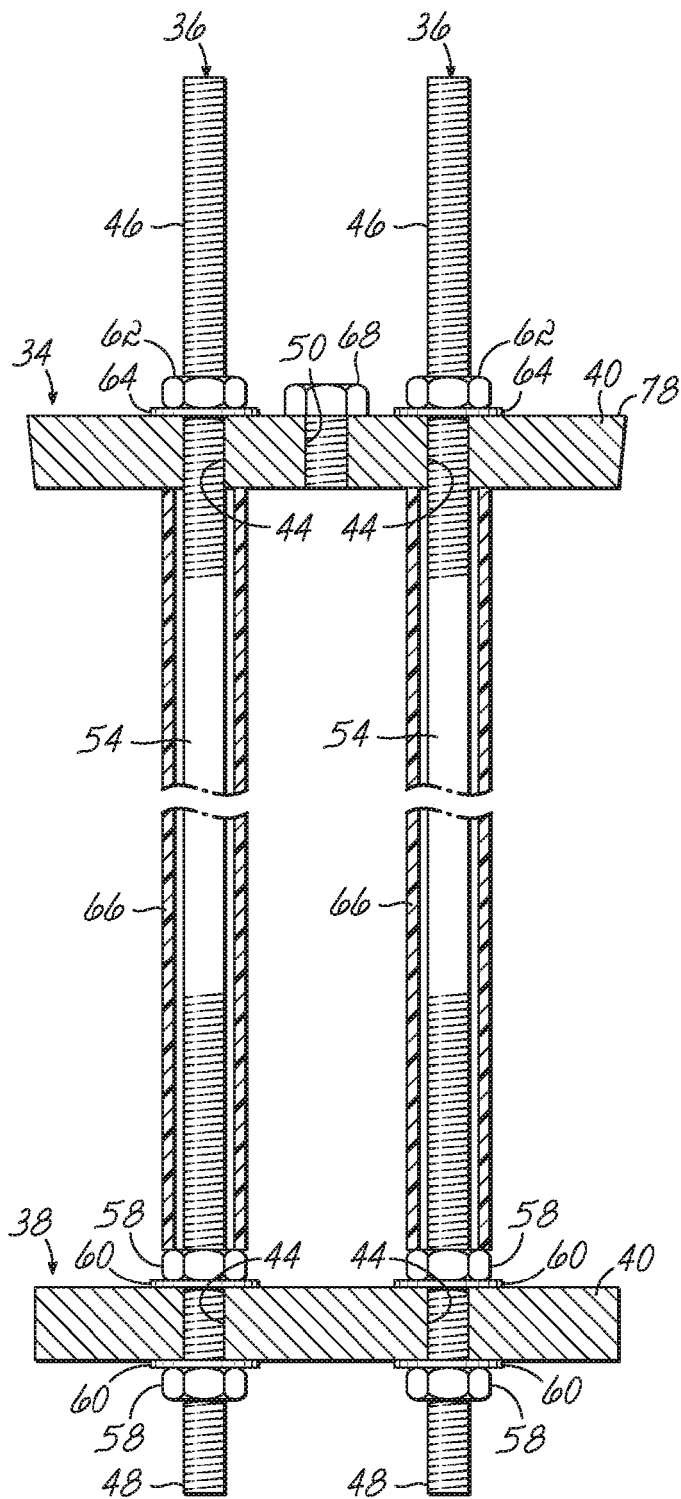


FIG. 5

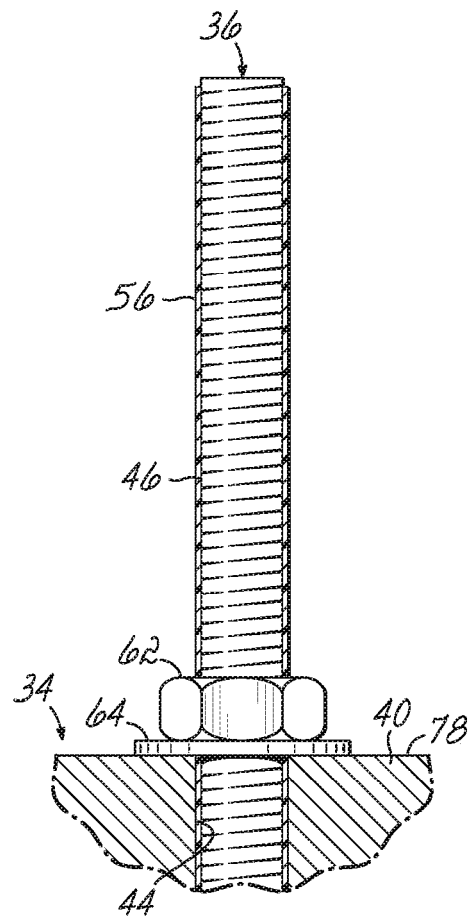


FIG. 5A

