

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 457 081**

51 Int. Cl.:

G01N 21/90 (2006.01)

G01B 11/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2005 E 05712051 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.03.2014 EP 1709432**

54 Título: **Inspección óptica de contenedores para detectar la inclinación de un contenedor**

30 Prioridad:

26.01.2004 US 765801

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

24.04.2014

73 Titular/es:

**OWENS-BROCKWAY GLASS CONTAINER INC.
(100.0%)**

**Three O-I Plaza One Michael Owens Way
PERRYSBURG, OH 43551-2999, US**

72 Inventor/es:

**JUVINALL, JOHN W.;
RINGLIEN, JAMES A.;
GRAFF, STEPHEN M.;
CHEN, JIE y
ANDERSON, WILLIAM H.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 457 081 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

Inspección óptica de contenedores para detectar la inclinación de un contenedor

Campo de la invención

5 La presente invención se relaciona en general con la inspección de contenedores de vidrio, y más particularmente con un aparato de inspección óptica y un método para inspeccionar la inclinación de un contenedor de vidrio y otros aspectos de la superficie inferior del contenedor de vidrio.

Antecedentes de la invención

10 En la manufactura de artículos de vidrio, tales como contenedores de vidrio, pueden ocurrir diversas anomalías o variaciones que afectan la aceptabilidad comercial de los contenedores. Estas anomalías, denominadas "variaciones comerciales", pueden involucrar uno de numerosos atributos del contenedor. Por ejemplo, las variaciones comerciales pueden incluir características dimensionales del contenedor en la parte inferior del contenedor o superficie de soporte, en el acabado del contenedor, o en la superficie de sellamiento del contenedor, también pueden incluir variaciones tales como incrustaciones o grietas dentro del acabado del contenedor, para el lateral o parte inferior. Es práctica convencional moldear indicios en cada contenedor que sean indicativos del molde de origen del contenedor para propósitos de inspección y control de calidad. Así, frecuentemente es útil proveer 15 equipos de inspección capaces de inspeccionar los contenedores en cuanto a sus variaciones comerciales, indicios de molde u otras características que garanticen la inspección. El término inspección se utiliza en su sentido más amplio para abarcar cualquier observación óptica, electroóptica, mecánica o eléctrica o acoplamiento con el contenedor para medir o determinar una característica potencialmente variable, incluyendo pero no necesariamente limitándose a códigos de molde y variaciones comerciales.

20 Un ejemplo de un aparato de inspección se muestra en la Patente de los Estados Unidos No. 3, 313,409, la cual divulga un aparato para inspeccionar contenedores de vidrio en el cual una rueda de estrella transporta los contenedores en secuencia a través de una serie de estaciones de inspección. En una de las estaciones de inspección, la inclinación del contenedor es inspeccionada poniendo en contacto la superficie de soporte sobre la base del contenedor con un par de rodillos opuestos diametralmente. Como se divulga en la Patente de los Estados Unidos 4, 433, 785, los rodillos están acoplados a transformadores diferenciales variables lineales (LVDT) para proveer señales a medida que el contenedor rota. Estas señales se procesan para indicar el apartamiento de la superficie de soporte de un plano y/o el apartamiento de la perpendicularidad al eje de rotación. Otro aparato para transportar contenedores a través de una serie de estaciones de inspección está divulgado en la Patente de los Estados Unidos 6, 581,751.

25 La JP 4-118546 describe un sistema que detecta defectos en la sección inferior de una botella. La Patente de los Estados Unidos 5, 730,298 describe un proceso para retirar botellas plásticas retornables de la circulación. Un instrumento de láser obtiene señales que contienen información interpretable sobre la cantidad y profundidad de grietas por tensión en la parte inferior de una botella plástica que va a ser reciclada.

35 La Patente de los Estados Unidos 4, 580,045 describe un aparato para la inspección de material de vidrio en cuanto a inclinaciones y choques. Se disponen fuentes de luz por encima del fondo de la botella y una cámara observa si la abertura de la botella es concéntrica con la base.

40 La EP 1 118 854 A1 (correspondiente a la US 6, 256,095) divulga un sistema óptico para inspeccionar la superficie de sellamiento de un contenedor, que comprende un transportador que incluye típicamente una rueda de estrella y una placa de deslizamiento, y que están dispuestas de tal manera y conectadas a una fuente de contenedores moldeados de forma que haya contenedores sucesivos en posición en la estación de inspección de superficie de sellamiento. Un dispositivo de rotación de la botella, tal como un rodillo de guía, es posicionado para enganchar cada contenedor en secuencia en la estación de inspección de la superficie de sellamiento, y para rotar el contenedor alrededor de su eje central a medida que el contenedor se mantiene en posición fija por parte del transportador. Se acopla un codificador al mecanismo de rotación del contenedor para proveer señales indicativas sobre incrementos en la posición angular. Una fuente de luz y una cámara están posicionadas por encima de la superficie de sellamiento del contenedor en la estación de inspección para dirigir un haz colimado estrecho de energía lumínica hacia abajo en un ángulo agudo sobre la superficie de sellamiento y para recibir esa porción del haz reflejado desde la superficie de sellamiento, respectivamente. Un procesador de información recibe señales de un codificador indicativas de incrementos de la rotación del contenedor. La cámara funciona como un sistema de imágenes completo de tal manera que reúna sobre el sensor no solamente la energía lumínica reflejada desde un plano paralelo a pero desplazado desde la posición nominal de la superficie de sellamiento, y así indicativa de una 50 baja o alta superficie de sellamiento, pero también la energía lumínica reflejada desde superficies de sellamiento anguladas y potencialmente indicativa de una superficie deformada o inclinada.

55 Aunque el aparato de inspección divulgado en las patentes anotadas anteriormente, y asignadas al presente solicitante, han disfrutado de éxito comercial sustancial, aún hay mejoras deseables. Los rodillos están en contacto

5 con el fondo del contenedor, y están sujetos a desgaste mecánico e inexactitud. Los tamaños de los rodillos pueden limitar los tamaños de contenedores con los cuales pueden ser empleados, y pueden afectar el tamaño (resolución) de las variaciones que pueden ser detectadas. Por lo tanto es un objetivo general de la presente invención proveer un aparato y método para inspeccionar contenedores que apunte y supere las deficiencias antes mencionadas en la técnica, y que pueda ser usado para inspeccionar el fondo o superficie de soporte del contenedor.

Resumen de la invención

Un aparato para inspeccionar la inclinación de un contenedor de vidrio que tiene una superficie de contenedor de acuerdo con un aspecto de la presente invención incluye:

- una o más fuentes de luz para dirigir luz hacia el contenedor,
 - 10 uno o más sensores de luz para recibir luz desde el contenedor,
 - un procesador de información para determinar la inclinación del contenedor, y
 - medios para sostener un contenedor de vidrio en posición y para hacer rotar el contenedor alrededor de un eje y una placa de deslizamiento sobre la cual descansa el fondo del contenedor durante la rotación y para soportar el fondo del contenedor en una posición o cerca a los focos de la óptica de medición,
 - 15 en donde dicha una o más fuentes de luz están posicionadas por debajo de la placa de deslizamiento, para dirigir la energía lumínica sobre el fondo del contenedor en dicho medio para sostener un contenedor de vidrio en posición y para hacer rotar el contenedor alrededor de un eje,
 - en donde dichos uno o más sensores de luz están posicionados por debajo de la placa de deslizamiento, para recibir porciones de la energía lumínica desde dichas una o más fuentes de luz reflejadas desde el fondo del contenedor,
 - 20 en donde dichas una o más fuentes de luz están posicionadas para dirigir la energía lumínica sobre diferentes puntos del fondo del contenedor y donde dichos uno o más sensores están posicionados para recibir porciones de la energía lumínica desde dichos diferentes puntos sobre el fondo del contenedor, y en donde el aparato incluye medios acoplados al procesador de información y los medios para sostener un contenedor de vidrio en posición y hacer rotar el contenedor alrededor de un eje, y en donde dicho procesador de información está acoplado a dichos
 - 25 uno o más sensores de luz, y está adaptado para ser provisto con señales electrónicas para dichos medios que son indicativas de la rotación angular del contenedor y para comparar las lecturas de los diferentes puntos sobre el fondo del contenedor para medir la inclinación del contenedor determinando, como función combinada de dicha energía lumínica reflejada y la rotación del contenedor, la separación del fondo del contenedor de un plano perpendicular a dicho eje.
 - 30 El contenedor preferiblemente se mantiene en posición y se hace rotar alrededor de un eje mediante un rodillo de guía que impulsa al contenedor contra rodillos de respaldo espaciados axialmente de tal forma que se defina un eje promedio de rotación como función de la geometría del contenedor y el espaciado entre los rodillos de respaldo. En la realización preferida, se posiciona un par fuente/sensor de luz en lados opuestos diametralmente del fondo del contenedor, y las mediciones se hacen como una función de una comparación de las generaciones del sensor. Esta
 - 35 configuración preferida hace que la medición sea independiente del movimiento axial del contenedor.
- De acuerdo con un aspecto del método de la presente invención, se inspecciona un fondo de contenedor de vidrio de acuerdo con las siguientes etapas:
- (a) proveer una o más fuentes de luz en un aparato de inspección de contenedor de vidrio por debajo de una placa de deslizamiento del aparato de inspección y generalmente de cara al fondo del contenedor,
 - 40 (b) proveer uno o más sensores de luz por debajo de la placa de deslizamiento del aparato de inspección y en general de cara al fondo del contenedor,
 - (c) hacer rotar el contenedor alrededor de un eje, en donde el fondo del contenedor descansa durante la rotación sobre la placa de deslizamiento y es soportada a una posición o cerca de los focos de la óptica de medición,
 - (d) hacer que dichas una o más fuentes de luz emitan luz desde debajo de la placa de deslizamiento sobre el fondo del contenedor el cual refleja desde diferentes posiciones del fondo del contenedor,
 - 45 (e) hacer que dichos uno o más sensores de luz para registrar las posiciones en las cuales la luz reflejada golpea dichos uno o más sensores de luz, y
 - (f) determinar la inclinación del contenedor analizando desde una comparación de las lecturas de los diferentes puntos sobre el fondo del contenedor y desde las señales electrónicas que son indicativas de la rotación angular del
 - 50 contenedor, separación de dicho fondo del contenedor de un plano perpendicular a dicho eje.

Breve descripción de los dibujos

La invención, junto con objetivos, características y ventajas adicionales de la misma, será mejor entendida a partir de la siguiente descripción, las reivindicaciones anexas y los dibujos acompañantes en los cuales:

- 5 la figura 1 es un diagrama esquemático de una estación de inspección que utiliza una realización preferida del aparato de inspección óptica de la presente invención;
- las figuras 2A y 2B son diagramas esquemáticos más detallados del aparato de inspección óptica de la figura 1, siendo la figura 2B tomada desde la dirección 2B en la figura 2A.
- la figura 3 es una vista esquemática en perspectiva del aparato de inspección de la figura 1;
- las figuras 4A – 4D son pertinentes a la inspección óptica de una superficie inferior moleteada;
- 10 la figura 5 es una representación gráfica de los datos en la figura 4D;
- la figura 6 es una tabla que ilustra un método de compresión de datos a partir de la información reunida por un dispositivo de inspección óptica,
- la figura 7 es una representación gráfica de los datos comprimidos de la figura 6;
- 15 la figura 8 muestra una lista del contenedor que corresponde a un método para analizar la superficie inferior utilizando una técnica de ajuste por mínimos cuadrados; y
- las figura 9A y 9B son diagramas esquemáticos que ilustran el efecto de la geometría del contenedor sobre el eje promedio de rotación.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

- 20 El aparato y método de inspección óptica de la presente invención puede ser utilizado para inspeccionar uno de cualquier número de tipos de contenedores para diferentes criterios, pero particularmente es bien apropiado para inspeccionar el fondo o superficie de soporte de contenedores de vidrio en cuanto a la inclinación del contenedor. El término “fondo o superficie de soporte” se utiliza en su sentido más amplio para abarcar todas las superficies de fondo o axiales inferiores de un contenedor. Esto incluye, pero no se limita, a superficies de fondo o de soporte que son planas, lisas, punteadas y/o moleteadas, así como aquellas superficies que tienen anillos de asentamiento extendido circunferencialmente en donde los anillos son lisos, punteados y/o moleteados.
- 25

- Un ejemplo de una máquina de indexación e inspección que puede utilizar el aparato y método de inspección óptica de la presente invención se muestra en la Patente de los Estados Unidos No. 6, 581,751. Esta máquina recibe una corriente continua de artículos de vidrio a partir de un transportador de alimentación y transporta los artículos a través de una serie de estaciones de inspección espaciadas angularmente, cada una de las cuales examina el contenedor de acuerdo con diferentes criterios. La máquina de indexación e inspección incluye una primera disposición de dedos de agarre montado sobre un portador inferior y una segunda disposición de dedos de agarre montado sobre un portador superior. La rotación de los portadores con respecto uno del otro hace que las disposiciones de dedos agarren y liberen los artículos de vidrio entre los dedos individuales, mientras que la rotación de los transportadores conjuntamente hace que indexen los artículos de vidrio entre las estaciones de inspección. Al menos algunas de las estaciones de inspección incluyen rodillos de guía para hacer rotar un contenedor alrededor de su eje para la inspección u otros propósitos.
- 30
- 35

- Otro ejemplo de una máquina de indexación e inspección que podría utilizar el aparato y método de inspección óptica de la presente invención se divulga en la Patente de los Estados Unidos No. 3, 313,409, la cual ha sido mencionada previamente en la sección de antecedentes. El aparato mostrado en esta patente utiliza un transportador de cinta para transportar contenedores a lo largo de una ruta de guía. En operación general, los contenedores encuentran una cabeza de indexación que es singular y tiene una pluralidad de bolsillos espaciados circunferencialmente para recibir los contenedores. La cabeza de indexación es indexada sucesivamente para llevar cada contenedor a su posición en estaciones de inspección adyacente, las cuales pueden inspeccionar los contenedores con respecto a diversas variaciones comerciales y/o otras características. Después de que el contenedor ha sido inspeccionado por cada estación de inspección, el contenedor encuentra una estación de descarga la cual lo eyecta sobre un transportador para portar el contenedor afuera de la máquina. Desde luego, estos son solamente dos ejemplos de máquinas que pueden emplear el aparato y método de inspección óptica de la presente invención, puesto que también existen numerosas otras máquinas.
- 40
- 45

- Retornando ahora a la figura 1, se muestra un diagrama esquemático de una estación de inspección 20 la cual generalmente incluye un rodillo de guía 24, pares de rodillos de respaldo 26, 28 de rueda libre superior e inferior, un controlador 30 de rotación del contenedor, y una realización preferida de un aparato 32 de inspección óptica de la
- 50

