

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 940 455**

51 Int. Cl.:

G01N 3/303 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2015** **E 21175030 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.12.2022** **EP 3892979**

54 Título: **Deflectómetro de impacto**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.05.2023

73 Titular/es:

DYNATEST A/S (100.0%)
Tempovej 27
2750 Ballerup, DK

72 Inventor/es:

MCLEAN, JIM LARSEN;
CUMMING, BEN;
LARSEN, JACK y
COMES, ALBERT NAVARRO

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 940 455 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

Deflectómetro de impacto

La presente invención se refiere a un deflectómetro de impacto.

Un deflectómetro de impacto (Falling Weight Deflectometer, FWD) es un dispositivo de ensayo no destructivo utilizado por ingenieros civiles para evaluar las propiedades físicas de las estructuras del pavimento. Los datos del FWD se utilizan principalmente para estimar la capacidad de carga, entre otros, de pavimentos que comprenden superficies de hormigón de cemento Portland Portland (Portland Cement Concrete, PCC) u hormigón asfáltico (Asphalt Concrete, AC). El uso incluye carreteras, pavimentos de aeropuertos, depósitos de contenedores, y vías férreas. El deflectómetro de impacto va integrado típicamente en un remolque que puede ser remolcado por otro vehículo hasta un lugar de ensayo, pero también puede ir integrado en el propio vehículo.

El deflectómetro de impacto está diseñado para impartir un pulso de carga a la superficie del pavimento que simula la carga producida por una rueda de un vehículo rodante. La carga se produce dejando caer un gran peso sobre un conjunto de topes de goma. La fuerza resultante se transmite al pavimento a través de una placa de carga circular. Encima de la placa de carga se monta una célula de carga u otro transductor de detección de carga y mide la carga aplicada en la superficie del pavimento. A lo largo de una viga que se extiende desde el centro de la placa de carga se montan linealmente una serie de sensores de deflexión, tales como geófonos o acelerómetros, y miden la flexión de la superficie del pavimento resultante en respuesta a la carga a una variedad de distancias desde el centro de la carga aplicada. Los datos del FWD pueden utilizarse para calcular parámetros relacionados con la rigidez, por ejemplo, módulo de Young de las capas de una estructura de pavimento multicapa, tales como las aceras de carreteras o aeropuertos que comprenden PCC o AC.

Tradicionalmente, en los FWD, el peso se eleva hidráulicamente a lo largo de una barra o columna de guía vertical y se mantiene a una altura predeterminada mediante un mecanismo de enganche hasta que se realiza la medición y el operador del FWD envía una orden de caída. Después, el mecanismo de enganche se libera y el peso cae sobre unos medios de transmisión de fuerza, que incluyen una placa de carga circular de diámetro conocido, que antes de la caída del peso se ha bajado para hacer contacto con la superficie del pavimento en el lugar de medición deseado. Entre los medios de transmisión de fuerza y el peso se dispone un medio elástico, por ejemplo, unos topes en forma de bloques de goma, para crear una fuerza de impacto idealmente semi-sinusoidal sobre el pavimento. Los medios de transmisión de fuerza comprenden normalmente unos medios de detección de fuerza para medir la fuerza de impacto real. Dado que la masa del peso de caída es sustancial, típicamente entre 50 y 750 kg, el peso de caída normalmente se recoge y se sube de nuevo a la posición de enganche mediante un mecanismo de elevación hidráulico o similar. Ejemplos de FWD tal como se ha descrito anteriormente se encuentran, por ejemplo, en JP-A-2007-205955 y DE-U-9305327. También se describen ejemplos de dichos FWD en el artículo "*Faldloddets historie*", Bohn, Axel O., Asphalt, páginas 4-11, septiembre de 1989, ISSN 0004-4318, que describe el desarrollo del deflectómetro de impacto desde 1964 hasta 1989.

Un inconveniente importante de dichos FWDs accionados hidráulicamente es que un ciclo de medición lleva un tiempo relativamente largo, en particular si se van a realizar mediciones sucesivas en el mismo lugar. Una razón principal de ello es que el proceso de descenso de los medios de elevación hidráulicos para levantar el peso, subir el peso al enganche y desenganchar el peso de los medios de elevación hidráulicos es relativamente lento. Además, después de algunas caídas repetidas en un lugar, la placa de carga debe subirse a la posición de transporte y sujetarse y volverse a bajar en la siguiente posición de medición. En la técnica anterior, este último es uno de los principales contribuyentes a los largos ciclos de ensayo. Si se van a realizar miles de mediciones consecutivas a lo largo de una carretera a inspeccionar, el tiempo acumulado de los procesos reduce la eficiencia de la operación general.

En el documento WO2015/051798 se ha sugerido utilizar un mecanismo de elevación eléctrico. El mecanismo de elevación eléctrico comprende un motor eléctrico de alto par acoplado directamente a un vástago roscado. El peso que se ha de levantar y soltar está en contacto permanente con el vástago en un dispositivo de tuerca móvil, que permite levantarlo y soltarlo activando o desactivando el motor eléctrico, respectivamente. Aunque este mecanismo de elevación eléctrico ha demostrado ser muy exitoso en la reducción de los tiempos de ciclo de los ciclos de elevación y descenso, todavía tiene algunos inconvenientes. Evidentemente, el acoplamiento permanente entre el peso y el vástago roscado con el motor eléctrico tiene ciertas contradicciones con la intención de una caída libre del peso, ya que durante la caída del peso se aplica rotación al vástago y al motor. Por lo tanto, parte de la energía potencial se utiliza para acelerar la rotación del vástago y el motor. Además, incluso con terminales abiertos puede existir un efecto de frenado del motor eléctrico, actuando durante la caída como generador. Tal como se explica en WO2015/051798, este efecto de frenado debe ser ignorado o bien compensado, lo que complica todavía más el mecanismo de control.

En base a esta técnica anterior, el objetivo de la invención es proporcionar un FWD que supere los inconvenientes anteriores y que, al mismo tiempo, proporcione por lo menos las mismas ventajas en velocidad de ciclo que los FWDs de la técnica anterior.

5 De acuerdo con la presente invención, este objetivo se logra mediante un deflectómetro de impacto que comprende una placa de carga adaptada para acoplarse a una superficie de ensayo, medios de transmisión de fuerza adaptados para transmitir una fuerza a la placa de carga, medios de amortiguación, un peso de caída adaptado para impactar en dichos medios de transmisión de fuerza a través de dichos medios de amortiguación para proporcionar una fuerza que se transmitirá a dicha placa de carga a través de dichos medios de transmisión de fuerza, medios de guía para guiar dicho peso de caída hacia dichos medios de transmisión de fuerza, y medios de elevación que comprenden múltiples motores eléctricos lineales dispuestos en dos torres de motor colocadas en extremos opuestos del peso de caída, en el que la torre de motor comprende placas de montaje para montar los motores eléctricos lineales.