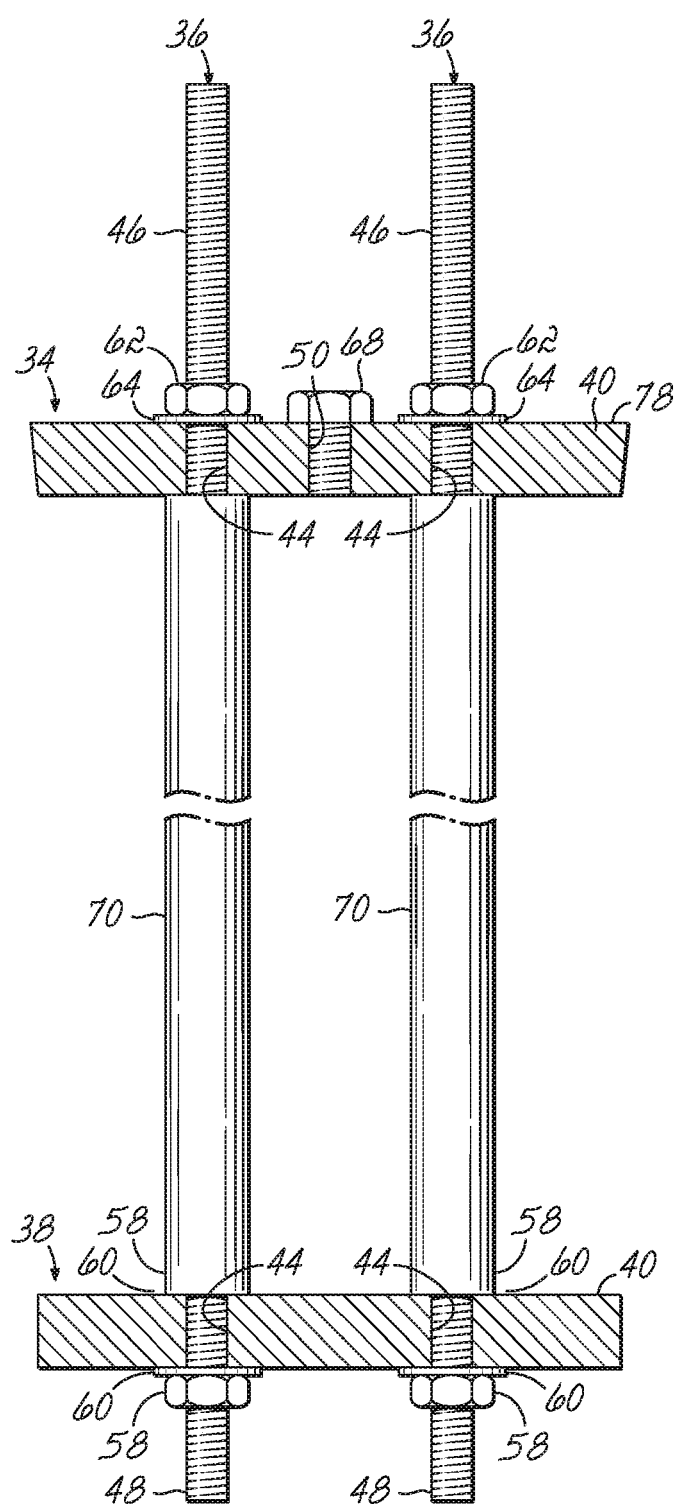


FIG. 6

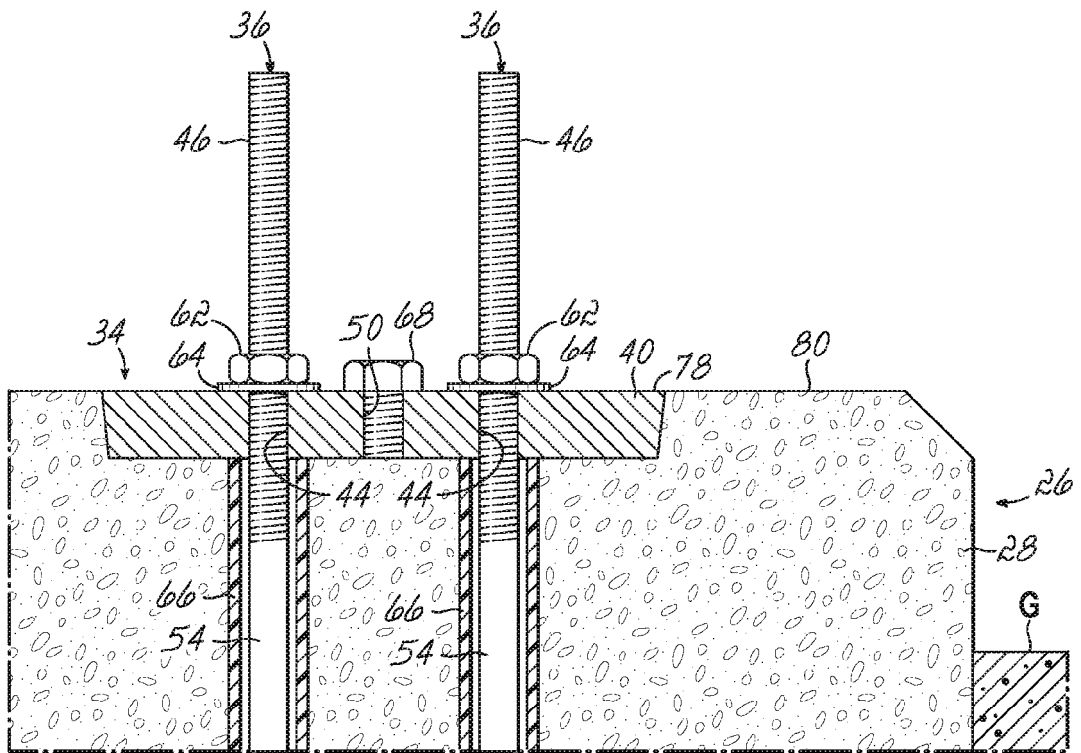


FIG. 7

