

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 008 473**

51 Int. Cl.:

E02F 9/26 (2006.01)

B23Q 17/09 (2006.01)

E02F 9/28 (2006.01)

E21B 12/02 (2006.01)

G01N 3/56 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.07.2015** **PCT/ES2015/070574**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.02.2017** **WO17017289**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2015** **E 15760207 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2024** **EP 3327205**

54 Título: **Sensor de desgaste y elemento de desgaste, conjunto y uso correspondientes**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
24.03.2025

73 Titular/es:

**METALOGENIA RESEARCH & TECHNOLOGIES
S.L. (0%)
Àvila 45
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**MÁRQUEZ LLINÀS, JORDI;
CÉSAR GALO BARDES, JOAN;
VALLVÉ, NIL;
TRIGINER BOIXEDA, JORGE;
TORAL MARTÍN, CRISTIAN;
PUIG CASTELLÓ, ALBERT y
CAMPRUBÍ TORRAS, ENRIC**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 3 008 473 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

Sensor de desgaste y elemento de desgaste, conjunto y uso correspondientes

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un sensor de desgaste para un elemento de desgaste en una pala de una máquina de movimiento de tierras. También es apto para barcos de dragado provistos de cabezas de corte que excavan, transportan y depositan material procedente de zonas sumergidas.

La invención también se refiere a un elemento de desgaste de una pala de una máquina de movimiento de tierras con un sensor de acuerdo con la invención así como a un conjunto formado por el citado elemento de desgaste y el soporte o adaptador correspondiente, donde el elemento de desgaste presenta un extremo posterior apto para ser montado en el soporte y el soporte tiene un extremo anterior apto para ser montado al elemento de desgaste, donde el extremo posterior del elemento de desgaste presenta una superficie interior que, en posición montada, queda encarada a una superficie interior del extremo anterior del soporte.

La invención se refiere asimismo a un uso de un sensor de desgaste de acuerdo con la invención.

20 Estado de la técnica

Las máquinas de movimiento de tierras son empleadas en trabajos de excavación, demolición, construcción, minería, dragado y actividades similares. Usualmente la pala o cazo presenta una pluralidad de elementos de desgaste que la protegen del desgaste y los impactos y/o que mejoran la penetración en el terreno, como por ejemplo con dientes, soportes o portadientes y/o protectores (frontales y laterales). Sin embargo los elementos de desgaste sí se desgastan por lo que es necesario sustituirlos periódicamente.

Las grandes máquinas de movimiento de tierras, especialmente las que operan en canteras y minas, son esenciales para la producción en dichos emplazamientos. Por ello, los tiempos de inactividad de estas máquinas pueden afectar de una forma muy relevante la productividad de los mismos. Un elemento de desgaste perdido, roto o desgastado requerirá parar la máquina para ensamblar otro elemento de desgaste, dando lugar a un tiempo de producción malgastado. En este sentido, es interesante poder prever la vida útil que le queda a un elemento de desgaste, a fin de intentar hacer coincidir la sustitución del elemento de desgaste con un paro de la máquina por otros motivos, así como para sustituir el elemento de desgaste antes de que se haya desgastado más allá del límite para el que ha sido diseñado (lo que podría provocar su caída, rotura y/o el dañado de otros elementos que el elemento de desgaste debería proteger).

Las condiciones de trabajo de los elementos de desgaste son particularmente exigentes, con grandes sollicitaciones mecánicas, vibraciones, golpes y elevadas temperaturas (más de 100°C e incluso más de 200°C en algunas zonas).

Es conocida la inclusión de detectores de presencia, por ejemplo mediante etiquetas RFID (del inglés, *radio-frequency identification*) que, sin embargo, es un sistema que solo es apto de detectar la presencia del elemento de desgaste pero no su nivel de desgaste. Además, suelen presentar problemas si deben trabajar a temperaturas elevadas. Otros sistemas emplean técnicas de visión artificial.

También son conocidos sistemas que permiten detectar el nivel de desgaste mediante la inclusión de marcas u orificios en el elemento de desgaste. Sin embargo, estos sistemas requieren que el operario inspeccione físicamente los elementos de desgaste.

El documento DE 4312354 (C1) describe un sensor de medición de desgaste, por ejemplo, para una zapata de freno de vehículo que usa una cadena de resistencia con unos bucles conductores de punteado en distancias escalonadas con respecto a la superficie del componente. El sensor de medición de desgaste está incorporado en el componente de máquina y tiene una serie de conductores que están situados a diferentes distancias con respecto a la superficie de componente sujeta a desgaste en un extremo del sensor. Cada conductor comprende un bucle en forma de U con una resistencia conectada a través de sus extremos libres, con un par de terminales de medición en extremos opuestos de la cadena de resistencia. El sensor está previsto como un pasador, con los conductores y las correspondientes resistencias montadas en un chip que se extiende en ángulos rectos con respecto a la superficie de componente. Es apto para entornos de altas temperatura y alta presión.

El documento US 2015/035673 (A1) describe unos sistemas de localización y detección de diente de metal. Un sistema incluye un diente de máquina pesada configurado para ser montado sobre una pala de una máquina pesada, una etiqueta RFID activa acoplada al diente de máquina pesada para mover el diente, y un lector RFID configurado para leer datos de la etiqueta RFID. El lector RFID está configurado asimismo para proporcionar una indicación respecto a la ubicación del diente cuando el diente se separa de la pala sobre la base de los datos leídos

de la etiqueta RFID y proporciona una información de diagnóstico respecto al diente de la máquina pesada sobre la base de los datos leídos de la etiqueta RFID.

- 5 El documento EP 1.058.106 (A1) describe la agrupación de elementos rodantes. Un elemento de contacto rodante está provisto de una capa de sensor de película delgada de superficie cubierta por una capa funcional tribológica. Un par de elementos de contacto rodantes contrarrotatorios cargados a presión tiene, en la superficie de uno o cada uno de los elementos de contacto rodantes, un sensor de película delgada que comprende una capa de sensor entre una capa funcional tribológica adyacente y la superficie de elemento de contacto rodante.
- 10 El documento US 2007/163325 divulga un sensor de desgaste para piezas de trabajo en una máquina de trabajo que incluye una construcción de dos piezas con unos medios de comunicación inalámbrica.

Exposición de la invención

- 15 La invención tiene por objeto superar estos inconvenientes. Esta finalidad se consigue mediante un sensor de desgaste del tipo indicado al principio, que comprende un circuito eléctrico sensor y por lo menos un brazo alargado que se extiende en una dirección de detección definiendo un eje longitudinal, donde el brazo alargado presenta una base y un extremo, donde el extremo es apto para ser desgastado conjuntamente con el material de desgaste del elemento de desgaste, y donde el brazo alargado comprende una pluralidad de conexiones eléctricas que forman parte del circuito eléctrico sensor y que se extienden longitudes diferentes entre sí, medidas según el eje longitudinal a lo largo del brazo.
- 20

- Efectivamente, los elementos de desgaste tienen una parte de material de desgaste ya diseñada y prevista para ser desgastada. Es decir, es una parte de la pieza que se irá desgastando con el tiempo y, por lo tanto será físicamente eliminada de la pieza. El sensor de acuerdo con la invención tiene un circuito eléctrico sensor una parte del cual (el brazo) se extiende hacia la zona de la pieza que está prevista que sea eliminada por desgaste. El brazo del sensor tiene su extremo alojado en esta zona de la pieza que será eliminada y, por lo tanto, durante el posterior uso del elemento de desgaste, el extremo del brazo sensor será también eliminado. En consecuencia las conexiones eléctricas dispuestas en el brazo se verán físicamente eliminadas, lo que provocará que los correspondientes circuitos queden abiertos. Al haber una pluralidad de conexiones eléctricas que se extienden longitudes diferentes entre sí en sentido del eje longitudinal (es decir que se extienden hacia el extremo del brazo en una mayor o menor cantidad), estas conexiones eléctricas se irán interrumpiendo secuencialmente conforme vaya progresando el desgaste del elemento de desgaste y, en consecuencia, se vaya recortando el extremo del brazo del sensor. De esta manera, un circuito de detección podrá detectar cuál o cuáles de estas conexiones eléctricas están interrumpidas y, en consecuencia, podrá saber hasta qué punto ha avanzado el desgaste del brazo y, en consecuencia del elemento de desgaste.
- 25
- 30
- 35