15 Un deflectómetro de impacto que utiliza un motor eléctrico lineal como medio de elevación comprenderá pocas piezas móviles en comparación con la técnica anterior que utiliza un motor eléctrico que acciona un vástago para levantar el peso de caída, o un motor tradicional, tal como un motor hidráulico y, por lo tanto, elimina la mayoría de las fuentes de rozamiento interno en el motor. Además, los motores eléctricos lineales pueden proporcionar una gran aceleración y elevación, incluso en comparación con otros motores eléctricos. Esto, a su vez, significa que puede realizarse rápidamente un ciclo de ensayo completo, es decir, un levantamiento y una caída del peso, de modo que el FWD tiene que pasar menos tiempo en cada sitio de ensayo.

25 De acuerdo con una realización de la invención, dichos motores eléctricos comprenden imanes permanentes. Al utilizar imanes permanentes para formar el inducido del motor eléctrico lineal, el dispositivo se vuelve más fácil de mantener, ya que no hay necesidad de cableado, a diferencia de los electroimanes. Además, los imanes permanentes normalmente vienen en filas prefabricadas, lo que hace que el ensamblaje inicial del FWD sea rápido y económico.

30 En una realización preferida, los imanes permanentes forman parte de dicho peso de caída. Al acoplar directamente el peso de caída a la parte móvil del motor, es decir, los imanes permanentes, se elimina la necesidad de elementos de transmisión mecánica tales como tornillos de avance, correas dentadas, piñón y cremallera, y engranajes de tornillo sinfín. Por lo tanto, no hay desgaste mecánico, lo que da como resultado una excelente confiabilidad y una vida útil más larga, y menos piezas mecánicas minimizan el mantenimiento y reducen el coste del sistema.

35 De acuerdo con una realización de la invención, los medios de elevación comprenden cuatro motores eléctricos lineales. Al disponer motores adicionales y/o más potentes, el FWD podrá levantar pesos de caída más pesados, aumentando así el rango de fuerza de impacto en el que puede operar el FWD haciéndolo más versátil. Mediante el uso de cuatro motores eléctricos lineales puede permitirse una elevación simétrica cuando se utiliza un peso de caída con dos ejes de simetría ortogonal, por ejemplo, un motor eléctrico lineal levantando en cada esquina, de modo que no se genera par al levantar el peso de caída.

De acuerdo con una realización de la invención, el peso de caída comprende por lo menos un codificador lineal.

45 Al emplear un codificador lineal, la posición del peso de caída se conocerá en todo momento durante el ciclo de caída. Esto, en combinación con el alto grado de precisión y control proporcionado por el motor eléctrico lineal, significa que el motor puede volverse a conectar inmediatamente después de que el peso de caída haya impactado en los amortiguadores elásticos y rebotado, para poder volver a operación de elevación más rápido y comenzar el siguiente ciclo de caída. Además de permitir un ciclo de caída más corto, esto puede ser particularmente útil durante los ensayos donde los impactos posteriores del peso de caída que rebota no son deseados, ya que el motor eléctrico lineal puede atrapar el peso de caída después del primer impacto.

La presente invención se describirá ahora con mayor detalle en base a unas realizaciones preferidas con referencia a los dibujos, en los cuales:

55 La figura 1 muestra una primera vista esquemática en perspectiva de un deflectómetro de impacto según la realización.

La figura 2 muestra una segunda vista esquemática en perspectiva de un deflectómetro de impacto de la figura 1,

La figura 3 muestra otra vista en perspectiva esquemática de un deflectómetro de impacto de la figura 1 montado en una estructura de soporte,

60 La figura 4 muestra una vista lateral esquemática del deflectómetro de impacto de la figura 1,

La figura 5 muestra una vista superior esquemática del deflectómetro de impacto de la figura 3 montado en una estructura de soporte,

Las figuras 6a-e muestran esquemáticamente el descenso de la placa de carga del FWD sobre la superficie y una elevación y caída subsiguientes del peso de caída,

La figura 7 muestra una primera vista esquemática en perspectiva de un deflectómetro de impacto de acuerdo con otra realización de la invención.

La figura 8 muestra una segunda vista esquemática en perspectiva de un deflectómetro de impacto de la figura 7, y La figura 9 muestra una vista superior esquemática del deflectómetro de impacto de la figura 7.

5 Haciendo referencia en primer lugar a la vista en perspectiva de las figuras 1 y 2, se muestra una primera realización de las piezas móviles del deflectómetro de impacto 1 con motores eléctricos lineales 15 de acuerdo con la invención.

10 En toda la descripción, cuando se hace referencia a direcciones, el deflectómetro de impacto 1 se describirá con una dirección longitudinal L con dos extremos y una dirección transversal W con dos lados, tal como se muestra en las figuras 5 y 9. Además, las direcciones hacia arriba y hacia abajo se referirán a la orientación del deflectómetro de impacto 1 durante el funcionamiento.

15 En cuanto al motor eléctrico lineal 15, éste comprende tanto un estator, que generalmente es estático, como un inducido, que generalmente es móvil. Esta convención se sigue en la siguiente descripción. Además, tal como será evidente, el estator generalmente se entiende como el componente que genera el campo magnético controlado, el cual, a su vez, hace que el inducido se mueva.

20 Tal como puede apreciarse, el deflectómetro de impacto 1 comprende un peso de caída 8 adaptado para ser levantado para crear un impacto deseado. El peso de caída 8 comprende un cuerpo principal alargado 9 que se extiende a lo largo de la dirección longitudinal. El cuerpo principal 9 tiene una superficie de impacto inferior adaptada para impactar con una placa de transferencia de cargas 6. En el cuerpo principal 9 pueden montarse o desmontarse dos pesos 12 para definir el peso mínimo del peso de caída 8. El peso de caída 8 comprende, además, una serie de barras 11 que se extienden lateralmente hacia afuera en la dirección transversal desde el cuerpo principal 9. Con el fin de lograr la magnitud de peso deseado para realizar un ensayo, en las barras que se extienden lateralmente 11 pueden montarse unos pesos extraíbles adicionales 10 (no mostrados en las figuras 1 a 6).

25 El peso de cada uno de los pesos extraíbles 10 se adapta preferiblemente al manejo manual, y el peso de caída 8 puede comprender así un número sustancial de pesos extraíbles 10 apilados uno al lado del otro, típicamente para lograr un peso total del peso de caída 8 de hasta aproximadamente 750 kilos. Cuando están montados, los pesos extraíbles 10 se extenderán hacia abajo para alinearse con la superficie de impacto inferior del cuerpo principal 9, de modo que los pesos extraíbles 10 formen parte de la superficie de impacto. Para sujetar los pesos extraíbles 10 en el cuerpo principal 9, pueden disponerse medios de sujeción tales como tuercas 13 en el extremo de las barras que se extienden lateralmente 11.

30 Entre la placa de transferencia de cargas 6 y el peso de caída 8 se disponen una serie de amortiguadores elásticos 19. En las realizaciones mostradas, los amortiguadores elásticos 19 están montados en la parte superior de la placa de transferencia de cargas 6, pero el experto en la materia apreciará que los amortiguadores elásticos 19 también podrían montarse en la parte inferior del peso de caída 8, es decir, debajo del peso de caída 8. Los amortiguadores elásticos 19 se disponen para amortiguar el impacto y obtener una fuerza de impacto en forma de media onda sinusoidal adecuada en el impacto tal como se ha mencionado anteriormente.