- presente invención. Un contenedor 34 bajo inspección es impulsado por el rodillo de guía 24 contra los rodillos de respaldo 26, 28 y se hace rotar mediante un rodillo 24 de guía alrededor de un eje promedio de rotación A. El eje A es dependiente de la geometría del contenedor 34 y del espaciamiento entre los rodillos 26, 28. El eje A idealmente es colineal con el eje central del contenedor. Compara, por ejemplo, figura 9A en la cual el eje A promedio es coincidente con el eje del contenedor pero el fondo del contenedor esta malamente inclinado, con la figura 9B en la cual el fondo del contenedor es perpendicular al cuerpo del contenedor pero el cuello inclinado sobre el contenedor sesga el eje promedio de rotación A con respecto al eje del cuerpo del contenedor. El rodillo de guía 24 preferiblemente es un componente impulsado por un servomotor que imparte tanto una fuerza radial como una fuerza rotacional al contenedor 34. La fuerza radial hace escurrir el contenedor entre el rodillo 24 de guía y los pares de rodillos 26, 28 de respaldo de rueda libre, mientras que la fuerza rotacional hace que el contenedor 34 gire alrededor del eje A. Desde luego, pueden utilizarse otros dispositivos de rotación de botellas en lugar del rodillo de guía. Tanto los pares de rodillos 26, 28 de rueda libre superior e inferior incluyen preferiblemente dos rodillos de respaldo por par, los cuales juntos forman un bolsillo en forma de V para recibir de manera rotatoria el contenedor y evitar que sea empujado desde la placa de deslizamiento por el rodillo de guía 24.
- El aparato de la invención también incluye una placa de deslizamiento 22 sobre la cual descansa el fondo del contenedor durante la rotación. La placa de deslizamiento 22 no solamente provee un plano de referencia (figura 8) para la medición de la inclinación del contenedor, sino que también soporta el fondo del contenedor en una posición en o cerca de los focos de la óptica de medición. También se prevé que el contenedor podría estar fuera de contacto con la placa de deslizamiento, y todavía estaría dentro del alcance de la invención, la cual es definida por las reivindicaciones.
- El controlador 30 de rotación del contenedor esta acoplado de manera operativa al rodillo de guía 24 y provee señales electrónicas a un procesador de información 56 que son indicativas de la rotación angular del contenedor 34. Esta información de rotación angular puede estar basada en intervalos angulares fijos de rotación, o en intervalos fijos de tiempo durante los cuales la velocidad rotacional del contenedor es constante. También es posible que la estación de inspección 20 incluya componentes adicionales, tales como sensores para detectar la presencia de un contenedor, otras piezas de equipo de inspección, etc.
- El aparato 32 de inspección óptica es un aparato de inspección óptica sin contacto que inspecciona primariamente la superficie inferior del contenedor en cuanto a la "inclinación" del contenedor, pero también puede analizar otros parámetros como profundidad del moleteado, cuellos de contenedor doblados, superficies en forma de casquete o deformadas, para nombrar solo unas pocas. La "inclinación" de un contenedor se mide generalmente determinando la separación de la superficie inferior de un plano que es perpendicular al eje del contenedor; si la separación excede una cantidad predeterminada, entonces el contenedor puede ser considerado como "inclinado". El aparato de inspección 32 preferiblemente incluye dos sondas ópticas 46 y 48 (figura 3), teniendo cada una fuente de luz 50, un sistema de lente 52 y un sensor de luz 54, así como un procesador de información 56 y una pantalla de operador 58. El sensor de luz 54 incluye una disposición de sensor 102, la cual puede ser una disposición de área CCD o más preferiblemente una disposición lineal CCD. Puede usarse también un sensor de diodos de efecto lateral.
- Aunque es preferible que el aparato de inspección tenga dos sondas separadas que inspeccionan cada una un punto separado de la superficie inferior, es posible, y dentro del alcance de los aspectos más amplios de la invención, emplear una sonda óptica individual que emite un haz de luz suficientemente ancha para inspeccionar los dos puntos diferentes. Los dos puntos sobre la superficie inferior están localizados preferiblemente como extremos opuestos del diámetro de la superficie inferior, espaciados 180° uno de otro, como se muestra mejor en la figura 3. Para propósitos de simplicidad, las figura 1 y 2 muestran solamente la sonda óptica; sin embargo, la discusión de una de las sondas se aplica igualmente a la otra. También se prevé dentro de los aspectos más amplios de la invención que puede usarse una sonda 46 o 48 individual, con la salida de la misma en relación de incrementos de 180° de rotación.
- Con referencia ahora a las figuras 2A, 2B y 3, se muestran porciones del aparato 32 de inspección óptica en detalle esquemático mayor. La fuente de luz 50 emite una línea incidente de energía lumínica 60 – esto es, un haz de luz en forma de línea -, hacia arriba en un ángulo agudo de tal manera que impacta sobre y se refleja desde la superficie inferior 62 del contenedor. La fuente de luz 50 es preferiblemente una fuente de luz estructurada que comprende un diodo de láser 64 para generar un haz de luz, una disposición de lente 66 para enfocar el haz, un generador de línea 68 para transformar el haz en una línea. En una realización de ejemplo, la línea de luz 60 incidente es una línea estrecha de luz que tiene una anchura W, en donde el haz intercepta el contenedor, de aproximadamente 1.9 cm (0.75 pulgadas); véase la figura 3. La luz incidente está en un ángulo de 45° con respecto al eje A, y por lo tanto forma un ángulo de 90° con respecto al haz de luz 80 reflejado.
- El sistema de lentes 52 (figuras 2A y 2B) está posicionado entre las superficie 62 inferior y el sensor de luz 54, de tal manera que recibe el haz de luz 80 reflejado, enfoca ese haz y dirige un haz de luz 82 enfocado hacia el sensor de luz. El sistema de lente 52 preferiblemente es un sistema de lente anafórnico, y preferiblemente incluye un componente 90 de lente cilíndrico posicionado adyacente a un componente de lente 92 tipos Fresnel o esférico. La selección de lentes 92 tipo Fresnel o esférico se hace, al menos en parte, por su longitud focal la cual afecta la

5 posición del sensor de luz 54 con respecto al sistema de lente. El sistema de lente está diseñado para dirigir ciertos componentes de la luz reflejada desde la superficie inferior hacia el sensor de luz, a la vez que dirige otros componentes de la luz reflejada lejos del sensor de luz. Esto es, la luz reflejada desde la línea 60 de luz incidente que es paralela al eje 82 óptico primario (figuras 2A y 2B) del haz 80 de luz reflejada (figura 3), incluso si la luz reflejada está espaciada ligeramente de ese eje óptico (figura 2B), será dirigida al sensor de luz 54. En la figura 2A, el haz 80 de luz reflejada sobre el eje 82 es dirigido sobre el sensor 54, como lo es el haz 112 reflejado paralelo al separado del eje 82. Sin embargo, el haz 122 que está angulado con respecto al eje 80, debido a la superficie punteada 120, es refractado sobre el sensor 54 en el mismo lugar que el haz 112 golpea el sensor. Sin embargo, en la figura 2B, los rayos 81 refractados paralelos al eje 82 son dirigidos sobre la disposición 102 de sensores, mientras que los rayos sobre los caminos 83, 85 no paralelos al eje 82 son dirigidos lejos de la disposición de sensores 102. Esta característica mejora la insensibilidad al movimiento lateral del contenedor durante el barrido. Estas y otras propiedades mejoran los atributos prácticos del aparato 32 de inspección óptica, puesto que permite pequeñas cantidades de errores en posición lateral, etc., sin rechazar un contenedor que de otra forma sería aceptable. Desde luego, el sistema de lentes 52 puede tener características y/o componentes adicionales, tales como recubrimientos no reflectivos, propiedades acromáticas, etc.

