

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 008 697**

51 Int. Cl.:

E02F 3/18	(2006.01) E21C 35/00	(2006.01)
E02F 9/26	(2006.01) E02F 5/08	(2006.01)
E02F 9/28	(2006.01) E21B 12/02	(2006.01)
E02F 3/20	(2006.01) G01N 3/56	(2006.01)
E01C 23/088	(2006.01)	
E02F 5/12	(2006.01)	
E02F 5/14	(2006.01)	
E01C 23/12	(2006.01)	
E21B 3/00	(2006.01)	
E21C 27/24	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.12.2013 PCT/US2013/074672**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **19.06.2014 WO14093625**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.12.2013 E 13862946 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.11.2024 EP 2931980**

54 Título: **Sistemas y métodos para detectar desgaste de elementos de trituración de una máquina de trituración de material**

30 Prioridad:
12.12.2012 US 201261736303 P

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

73 Titular/es:
**VERMEER MANUFACTURING COMPANY
(100.00%)
1210 Vermeer Road East
Pella, IA 50219-0200, US**

72 Inventor/es:
**STOCK, JOSEPH, D.;
HARTWICK, TY y
FRANZ, ROBERT, D.**

74 Agente/Representante:
LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 3 008 697 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

Sistemas y métodos para detectar desgaste de elementos de trituración de una máquina de trituración de material

5

Esta solicitud se presenta el 12 de diciembre de 2013, como solicitud de patente internacional PCT, y reivindica la prioridad de la solicitud de patente provisional estadounidense n.º 61/736.303, presentada el 12 de diciembre de 2012.

10 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere de manera general a sistemas y a métodos para detectar desgaste en máquinas diseñadas para triturar o descomponer material. Más particularmente, la presente divulgación se refiere a sistemas y a métodos para detectar desgaste de elementos de trituración usados por máquinas de excavación tales como máquinas de excavación de superficie.

15

Antecedentes

Con frecuencia se procesan materiales relativamente duros para minería y construcción. La variedad de materiales incluye roca, hormigón, asfalto, carbón y una variedad de otros tipos de formaciones de tierra. Se han desarrollado varios métodos diferentes para reducir el tamaño de estos materiales duros. Un método de reducción de tamaño de material tradicional ha sido perforar agujeros relativamente pequeños en el material que después se llenan con un explosivo que se enciende dando como resultado un método rápido y rentable de reducción de tamaño. Sin embargo, hay una variedad de desventajas en esta técnica incluyendo el riesgo inherente de lesiones, la producción de ruido, vibraciones y polvo no deseados, y el hecho de que este procedimiento es difícil de usar en situaciones en las que el espacio está limitado o en las que hay un posible riesgo de provocar que prendan otros gases.

20

25

Debido a las desventajas anteriormente mencionadas asociadas con técnicas de voladura, se han desarrollado métodos alternativos para triturar materiales relativamente duros. La principal alternativa ha sido el uso de máquinas de trituración que tienen componentes de trituración rotatorios que mueven elementos de trituración rígidos y especializados a través de trayectorias de desplazamiento. Los componentes de trituración pueden incluir tambores rotatorios que mueven los elementos de trituración a través de trayectorias de desplazamiento circulares. Tales tambores están normalmente unidos a sus máquinas correspondientes de modo que las posiciones y orientaciones del tambor pueden controlarse para poner los elementos de trituración en contacto con el material que está triturándose. Los componentes de trituración alternativos pueden incluir cadenas montadas en brazo que portan elementos de trituración. Las cadenas se accionan/se hacen rotar normalmente alrededor de sus brazos correspondientes. Los elementos de trituración están montados en, y se mueven a lo largo de las trayectorias de desplazamiento definidas por, las cadenas. En uso, se mueven los brazos (por ejemplo, mediante un movimiento de pivotado) hasta posiciones en las que los elementos de trituración se ponen en contacto con el material que está triturándose.

30

35

40

Un ejemplo máquina del tipo descrito anteriormente se da a conocer en la patente estadounidense n.º 7.290.360. La máquina dada a conocer es una máquina de excavación de superficie usada para aplicaciones tales como minería de superficie, destrucción de carreteras, nivelado de terreno y preparación de sitios para nueva construcción o reconstrucción mediante eliminación de una o más capas de material. Las máquinas de excavación de superficie de este tipo proporcionan una alternativa económica a la voladura y martilleo y proporcionan la ventaja de generar un material de salida sistemático tras una única pasada. Esto puede reducir la necesidad de machacadoras primarias, grandes cargadores, grandes camiones de transporte y los permisos asociados para transportar materiales a machacadoras.

45

50

Los elementos de trituración de máquinas de trituración se han desarrollado para resistir las cargas de impacto y la abrasión asociadas con actividades de trituración de material. Pueden construirse elementos de trituración de una variedad de formas y tamaños y se han denominado con diversos términos incluyendo elementos de corte, cinceles, picas, dientes, etc. Los elementos de trituración típicos incluyen bases y puntos o bordes de impacto de ataque. Las bases se construyen para ajustarse en estructuras de montaje que están integrados con tambores o cadenas usados para portar los elementos de trituración durante aplicaciones de trituración de material. El entorno duro asociado con aplicaciones de trituración de material garantiza prácticamente que los elementos de trituración se desgastarán a lo largo del tiempo. Por tanto, los elementos de trituración están diseñados para poder reemplazarse, mientras que las estructuras de montaje no están destinadas a reemplazarse con frecuencia. Por ejemplo, cuando un elemento de trituración dado se desgasta, se retira de su estructura de montaje correspondiente y se reemplaza por un nuevo elemento de trituración no desgastado.

55

60

Con frecuencia, las puntas o los bordes de los elementos de trituración tienen una construcción más dura (por ejemplo, una construcción de carburo maciza) que las bases de los elementos de trituración. Cuando se usan nuevos elementos de trituración para triturar material, los puntos o bordes de ataque se exponen a la mayoría de

65

los impactos y acción de abrasión. Sin embargo, una vez que las puntas o los bordes se desgastan, las bases quedan expuestas a más impactos y acción abrasiva. Cuando esto ocurre puede surgir una variedad de posibles problemas, incluyendo que las bases sean menos eficientes para romper el material provocando un funcionamiento ineficiente. Esta ineficiencia puede dar como resultado la generación de chispas y/o calor excesivo que pueden conducir a un riesgo de explosiones, tal como puede suceder en una aplicación de minería de carbón en la que está presente gas metano. Además, normalmente las bases se desgastarán de manera relativamente rápida en comparación con los puntos o puntas de ataque. Esto es significativo porque las bases evitan que las estructuras de montaje de elementos de trituración queden expuestas a desgaste. Por tanto, una vez que los bordes o puntos de ataque de los elementos de trituración se desgastan, las máquinas solo pueden hacerse funcionar durante un periodo de tiempo relativamente corto antes de que las bases se desgasten dando como resultado una situación en la que las estructuras de montaje de los tambores o cadenas están en contacto con el material que está triturándose. Una vez desgastados los elementos de trituración hasta este punto, existe un riesgo de provocar daños a las estructuras de montaje de los tambores o cadenas. Las estructuras de montaje no están destinadas a repararse fácilmente, de modo que el posible daño resultante puede ser difícil y costoso de reparar.

Como resultado de estos problemas, existen beneficios significativos de reemplazar elementos de trituración antes de que el desgaste haya avanzado hasta un punto inaceptable. Se han diseñado sistemas para monitorizar el estado de elementos de corte para permitir que los operarios interrumpan la operación y reemplacen los elementos de corte en momentos apropiados. En los documentos AT3826832; DE 10015005; y US 2010/0076697 se dan a conocer sistemas de ejemplo para monitorizar el desgaste de elementos de trituración. Aunque existen sistemas de detección de desgaste, se necesitan mejoras en este campo.

En los documentos US 2012/256740; US 2010/0139975; US 2010/063691 y US 2010/251580 se dan a conocer máquinas de trituración de material que incluyen detección de desgaste.

En particular, el documento US 2010/0139975 da a conocer bucles de sensores que pueden incluir elementos de inducción. El documento US2012/175938 A da a conocer una máquina de trituración de material según el preámbulo de la reivindicación 1.

Sumario

La presente invención proporciona una máquina de trituración de material que tiene las características de la reivindicación 1. Aspectos de la presente divulgación se refieren a métodos mejorados para detectar mediante sensor (por ejemplo, detectar, medir, monitorizar, realizar un seguimiento, etc.) el estado de desgaste de un elemento de trituración (es decir, un elemento de corte, una pica, un cincel, una hoja, un diente, etc.) de una máquina de trituración de material. Según la invención, la máquina de trituración de material es una máquina de excavación de superficie usada para minería, minería de superficie, nivelado de terreno, fresado de pavimento u otras aplicaciones.

En la siguiente descripción se expondrá una variedad de aspectos adicionales. Estos aspectos pueden referirse a características individuales y a combinaciones de características. Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada son únicamente a modo de ejemplo y explicativas y no son restrictivas de los amplios conceptos en los que se basan las realizaciones dadas a conocer en el presente documento.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es una vista lateral de una máquina de excavación de superficie que incorpora un sistema de detección de desgaste de elementos de trituración de acuerdo con los principios de la presente divulgación;

la figura 2 es una vista desde atrás de la máquina de excavación de superficie de la figura 1 que muestra un tambor de excavación y que muestra esquemáticamente una matriz de sensores del sistema de detección de desgaste de elementos de trituración;

la figura 3 es una vista desde un extremo del tambor de excavación de la figura 2 que muestra barras de rotura reemplazables y que también muestra los sensores del sistema de detección de desgaste de elementos de trituración;

la figura 4 es una matriz o disposición de sensores para el sistema de detección de desgaste de elementos de trituración de la figura 3;

la figura 5 es una vista en perspectiva de un módulo de detección de ejemplo para un sistema de detección de desgaste de elementos de trituración según los principios de la presente divulgación;

la figura 6 es una vista en planta del módulo de detección de la figura 5;

- la figura 7 es una vista lateral del módulo de detección de la figura 5;
- 5 la figura 8 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la sección 8-8 de la figura 7;
- la figura 9 es una vista desde un extremo del módulo de detección de la figura 5;
- 10 la figura 10 es una vista en planta de una disposición de barras de rotura que incluye dos estructuras de barras de rotura paralelas para su uso en la protección de una matriz de módulos de sensor según los principios de la presente divulgación;
- la figura 11 es una vista de perfil de una fila de barras de rotura de la disposición de barras de rotura de la figura 10;
- 15 la figura 12 es una vista en perspectiva que muestra primeros segmentos de cada una de las estructuras de barras de rotura de la figura 10;
- la figura 13 es un gráfico que muestra salidas de sensor de inducción a diferentes distancias de detección para un objetivo convencional a temperatura ambiente;
- 20 la figura 14 es un gráfico que muestra salidas de sensor de inducción a diferentes distancias de detección para un objetivo convencional a diferentes temperaturas;
- la figura 15 es un gráfico que muestra salidas de sensor a diferentes distancias de detección para un elemento de trituración a temperatura ambiente sin desviación lateral;
- 25 la figura 16 es un gráfico que muestra salidas de sensor a diferentes distancias de detección y diversas desviaciones laterales para un diente de trituración a temperatura ambiente;
- 30 la figura 17 es un gráfico que compara salidas de sensor generadas para un objetivo convencional y dos tipos de elemento de trituración diferentes a diversas distancias de detección y que también ilustra una técnica para identificar el estado de desgaste de un elemento de trituración;
- 35 la figura 18 ilustra los dos dientes sometidos a prueba en el gráfico de la figura 17;
- la figura 19 ilustra un elemento de trituración que está lateralmente desviado con respecto a un sensor;
- 40 la figura 20 ilustra una salida del sensor con el elemento de trituración lateralmente desviado, tal como se muestra en la figura 19;
- la figura 21 muestra un elemento de trituración alineado con un sensor;
- 45 la figura 22 muestra una salida del sensor con el elemento de trituración alineado tal como se muestra en la figura 21;
- la figura 23 ilustra un perfil de salida de sensor antes de filtrar en el que el perfil incluye una salida principal correspondiente a un elemento de trituración alineado con el sensor y salidas secundarias correspondientes a elementos de trituración desviados con respecto al sensor;
- 50 la figura 24 es un gráfico que ilustra el perfil de la figura 23 con las salidas secundarias eliminadas mediante filtrado;
- la figura 25 muestra una porción de un tambor de excavación que tiene un primer, segundo y tercer conjuntos de elementos de trituración y también ilustra una porción de un sistema de detección que incluye un primer, segundo y tercer conjuntos de sensores correspondientes al primer, segundo y tercer conjuntos de elementos de trituración, en la figura 25 el primer conjunto de sensores está activado para detectar el estado de desgaste del primer conjunto de elementos de trituración y el segundo y tercer conjuntos de sensores están desactivados;
- 55 la figura 26 muestra los perfiles de estado de desgaste del primer, segundo y tercer conjuntos de sensores de la figura 25 con tan solo el primer conjunto de sensores activado tal como se muestra en la figura 25;
- 60 la figura 27 muestra la disposición de la figura 25 con el segundo conjunto de sensores activado y el primer y tercer conjuntos de sensores desactivados;
- 65 la figura 28 muestra los perfiles de desgaste para el primer, segundo y tercer conjuntos de sensores con tan solo el segundo conjunto de sensores activado tal como se muestra en la figura 27;

la figura 29 muestra la disposición de la figura 25 con el tercer conjunto de sensores activado y el primer y segundo conjuntos de sensores desactivados;

5 la figura 30 muestra perfiles de desgaste de elementos de trituración para el primer, segundo y tercer conjuntos de sensores con tan solo el tercer conjunto de sensores activado tal como se muestra en la figura 29;

la figura 31 es una vista lateral de otra máquina de excavación de superficie adecuada para usar un sistema de detección de desgaste de elementos de trituración según los principios de la presente divulgación;

10 la figura 32 es una vista en sección transversal que muestra una cadena de excavación usada por la máquina de excavación de superficie de la figura 31;

15 la figura 33 es otro ejemplo de un sistema de detección de desgaste que muestra un primer nivel de protección en forma de una capa de barrera inicial según los principios de la presente divulgación;

la figura 34 muestra una porción de la capa de barrera inicial retirada;

20 la figura 35 ilustra uno de una pluralidad de segmentos de lámina de la capa de barrera inicial con accesorios unidos;

la figura 36 ilustra uno de la pluralidad de segmentos de lámina sin los accesorios;

25 la figura 37 ilustra el sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples niveles con un segundo nivel de protección en forma de bandejas;

la figura 38 es una vista a escala ampliada de una porción del segundo nivel de protección mostrado en la figura 37;

30 la figura 39 es una vista en perspectiva del segundo nivel de protección con una matriz de bandejas tal como se muestra en la figura 37;

la figura 40 es una vista en perspectiva lateral del segundo nivel de protección mostrado en la figura 37;

35 la figura 41 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea de sección 41-41 de la figura 40;

la figura 42 es una perspectiva de un tercer nivel de protección en forma de una estructura de absorción de impactos según los principios de la presente divulgación;

40 la figura 43 es una vista lateral que representa el tercer nivel de protección;

la figura 44 es una vista a escala ampliada de una porción de la figura 43;

la figura 45 es otra vista en perspectiva del sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples capas;

45 la figura 46 es una vista a escala ampliada de una porción de la figura 45;

la figura 47 es una vista en perspectiva lateral del sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples capas;

50 la figura 48 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea de sección 48-48 de la figura 47; y

la figura 49 es una vista a escala ampliada de una porción de la figura 48.

55 Descripción detallada

La presente divulgación se refiere de manera general a sistemas de detección de desgaste de elementos de trituración en una máquina de trituración de material. En un ejemplo, la máquina de trituración de material incluye un componente rotatorio tal como un tambor o cadena que porta los elementos de trituración. En determinados ejemplos, el sistema de detección de desgaste de elementos de trituración proporciona una indicación del nivel de desgaste de elementos de trituración de tal manera que un operario puede reconocer fácilmente cuando se necesita reemplazar uno o más de los elementos de trituración. En determinados ejemplos, el nivel de desgaste de elementos de trituración puede visualizarse de manera gráfica o numérica para proporcionar una indicación cualitativa del nivel específico de desgaste para cada elemento de trituración. En otros ejemplos, el sistema puede proporcionar una indicación cuando se ha desgastado más allá de un nivel predeterminado de tal manera que se recomienda un reemplazo.

Determinados aspectos de la presente divulgación se refieren a sistemas de detección de desgaste de elementos de trituración que usan sensores para proporcionar datos generales referentes al estado de desgaste de un elemento de trituración dado. Por ejemplo, en determinados ejemplos, sensores según los principios de la presente divulgación proporcionan datos referentes al estado de desgaste general de un elemento de trituración dado sin determinar o medir la posición de un punto o perfil geométrico específico del elemento de trituración. Los sensores pueden detectar características físicas generales (por ejemplo, volumen, masa, área de superficie, etc.) de los elementos de trituración sin medir la posición de un punto dado en un elemento de trituración dado. Pueden usarse sensores de este tipo de manera eficaz en entornos duros tales como los encontrados por máquinas de trituración de material (por ejemplo, máquinas de excavación de superficie, zanjadoras, ruedas de roca, amoladoras horizontales, amoladoras de tolva u otras máquinas de trituración de material). En determinados ejemplos, pueden usarse sistemas de detección según los principios de la presente divulgación para evaluar el desgaste de elementos de trituración de una máquina de trituración mientras la máquina de trituración está llevando a cabo operaciones de trituración. Por tanto, sistemas de detección según los principios de la presente divulgación pueden proporcionar información de desgaste en tiempo real referente a los elementos de trituración de una máquina de trituración mientras está haciéndose funcionar la máquina de trituración. En determinados ejemplos, sensores del sistema de detección están montados en una posición de detección y no se necesita moverlos desde el sistema de detección hasta una posición recogida cuando se usa la máquina de trituración para triturar material. Según la invención, los sistemas de desgaste de elementos de trituración usados en sistemas según los principios de la presente divulgación incluyen sensores de inducción.

Otros aspectos de la presente divulgación se refieren a sistemas de detección de desgaste de elementos de trituración que usan diversas técnicas de compensación, calibración o filtrado para procesar datos detectados. En determinados ejemplos, los sistemas de detección según los principios de la presente divulgación pueden compensar factores tales como temperatura y velocidad de elementos de trituración. En otros sistemas según los principios de la presente divulgación, se colocan sensores en estrecha proximidad entre sí y también en estrecha proximidad a múltiples elementos de trituración diferentes. Para tales aplicaciones, pueden usarse diversas estrategias para proporcionar datos de desgaste utilizables referentes a elementos de trituración individuales. Por ejemplo, pueden usarse estrategias de filtrado para eliminar mediante filtrado datos correspondientes a elementos de trituración que no se pretende detectar mediante un sensor dado. En determinados ejemplos, se proporciona al menos un sensor para cada elemento de trituración. En determinados ejemplos, se proporciona al menos un sensor para cada trayectoria de trituración definida por uno o más elementos de trituración de una máquina de trituración. En determinados ejemplos, se posicionan sensores en estrecha proximidad entre sí y se usan estrategias de funcionamiento para reducir o minimizar la interferencia entre sensores adyacentes. Por ejemplo, pueden activarse y desactivarse sensores de manera selectiva para minimizar la interferencia entre sensores adyacentes. También pueden hacerse funcionar los sensores en conjuntos de modo que pueden activarse múltiples sensores a la vez sin tener sensores adyacentes activados de manera simultánea. En determinados ejemplos, una separación de centro a centro de los sensores es menor que una distancia de detección eficaz de los sensores. En determinados ejemplos, una separación entre trayectorias de trituración de los elementos de trituración de la máquina de trituración de material es menor que una distancia de detección eficaz de los sensores usados para detectar desgaste de los elementos de trituración.

En determinados ejemplos, los sistemas según los principios de la presente divulgación pueden incluir una estructura para proteger los sensores del sistema de detección durante operaciones de trituración de material. Por ejemplo, pueden proporcionarse barras de rotura u otras estructuras de bloqueo para impedir que material dañe los sensores. En determinados ejemplos, las barras de rotura pueden estar posicionadas más cerca de un círculo o cilindro de trituración de la máquina de trituración de material que los sensores. En determinados ejemplos, los sensores también pueden estar protegidos por un alojamiento protector resistente que cubre los sensores, pero no interfiere con la capacidad de los sensores para detectar los elementos de trituración. En determinados ejemplos, los sensores pueden detectar los elementos de trituración a través de los alojamientos protectores. En determinados ejemplos, los alojamientos protectores están realizados de un material dieléctrico tal como plástico y los sensores son sensores de inducción.

En determinados ejemplos de la presente divulgación, se usan sensores de desgaste de inducción. En determinados ejemplos, los sensores de desgaste de inducción pueden tener alcances intervalos de funcionamiento de al menos 75 mm cuando se usan con un objetivo convencional tal como se define por el fabricante de sensor. En determinados ejemplos, los sistemas de desgaste según los principios de la presente divulgación pueden usar sensores de inducción que tienen distancias de detección eficaces de menos de 100 mm. En determinados ejemplos, los sensores de inducción pueden tener distancias de funcionamiento eficaces de más de 50 mm.

Otros aspectos de la presente divulgación se refieren a un sistema de detección de desgaste que incluye un sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples niveles. El sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples niveles incluye un primer nivel de protección, un segundo nivel de protección y un tercer nivel de protección. En determinados ejemplos, el primer nivel de protección incluye una capa de barrera inicial que incluye una pluralidad de segmentos de lámina realizados de un material de policarbonato. El segundo nivel

de protección incluye una disposición de bandejas unas al lado de otras posicionadas detrás de la capa de barrera inicial. Las bandejas pueden estar configuradas para absorber impactos que se transmiten a través de la capa de barrera inicial para impedir que los impactos impacten sobre los sensores. El tercer nivel de protección incluye una estructura de relieve para admitir impactos que se transmiten a través tanto de la capa de barrera inicial como de las bandejas. En un ejemplo, la estructura de relieve puede estar posicionada detrás de las bandejas para admitir el movimiento de las bandejas en respuesta a un impacto que pasa a través de la capa de barrera inicial y las bandejas.

La figura 1 ilustra una máquina de excavación de superficie 20 que puede usar un sistema de detección de desgaste de elementos de trituración según los principios de la presente divulgación. La máquina de excavación de superficie 20 incluye un tractor 19 que tiene un chasis principal 22 (es decir, un armazón principal) que incluye un extremo delantero 24 y un extremo trasero 26. El chasis principal 22 está soportado sobre un sistema de accionamiento de terreno (es decir, un sistema de propulsión) que incluye preferiblemente una pluralidad de estructuras de propulsión tales como ruedas u orugas 30 para propulsar la máquina 20 sobre el terreno. Una cabina de operario 32 está posicionada en un lado superior del chasis principal 22. Una herramienta de excavación 34 está montada en el extremo trasero 26 del chasis principal 26. La herramienta de excavación 34 incluye un tambor de excavación 38 que se acciona de manera rotatoria (por ejemplo, mediante motores hidráulicos) alrededor de un eje de tambor 40. El tambor de excavación 38 porta una pluralidad de elementos de trituración 42 adecuados para cortar roca. El tambor de excavación 38 puede estar montado en un brazo que puede hacerse pivotar entre una posición de excavación bajada (véase la figura 1) y una posición de transporte levantada (no mostrada). Una cubierta 78 rodea/encierra al menos parcialmente el tambor de excavación 38.