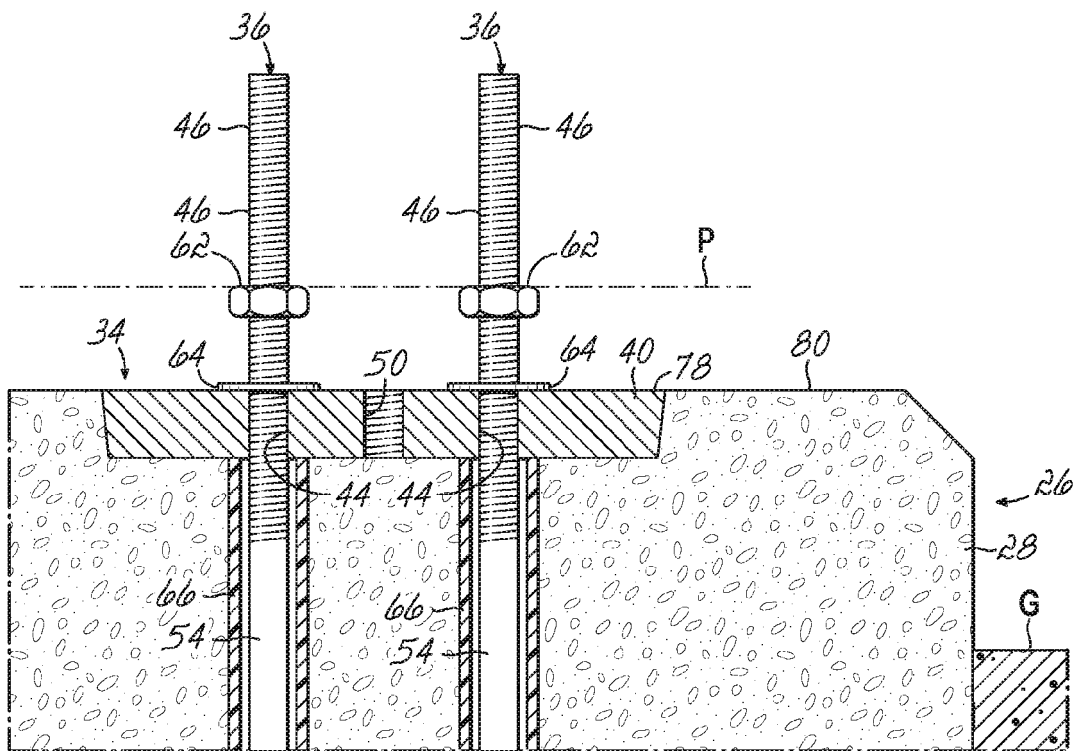


FIG. 8

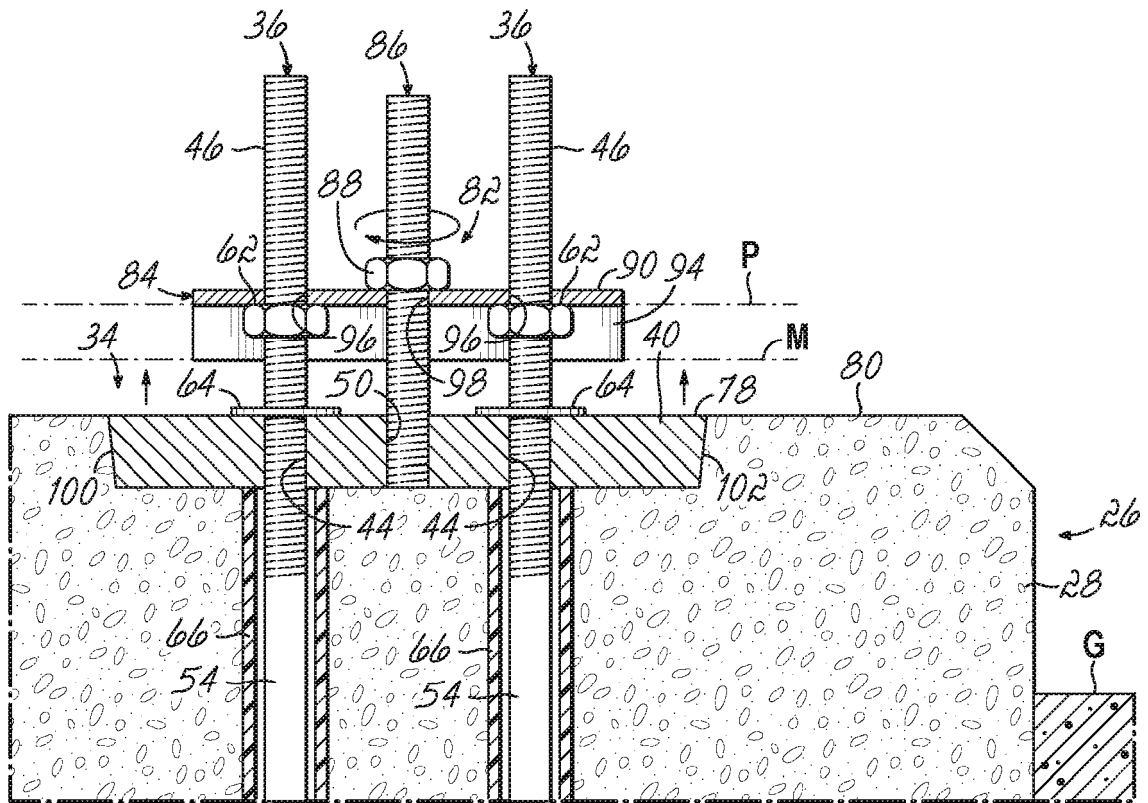


FIG. 9

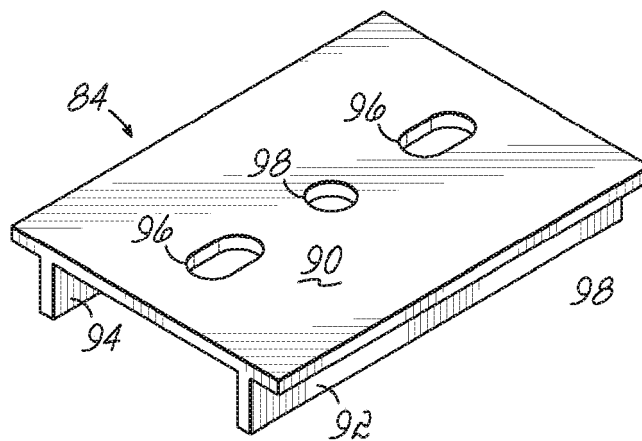


