

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 855 981**

51 Int. Cl.:

G01N 21/25 (2006.01)

G01N 21/59 (2006.01)

G01N 33/28 (2006.01)

G01N 21/85 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2014 PCT/JP2014/078485**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15060457**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2014 E 14855875 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.02.2021 EP 3062084**

54 Título: **Sensor de deterioro de lubricante**

30 Prioridad:

25.10.2013 JP 2013222381

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

27.09.2021

73 Titular/es:

**NABTESCO CORPORATION (100.0%)
7-9, Hirakawacho 2-chome, Chiyoda-ku
Tokyo 102-0093, JP**

72 Inventor/es:

**SHIRATA, TAKUYA y
IDA, YASUHITO**

74 Agente/Representante:

MILTENYI , Peter

ES 2 855 981 T3

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

DESCRIPCIÓN

Sensor de deterioro de lubricante

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere a un sensor para detectar un estado de deterioro de un lubricante o un aceite refrigerante.

10 ANTECEDENTES

Los sensores de deterioro de lubricante han detectado convencionalmente la absorbencia de luz de los tres colores primarios en una luz visible que pasa a través de un lubricante para determinar el nivel de deterioro del lubricante en base a la absorbencia de luz de los tres colores primarios (véase la publicación de la solicitud de patente japonesa nº 2012-117951).

El sensor de deterioro de lubricante descrito en la publicación de la solicitud de patente japonesa nº 2012-117951 incluye una parte vacía que recibe un lubricante, un LED para emitir luz visible a la parte vacía, y un sensor de color para recibir luz del LED que ha pasado a través de la parte vacía. En el sensor de deterioro de lubricante, el LED emite luz y el sensor de color recibe la luz y emite un resultado de detección en un dispositivo dispuesto en el exterior.

El documento WO 2013/141260 A1 y la publicación "*Novel Chromatic Technique Based on Optical Absorbance in Characterizing Mineral Hydraulic Oil Degradation*" de C. V. Ossia y H. Kong, *Advances in Tribology*, Vol. 2012, Id. Artículo 131956, describen un sensor tal como se define en el preámbulo de la reivindicación 1. Los documentos GB 1 427 795 A, US 3.076.375 A, y EP 0 026 093 A1 describen sensores colorimétricos para detectar líquidos en geometría de transmisión, comprendiendo los sensores unos amplificadores logarítmicos para amplificar un valor de señal de detección con una función logarítmica. El documento EP 2 447 704 A1 describe un dispositivo de monitorización de estado de aceite que comprende un filtro de membrana para filtrar el aceite, un primer y un segundo LED para iluminar una primera y una segunda cara principal opuestas del filtro de membrana, y un primer y segundo sensor RGB para detectar luz reflejada y transmitida a través del filtro. A partir de las intensidades de luz detectadas se calculan valores de brillo y diferencias máximas de componentes de color y se comparan con valores umbral para determinar un estado de deterioro de aceite.

35 SUMARIO

El sensor de deterioro de lubricante de la publicación de la solicitud de patente japonesa nº 2012-117951 incluye un amplificador lineal como amplificador operativo para amplificar un valor de tensión emitido por el sensor de color. En la figura 10, en abscisas se representa la transmisividad que consiste en un eje logarítmico, y en ordenadas se representa la salida del sensor de color (valor de detección). Suponiendo que un nuevo lubricante da como resultado un valor de transmisividad uno y un valor de salida del sensor de color uno, una menor transmisividad da lugar a una salida del sensor de color muy disminuida, tal como se muestra en la figura 10. Tanto la transmisividad como la salida del sensor de color de la figura 10 se dan en unidades arbitrarias. En una región donde la transmisividad es baja, la cantidad de variación de la salida del sensor de color es extremadamente pequeña respecto a la cantidad de variación de la transmisividad y, por lo tanto, existe la posibilidad de que la transmisividad no pueda determinarse con precisión a partir del valor de salida del sensor de color. Por lo tanto, para un lubricante propenso a manchar y utilizado en una región de baja transmisividad, el estado de deterioro se detecta con menor precisión en comparación con lubricantes utilizados en una región de alta transmisividad. Por consiguiente, existe una demanda de un sensor de deterioro de lubricante que pueda mantener la precisión de la detección del estado de deterioro de un lubricante que tiene baja transmisividad.

La presente invención se lleva a cabo en vista de tales circunstancias, y uno de sus objetivos es proporcionar un sensor de deterioro de lubricante que pueda mantener la precisión de la detección del estado de deterioro de un lubricante que tiene baja transmisividad, es decir, bajo la condición de una pequeña cantidad de luz detectada.

Se describirán ahora medios y sus efectos para lograr el objetivo. La invención va dirigida a un sensor para detectar un deterioro de un lubricante o un aceite refrigerante tal como se define en la reivindicación 1.

El sensor comprende: una unidad de inspección para recibir un lubricante o aceite refrigerante a inspeccionar; un elemento emisor de luz para emitir luz de detección a la unidad de inspección; un elemento receptor de luz para obtener un valor de detección que indica información de color de la luz de detección que ha pasado a través del lubricante o aceite refrigerante; y un amplificador logarítmico para amplificar el valor de detección con una función logarítmica y emitir el valor de detección amplificado.

5 La luz de detección emitida desde el elemento emisor de luz pasa a través del lubricante en la unidad de inspección, y el elemento receptor de luz detecta la información de color de la luz de detección que ha pasado a través del lubricante. El valor de detección detectado por el elemento receptor de luz es amplificado por un amplificador logarítmico con una función logarítmica y es emitido. El valor de detección amplificado por el amplificador logarítmico puede variar en gran medida en relación con la cantidad de variación de la transmisividad en la región de transmisividad baja en comparación con el valor de detección amplificado por el amplificador lineal. Por lo tanto, la transmisividad puede determinarse con precisión a partir del valor de detección. Por consiguiente, puede ser posible mantener la precisión de la detección del estado de deterioro de un lubricante que tiene baja transmisividad.

10 El sensor de deterioro de lubricante puede incluir preferiblemente, además, una lente de colimador para producir rayos de luz paralelos dispuesta entre el elemento emisor de luz y la unidad de inspección. En la disposición anterior, la lente de colimador para producir rayos de luz paralelos puede estar dispuesta entre el elemento emisor de luz y la unidad de inspección. La luz de detección emitida por el elemento emisor de luz puede ser transformada por la lente de colimador en rayos de luz paralelos, que pueden alcanzar el elemento receptor de luz con difusión y convergencia restringidas. Por lo tanto, la cantidad de luz recibida por el elemento receptor de luz puede ser lo suficientemente grande para estabilizar la precisión de detección.

20 En una disposición fuera del alcance de la invención reivindicada, el sensor de deterioro de lubricante puede incluir preferiblemente, además, una unidad de determinación configurada para calcular brillo a partir del valor de detección y determinar que el lubricante se ha deteriorado si el valor absoluto de la cantidad de variación del brillo por unidad de tiempo es mayor que un valor predeterminado.

25 Dado que el sensor de deterioro de lubricante puede proporcionar un valor de detección amplificado por el amplificador logarítmico, la cantidad de variación del valor de detección puede captarse en la región de baja transmisividad. En la disposición anterior, puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si el valor absoluto de la cantidad de variación del brillo o la diferencia máxima de componentes de color por unidad de tiempo es mayor que un valor predeterminado. Por lo tanto, la determinación puede realizarse con precisión a partir de la cantidad de variación del brillo o la diferencia máxima de componentes de color por unidad de tiempo. Puede ser posible captar un rápido deterioro de un lubricante y una anomalía en una máquina.

30 De acuerdo con la invención, el sensor incluye, además, una unidad de determinación configurada para calcular una diferencia máxima de componentes de color y determinar que el lubricante se ha deteriorado si la cantidad de variación de la diferencia máxima de componentes de color por unidad de tiempo es un valor negativo.

35 Dado que el sensor de deterioro de lubricante proporciona un valor de detección amplificado por el amplificador logarítmico, la cantidad de variación del valor de detección puede captarse en la región de baja transmisividad. De acuerdo con la invención, se determina que el lubricante se ha deteriorado si la cantidad de variación de la diferencia máxima de componentes de color por unidad de tiempo es un valor negativo. Por lo tanto, la determinación puede realizarse con precisión a partir de la cantidad de variación de la diferencia máxima de componentes de color por unidad de tiempo. Puede ser posible captar un rápido deterioro de un lubricante y una anomalía en una máquina.

45 En una disposición fuera del alcance de la invención reivindicada, el sensor de deterioro de lubricante puede incluir preferiblemente, además, una unidad de determinación configurada para calcular brillo y una diferencia máxima de componentes de color a partir del valor de detección y determinar que el lubricante se ha deteriorado si la cantidad de variación de la diferencia máxima de componentes de color por unidad de brillo es un valor negativo.

50 En la disposición anterior, puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si la cantidad de variación de la diferencia máxima de componentes de color por unidad de brillo es un valor negativo. Por lo tanto, la determinación puede realizarse con mayor precisión que en el caso en el que el deterioro del lubricante se determina a partir de por lo menos uno del brillo y la diferencia máxima de componentes de color.

55 En una disposición fuera del alcance de la invención reivindicada, la unidad de determinación del sensor de deterioro de lubricante puede determinar preferiblemente que el lubricante se ha deteriorado si el valor absoluto de la cantidad de variación del brillo es mayor que un valor predeterminado y el brillo es menor que el valor umbral de deterioro de aceite para determinar el deterioro del lubricante.

60 En la disposición anterior, puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si el valor absoluto de la cantidad de variación de brillo es mayor que un valor predeterminado y el brillo es menor que el valor umbral de deterioro de aceite. Por lo tanto, el deterioro del lubricante puede determinarse con precisión a partir de la cantidad de variación del brillo y el brillo en sí.

La unidad de determinación del sensor de deterioro de lubricante puede determinar preferiblemente que una máquina está dañada si el valor absoluto de la cantidad de variación del brillo es mayor que un valor predeterminado

y el brillo es menor que un valor umbral de daño de la máquina para determinar el daño a la máquina en la que está instalado el sensor de deterioro de lubricante.

5 En la disposición anterior, puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si el valor absoluto de la cantidad de variación de brillo es mayor que un valor predeterminado y el brillo es menor que un valor umbral de daño de la máquina. Por lo tanto, el daño a la máquina puede determinarse con precisión a partir de la cantidad de variación del brillo y el brillo en sí.

10 Fuera del alcance de la invención reivindicada, un sensor óptico capaz de superar el problema anterior puede detectar la cantidad de luz que ha pasado a través de un objeto de inspección y amplificar la cantidad de luz mediante un amplificador logarítmico, en el que una tensión de salida del amplificador logarítmico se encuentra en una relación logarítmica con una tensión de entrada al amplificador logarítmico.

15 En la disposición anterior, incluso con una baja transmisividad de un objeto de inspección, tal como un aceite refrigerante o un lubricante, es decir, incluso con una pequeña cantidad de luz detectada, puede ser posible detectar la diferencia en la cantidad de luz que pasa producida por la diferencia de transmisividad.

20 Puede ser preferible que el sensor óptico detecte las cantidades de dos o más colores primarios de luz entre los tres colores primarios de luz y se disponga un amplificador logarítmico para cada uno de los dos o más colores primarios.