- El circuito eléctrico sensor está preferentemente dispuesto sobre una placa de circuito impreso (PBC, del inglés *Printed Board Circuit*). El circuito eléctrico sensor está ventajosamente formado por unos elementos pasivos (resistencias, bobinas y/o condensadores) ya que estos elementos son los que mejor soportan las elevadas temperaturas. Adicionalmente comprenderá una serie de conexiones eléctricas entre ellos, en forma de pistas de material conductor dispuestas sobre la placa del circuito impreso. Algunas de estas conexiones eléctricas son las que se pueden alargar de manera que se extiendan a lo largo del brazo longitudes diferentes entre sí, de manera que cuando se vaya desgastando el brazo se vayan interrumpiendo estas conexiones eléctricas de una forma escalonada. De esta manera, un circuito de detección podrá detectar la rotura de cada una de estas conducciones eléctricas y, a partir de allí, detectar el progreso de desgaste del elemento de desgaste. Para ello, el circuito de detección envía una señal eléctrica preestablecida al circuito eléctrico sensor y mide y analiza la señal de respuesta recibida del circuito eléctrico sensor.
- 40
- 45

- 50 Preferentemente, el brazo está embebido en una masa de material polimérico. Efectivamente el sensor de desgaste estará sometido a unas condiciones de trabajo muy exigentes, debidas al entorno propio del elemento de desgaste. En particular el brazo quedará expuesto al exterior. Para conseguir que el brazo se desgaste junto con el resto del elemento de desgaste y no sufra otros daños debidos a este entorno de trabajo agresivo, es ventajoso que esté embebido en una masa de material polimérico que lo proteja y que, además, permita fijar el sensor al elemento de desgaste. Preferentemente la masa de material polimérico es un elastómero de silicona bicomponente, que combina una baja conductividad térmica con unas propiedades elásticas elevadas, que dan una buena flexibilidad al conjunto, absorbiendo mejor las solicitaciones mecánicas a las que se ve sometido. Un ejemplo comercial de elastómeros de silicona bicomponentes aptos para la realización de la presente invención es el producto de nombre comercial SYLGARD® 170, comercializado por Dow Corning®.
- 55
- 60

- En principio, el brazo puede tener cualquier forma, siempre y cuando se extienda por lo menos en una dirección que sea la que se desea controlar como indicadora de la progresión del desgaste. Es la dirección que se ha considerado que define el citado eje longitudinal. En la práctica, y dadas las limitaciones de espacio existentes, el brazo será lo más pequeño posible en las direcciones en las que no interese medir el desgaste, por lo que tendrá una configuración substancialmente alargada (en la dirección del eje longitudinal) y estrecha perpendicularmente
- 65

al eje longitudinal. En cualquier caso, la zona de desgaste a medir será diferente para cada aplicación (tipo de elemento de desgaste de que se trate, diseño concreto del mismo, tipo de terreno sobre el que deba trabajar, etc.).

Ventajosamente, el brazo alargado tiene entre 3 y 7 de las citadas conexiones eléctricas que se extienden longitudes diferentes entre sí a lo largo del brazo, medidas según el eje longitudinal. Efectivamente, en un sentido estricto podría ser suficiente un sensor que tuviese una única conexión eléctrica en el brazo alargado. Por ejemplo, la conexión eléctrica podría estar dispuesta en lo que correspondería al desgaste máximo previsto para el elemento de desgaste. De esta forma se podría detectar el momento en el que debe realizarse el cambio de pieza. Sin embargo, ya que se dispone de un sensor completo, es decir, con todos los restantes componentes para ser totalmente operativo, vale la pena que presente más de una conexión eléctrica en el brazo, ya que de esta manera se puede detectar no sólo el momento de cambio del elemento de desgaste desgastado sino que se puede detectar la progresión del desgaste, lo que permite, por ejemplo, hacer previsiones de cuándo será necesario hacer el cambio de pieza. En este sentido la existencia de al menos 2 conexiones eléctricas, y preferentemente entre 3 y 7 conexiones eléctricas, ha mostrado ser la mejor combinación ya que permite una resolución suficiente a un bajo coste. Sin embargo, es perfectamente posible plantear soluciones alternativas con más conexiones.

El sensor puede estar concebido con dos estrategias diferenciadas. En un caso el sensor puede ser monobloque, de manera que una única placa de circuito impreso integre ya todos los elementos necesarios para cumplir las funciones del sensor. En este caso la placa de circuito impreso incluirá ya un circuito de detección apto para detectar la rotura de cada una de las conexiones eléctricas dispuestas en el brazo. Esta alternativa permite la realización de un sensor más compacto y económico. Además, el sensor solamente requiere hacer cambios en el diente, por lo que puede ser montado sobre soportes o adaptadores convencionales y/o puede ser empleado en dientes que vayan directamente montados sobre el labio de la pala. El circuito eléctrico sensor y el circuito de detección son más sencillos y no es necesaria la presencia de unos medios de comunicación inalámbrica (como se comentará más adelante). Sin embargo, presenta también algunos inconvenientes: todo el sensor es sometido a las temperaturas elevadas propias del elemento de desgaste, el sensor tiene como vida útil la propia vida útil del elemento de desgaste, etc.

Preferentemente, el sensor comprende también un circuito de transmisión de datos con un emisor de radiofrecuencia. Efectivamente, de esta forma se puede transmitir la información relativa al desgaste del elemento de desgaste hacia el exterior, por ejemplo a un sistema de control que puede estar dispuesto en la cabina de la máquina excavadora. Este sistema de control, a su vez, puede estar conectado vía 3G, internet o vía satélite a una sede central alejada de la zona de trabajo de la máquina, la cual puede gestionar los datos obtenidos.

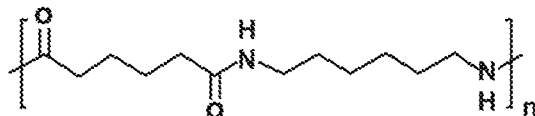
Ventajosamente, el emisor de radiofrecuencia emite en una frecuencia comprendida entre los 50 MHz y los 990 MHz, preferentemente entre los 150 MHz y los 950 MHz y muy preferentemente a 433 MHz. Efectivamente, debe tenerse en cuenta que el sensor está dispuesto en un entorno totalmente metálico y, de hecho, está alojado en el interior de piezas metálicas. Esto dificulta enormemente las comunicaciones por radiofrecuencia. Sin embargo se ha observado que las frecuencias indicadas pueden transmitirse a través de los espacios y holguras propios de los elementos de desgaste y, en general, de los elementos dispuestos en las palas de las máquinas excavadoras. De esta forma, se puede conseguir establecer una comunicación con radiofrecuencia sin necesidad de tener que poner las antenas fuera del elemento de desgaste, lo que las dejaría expuestas al agresivo entorno del elemento de desgaste.

En el caso de un sensor monobloque de acuerdo con la invención, es particularmente ventajoso que las conexiones eléctricas sean parte de una pluralidad de circuitos resistivos conectados en paralelo entre sí, donde el circuito de detección es apto para detectar la caída de tensión en bornes de la pluralidad de circuitos resistivos. Efectivamente, esta solución es particularmente económica y sencilla de implementar.

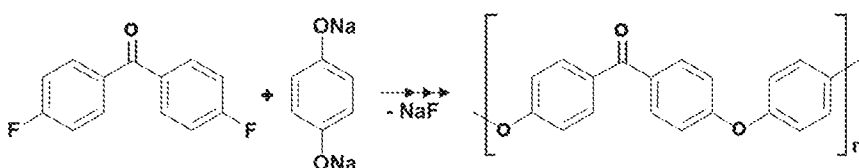
La otra estrategia consiste en diseñar el sensor de manera que esté formado en dos piezas o partes físicamente independientes. En este segundo caso la primera parte es la que comprende el brazo alargado mientras que la segunda parte está dispuesta fuera del elemento de desgaste y es la que incluye el circuito de detección. La primera parte comprende, además, unos medios de interconexión inalámbrica. Por su parte, la segunda parte comprende además el circuito de transmisión de datos y unos segundos medios de interconexión inalámbrica aptos para establecer una conexión inalámbrica con los medios de interconexión inalámbrica. Es decir, los medios de conexión inalámbrica y los segundos medios de conexión inalámbrica son los que permiten establecer una conexión entre las dos partes del sensor, en particular entre el circuito eléctrico sensor y el circuito de detección. Esta alternativa permite alojar el circuito de detección, el circuito de transmisión y, sobre todo, la batería, en un lugar a menor temperatura. Por otro lado, permite que estos componentes del sensor se aprovechen mejor, ya que pueden ser empleados para una pluralidad de elementos de desgaste sucesivos. Por su parte, la primera parte del sensor contiene únicamente elementos mucho más resistentes a la temperatura. Como contrapartida, se requiere de unos medios de interconexión inalámbrica, y se requiere que el soporte o adaptador (o, en general, el lugar sobre el que vaya montado el elemento de desgaste) esté adaptado para poder incluir la segunda parte del sensor.