35 Los amortiguadores elásticos 19 están dispuestos preferiblemente en filas a lo largo de la dirección transversal de la placa de transferencia de cargas 6, de manera que una fila de amortiguadores elásticos 19 se encuentra inmediatamente por debajo del cuerpo principal 9 y filas adicionales de amortiguadores elásticos 19 se encuentran situadas por debajo de las barras que se extienden lateralmente 11, de modo que las filas adicionales se verán afectadas por los pesos extraíbles 10 montados en las barras que se extienden lateralmente 11. A través de esta disposición, el número de amortiguadores elásticos 19 que se utilizan dependerá de la cantidad de pesos extraíbles 10 montados en el peso de caída 8.

40 Los amortiguadores elásticos 19 están realizados preferiblemente en caucho y son preferiblemente intercambiables, lo que permite variar su número, tamaño, propiedades elásticas, etc., de acuerdo con una cantidad determinada deseada de peso del peso de caída 8, y ancho de pulso deseado de la media onda sinusoidal.

45 Además, la forma del pulso de impacto puede personalizarse cambiando el peso del peso de caída 8, la altura de caída, los amortiguadores 19, es decir, sustituyendo los amortiguadores por otros de diferente elasticidad y/o cambiando el número de amortiguadores 19, o utilizando los motores 15, que se describirán a continuación, para acelerar el peso de caída 8, es decir, frenar o acelerar la caída. Al usar uno o una combinación de estos, puede personalizarse el pulso de impacto para simular determinados tipos de cargas. Por ejemplo, puede lograrse un pulso de impacto más amplio con una fuerza máxima menor frenando la caída utilizando el motor eléctrico lineal 15 para simular una carga más duradera en la superficie de ensayo 30.

50 Desde la placa de transferencia de cargas 6, la fuerza de impacto conformada se transfiere a una superficie de ensayo 30 (mostrada sólo en las figuras 6a a 6e), tal como un pavimento de, por ejemplo, hormigón de cemento

Portland u hormigón asfáltico, a través de unos medios de transmisión de fuerza que comprenden, entre otros, una columna de soporte 5, y una placa de carga 2 adaptada para acoplarse a la superficie de ensayo 30. La placa de carga 2 es preferiblemente circular y, tal como puede apreciarse en la figura 1, puede estar segmentada. En la realización preferida hay cuatro segmentos 2a, 2b, 2c, 2d de los cuales sólo dos segmentos 2a, 2b son claramente visibles en la figura 1.

Es evidente que puede utilizarse cualquier número adecuado de segmentos, incluyendo uno, es decir, una única placa de carga circular 2. Tal como se aprecia mejor en la figura 4, los segmentos 2a, 2b de la placa de carga 2 están conectados mediante unos separadores 3 a una placa intermedia 4, lo que permite que cada uno de los segmentos 2a, 2b tenga un pequeño grado de libertad para permitir que la placa de carga general 2 se adapte a irregularidades de la superficie de ensayo 30, incluso si la superficie de ensayo 30 no es completamente plana u horizontal. La placa intermedia 4 y la célula de carga 7, que están unidas rígidamente, preferiblemente también tienen un cierto grado de libertad respecto a la columna de soporte 5 para adaptarse a inclinaciones en la superficie de ensayo 30.

La placa intermedia 4 está conectada a la placa de transferencia de cargas 6 a través de otros medios de soporte 31 que forman parte de la columna de soporte 5. Los otros medios de soporte también incluyen un transductor de fuerza 7, tal como una célula de carga, adaptado para medir las fuerzas en el impacto del peso de caída 8 sobre la placa de transferencia de cargas 6 a través de los amortiguadores elásticos 19.

En la realización mostrada, el peso de caída 8 va guiado a lo largo de una columna de guía central 14 sujeta a la placa de transferencia de cargas 6, guiando así los movimientos hacia arriba y hacia abajo del peso de caída 8 cuando se deja caer o al levantarlo.

El peso de caída 8 comprende, además, dos placas de montaje de inducido verticales 17, es decir, una en cada extremo. Para formar los inducidos de los motores eléctricos lineales 15, el peso de caída 8 comprende preferiblemente dos conjuntos de imanes permanentes 18 situados en cada placa de montaje de inducido 17, es decir, cuatro conjuntos en total. Estos conjuntos de imanes permanentes 18 que forman los inducidos de los motores eléctricos lineales 15 están dispuestos en filas verticales con polaridades alternas. A través de esta disposición, las bobinas magnetizables (no mostradas) asociadas a los estatores de los motores eléctricos lineales 15 pueden actuar directamente sobre el peso de caída 8 sin piezas móviles a parte del propio peso de caída 8. En particular, el inducido del imán permanente en el peso de caída 8 evita la necesidad de que tener que tirar de alambres o cables eléctricos flexibles hacia el peso de caída 8.

Las dos placas de montaje de inducido verticales 17 están provistas, además, de un par de carriles de guía 16. Los carriles de guía 16 están alojados y guiados por unos cojinetes lineales correspondientes en forma de pistas 20, de manera que permiten un movimiento de deslizamiento recíproco mutuo entre el peso de caída 8 y el resto del deflectómetro de impacto 1. Las pistas 20 están montadas en las respectivas placas de montaje del motor 27 que llevan los estatores de los motores eléctricos lineales 15 y forman parte de las torres de motor 28. Las placas de montaje 27 están soportadas por la placa de transferencia de cargas 6 y estabilizadas por unos elementos de soporte 21 sustancialmente triangulares que refuerzan y soportan la posición de cada placa de montaje del motor 27 respecto a la placa de transferencia de cargas 6.

Las pistas 20 tienen preferiblemente una sección transversal que es complementaria a la sección transversal de los carriles de guía 16 y permite que los carriles de guía 16 permanezcan las pistas 20, por ejemplo, una disposición de cola de milano o una disposición de ranura similar. Mediante el uso de lubricante, tal como grasa, se asegura un deslizamiento suave, pero evidentemente pueden disponerse otros medios, tales como cojinetes de bolas, para permitir un movimiento de deslizamiento suave del peso de caída 8. Aparte de guiar el peso de caída 8, las pistas 20 y los carriles de guía 16 cooperantes garantizan el espacio de aire en varios motores eléctricos lineales 15 utilizados para levantar el peso de caída 8. Las partes posteriores de los motores eléctricos lineales 15 se aprecian mejor en la figura 3 donde se ha eliminado la cubierta del motor con fines ilustrativos.

Los motores eléctricos lineales 15 son preferiblemente motores lineales tales como LMA22-100 disponibles de la firma ETEL S.A., Zone Industrielle, CH-2112 Môtiers, Suiza, y controladores del motor asociados de la misma firma. Estos motores son capaces de entregar 3650 Newton de fuerza en el pico y, por lo tanto, son capaces de levantar y sostener el peso de caída 8 del deflectómetro de impacto 1. El uso de dichos motores eléctricos lineales 15 permite un menor tiempo de elevación en comparación con el deflectómetro de impacto de la técnica anterior accionado por un motor eléctrico rotativo y un vástago lo cual, a su vez, ya es mucho más rápido que una elevación hidráulica tradicional. Los tiempos de elevación son sustancialmente inferiores a 1 s para una elevación de 400 mm y, de hecho, son comparables al tiempo de caída libre de aproximadamente 0,285 s para la correspondiente caída de 400 mm.