25 En la disposición anterior, incluso si los sensores para detectar las cantidades de colores primarios de luz tienen propiedades diferentes, los amplificadores logarítmicos proporcionados para colores primarios individuales pueden diseñarse para cancelar la diferencia entre las propiedades. Particularmente para determinar el estado de deterioro de un lubricante utilizando la salida del sensor óptico, no hay necesidad de utilizar diferentes algoritmos de determinación para cada color primario.

30 En el sensor óptico anterior, el amplificador logarítmico puede estar dispuesto preferiblemente hacia atrás de la superficie de recepción de luz del elemento de recepción de luz para detectar la cantidad de luz, respecto a la dirección de la luz incidente sobre la superficie de recepción de luz. Además, el amplificador logarítmico puede disponerse directamente sobre el elemento receptor de luz, o puede colocarse un intermedio tal como un sustrato de circuito del sensor óptico entre el amplificador logarítmico y la superficie receptora de luz del elemento receptor de luz.

35 En la disposición anterior, la longitud de un cable entre el elemento receptor de luz y el amplificador logarítmico puede minimizarse para hacer que todo el tamaño sea compacto y minimizar el efecto de ruido externo.

VENTAJAS

40 La presente invención permite detectar la diferencia en la cantidad de luz y mantener la precisión de la detección del estado de deterioro de un lubricante que tiene baja transmisividad, es decir, bajo la condición de una pequeña cantidad de luz detectada.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

45 La figura 1 es una vista en sección que muestra una estructura esquemática de un sensor de deterioro de lubricante. La figura 2 muestra la relación entre la transmisividad y la salida de un sensor de color del sensor de deterioro de lubricante.

La figura 3 muestra la relación entre la transmisividad y la salida de un sensor de color en el sensor de deterioro de lubricante.

50 La figura 4 muestra la relación entre un tiempo de funcionamiento y el brillo utilizado para determinar el deterioro de un lubricante en una primera disposición fuera del alcance de la invención reivindicada.

La figura 5 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para determinar el deterioro de un lubricante en la misma disposición.

55 La figura 6 muestra la relación entre un tiempo de funcionamiento y una diferencia de color máxima utilizada para determinar el deterioro de un lubricante en un sensor de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 7 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para determinar el deterioro de un lubricante en la misma realización.

La figura 8 muestra la relación entre el brillo y una diferencia de color máxima utilizada para determinar el deterioro de un lubricante en una segunda realización fuera del alcance de la invención reivindicada.

60 La figura 9 es un diagrama de flujo que muestra un proceso para determinar el deterioro de un lubricante en la misma disposición.

La figura 10 muestra la relación entre la transmisividad y la salida de un sensor de color en un sensor de deterioro de lubricante convencional.

DESCRIPCIÓN DE REALIZACIONES DE EJEMPLO

(Primera disposición fuera del alcance de la invención reivindicada)

5 A continuación, se describirá una primera disposición de un sensor de deterioro de lubricante y un sensor óptico instalado en la misma con referencia a las figuras 1 a 5. El sensor de deterioro de lubricante puede instalarse en una máquina utilizando un lubricante, que es un objeto de inspección, y configurarse para determinar el deterioro del lubricante y el daño a la máquina. Cuando se daña un componente móvil que requiere lubricante, en el lubricante pueden penetrar sustancias con impurezas por rozamiento o similar. Por lo tanto, a partir del estado del lubricante puede determinarse el daño a la máquina. En esta realización, el lubricante puede incluir un aceite hidráulico.

10 Se describirá ahora la estructura del sensor de deterioro de lubricante 10 con referencia a la figura 1, junto con la estructura del sensor óptico 20. Con referencia a la figura 1, el sensor de deterioro de lubricante 10 puede incluir un sensor óptico 20 y un ordenador personal (PC) 30. Es decir, el PC 30 puede no estar incluido en la estructura del sensor óptico 20. El sensor óptico 20 puede incluir una carcasa 11 en forma de columna realizada en metal o resina. En una zona superior de la carcasa 11 puede disponerse una sección contenedora 11a. La sección contenedora 11a puede estar cubierta por una tapa 17. En la circunferencia exterior de una zona inferior de la carcasa 11 puede formarse una rosca exterior. El sensor de deterioro de lubricante 10 puede montarse en la máquina con la rosca externa.

20 La sección contenedora 11a puede contener un sustrato de circuito 16. El sustrato de circuito 16 puede fijarse sobre la carcasa 11. En la superficie inferior del sustrato de circuito 16 puede haber un LED (diodo emisor de luz) 21 como elemento emisor de luz y un sensor de color 22 como elemento receptor de luz dispuestos adyacentes entre sí. En la superficie superior del sustrato de circuito 16 puede disponerse un amplificador logarítmico 26 y un controlador LED 28. Adicionalmente, pueden instalarse varios tipos de componentes electrónicos en el sustrato de circuito 16, si bien no se muestran. El amplificador logarítmico 26 puede colocarse (sobre una superficie trasera) para quedar frente al sensor de color 22 a través del sustrato de circuito 16. De este modo, la longitud de un cable entre el sensor de color 22 y el amplificador logarítmico 26 puede minimizarse para hacer que todo el tamaño sea compacto y minimizar el efecto de ruido externo.

30 El LED 21 puede ser un dispositivo conocido para emitir luz blanca para ser detectada. El sensor de color 22 puede ser un sensor RGB que puede emitir un valor R (correspondiente al rojo), un valor G (correspondiente al verde), y un valor B (correspondiente al azul) como información de color de acuerdo con las cantidades de luz de longitudes de onda para el rojo, verde, y azul en la luz detectada. El amplificador logarítmico 26, en el que una tensión de salida y una tensión de entrada pueden estar en una relación logarítmica, puede disponerse para cada color. El valor R, el valor G, y el valor B emitidos por el sensor de color 22 pueden enviarse al amplificador logarítmico como tensiones de entrada y amplificarse con una función logarítmica para que las tensiones de salida puedan estar en una relación logarítmica con las tensiones de entrada y enviarse a la unidad de determinación 31 dispuesta en el exterior. El controlador LED 28 puede regular la corriente eléctrica al LED 21 para el control.

40 El sensor de color 22 en esta disposición puede detectar las cantidades de luz roja, verde y azul; o alternativamente, el sensor de color 22 puede detectar las cantidades de uno o dos colores de luz. El LED 21 y el sensor de color 22 pueden seleccionarse individualmente de acuerdo con el color a detectar.

45 Los colores rojo, verde, y azul pueden detectarse independientemente; o alternativamente, puede detectarse la suma de las cantidades de los tres colores o dos cualesquiera de los tres colores de luz. Las salidas de los amplificadores logarítmicos correspondientes a los colores pueden sumarse mediante un amplificador operacional; o alternativamente, los valores correspondientes a los colores emitidos por el sensor de color 22 pueden sumarse mediante un amplificador operacional y enviarse al amplificador logarítmico 26.

50 La unidad de determinación 31 puede determinar si el lubricante se ha deteriorado y si la máquina se ha dañado, en base al valor de detección. El ordenador personal (PC) 30 puede estar conectado al sensor de deterioro de lubricante 10 para actuar como unidad de determinación 31.

55 La carcasa 11 puede tener un primer orificio pasante 11c que se extienda en una dirección del eje óptico de la luz de detección. El primer orificio pasante 11c puede extenderse desde el fondo de la sección contenedora 11a hasta el fondo de la carcasa 11. Puede disponerse un primer prisma 23 en la parte inferior de la carcasa 11 en una salida del primer orificio pasante 11c. El primer prisma 23 puede ser un prisma en ángulo recto realizado en un material translúcido tal como cuarzo y vidrio. El primer prisma 23 puede tener una superficie incidente 23a donde entra la luz de detección que ha pasado a través del primer orificio pasante 11c, una superficie de reflexión 23b donde se refleja la luz de detección que ha entrado desde la superficie incidente 23a, y una superficie de salida 23c a través de la cual sale la luz de detección reflejada en la superficie de reflexión 23b.

- La superficie incidente 23a y la superficie de salida 23c pueden ser ópticamente pulidas. La superficie de reflexión 23b puede estar formada por una película de metal depositada y una película protectora. La película de metal depositada es, por ejemplo, una película delgada de aluminio y formada en el lado exterior del material translúcido. La película protectora es, por ejemplo, una película delgada de dióxido de silicio o una película delgada de fluoruro de magnesio formada en el lado exterior de la película de metal depositada para proteger la película de metal depositada. Puede establecerse un ángulo de la superficie de reflexión 23b respecto a la superficie de incidencia 23a de modo que la trayectoria de la luz que entra en la superficie de reflexión 23b se refleje 90 grados de la dirección de incidencia.
- Puede disponerse una lente de colimador 29 para producir rayos de luz paralelos entre el LED 21 y el primer prisma 23 del primer orificio pasante 11c. La lente de colimador 29 puede transformar la luz de detección emitida por el LED 21 en rayos de luz paralelos con difusión y convergencia restringidas.
- Puede disponerse un segundo prisma 24 en la parte inferior 11b de la carcasa 11. El segundo prisma 24 puede disponerse con un espacio desde el primer prisma 23. El segundo prisma 24 puede tener la misma estructura que el primer prisma 23 y tener una superficie incidente 24a, una superficie de reflexión 24b y una superficie de salida 24c. El espacio entre el primer prisma 23 y el segundo prisma 24 puede ser un espacio de entrada de aceite 25 donde el lubricante entre y quede en el mismo y el espacio puede servir de unidad de inspección.
- La carcasa 11 puede tener un segundo orificio pasante 11d que se extienda paralelo al primer orificio pasante 11c. El segundo orificio pasante 11d puede extenderse desde el fondo de la sección contenedora 11a hasta el fondo 11b de la carcasa 11 y puede estar dispuesto entre el segundo prisma 24 y el sensor de color 22.
- La luz de detección blanca emitida por el LED 21 puede pasar directamente a través del primer orificio pasante 11c y entrar en el primer prisma 23. La trayectoria de luz de la luz de detección se curva entonces 90 grados por la superficie de reflexión 23b y entra en el espacio de entrada de aceite 25 desde la superficie de salida 23c. La luz de detección penetra más el lubricante en el espacio de entrada de aceite 25 y después entra en el segundo prisma 24. La trayectoria de luz de la luz de detección que ha entrado en el segundo prisma 24 puede curvarse 90 grados por la superficie de reflexión 24b y después la luz de detección puede pasar directamente a través del segundo orificio pasante 11d. Finalmente, el sensor de color 22 puede recibir la luz de detección. En otras palabras, el primer prisma 23 y el segundo prisma 24 pueden invertir 180 grados la trayectoria de la luz de detección emitida por el LED 21. La luz de detección que ha pasado a través del lubricante puede tener una región de longitud de onda correspondiente al tono del aceite absorbido.
- La figura 2 muestra una salida del sensor de color de un amplificador lineal y una salida del sensor de color del amplificador logarítmico 26 respecto al mismo tipo de lubricantes. Las abscisas en la figura 2 son un eje logarítmico que indica transmisividad (correspondiente a la cantidad de luz de detección). Las ordenadas indican salidas del sensor de color (valor de detección). Tanto la transmisividad como la salida del sensor de color en la figura 2 están en unidades arbitrarias. Suponiendo que un nuevo lubricante da como resultado un valor de transmisividad uno y un valor de salida del sensor de color uno, la figura 2 muestra valores de detección de acuerdo con el deterioro. Los valores de detección detectados por el amplificador logarítmico 26 se indican mediante una línea continua que conecta los cuadrados señalados. Los valores de detección detectados por el amplificador lineal se indican mediante una línea discontinua que conecta los cuadrados señalados. La cantidad de luz de detección recibida por el sensor de color 22 puede disminuir a medida que disminuye la transmisividad de acuerdo con el deterioro del lubricante; por lo tanto, la salida del sensor de color del amplificador logarítmico 26 también puede disminuir de acuerdo con la propiedad del sensor de color 22 (la salida del sensor de color puede disminuir de manera casi constante para el sensor de color 22 utilizado en esta realización). A medida que la transmisividad disminuye de acuerdo con el deterioro del lubricante, la salida del sensor de color del amplificador lineal puede disminuir bruscamente desde la transmisividad uno y volverse casi constante desde la transmisividad de aproximadamente 1/10. Por lo tanto, incluso en una región de baja transmisividad de lubricante donde el sensor de color 22 puede recibir una pequeña cantidad de luz, el sensor de deterioro de lubricante 10 que incluye el amplificador logarítmico 26 puede permitir una cantidad de variación suficiente de la salida del sensor de color en relación con la cantidad de variación de la transmisividad del lubricante. Por lo tanto, incluso en una región donde el sensor de color 22 puede recibir una pequeña cantidad de luz, la diferencia en la transmisividad del lubricante o la cantidad de luz puede captarse claramente a partir de los valores de salida del sensor de color.
- La estructura del sensor óptico 20 puede ser tal como se ha descrito anteriormente. La figura 3 muestra un diagrama donde los resultados de salida para un lubricante manchado con el amplificador lineal y el amplificador logarítmico se añaden a la figura 2. Para el lubricante manchado, la salida del sensor de color del amplificador lineal disminuyó en un 20% al comienzo de la detección en comparación con el nuevo lubricante anterior. Los valores de detección del nuevo lubricante detectados por el amplificador lineal se indican mediante una línea continua que conecta los círculos señalados. Los valores de detección del lubricante manchado detectados por el amplificador lineal se indican con una línea discontinua fina. Los valores de detección del lubricante manchado detectados por el amplificador logarítmico se indican mediante una línea discontinua gruesa.