Tanto en el caso de un sensor monobloque como en el caso de un sensor formado por dos piezas o partes físicamente independientes, es ventajoso que el sensor esté alojado en una cápsula de material polimérico (una

única cápsula en el caso del sensor monobloque o dos cápsulas, una para cada parte del sensor formado en dos piezas). El material polimérico de la cápsula es preferentemente una poliamida alifática semicristalina, y es particularmente ventajoso que sea PA 66, es decir poli[imino(1,6-dioxohexametilen)iminohexametilen], de fórmula general:



El PA 66 presenta una elevada rigidez, punto de fusión elevado y estabilidad dimensional. Tiene además una baja absorción de humedad, por lo que permite ser diseñado con tolerancias más ajustadas. Tiene también una elevada resistencia a la tracción y al desgaste, y es un material adherible y soldable. Otra alternativa ventajosa es que el material sea PEEK (poliéster éter cetona, del inglés *polyether ether ketone*), concretamente se trata del compuesto obtenido a partir de la siguiente reacción:



Este compuesto también presenta excelentes propiedades mecánicas y químicas a temperaturas elevadas (con una baja degradación a altas temperaturas).

En el caso de tener el sensor encapsulado, el espacio hueco en el interior de la cápsula se rellena preferentemente de la masa de material polimérico indicado anteriormente.

En el caso del sensor compuesto por dos partes de acuerdo con la invención, es particularmente ventajoso que las conexiones eléctricas sean parte de una pluralidad de circuitos LC conectados en cascada entre sí, donde el circuito de detección es apto para detectar la resonancia de la pluralidad de circuitos LC a una señal preestablecida. Efectivamente, en el caso de un sensor compuesto por dos partes al circuito eléctrico sensor le debe llegar una señal que ha sido transmitida a través de la conexión inalámbrica. Para ello es conveniente que esta señal sea una señal variable. Preferentemente esta señal es la señal denominada Sinc (que es la señal correspondiente a $(\sin(x))/x$). Por su parte, el circuito de detección podrá detectar la resonancia de los circuitos LC a la señal Sinc. Ventajosamente el circuito de detección es apto para procesar la señal recibida del circuito eléctrico sensor a través de una transformada rápida de Fourier (FFT, del inglés *Fast Fourier Transform*). Preferentemente cada uno de los circuitos LC tiene $L = 22 \mu\text{H}$ y $C = 470 \text{ nF}$. Por su parte, preferentemente la señal Sinc tiene una frecuencia comprendida entre 1 kHz y 100 kHz, y muy preferentemente comprendida entre 4 kHz y 10 kHz. Es particularmente ventajoso que la frecuencia sea de 5 kHz. De esta manera el retorno del impulso inducido se recibe con la máxima energía y potencia, lo que facilita su procesamiento a través de la transformada rápida de Fourier.

Preferentemente, los medios de interconexión inalámbrica y los segundos medios de interconexión inalámbrica comprenden cada uno de ellos un núcleo de ferrita. Los núcleos de ferrita tienen una baja resistencia mecánica por lo que se pueden ver dañados si están sometidos al entorno agresivo del elemento de desgaste. Por ello, ventajosamente, cada uno de los núcleos de ferrita está en un extremo de la parte correspondiente (concretamente en los extremos que quedan encarados entre sí) y está protegido del exterior por una lámina de material cerámico, preferentemente de alúmina. Ventajosamente la lámina de material cerámico se apoya adherido sobre un cojín de adhesivo sellador con base de silicona (como por ejemplo el comercializado por Dow Corning® bajo el nombre 7091 Adhesive Sealant), que cumple las funciones de mantener el sellado del sistema frente a agresiones externas (polvo, humedad, etc.) y la de absorber golpes y/o vibraciones que pudieran afectar tanto a la integridad de la ferrita como a la de la misma lámina cerámica que ejerce de protección del conjunto en su extremo abierto.

Alternativamente, se pueden emplear otros materiales, como por ejemplo unos imanes permanentes.

Preferentemente, las ferritas son redondas, lo que permite maximizar las líneas de campo, con las menores pérdidas posibles, minimizando el coste energético y permitiendo la comunicación con el menor espacio posible. Con esta geometría, incluso en el caso de roturas durante su uso, la líneas de campo no se dispersan significativamente y la comunicación puede seguir teniendo lugar.

Preferentemente, los núcleos de ferrita tienen una regata en su perímetro exterior que aloja una bobina. De esta manera se reduce al máximo el tamaño necesario para alojar el núcleo de ferrita. Ventajosamente la bobina está hecha con hilo de Litz.

Preferentemente, el sensor tiene una antena dispuesta en el extremo posterior del sensor. Efectivamente, en el caso del sensor monobloque esta posición es la que queda más próxima a la zona de unión entre el elemento de desgaste y el soporte correspondiente. En esta zona de unión es donde suele haber una holgura por la que puede transmitirse la señal de radiofrecuencia. Ventajosamente la antena tiene forma de zig-zag, es decir, está formada por una primera pluralidad de tramos paralelos entre sí unidos por una segunda pluralidad de tramos asimismo paralelos entre sí y que forman un ángulo no nulo con la primera pluralidad de tramos. De esta manera se consigue una antena de prestaciones equivalentes a un monopolo, pero con una longitud considerablemente menor.

Preferentemente, el sensor de desgaste comprende, adicionalmente, algún sensor adicional, en particular un sensor de temperatura, de presión, un acelerómetro y/o un giroscopio. De esta manera se puede aprovechar una serie de elementos comunes (como el circuito de transmisión de datos y la electrónica que gestionará el sensor en general). Ventajosamente el sensor de desgaste comprende también un sistema de localización, como por ejemplo tipo GPS o RFID, que facilite su localización en caso de desprendimiento del elemento de desgaste. De esta manera se facilita su recogida y se evita que pueda dañar otras máquinas o instalaciones, como trituradoras, etc.

En cualquier caso, el sensor de desgaste puede servir por sí mismo para detectar la caída del elemento de desgaste, facilitando así su recogida para evitar que dañe otras máquinas como trituradoras, etc. Efectivamente, su caída provocará en cualquier caso un "cambio de estado" (falta de comunicaciones entre sensor de desgaste y el exterior, falta de comunicación entre las dos partes del sensor de desgaste) que podrá ser reconocido como una caída del elemento de desgaste.

Ventajosamente, el sensor de desgaste comprende unos medios de reducción de consumo aptos para activar periódicamente el sensor de un modo de bajo consumo a un modo activo y retornar el sensor al modo de bajo consumo. Efectivamente una de las limitaciones que probablemente tenga el sensor es la energía disponible. Por otro lado no es necesario que se transmita la información sobre el estado de desgaste de una forma continua o con una elevada frecuencia en el tiempo. Por ello es ventajoso que el sensor de desgaste esté en un estado "dormido" durante un cierto período de tiempo tras lo cual se "despierte", detecte el nivel de desgaste, lo transmita al exterior y vuelva a quedar en un estado dormido. De hecho es incluso posible prever una alternativa en la que, al despertarse, detecte el nivel de desgaste y únicamente lo transmita si ha habido algún cambio significativo respecto de los últimos datos enviados al exterior o si, por ejemplo, detecta que el diente se ha caído.

Ventajosamente, el sensor comprende unos medios de almacenamiento de energía, preferentemente una batería. De esta forma, el sensor puede actuar de una forma totalmente autónoma respecto del exterior. Alternativamente o adicionalmente, el sensor puede incluir algunos medios de captación de energía (en inglés, *energy harvesting*).

Es frecuente que los elementos de desgaste, tras su fabricación, estén almacenados en períodos de tiempo más o menos largos. Debido a las limitaciones de espacio (y de coste), la batería tendrá una capacidad limitada, por lo que es interesante que el sensor esté desactivado mientras no esté instalado en la máquina. Por ello es ventajoso que el sensor comprenda unos medios de conexión de la batería aptos para ser activados desde el exterior.

La invención también tiene por objeto un elemento de desgaste de una pala de una máquina de movimiento de tierras que comprende un sensor de desgaste de acuerdo con la invención.

Preferentemente, el elemento de desgaste presenta un extremo posterior apto para ser montado a la pala o a un soporte fijado a la pala, donde el extremo posterior presenta una superficie interior que, en posición montada, queda encarada a la pala o al soporte, y tiene un orificio que se extiende desde la superficie interior hacia el interior del elemento de desgaste, y el sensor está alojado en el orificio. Esta solución se explicará con más detalle más adelante.

La invención tiene asimismo por objeto un conjunto formado por un elemento de desgaste de una pala de una máquina de movimiento de tierras y un soporte del elemento de desgaste, donde el elemento de desgaste presenta un extremo posterior apto para ser montado al soporte y el soporte tiene un extremo anterior apto para ser montado al elemento de desgaste, donde el extremo posterior presenta una superficie interior que, en posición montada, queda encarada a una superficie interior del extremo anterior del soporte, y comprende un sensor compuesto por dos partes de acuerdo con la invención. Preferentemente la superficie interior del elemento de desgaste tiene un orificio que se extiende desde la superficie interior hacia el interior del elemento de desgaste y la primera parte del sensor está alojada en este orificio, y la superficie interior del soporte tiene un segundo orificio que se extiende desde la superficie interior del soporte hacia el interior del soporte y la segunda parte del sensor está alojada en este segundo orificio. Ventajosamente, el soporte comprende un tercer orificio apto para alojar un pasador de retención del elemento de desgaste en el soporte y el segundo orificio está comunicado con el tercer orificio a través de un orificio de comunicación. Este orificio de comunicación permite que la transmisión por radiofrecuencia se establezca a través de las holguras existentes entre el pasador de retención y el tercer orificio. Por ello, también en este caso es ventajoso que el sensor tenga la antena dispuesta en el extremo posterior del sensor, concretamente en el extremo posterior de la segunda parte del sensor y, en especial, junto al orificio de comunicación.