Tal como se muestra en la figura 2, los elementos de trituración 42 se representan como dientes que tienen puntas de ataque 50 soportadas sobre bases 52. En determinados ejemplos, las puntas de ataque 50 pueden ser más duras que las bases 52. Por ejemplo, las puntas de ataque 50 pueden ser elementos de inserción de carburo macizos mientras que las bases 52 pueden ser acero endurecido. En determinados ejemplos, los elementos de trituración 42 están montados de manera extraíble en el tambor de excavación 38. Por ejemplo, los elementos de trituración 42 pueden sujetarse dentro de estructuras de montaje tales como cavidades 54 integradas con el tambor de excavación 38.

En uso de la máquina de excavación de superficie 20, la máquina de excavación de superficie 20 se mueve hasta un sitio de excavación mientras que la herramienta de excavación 34 está en la posición de transporte. Cuando se desea excavar en el sitio de excavación, se baja la herramienta de excavación 34 desde la posición de transporte hasta la posición de excavación (véase la figura 1). Mientras está en la posición de excavación, se hace rotar el tambor de excavación 38 en un sentido 46 alrededor del eje 40 de tal manera que el tambor de excavación 38 usa un movimiento de corte descendente para retirar un grosor deseado T de material. A medida que la máquina de excavación 20 se mueve en un sentido de avance 47, el material excavado pasa por debajo del tambor 38 y se deja detrás de la máquina de excavación de superficie 20. Durante el procedimiento de excavación, las orugas 30 propulsan la máquina de excavación de superficie 20 en el sentido de avance 47 provocando de ese modo que se excave una capa superior de material que tiene un grosor T. Se apreciará que las aplicaciones de excavación de ejemplo para las que puede usarse la máquina de excavación de superficie 20 incluyen minería de superficie, fresado de pavimento, nivelación de terreno, preparación de construcción y otras actividades. En otros ejemplos, el tambor puede estar configurado para excavar usando un movimiento de corte ascendente.

Haciendo referencia a la figura 3, las puntas de ataque 50 de los elementos de trituración 42 definen un límite de trituración B (por ejemplo, círculo o cilindro de trituración) de la herramienta de excavación 34. El límite de trituración B corresponde al límite generalmente cilíndrico transcrito por las puntas de ataque 50 de los elementos de trituración 42 a medida que se hace rotar el tambor 38 alrededor del eje de tambor 40. El límite de trituración B puede tener un diámetro de trituración D. Las puntas de ataque 50 de los elementos de trituración 42 también definen trayectorias de trituración de la herramienta de excavación 34. Una trayectoria de trituración es la trayectoria que sigue/define la punta de un elemento de trituración cuando se hace rotar el tambor. Cada trayectoria de trituración coincide con un plano de trayectoria de trituración que es perpendicular al eje de tambor 40 y que pasa a través de la punta de ataque 50 del elemento de trituración 42 que define la trayectoria de trituración. En la figura 2 se representan planos de trayectoria de trituración de ejemplo P1, P2, P3 y P4 para cuatro trayectorias de trituración diferentes. Tal como se muestra en la figura 2, puede proporcionarse una matriz de sensores 61 dentro de la cubierta 78 cerca del límite de trituración B. En determinados ejemplos, puede definirse una trayectoria de trituración mediante un único elemento de trituración 42 y un sensor correspondiente de la matriz de sensores 61 puede estar alineado con la trayectoria de trituración para poder detectar el elemento de trituración 42 cuando el elemento de trituración 42 pasa por el sensor a medida que se hace rotar el elemento de trituración 42 alrededor del límite de trituración B por el tambor 38. En determinados ejemplos, cada trayectoria de trituración de la herramienta de excavación 34 puede tener un sensor independiente correspondiente. En otros ejemplos, pueden proporcionarse dos o más elementos de trituración 42 a lo largo de una trayectoria de trituración dada.

Haciendo referencia a la figura 2, los planos de trayectoria de trituración P1, P2, P3 y P4 coinciden

respectivamente con trayectorias de trituración de elementos de trituración T1, T2, T3 y T4. La matriz de sensores 61 puede incluir sensores 60 independientes correspondientes a cada una de las trayectorias de trituración. Los sensores 60 pueden tener distancias de detección eficaces Y que son más largas que una separación de trayectoria PS entre los planos de trayectoria de trituración. Los sensores 60 pueden estar dispuestos en múltiples filas (por ejemplo, tres filas R1, R2 y R3) que se extienden a lo largo del eje de rotación 40 del tambor. Los sensores 60 pueden estar separados una distancia de separación Z a partir del límite de trituración B. La distancia de separación Z es menor que la distancia de detección eficaz Y. La distancia de detección eficaz Y puede ser mayor que la separación de trayectoria PS definida entre los planos de trayectoria de trituración. Los sensores 60 de filas adyacentes pueden estar escalonados unos con respecto a otros en una orientación que se extiende a lo largo del eje de rotación 40. En una realización de ejemplo, no se asignan trayectorias de trituración adyacentes a sensores en la misma fila. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 2, el plano de trayectoria de trituración P1 se alinea con el sensor S1 de la primera fila R1, el plano de trayectoria de trituración P2 se alinea con el sensor S2 de la segunda fila R2, el plano de trayectoria de trituración P3 se alinea con el sensor S3 de la tercera fila R3 y el sensor S4 se alinea con el sensor S4 de la primera fila R1. Este patrón puede repetirse. De esta manera, los sensores 60 de la matriz pueden estar dispuestos para tener separaciones de sensores de centro a centro medidas lo largo del eje de rotación 40 que coinciden con las separaciones de trayectoria PS. Las distancias de detección eficaces Y de los sensores 60 pueden ser mayores que las separaciones de sensores SS.

En determinados ejemplos, los elementos de trituración 42 tienen, cada uno, una construcción de metal y los sensores 60 son sensores de inducción. En uso, los sensores 60 pueden generar campos magnéticos alternantes a través de los cuales pasan los elementos de trituración 42 a medida que se hacen rotar los elementos de trituración 42 alrededor del eje de rotación 40 por el tambor 38. Dado que los elementos de trituración 42 tienen, cada uno, una construcción metálica, cuando los elementos de trituración 42 pasan a través de los campos electromagnéticos de los sensores 60, se forman corrientes parásitas en la superficie de los elementos de trituración 42. La cantidad de energía que se transfiere mediante este fenómeno depende directamente del área de superficie del elemento de trituración 42 que pasa a través del campo. La cantidad de energía transferida a partir del campo magnético puede detectarse mediante el sensor de inducción y se representa mediante una reducción de la corriente eléctrica en el sensor de inducción. Dado que la cantidad de energía transferida depende del tamaño del objeto que pasa a través del campo magnético, la cantidad de reducción de corriente detectada mediante el sensor a medida que un elemento de trituración pasa a través del campo magnético es representativa del tamaño del elemento de trituración. A medida que un elemento de trituración se desgasta durante el uso, el área de superficie del elemento de trituración 42 que pasa a través del campo magnético de su sensor correspondiente se reduce de tal manera que se transfiere menos energía al elemento de trituración a medida que el elemento de trituración pasa a través del campo magnético. Dado que se transfiere menos energía al elemento de trituración, se detecta una reducción de corriente menor mediante el sensor de inducción. Por tanto, monitorizando la magnitud de la reducción de corriente detectada mediante el sensor a medida que el elemento de trituración pasa a través del campo magnético, es posible monitorizar el estado de desgaste del elemento de trituración correspondiente al sensor.

Haciendo referencia a la figura 3, la máquina de excavación de superficie 20 puede incluir un sistema de detección de desgaste 70 según los principios de la presente divulgación. El sistema de detección de desgaste 70 puede incluir una disposición de suspensión 72 para montar módulos de sensor 74 en la máquina de excavación de superficie 20. En el ejemplo representado, los módulos de sensor 74 están montados en una superficie interior 76 de la cubierta 78 que rodea al menos parcialmente el tambor 38. La disposición de suspensión 72 incluye una pluralidad de carriles 80 (por ejemplo, pistas) que tienen longitudes que se extienden a lo largo del eje de tambor 40. Los carriles 80 definen canales 82 en los que está recibida una fila de módulos de sensor 74. Tal como se muestra en la figura 4, los módulos de sensor 74 pueden estar dispuestos en una matriz que tiene tres filas paralelas R1, R2 y R3 de módulos de sensor 74. Las filas R1, R2 y R3 corresponden a canales C1, C2 y C3 definidos por los carriles 80 de la disposición de suspensión 72. Los módulos de sensor 74 pueden estar acoplados (por ejemplo, sujetos con pasador o fijados de otro modo) entre sí y pueden cargarse en la disposición de suspensión 72 deslizando las filas de módulos de sensor 74 longitudinalmente al interior de los canales C1, C2 y C3. Se apreciará que pueden proporcionarse aberturas en paredes de extremo de la cubierta 78 para permitir insertar los módulos de sensor 74 en los canales C1, C2 y C3. Durante el procedimiento de inserción y retirada, las filas R1, R2 y R3 de módulos de sensor 74 se deslizan a lo largo del canal C1, C2, C3 en una orientación que se extiende a lo largo del eje de tambor 40. Cuando están montados en los canales, los módulos de sensor 74 de filas adyacentes pueden estar escalonados unos con respecto a otros.

El sistema de detección de desgaste 70 también puede incluir una estructura de bloqueo para evitar que residuos de tamaño sustancial impacten contra los módulos de sensor 74. Tal como se muestra en la figura 3, estructuras de rotura de material están unidas a la superficie interior 76 de la cubierta 78 en una ubicación aguas arriba del módulo de sensor 74. En determinados ejemplos, las estructuras de rotura de material están posicionadas a una separación S1 desde el límite de trituración B definido por los elementos de trituración 42 y los módulos de sensor 74 están posicionados a una separación S2 desde el límite de trituración B definido por los elementos de trituración 42. La separación S2 es mayor que la separación S1. En determinados ejemplos, la separación S2 es al menos el 25%, el 50% o el 75% mayor que la separación S1. En determinados ejemplos, la separación S2 es

al menos 0,3175 cm (1/8 de pulgada) o al menos 0,635 cm (2/8 de pulgada) o al menos 0,9525 cm (3/8 de pulgada) mayor que la separación S1. En determinados ejemplos, la separación S2 es de aproximadamente 1,5875 cm (5/8 de pulgada) y la separación S1 es de aproximadamente 2,54 cm (una pulgada).

5 Haciendo todavía referencia a la figura 3, la estructura de rotura puede incluir una pluralidad de estructuras de
barras de rotura montadas en el lado interior de la cubierta 78. Por ejemplo, la figura 3 muestra una disposición
de barras de rotura que incluye una primera y segunda estructuras de barras de rotura 84. Cada una de las
estructuras de barras de rotura 84 tiene una longitud que se extiende a lo largo del eje de tambor 40. Las
10 estructuras de barras de rotura 84 incluyen, cada una, tres secciones de barra de rotura 84A, 84B y 84C que
están alineadas entre sí para formar la longitud de la estructura de barra de rotura 84. Cada una de las secciones
de barra de rotura 84A, 84B y 84C incluye una barra de montaje 86 fijada a la cubierta 78 mediante cartelas de
refuerzo 88. Cada una de las secciones de barra de rotura 84A, 84B y 84C también incluye una barra de impacto
15 90 sujeta a la barra de montaje 86. Las barras de impacto 90 están posicionadas a la separación S1 desde los
diámetros de trituración D y están adaptadas para recibir impactos de material portado por los elementos de
trituración 42 sobre el lado superior del tambor 38 durante operaciones de trituración de material. A medida que
el material recibe impactos de las barras de impacto 90, el material se reduce de tamaño de tal manera que el
material es lo suficientemente pequeño como para no extenderse hacia fuera desde el tambor 38 una distancia
20 mayor que la separación S1. De esta manera, se impide que el material impacte significativamente en los
módulos de sensor 74. En determinados ejemplos, las barras de impacto 90 están fijadas a las barras de montaje
86 mediante elementos de sujeción de modo que las barras de impacto pueden retirarse y reemplazarse
fácilmente a medida que se desgastan las barras de impacto 90. Tal como se muestra en la figura 3, las dos
estructuras de barras de rotura 84 están separadas una con respecto a otra alrededor de la circunferencia del
tambor 38 de tal manera que una de las estructuras de barras de rotura 84 está posicionada aguas abajo de la
otra de las estructuras de barras de rotura 84. De esta manera, el material recibe inicialmente impactos de la
25 barra de rotura 84 aguas arriba y después recibe posteriormente impactos de la estructura de barra de rotura 84
aguas abajo.

Las figuras 5-9 ilustran uno de los módulos de sensor 74. El módulo de sensor 74 está configurado para contener
dos de los sensores 60. Cada uno de los sensores 60 puede incluir una bobina magnética independiente 63
30 (véase la figura 4). El módulo de sensor 74 incluye una estructura para alojar y proteger las bobinas magnéticas.
Por ejemplo, el módulo de sensor 74 incluye un alojamiento 100 que incluye una primera y segunda cámaras o
secciones 102, 104 para alojar las bobinas 63 de los sensores de inducción 60. El alojamiento 100 está
preferiblemente realizado de un material dieléctrico a través del cual pueden transmitirse fácilmente campos
magnéticos generados por las bobinas 63 de los sensores 60. En determinados ejemplos, el alojamiento 100
35 está realizado de un material de plástico duro que proporciona protección frente a impactos a los sensores 60 al
tiempo que permite simultáneamente que campos magnéticos generados por los sensores 60 pasen a través del
alojamiento 100. Tal como se muestra en la figura 9, el alojamiento 100 incluye bridas 106 para engancharse con
los carriles 80 de la disposición de suspensión 72 para retener los módulos de sensor 74 dentro de los canales
C1-C3. Pueden proporcionarse contactos eléctricos y cableado en un lado trasero 108 del módulo de sensor 74
40 para permitir conectar eléctricamente el módulo de sensor a un sistema de control que tiene un conjunto de
circuitos de control adecuado para controlar el funcionamiento de los sensores 60. Una placa de soporte de
metal 110 puede estar montada en un lado trasero del alojamiento 100. Cuando el módulo de sensor 74 está
montado dentro de la disposición de suspensión 72, una cara delantera 112 del alojamiento 100 está posicionada
a la separación S2 desde el límite de trituración B definido por los elementos de trituración 42. Los sensores 60
45 están posicionados ligeramente más lejos del límite de trituración B que la cara delantera 112. Por ejemplo, las
bobinas 63 del sensor 60 pueden estar posicionadas a una distancia desde el límite de trituración B que es igual
a la separación S2 más el grosor de la pared delantera del alojamiento 100. En determinados ejemplos, la pared
delantera del alojamiento tiene un grosor de aproximadamente 1/4 de pulgada y los sensores 60 están
separados aproximadamente 1,25 pulgadas desde el límite de trituración B. Se apreciará que, en otros ejemplos,
50 pueden usarse diferentes separaciones dependiendo del tipo de sensor usado, el material que está
procesándose y la configuración de la máquina de trituración.

Se apreciará que la magnitud de la señal detectada por un sensor de inducción depende del tamaño del objetivo
que pasa a través del campo magnético del sensor y/o la proximidad del objetivo al sensor de inducción. La
55 figura 13 es un gráfico que muestra una curva de salida 198 de un sensor de inducción a temperatura ambiente
para un objetivo convencional. La curva de salida 198 del gráfico de la figura 13 muestra la salida de sensor a
medida que un objetivo convencional se coloca a diferentes separaciones directamente delante del sensor
provocando de ese modo que el sensor genere diferentes salidas. Cuando el objetivo convencional está fuera del
alcance de detección eficaz del sensor, la salida de sensor de inducción tiene un valor máximo mostrado por la
60 línea 200. A medida que se mueve el objetivo convencional progresivamente más cerca del sensor de inducción,
la magnitud de la salida de sensor de inducción se reduce gradualmente.

La impedancia de la bobina del sensor de inducción 60 cambia con la temperatura. Por tanto, los cambios de
temperatura modifican la curva de salida del sensor de inducción. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura
65 14, las curvas de salida del sensor de inducción se mueven a la izquierda y tienen pendientes más pronunciadas
a medida que disminuye la temperatura. Tal como se muestra en la figura 14, la línea 210 corresponde a una

temperatura de 50°C (122°F), la línea 212 corresponde a una temperatura de 20°C (68°F) y la línea 214 corresponde a una temperatura de 0°C (32°F). Las curvas 210, 212 y 214 muestran salidas de un sensor cuando se detecta un objetivo convencional a diferentes distancias para las diferentes temperaturas mencionadas anteriormente.

5

La diferencia en la salida de sensor de inducción entre un elemento de trituración desgastado y un elemento de trituración nuevo puede ser lo suficientemente pequeña como para que variaciones de temperatura tengan un impacto significativo cuando se evalúan niveles de desgaste. Por tanto, aspectos de la presente divulgación se refieren a usar algoritmos, tablas de consulta u otros medios para compensar las variaciones de temperatura cuando se monitoriza el desgaste de elementos de trituración. En determinados ejemplos, pueden proporcionarse sensores de temperatura en las bobinas de sensor de inducción para proporcionar una indicación de las temperaturas de las bobinas de sensor de inducción. En otros ejemplos, puede usarse la temperatura ambiental u otra temperatura asociada con la máquina de trituración para aproximar la temperatura de las bobinas de los sensores de inducción.

10

15

La figura 15 muestra una curva de salida 199 que representa la salida de un sensor de inducción cuando se detecta un elemento de trituración a diferentes distancias desde el sensor de inducción. Para el gráfico de la figura 15, el elemento de trituración no está desviado con respecto al sensor de inducción (es decir, la bobina del sensor de inducción y el elemento de trituración están ambos alineados a lo largo de un plano común correspondiente a una trayectoria de trituración del elemento de trituración). El elemento de trituración usado para proporcionar los datos del gráfico de la figura 15 tiene un área menor que el objetivo convencional usado para proporcionar los datos de la figura 13. Por tanto, la curva de salida de sensor 199 representada en el gráfico de la figura 15 tiene una pendiente más pronunciada que la pendiente de la curva 198 representada en la figura 13.

20

25

En determinados ejemplos de la presente divulgación, las bobinas de los sensores de inducción pueden estar colocadas a una separación de centro a centro medida a lo largo del eje de rotación 40 del tambor 38 que es menor que las distancias de detección eficaces de los sensores de inducción y también es menor que las anchuras de los campos magnéticos generados por los sensores de inducción. Por tanto, un sensor de inducción alineado con una trayectoria de trituración dada puede detectar un elemento de trituración correspondiente a la trayectoria de trituración, pero también puede detectar elementos de trituración correspondientes a trayectorias de trituración adyacentes. Tal como se muestra en la figura 16, la pendiente de la curva de salida generada por el sensor de inducción disminuye a medida que aumenta la distancia de desviación lateral del elemento de trituración. Por ejemplo, la curva 300 muestra la respuesta de salida de un sensor de inducción cuando un objetivo convencional está posicionado a diferentes distancias desde el sensor de inducción mientras el objetivo convencional tiene una desviación lateral de cero con respecto al sensor de inducción. En cambio, la curva de salida 302 muestra la salida para el sensor de inducción cuando el mismo objetivo está posicionado a las mismas distancias hacia fuera que en la curva de salida 300, pero con una desviación lateral de 2 pulgadas con respecto al sensor de inducción. Las curvas entre las curvas de salida 300, 302 muestran el efecto de desviar lateralmente el objetivo con respecto al sensor de inducción.

30

35

40

La figura 17 muestra tres curvas de salida de sensor 304, 306 y 308. Las salidas de sensor para generar la curva 304 se generaron posicionando un objetivo convencional a diferentes distancias desde el sensor de inducción al tiempo que se mantenía una desviación lateral de cero. Las salidas de sensor de inducción correspondientes a la curva 306 se generaron posicionando un elemento de trituración 310 (véase la figura 18) a diferentes distancias desde el sensor de inducción al tiempo que se mantenía una desviación lateral de cero. Las salidas de sensor de inducción correspondientes a la curva 308 se generaron posicionando un elemento de trituración 312 (figura 18) a diferentes separaciones hacia fuera desde el sensor de inducción mientras se mantenía una desviación lateral de cero. Dado que el elemento de trituración 310 es más grueso que el elemento de trituración 312, la curva 306 tiene una pendiente menos pronunciada que la curva 308. La figura 17 también ilustra una técnica para evaluar el desgaste de elementos de trituración usando la salida a partir del sensor de inducción. Por ejemplo, con respecto al diente 310, la línea 314 representa un valor de nivel inicial para el diente 310 cuando el diente es nuevo. Este valor de nivel inicial puede almacenarse en una memoria de un sistema de control (por ejemplo, un ordenador, un procesador u otro dispositivo electrónico) y usarse para controlar el funcionamiento del sistema de detección de desgaste. La línea 316 es representativa de una salida del sensor de inducción cuando el diente 310 se desgasta. En un ejemplo, el diente 310 se desgasta aproximadamente ½ de pulgada entre la línea 314 y la línea 316. En uso, cuando el valor de salida generado por el sensor de inducción alcanza la línea 316, puede notificarse al operario de que debe reemplazarse el diente 310 correspondiente. La línea 318 corresponde a una salida del sensor de inducción cuando el elemento de trituración 312 es nuevo. La línea 320 corresponde a una salida del sensor de inducción cuando el elemento de trituración 312 se ha desgastado hasta un estado en el que el elemento de trituración 312 debe reemplazarse. Una vez más, un controlador del sistema de detección de desgaste de elementos de trituración puede monitorizar las salidas del sensor de inducción correspondiente al diente 312 y puede alertar a un operario de que el diente 312 debe reemplazarse una vez que la salida del sensor de inducción alcance la línea 320. Tal como se indicó anteriormente, las salidas del sensor de inducción pueden modificarse mediante algoritmos, tablas de consulta u otros medios para compensar factores tales como temperatura y velocidad. Con respecto a esto, se indica que la velocidad a la que está desplazándose el

45

50

55

60

65

elemento de trituración cuando el elemento de trituración pasa a través del campo magnético alternante del sensor de inducción también puede afectar a la salida del sensor. Por ejemplo, a medida que se aumenta la velocidad de rotación del tambor sin cambiar una separación hacia fuera entre el sensor de inducción y el elemento de trituración que está detectándose, se reduce el cambio en la corriente detectada por el sensor a medida que el elemento de trituración pasa a través del campo magnético. Para superar este factor, puede usarse un algoritmo para modificar la salida del sensor de inducción para compensar la velocidad de rotación del tambor.