5 La salida del sensor de color del amplificador lineal para el lubricante manchado a la transmisividad uno es un 20% menor que la salida del sensor de color del amplificador lineal para el nuevo lubricante a la transmisividad uno. En cambio, la salida del sensor de color del amplificador logarítmico 26 para el mismo lubricante manchado a la transmisividad uno es un 2% menor que la salida del sensor de color del amplificador logarítmico 26 para el nuevo lubricante a la transmisividad uno. Por lo tanto, incluso si la superficie de salida 23c o la superficie incidente 24a están manchadas, la cantidad de variación de la salida del sensor de color del amplificador logarítmico 26 es grande y, por lo tanto, el efecto de la mancha puede restringirse en comparación con el amplificador lineal.

10 Adicionalmente, si el lubricante incluye burbujas de aire, los valores de detección pueden variar en torno al valor de detección adecuado debido a que la presencia de la luz de detección ha pasado a través de las burbujas de aire y la luz de detección no ha pasado a través de las burbujas de aire. Sin embargo, dado que el sensor de deterioro de lubricante 10 que incluye el amplificador logarítmico 26 permite una gran cantidad de variación de la salida del sensor de color del amplificador logarítmico 26, el efecto de las burbujas de aire puede restringirse en comparación con el amplificador lineal.

15 Además, cuando el espacio de entrada de aceite 25 que existe entre el primer prisma 23 y el segundo prisma 24 se ensancha, la trayectoria de la luz se alarga y, por lo tanto, los valores de detección de la salida del sensor de color pueden disminuir. Sin embargo, dado que el sensor de deterioro de lubricante 10 que incluye el amplificador logarítmico 26 permite una gran cantidad de variación de la salida del sensor de color del amplificador logarítmico 26, la detección puede realizarse con el espacio de entrada de aceite 25 ensanchado. Por tanto, incluso un lubricante que tenga una viscosidad alta o una fluidez baja puede fluir suavemente en el espacio de entrada de aceite 25 que existe entre el primer prisma 23 y el segundo prisma 24.

20 Tal como se ilustra en la figura 4, el brillo puede disminuir a medida que aumenta el tiempo de funcionamiento de la máquina que utiliza el lubricante. El brillo (ΔE) puede calcularse a partir de la fórmula (1) que se muestra a continuación de un valor R, un valor G, y un valor B. La línea de puntos y rayas de la figura 4 muestra una variación del brillo respecto al tiempo de funcionamiento cuando una carga sobre un componente móvil de la máquina es grande. La línea continua de la figura 4 muestra una variación del brillo respecto al tiempo de funcionamiento cuando la carga sobre el componente móvil de la máquina es pequeña. Dado que el brillo disminuye rápidamente con el deterioro, el deterioro del lubricante puede captarse por la cantidad de variación del brillo por unidad de tiempo.

Fórmula 1

35 La unidad de determinación 31b puede determinar un estado de deterioro del lubricante en base al brillo del lubricante calculado a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10. El brillo puede corresponder al valor calculado. Más específicamente, la unidad de determinación 31 puede determinar el estado de deterioro del lubricante en base a la comparación de la cantidad de variación de brillo por unidad de tiempo con un valor predeterminado. Si el deterioro del lubricante progresa, la unidad de determinación 31 puede determinar el estado del lubricante en base a la comparación entre el brillo del lubricante calculado a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10 y un valor umbral de deterioro de aceite. El valor umbral de deterioro de aceite se utiliza para determinar si el lubricante está deteriorado o no. Si el brillo es menor o igual al valor umbral de deterioro de aceite, la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está deteriorado.

40 La unidad de determinación 31 puede determinar el estado de la máquina en base al brillo del lubricante calculado a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10. Más específicamente, la unidad de determinación 31 puede determinar el estado de la máquina en base a la comparación entre el brillo del lubricante calculado a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10 y el valor umbral de daño de la máquina. El valor umbral de daño de la máquina puede utilizarse para determinar si la máquina está dañada o no, y puede ser menor que el valor umbral de deterioro de aceite. Si el brillo es menor o igual al valor umbral de daño de la máquina, la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está deteriorado.

45 A continuación, se describirá ahora, con referencia a la figura 5, el procedimiento para determinar el deterioro utilizando el sensor de deterioro de lubricante 10 configurado tal como se ha indicado anteriormente. La unidad de determinación 31 puede determinar el estado de deterioro para cada cantidad predeterminada de tiempo de funcionamiento de la máquina que tiene el sensor de deterioro de lubricante 10 instalado en la misma. Alternativamente, la determinación del estado puede realizarse siempre que surja la necesidad o sólo según una instrucción de un usuario.

60 Con referencia a la figura 5, la unidad de determinación 31 puede iniciar una determinación del estado de deterioro en respuesta a una instrucción para realizar la determinación del estado de deterioro. La unidad de determinación 31 puede calcular el brillo a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10 y calcular la cantidad de variación del brillo por unidad de tiempo (etapa S11). Más específicamente, la unidad de determinación 31 puede calcular el brillo actual a partir del valor de detección detectado por el sensor de color 22 del sensor de deterioro de

lubricante 10 y calcular la cantidad de variación a partir del brillo obtenido una unidad de tiempo antes y el brillo actual. La cantidad de variación puede calcularse a partir de la diferencia entre el brillo actual y el brillo obtenido la unidad de tiempo antes.

5 La unidad de determinación 31 puede determinar si el valor absoluto de la cantidad de variación del brillo por unidad de tiempo es mayor que un valor predeterminado (etapa S12). Más específicamente, la unidad de determinación 31 puede realizar una comparación con el valor predeterminado que es mayor que el valor absoluto de la cantidad de variación durante un tiempo de funcionamiento corto, para determinar si el brillo ha variado rápidamente. Adicionalmente, cuando el lubricante se ha deteriorado, el brillo puede disminuir rápidamente en relación con el tiempo de funcionamiento. Si el valor absoluto de la cantidad de variación del brillo por unidad de tiempo es menor que el valor predeterminado (etapa S12: NO), la unidad de determinación 31 puede determinar que no hay una variación rápida del brillo y terminar el proceso de determinación.

15 Por el contrario, si el valor absoluto de la cantidad de variación del brillo por unidad de tiempo es mayor que el valor predeterminado (etapa S12: SÍ), la unidad de determinación 31 puede determinar si el brillo es menor o igual que el valor umbral de determinación de deterioro de aceite (etapa S13). Más específicamente, si la unidad de determinación 31 determina que el brillo es mayor que el valor umbral de determinación del deterioro de aceite (etapa S13: NO), la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante no está deteriorado y terminar el proceso de determinación.

20 Si la unidad de determinación 31 determina que el brillo es menor o igual que el valor umbral de determinación del deterioro de aceite (etapa S13: SÍ), la unidad de determinación 31 determina si el brillo es menor o igual que el valor umbral de daño de la máquina (etapa S14). Más específicamente, si la unidad de determinación 31 determina que el brillo es mayor que el valor umbral de daño de la máquina (etapa S14: NO), la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está deteriorado (etapa S16) y terminar el proceso de determinación. En otras palabras, si el brillo es mayor que el valor umbral de daño de la máquina y es menor o igual que el valor umbral de determinación del deterioro de aceite, la unidad de determinación 31 determina que el lubricante está deteriorado pero la máquina no está dañada.

30 Si la unidad de determinación 31 determina que el brillo es menor o igual que el valor del umbral de daño de la máquina (etapa S14: SÍ), la unidad de determinación 31 puede determinar que la máquina está dañada (etapa S15) y terminar el proceso de determinación. En otras palabras, si el brillo es menor o igual al valor umbral de daño de la máquina, la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está contaminado con sustancias con impurezas debido al daño a la máquina y determinar que la máquina está dañada.

35 En la disposición tal como se ha descrito anteriormente, el brillo puede calcularse a partir del valor de detección detectado por el sensor de deterioro de lubricante 10, y es posible determinar fácilmente el deterioro del lubricante utilizando el valor umbral de deterioro de aceite además de la cantidad de variación del brillo por unidad de tiempo, y determinar el daño a la máquina utilizando el valor umbral de daño a la máquina.

40 De acuerdo con la disposición descrita anteriormente, pueden obtenerse los siguientes efectos ventajosos. (1) La luz de detección emitida por el LED 21 puede atravesar el lubricante en el espacio de entrada de aceite 25, y el sensor de color 22 puede detectar la información de color de la luz de detección que ha pasado a través del lubricante. El amplificador logarítmico 26 puede amplificar el valor de detección detectado por el sensor de color 22 con una función logarítmica y enviarlo. El valor de detección amplificado por el amplificador logarítmico 26 puede variar en gran medida en relación con la cantidad de variación de la transmisividad en la región de baja transmisividad en comparación con el valor de detección amplificado por el amplificador lineal. Por lo tanto, la transmisividad puede determinarse con precisión a partir del valor de detección. Por consiguiente, puede ser posible mantener la precisión de la detección del estado de deterioro de un lubricante que tiene baja transmisividad.