FIG. 9A

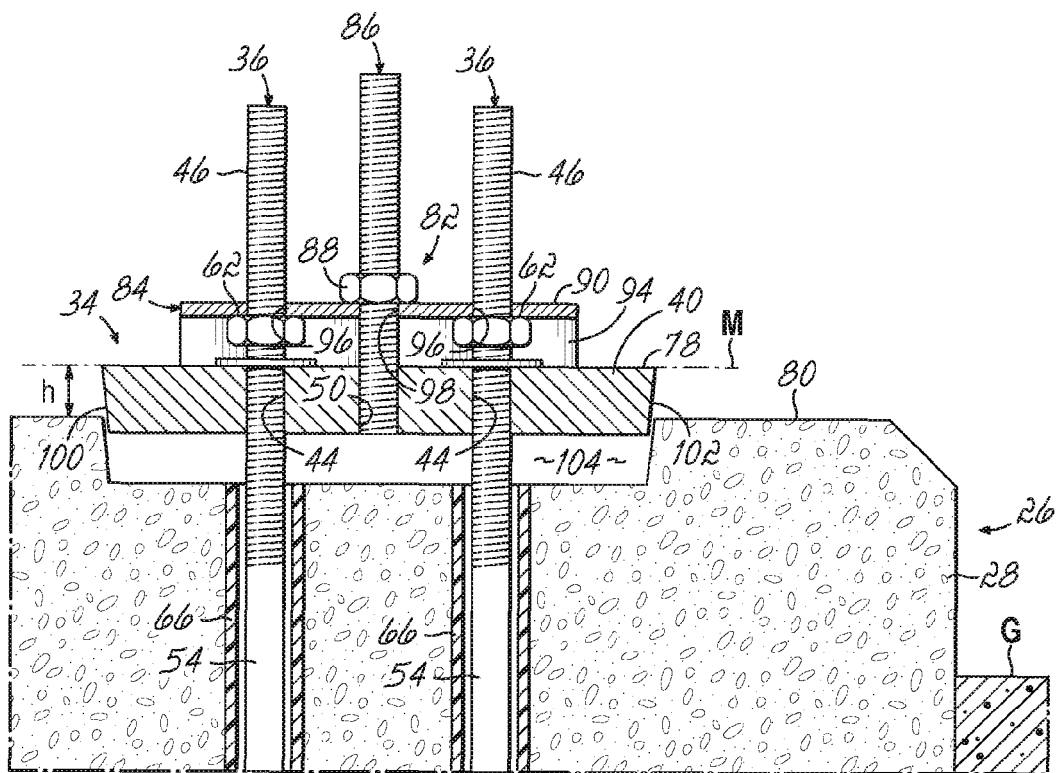


FIG. 10

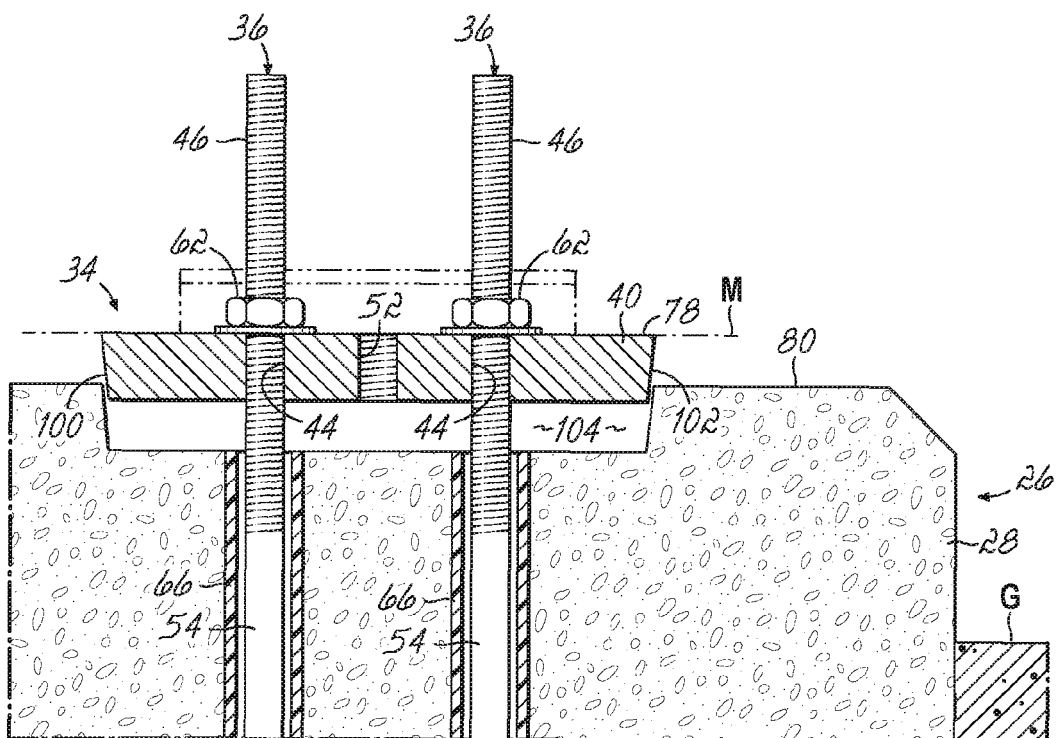