Finalmente, la invención también tiene por objeto el uso de un sensor de desgaste de acuerdo con la invención para la determinación del desgaste de un elemento de desgaste en una pala de una máquina de movimiento de tierras.

Breve descripción de los dibujos

Otras ventajas y características de la invención se aprecian a partir de la siguiente descripción, en la que, sin ningún carácter limitativo, se relatan unos modos preferentes de realización de la invención, haciendo mención de los dibujos que se acompañan. Las figuras muestran:

Figura 1, una vista en alzado lateral, seccionada, de una primera forma de realización de un conjunto formado por un elemento de desgaste, su soporte y un sensor de desgaste de acuerdo con la invención.

Figura 2, una vista en perspectiva de la sección del conjunto de la figura 1.

Figura 3, una vista esquemática en alzado lateral del sensor de la figura 1.

Figura 4, una vista en planta superior del sensor de la figura 1, sin la cápsula.

Figura 5, un esquema eléctrico del circuito eléctrico sensor del sensor de la figura 1.

Figura 6, una vista en alzado lateral, seccionada, de una segunda forma de realización de un conjunto formado por un elemento de desgaste, su soporte y un sensor de desgaste de acuerdo con la invención.

Figura 7, una vista en perspectiva de la sección del conjunto de la figura 6.

Figura 8, una vista esquemática en alzado lateral del sensor de la figura 6, que está formado por una primera parte y una segunda parte.

Figura 9, una vista en planta superior de la primera parte del sensor de la figura 6, sin la cápsula.

Figura 10, una vista en planta superior de la segunda parte del sensor de la figura 6, sin la cápsula.

Figura 11, un esquema eléctrico del circuito eléctrico sensor, los medios de conexión inalámbrica y los segundos medios de conexión inalámbrica del sensor de la figura 6, nuevo.

Figura 12, el esquema eléctrico de la figura 11 parcialmente desgastado.

Figura 13, una vista en perspectiva de un cazo con una pluralidad de soportes y elementos de desgaste montados sobre su labio.

Figura 14, una vista en alzado lateral, seccionada, de una tercera forma de realización de un elemento de desgaste de acuerdo con la invención.

Descripción detallada de unas formas de realización de la invención

Las figuras 1 a 5 muestran una primera forma de realización de la presente invención. Un diente 1 está montado sobre un soporte o adaptador 3 convencional el cual, a su vez, es apto para ir montado en el labio de un cazo de una máquina de movimiento de tierras o similar (ver figura 13). El diente 1 es el elemento de desgaste de acuerdo con la presente invención. El diente 1 presenta en su extremo posterior un alojamiento en el cual se aloja una nariz 7 ubicada en el extremo anterior del soporte 3. El alojamiento presenta una superficie interior 9 que, en posición montada quedará encarada a una superficie interior 11 de la nariz 7. En la presente descripción y reivindicaciones se ha indicado que la superficie interior 11 de la nariz 7 es "interior" porque queda aislada del entorno en la posición montada y no porque sea una superficie de tipo cóncavo. En el caso de la superficie interior 9 del alojamiento del diente 1, la denominación "interior" también es porque queda aislada del entorno en la posición montada aunque, en el presente caso, se trate además de una superficie convexa. Por lo tanto, en el caso de otras soluciones geométricas para el acoplamiento entre el diente y el soporte (por ejemplo que el diente presente una nariz y el soporte un alojamiento), se debe entender siempre que las superficies interiores son aquellas que no están en contacto con el entorno en una posición montada.

En la superficie interior 9 del alojamiento del diente 1 hay un orificio 13, en el que está alojado el sensor de desgaste. En esta forma de realización el sensor de desgaste es monobloque, es decir está formado por una única pieza. El sensor de desgaste comprende una cápsula 15 en cuyo interior se aloja una placa de circuito impreso 17 y una batería 19. Todo el espacio hueco disponible en la cápsula 15 está relleno con un material polimérico, de manera que tanto la placa del circuito impreso como la batería 19 están embebidas en la masa de material

polimérico. La cápsula 15 tiene substancialmente una forma cilíndrica alargada con un extremo cerrado, si bien otras geometrías, como por ejemplo de sección transversal cuadrada, también son posibles. El otro extremo ha sido cerrado mediante una tapa 21.

La placa de circuito impreso 17 está conceptualmente dividida en dos partes, la parte de control, que está próxima a la tapa 21 y la parte sensora que está próxima al extremo cerrado de la cápsula 15. La parte sensora es la que comprende el circuito eléctrico sensor que está formado por una pluralidad de resistencias conectadas en paralelo entre sí. La parte sensora es alargada y se extiende hasta el extremo cerrado de la cápsula 15 definiendo así el brazo 23. Físicamente las resistencias están dispuestas en el extremo de la parte sensora próximo a la parte de control, es decir, en la base 25 del brazo 23, mientras que una pluralidad de conexiones eléctricas 27 (que establecen el conexionado eléctrico en paralelo de las resistencias) se extienden, cada una de ellas, una longitud diferente a lo largo del brazo 23.

El diente 1, al irse desgastando, irá desgastando también el extremo del sensor, de manera que se irán cortando las conexiones eléctricas 27. Ello provocará que la resistencia equivalente del conjunto de resistencias conectadas en paralelo vaya variando en función del número de conexiones eléctricas 27 cortadas. La parte de control comprende un circuito de detección apto para hacer pasar una determinada corriente por el circuito eléctrico sensor y apto para detectar la tensión en bornes del conjunto de resistencias. De esta manera puede determinar el valor de la resistencia equivalente y, en consecuencia saber cuántas conexiones eléctricas 27 están cortadas.

En el esquema eléctrico de la figura 5 se ha marcado con una cruz una conexión eléctrica 27 eliminada por desgaste. La resistencia equivalente del conjunto conectado en paralelo será diferente que antes de haberse eliminado esta conexión eléctrica 27.

La parte de control comprende además un circuito de transmisión de datos, una antena 28, una batería 19 así como otros elementos necesarios para el correcto funcionamiento del sensor. La antena 28 está dispuesta en el extremo posterior de la parte de control, es decir, próxima a la superficie interior 9 del alojamiento. De esta manera la transmisión por radiofrecuencia puede establecerse a través de la holgura presente entre la superficie interior 9 del alojamiento y la superficie interior 11 de la nariz 7.

La ubicación del orificio 13 en la superficie interior 9 del alojamiento permite aislar "razonablemente" al sensor del entorno agresivo en el que trabaja el diente 1.

Las figuras 6 a 12 muestran una segunda forma de realización de la presente invención. De una forma similar al caso anterior, tenemos un diente 1 montado sobre un soporte 3 el cual, a su vez, es apto para ir montado en el labio de una pala excavadora. Sin embargo en el presente caso el soporte 3 tiene un segundo orificio 29 y el sensor está compuesto por dos partes, que son dos piezas independientes. La primera parte 31 está alojada en el orificio 13 del diente 1 mientras que la segunda parte 33 está alojada en el segundo orificio 29 del soporte 3. Ambos orificios 13 y 29 están encarados entre sí en la posición montada por lo que la primera parte 31 y la segunda parte 33 están también encaradas entre sí en la posición montada.

La primera parte 31 comprende el circuito eléctrico sensor que, al igual que en el caso anterior, está formado por una placa de circuito impreso substancialmente alargada que define el brazo 23. En este caso, en lugar de unas resistencias en paralelo, el circuito eléctrico sensor comprende una cascada de circuitos LC. A lo largo del brazo 23 se extienden una pluralidad de conexiones eléctricas que serán las que se irán cortando conforme avance el desgaste del diente 1. El circuito eléctrico sensor está envuelto por una cápsula 15 y el espacio hueco entre la cápsula 15 y la placa de circuito impreso está relleno de un material polimérico.

El circuito de detección, el circuito de transmisión de datos, la antena 28, la batería 19 y los restantes elementos necesarios para el correcto funcionamiento del sensor están en la segunda parte 33. Dado que no hay una conexión eléctrica entre la primera parte 31 y la segunda parte 33, cada una de ellas comprende un núcleo de ferrita 35, que conforman los medios de conexión inalámbrica y los segundos medios de conexión inalámbrica. El núcleo de ferrita 35 de la primera parte 31 está dispuesto en el extremo posterior de la misma, mientras que el núcleo de ferrita 35 de la segunda parte 33 está dispuesto en el extremo anterior de la misma, de manera que, en posición montada, ambos núcleos de ferrita 35 están enfrentados entre sí y lo más cerca posible el uno del otro. La segunda parte 33 está alojada en una segunda cápsula 37 y el espacio hueco entre la segunda cápsula 37 y la placa de circuito impreso está también relleno de un material polimérico.