Para una alta movilidad en uso práctico, el deflectómetro de impacto 1 se monta en un carro adecuado, tal como un remolque o un vehículo, por sí conocido y mostrado esquemáticamente en las figuras 6a-6f. Compárese también las

diversas ilustraciones del artículo "*Faldoddets historie*" mencionado anteriormente, incorporado aquí por referencia. El consumo de energía del deflectómetro de impacto no es sustancial, pero puede exceder del que puede proporcionar el generador incorporado del vehículo tractor. Por consiguiente, la energía eléctrica para accionar los motores lineales 15 puede ser proporcionada por un generador adicional. Esto puede ser mediante un generador adicional en el vehículo en el que está montado el deflectómetro de impacto 1 y/o a través del cual es remolcado. En el caso en que el deflectómetro de impacto 1 esté en un remolque arrastrado, el generador eléctrico puede disponerse en el remolque para garantizar la autonomía.

Aunque no se muestra en las figuras 1, 2, 4, 7, 8 y 9, el deflectómetro de impacto 1 puede montarse en una estructura para facilitar la manipulación y el transporte. La estructura 22 puede estar montada o formar parte integral de un carro con ruedas tal como se ilustra esquemáticamente en las figuras 6a-6e, tal como un remolque o un vehículo autopulsado.

La figura 3 muestra otra vista en perspectiva del deflectómetro de impacto 1 mostrado en las figuras 1 y 2 montado en una estructura de soporte 22 y con la cubierta del motor retirada con fines ilustrativos para mostrar los motores eléctricos lineales 15. En la realización mostrada el deflectómetro de impacto 1 comprende un total de cuatro motores eléctricos lineales 15, dos a cada lado del peso de caída 8. Es evidente que puede utilizarse cualquier número adecuado de motores eléctricos lineales 15 dependiendo de la capacidad de dichos motores eléctricos lineales 15 y de la fuerza de impacto que se requiera que produzca el deflectómetro de impacto 1.

Esta disposición en la que las bobinas activables de los motores eléctricos lineales 15 se colocan sobre el cuerpo estático de los deflectómetros de impacto 1 y los inducidos se colocan sobre el peso de caída 8 en forma de uso de imanes permanentes 18 resulta ventajosa ya que el peso de caída 8 es independiente de cualquier cableado, que sería necesario flexionar y es propenso a romperse.

Haciendo referencia ahora a la figura 6a-e, el deflectómetro de impacto 1 se muestra montado en una estructura de soporte, y para movilidad en un uso práctico, el deflectómetro de impacto 1 va montado en un carro adecuado tal como un remolque o un vehículo para que pueda ser transportado fácilmente a un sitio de ensayo. Al llegar al lugar de la ensayo, el deflectómetro de impacto 1 se baja y la placa de carga 2 se acopla a la superficie de ensayo 30. A partir de la situación de la figura 6b, el peso de caída 8 puede levantarse hasta la posición de caída que se muestra en la figura 6c-d, es decir, la altura que producirá la fuerza de impacto deseada, por medio del motor eléctrico lineal 15 que actúa sobre los imanes permanentes 18 del peso de caída 8, en cuya posición los motores eléctricos lineales 15 se desacoplan, es decir, se desactivan, y se realiza la caída. Para controlar la altura de elevación, pueden disponerse unos codificadores lineales en el peso de caída 8, por ejemplo, junto con los imanes permanentes 18, para comunicar una altura de elevación al controlador del motor.

Debido a que los motores eléctricos lineales 15 están en acoplamiento magnético permanente con el peso de caída 8, inevitablemente habrá una cierta fuerza de frenado dado que los motores lineales 15 actúan como generadores durante la caída. Sin embargo, dado que los motores eléctricos lineales 15 normalmente tienen terminales abiertos durante la caída, la energía inducida no puede disiparse y casi no hay pérdidas eléctricas. Tal como es bien conocido, la tensión sobre los terminales abiertos aumentará drásticamente, debido a la fuerza contra-electromotriz inducida y, en algunas ocasiones, puede ser necesario proteger la electrónica de control contra estas tensiones excesivas. Por tanto, la electrónica de control incluye medios de protección para cortocircuitar los terminales con un valor de resistencia adecuado para reducir la tensión. Sin embargo, esto es sólo en casos extremos, e incluso en esos casos la fuerza de frenado es muy pequeña y puede despreciarse, salvo que se utilice una altura de caída muy pequeña y/o muy poco peso para proporcionar la fuerza de impacto. En cualquier caso, esto puede compensarse activando los motores eléctricos lineales 15 ligeramente durante la caída para contrarrestar el frenado inherente por la inducción del motor.

En este sentido, el experto comprenderá que los motores eléctricos también pueden activarse de manera activa para soportar la caída o incluso acelerarla a más de 1G. Es decir, en lugar de simplemente compensar la frenada casi inexistente del peso de caída 8, los motores eléctricos lineales 15 también pueden activarse adicionalmente para producir una caída acelerada del peso de caída 8 con una mayor fuerza de impacto. Sin embargo, esto se traducirá en un mayor consumo de energía y que se requiera una mayor refrigeración de los motores eléctricos lineales 15 y el controlador. No obstante, el deflectómetro de impacto 1 de acuerdo con la presente invención, de hecho, no está restringido a caídas libres. En lugar de caída libre, puede proporcionarse una aceleración hacia abajo mayor o menor que la aceleración en caída libre. Un uso para esto podría ser configurar el impacto si, en lugar de desconectar el motor eléctrico lineal 15 cuando se deja caer el peso de caída 8, tal como se ha sugerido anteriormente, el motor eléctrico lineal 15 se mantiene acoplado para controlar la fuerza durante un impacto. Todo lo anterior puede controlarse eléctricamente y, por lo tanto, se convierte en automatización, sin otra intervención manual que, por ejemplo, pulsar algunos botones.

Tal como se entenderá, la finalidad del deflectómetro de impacto 1 es probar una superficie pavimentada, es decir, la superficie de ensayo 30. Para proporcionar datos útiles, la fuerza del impacto sobre la superficie de ensayo 30 se

5 mide utilizando unos sensores, tal como la célula de carga 7 integrada en el deflectómetro de impacto 1, en particular, en la columna de soporte 5 del deflectómetro de impacto 1. A distancias predeterminadas del centro de impacto se colocan otros sensores externos, tales como geófonos, acelerómetros o sensores similares para detectar flexiones. Para ello, en el deflectómetro de impacto 1, por ejemplo, los sensores se montan en una viga rígida (no mostrada) que puede bajarse de la estructura del deflectómetro de impacto 1 para que entre en contacto con la superficie, de modo que los sensores puedan registrar las deflexiones creadas por el impacto conocido en el pavimento.