FIG. 11

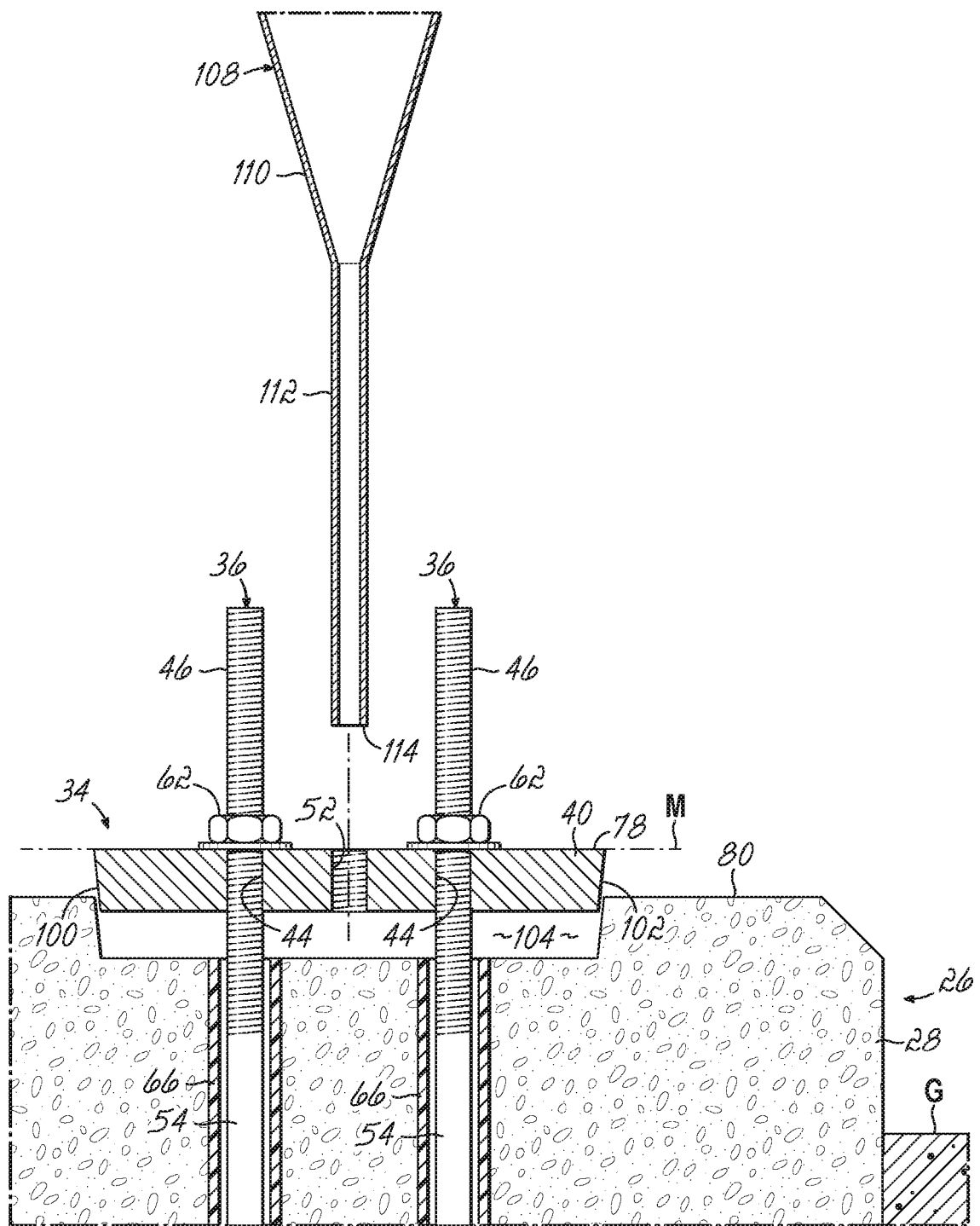


FIG. 12

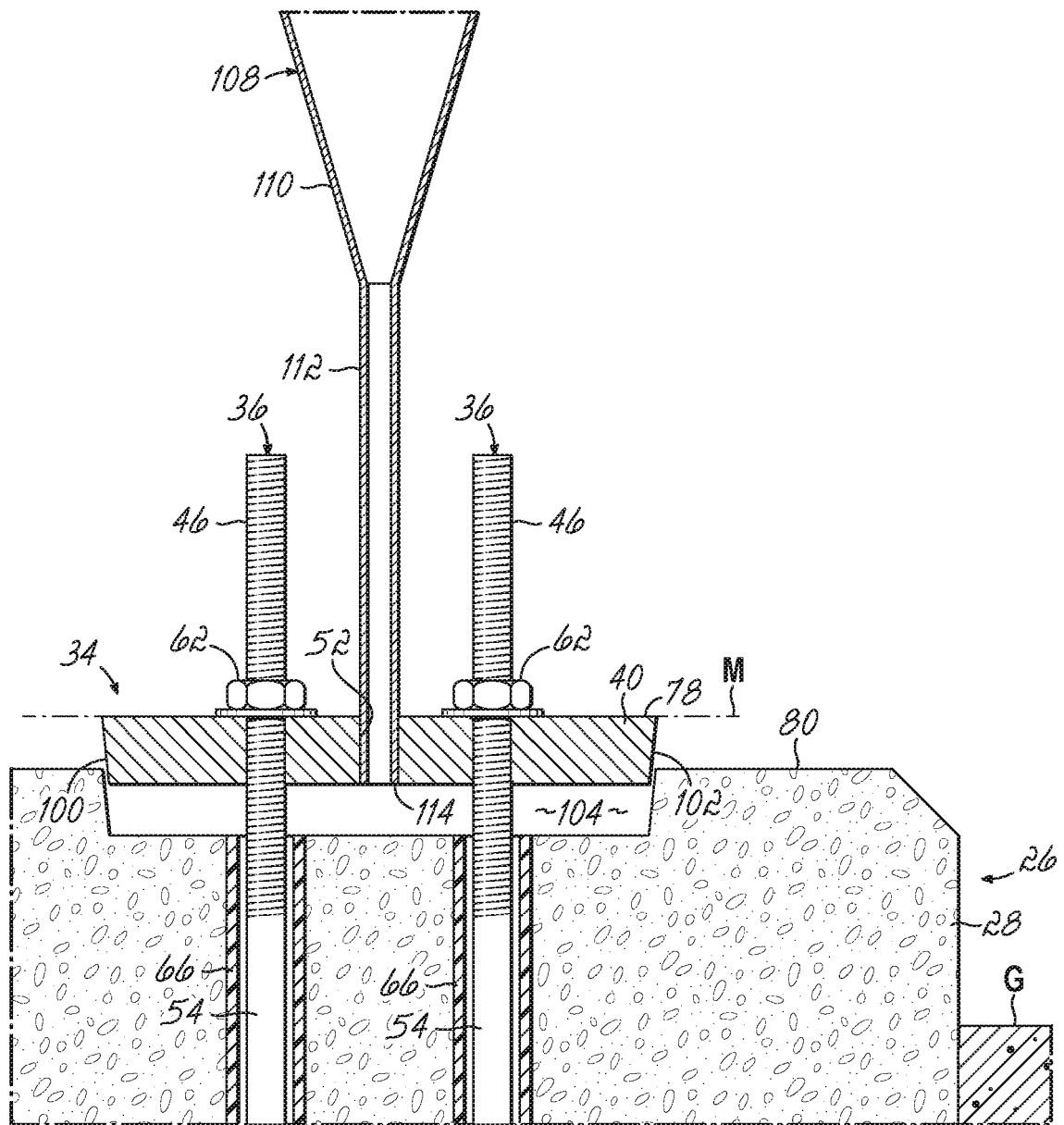