El extremo abierto de la cápsula 15 y el extremo abierto de la segunda cápsula 37 están cerrados por unas tapas 21 que, en este caso, son de un material cerámico, como por ejemplo alúmina. Ello es debido a que, en la presente alternativa, estas tapas 21 deben proteger los núcleos de ferrita 35, que son muy delicados.

En esta segunda forma de realización, la antena 28 está nuevamente en el extremo posterior del sensor, concretamente en el extremo posterior de la segunda parte 33. Este extremo está próximo a un tercer orificio 38 dispuesto en el soporte 3 sobre el que va montado el diente 1. Para fijar el diente 1 en el soporte 3 se inserta un pasador de retención a través de unos orificios dispuestos a ambos lados del diente 1, quedando el pasador de

retención alojado en el tercer orificio 38. A efectos de la presente invención, la orientación del pasador no es relevante y, por ejemplo, podría estar dispuesto verticalmente, es decir, en una posición girada 90° respecto de la posición mostrada en las figuras. La holgura presente entre el pasador de retención, el soporte 3 y el diente 1 es suficiente para permitir el paso de la señal de radiofrecuencia. Por ello, el soporte 3 tiene el segundo orificio 29 comunicado con el tercer orificio 38 a través de un orificio de comunicación 39, que facilita la transmisión de la señal de radiofrecuencia desde la antena 28 hasta el tercer orificio 38 y, a partir de allí, hasta el exterior.

Los esquemas eléctricos de las figuras 11 y 12 permiten ver la parte correspondiente del circuito eléctrico sensor a la derecha del esquema y los medios de conexión inalámbrica y los segundos medios de conexión inalámbrica con los correspondientes núcleos de ferrita 35 en la parte central. En la figura 12 se ha marcado con una cruz dos circuitos LC que ya han sido destruidos por el desgaste. La respuesta del circuito eléctrico sensor de las figuras 11 y 12 a una determinada señal de entrada (por ejemplo, una señal Sinc) será diferente en ambos casos, por lo que el sensor podrá saber el nivel de desgaste del elemento de desgaste.

En la figura 14, se muestra otra forma de realización de la invención. En este caso, el sensor de desgaste tiene dos brazos, que se extienden en dos direcciones diferentes (que pueden ser perpendiculares pero también podrían formar un ángulo agudo entre ellas). De esta manera, se puede controlar el desgaste del elemento de desgaste en dos direcciones diferentes. Esta solución es compatible tanto con la alternativa monobloque como con la alternativa de un sensor formado por dos piezas físicamente independientes.

REIVINDICACIONES

1. Sensor de desgaste para un elemento de desgaste en una pala de una máquina de movimiento de tierras que comprende un circuito eléctrico sensor y por lo menos un brazo (23) alargado que se extiende en una dirección de detección definiendo un eje longitudinal, dicho brazo (23) alargado presentando una base (25) y un extremo, donde dicho extremo es apto para ser desgastado conjuntamente con el material de desgaste del elemento de desgaste, donde dicho brazo (23) alargado comprende una pluralidad de conexiones eléctricas (27) que forman parte de dicho circuito eléctrico sensor y que se extienden longitudes diferentes entre sí, medidas según dicho eje longitudinal a lo largo de dicho brazo (23), estando dicho sensor formado por dos partes que son piezas físicamente independientes, donde una primera parte (31) comprende dicho brazo (23) alargado y unos medios de interconexión inalámbrica y una segunda parte (33) comprende un circuito de detección apto para detectar la rotura de cada una de dichas conexiones eléctricas (27), un circuito de transmisión de datos con un emisor de radiofrecuencia, donde dicho emisor de radiofrecuencia emite en una frecuencia comprendida entre los 50 MHz y los 990 MHz, y unos segundos medios de interconexión inalámbrica aptos para establecer una conexión inalámbrica con dichos medios de interconexión inalámbrica,
caracterizado por que dichas conexiones eléctricas (27) son parte de una pluralidad de circuitos LC conectados en cascada entre sí, donde dicha segunda parte (33) es capaz de transmitir una señal preestablecida a dicho circuito eléctrico de detección a través de dichos segundos medios de interconexión inalámbrica y dichos medios de interconexión inalámbrica, dicha señal preestablecida es una señal variable, dicho circuito de detección es apto para detectar la resonancia de dicha pluralidad de circuitos LC a dicha señal preestablecida.
2. Sensor según la reivindicación 1, caracterizado por que cada uno de dichos circuitos LC tiene $L = 22\mu H$ y $C = 470\text{ nF}$.
3. Sensor según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por que dicho circuito de detección es apto para generar una señal Sinc.
4. Sensor según la reivindicación 3, caracterizado por que dicha señal Sinc tiene una frecuencia comprendida entre 1 kHz y 100 kHz, preferentemente comprendida entre 4 kHz y 10 kHz.
5. Sensor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que dicho circuito de detección es apto para procesar la señal recibida de dicho circuito eléctrico sensor a través de una transformada rápida de Fourier.
6. Sensor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que dichos medios de interconexión inalámbrica y dichos segundos medios de interconexión inalámbrica comprenden cada uno de ellos un núcleo de ferrita (35).
7. Sensor según la reivindicación 6, caracterizado por que cada uno de dichos núcleos de ferrita (35) está en un extremo de la parte (31, 33) correspondiente y está protegido del exterior por una lámina de material cerámico, preferentemente de alúmina.
8. Sensor según una de las reivindicaciones 6 o 7, caracterizado por que dichos núcleos de ferrita (35) tienen una regata en su perímetro exterior que aloja una bobina.
9. Sensor según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que comprende, adicionalmente, un sensor de temperatura, de presión, un acelerómetro, un giroscopio o un sistema de posicionamiento.
10. Conjunto formado por un elemento de desgaste de una pala de una máquina de movimiento de tierras y un soporte (3) de dicho elemento de desgaste, donde dicho elemento de desgaste presenta un extremo posterior apto para ser montado en dicho soporte (3) y dicho soporte (3) tiene un extremo anterior apto para ser montado en dicho elemento de desgaste, donde dicho extremo posterior presenta una superficie interior (9) que, en posición montada, queda encarada a una superficie interior (11) del extremo anterior del soporte (3), caracterizado por que comprende un sensor compuesto por dos partes (31, 33) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.
11. Conjunto según la reivindicación 10, caracterizado por que la superficie interior (9) del elemento de desgaste tiene un orificio (13) que se extiende desde dicha superficie interior (9) hacia el interior del elemento de desgaste y la primera parte (31) del sensor está alojada en dicho orificio (13), y la superficie interior (11) del soporte (3) tiene un segundo orificio (29) que se extiende desde dicha superficie interior (11) del soporte (3) hacia el interior del soporte (3) y la segunda parte (33) del sensor está alojada en dicho segundo orificio (29).
12. Conjunto según la reivindicación 11, caracterizado por que dicho soporte (3) comprende un tercer orificio (38) apto para alojar un pasador de retención de dicho elemento de desgaste en dicho soporte (3), y por que el segundo orificio (29) está comunicado con dicho tercer orificio (38).

13. Uso de un sensor de desgaste según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, para la determinación del desgaste de un elemento de desgaste en una pala de una máquina de movimiento de tierras.