10 Por lo tanto, los sensores utilizados para adquirir datos pueden incluir geófonos, acelerómetros, láseres, cámaras, o una combinación de los mismos. Los datos adquiridos pueden almacenarse localmente en un disco duro integrado, o pueden transmitirse para su almacenamiento o procesamiento remoto.

15 Después del impacto, el motor eléctrico lineal 15 puede volverse a activar para volver a levantar el peso de caída 8 a la posición de caída para iniciar el siguiente ciclo de caída. Cuando se ha realizado un número adecuado de ciclos de caída en el lugar de ensayo, el deflectómetro de impacto 1 se levanta de la superficie de ensayo 30 y se fija en una posición de transporte.

20 Volviendo ahora a las figuras 7 y 8, se muestra otra realización más compacta del deflectómetro de impacto 1 de acuerdo con la invención. En esta realización más compacta del deflectómetro de impacto 1, se ha omitido la columna de guía central 14, permitiendo que el cuerpo principal 9 del peso de caída 8 sea más delgado y más compacto. Esto hace que la configuración general sea más ligera y permita un menor peso de caída mínimo. Por otra parte, el cuerpo más estrecho permite que las barras que se extienden lateralmente 11 sean, a su vez, más largas lo que permite montar filas adicionales de pesos extraíbles 10. Esto permite que el peso de caída 8 alcance un mayor peso máximo y, por lo tanto, una mayor fuerza de impacto máxima. Permitir un menor peso mínimo y un mayor peso máximo aumenta la versatilidad del deflectómetro de impacto 1, ya que pueden lograrse impactos en un rango de fuerza mayor. Alternativamente, si las filas adicionales de pesos extraíbles 10 no son necesarias, el deflectómetro de impacto 1 puede construirse específicamente con una anchura reducida para hacerlo más compacto.

30 En la figura 7, los pesos extraíbles 10 se han retirado de un lado del peso de caída 8 con fines ilustrativos. Durante el funcionamiento, los pesos extraíbles 10 preferiblemente deberían montarse simétricamente sobre el peso de caída 8, por ejemplo, tal como se muestra en la figura 9 donde la mayoría de los pesos 10 están montados, de manera que los motores eléctricos lineales 15 y los carriles de guía 16 no experimentarían con el tiempo ningún par que pudiera dañar el deflectómetro de impacto 1.

35 En cada uno de los extremos opuestos del peso de caída 8 se dispone una torre de motor 28 que aloja motores eléctricos lineales 15. Las torres de motor 28 son simétricas e idénticas entre sí. Cada torre de motor 28 comprende dos placas de montaje del motor 27 para montar los motores eléctricos lineales 15, una placa de montaje de guía 23 para montar guías, y unas cubiertas 24, 25 para proteger el interior de la torre de motor 28. En la figura 7 y 8, las cubiertas 24, 25 y las placas de montaje 27, 23 se han retirado de una de las torres de motor 28 para mostrar el diseño interno.

40 Cada placa de montaje del motor 27 se extiende verticalmente hacia arriba desde la placa de transferencia de cargas 6 y está unida a la placa de transferencia de cargas 6 utilizando dos elementos de soporte 21 sustancialmente triangulares que refuerzan y soportan la posición de cada torre de motor 28 respecto a la placa de transferencia de cargas 6. Las placas de montaje del motor 27 de cada torre de motor quedan colocadas paralelas a la dirección longitudinal y enfrentadas entre sí, de modo que forman dos lados opuestos de la torre de motor 28. Extendiéndose entre ellas hay una placa de montaje de guía 23 que forma un extremo de la torre de motor 28 y sirve como elemento de montaje para los elementos de guía 16, 20 del peso de caída 8.

50 El cuarto lado, que es el lado que está orientado hacia el cuerpo principal 9, de cada torre de motor 28 está parcialmente protegido por una cubierta 25 con una ranura vertical 26 que se extiende sustancialmente por toda la altura de la torre de motor 28 para permitir que el peso de caída 8 se extienda hacia la torre de motor 28 y se mueva libremente a lo largo de la ranura durante la elevación y caída del peso de caída 8.

55 Dentro de cada torre de motor 28 van montados un par de dos motores eléctricos lineales 15 en las placas de montaje del motor 27, es decir, un motor eléctrico lineal 15 en cada placa de montaje del motor 27. El par de motores eléctricos lineales 15 está montado de manera que las bobinas magnetizables de los motores eléctricos lineales 15 quedan orientadas entre sí con un espacio que puede dar cabida a los inducidos para los motores eléctricos lineales 15 entre las mismas.

60 Los motores eléctricos lineales 15 están montados en los extremos de la placa de transferencia de cargas 6, más específicamente, para permitir que la longitud de las filas de imanes permanentes 18 se extienda tanto por debajo como por encima de la placa de transferencia de cargas. Extenderse por encima de la placa de transferencia de

cargas no solo extiende la altura máxima de caída del peso de caída 8, sino que también asegura que los imanes 18 del inducido se solapen siempre en todos los polos del estator. Si no hay un solapamiento completo entre los imanes del inducido y los polos del estator, la fuerza de elevación se reduciría y el motor eléctrico lineal 15 posiblemente no podría levantar todos los pesos como se desee.

5 En ambos extremos, el cuerpo principal 9 del peso de caída 8 se extiende a través de la ranura 26 hacia la torre de motor 28 donde hay conectado a un elemento de montaje del inducido 17. La placa de montaje del inducido 17 se extiende verticalmente hacia la torre de motor 28 a través del espacio entre los motores eléctricos lineales 15 y es paralela a las placas de montaje del motor 27. En una fila vertical a ambos lados del elemento de montaje del
10 inducido 17 se dispone un conjunto de imanes 18, de modo que cada conjunto de imanes 18 tiene una superficie expuesta que está orientada hacia las bobinas magnetizables del estator de un motor eléctrico lineal 15 para formar el inducido del motor eléctrico lineal 15 respectivo, es decir, los inducidos están intercalados entre los dos estatores de modo que los inducidos pueden moverse verticalmente dentro del espacio entre los estatores.

15 El elemento de montaje del inducido 17 y los conjuntos de imanes 18 montados en el mismo se extienden verticalmente hacia abajo a través de una abertura en la placa de transferencia de cargas 6, para permitir que los conjuntos de imanes 18 sean más largos, es decir, permitan más imanes en cada fila vertical, con el fin de ampliar la altura de caída máxima. Alternativamente a extender los conjuntos de imanes 18 a través de la placa de
20 transferencia de cargas 6, la torre de motor 28 podría hacerse más alta, de modo que los motores eléctricos lineales 15 puedan montarse más arriba, pero esto requeriría un refuerzo adicional para soportar la torre de motor 28. Por debajo de la placa de transferencia de cargas 6, alrededor de cada una de las aberturas a través de las cuales se extienden los elementos de montaje del inducido 17 y los conjuntos de imanes 18, se dispone una cubierta 24 para proteger el inducido y proteger al operador del deflectómetro de impacto 1 de las piezas móviles durante el funcionamiento.