20 El sensor de luz 54 es posicionado por debajo de la superficie inferior 62 y cerca del punto focal del lente 92, de tal manera que recibe los haces de luz del sistema de lente y transmite las señales electrónicas representativas de la posición de la superficie inferior al procesador de información 56. El sensor de luz 54 preferiblemente es una cámara que incluye un sensor 102 de disposición lineal. El sensor de disposición lineal comprende una disposición de elementos detectores CCD o píxeles dispuestos en una línea, cada uno de los cuales, registra la intensidad de la luz que golpea ese pixel asignando a la intensidad un valor numérico. De acuerdo con una realización preferida, el sensor 102 incluye 512 píxeles alineados linealmente. Alternativamente, el sensor de luz 54 puede incluir un sensor de disposición de área que tiene una o más filas y columnas que proveen al dispositivo de procesamiento de información con una imagen bidimensional, en oposición a una línea unidimensional, de la luz reflejada. Esta puede ser una disposición particularmente útil si el aparato inspecciona otros parámetros del contenedor. El sensor de luz 54 puede ser uno de diversos tipos de cámara, pero preferiblemente es una cámara de barrido lineal tal como una cámara de barrido de línea de alta sensibilidad de la serie Dalsa Orion. El procesador de información 56 barre el sensor de disposición lineal a un intervalo predeterminado constante, bien sea en un intervalo espacial o temporal, para obtener una imagen de la luz reflejada desde la superficie inferior 62.

30 El procesador de información 56 comunica con diversos componentes de la estación de inspección 20 y con la máquina de inspección global, y es capaz de analizar la superficie inferior con base en la información recibida del sensor de luz 54 de cada sonda 46, 48. Preferiblemente, el procesador de información incluye una o más entradas y/o salidas para comunicar con un controlador 30 de rotación del contenedor, la fuente de luz 50 y el sensor de luz 54 de ambas sondas 46, 48 y la pantalla de operador 58. El procesador de información también incluye preferiblemente primero y segundo procesadores electrónicos 96, 98 y un controlador de cámara, para nombrar solo unos pocos de los posibles componentes que podrían ser incluidos dentro del procesador de información. El primer procesador 96, también denominado como preprocesador, comprime los datos de la información provista por el sensor de luz 54 barriendo esa información en un intervalo de rotación del contenedor que es mayor que el intervalo en el cual el procesador barre la luz reflejada. Esta técnica de selección o compresión de datos será explicada subsecuentemente en mayor detalle. El procesador 98 segundo o primario recibe la información comprimida del preprocesador 96, y ejecuta algoritmos y otros comandos usados por el aparato de inspección óptica. Como será evidente para una persona de experiencia normal en la técnica, los dispositivos electrónicos comparables y una combinación de dispositivos electrónicos podrían utilizarse en lugar de la descripción general del procesador de información 56 provista anteriormente.

45 En operación general, cada una de las dos sondas 46, 48 emite una línea 60 de luz incidente que golpea un punto diferente de la superficie 62 inferior y cada una de las sondas registra la posición de los haces de luz 82 refractados incidentes sobre sus respectivos sensores de luz 54. Una comparación de estas dos lecturas permite que el aparato de inspección determine si un contenedor es o no un "inclinado", así como determina otros parámetros del contenedor. Para propósitos de simplicidad, se describirá la operación de solamente una de las dos sondas, puesto que ambas operan de la misma forma general. La línea de luz 60 incidente y el haz de luz 80 reflejado mostrados en los dibujos están alineados a lo largo de lo que se denomina como "eje óptico nominal"; esto es, los ejes de la luz incidente reflejada bajo condiciones ideales en donde la superficie inferior está contenida en un plano perpendicular al eje de rotación A. El eje nominal tanto de la luz incidente como de la reflejada están angulados a 45° con respecto a un eje paralelo al eje A. Los ejes ópticos nominales caen en un plano paralelo al eje A. Así, el sensor de luz 54 genera una corriente de datos representativa de las diversas reflexiones desde la superficie inferior en rotación. Esta corriente de datos es provista al procesador de información 56 en la forma de una señal de salida del sensor la cual puede ser enviada directamente a un procesador primario 98 para análisis, o puede ser enviada primero a un preprocesador 96 para su compresión. El procesador primario utiliza la información de la señal de salida del sensor para analizar diversos parámetros de la superficie inferior, incluyendo la inclinación del contenedor y la profundidad del moleteado. Si se encuentra que un contenedor tiene una variación comercial inaceptable, entonces ese contenedor es marcado como rechazo y es retirado del proceso de manufactura en una estación corriente abajo.

Con referencia ahora a las figuras 4A – 4D, el aparato 32 de inspección óptica está siendo usado para inspeccionar un tipo particular de superficie inferior 130, a saber una superficie moleteada que tiene una serie de moleteados con picos 134 y valles 136. Típicamente, una superficie moleteada se utiliza sobre la superficie inferior que se extiende alrededor de la circunferencia de la superficie del fondo del contenedor. A medida que el contenedor se hace rotar, hay solamente tres secciones de cada moleteado que producen haces reflejados que realmente impactan el sensor de luz 54, así como todos los otros haces reflejados evitan el sensor. Estos tres escenarios son presentados en la figura 4A – 4C. En la figura 4A, la luz incidente 140 es emitida por una fuente de luz, se refleja desde el pico 134 de tal manera que un haz reflejado 142 es dirigido hacia un sensor de luz. Puesto que la luz incidente 140 se refleja desde la verdadera punta del pico 134, la luz actúa como si hubiese sido reflejada desde una superficie plana perpendicular al eje A. Como se muestra en la figura 4B, la rotación del contenedor hace que la luz incidente 140 golpee ahora la superficie moleteada 130 en un valle moleteado 136. En la figura previa, el haz 144 reflejado se comporta como se hubiera reflejado desde una superficie plana perpendicular al eje A. Sin embargo, el haz 144 reflejado está espaciado del haz reflejado 142 (mostrado como una línea punteada) por una distancia B, de tal manera que el haz reflejado 144 impacta el sensor de luz en un punto diferente de el del haz reflejado 142. La figura 4C muestra el escenario en donde una rotación adicional del contenedor hace que la luz incidente 140 golpee la superficie moleteada 130 y produzca una doble reflexión desde las pendientes de los moleteados adjuntos. En este caso, la luz incidente 140 es reflejada primero desde una pendiente descendente de un primer moleteado en un ángulo obtuso tal que golpea la pendiente ascendente de un segundo moleteado adyacente, produciendo así una segunda reflexión en un ángulo obtuso. Después de la reflexión desde estas dos superficies en pendiente, denominada doble reflexión, el haz reflejado 146 es dirigido hacia el sensor de luz y es separado del haz 142 por una distancia C. De nuevo, los caminos diferentes tomados por los haces reflejados hacen que el haz reflejado 146 golpee el sensor de luz en una localización diferente de la del haz 142. Si el haz incidente golpea un moleteado en cualquier punto diferente a estos tres puntos, es reflejado desde la superficie moleteada 130 en una dirección que evita el sensor de luz. Por lo tanto, la luz reflejada que está siendo recibida por el sensor de luz 54 durante la rotación del contenedor es discontinua, puesto que registra tres reflexiones discretas por moleteado. La figura 4D es una gráfica que ilustra la salida de uno de los sensores 54. Los puntos 160 son reflexiones desde los picos del moleteado (figura 4A), los puntos 162 son reflexiones desde los valles del moleteado (figura 4B) y los puntos 164 son reflexiones dobles desde los lados del moleteado (figura 4C). Los contenedores de vidrio típicos tienen menos de doscientos moleteados por superficie inferior, incluso aunque solamente se muestren aquí quince moleteados. La distancia 170 (figura 4D) representa la diferencia en altura entre el pico de moleteado más alto y el pico de moleteado más bajo de una superficie inferior particular. La diferencia entre la altura de estos dos picos es una medida de la inclinación del contenedor con respecto al eje promedio de rotación, la cual si se divide por el diámetro de la superficie inferior y se multiplica por la altura del contenedor, puede ser utilizada para determinar la inclinación del contenedor de acuerdo con una técnica denominada como el método de mínimos/máximos. La distancia 172 (figura 4D) representa la distancia entre el pico y el valle de un moleteado particular, o profundidad del moleteado. La profundidad del moleteado puede ser tomada como una lectura individual, o puede ser promediada sobre un cierto número de lecturas, etc. Las imágenes de reflexión dobles 164 no se utilizan en la implementación preferida actual de la invención.