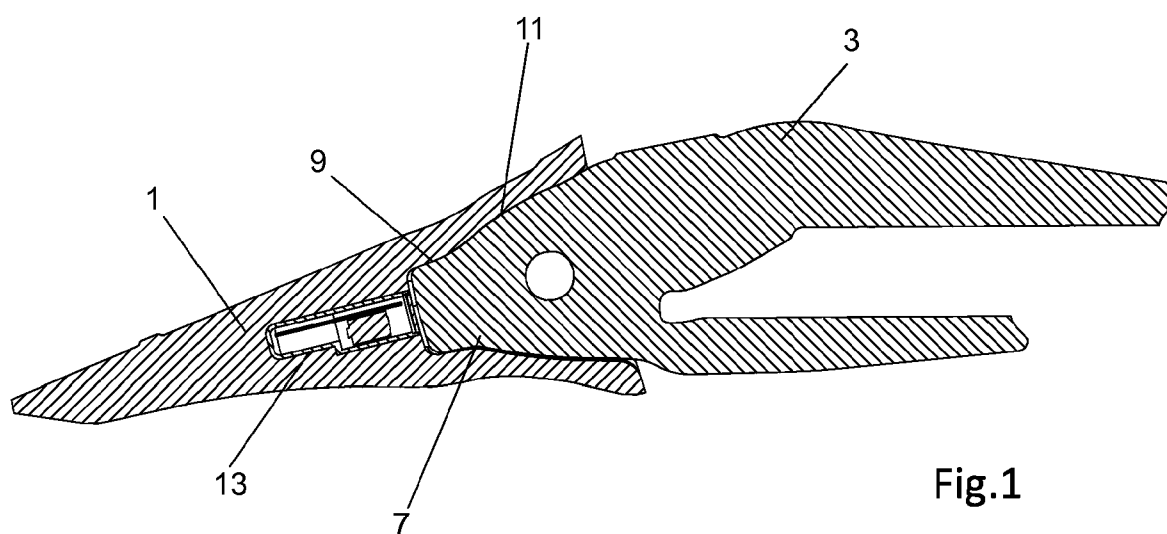


Fig.1

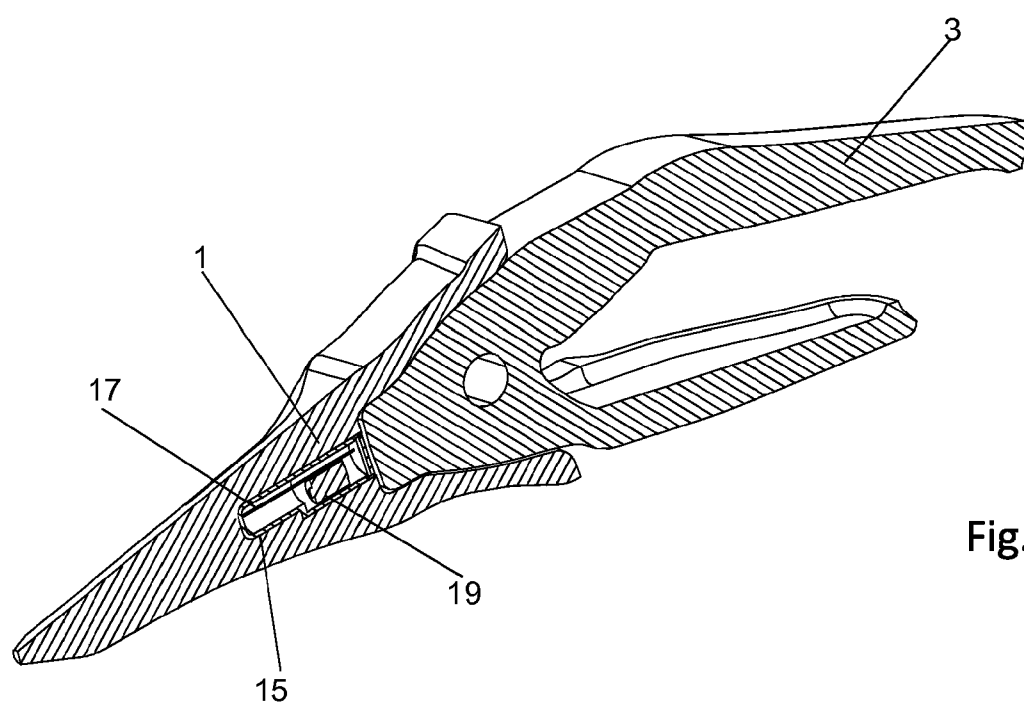


Fig.2

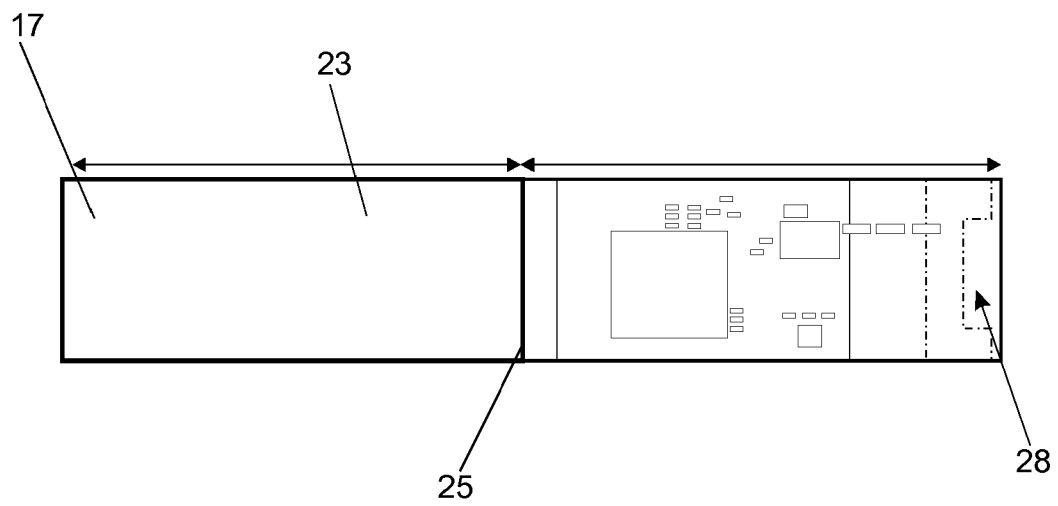
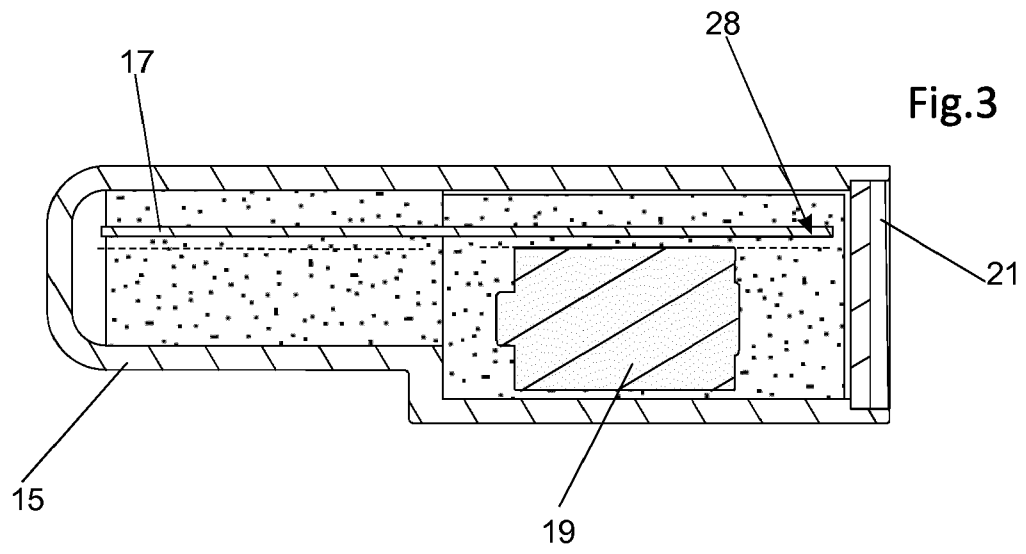
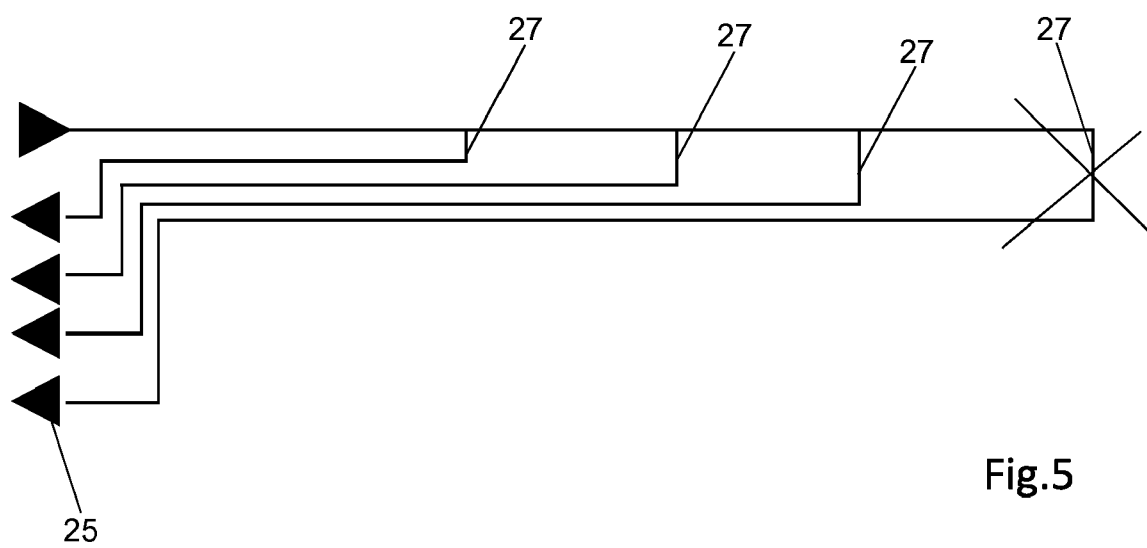