25 La simetría del diseño de la torre de motor es ventajosa, ya que permite que las fuerzas horizontales aplicadas sobre los dos conjuntos de imanes 18 por sus respectivos motores eléctricos lineales 15 se cancelen entre sí. Esto reduce la tensión ejercida sobre los elementos de montaje 17, 27, 23 y las guías 16, 20.

30 Tal como puede apreciarse en las figuras 8 y 9, el peso de caída 8 comprende, además, un carril de guía 16 en cada extremo. Ésta es una ventaja adicional de la simetría de la torre de motor 28, ya que un carril de guía 16 puede mantener el espacio de aire para ambos motores eléctricos lineales 15. Los carriles de guía 16 van guiados por un par de pistas 20 montadas dentro de la torre de motor 28 en la placa de montaje de guía 23. Las pistas 20 de cada par de pistas 20 están separadas verticalmente, con el fin de asegurar que el carril de guía 16 permanezca vertical
35 durante el funcionamiento. Es evidente que las pistas 20 pueden montarse en el peso de caída 8 y el carril de guía 16 en la torre de motor, con lo que se obtendría el mismo efecto de guía.

40 La presente invención se ha descrito ahora en base a unas realizaciones de ejemplo. El experto en la materia, sin embargo, apreciará que son posibles muchas otras realizaciones y variaciones, así como aplicaciones de la invención sin apartarse del alcance de las reivindicaciones. En particular, comprenderá que la configuración de los medios de transmisión de fuerza, incluyendo la columna 5 y la placa intermedia 4, o la placa de carga 2 pueden diferir de los ejemplos. Además, el experto en la materia apreciará muchas otras formas de utilizar el deflectómetro de impacto 1 en términos de configuración del impacto y mediciones para el cual puede utilizarse.

REIVINDICACIONES

1. Deflectómetro de impacto (1) que comprende
- 5 - una placa de carga (2) adaptada para acoplarse a una superficie de ensayo (30);
 - medios de transmisión de fuerza (6) adaptados para transmitir una fuerza a la placa de carga (2);
 - medios de amortiguación (19);
 - un peso de caída (8) adaptado para impactar en dichos medios de transmisión de fuerza (6) a través de dichos
10 medios de amortiguación (19) para proporcionar una fuerza que se transmite a dicha placa de carga (2) a través
 de los citados medios de transmisión de fuerza (6);
 - medios de guía (16, 20) para guiar dicho peso de caída (8) hacia dichos medios de transmisión de fuerza (6), y
 - medios de elevación para levantar dicho peso de caída (8) a una altura predeterminada por encima de dichos
 medios de transmisión de fuerza (6),
15 caracterizado por el hecho de que los medios de elevación comprenden múltiples motores eléctricos lineales (15)
 dispuestos en dos torres de motor (28) situadas en extremos opuestos del peso de caída, en el que cada torre de
 motor (28) comprende placas de montaje del motor (27) para montar los motores eléctricos lineales (15).
2. Deflectómetro de impacto (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho por lo menos un motor eléctrico
20 (15) comprende imanes permanentes (18).
3. Deflectómetro de impacto (1) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dichos imanes permanentes (18)
 forman parte de dicho peso de caída (8).
4. Deflectómetro de impacto (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que dichas torres
25 de motor (28) comprenden dichos medios de guía (16, 20).
5. Deflectómetro de impacto (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios
 de elevación comprenden cuatro motores eléctricos.
- 30 6. Deflectómetro de impacto (1) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones anteriores, en el que el peso de
 caída (8) comprende por lo menos un codificador lineal.