50 (2) La lente de colimador 29 para producir rayos de luz paralelos puede estar dispuesta entre el LED 21 y el espacio de entrada de aceite 25. La luz de detección emitida por el LED 21 puede ser transformada por la lente de colimador 29 en rayos de luz paralelos, que pueden alcanzar el sensor de color 22 con difusión y convergencia restringidas. Por tanto, la cantidad de luz recibida por el sensor de color 22 puede ser suficientemente grande para estabilizar la precisión de detección.

55 (3) Puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si el valor absoluto de la cantidad de variación de brillo por unidad de tiempo es mayor que un valor predeterminado. Por lo tanto, la determinación puede realizarse con precisión a partir de la cantidad de variación de brillo por unidad de tiempo. Puede ser posible captar un rápido deterioro de un lubricante y una anomalía en una máquina.

60 (4) Puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si el valor absoluto de la cantidad de variación del brillo es mayor que un valor predeterminado y el brillo es menor que el valor umbral de deterioro de aceite. Por lo tanto, el

deterioro del lubricante puede determinarse con precisión a partir de la cantidad de variación del brillo y el brillo en sí.

5 (5) Puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si el valor absoluto de la cantidad de variación del brillo es mayor que un valor predeterminado y el brillo es menor que un valor umbral de daño de la máquina. Por lo tanto, el daño a la máquina puede determinarse con precisión a partir de la cantidad de variación del brillo y el brillo en sí.

(Realización de la invención reivindicada)

10 A continuación, se describirá con referencia a las figuras 6 y 7 una realización de un sensor de deterioro de lubricante. El procedimiento de determinación del deterioro utilizando el sensor de deterioro de lubricante 10 de acuerdo con esta realización es diferente de la primera disposición en que se utiliza una diferencia de color máxima como valor de cálculo en lugar del brillo. La siguiente descripción se centrará en la diferencia con la primera disposición. El sensor de deterioro de lubricante 10 de esta realización puede tener la misma estructura que el
15 sensor de deterioro de lubricante 10 de la primera disposición mostrada en la figura 1.

Tal como se ilustra en la figura 6, la diferencia de color máxima puede aumentar con el tiempo de funcionamiento de la máquina que utiliza el lubricante y disminuir después una vez que la diferencia de color máxima alcanza el valor extremo. La línea de puntos y rayas de la figura muestra una variación de la diferencia de color máxima respecto al
20 tiempo de funcionamiento cuando la carga en un componente móvil de la máquina es grande. La línea continua de la figura muestra una variación de la diferencia de color máxima respecto al tiempo de funcionamiento cuando la carga sobre el componente móvil de la máquina es pequeña.

Se describirá ahora una diferencia de componente de color máxima (la diferencia de color máxima) utilizada para la determinación de estado. La diferencia del componente de color es un valor absoluto representado por $|R-G|$, $|G-B|$, o $|R-B|$. La diferencia de color máxima es la mayor entre estas diferencias de componentes de color. En otras palabras, la diferencia de color máxima es una diferencia entre el valor máximo del componente de color y el valor mínimo del componente de color. El valor mínimo del componente de color generalmente corresponde al valor B y el
25 valor máximo del componente de color generalmente corresponde al valor R entre los valores R, G, B, por lo que sólo la diferencia de color $|R-B|$ puede calcularse como la diferencia de color máxima.
30

La unidad de determinación 31 puede determinar el estado de deterioro del lubricante en base a la diferencia de color máxima del lubricante calculada a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10. La diferencia de color máxima puede corresponder al valor calculado. Más específicamente, la unidad de determinación
35 31 puede determinar el estado de deterioro del lubricante en base a la comparación de la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de tiempo con un valor predeterminado. Si el valor predeterminado es cero y la cantidad de variación es negativa, se determina que el deterioro del lubricante progresa. Si el deterioro del lubricante progresa, la unidad de determinación 31 puede determinar el estado de deterioro del lubricante en base a la diferencia de color máxima del lubricante calculada a partir del valor de detección del sensor de deterioro de
40 lubricante 10. Más específicamente, la unidad de determinación 31 puede determinar el estado del lubricante en base a la comparación entre la diferencia de color máxima del lubricante calculada a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10 y el valor umbral de deterioro de aceite. El valor umbral de deterioro de aceite se utiliza para determinar si el lubricante está deteriorado o no. Si la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral de determinación del deterioro de aceite, la unidad de determinación 31 puede determinar que el
45 lubricante está deteriorado.

La unidad de determinación 31 puede determinar el estado de la máquina en base a la diferencia de color máxima del lubricante calculada a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10. Más específicamente, la unidad de determinación 31 puede determinar el estado de la máquina en base a la
50 comparación entre la diferencia de color máxima del lubricante calculada a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10 y el valor umbral de daño de la máquina. El valor umbral de daño de la máquina puede utilizarse para determinar si la máquina está dañada o no, y puede ser menor que el valor umbral de deterioro de aceite. Si la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral de daño de la máquina, la unidad de determinación 31 puede determinar que la máquina está dañada.
55

A continuación, se describirá ahora con referencia a la figura 7 el procedimiento para determinar el deterioro utilizando el sensor de deterioro de lubricante 10 configurado tal como se ha indicado anteriormente. La unidad de determinación 31 puede determinar el estado de deterioro para cada cantidad predeterminada de tiempo de funcionamiento de la máquina que tiene el sensor de deterioro de lubricante 10 instalado en la misma.
60 Alternativamente, la determinación del estado puede realizarse siempre que surja la necesidad o sólo según una instrucción de un usuario.

Con referencia a la figura 7, la unidad de determinación 31 puede iniciar una determinación de estado de deterioro en respuesta a una instrucción para realizar la determinación del estado de deterioro. La unidad de determinación 31

5 puede calcular el brillo a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10 y calcular la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de tiempo (etapa S21). Más específicamente, la unidad de determinación 31 puede calcular la diferencia de color máxima actual a partir del valor de detección detectado por el sensor de color 22 del sensor de deterioro de lubricante 10 y calcular la cantidad de variación a partir de la diferencia de color máxima obtenida la unidad de tiempo antes y la diferencia de color máxima actual. La cantidad de variación puede calcularse a partir de la diferencia entre la diferencia de color máxima actual y la diferencia de color máxima obtenida la unidad de tiempo antes.

10 La unidad de determinación 31 puede determinar si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de tiempo es negativa (etapa S22). Cuando el lubricante se deteriora, la diferencia de color máxima que aumenta con el tiempo de funcionamiento puede comenzar a disminuir una vez que la diferencia de color máxima alcanza el valor extremo. Es decir, la cantidad de variación de la diferencia de color máxima puede pasar de positiva a negativa. Si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de tiempo es positiva (etapa S22: NO), la unidad de determinación 31 puede determinar que no hay una variación rápida de la diferencia de color máxima y terminar el proceso de determinación.

15 En cambio, si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de tiempo es negativa (etapa S22: SÍ), la unidad de determinación 31 puede determinar si la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral de deterioro de aceite (etapa S23). Más específicamente, si la unidad de determinación 31 determina que la diferencia de color máxima es mayor que el valor umbral de deterioro de aceite (etapa S23: NO), la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante no está deteriorado y terminar el proceso de determinación.

20 Si la unidad de determinación 31 determina que la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral de deterioro de aceite (etapa S23: SÍ), la unidad de determinación 31 determina si la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral del daño de la máquina (etapa S24). Más específicamente, si la unidad de determinación 31 determina que la diferencia de color máxima es mayor que el valor umbral de daño de la máquina (etapa S24: NO), la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está deteriorado (etapa S26) y terminar el proceso de determinación. En otras palabras, si la diferencia de color máxima es mayor que el valor umbral de daño de la máquina y es menor o igual que el valor umbral de deterioro de aceite, la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está deteriorado pero la máquina no está dañada.

25 Si la unidad de determinación 31 determina que la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral de daño de la máquina (etapa S24: SÍ), la unidad de determinación 31 puede determinar que la máquina está dañada (etapa S25) y terminar el proceso de determinación. En otras palabras, si la diferencia de color máxima es menor o igual al valor umbral de daño de la máquina, la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está contaminado con sustancias con impurezas debido a daño a la máquina y determinar que la máquina está dañada.

30 En la realización descrita anteriormente, la diferencia de color máxima puede calcularse a partir del valor de detección detectado por el sensor de deterioro de lubricante 10, y es posible determinar fácilmente el deterioro del lubricante utilizando el valor umbral de deterioro de aceite además de la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de tiempo, y determinar el daño de la máquina usando el valor del umbral de daño de la máquina.

35 De acuerdo con la realización descrita anteriormente, pueden obtenerse los siguientes efectos ventajosos además de las ventajas (1) y (2) de la primera realización. (3) Puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de tiempo es un valor negativo. Por lo tanto, la determinación puede realizarse con precisión a partir de la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de tiempo.

40 (4) Puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima es negativa y la diferencia de color máxima es menor que el valor umbral de deterioro de aceite. Por lo tanto, el deterioro del lubricante puede determinarse con precisión a partir de la cantidad de variación de la diferencia de color máxima y la diferencia de color máxima en sí.

45 (5) Puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima es negativa y la diferencia de color máxima es menor que el valor umbral de daño de la máquina. Por lo tanto, el daño de la máquina puede determinarse con precisión a partir de la cantidad de variación de la diferencia de color máxima y la diferencia de color máxima en sí.

50 (Segunda disposición fuera del alcance de la invención reivindicada)

55 A continuación, se describirá una segunda disposición de un sensor de deterioro de lubricante con referencia a las figuras 8 y 9. El procedimiento de determinación de deterioro que utiliza el sensor de deterioro de lubricante 10 de

acuerdo con esta disposición es diferente de la primera disposición en que la diferencia de color máxima y el brillo se utilizan como valor de cálculo. La siguiente descripción se centrará en la diferencia con la primera disposición. El sensor de deterioro de lubricante 10 de esta disposición puede tener la misma estructura que el sensor de deterioro de lubricante 10 de la primera disposición mostrada en la figura 1.

5 En la figura 8, las abscisas indican el brillo y las ordenadas indican la diferencia de color máxima. El brillo puede disminuir con el tiempo de funcionamiento de la máquina que utiliza el lubricante. La diferencia de color máxima puede aumentar a medida que disminuye el brillo del lubricante y puede disminuir una vez que la diferencia de color máxima alcanza el valor extremo.

10 La unidad de determinación 31 puede determinar el estado de deterioro del lubricante en base al brillo y la diferencia de color máxima del lubricante calculada a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10. El brillo y la diferencia de color máxima pueden corresponder al valor calculado. Más específicamente, la unidad de determinación 31 puede determinar el estado de deterioro del lubricante en base a la comparación de la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo con un valor predeterminado. Si el valor predeterminado es cero y la cantidad de variación es negativa, se determina que el deterioro del lubricante progresa. Si el deterioro del lubricante progresa, la unidad de determinación 31 puede determinar el estado de deterioro del lubricante en base a la diferencia de color máxima respecto al brillo del lubricante calculada a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10. Más específicamente, si el deterioro del lubricante progresa, la unidad de determinación 31 puede determinar el estado del lubricante en base a la comparación entre la diferencia de color máxima del lubricante calculada a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10 y un valor umbral de deterioro de aceite. El valor umbral de deterioro de aceite se utiliza para determinar si el lubricante está deteriorado o no. Si la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral de deterioro de aceite, la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está deteriorado.