Fig.4



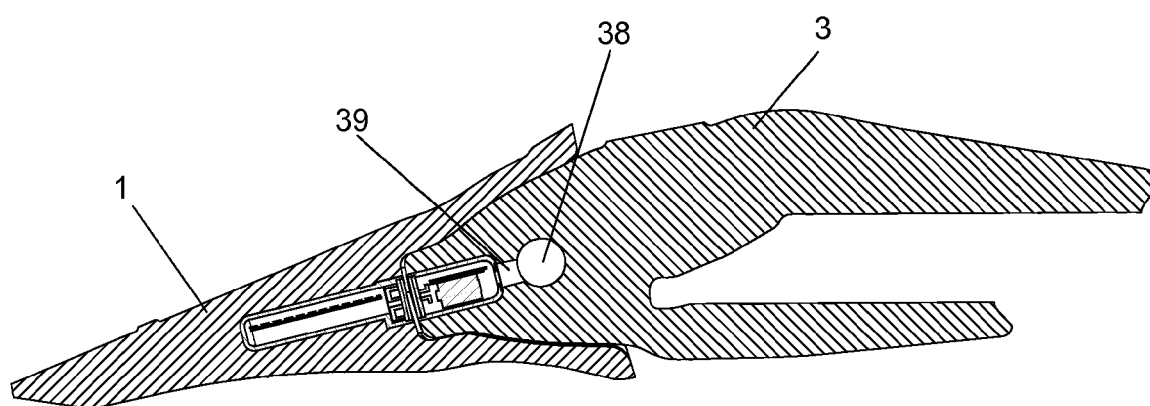


Fig.6

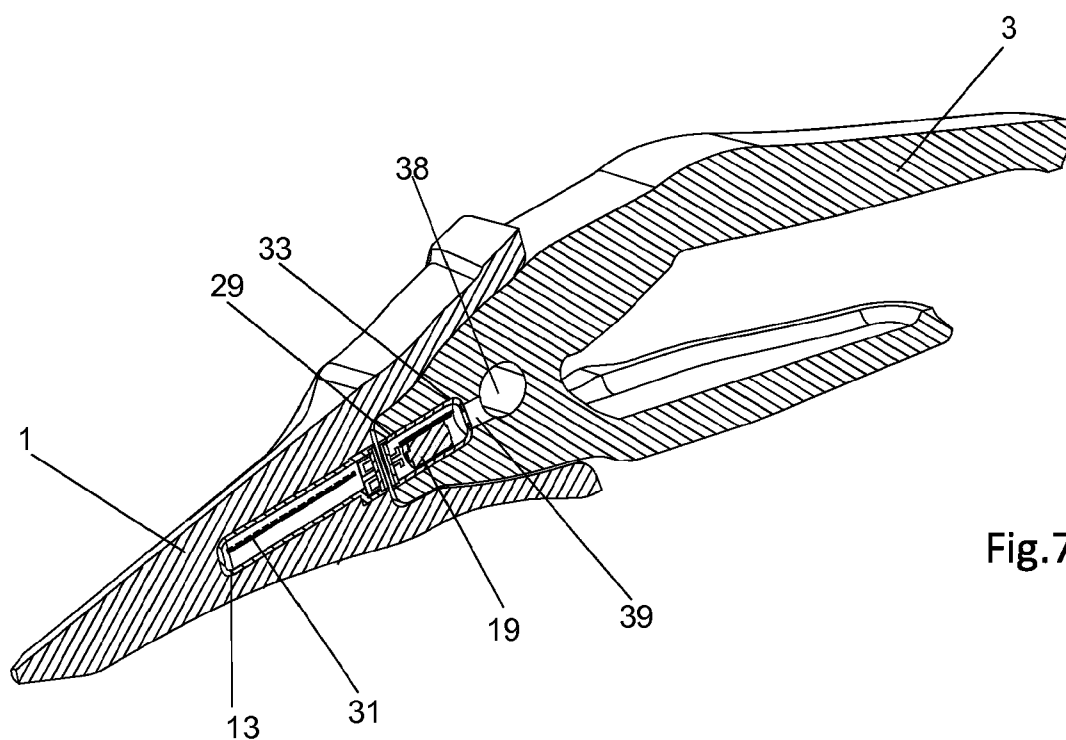


Fig.7

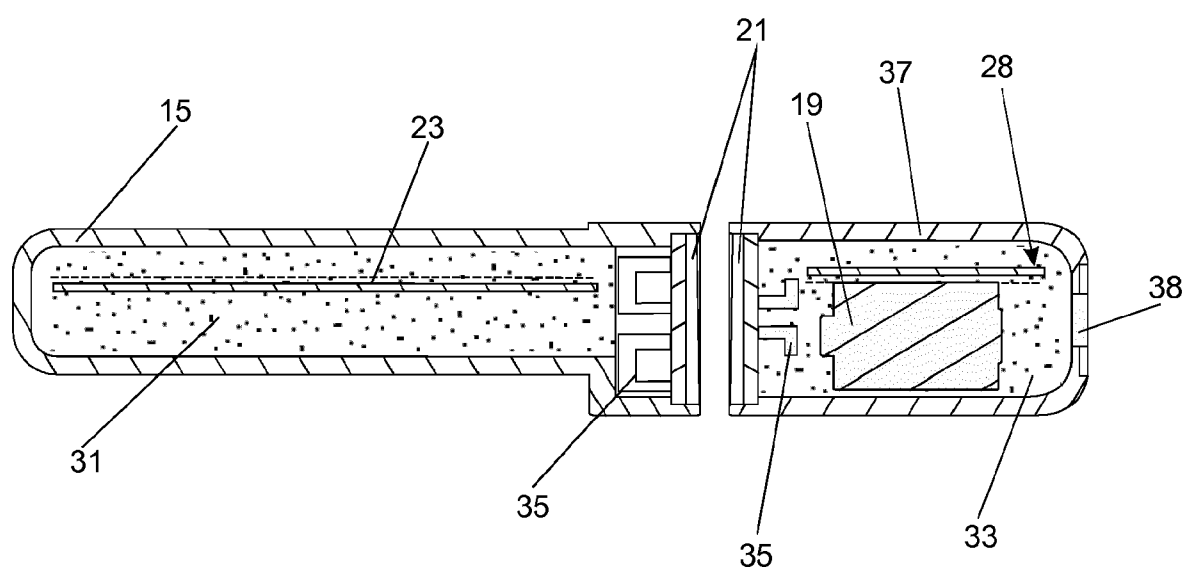


Fig.8

Fig.9

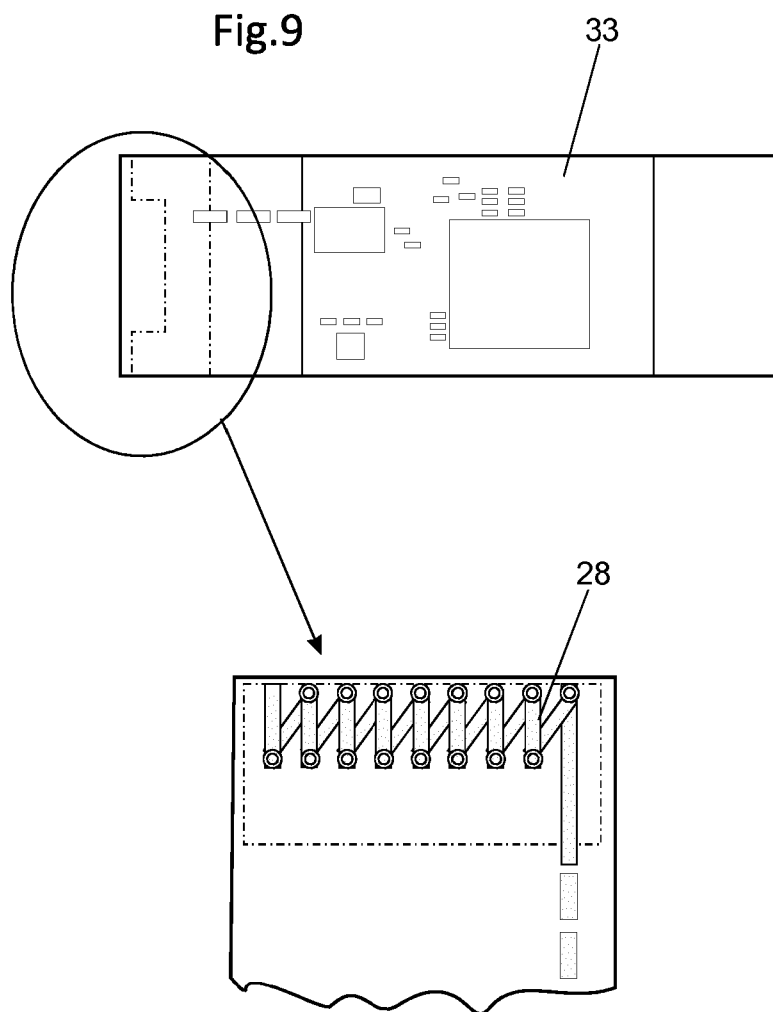
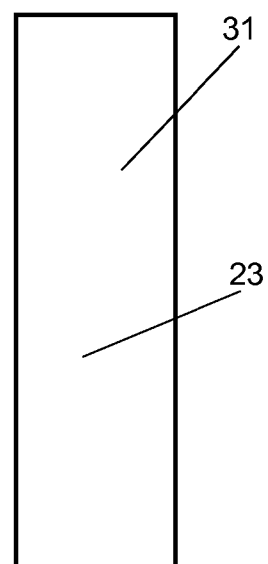