La figura 21 muestra un elemento de trituración 42 que interfiere con el campo magnético de un sensor 60 y, por tanto, que está detectándose por el sensor 60. El elemento de trituración 42 se muestra a una distancia de separación hacia fuera d_1 y una distancia de separación lateral de cero. La figura 22 muestra una salida del sensor de inducción con el elemento de trituración en la posición de la figura 21. La figura 19 muestra el elemento de trituración 42 lateralmente desviado con respecto al sensor 60 una distancia de separación lateral d_2 . El elemento de trituración 42 también está desviado con respecto al sensor de inducción 60 la distancia de separación hacia fuera d_2 . La distancia de separación hacia fuera d_1 es la misma en las figuras 19 y 21. La figura 20 muestra una salida del sensor de inducción 60 con el elemento de trituración 42 en la posición de la figura 19. Una comparación de las figuras 20 y 22 muestra que una señal de salida 401 generada por el sensor 60 cuando el elemento de trituración 42 está directamente en línea con el sensor de inducción 60 tiene una varianza mayor en comparación con una lectura de no detección 401 del sensor 60 que una señal de salida correspondiente 402 generada por el sensor de inducción 60 cuando el elemento de trituración 400 está posicionado a la misma distancia de separación hacia fuera d_1 , pero también a una distancia de separación lateral d_2 . El gráfico de la figura 20 también demuestra que los sensores de inducción 60 pueden detectar elementos de trituración que están lateralmente desviados con respecto a los sensores, pero todavía están dentro del campo magnético del sensor.

Tal como se muestra en las figuras 19 y 20, los elementos de trituración que están lateralmente desviados con respecto a un sensor de inducción 60 dado pueden detectarse mediante el sensor de inducción 60 a medida que los elementos de trituración se mueven más allá del sensor 60. En determinados ejemplos de la presente divulgación, las trayectorias de corte definidas por los elementos de trituración 42 pueden estar lo suficientemente cerca unas de otras como para que uno de los sensores de inducción 60 pueda detectar los elementos de trituración correspondientes a tres o más de las trayectorias de trituración. Por ejemplo, la figura 23 muestra un perfil de salida de sensor inicial, sin filtrar, para el sensor de inducción 60 para una rotación del tambor 38. A medida que rota el tambor 38, el sensor de inducción 60 detecta el elemento de trituración 42 que está alineado con el sensor de inducción 60. El sensor 60 también detecta el elemento de trituración 42 correspondiente a la trayectoria de trituración que está desviada hacia la izquierda del sensor de inducción 60 y el elemento de trituración 42 que corresponde a la trayectoria de trituración desviada hacia la derecha del sensor 60. Dado que los elementos de trituración izquierdo y derecho están lateralmente desviados con respecto al sensor 60, las lecturas de señal 450B y 450C correspondientes a tales elementos de trituración tienen una varianza de magnitud menor en comparación con una lectura 450A correspondiente al elemento de trituración alineado. Tal como se indica en la figura 23, las posiciones de rotación Ω_a , Ω_b y Ω_c de los elementos de trituración central, izquierdo y derecho se determinan y se guardan en memoria. Durante un procedimiento de filtrado, se comparan las magnitudes de las lecturas 450A, 450B y 450C y se selecciona la lectura 450A con la varianza más grande a partir de cero. La posición de rotación Ω_a de la lectura más alta 450A se guarda en memoria. Entonces pueden eliminarse mediante filtrado las lecturas 450B y 450C tal como se muestra en la figura 24. Después de eso, el sistema de control solo buscará valores de lectura de sensor de inducción correspondientes al elemento de trituración alineado en la posición de rotación Ω_a . Si el sistema no detecta un elemento de trituración en la posición de rotación Ω_a , entonces puede notificarse al operario de que falta el elemento de trituración alineado. A medida que se desgasta el elemento de trituración, la magnitud de la lectura de señal 450A en la posición de rotación Ω_a cambiará. Una determinada magnitud de cambio de la lectura de señal 450A en comparación con un valor de lectura de señal de nivel inicial (por ejemplo, la lectura cuando el elemento de trituración era nuevo) es indicativa de que el elemento de trituración se ha desgastado hasta un punto en el que debe reemplazarse el elemento de trituración 42A. En este punto, puede notificarse al operario de que debe cambiarse el elemento de trituración 42A.

En determinados ejemplos, los sensores de inducción 60 están posicionados lo suficientemente cerca unos de otros como para que los campos magnéticos de sensores 60 adyacentes se solapen entre sí. Por tanto, si todos los sensores 60 se hacen funcionar simultáneamente, los campos magnéticos de sensores adyacentes pueden interferir unos con otros. Para evitar este tipo de interferencia magnética, en determinados ejemplos, todos los sensores 60 no se hacen funcionar al mismo tiempo. Por ejemplo, en un ejemplo, cada uno de los sensores 60 puede hacerse funcionar individualmente de tal manera que se toman lecturas individualmente con respecto a cada una de las trayectorias de trituración. En un ejemplo de este tipo, el controlador puede usar un protocolo de control que realiza ciclos de manera repetida a través de los sensores accionándose cada sensor individualmente durante al menos una rotación del tambor 38. En otras realizaciones, pueden accionarse simultáneamente etapas o grupos de los sensores 60 y el sistema de control puede realizar ciclos a través de los grupos de sensores 60. En determinados ejemplos, los sensores de cada grupo pueden seleccionarse basándose en el posicionamiento relativo de los sensores y el posicionamiento de sus campos magnéticos

correspondientes. Específicamente, los sensores de cualquier conjunto dado se seleccionan de modo que los campos magnéticos de los sensores dentro del conjunto no interfieren unos con otros.

5 Las figuras 25-30 se refieren a un sistema que tiene múltiples conjuntos de sensores 60 que se energizan y desenergizan de manera secuencial. Tal como se muestra en las figuras 25, 27 y 29, solo se representa una porción de la longitud y la circunferencia del tambor 38 en una vista en plano. Por ejemplo, solo se representan aproximadamente 90° de la circunferencia del tambor y solo se representa ¼ de la longitud del tambor. La porción representada del tambor incluye elementos de trituración A1, B1, C1, A2, B2, C2, A3, B3 y C3. El sistema de detección incluye un primer conjunto de sensores A, un segundo conjunto de sensores B y un tercer conjunto de sensores C, todos los cuales están interconectados con un controlador 500. El controlador 500 controla la velocidad de funcionamiento del tambor 38 mediante un motor hidráulico 502 y una caja de engranajes 504. El controlador también controla el funcionamiento de los conjuntos de sensores de inducción A, B y C. Por ejemplo, durante una primera fase de detección, se activan los sensores de inducción correspondientes al conjunto A y se desactivan los sensores de inducción correspondientes a los conjuntos B y C. Con los sensores del conjunto A activados y los sensores de los conjuntos B y C desactivados, se toman lecturas de cerca para los elementos de trituración A1, A2 y A3 tal como se muestra en la figura 26 y no se toma ninguna lectura para los elementos de trituración correspondientes a los conjuntos B y C. Tal como se muestra en la figura 26, se identifican valores de lectura específicos (por ejemplo, entrada 1 a partir de los sensores de inducción) y posiciones de rotación (entrada 4) para cada uno de los elementos de trituración A1, A2 y A3 por controlador. Durante la primera fase de detección, los sensores del conjunto A detectan el nivel de desgaste de los elementos de trituración A1, A2 y A3 a medida que el tambor rota a lo largo de una o más rotaciones.

Después de la primera fase de detección, el controlador implementa una segunda fase de detección en la que se desenergizan los conjuntos de sensores A y C, y se energiza el conjunto de sensores B (figura 27). El controlador toma lecturas de desgaste (por ejemplo, entrada 2 a partir de los sensores de inducción de conjunto B) para los elementos de trituración B1, B2 y B3 tal como se muestra en la figura 28. Los valores de la entrada 2 corresponden a los niveles de desgaste de los elementos de trituración B1, B2 y B3. El controlador puede tener información previamente guardada referente a las posiciones de rotación de los elementos de trituración B1, B2 y B3. Adicionalmente, el controlador puede comparar valores de nivel de desgaste detectados generados por el conjunto de sensores B correspondiente a cada uno de los elementos de trituración B1, B2 y B3 y puede comparar tales valores con valores de desgaste de nivel inicial de los elementos de trituración B1, B2 y B3. Los valores de desgaste de nivel inicial pueden corresponder a valores establecidos cuando se instalaron inicialmente los elementos de trituración B1, B2 y B3 en el tambor 38. Al comparar los valores de nivel de desgaste detectados generados por el conjunto de sensores B para cada uno de los elementos de trituración B1, B2 y B3 con sus niveles de desgaste de nivel inicial correspondientes, el controlador puede usar algoritmos u otros medios para compensar variaciones asociadas con la temperatura, la velocidad de rotación del tambor u otros factores. Una vez que se han establecido lecturas de desgaste para los elementos de trituración B1, B2 y B3, el controlador puede detener la segunda fase de detección y pasar a una tercera fase de detección.

40 La figura 29 muestra el sistema en una tercera fase de detección. En la tercera fase de detección, se desenergizan los conjuntos de sensores A y B y se energiza el conjunto de sensores C. Con el conjunto de sensores C energizado, el controlador puede acceder a valores de la entrada 3 a partir de los sensores del conjunto C referentes a los niveles de desgaste de los elementos de trituración C1, C2 y C3 (véase la figura 30). Normalmente, los valores de nivel de desgaste se generan por el conjunto de sensores C a medida que se hace rotar el tambor. Los valores de nivel de desgaste detectados de los elementos de trituración C1, C2 y C3 pueden compararse con valores de nivel de desgaste de nivel inicial para los elementos de trituración C1, C2 y C3. Los valores de nivel de desgaste de nivel inicial para los elementos de trituración C1, C2 y C3 pueden establecerse por el sistema cuando se instalan inicialmente los elementos de trituración C1, C2 y C3 en el tambor 38. Si los valores de nivel de desgaste detectados indicados por la entrada 3 se desvían de los valores de nivel de desgaste de nivel inicial en una cantidad predeterminada, el sistema puede indicar que se recomienda o se requiere el reemplazo de uno o más de los elementos de trituración C1, C2 y C3.

Se apreciará que determinadas lecturas tomadas por los sensores de inducción según los principios de la presente divulgación son de naturaleza general y no identifican la posición de un punto geométrico específico en cualquiera de los elementos de trituración. En vez de eso, las lecturas tomadas por los sensores proporcionan una indicación general del área de superficie global de un elemento de trituración dado que pasa a través del campo magnético del sensor correspondiente al elemento de trituración. La lectura puede variar dependiendo del tamaño y la forma del elemento de trituración. Con respecto a esto, diferentes patrones de desgaste en el elemento de trituración pueden proporcionar lecturas similares. Por ejemplo, pueden proporcionarse lecturas de rendimiento similares si porciones de la base se eliminan mediante desgaste mientras que la punta permanece intacta o si la punta se retira y la base permanece completamente intacta. Ventajosamente, sistemas de detección según los principios de la presente divulgación proporcionan una buena indicación del desgaste general mientras que al mismo tiempo no usan una tecnología óptica precisa que no es compatible con el uso durante el funcionamiento normal de la máquina de trituración. Por tanto, sistemas de detección según los principios de la presente divulgación pueden usarse mientras están usándose sus máquinas de trituración de material correspondientes para triturar materiales y no requieren detener las operaciones de trituración de

material para permitir la detección de desgaste. Adicionalmente, configuraciones de detección según los principios de la presente divulgación tienen construcciones resistentes que pueden permanecer en una posición de detección durante operaciones de trituración de material y no se requiere moverlas a una posición recogida durante operaciones de trituración de material.

5

En la práctica de aspectos de la presente divulgación, inicialmente se instala un elemento de trituración en un tambor o cadena. Después se hace rotar el tambor y/o cadena y se toma una lectura de desgaste de nivel inicial con respecto al elemento de trituración instalado. La lectura de desgaste de nivel inicial puede tomarse usando un sensor tal como un sensor de inducción. En el momento en el que se toma la lectura de desgaste de nivel inicial, se identifican un valor de temperatura (por ejemplo, una temperatura representativa de la temperatura de bobina) y una velocidad de rotación del tambor o cadena. La lectura de desgaste de nivel inicial, así como el valor de temperatura y el valor de velocidad de rotación pueden guardarse en una memoria. Entonces puede hacerse funcionar la máquina para realizar operaciones de trituración de material. Mientras se realizan operaciones de trituración de material, puede tomarse una lectura de desgaste en tiempo real con respecto al elemento de trituración usando el sensor. También pueden tomarse lecturas de temperatura y velocidad de rotación en tiempo real. Una vez tomadas las lecturas en tiempo real, pueden compararse la lectura de desgaste en tiempo real y la lectura de desgaste de nivel inicial para evaluar un nivel de desgaste del elemento de trituración y para determinar si el elemento de trituración se ha desgastado hasta el punto en el que se recomienda o se requiere reemplazar el elemento de trituración. Al comparar la lectura de desgaste en tiempo real con la lectura de desgaste de nivel inicial, el controlador puede realizar ajustes en el valor de nivel de desgaste en tiempo real y/o el valor de nivel de desgaste de nivel inicial para compensar cualquier diferencia que pueda existir entre el valor de temperatura de nivel inicial y el valor de temperatura en tiempo real y/o entre la velocidad de rotación de nivel inicial y la rotación velocidad en tiempo real. Si las lecturas de desgaste de nivel inicial y en tiempo real difieren en una cantidad predeterminada tras la compensación, el controlador puede proporcionar una indicación a un operario de que se recomienda o se requiere el reemplazo del elemento de trituración.

10

15

20

25

En la instalación inicial del elemento de trituración, el controlador puede determinar una posición de rotación del elemento de trituración y eliminar mediante filtrado lecturas correspondientes a elementos de trituración que no se desea detectar para la operación de detección particular que está realizándose. Cuando el controlador toma la lectura de desgaste en tiempo real, el controlador busca una lectura a partir del sensor en la posición de rotación previamente identificada de la cadena o tambor que corresponde al elemento de trituración en cuestión. Si no se detecta ninguna lectura en la posición de rotación previamente identificada, el controlador reconoce que falta el elemento de trituración y proporciona una indicación al operario de que falta el elemento de trituración y se necesita reparación o reemplazo.

30

35

Las figuras 31 y 32 muestran otra máquina de excavación de superficie 720 adecuada para usar un sistema de detección de desgaste de elementos de trituración de un tipo descrito en el presente documento. En comparación con usar un tambor, la máquina de excavación de superficie 720 incluye elementos de trituración 742 portados por una cadena 738. La cadena 738 se acciona por un engranaje 739. Monitorizando la velocidad y rotación del engranaje, y conociendo la longitud circunferencial de la cadena 738, es posible monitorizar la posición de rotación de la cadena 738 durante el uso. En determinados ejemplos, la posición de rotación de la cadena puede identificarse detectando elementos de trituración dispuestos en una configuración no repetitiva a lo largo de una trayectoria de trituración dada. Una configuración no repetitiva es una configuración que no se repite a lo largo del transcurso de una rotación completa de la cadena. La configuración no repetitiva más sencilla es un único elemento de trituración correspondiente a un sensor y/o una trayectoria de trituración. Detectando la presencia del único elemento de trituración y monitorizando la velocidad y rotación de la cadena 738, el controlador puede establecer una posición del elemento de trituración en la cadena y puede determinar la posición de rotación de todos los demás elementos de trituración en la cadena. Otro ejemplo de un patrón no repetitivo incluye dos elementos de trituración monitorizados en la misma trayectoria de trituración que no están separados de manera uniforme alrededor del perímetro de la cadena.

40

45

50

Las figuras 33 y 34 muestran otro ejemplo de un sistema de detección de desgaste 800 según los principios de la presente divulgación. El sistema de detección de desgaste 800 puede incluir un sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples niveles 802. El sistema de protección de sensor de desgaste 802 está configurado para proteger los sensores de desgaste 804 (véase la figura 34) frente al daño en las condiciones más extremas. El sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples niveles 802 también está configurado para permitir que los sensores de desgaste 804 proporcionen funcionalidad de detección durante operaciones de trituración. Por tanto, el sistema de detección de desgaste 800 puede proporcionar monitorización de desgaste de dientes continua sin requerir interrupciones en las operaciones de trituración para evaluar el desgaste de dientes. El sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples niveles 802 incluye un primer nivel de protección, un segundo nivel de protección y un tercer nivel de protección. El primer nivel de protección se ilustra y se describe en más detalle en la figura 35.

55

60

65

El primer nivel de protección puede estar en forma de una capa de barrera inicial 806 (por ejemplo, capa de blindaje inicial). En un ejemplo, la capa de barrera inicial 806 rodea el tambor de trituración (no mostrado) y está

- 5 posicionada entre el tambor de trituración y los sensores de desgaste 804. En un ejemplo, la capa de barrera inicial 806 se curva al menos parcialmente alrededor del tambor de trituración. En un ejemplo, la capa de barrera inicial 806 puede tener un radio de curvatura centrado en el eje de rotación del tambor de trituración. En determinados ejemplos, la capa de barrera inicial 806 puede tener una construcción de tipo lámina que incluye una pluralidad de segmentos de lámina 808 fijados al armazón de máquina 810 en una disposición unos al lado de otros. En determinados ejemplos, la capa de barrera inicial 806 puede incluir un material tal como policarbonato. En la figura 34, la capa de barrera inicial 806 se muestra con porciones de la pluralidad de segmentos de lámina 808 retiradas.
- 10 Haciendo referencia a las figuras 35-36, se representa uno de la pluralidad de segmentos de lámina 808. En el ejemplo representado, el segmento de lámina 808 incluye un cuerpo de segmento principal 812 que tiene un extremo superior 814 y un extremo inferior 816. En determinados ejemplos, los extremos superior e inferior 814, 816 del cuerpo de segmento principal 812 pueden fijarse respectivamente con accesorios superior e inferior 818, 820 (por ejemplo, elementos de fijación). El accesorio superior 818 puede incluir aberturas de elemento de sujeción 822 para recibir elementos de sujeción (no mostrados) usados para fijar el segmento de lámina 808 al armazón de máquina 810 (véase la figura 33). Los accesorios inferiores 820 pueden incluir, cada uno, una primera pestaña 826 y una segunda pestaña 828 que se ajustan dentro de receptáculos de pestaña 830 correspondientes (véase la figura 34).
- 15 En determinados ejemplos, la pluralidad de segmentos de lámina 808 pueden incluir aberturas 807 (véase la figura 36) en los extremos superior e inferior 814, 816 del cuerpo de segmento principal 812. La pluralidad de segmentos de lámina 808 pueden fijarse a los accesorios 818, 820 usando bandas de sujeción 809 que incluyen perforaciones (no mostradas) que se alinean o corresponden con las aberturas 807 de la pluralidad de segmentos de lámina 808. En un ejemplo, las bandas de sujeción 809 están unidas a la pluralidad de segmentos de lámina 808 usando elementos de sujeción 811 (por ejemplo, remaches, tornillos, pasadores, tirantes, adhesivo, etc.) para fijar la pluralidad de segmentos de lámina 808 a los accesorios superior e inferior 818, 820 respectivamente.
- 20 La capa de barrera inicial 806 puede tener una construcción robusta. En determinados ejemplos, la capa de barrera inicial 806 puede reemplazarse fácilmente y tiene un coste relativamente bajo. En determinados ejemplos, cada uno de la pluralidad de segmentos de lámina 808 puede instalarse deslizando la estructura de tipo lámina hacia abajo alrededor del rotor a lo largo de una pista de guía hasta que la primera y segunda pestañas 826, 828 se ajustan dentro de los receptáculos de pestaña 830 correspondientes fijados al armazón de máquina 810. Después de eso, pueden usarse elementos de sujeción para fijar los extremos superiores 814 de la pluralidad de segmentos de lámina 808 al armazón de máquina 810.
- 25 En determinados ejemplos, los extremos superiores 814 de la pluralidad de segmentos de lámina 808 están en una ubicación a la que se accede fácilmente por un operario. Para retirar uno de la pluralidad de segmentos de lámina 808 para su reemplazo, se retiran los elementos de sujeción en los extremos superiores 814 de cada uno de la pluralidad de segmentos de lámina 808 y se desliza la pluralidad de segmentos de lámina 808 hacia arriba para desenganchar la primera y segunda pestañas 826, 828 a partir de los receptáculos de pestaña 830 y para deslizar la pluralidad de segmentos de lámina 808 hacia fuera desde alrededor del componente de trituración.
- 30 Haciendo referencia a la figura 37, el sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples niveles 802 también puede incluir un segundo nivel de protección en forma de bandejas 832 (por ejemplo, alojamientos) en las que están montados los sensores de desgaste 804. En determinados ejemplos, las bandejas 832 están montadas detrás de la capa de barrera inicial 806 y están configuradas para absorber impactos que se transmiten a través de la capa de barrera inicial 806 para evitar que los impactos impacten en los sensores de desgaste 804 contenidos dentro de las bandejas 832. En determinados ejemplos, las bandejas 832 incluyen un material resistente al desgaste tal como policarbonato. Las bandejas 832 ayudan a proporcionar protección frente a impactos a los sensores de desgaste 804 mientras que al mismo tiempo permiten que los campos magnéticos generados por los sensores de desgaste 804 pasen a través de las bandejas 832. El segundo nivel de protección se ilustra y se describe en más detalle en las figuras 38-42.
- 35 En determinados ejemplos, los extremos superiores 814 de la pluralidad de segmentos de lámina 808 están en una ubicación a la que se accede fácilmente por un operario. Para retirar uno de la pluralidad de segmentos de lámina 808 para su reemplazo, se retiran los elementos de sujeción en los extremos superiores 814 de cada uno de la pluralidad de segmentos de lámina 808 y se desliza la pluralidad de segmentos de lámina 808 hacia arriba para desenganchar la primera y segunda pestañas 826, 828 a partir de los receptáculos de pestaña 830 y para deslizar la pluralidad de segmentos de lámina 808 hacia fuera desde alrededor del componente de trituración.
- 40 Haciendo referencia a la figura 37, el sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples niveles 802 también puede incluir un segundo nivel de protección en forma de bandejas 832 (por ejemplo, alojamientos) en las que están montados los sensores de desgaste 804. En determinados ejemplos, las bandejas 832 están montadas detrás de la capa de barrera inicial 806 y están configuradas para absorber impactos que se transmiten a través de la capa de barrera inicial 806 para evitar que los impactos impacten en los sensores de desgaste 804 contenidos dentro de las bandejas 832. En determinados ejemplos, las bandejas 832 incluyen un material resistente al desgaste tal como policarbonato. Las bandejas 832 ayudan a proporcionar protección frente a impactos a los sensores de desgaste 804 mientras que al mismo tiempo permiten que los campos magnéticos generados por los sensores de desgaste 804 pasen a través de las bandejas 832. El segundo nivel de protección se ilustra y se describe en más detalle en las figuras 38-42.
- 45 Haciendo referencia a las figuras 38-39, se ilustran detalles de las bandejas 832. Las bandejas 832 pueden estar configuradas para contener los sensores de desgaste 804 de tal manera que los sensores de desgaste 804 presentan una cara abierta dentro de en las bandejas 832 (es decir, las bandejas no cubren las caras externas principales de los sensores). La figura 38 es una vista a escala ampliada de una porción del segundo nivel de protección mostrado en la figura 37. En el ejemplo representado, se muestran varias bandejas 832 en una disposición unas al lado de otras. En un ejemplo, las bandejas 832 pueden estar montadas juntas a lo largo de una placa 834. La placa 834 puede estar dispuesta y configurada para deslizar una pluralidad de las bandejas 832 y los sensores de desgaste 804 como una unidad al interior de canales 836. Tal como se representa, los canales 836 están contruidos para ser paralelos entre sí.
- 50 Haciendo referencia a las figuras 38-39, se ilustran detalles de las bandejas 832. Las bandejas 832 pueden estar configuradas para contener los sensores de desgaste 804 de tal manera que los sensores de desgaste 804 presentan una cara abierta dentro de en las bandejas 832 (es decir, las bandejas no cubren las caras externas principales de los sensores). La figura 38 es una vista a escala ampliada de una porción del segundo nivel de protección mostrado en la figura 37. En el ejemplo representado, se muestran varias bandejas 832 en una disposición unas al lado de otras. En un ejemplo, las bandejas 832 pueden estar montadas juntas a lo largo de una placa 834. La placa 834 puede estar dispuesta y configurada para deslizar una pluralidad de las bandejas 832 y los sensores de desgaste 804 como una unidad al interior de canales 836. Tal como se representa, los canales 836 están contruidos para ser paralelos entre sí.
- 55 En determinados ejemplos, puede haber carriles 838 unidos a las placas 834. Los carriles 838 pueden tener longitudes que se extienden a lo largo del eje de tambor. Los carriles 838 pueden estar fijados (por ejemplo,
- 60 En determinados ejemplos, puede haber carriles 838 unidos a las placas 834. Los carriles 838 pueden tener longitudes que se extienden a lo largo del eje de tambor. Los carriles 838 pueden estar fijados (por ejemplo,
- 65 En determinados ejemplos, puede haber carriles 838 unidos a las placas 834. Los carriles 838 pueden tener longitudes que se extienden a lo largo del eje de tambor. Los carriles 838 pueden estar fijados (por ejemplo,

soldados, acoplados) a la placa 834 opuesta a la de las bandejas 832. La placa 834 puede deslizarse de manera longitudinal al interior de los canales 836 que se extienden a lo largo del eje de tambor.