La figura 5 es una representación esquemática de una pantalla en 58 (figura 1) correspondiente a las inspecciones ópticas de las figuras 4A - 4D. Más específicamente, cada una de las marcas sobre la gráfica corresponde a una instancia en donde la luz incidente es reflejada por la superficie inferior y es recibida por el sensor de luz 54. Con referencia a las figuras 6 y 7, se describe un método para comprimir los datos obtenidos por el sensor de luz 54 e ilustrados en la figura 5, de tal forma que la memoria y las rutas de procesamiento del sistema se minimizan. La tabla de la figura 6 es dividida en columnas y filas; en la intersección de cada una hay un pixel individual. El valor asociado con cada pixel individual representa la intensidad de luz de ese pixel en un punto particular en el tiempo. Por ejemplo, en barrido 1, el pixel 1 del sensor 102 de disposición lineal registró un "7", el pixel 2 un "11", el pixel 3 un "23", etc. Las mediciones de intensidad de luz para veintisiete pixeles separados del sensor de disposición lineal fueron barridos y constituyen los datos de la primera columna en la tabla. El contenedor está siendo rotado simultáneamente por el rodillo de guía 24 de tal manera que en un barrido subsecuente, el sensor de disposición lineal registra un "6" por el pixel 1, un "9" para el pixel 2, un "0" para el pixel 3 y así sucesivamente. Este segundo barrido del sensor de luz constituye el contenido de la segunda columna. El intervalo 176 separa barridos sucesivos por el sensor de luz 54 y puede basarse bien sea en una cantidad predeterminada de tiempo o una cantidad angular predeterminada de rotación del contenedor. Cada fila representa la intensidad de luz de un pixel individual del sensor 102 de disposición lineal durante una serie de siete barridos. En la duración de un intervalo 178 más largo, lo que viene a ser siete barridos en el ejemplo presente, el preprocesador 106 selecciona el valor de intensidad de luz más alto para cada pixel a lo largo de estos barridos; un proceso denominado como "subarrido". Los datos contenidos en la última columna titulada "datos transferidos", son los únicos datos que son enviados al procesador primario 108. Así, el sensor de luz 54 hace barridos sucesivos de la luz reflejada en primer intervalo 176, mientras que el preprocesador hace barridos sucesivos de la salida del sensor de luz a un segundo intervalo 178 que es superior al primer intervalo. El aparato en inspección óptica es capaz de determinar la inclinación del contenedor con solamente una fracción de los datos que de otra manera se requerirían, y puesto que el valor de intensidad más alto es enviado, no hay un descenso apreciable en la exactitud de la inspección. Como alternativa a la selección de valores máximos para cada pixel sobre el intervalo de barrido 178, el preprocesador podría computar intensidad promedio de pixel, etc. La selección de siete barridos para la probable compresión de datos no es crítica.

Una gráfica que representa la información subarrida enviada por el procesador 106 de acuerdo con este método se observa en la figura 7. La gráfica de la figura 7 es una versión comprimida de la gráfica de la figura 5. Más específicamente, las marcas que cortan las diversas bandas 160 – 164 de la figura 5 han sido retiradas, dejando así las bandas condensadas no interrumpidas 180 – 184 de la figura 7. Puesto que la mayoría de los datos que están siendo eliminados corresponden a los puntos, no hay pérdida de datos significativos y por lo tanto no hay una pérdida apreciable en exactitud. En el ejemplo de una imagen de la línea 504, cada contenedor se barre 504 veces durante una revolución sencilla del contenedor, o aproximadamente cada 0.71°. Si los datos se transfieren después de cada séptimo barrido, entonces solamente 72 líneas de datos son enviadas realmente al procesador primario 108, en vez de 504 líneas. Un objetivo de este método, por lo tanto, es comprimir los datos para análisis a la vez que retiene información suficiente para llevar a cabo exactamente la inspección. Como se mencionó previamente, el intervalo entre los barridos bien sea por el sensor de luz o por el preprocesador pueden estar basados bien sea en un desplazamiento rotacional predeterminado del contenedor, tal como 0.71°, o una cantidad predeterminada de tiempo. Este método provee muchos beneficios al aparato 32 de inspección óptica, incluyendo pero no limitándose a, una tasa de inclinación falsa baja, una alta tasa de captura de defectos, tiempo de límite de detección más rápido, y menores requerimientos de memoria.

Con referencia a la figura 8, se describe otro método que puede ser utilizado por el aparato 32 de inspección óptica para analizar la superficie inferior. Este método utiliza una técnica denominada como técnica de ajuste por mínimos cuadrados. Un objetivo de este método es derivar una expresión matemática de la superficie 62 inferior que coincide con los datos medidos tomados con respecto a un plano 22a (el cual puede ser la superficie de una placa de deslizamiento 22), y para determinar si el contenedor es inclinado o no a partir de esa expresión. La expresión matemática utilizada aquí representa el diferencial de altura entre dos puntos sobre la superficie inferior, como función de la posición angular. Las dos posiciones corresponden a las posiciones donde las sondas 46 y 48 impactan la superficie inferior con luz incidente. El contenedor 200 tiene una superficie inferior 62, y dos puntos 204, 206 que están localizados sobre la superficie inferior 180° aparte. La altura o grado axial de los puntos 204, 206 con respecto al plano de referencia 22a, se denomina como h_2 y h_1 , respectivamente. A medida que el contenedor 200 se hace rotar alrededor de su eje A, las distancias h_1 y h_2 cambian de acuerdo con la posición angular del contenedor. En términos matemáticos, la diferencia entre las alturas h_1 y h_2 puede ser representada por la siguiente expresión sinusoidal:

$$y(l) = h_2(l) - h_1(l) = a_0 + a \cdot \text{sen}(2\pi l/N + \theta_0) \quad (\text{Ecuación 1});$$

donde a_0 es una separación axial promedio de la superficie inferior a partir del plano, a es la amplitud de la onda sinusoidal y s es la variable primaria que está siendo resuelta, N es el ciclo de la onda sinusoidal, y θ_0 es la fase inicial de la onda sinusoidal. Por lo tanto es un objetivo de este método utilizar la técnica de ajuste por mínimos cuadrados para calcular un valor para "a" de tal manera que la expresión anterior represente mejor los datos medidos provistos por el sensor de luz 54. Una linealización de la expresión (1) hace más fácil aplicar la técnica de ajuste por mínimos cuadrados a los datos medidos, y produce el valor de a:

$$\begin{aligned} y(l) &= a_0 + a \cdot \text{sen}(2\pi l/N + \theta_0) \\ &= a_0 + a \cdot \cos \theta_0 \cdot \text{sen}(2\pi l/N) + a \cdot \text{sen} \theta_0 \cdot \cos(2\pi l/N) \\ &= a_0 + a_1 \cdot \text{sen}(2\pi l/N) + a_2 \cdot \cos(2\pi l/N) \end{aligned} \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$a = \sqrt{a_1^2 + a_2^2} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Una vez que la amplitud de onda sinusoidal es conocida, la inclinación del contenedor puede ser calculada mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Inclinación} = a \cdot \text{Altura del Contenedor} / \text{Diámetro} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Si la inclinación calculada excede una cantidad predeterminada, entonces se considera que el contenedor es "inclinado" y es rechazado.