FIG. 13

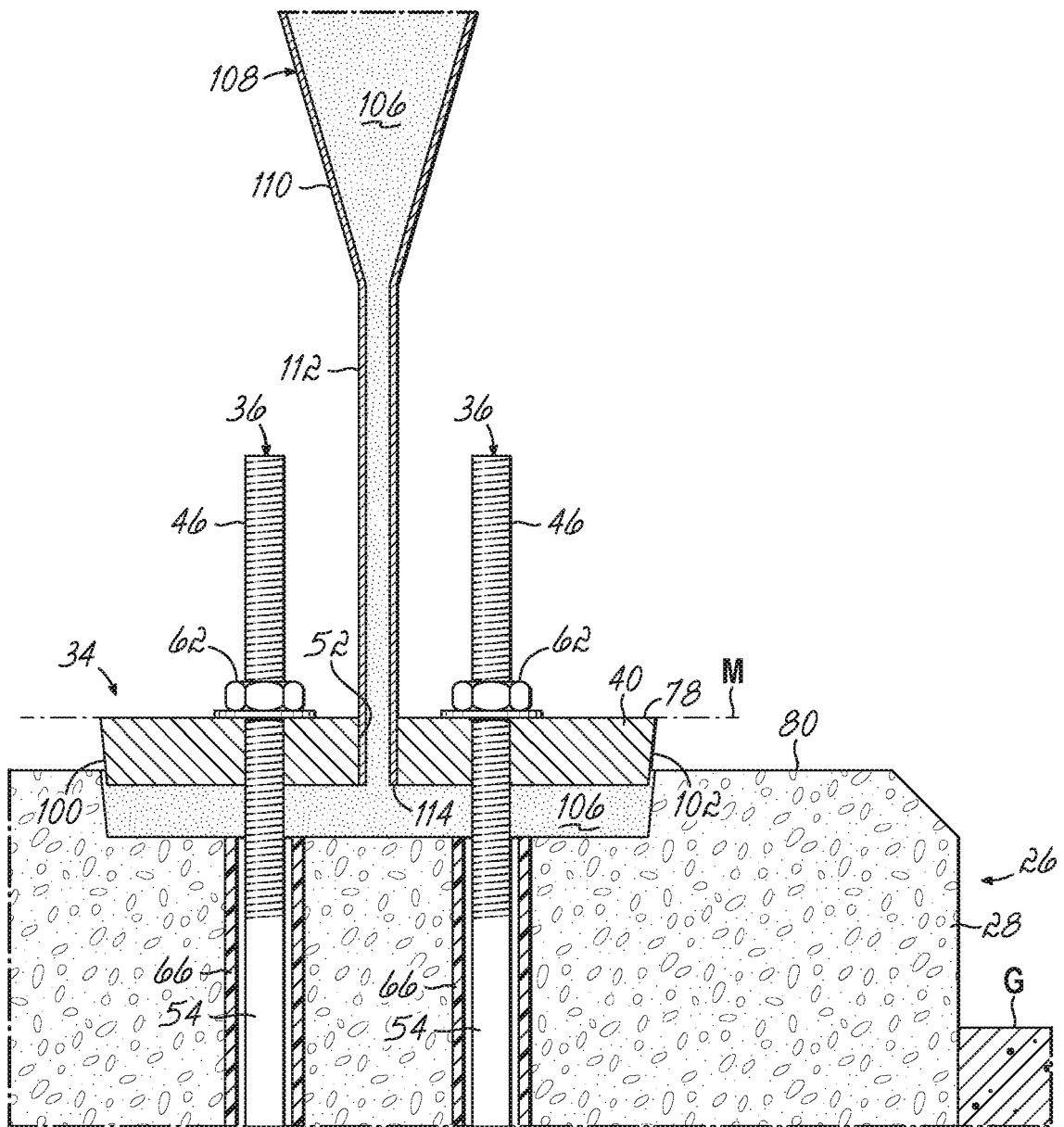


FIG. 14

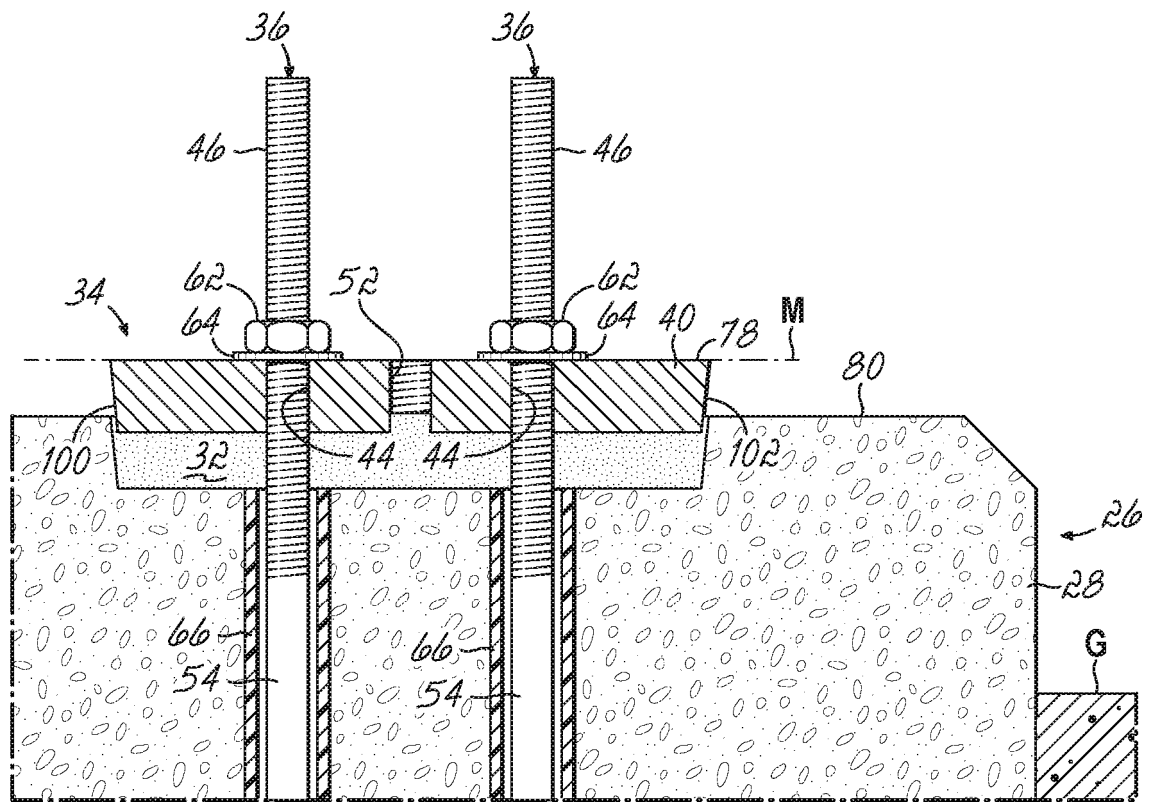