5 Haciendo referencia a la figura 39, se representa una matriz de bandejas 832 a lo largo de la placa 834. La placa se muestra unida a los carriles 838. En determinados ejemplos, la placa 834 puede insertarse en los canales 836 desde un lado derecho de la máquina. Se apreciará que la placa 834 que incluye la matriz de bandejas 832 también puede insertarse en los canales 836 desde un lado izquierdo de la máquina.

10 Haciendo referencia a la figura 40, se muestra una vista lateral de la matriz de bandejas 832 posicionada a lo largo de la placa 834. La figura 41 muestra una vista en sección transversal de la matriz de bandejas 832 mostrada en la figura 40.

15 Haciendo referencia a la figura 41, se representa el tercer nivel de protección. El tercer nivel de protección incluye una estructura de absorción de impactos 840 (por ejemplo, estructura de relieve) para albergar impactos que se transmiten a través tanto de la capa de barrera inicial 806 (véase la figura 37) como de las bandejas 832. En el ejemplo representado, se muestran contactos eléctricos y cableado 842 en un lado trasero del sensor de desgaste 804 (véase la figura 39) para permitir conectar eléctricamente el sensor de desgaste 804 a un sistema de control que tiene un conjunto de circuitos de control adecuado para controlar el funcionamiento del sensor de desgaste 804. Una placa de metal 844 puede estar montada en la estructura de absorción de impactos 840 adyacente a un lado trasero del sensor de desgaste 804. La estructura de absorción de impactos 840 se ilustra y se describe en más detalle en la figura 42.

25 Haciendo referencia a la figura 42, se ilustra un ejemplo de la estructura de absorción de impactos 840. La estructura de absorción de impactos 840 incluye una base 846 que puede estar unida a la placa 834 (véase la figura 41). La base 846 puede definir una pluralidad de perforaciones 848 para recibir elementos de sujeción (no mostrados) para acoplar la estructura de absorción de impactos 840 a la placa 834. En determinados ejemplos, la base 846 de la estructura de absorción de impactos 840 puede definir una abertura central 850. La abertura central 850 puede estar configurada para recibir un aro interior 852 (véase la figura 41). En determinados ejemplos, la estructura de absorción de impactos 840 puede estar dispuesta y configurada para doblarse y flexionarse alrededor de patas 854 tras un impacto.

30 Haciendo referencia a la figura 43, se muestra una vista en perspectiva lateral del tercer nivel de protección. La figura 44 es una vista a escala ampliada de una porción de la figura 43. En la figura 44, la estructura de absorción de impactos 840 (por ejemplo, estructura de relieve) puede estar posicionada detrás de las bandejas 832 para ayudar a adaptarse al movimiento de las bandejas 832 en respuesta a un impacto que pasa a través de la capa de barrera inicial 806 (véase la figura 37) y sobre las bandejas 832. Las patas 854 de la estructura de absorción de impactos 840 están configuradas para doblarse tras un impacto.

35 En algunos ejemplos, la estructura de absorción de impactos 840 puede incluir una estructura que se deforma de manera inelástica en respuesta a un impacto. En tales situaciones, la estructura de absorción de impactos 840 permanecerá doblada tras el impacto. Se apreciará que tales estructuras requerirán probablemente fijación o reemplazo con mayor frecuencia que una estructura elástica. En otros ejemplos, la estructura de absorción de impactos 840 puede estar realizada de un material de plástico para proporcionar flexibilidad tras un impacto de tal manera que la estructura de absorción de impactos 840 no permanece doblada tras el impacto.

40 En determinados ejemplos, la estructura de absorción de impactos 840 puede incluir una estructura elástica/flexible que desvía las bandejas 832 hacia una posición de detección y permite que las bandejas 832 se muevan alejándose de un componente de trituración en respuesta a un impacto. Tras el impacto, tales estructuras de absorción de impactos elásticas 840 pueden desviar las bandejas 832 que han recibido el impacto de vuelta hacia sus posiciones de detección correspondientes. El tercer nivel de protección se ilustra y se describe en más detalle en las figuras 44-48.

45 Haciendo todavía referencia a la figura 44, las patas 854 de la estructura de absorción de impactos 840 pueden estar acopladas a las bandejas 832 para fijar las bandejas 832 a lo largo de la placa 834. La placa 834 que tiene la estructura de absorción de impactos 840 montada en la misma se muestra posicionada dentro del canal 836.

50 Haciendo referencia a la figura 45, se muestra una vista desde abajo del sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples capas 802. Detalles de la construcción del sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples capas se ilustran y se describen en más detalle en la figura 46.

55 En la figura 46, se muestra una vista a escala ampliada de una porción de la figura 45. La construcción del sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples niveles 802 permite insertar una unidad de bandejas 832 fijadas a la estructura de absorción de impactos 840 en los canales 836 desde cualquiera de un lado izquierdo o derecho de la máquina mediante la placa 834.

60 Haciendo de nuevo referencia a las figuras 44 y 46, la placa 834 puede deslizarse al interior de los canales 836

encima de plataformas 856. En determinados ejemplos, las plataformas 856 pueden estar soldadas a elementos alargados 858 que se extienden longitudinalmente a lo largo del eje de tambor. En un ejemplo, los carriles 838 (véase la figura 40) ubicados dentro de los canales 836 pueden recibir cuñas 860.

5 Haciendo referencia a la figura 47, se muestra una vista lateral del sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples capas 802. La figura 48 es una vista en sección transversal del sistema de protección de sensor de desgaste de múltiples capas 802 que ilustra la matriz de bandejas 832 en el canal 836 a lo largo del eje de tambor. La figura 49 es una vista a escala ampliada de una porción de la figura 48.

10 Haciendo referencia a la figura 49, las cuñas 860 pueden incluir un extremo en sección decreciente 862. En un ejemplo, las cuñas 860 pueden insertarse a lo largo de los carriles 838 (véase la figura 46) desde los lados izquierdo y/o derecho de la máquina. Por tanto, los carriles 838 pueden guiar las cuñas 860 durante la inserción. Las cuñas 860 pueden insertarse de tal manera que el extremo en sección decreciente 862 de las cuñas 860 se engancha con una superficie de rampa 864 en una porción central del canal 836 cuando se insertan
15 completamente.

En un ejemplo, las cuñas 860 proporcionan fuerza hacia abajo a la placa 834 para sujetar las bandejas 832 para proporcionar estabilidad y mantener la placa 834 en su sitio. Por ejemplo, las placas 834 se sujetan contra las plataformas 856. En determinados ejemplos, las cuñas 860 pueden estar acopladas a abrazaderas en forma de L 20 866 para mantener las cuñas 860 en posición. En un ejemplo, las cuñas 860 pueden sujetarse con pernos a las abrazaderas en forma de L 866. La abrazadera en forma de L 866 puede estar unida a la abrazadera principal 868 (véase la figura 47) y puede moverse con respecto al armazón principal mediante elementos de sujeción para controlar la posición de los extremos externos (es decir, los extremos que no presentan sección decreciente) de las cuñas 860 para garantizar que la placa 834 se sujeta firmemente contra las
25 plataformas/rebordes 856 de los canales 836 a lo largo de toda su longitud.

A partir de la descripción detallada anterior, resultará evidente que pueden realizarse modificaciones y variaciones sin alejarse del alcance de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

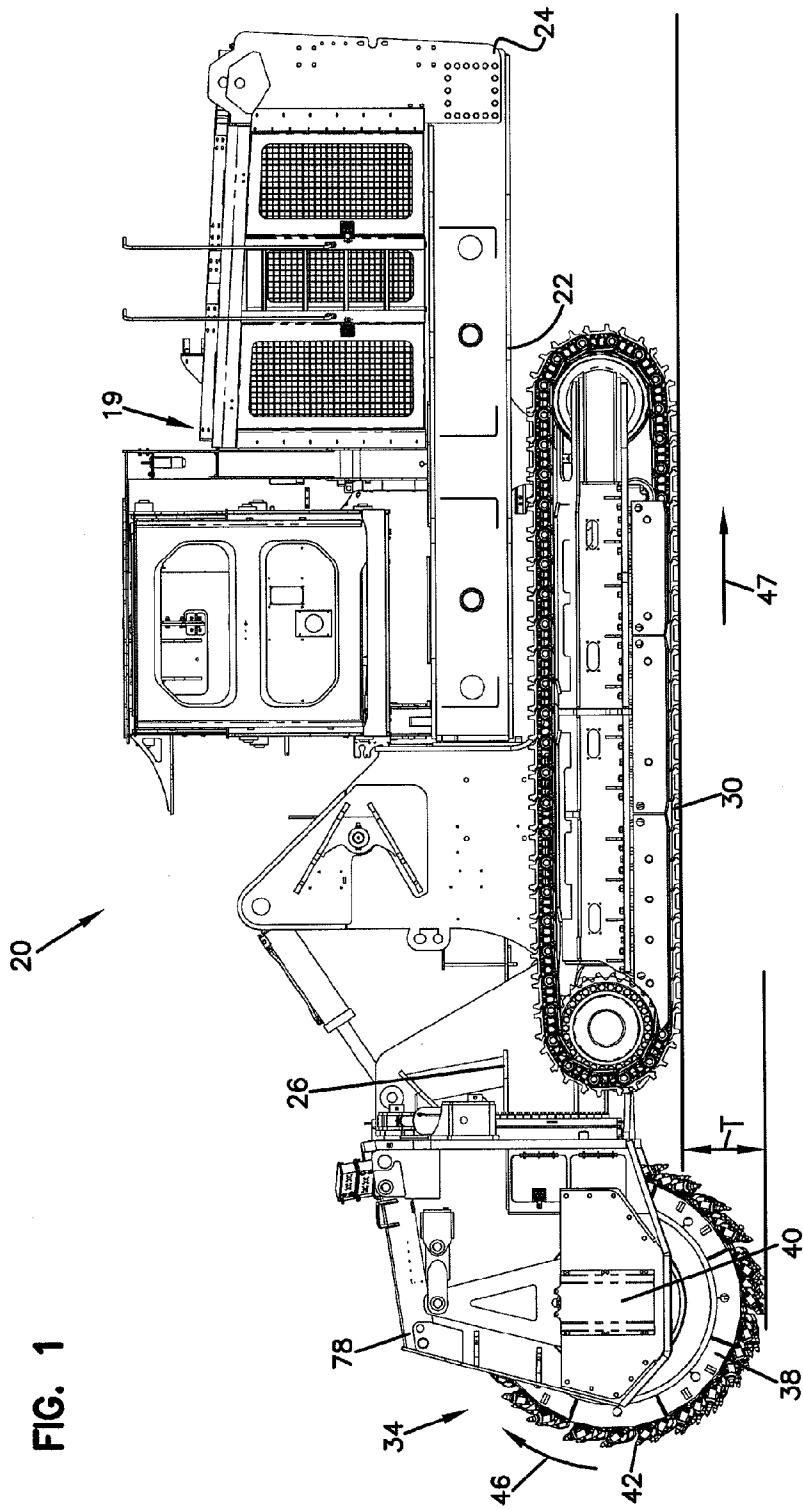
1. Máquina de excavación de superficie que incluye detección de desgaste, incluyendo la máquina de excavación de superficie:

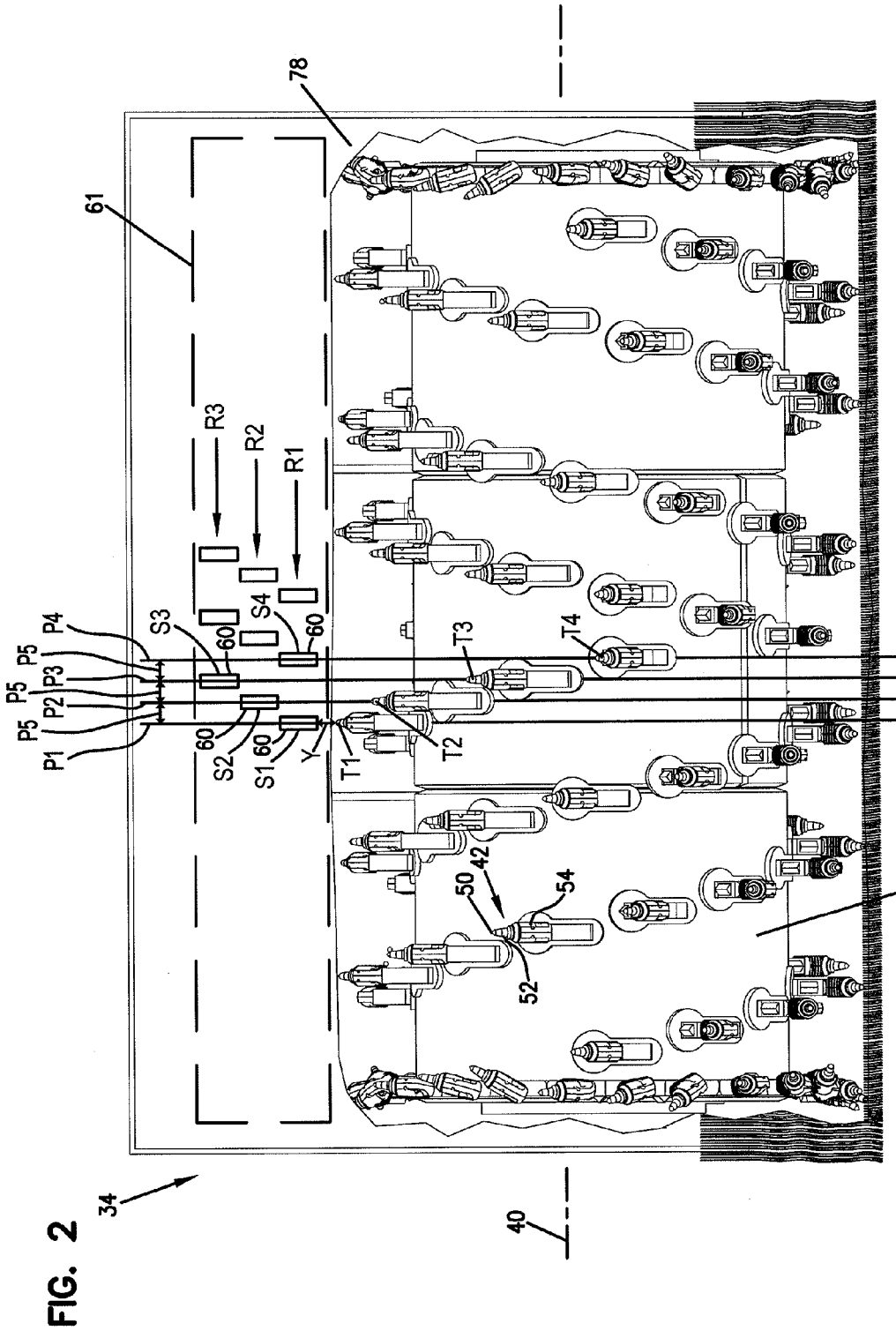
5 una estructura de trituración rotatoria (34) que tiene un eje de rotación (40) y que incluye un tambor (38; 738) y una pluralidad de elementos de trituración (42; 310, 312; A1, B1, C1, A2, B2, C2, A3, B3, C3; 742) portados por el tambor (38; 738) y separados alrededor de la circunferencia del tambor, estando el tambor (38; 738) al menos parcialmente cubierto por una cubierta (78) dispuesta radialmente hacia fuera desde el tambor;

10 un sistema de detección de desgaste (70; 800) que incluye un sensor (60) montado dentro de la cubierta (78) adyacente a la estructura de trituración rotatoria (34), siendo el sensor un sensor de inducción, en la que el sensor (60) detecta un estado de desgaste general de al menos uno de los elementos de trituración (42; 310, 312; A1, B1, C1, A2, B2, C2, A3, B3, C3; 742) detectando una característica física general del elemento de trituración (42; 310, 312; A1, B1, C1, A2, B2, C2, A3, B3, C3; 742) cuando la máquina de excavación de superficie está realizando una operación de trituración sin medir una posición de un punto específico en la estructura de trituración rotatoria (34);

15 estando la máquina caracterizada por comprender además una estructura de rotura (84) posicionada dentro de la cubierta (78) aguas arriba del sensor (60) para evitar que material dañe el sensor, estando la estructura de rotura (84) separada una primera distancia radial a partir del eje de rotación (40) de la estructura de trituración rotatoria (34) y estando el sensor (60) separado una segunda distancia radial a partir del eje de rotación (40) de la estructura de trituración rotatoria (34), siendo la segunda distancia radial más larga que la primera distancia radial.

20
2. Máquina de excavación de superficie según la reivindicación 1, en la que la estructura de rotura (84) incluye una primera y segunda estructuras de barras de rotura, estando la primera estructura de barra de rotura aguas arriba de la segunda estructura de barra de rotura.
3. Máquina de excavación de superficie según la reivindicación 1, en la que el sensor (60) está montado dentro de un alojamiento de plástico protector (100) que tiene una cara de protección que está orientada hacia la estructura de trituración rotatoria (34).
4. Máquina de excavación de superficie según la reivindicación 3, en la que el sistema de detección de desgaste incluye una pluralidad de los sensores (60), y en la que cada alojamiento protector (100) contiene un par de los sensores (60).
5. Máquina de excavación de superficie según la reivindicación 3, en la que el sistema de detección de desgaste (70; 800) incluye una pluralidad de los sensores (60) y una pluralidad de alojamientos protectores (100) dentro de los cuales están montados los sensores (60), y en la que los alojamientos protectores (100) están acoplados entre sí para formar una fila (R1, R2, R3) de alojamientos protectores (100) que se extiende a lo largo de un eje de rotación (40) de la estructura de trituración rotatoria (34).
6. Máquina de excavación de superficie según la reivindicación 5, en la que el sistema de detección de desgaste (70; 800) incluye una pluralidad de las filas (R1, R2, R3) de los alojamientos protectores (100) que se extienden a lo largo del eje de rotación (40) de la estructura de trituración rotatoria (34), y en la que los sensores (60) de filas (R1, R2, R3) adyacentes están escalonados.
7. Máquina de excavación de superficie según la reivindicación 3, que comprende además un sistema de suspensión (72) que incluye al menos un canal (82), en la que el sistema de detección de desgaste (70; 800) incluye una pluralidad de los sensores (60) y una pluralidad de los alojamientos protectores (100), y en la que los alojamientos protectores (100) están montados dentro del canal (82).
8. Máquina de excavación de superficie según la reivindicación 7, en la que la cubierta (78) incluye paredes de extremo, y en la que los alojamientos protectores (100) se insertan en el canal (82) a través de las paredes de extremo.
9. Máquina de excavación de superficie según la reivindicación 8, que comprende además una pluralidad de los canales (82) que se extienden a lo largo del eje de rotación (40) de la estructura de trituración rotatoria (34).