25 La unidad de determinación 31 puede determinar el estado de la máquina en base a la diferencia de color máxima respecto al brillo del lubricante calculado a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10. Más específicamente, la unidad de determinación 31 puede determinar el estado de la máquina en base a la comparación entre la diferencia de color máxima del lubricante calculada a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10 y el valor umbral de daño de la máquina. El valor del umbral de daño de la máquina se utiliza para determinar si la máquina está dañada o no y es menor que el valor del umbral de deterioro de aceite. Si la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral de daño de la máquina, la unidad de determinación 31 puede determinar que la máquina está dañada.

35 A continuación, se describirá ahora con referencia a la figura 9 el procedimiento para determinar el deterioro utilizando el sensor de deterioro de lubricante 10 configurado tal como se ha indicado anteriormente. La unidad de determinación 31 puede determinar el estado de deterioro para cada cantidad predeterminada de tiempo de funcionamiento de la máquina que tiene el sensor de deterioro de lubricante 10 instalado en la misma. Alternativamente, la determinación del estado puede realizarse siempre que surja la necesidad o sólo según una instrucción de un usuario.

40 Con referencia a la figura 9, la unidad de determinación 31 puede iniciar una determinación del estado de deterioro en respuesta a una instrucción para realizar la determinación del estado de deterioro. La unidad de determinación 31 puede calcular el brillo y la diferencia de color máxima a partir del valor de detección del sensor de deterioro de lubricante 10 y calcular la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo (etapa S31). Más específicamente, la unidad de determinación 31 puede calcular el brillo actual y la diferencia de color máxima actual del valor de detección detectado por el sensor de color 22 del sensor de deterioro de lubricante 10 y calcular la cantidad de variación de la diferencia de color máxima obtenida la unidad de brillo antes y la diferencia de color máxima actual. La cantidad de variación puede calcularse a partir de la diferencia entre la diferencia de color máxima actual y la diferencia de color máxima obtenida la unidad de brillo antes.

45 La unidad de determinación 31 puede determinar si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo es negativa (etapa S32). Cuando el lubricante se deteriora, la diferencia de color máxima que aumenta a medida que disminuye el brillo puede comenzar a disminuir una vez que la diferencia de color máxima alcanza el valor extremo. Es decir, la cantidad de variación de la diferencia de color máxima puede pasar de positiva a negativa. Si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo es positiva (etapa S32: NO), la unidad de determinación 31 puede determinar que no hay una variación rápida de la diferencia de color máxima y terminar el proceso de determinación.

50 En cambio, si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo es negativa (etapa S32: Sí), la unidad de determinación 31 puede determinar si la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral de deterioro de aceite (etapa S33). Más específicamente, si la unidad de determinación 31 determina que la diferencia de color máxima es mayor que el valor umbral de deterioro de aceite (etapa S33: NO), la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante no está deteriorado y terminar el proceso de determinación.

5 Si la unidad de determinación 31 determina que la diferencia de color máxima es menor o igual al valor umbral de deterioro de aceite (etapa S33: SÍ), la unidad de determinación 31 determina si la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral del daño de la máquina (etapa S34). Más específicamente, si la unidad de determinación 31 determina que la diferencia de color máxima es mayor que el valor umbral de daño de la máquina (etapa S34: NO), la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está deteriorado (etapa S26) y terminar el proceso de determinación. En otras palabras, si la diferencia de color máxima es mayor que el valor umbral de daño de la máquina y es menor o igual que el valor umbral de deterioro de aceite, la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está deteriorado pero la máquina no está dañada.

10 Si la unidad de determinación 31 determina que la diferencia de color máxima es menor o igual que el valor umbral de daño de la máquina (etapa S34: SÍ), la unidad de determinación 31 puede determinar que la máquina está dañada (etapa S35) y terminar el proceso de determinación. En otras palabras, si la diferencia de color máxima es menor o igual al valor umbral de daño de la máquina, la unidad de determinación 31 puede determinar que el lubricante está contaminado con sustancias con impurezas debido al daño a la máquina y determinar que la máquina está dañada.

15 En la disposición descrita anteriormente, el brillo y la diferencia de color máxima pueden calcularse a partir del valor de detección detectado por el sensor de deterioro de lubricante 10, y es posible determinar fácilmente el deterioro del lubricante utilizando el valor umbral de deterioro de aceite además de la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo, y determinar el daño a la máquina utilizando el valor umbral de daño de la máquina.

20 De acuerdo con la disposición descrita anteriormente, pueden obtenerse los siguientes efectos ventajosos además de las ventajas (1) y (2) de la primera disposición. (3) Puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo es un valor negativo. Por lo tanto, la determinación puede realizarse con precisión a partir de la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo.

25 (4) Puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo es negativa y la diferencia de color máxima por unidad de brillo es menor que el valor umbral de deterioro de aceite. Por lo tanto, el deterioro del lubricante puede determinarse con precisión a partir de la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo y la diferencia de color máxima en sí misma por unidad de brillo.

30 (5) Puede determinarse que el lubricante se ha deteriorado si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo es negativa y la diferencia de color máxima por unidad de brillo es menor que el valor umbral de daño de la máquina. Por lo tanto, el daño a la máquina puede determinarse con precisión a partir de la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo y la diferencia de color máxima en sí misma por unidad de brillo.

35 Las disposiciones y la realización descritas anteriormente pueden modificarse de manera apropiada tal como se describe a continuación. En la primera disposición, se calcula la cantidad de variación de brillo por unidad de tiempo y se determina que el lubricante se deteriora si el valor absoluto de la cantidad de variación de brillo es mayor que un valor predeterminado. Sin embargo, si el deterioro del lubricante puede determinarse suficientemente sólo a partir del brillo calculado, no es necesario realizar la determinación en base a la cantidad de variación del brillo por unidad de tiempo.

40 De acuerdo con la realización de la invención, se calcula la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de tiempo, y se determina que el lubricante se deteriora si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima es negativa. Sin embargo, si, fuera del alcance de la invención reivindicada, el deterioro del lubricante puede determinarse suficientemente sólo a partir de la diferencia de color máxima calculada, no es necesario realizar la determinación en base a la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de tiempo.

45 En la segunda disposición, se calcula la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo, y se determina que el lubricante se deteriora si la cantidad de variación de la diferencia de color máxima es negativa. Sin embargo, si el deterioro del lubricante puede determinarse suficientemente sólo a partir de la diferencia de color máxima calculada, no es necesario realizar la determinación en base a la cantidad de variación de la diferencia de color máxima por unidad de brillo.

50 En las disposiciones y la realización anteriores, el daño a la máquina se determina a partir del deterioro del lubricante, pero si la determinación del daño a la máquina no es necesaria, puede ser posible determinar sólo el deterioro del lubricante. En las disposiciones y la realización anteriores, el nivel de deterioro del lubricante se determina en base al brillo o la diferencia máxima de componentes de color. Sin embargo, puede ser posible

determinar el nivel de deterioro del lubricante en base a valores de cálculo distintos del brillo y la diferencia máxima de componentes de color.

- 5 En las disposiciones y la realización anteriores, puede utilizarse un dispositivo externo tal como un PC 30 situado fuera del sensor óptico 20 como unidad de determinación 31, pero puede ser posible disponer la unidad de determinación 31 en el sensor óptico 20. En las disposiciones y la realización anteriores, puede disponerse una lente de colimador 29 entre el LED 21 y el primer prisma 23 del primer orificio pasante 11c. Sin embargo, si llega una cantidad suficiente de luz de detección al sensor de color 22, puede omitirse la lente de colimador 29.
- 10 En las disposiciones y la realización anteriores, el sensor óptico puede presentar una estructura de tipo reflexión utilizando un prisma. Sin embargo, también pueden utilizarse otros sensores ópticos, tales como aquellos que disponen el elemento emisor de luz y el elemento receptor de luz uno frente al otro. Las realizaciones anteriores pueden aplicarse a máquinas que tienen un cojinete o pistón que funcione con lubricante, o máquinas tales como generadores eólicos, máquinas de construcción, aeronaves, vehículos ferroviarios, o bombas de vacío. Más
- 15 específicamente, el generador eólico puede incluir, por ejemplo, un engranaje multiplicador y su cojinete para el generador eólico, un cilindro hidráulico de accionamiento del mecanismo de inclinación de las palas y un engranaje reductor, y un motor hidráulico de accionamiento del mecanismo de guiñada. En cuanto a la máquina de construcción, ésta puede incluir, por ejemplo, un motor hidráulico, un cilindro hidráulico, una válvula hidráulica (una
- 20 válvula de detección de carga y similares), un motor de accionamiento, un motor rotativo, una articulación y similares. En cuanto a la aeronave, ésta puede incluir, por ejemplo, un actuador de control de vuelo, un motor hidráulico y similares que accione un spoiler, un alerón, un elevador, una escalera, una aleta, un *slat*, un freno, un sistema de dirección y similares. En cuanto al vehículo ferroviario, éste puede incluir, por ejemplo, un compresor de aire para los vehículos ferroviarios. En cuanto a un vehículo comercial y un vehículo de pasajeros, éstos pueden
- 25 incluir, por ejemplo, un actuador de freno, una bomba de circulación para aceite de motor, una bomba de suministro de combustible y similares. En cuanto a una embarcación, ésta puede incluir, por ejemplo, una bomba de circulación para aceite de motor, una bomba de suministro de combustible, un dispositivo y equipo accionados hidráulicamente, y similares.
- 30 En las disposiciones y la realización anteriores, el objeto de inspección es un lubricante, pero también puede ser aceite refrigerante o similar.

LISTA DE NÚMEROS DE REFERENCIA

- | | | |
|----|-----|--|
| 35 | 10 | sensor de deterioro de lubricante |
| | 11 | carcasa |
| | 11a | sección contenedora |
| | 11b | superficie inferior |
| | 11c | primer orificio pasante |
| | 11d | segundo orificio pasante |
| 40 | 16 | sustrato de circuito |
| | 17 | tapa |
| | 20 | sensor óptico |
| | 21 | LED como elemento emisor de luz |
| | 22 | sensor de color como elemento receptor de luz |
| 45 | 23 | primer prisma |
| | 23a | superficie incidente |
| | 23b | superficie de reflexión |
| | 23c | superficie de salida |
| | 24 | segundo prisma |
| 50 | 24a | superficie incidente |
| | 24b | superficie de reflexión |
| | 24c | superficie de salida |
| | 25 | espacio de entrada de aceite como unidad de inspección |
| | 26 | amplificador logarítmico |
| 55 | 28 | controlador LED |
| | 29 | lente de colimador |
| | 30 | PC |
| | 31 | unidad de determinación |

REIVINDICACIONES

1. Sensor (10) para detectar un estado de deterioro de un lubricante o un aceite refrigerante, que comprende:
- 5 una unidad de inspección (25) para recibir un lubricante o un aceite refrigerante a inspeccionar;
un elemento emisor de luz (21) para emitir luz de detección a la unidad de inspección (25);
en el que el elemento emisor de luz (21) es un LED emisor de luz blanca (21);
un elemento receptor de luz (22) para obtener un valor de detección que indica información de color de la luz de
detección que ha pasado a través del lubricante o aceite refrigerante,
10 en el que el elemento receptor de luz (22) es un sensor RGB (22);
caracterizado por el hecho de que el sensor comprende, además, un amplificador logarítmico (26) para amplificar el
valor de detección con una función logarítmica y emitir el valor de detección amplificado; y
una unidad de determinación (31) configurada para calcular una diferencia máxima de componentes de color a partir
del valor de detección amplificado y determinar que el lubricante o aceite refrigerante está deteriorado si una
15 cantidad de variación de la diferencia máxima de componentes de color por unidad de tiempo es un valor negativo,
en el que la diferencia máxima de componentes de color es una diferencia entre el valor del componente de color
máximo y el valor del componente de color mínimo entre valor R, valor G, y valor B.
2. Sensor (10) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, una lente de colimador (29) dispuesta
20 entre el elemento emisor de luz (21) y la unidad de inspección (25) y configurada para emitir rayos de luz paralelos.
3. Sensor (10) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que una tensión de salida del amplificador logarítmico
(26) se encuentra en una relación logarítmica con una tensión de entrada al amplificador logarítmico (26).
- 25 4. Sensor (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el elemento de recepción de luz
(22) está configurado para detectar cantidades de dos o más colores primarios de luz entre los tres colores primarios
de luz y se dispone un amplificador logarítmico (26) para cada uno de los dos o más colores primarios.
- 30 5. Sensor (10) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el amplificador logarítmico (26)
está dispuesto hacia atrás de una superficie de recepción de luz de un elemento de recepción de luz (22) para
detectar la cantidad de luz, respecto a una dirección de la luz incidente sobre la superficie de recepción de luz.