FIG. 15

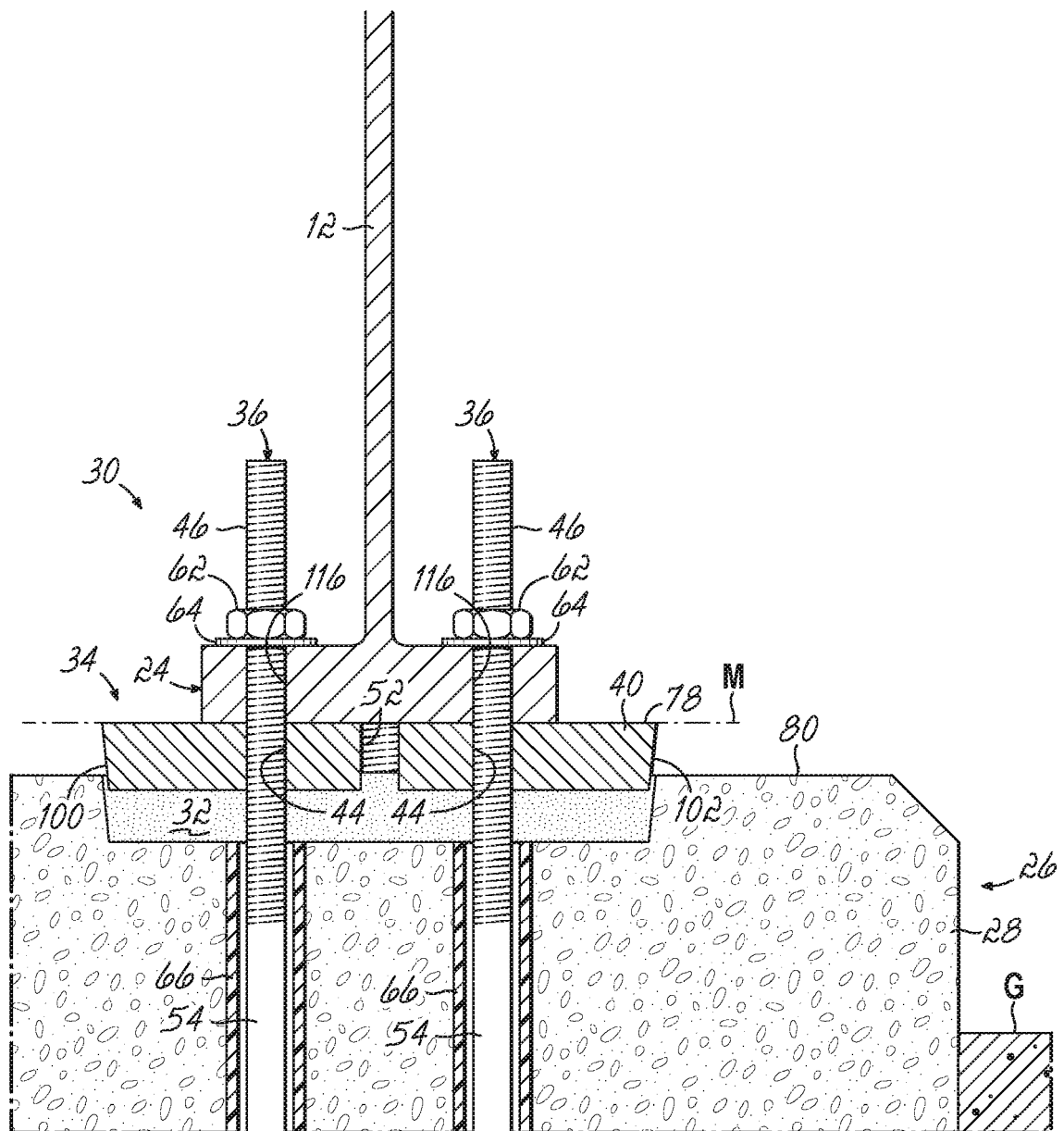


FIG. 16

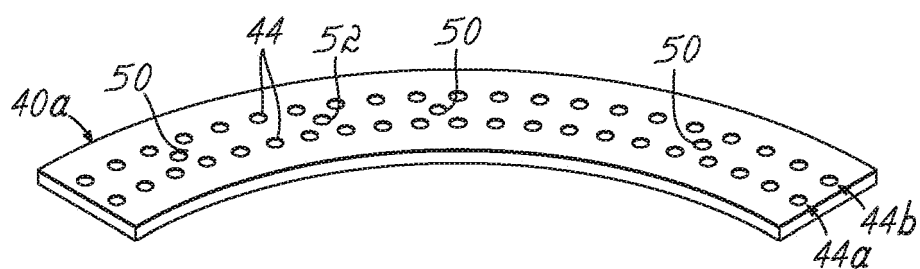