Fig.10



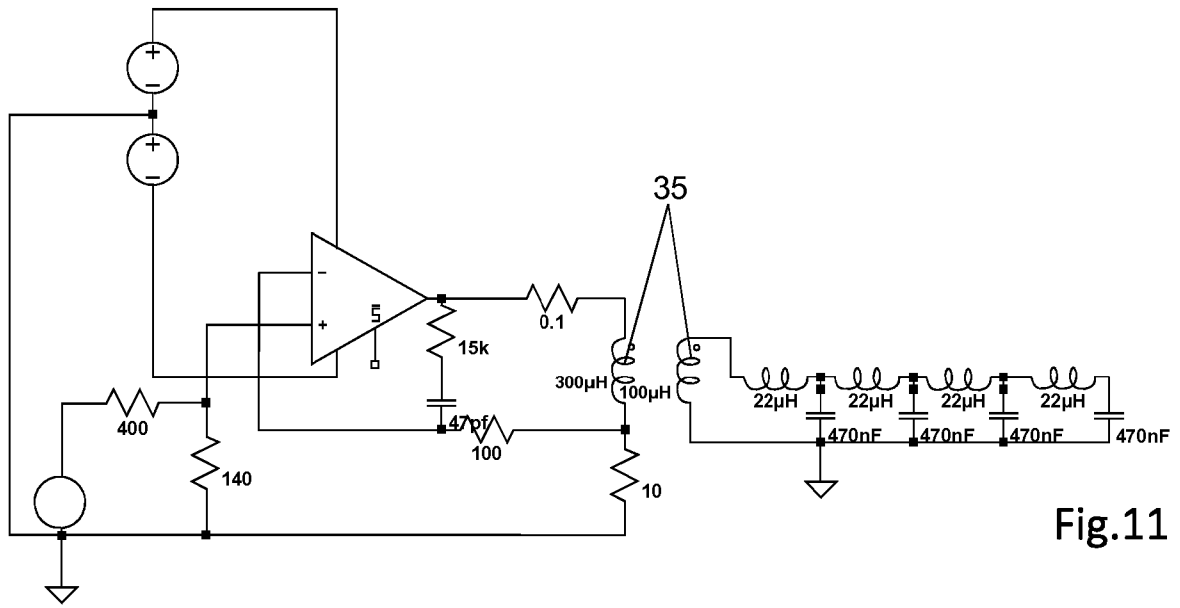


Fig.11

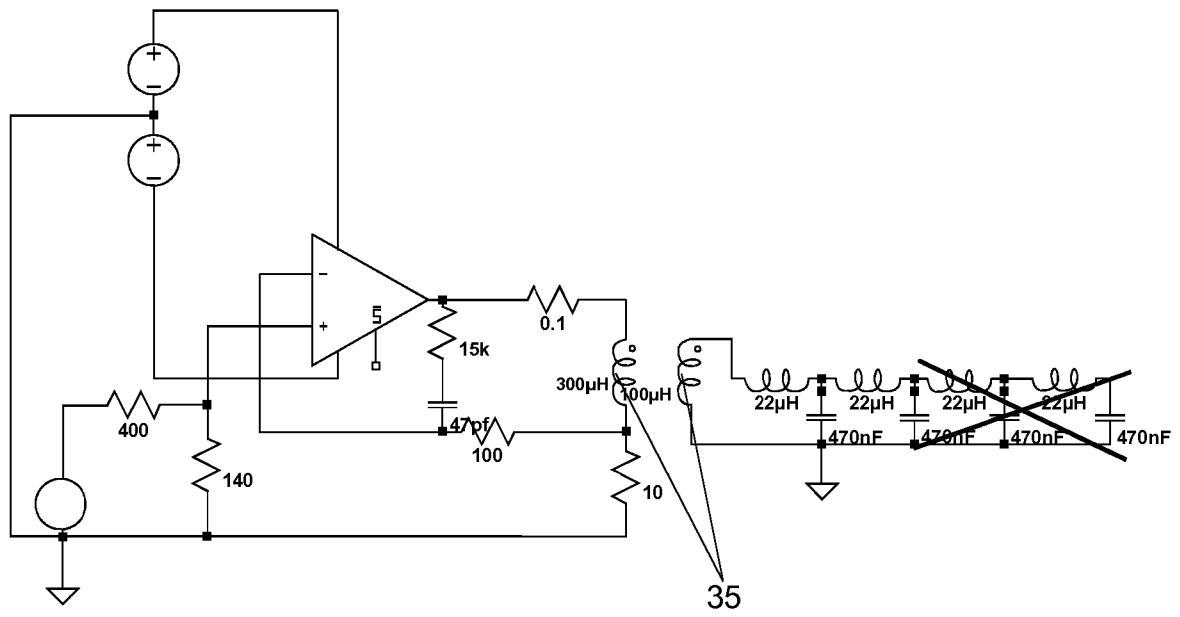


Fig.12

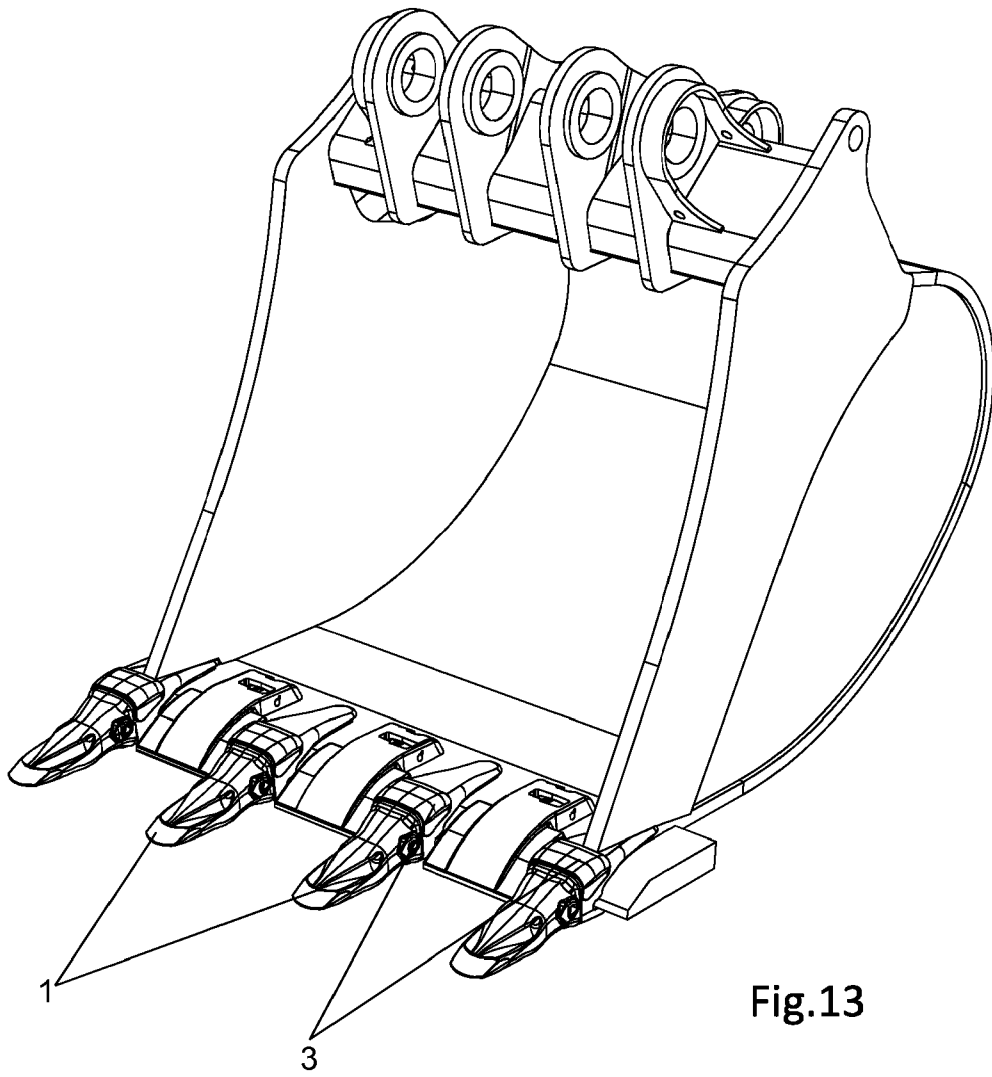


Fig.13