Unidad de
determinación

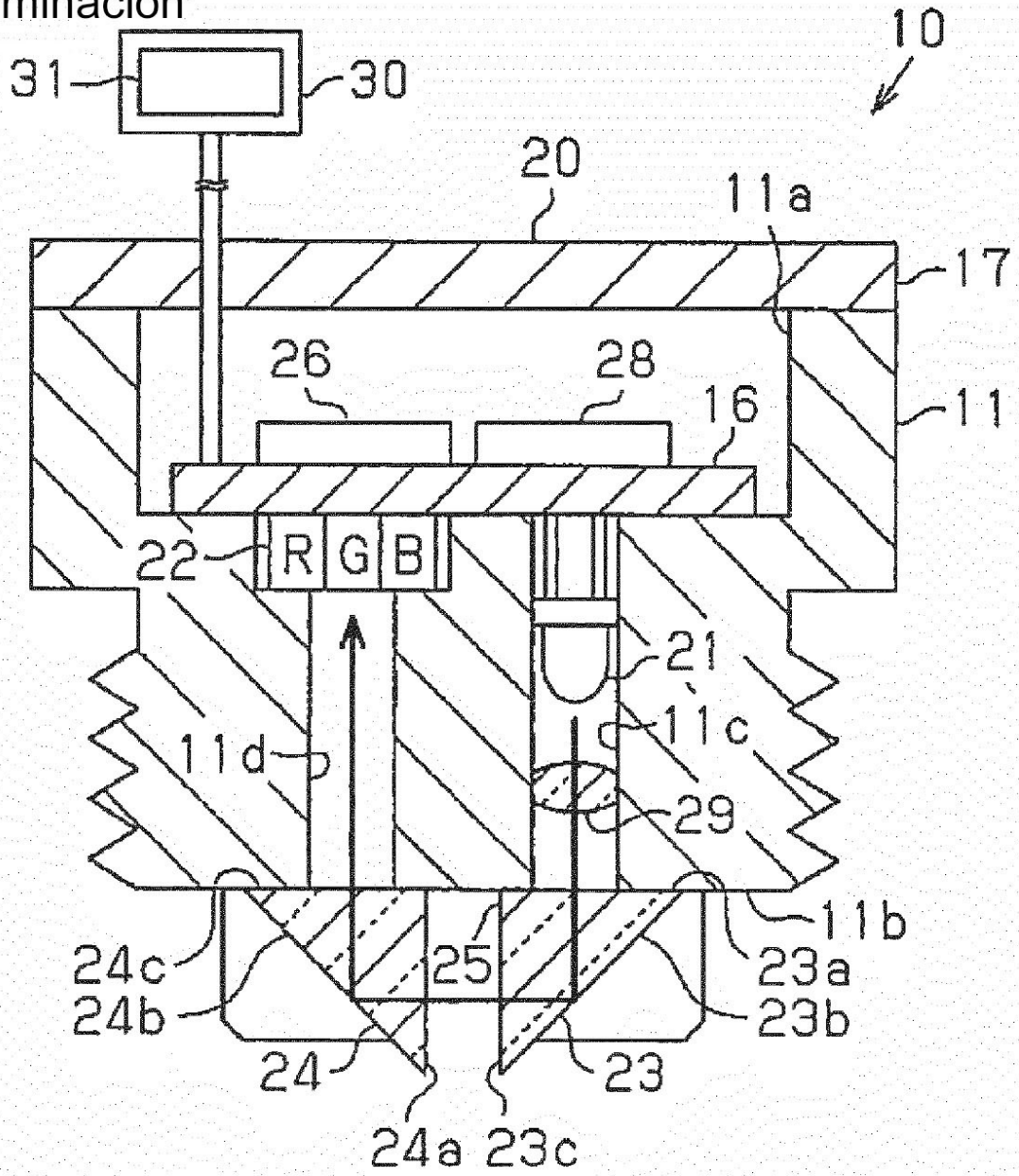


Fig. 1

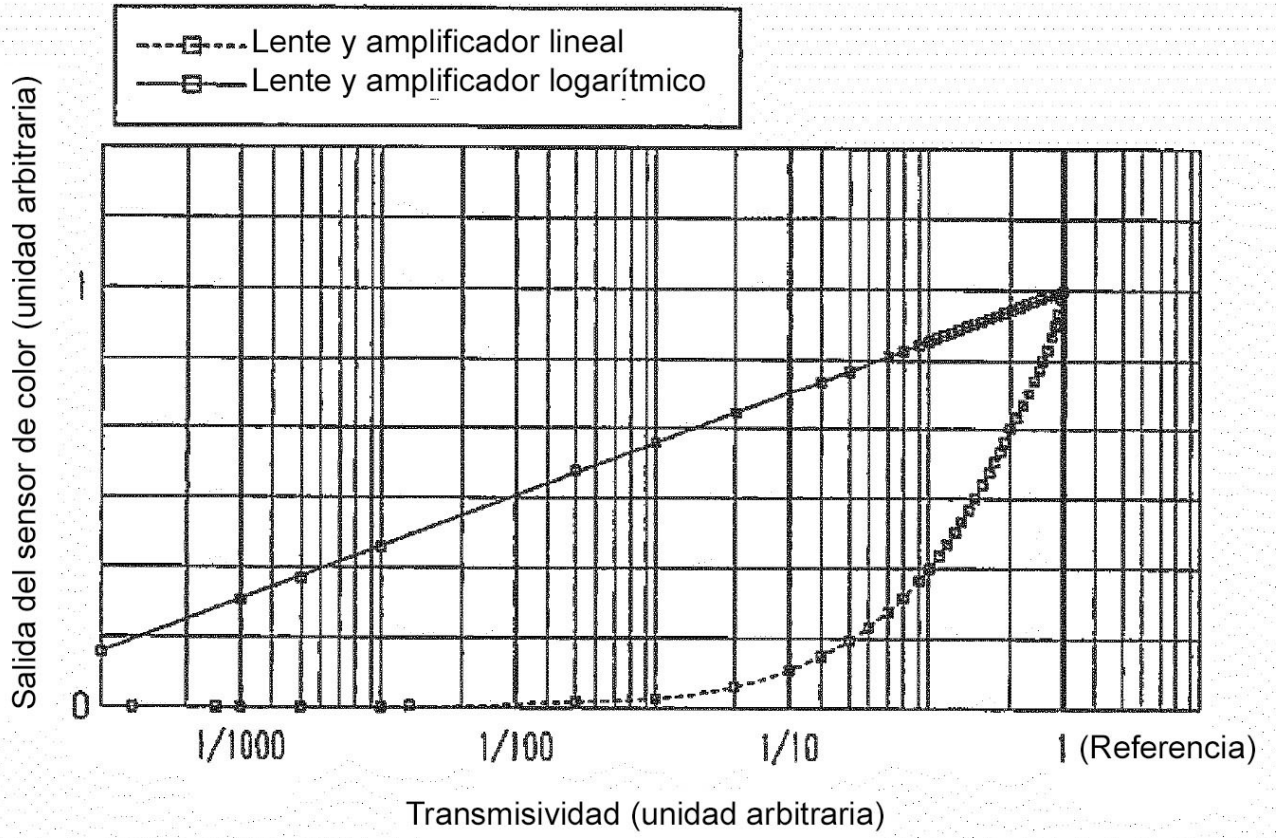


Fig. 2

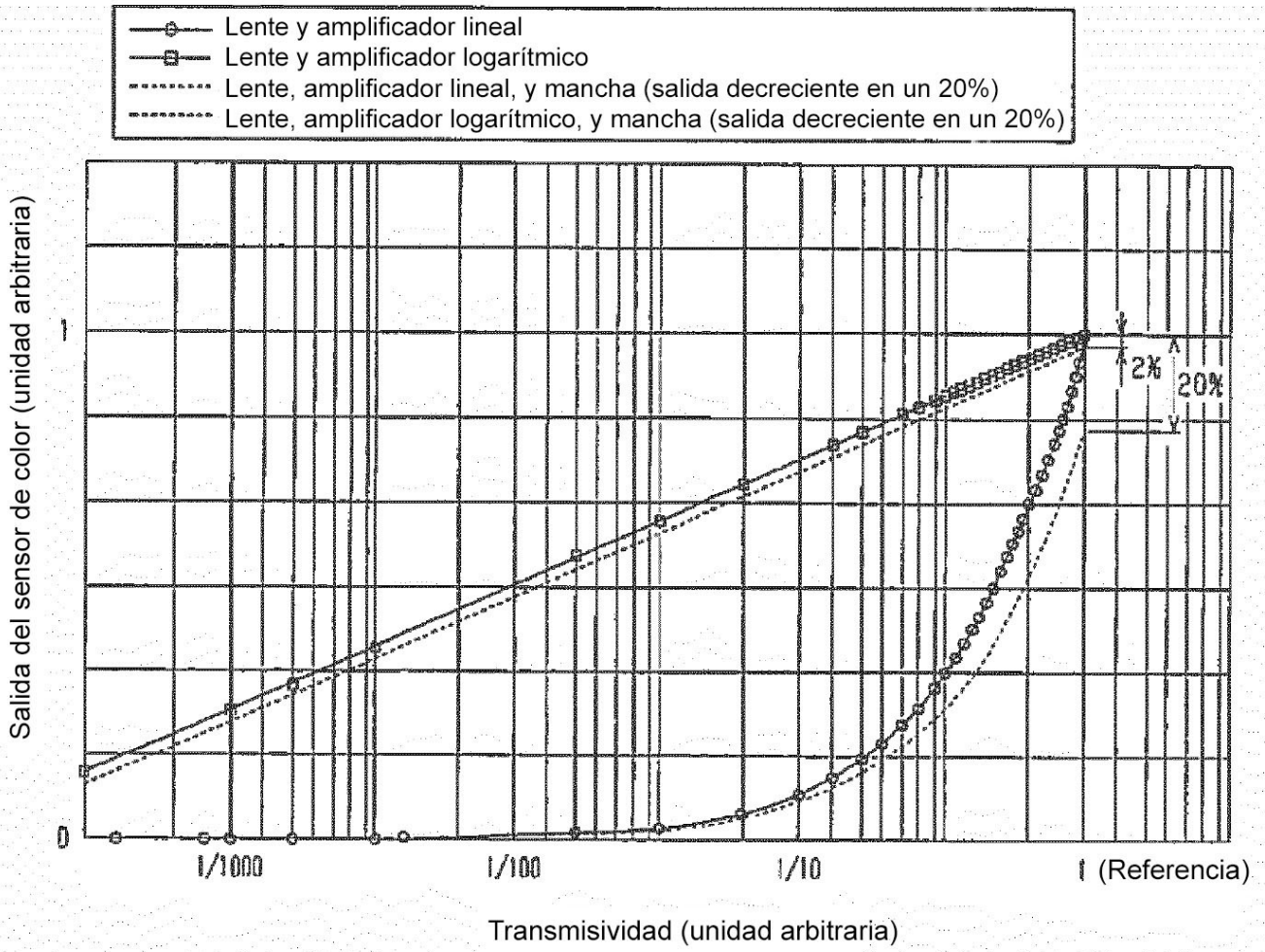