Fig. 1

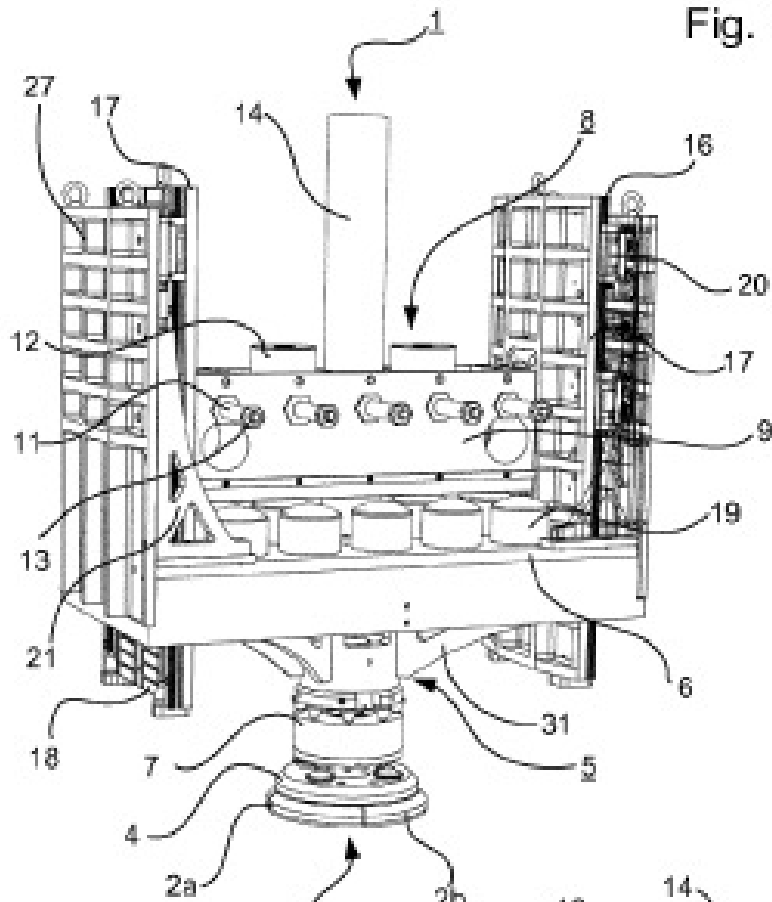


Fig. 2

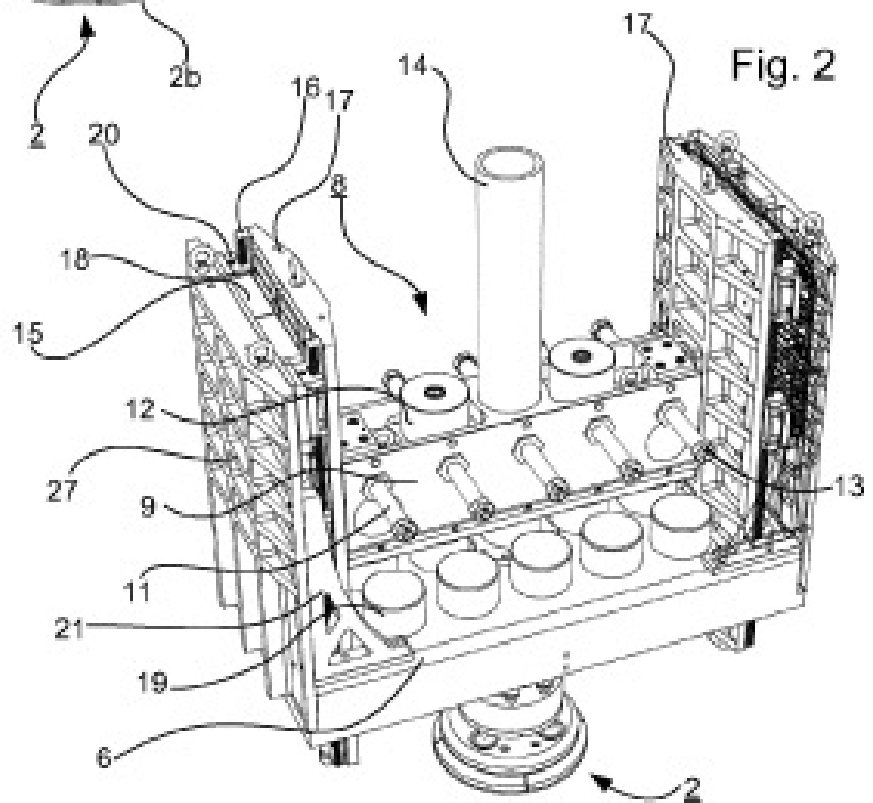
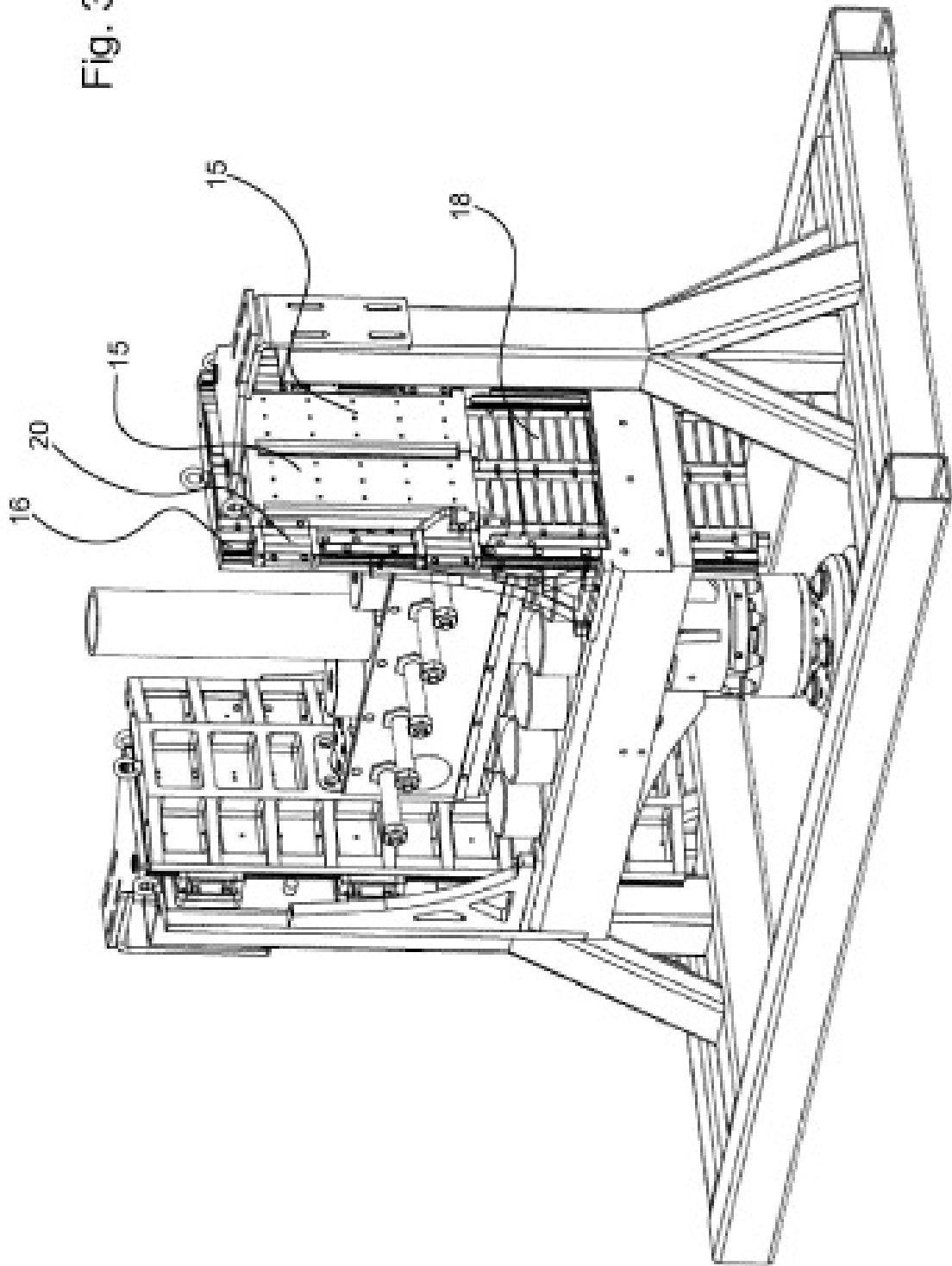
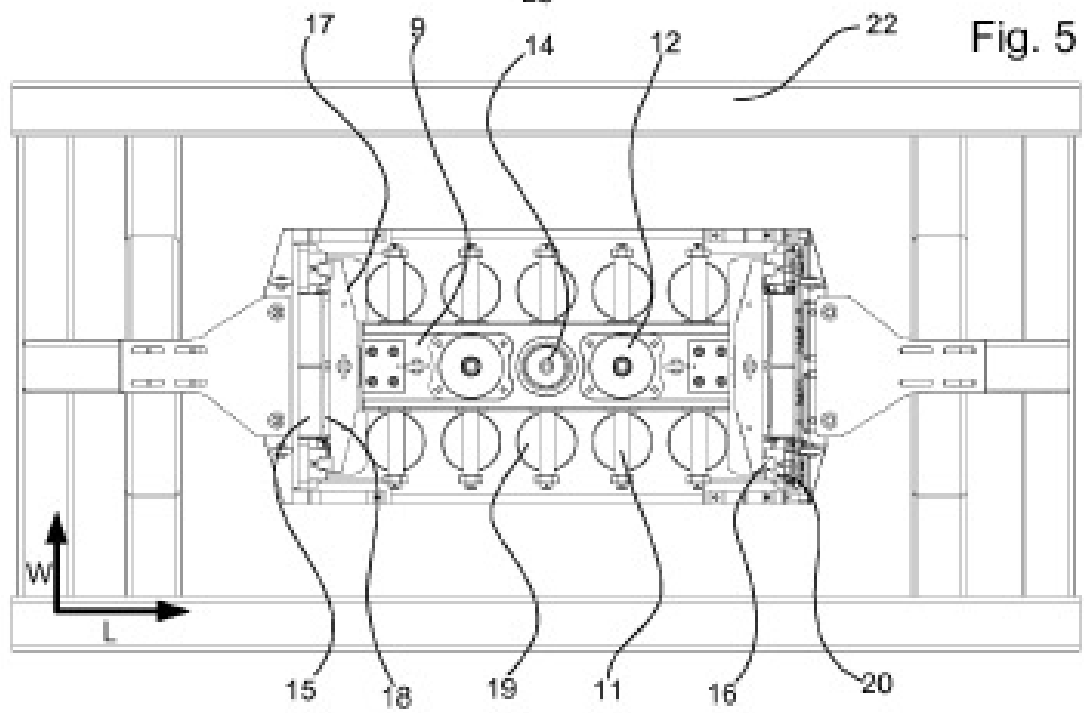
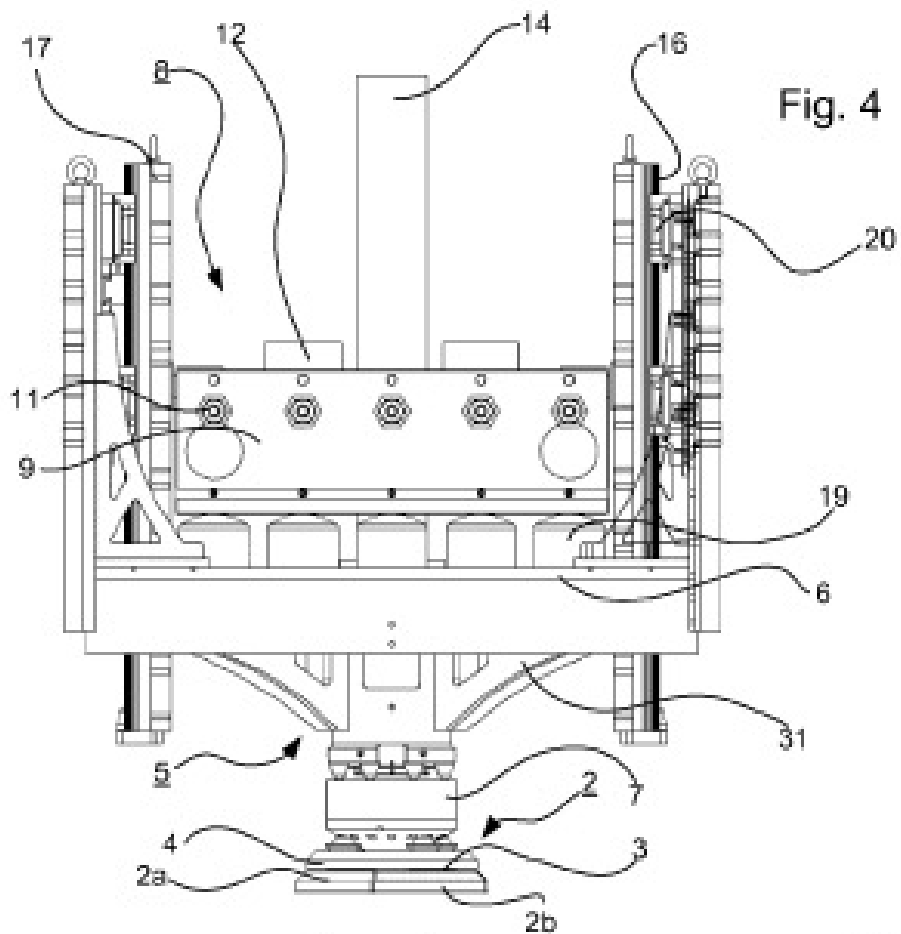