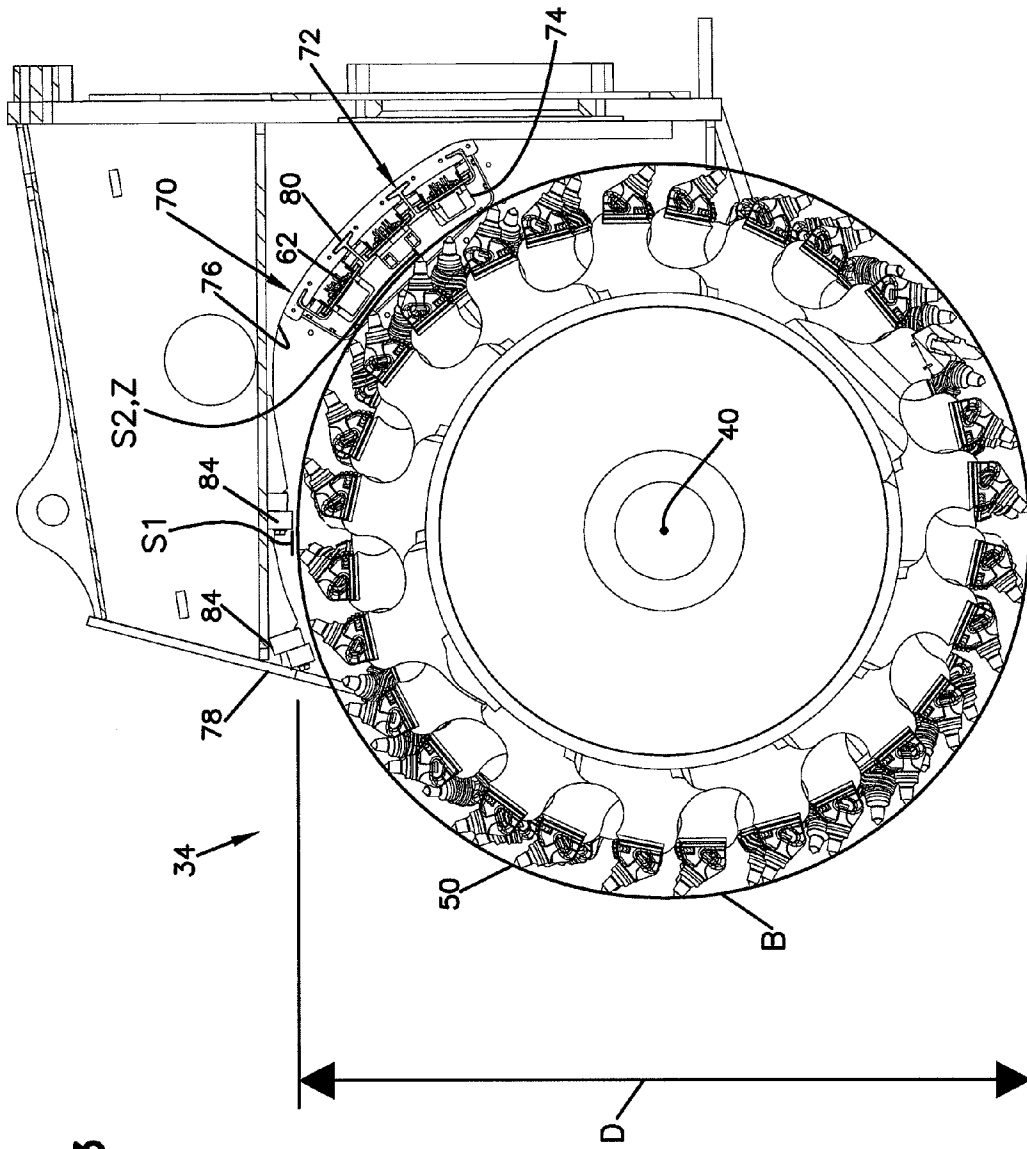
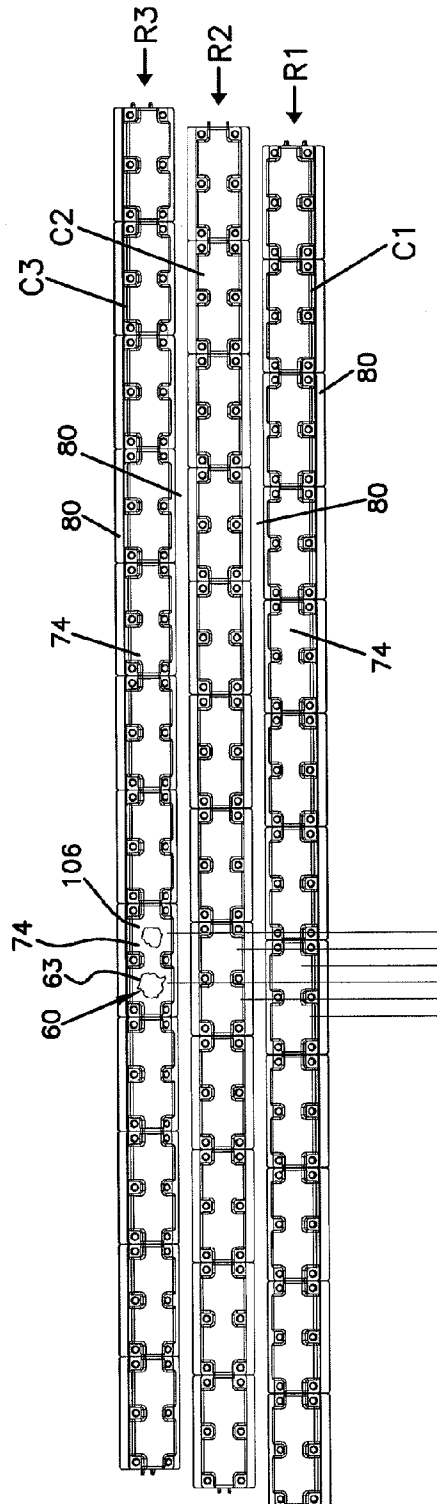


FIG. 3

FIG. 4



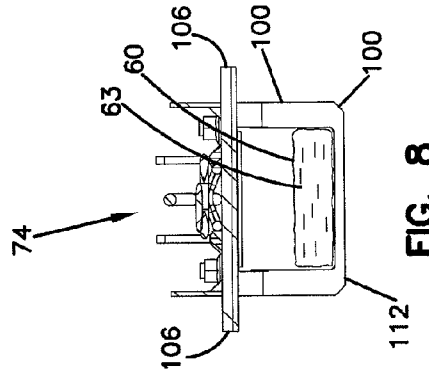
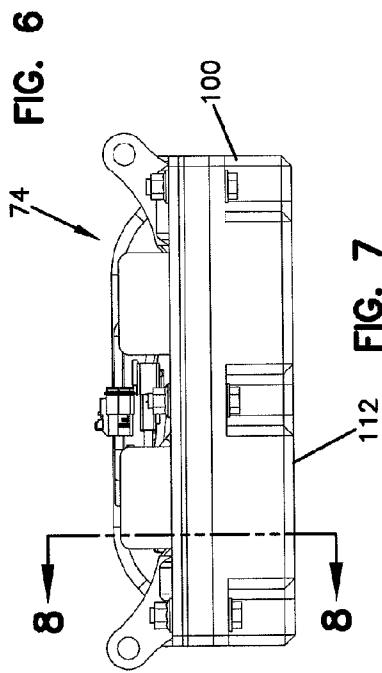
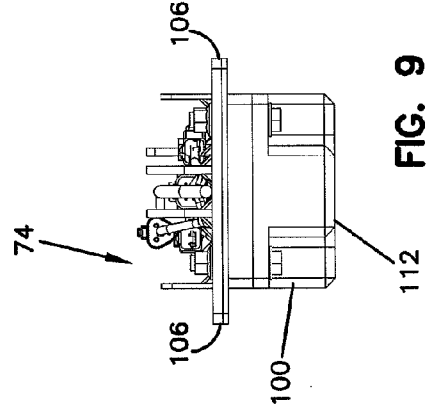
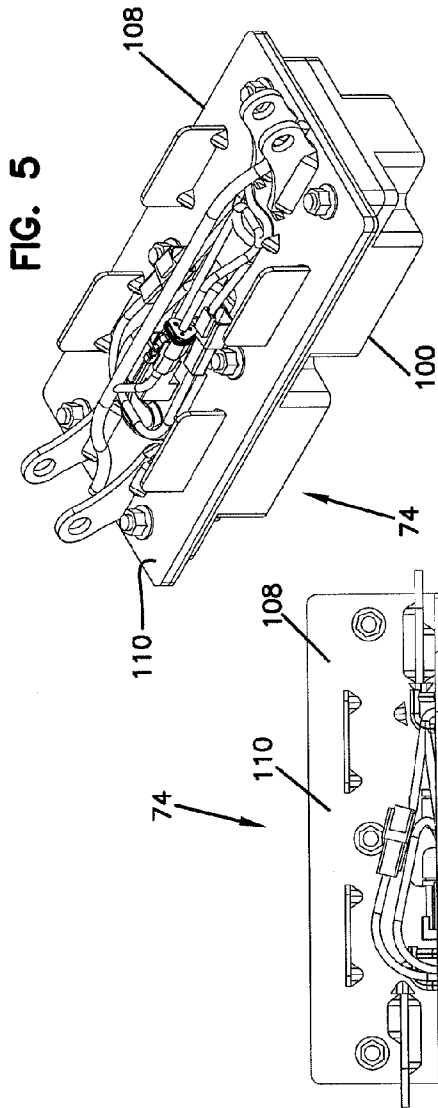
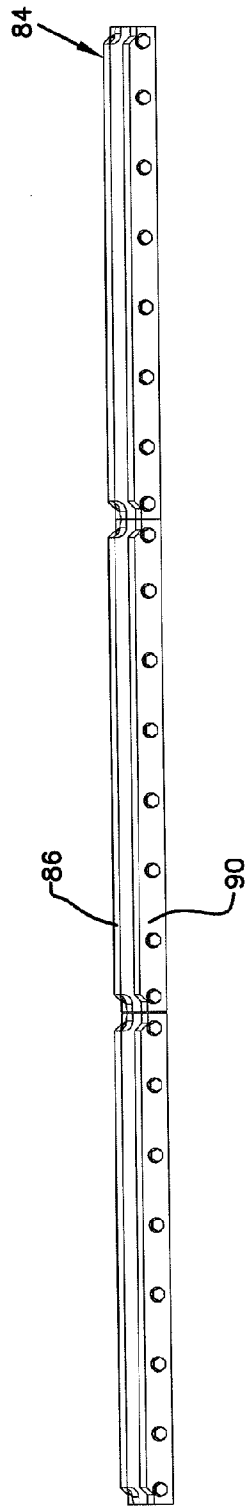


FIG. 11



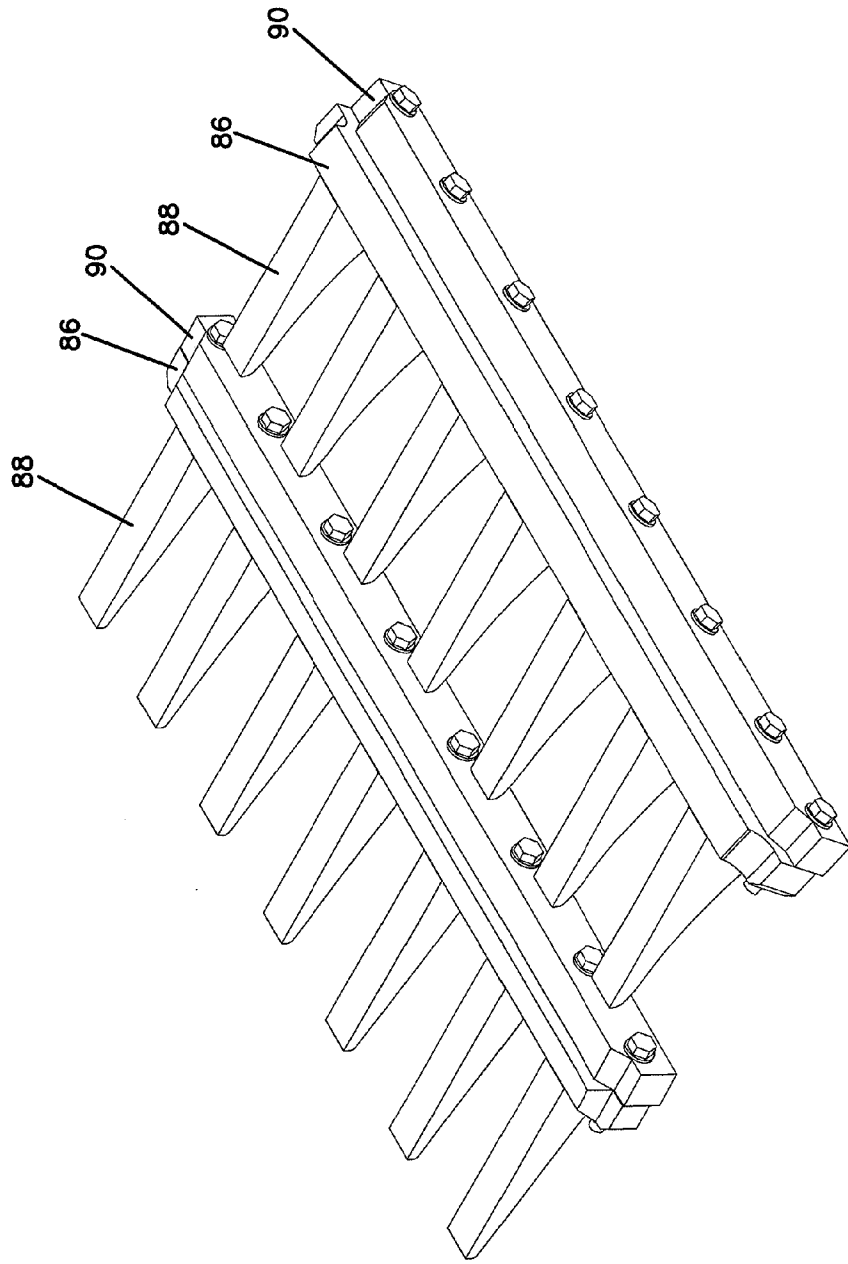


FIG. 12

FIG. 13

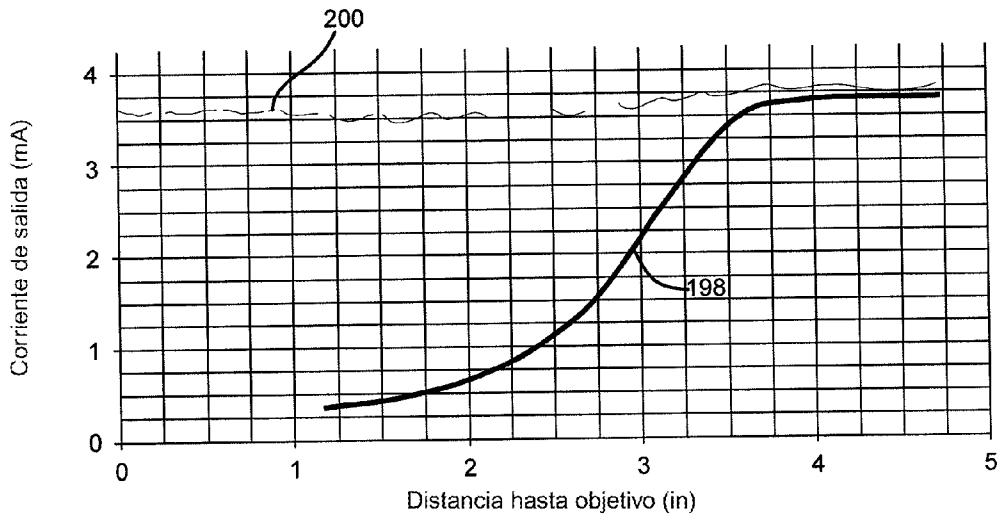


FIG. 14

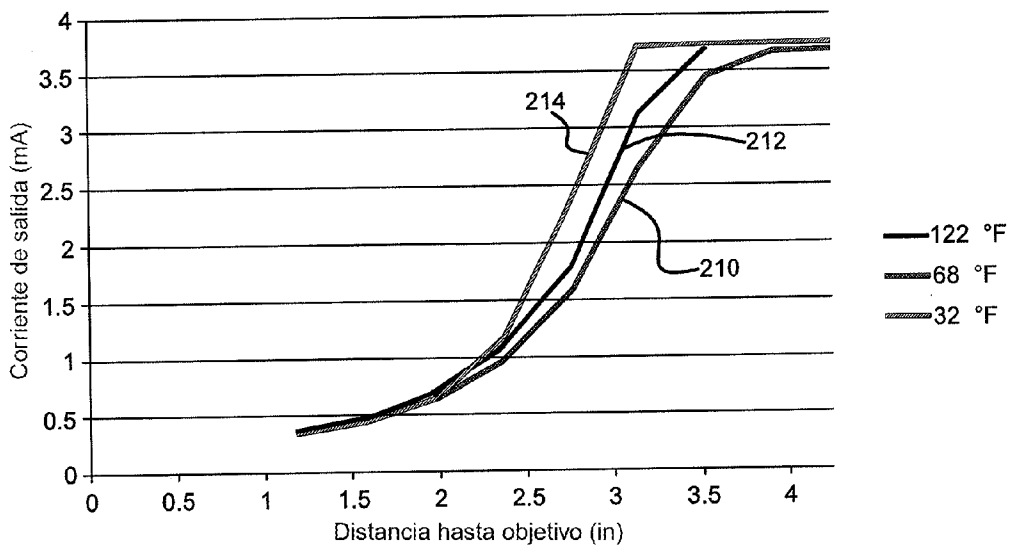


FIG. 15

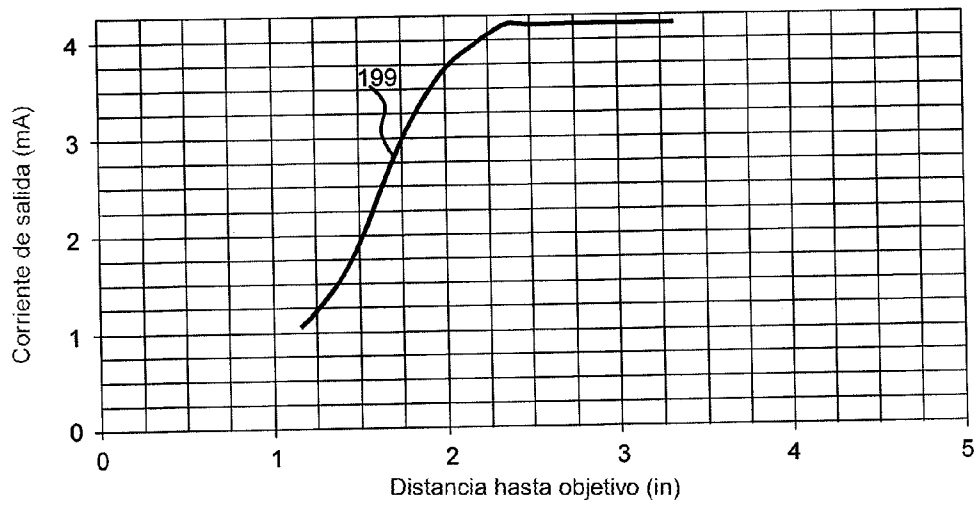
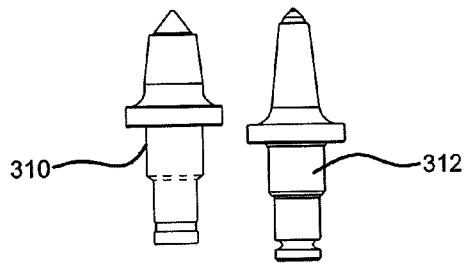


FIG. 18



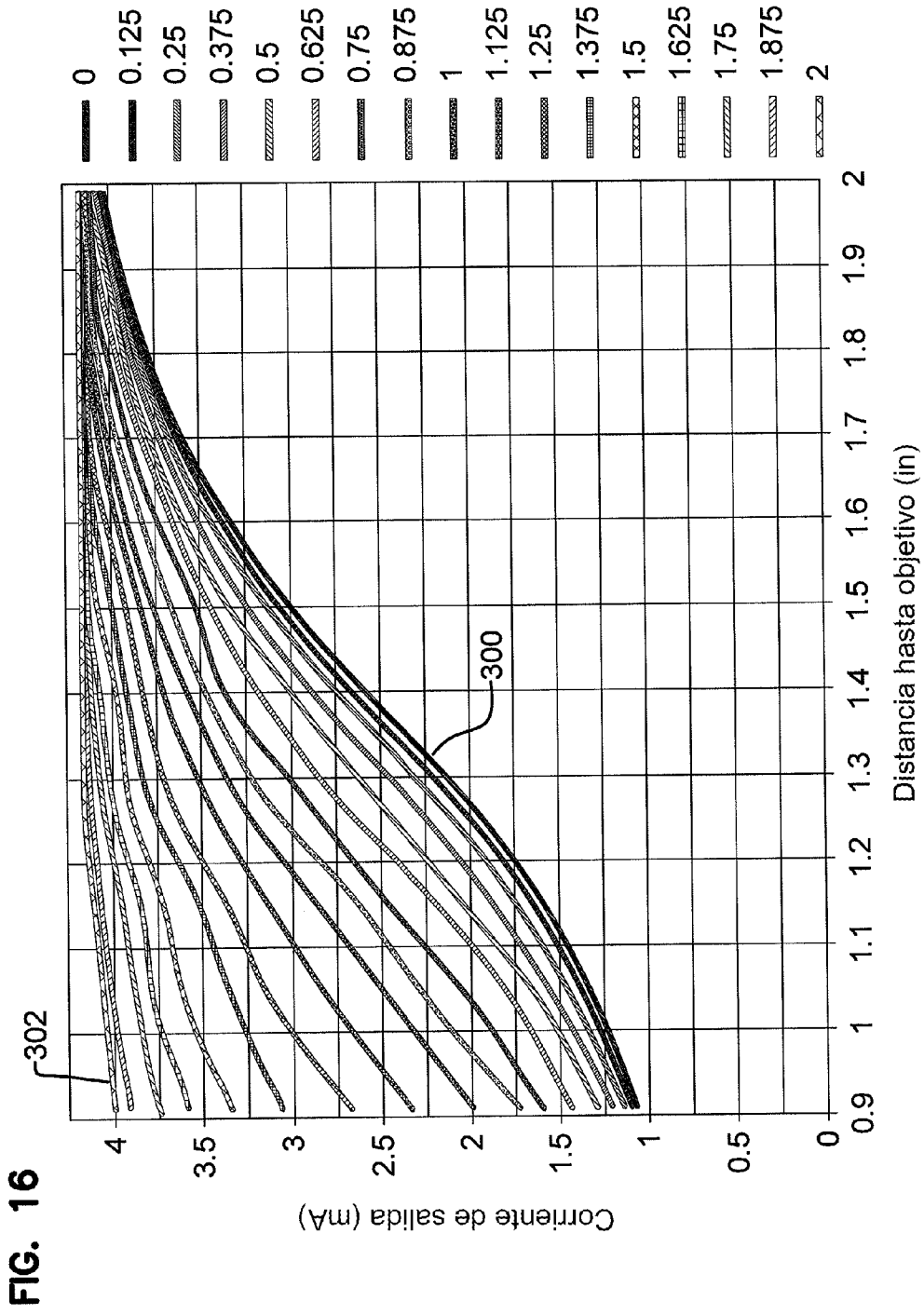
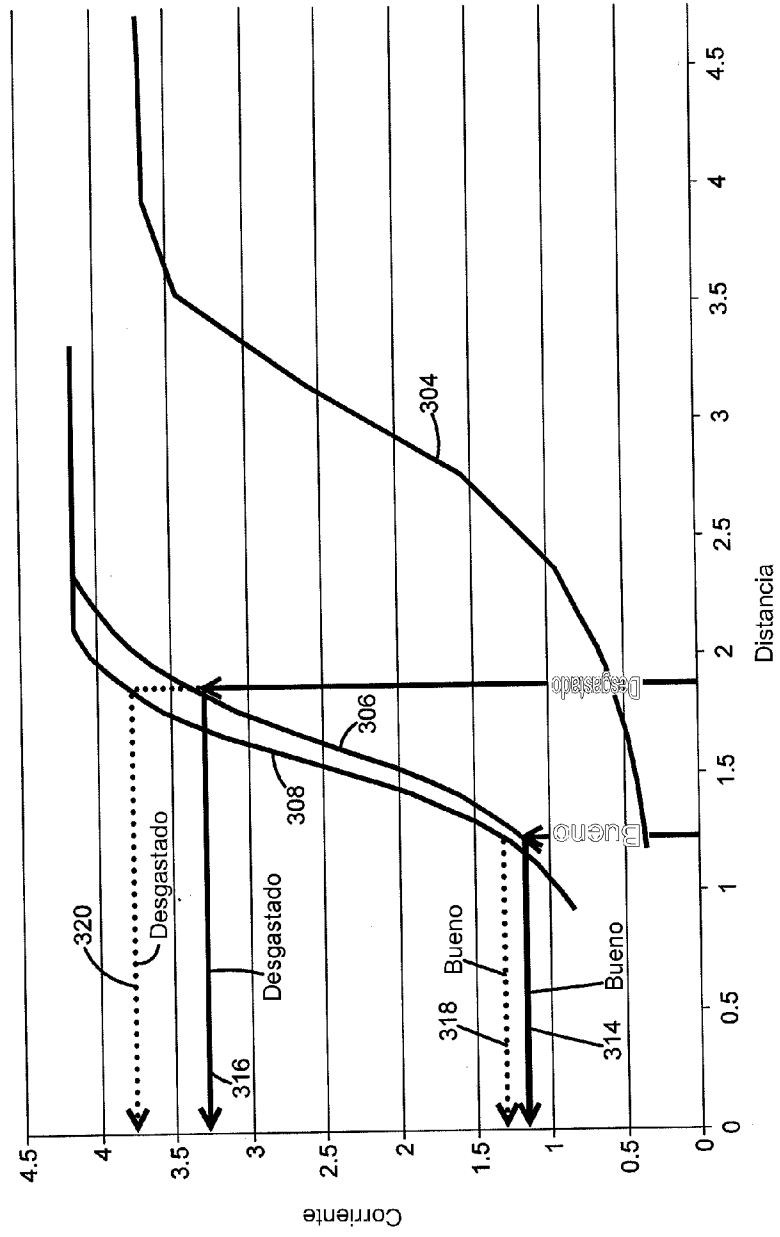