El uso de la técnica de ajuste por mínimos cuadrados anterior requiere algún conocimiento inicial de la onda sinusoidal, tal como el ciclo sinusoidal N . Los cálculos de ajuste de mínimos cuadrados y el análisis de la onda sinusoidal resultante descrita anteriormente consumen frecuentemente bastante tiempo, especialmente si se completa una búsqueda exhaustiva del ciclo sinusoidal N . En un esfuerzo por minimizar la cantidad de tiempo de cómputo requerido, puede emplearse una técnica adicional denominada como técnica de búsqueda por sección dorada. La técnica de búsqueda por sección dorada es un método de búsqueda lineal para alcanzar una búsqueda rápida y exacta del ciclo sinusoidal N , y solamente se necesita durante el inicio de la inspección para un diseño de botella en particular. Una vez que se encuentra el ciclo sinusoidal N , entonces se convierte en un parámetro conocido en la ecuación 1. Para cualquier contenedor, las estimaciones iniciales del ciclo sinusoidal pueden hacerse con base en las revoluciones por medición y el número de líneas de barrido en la imagen (por ejemplo 72 líneas de

barrido en el ejemplo anterior). Una vez que se hacen las estimaciones iniciales, una búsqueda de línea que tiene una relación de búsqueda dorada de 0.168 se lleva a cabo sobre un intervalo cerrado. Un objetivo de esta búsqueda es multiplicar las repeticiones para determinar un ciclo sinusoidal N que dé un mínimo error de ajuste.

5 Por ejemplo, una primera repetición de búsqueda de línea involucra la búsqueda del primer rango de posibles valores N que incluyan puntos de sección dorada N_1 y N_2 . Este primer rango comienza en un valor de "inicio", se extiende a lo largo de una línea a través de puntos de sección dorada N_2 y N_1 , en ese orden, y termina en un valor "final". El error de ajuste en N_1 , denominado como $Q(N_1)$ se compara con un error de ajuste en N_2 , denominado como $Q(N_2)$. Si $Q(N_1) \geq Q(N_2)$ entonces el valor de N óptimo cae a lo largo de la línea entre el punto N_2 de la sección dorada y el punto final. Así, el segundo intervalo de búsqueda de línea esta bien sea en el rango de inicio- N_1 o N_2 -final, los cuales son ambos rangos más pequeños que el primer rango. La segunda repetición de búsqueda de línea requiere la selección de nuevos puntos de sección dorada, puesto que los valores N_1 y N_2 no son más grandes en la mitad del rango de búsqueda. En el caso en donde el rango de la segunda repetición de búsqueda va desde inicio- N_1 , se seleccionan nuevos puntos de sección dorada N_3 y N_4 de tal forma que están dentro de este rango y el punto N_4 es igual a N_2 . De nuevo, los errores de ajuste $Q(N_3)$ y $Q(N_4)$ se calculan para cada uno de los nuevos puntos de sección dorada; puesto que el punto N_4 es igual al punto N_2 , solamente se necesita calcular $Q(N_3)$. Si $Q(N_3) \geq Q(N_2)$, entonces el valor óptimo de N cae a lo largo de la línea entre el punto de sección dorada N_3 y N_1 ; y si $Q(N_3) \leq Q(N_2)$, entonces el valor N óptimo cae a lo largo de la línea entre el punto de inicio y el punto de sección dorada N_2 . De esta manera, cada repetición de búsqueda se realiza sobre un rango más pequeño y más pequeño hasta que el proceso converge en un valor de N óptimo el cual minimiza el error de ajuste. Otra técnica que puede ser utilizada por el aparato de inspección óptica de la presente invención para mejorar el método de ajuste por mínimos cuadrados involucra el uso de valores mínimo/máximo. No todos los puntos medidos por el aparato de inspección óptica son requeridos para resolver la ecuación 1, puesto que esta ecuación puede ser resuelta exactamente seleccionando solo aquellos puntos dentro de una cierta distancia de un valor mínimo y máximo. En efecto, la computación del algoritmo de ajuste por mínimos cuadrados es más rápida con menos puntos de datos. Por ejemplo, si un punto A representa el punto máximo para la curva de diferencial de altura expresada en la ecuación 1 y el punto B representa el punto mínimo, entonces esta técnica selecciona solamente aquellos puntos que caen dentro de un rango predeterminado, por ejemplo dentro del 15% de la diferencia entre el punto A y el punto B. El método de ajuste por mínimos cuadrados puede entonces ejecutarse solamente sobre estos puntos. Si esto falla en proveer puntos suficientes para una prueba adecuada, simplemente se incrementa el porcentaje a un nivel que suministre puntos suficientes.