Fig. 3

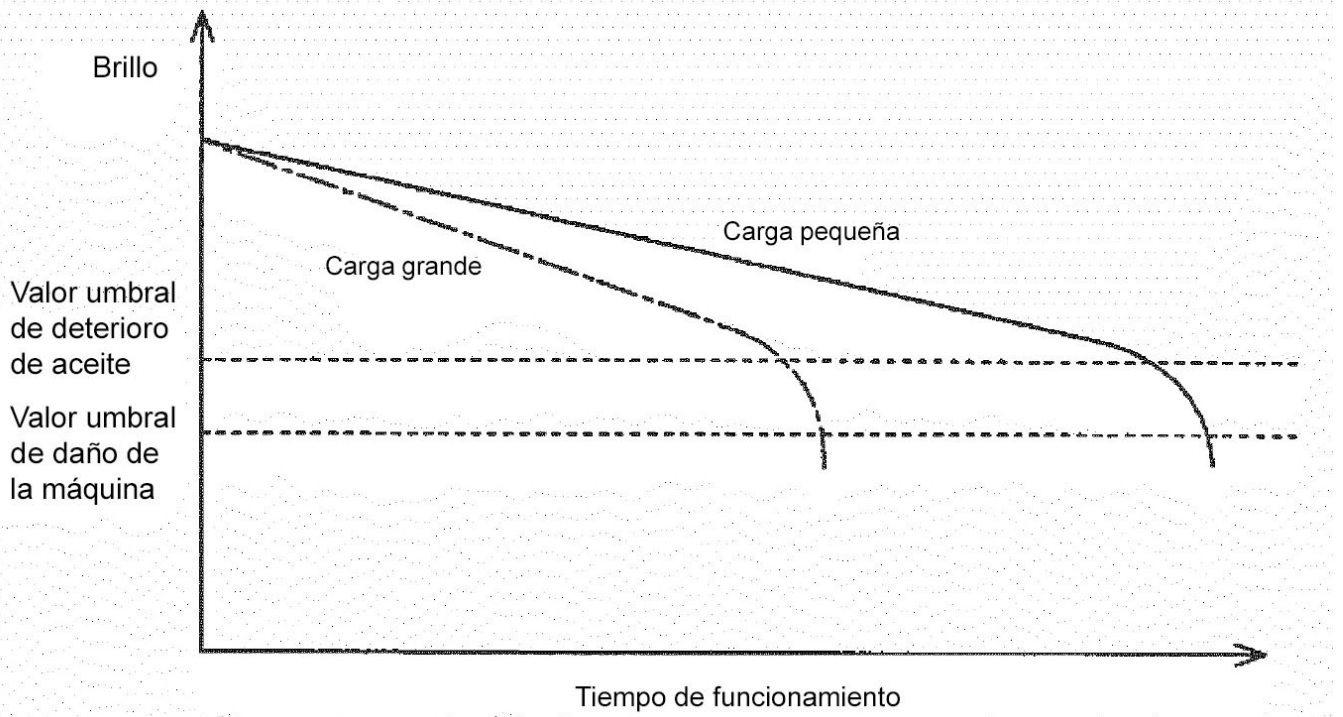


Fig. 4

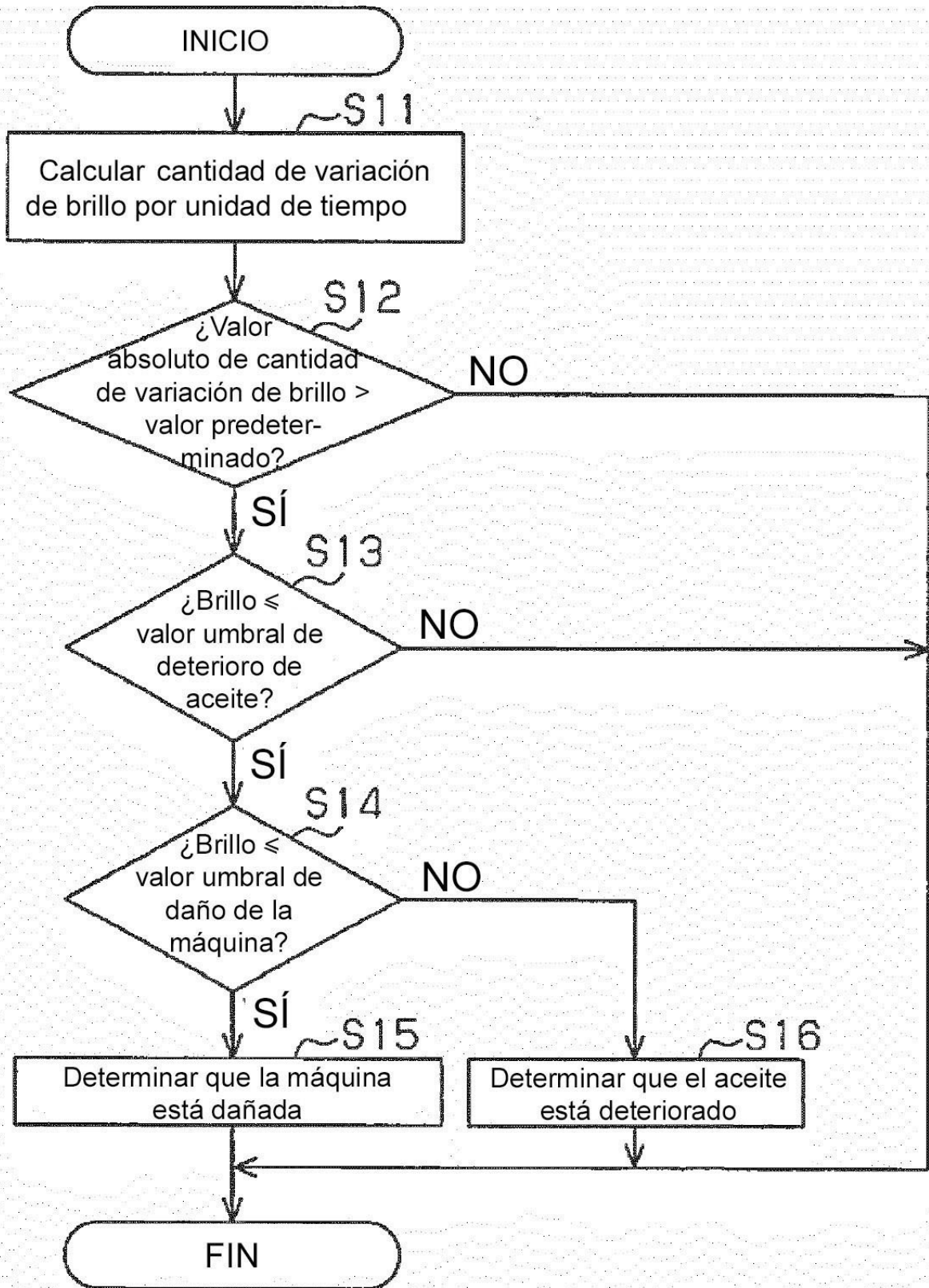


Fig. 5

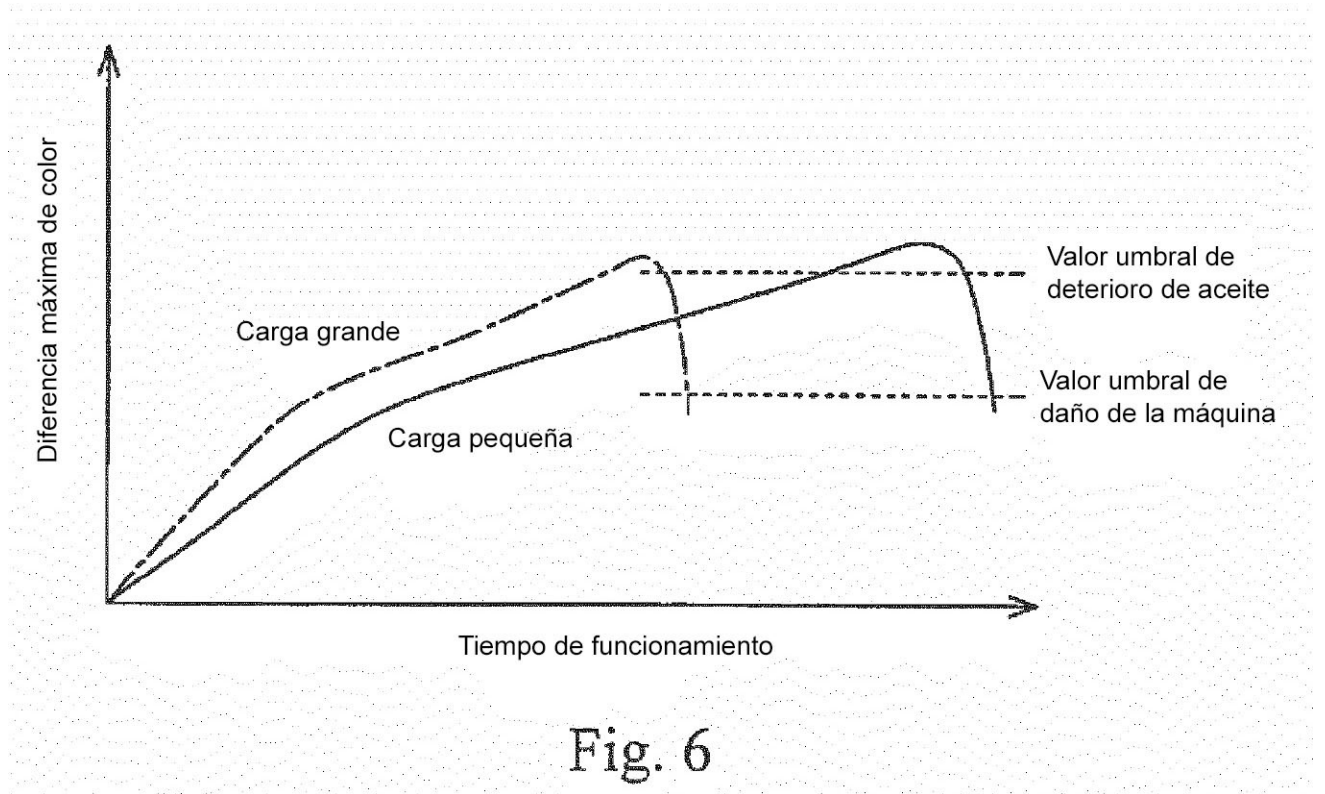