FIG. 17



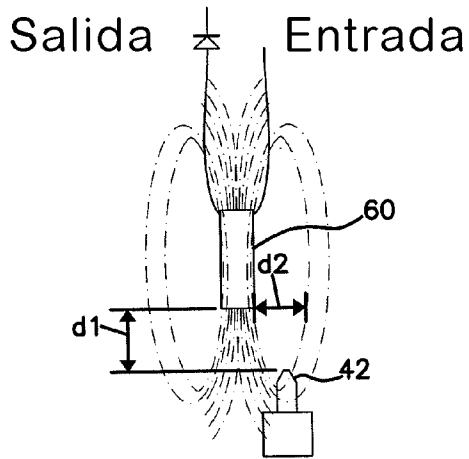


FIG. 19

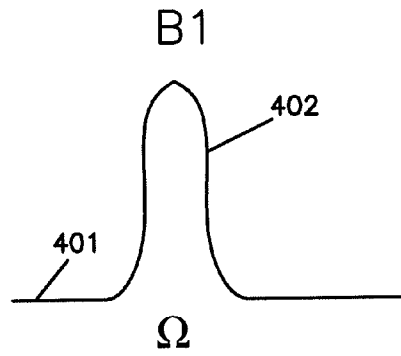


FIG. 20

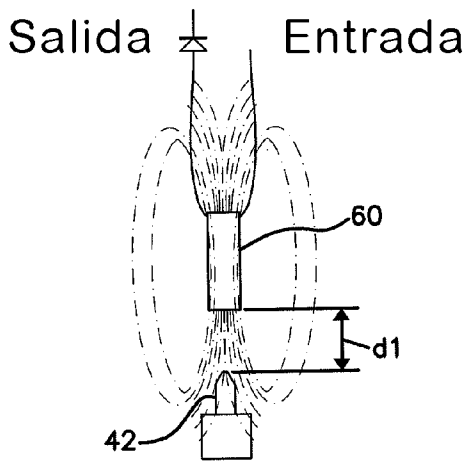


FIG. 21

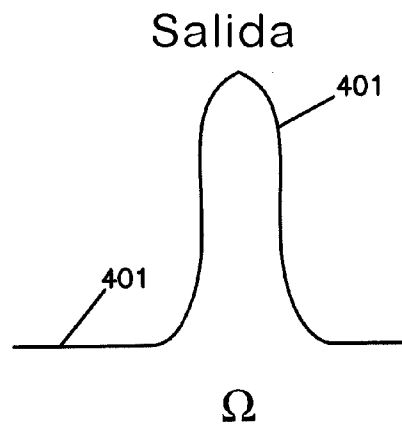


FIG. 22

FIG. 23

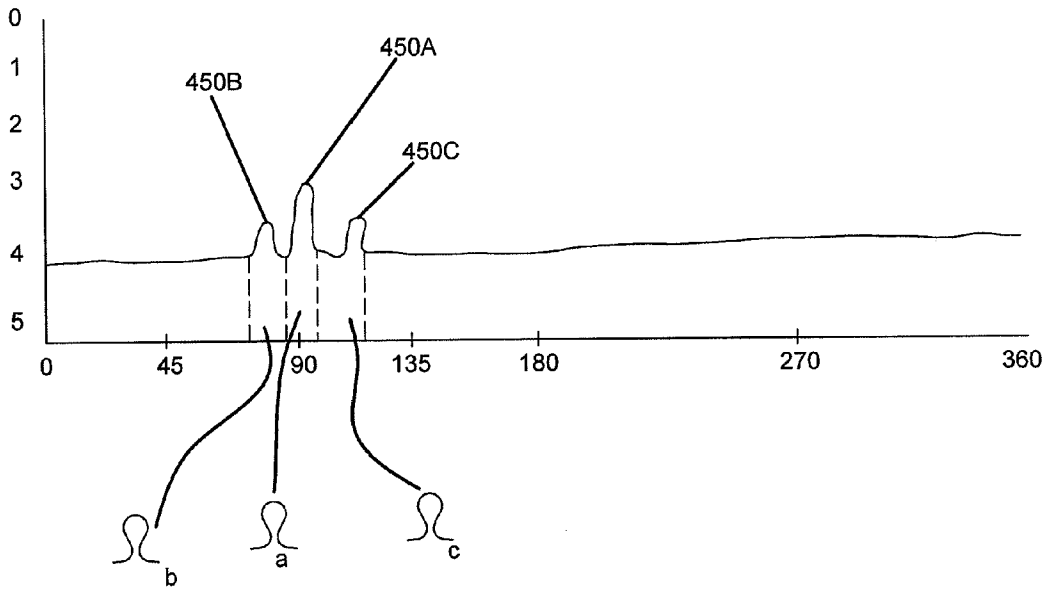
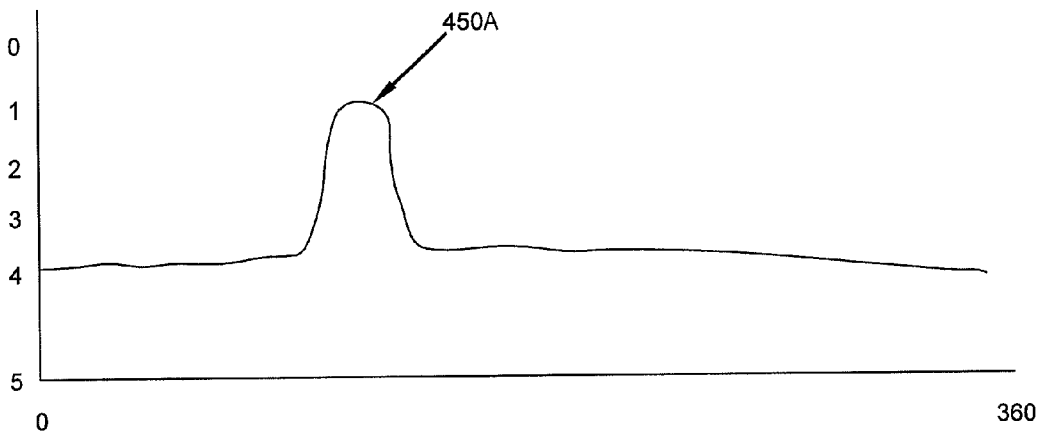
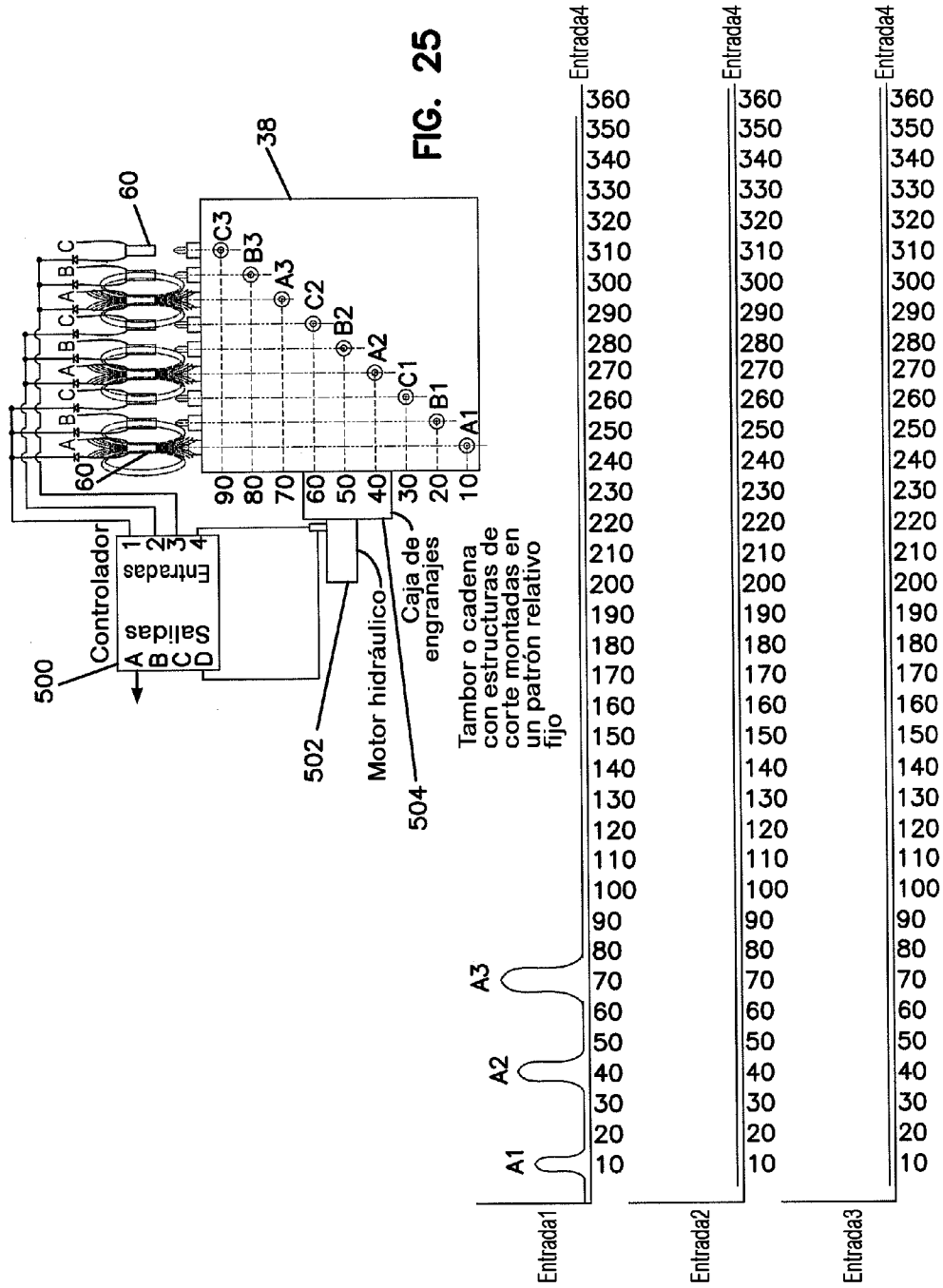