Se ha descrito entonces un aparato y método de inspección óptica para inspeccionar la superficie inferior de un contenedor, el cual satisface completamente todos los objetivos y pretensiones definidos previamente. Se han descrito varias alternativas y modificaciones. Otras alternativas y modificaciones surgirán por sí mismas para personas de experiencia normal en la técnica. Por ejemplo, el preprocesador 106 se muestra como incluido dentro del procesador de información 56, sin embargo, el preprocesador podría simplemente ser incorporado en el sensor de luz 54 u otro componente apropiado. También, la línea de luz incidente 60 está descrita como una línea de luz que tiene una anchura predeterminada W , pero es posible que la fuente de luz 50 emita en vez de ello un haz de luz incidente. La mayor parte de la discusión anterior es pertinente a la inspección de superficies moleteadas, sin embargo, superficies inferiores no moleteadas o lisas podrían ser también inspeccionadas. En el caso de una superficie inferior lisa, bien sea con o sin un anillo de asentamiento, el haz de luz reflejado recibido por el sensor de luz sería un haz continuo. La invención pretende abarcar todas las tales alternativas y modificaciones puesto que caen dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Aparato para inspeccionar la inclinación de un contenedor de vidrio (34) que tiene un fondo de contenedor (62), el cual incluye:
- una o más fuentes de luz (50) para dirigir la luz sobre el contenedor,
- 5 uno o más sensores de luz (54) para recibir luz del contenedor,
- un procesador de información (56) para determinar la inclinación del contenedor, y
- 10 medios (24, 26, 28) para sostener un contenedor de vidrio (34) en posición y para hacer rotar el contenedor alrededor de un eje (A) y una placa de deslizamiento (22) sobre la cual el fondo del contenedor (62) descansa durante la rotación y para soportar el fondo de contenedor (62) en una posición en o cerca de los focos de la óptica de medición,
- en donde dicha una o más fuentes de luz (50) están, posicionadas por debajo de la placa de deslizamiento (22) para dirigir la energía lumínica sobre el inferior (62) del contenedor (34) en dichos medios (24, 26, 28) para soportar un contenedor de vidrio (34) en posición y para hacer rotar el contenedor alrededor de un eje (A),
- 15 en donde dicho uno o más sensores de luz (54) están posicionados por debajo de la placa de deslizamiento (22), para recibir porciones de la energía lumínica de dicha una o más fuentes de luz (50) reflejadas desde el fondo del contenedor (62), en donde dicha una o más fuentes de luz (50) están posicionadas para dirigir la energía lumínica sobre diferentes puntos sobre el fondo del contenedor (62) y en donde dicho uno o más sensores de luz (54) están posicionados para recibir porciones de la energía lumínica desde dichos diferentes puntos sobre el fondo del contenedor (62) y
- 20 en donde el aparato incluye medios (30) acoplados al procesador de información (56) y los medios (24, 26, 28) para sostener un contenedor de vidrio (34) en posición y para hacer rotar el contenedor (34) alrededor de un eje (A), y en donde dicho procesador de información (56) está acoplado a dichos uno o más sensores de luz (54) y está adaptado para ser provisto con señales electrónicas desde dichos medios (30) que son indicativos de la rotación angular del contenedor (34) y para comparar las lecturas de los diferentes puntos sobre el fondo del contenedor (62) para medir
- 25 la inclinación del contenedor (34) determinando, como una función combinada de dichas energía lumínica reflejada y rotación del contenedor, la separación del fondo del contenedor (62) desde un plano perpendicular a dicho eje (A).
2. El aparato definido en la reivindicación 1 en donde el contenedor (34) que va a ser inspeccionado incluye moleteado (134, 136) alrededor del fondo del contenedor (62), y dicho procesador de información (56) responde a dicha energía lumínica reflejada para determinar la profundidad de dicho moleteado.
- 30 3. El aparato definido en la reivindicación 1 o 2 en donde dicho procesador de información (56) incluye un preprocesador (96) para barrer dicho sensor de luz (54) en primeros incrementos de rotación del contenedor, y un procesador principal (98) para recibir los datos de barrido de dicho procesador en segundos incrementos de rotación del contenedor superiores a dichos primeros incrementos.
- 35 4. El aparato definido en la reivindicación 1, 2 o 3, en donde dichos medios (24, 26, 28) para soportar el contenedor en posición y hacer rotar el contenedor alrededor de un eje (A) incluye rodillos de respaldo (26, 28) espaciados para enganchar externamente el contenedor, y un rodillo de guía (24) para enganchar y hacer rotar el contenedor mientras mantiene el contenedor contra dichos rodillos (26, 28) de respaldo de tal manera que se defina un eje promedio (A) de rotación como función de la geometría del contenedor y el espaciado entre dicho rodillos (26, 28) de respaldo.
- 40 5. El aparato definido en la reivindicación 1, 2, 3 o 4 que comprende dos de dichas fuentes de luz (50) y dos de dichos sensores de luz (54) posicionados en pares o lados diametralmente opuestos de dicho eje (A), respondiendo dicho procesador de información (56) a la compresión de salidas de dichos sensores de luz (54) para indicar la inclinación del contenedor (34).
- 45 6. El aparato definido en cualquier reivindicación precedente para inspeccionar un fondo de contenedor (62) que tiene una pluralidad de moleteados, en donde dichos fuente de luz (50) y sensor (54) son tales que los moleteados hacen que dicho sensor de luz (54) reciba reflexiones no continuas desde un pico de moleteado (134) y un valle de moleteado (136).
- 50 7. El aparato definido en la reivindicación 6 en donde dicha señal de salida del sensor al menos incluye primeras salidas que representan reflexiones desde el pico moleteado (134) y segundas salidas que representan reflexiones desde el valle de moleteado (136).

8. El aparato definido en la reivindicación 7 en donde dicho procesador de información (56) está adaptado para utilizar dichas primeras salidas para determinar la inclinación del contenedor.
9. El aparato definido en la reivindicación 7 u 8 en donde dicho procesador de información (56) está adaptada para utilizar tanto dicha primera como dicha segunda salida para determinar la profundidad del moleteado.
- 5 10. El aparato definido en cualquier reivindicación precedente en donde dicho procesador de información (56) está adaptado para generar una expresión sinusoidal representativa del diferencial de altura entre dos posiciones espaciadas sobre el fondo del contenedor (62).
11. El aparato definido en la reivindicación 10 en donde dicho procesador de información (56) está adaptado para utilizar una técnica de ajuste por mínimos cuadrados para derivar valores para una o más variables de dicha expresión sinusoidal.
- 10 12. El aparato definido en la reivindicación 11, en donde dicho procesador de información (56) está adaptado para utilizar dichos valores derivados para determinar la inclinación del contenedor.
13. El aparato definido en la reivindicación 11 o 12 en donde dicho procesador de información (56) está adaptado para utilizar un método de búsqueda repetitiva para determinar un ciclo sinusoidal para dicha expresión sinusoidal.
- 15 14. El aparato definido en la reivindicación 13 en donde dicho método de búsqueda repetitiva es una búsqueda de sección dorada.
15. El aparato definido en la reivindicación 11 en donde dicho procesador de información (56) también está adaptado para utilizar un proceso de selección que involucra puntos de datos mínimo/máximo para mejorar la eficiencia de la técnica de ajuste por mínimos cuadrados.
- 20 16. Un método para inspeccionar un fondo de contenedor de vidrio (62) y para determinar la inclinación del contenedor de vidrio (34), que comprende las etapas de:
- (a) proveer una o más fuentes de luz (50) en un aparato de inspección de contenedor de vidrio por debajo de una placa de deslizamiento (22) del aparato de inspección y en general de cara al fondo del contenedor (62),
- (b) proveer uno o más sensores de luz (54) por debajo de la placa de deslizamiento (22) del aparato de inspección y en general de cara al fondo del contenedor (62),
- 25 (c) hacer rotar el contenedor alrededor de un eje (A), en donde el fondo del contenedor (62) descansa durante la rotación sobre la placa de deslizamiento (22) y está soportado en una posición en o cerca de los focos de la óptica de medición,
- (d) hacer que una o más fuentes de luz (50) emitan luz desde debajo de la placa de deslizamiento (22) sobre el fondo de contenedor (62) el cual la refleja desde diferentes posiciones sobre el fondo del contenedor (62),
- 30 (e) hacer que dicho uno o más sensores de luz (54) registre las posiciones en las cuales la luz reflejada impacta dichos uno o más sensores de luz (54), y
- (f) determinar la inclinación del contenedor (34) analizando a partir de una comparación de las lecturas de los diferentes puntos del fondo del contenedor (62) y a partir de señales electrónicas que son indicativas de la rotación angular del contenedor (34), separado de dicho fondo de contenedor (62) desde un plano perpendicular a dicho eje (A).
- 35 17. El método definido en la reivindicación 16 en donde el fondo de contenedor (62) que está siendo inspeccionado tiene una superficie moleteada.
18. El método definido en la reivindicación 16 en donde la etapa (e) incluye comprimir datos a partir de dichos datos de posición registrados.
- 40 19. El método definido en la reivindicación 16 en donde dicha etapa (f) incluye utilizar una expresión sinusoidal para modelar el fondo de contenedor (62) del contenedor (34).
20. El método definido en la reivindicación 16 en donde una o más variables de dicha expresión sinusoidal se resuelve utilizando una técnica de ajuste por mínimos cuadrados.