Fig. 3





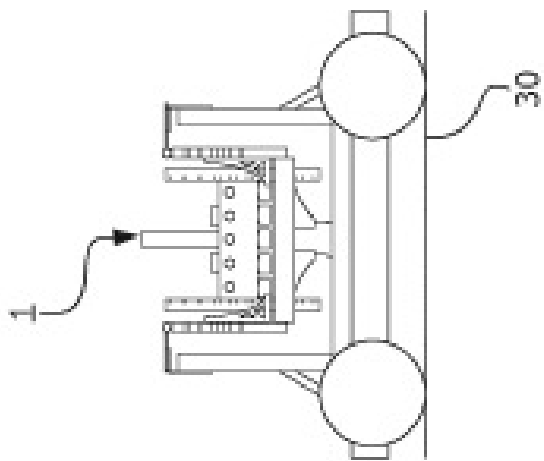


Fig. 6a

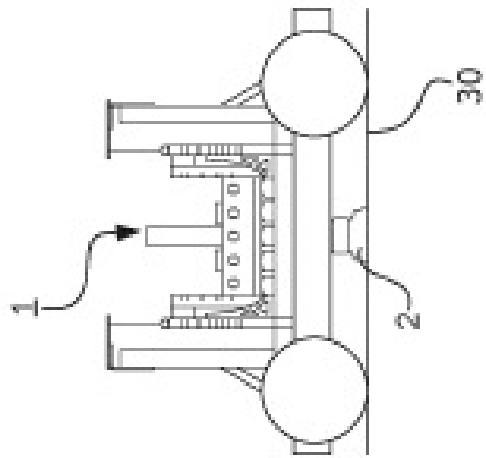


Fig. 6b

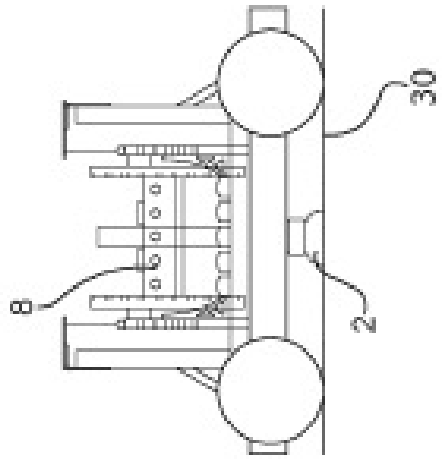


Fig. 6c

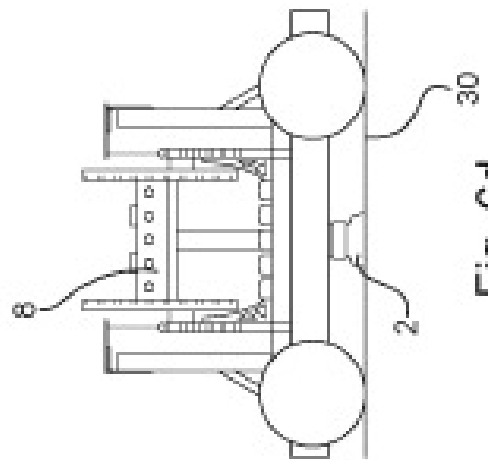


Fig. 6d

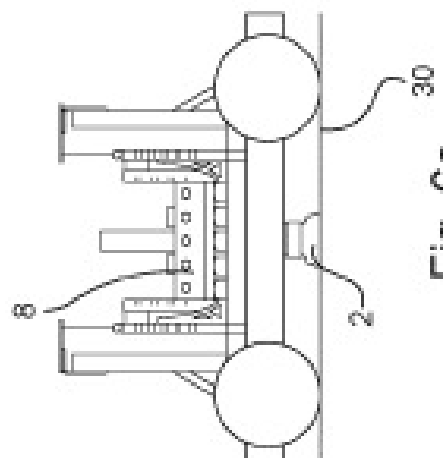


Fig. 6e