FIG. 24





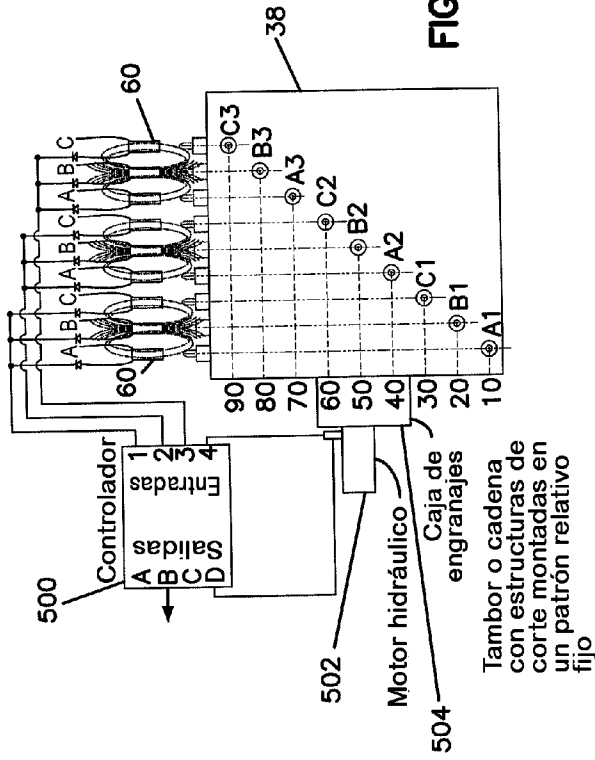


FIG. 27

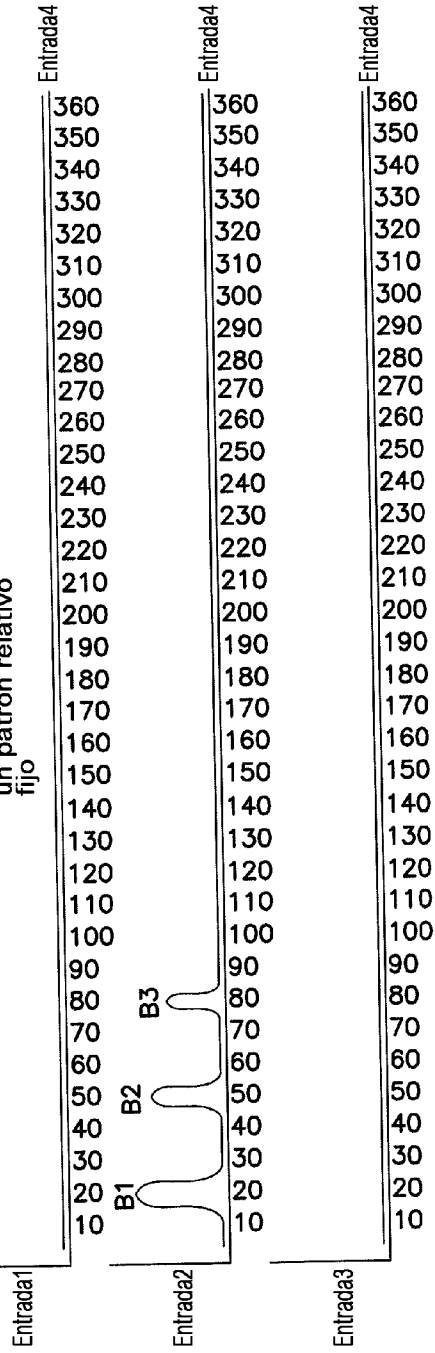


FIG. 28

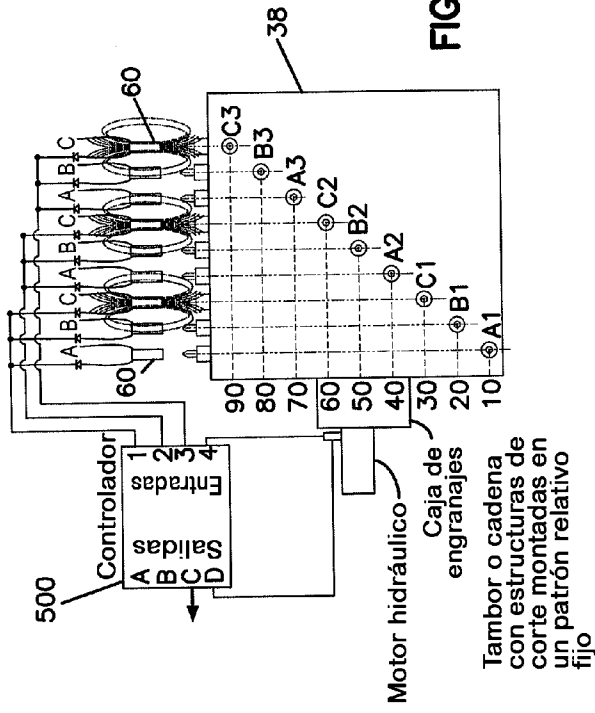


FIG. 29

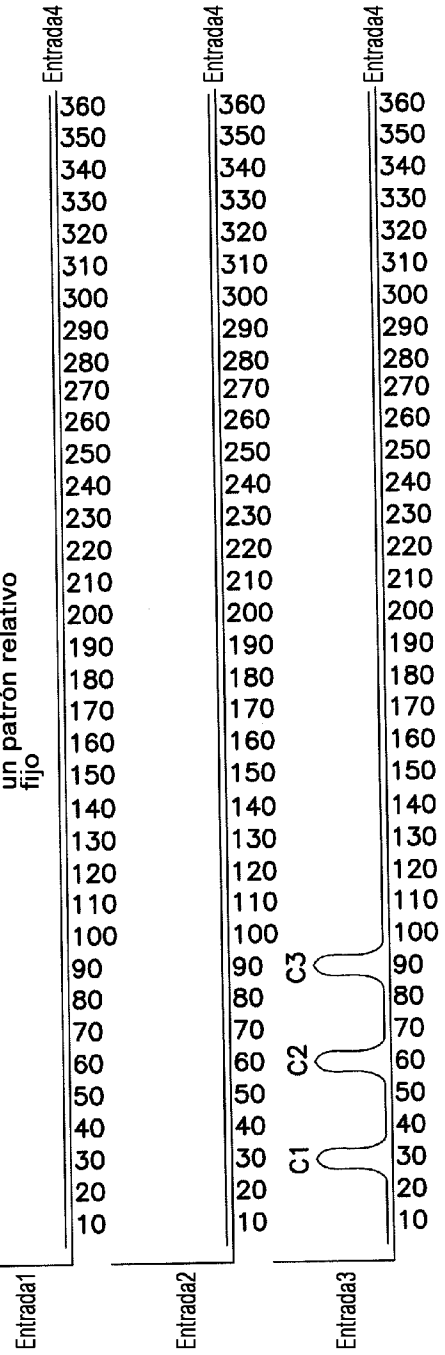


FIG. 30

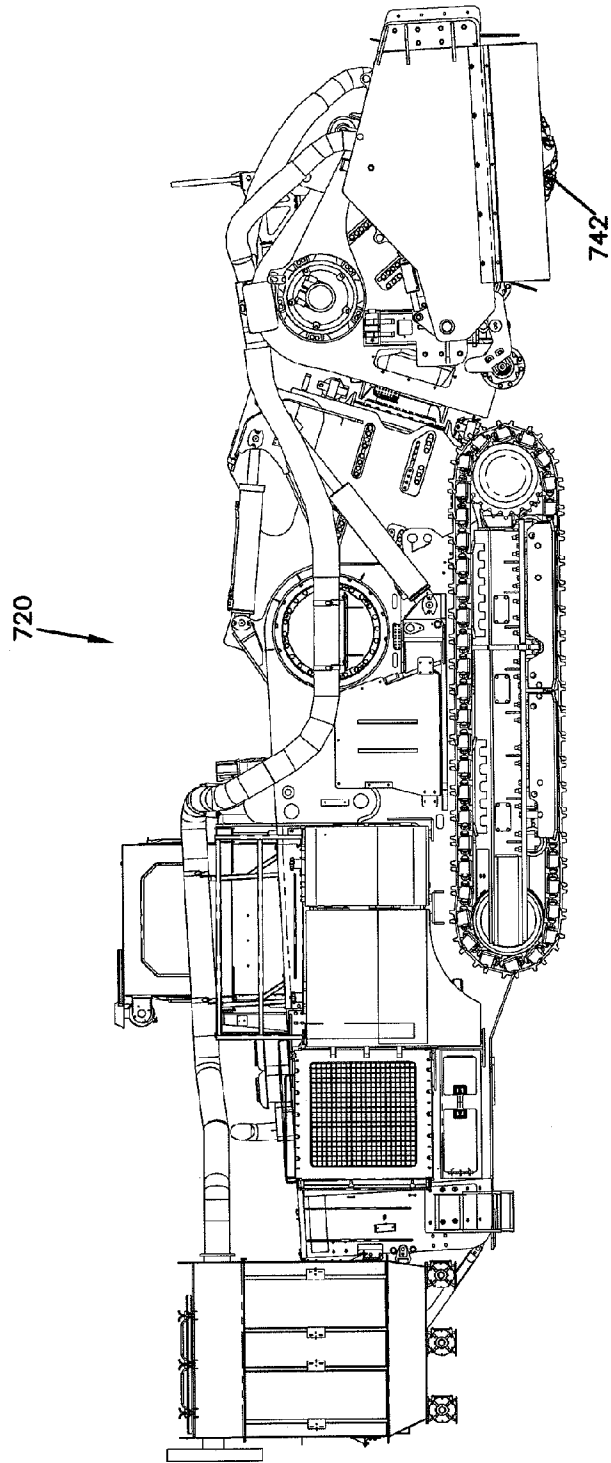


FIG. 31

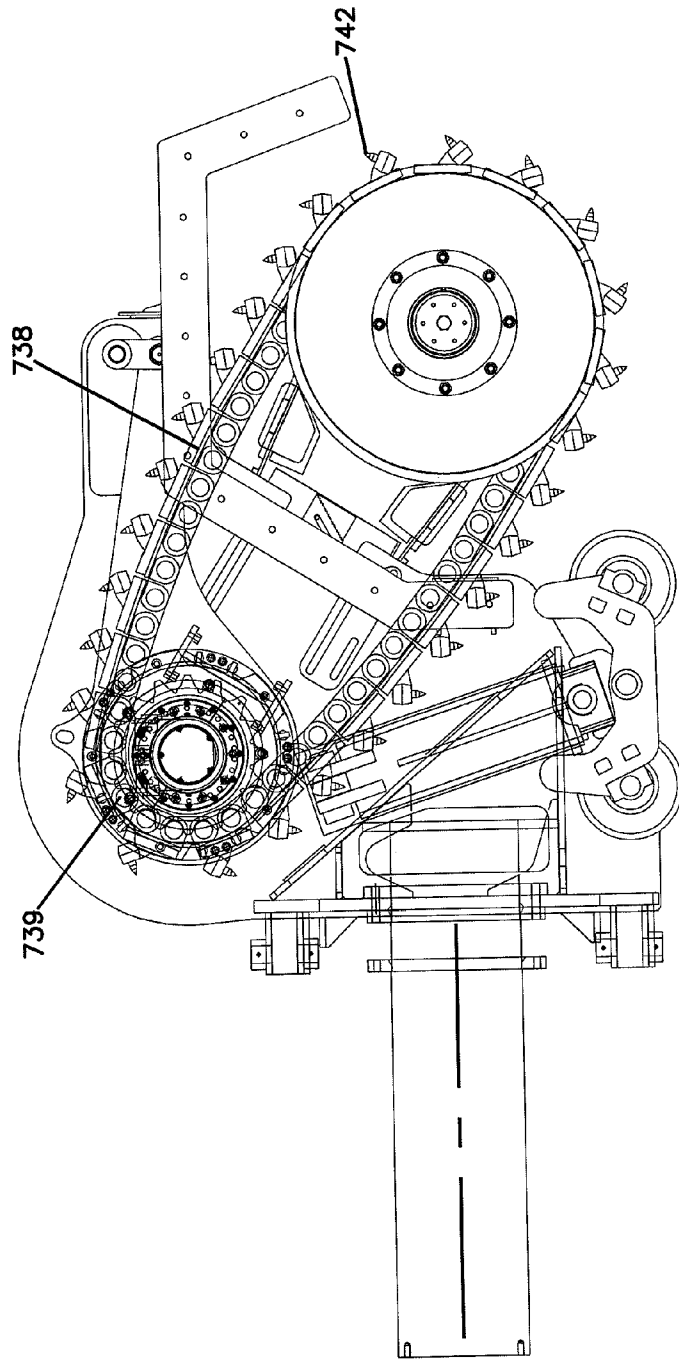


FIG. 32

FIG. 33

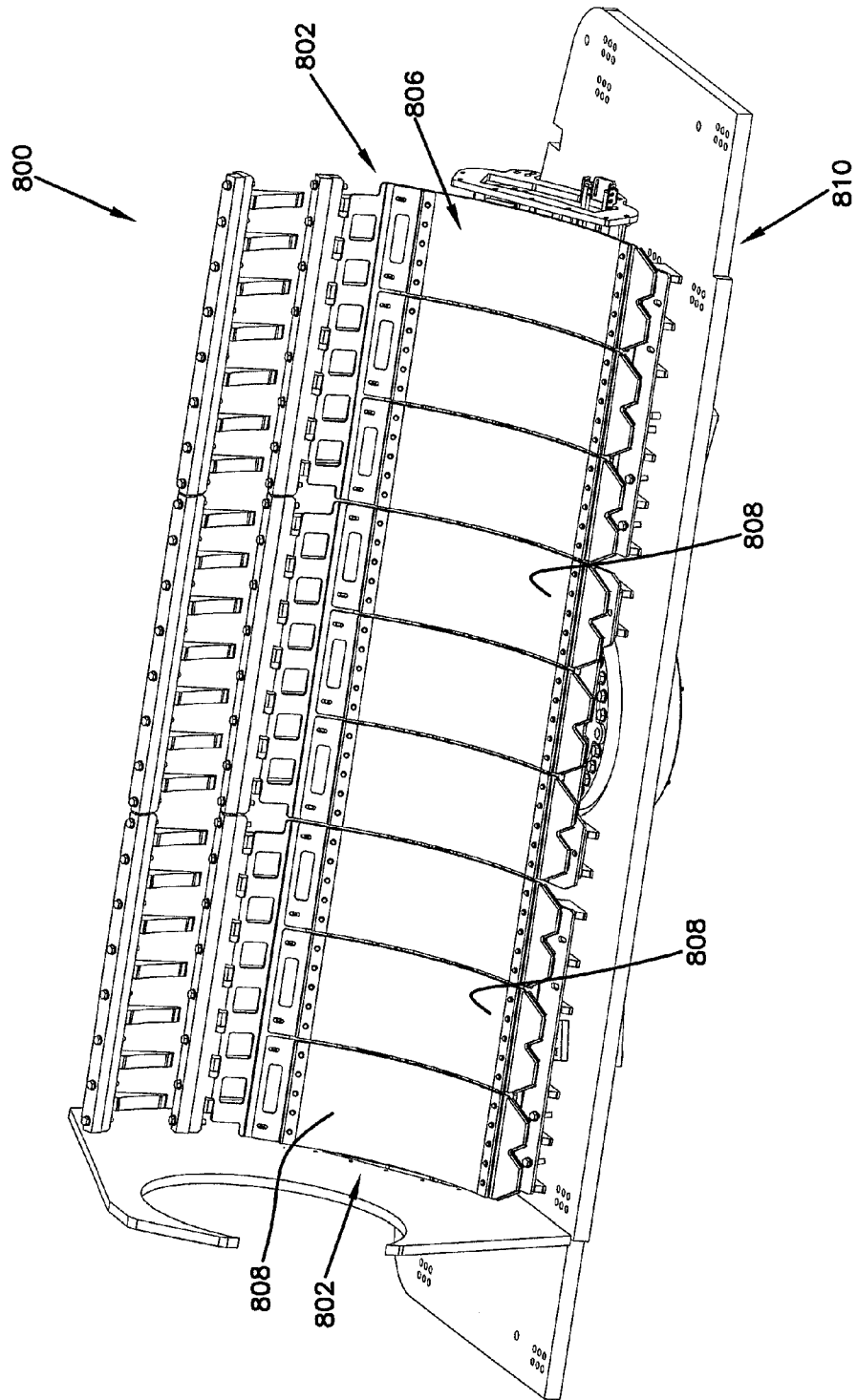
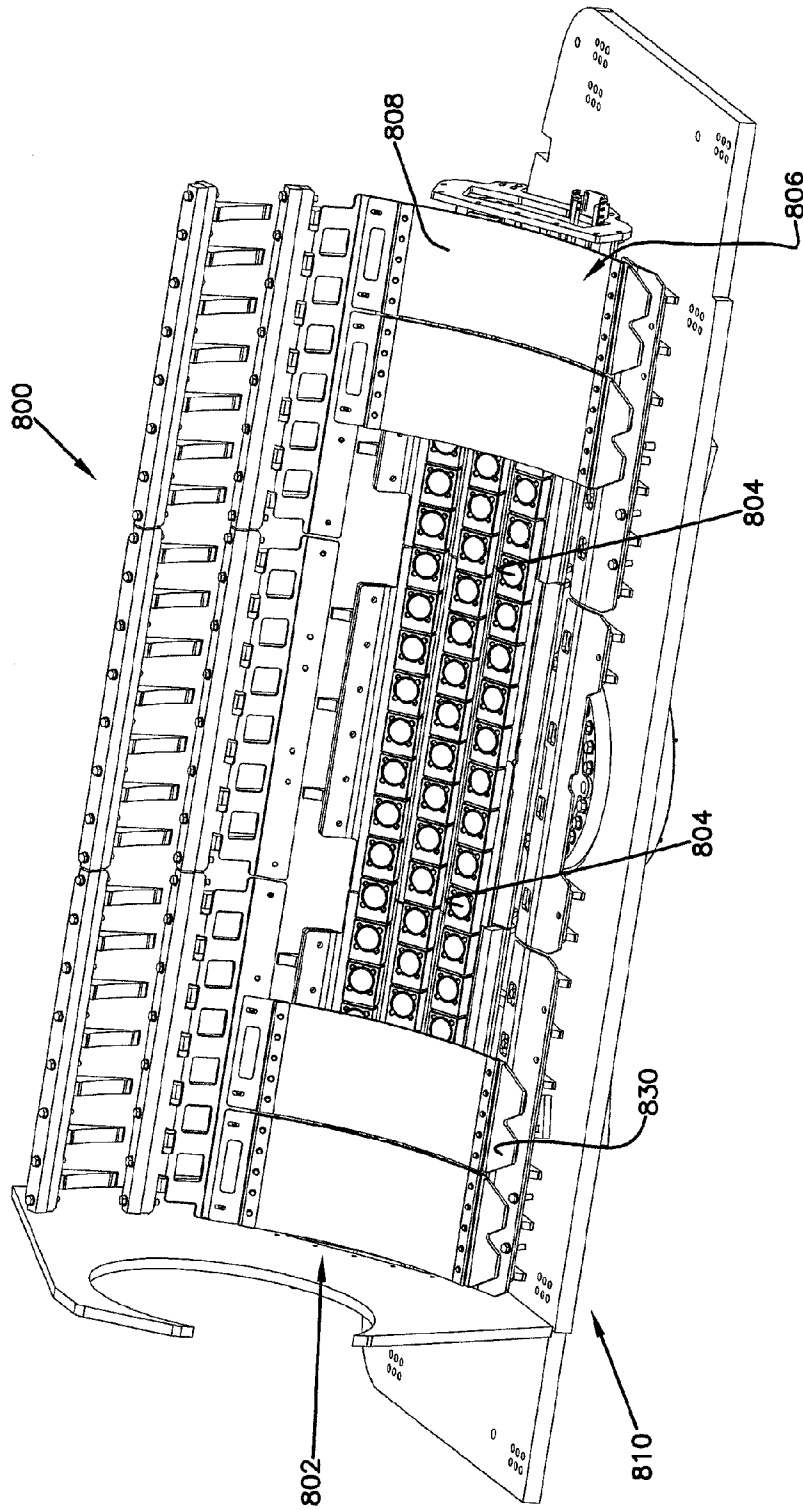