FIG. 17

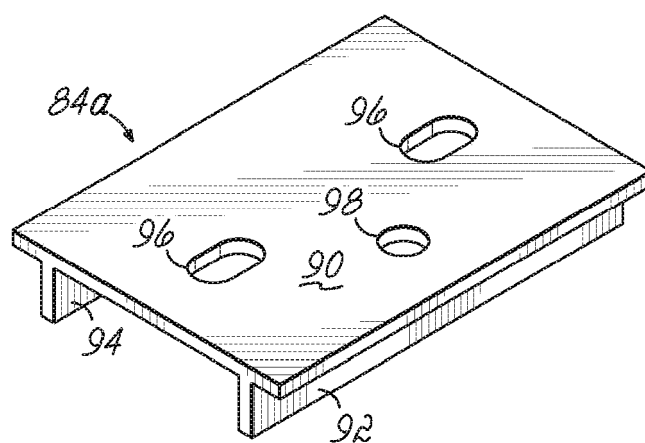


FIG. 18

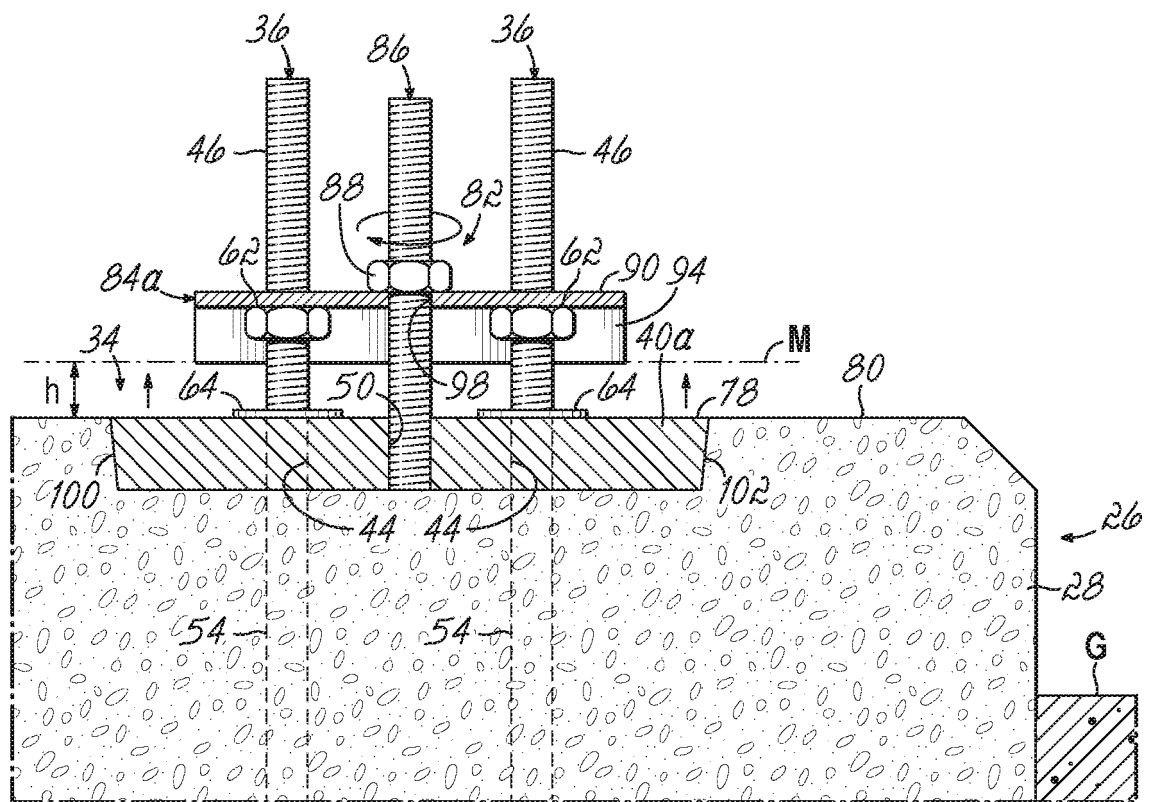


FIG. 19