Fig. 6

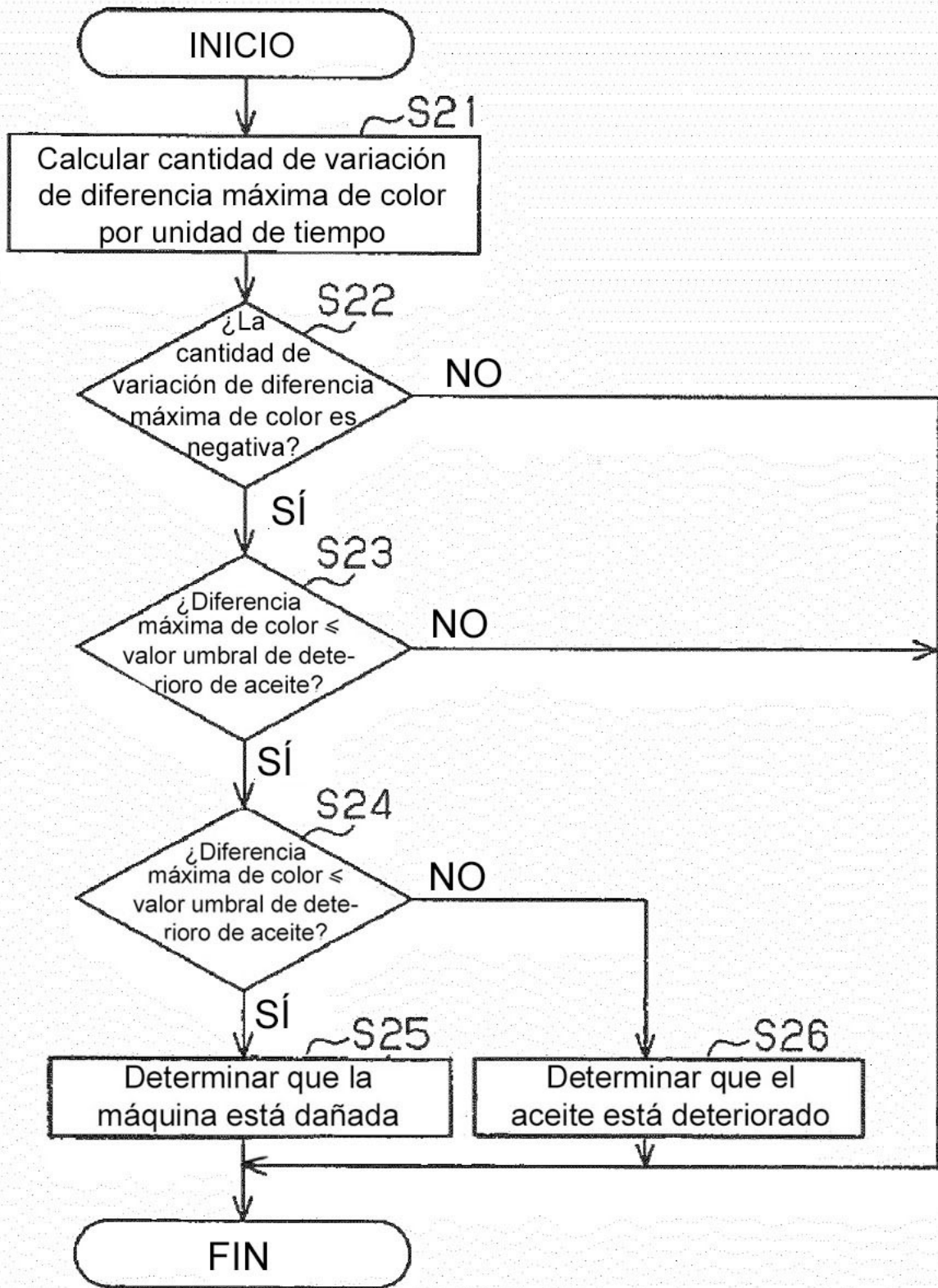


Fig. 7

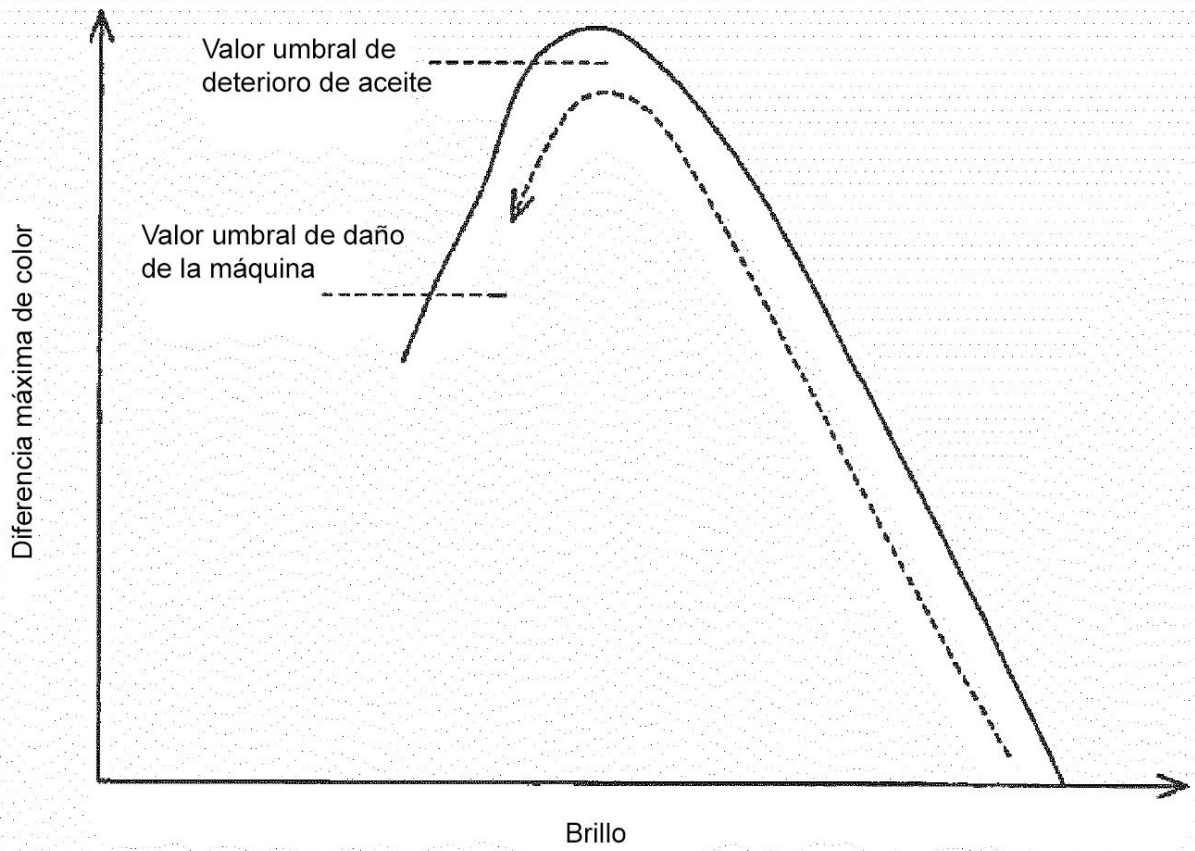


Fig. 8

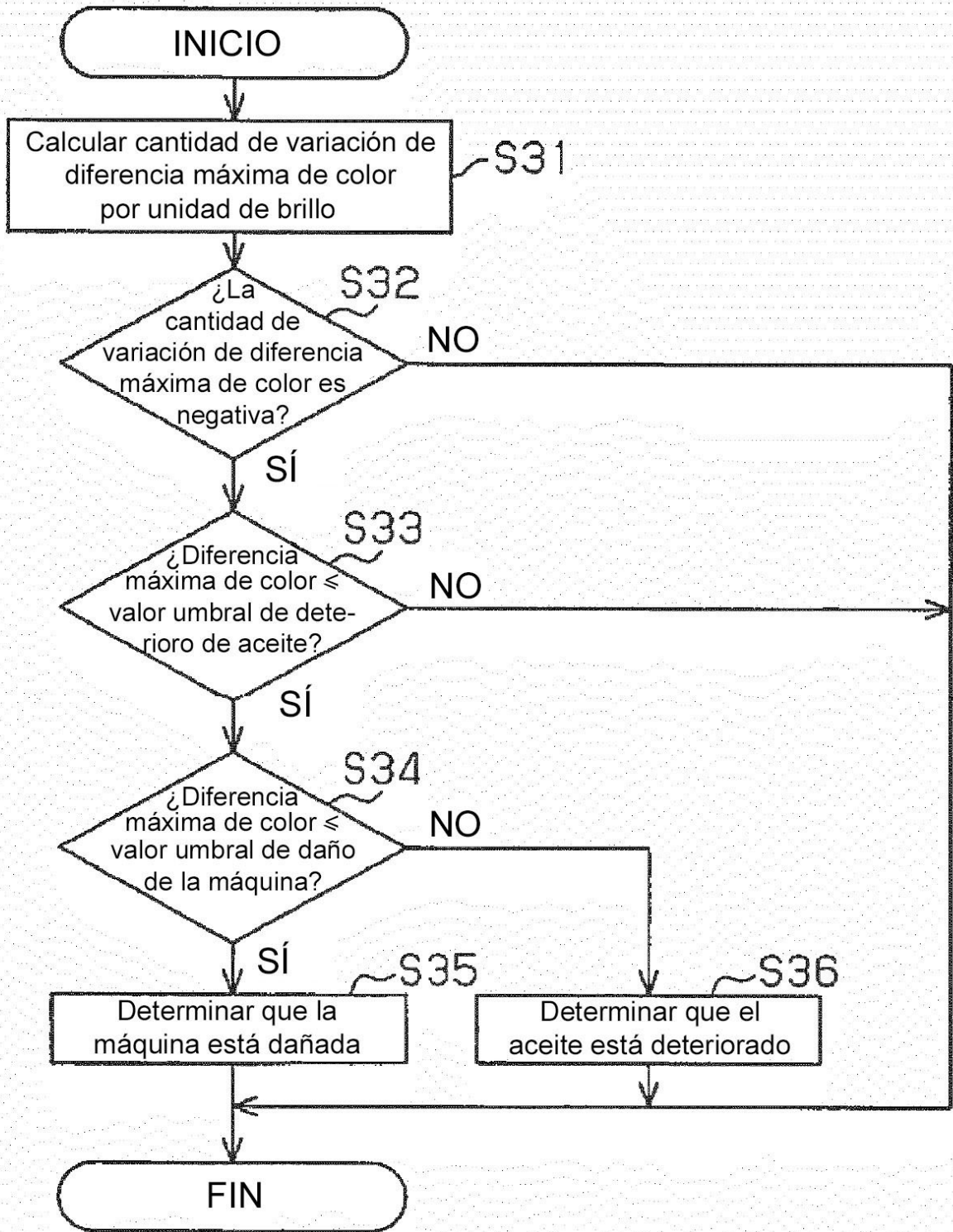


Fig. 9