FIG. 34



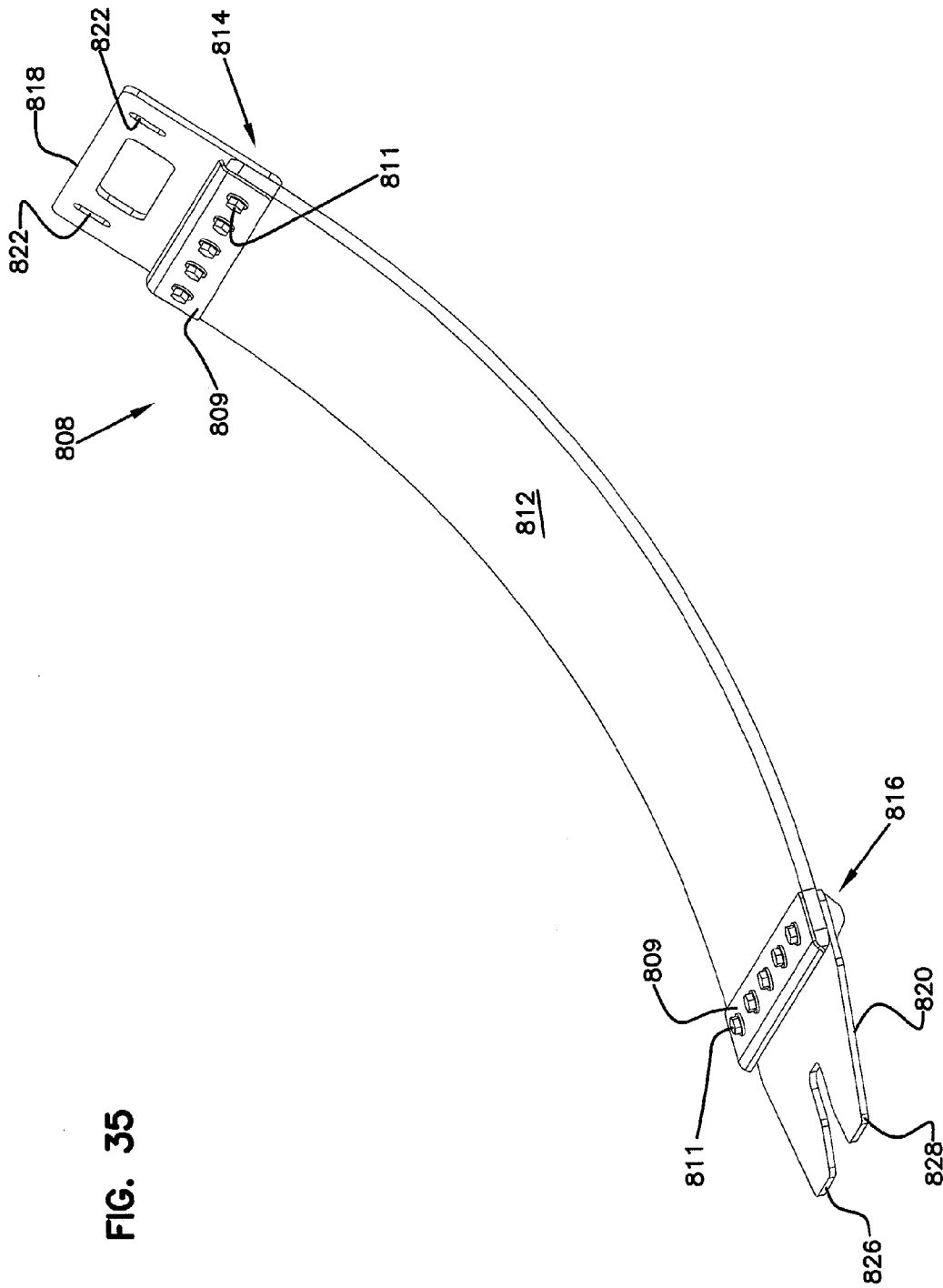


FIG. 35

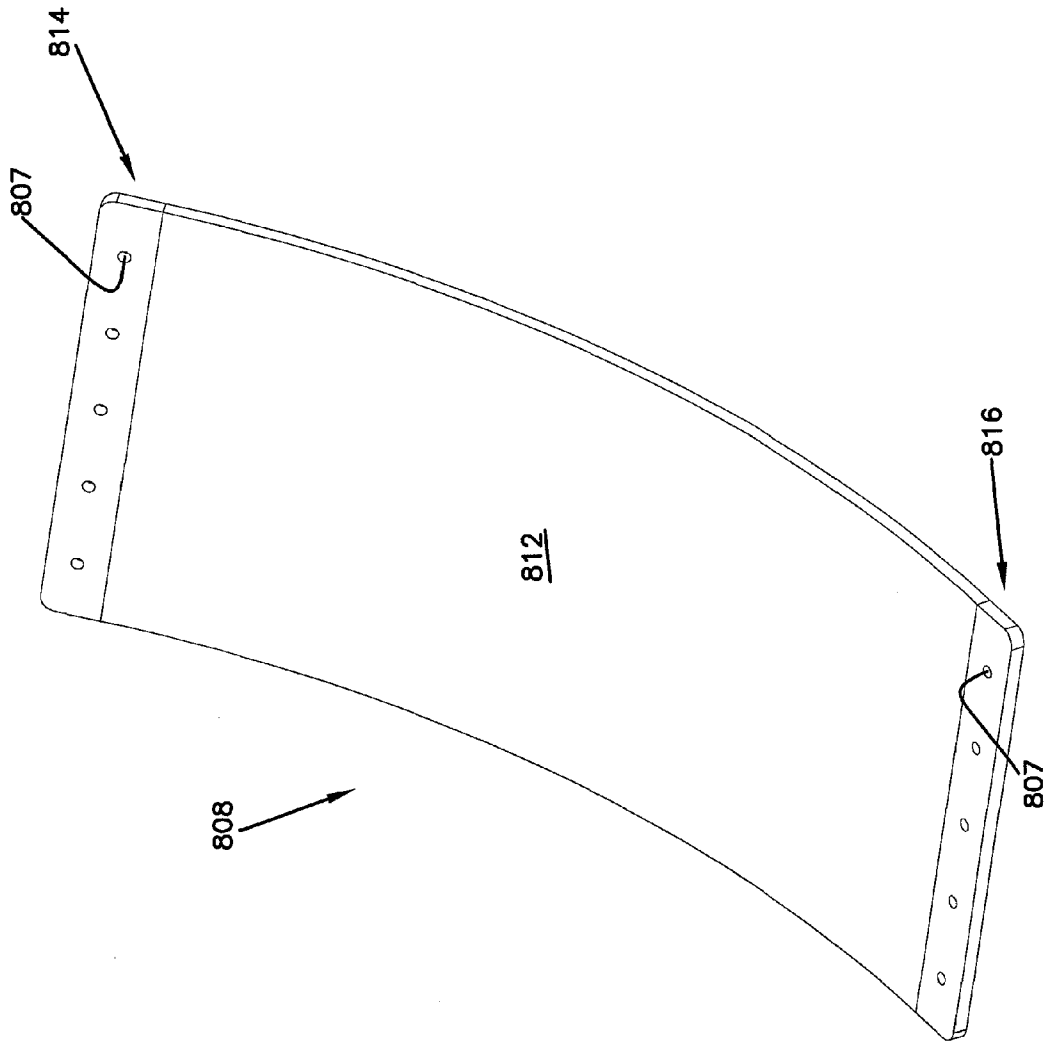


FIG. 36

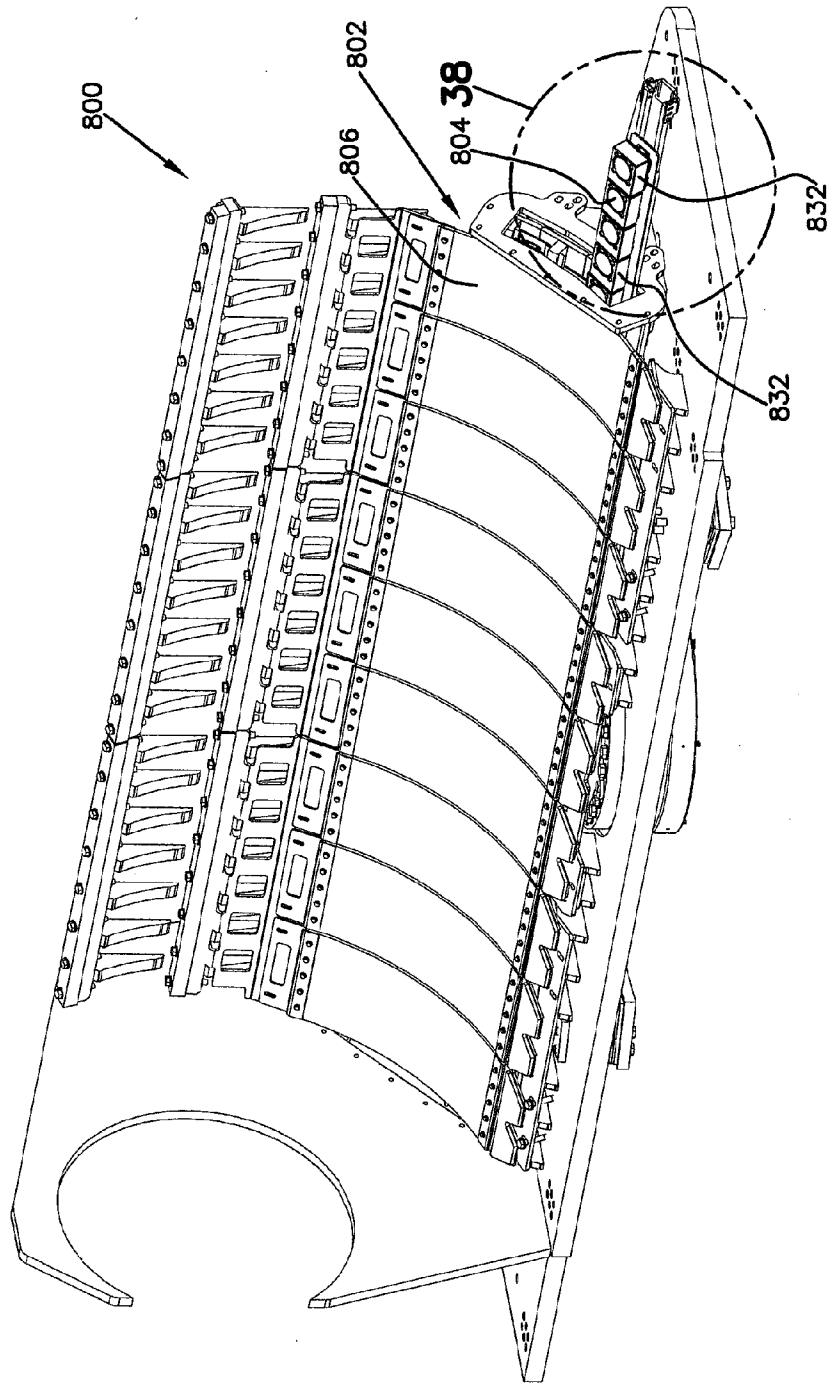


FIG. 37

FIG. 38

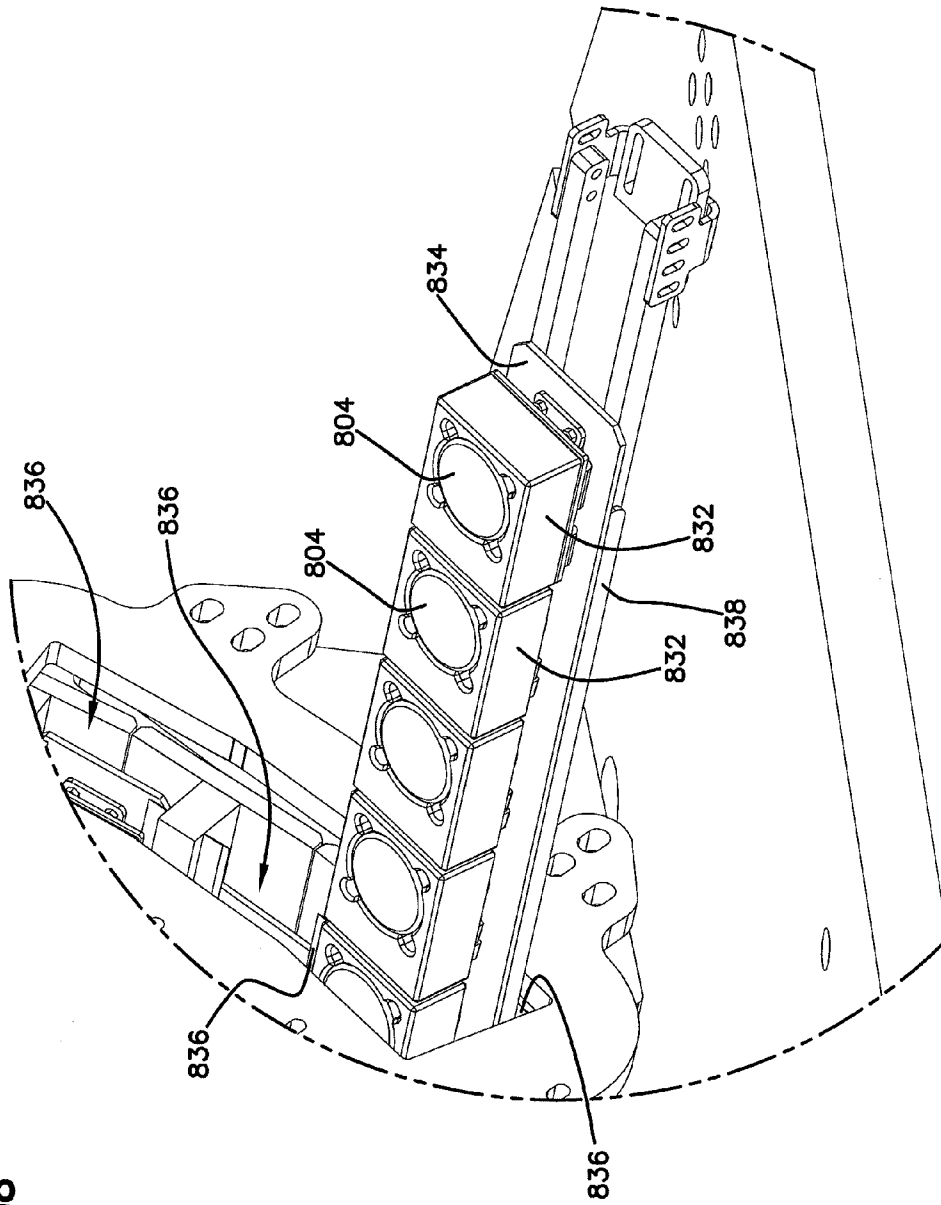


FIG. 39

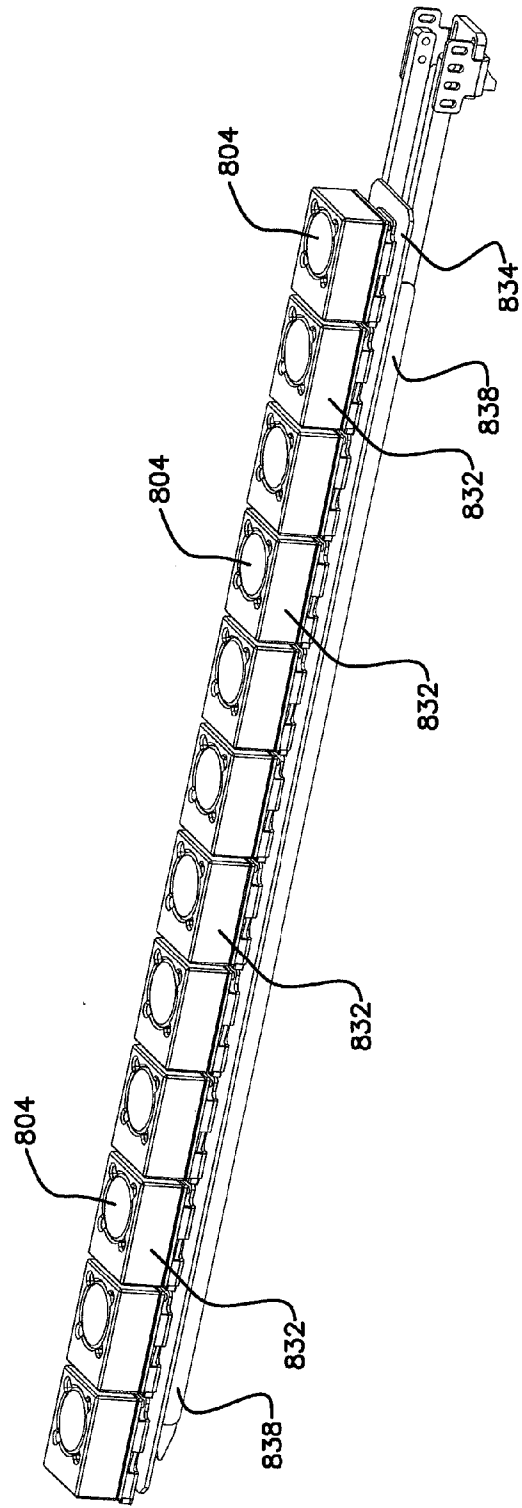


FIG. 41

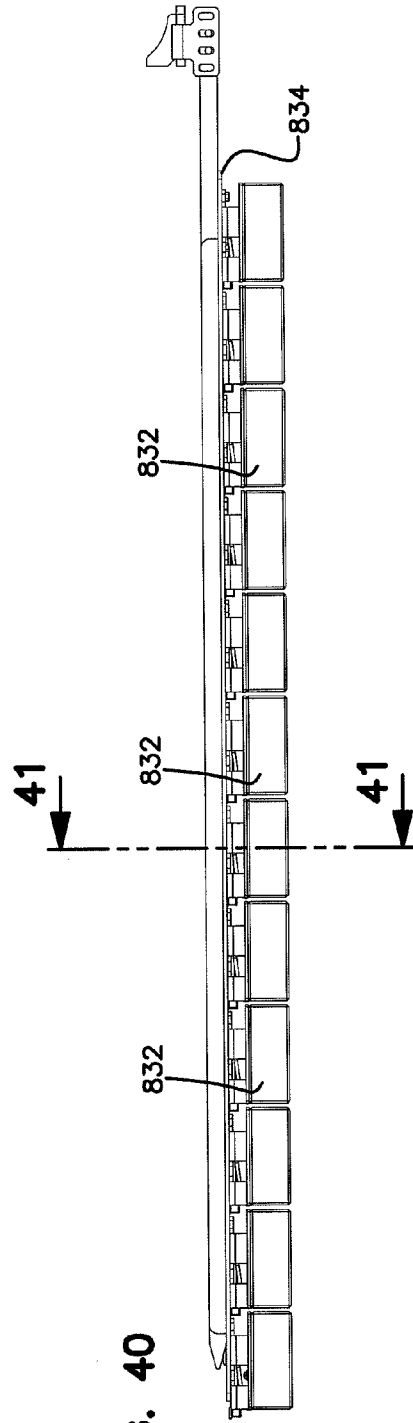
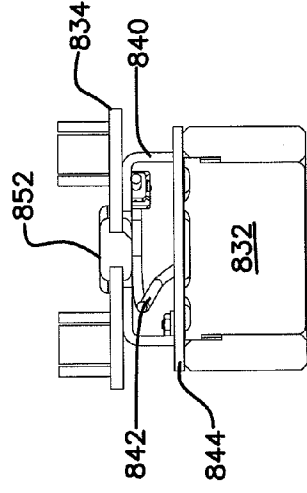


FIG. 40

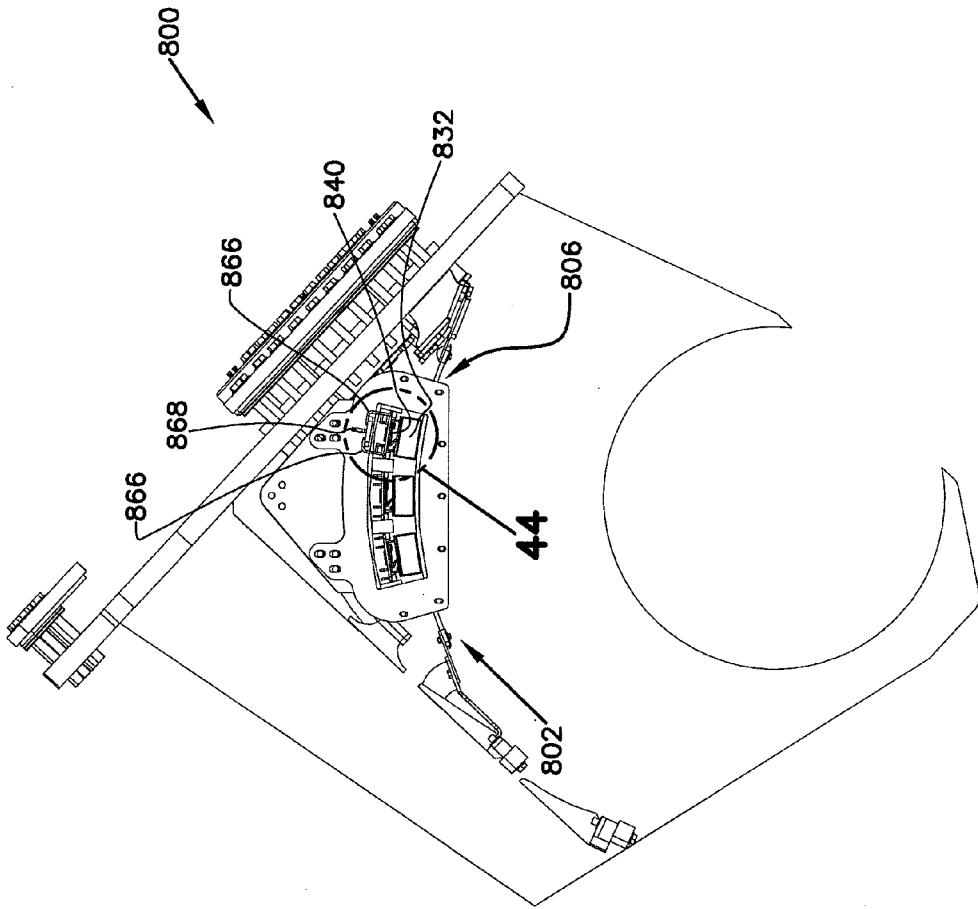


FIG. 43

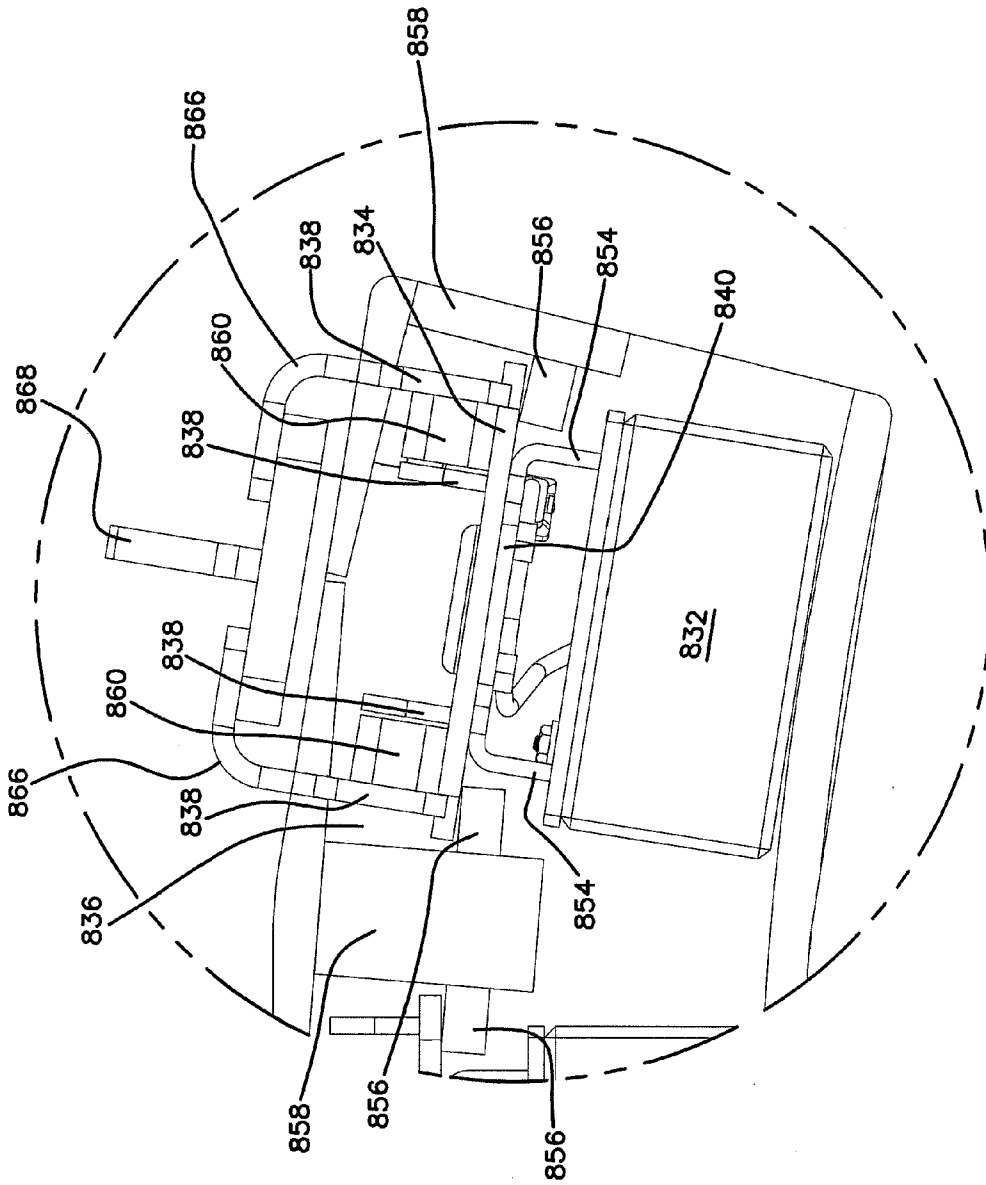


FIG. 44

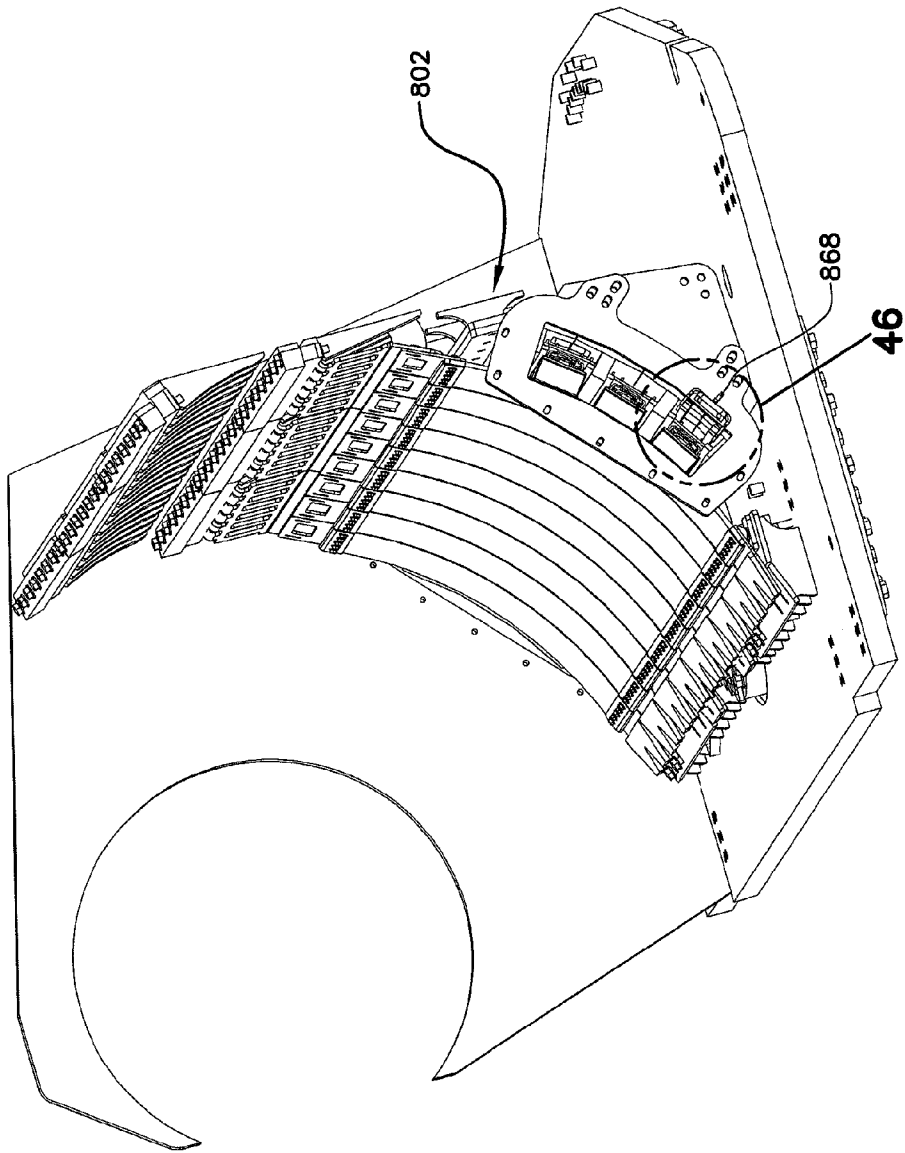


FIG. 45

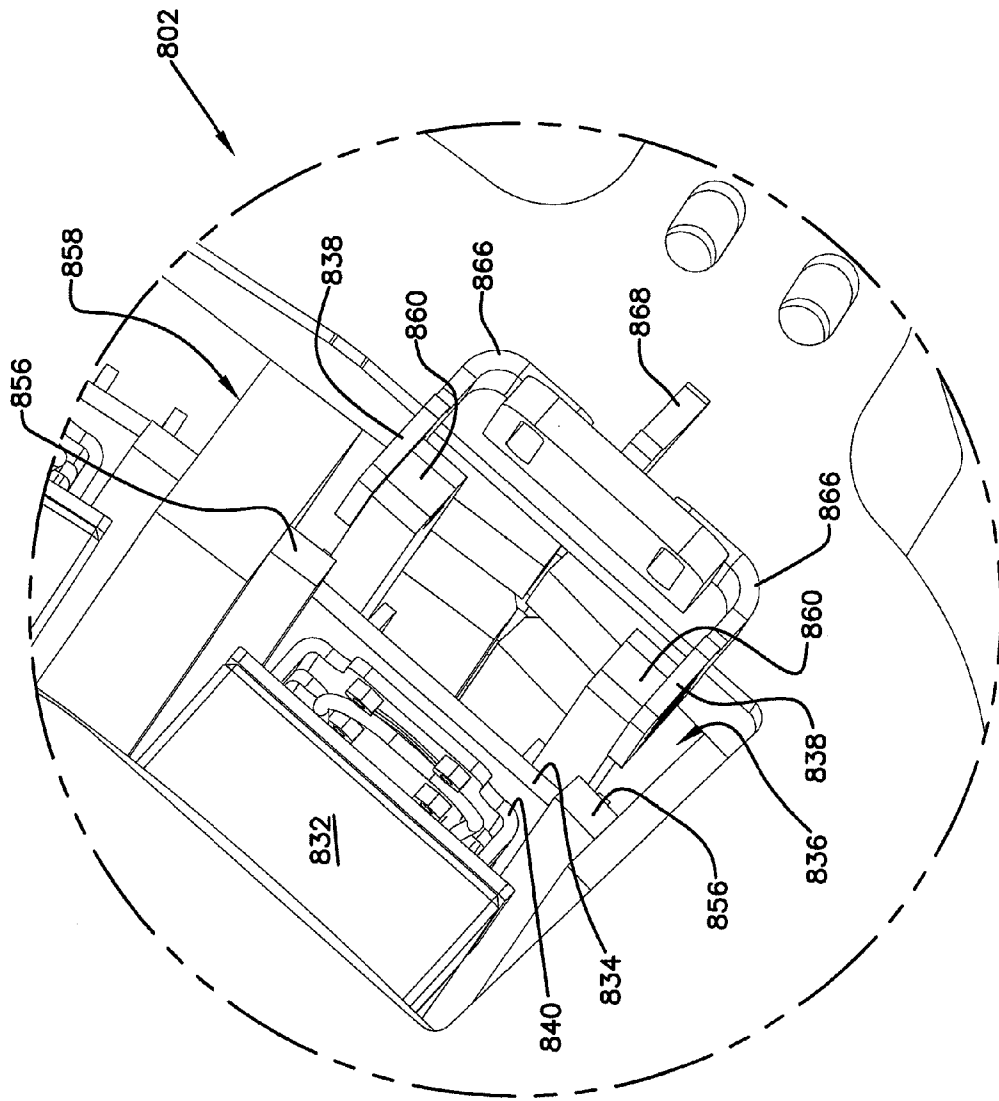


FIG. 46

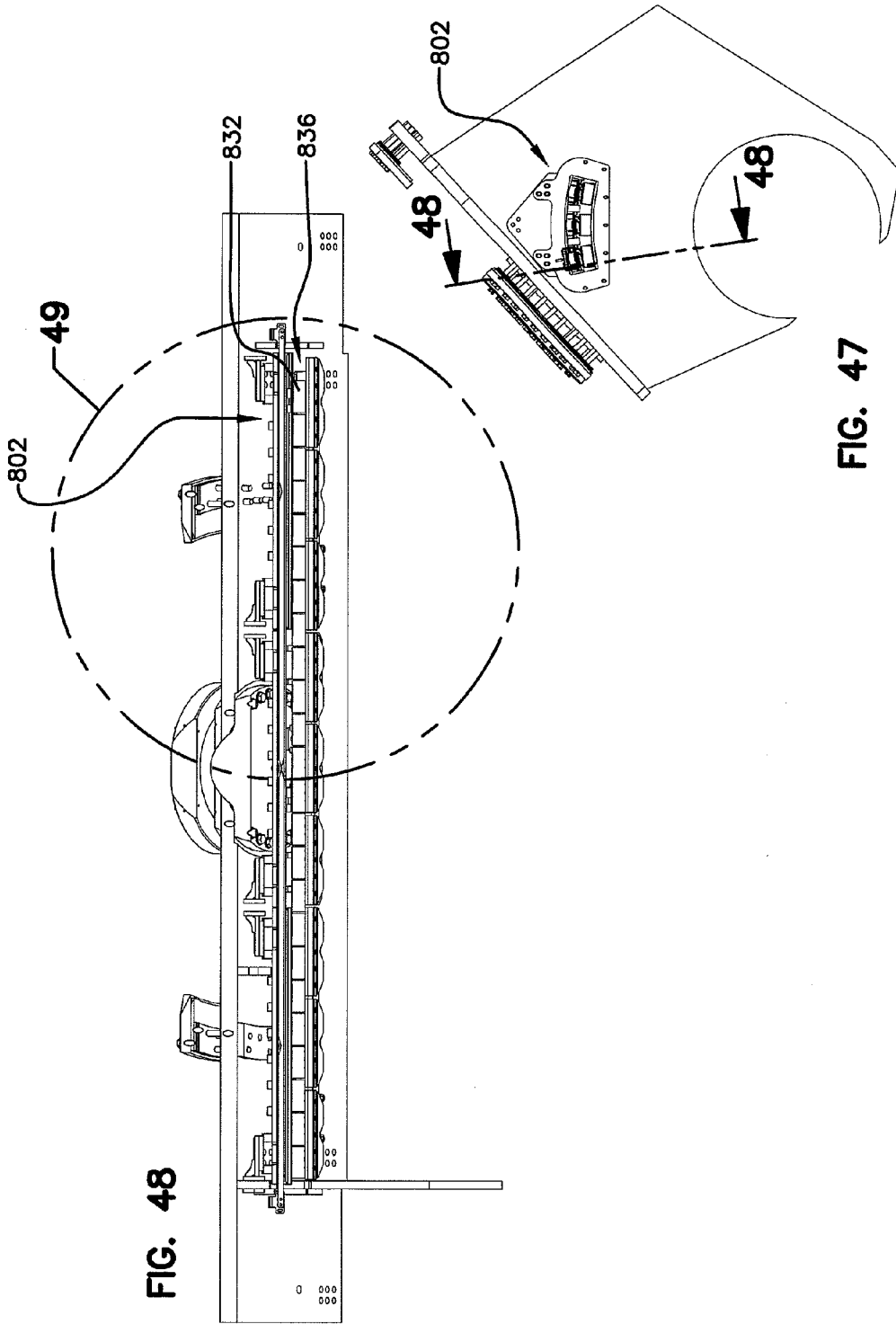


FIG. 49