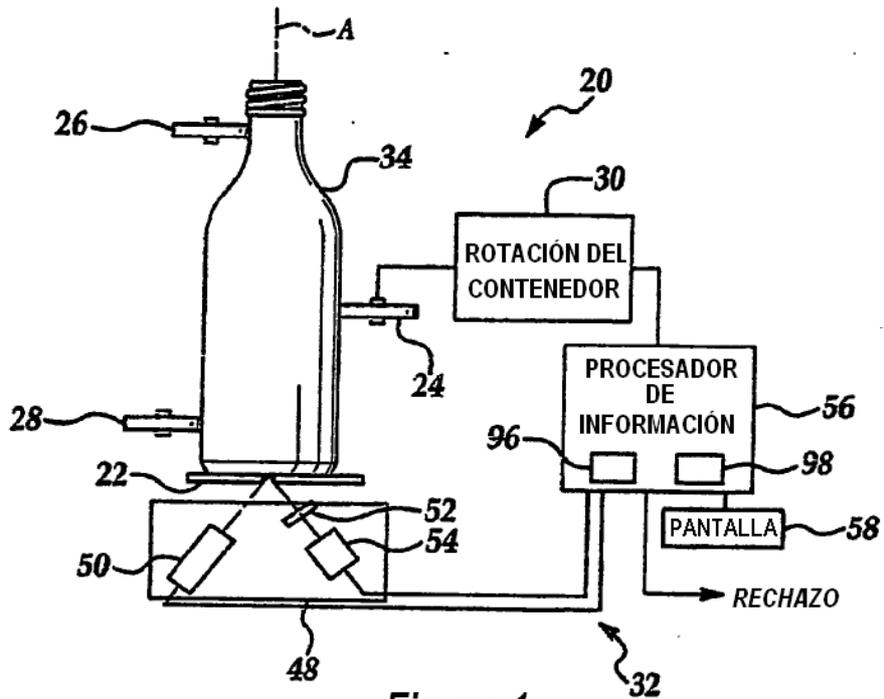


Figura 1

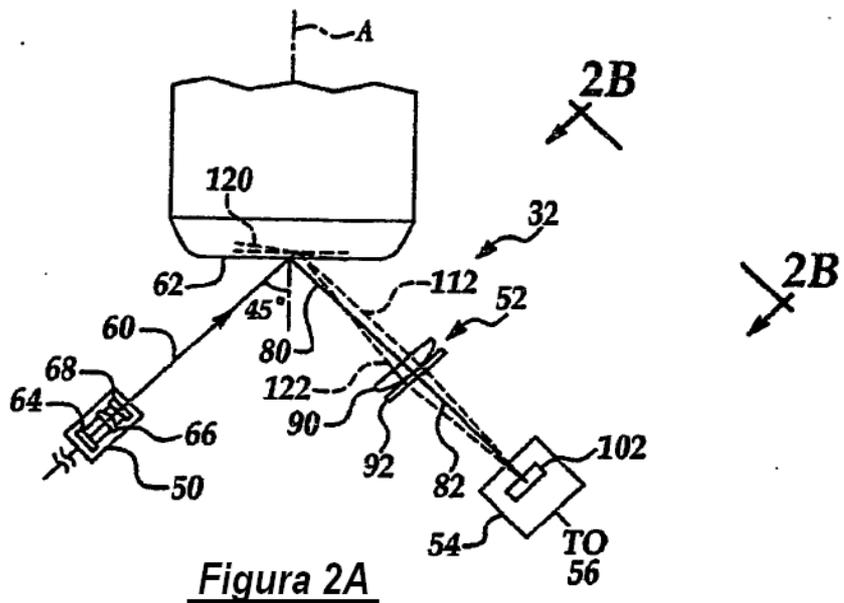


Figura 2A

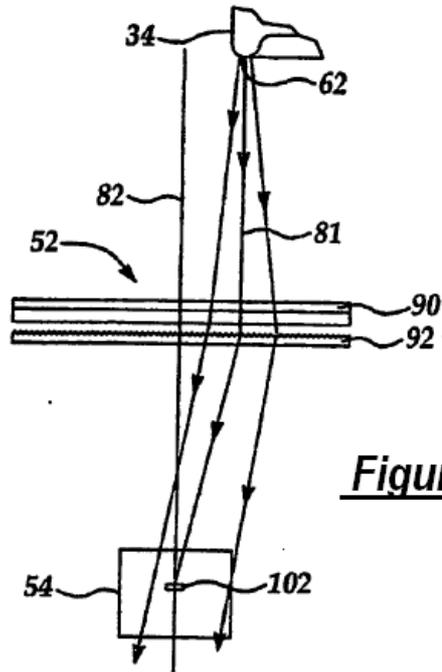


Figura 2B

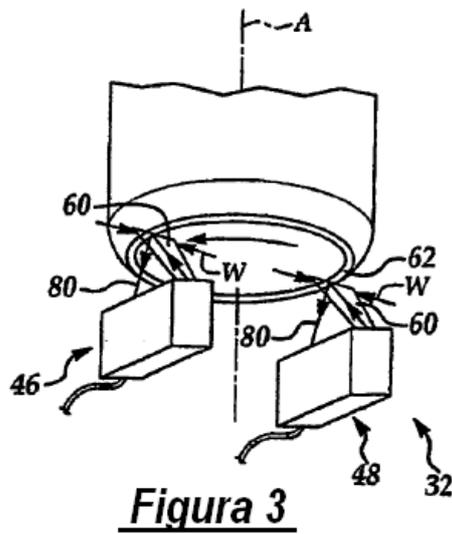


Figura 3

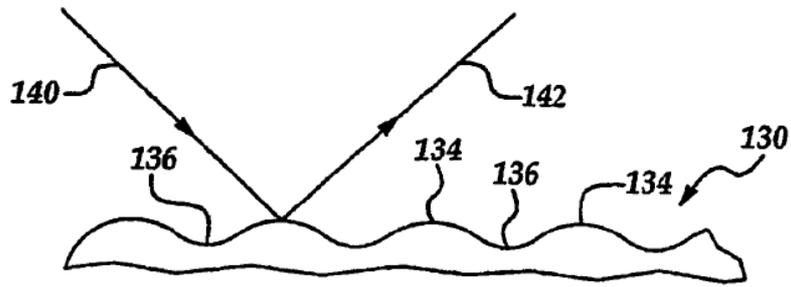


Figura 4A

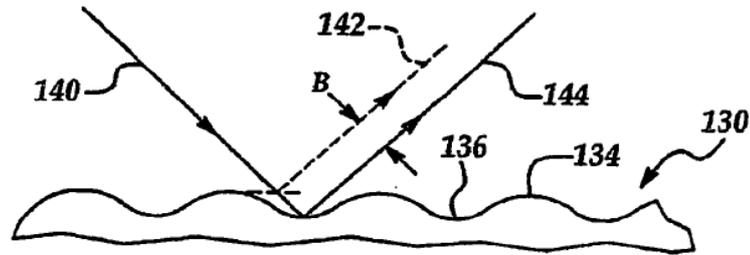


Figura 4B

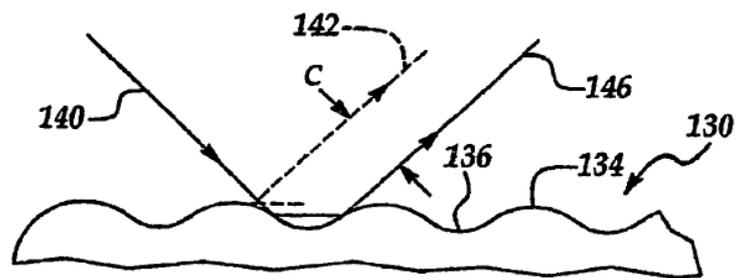


Figura 4C

178							Datos Transferidos
176		Barrido					
1	2	3	4	5	6	7	
7	6	3	7	20	7	22	22
11	9	9	18	24	6	20	24
23	0	9	22	18	19	20	23
20	23	4	13	2	3	23	23
13	12	12	14	18	21	4	21
78	77	181	213	53	42	112	213
226	7	243	213	248	106	4	248
1	11	2	0	24	22	4	24
15	16	14	23	16	12	16	23
21	1	17	21	2	11	19	21
163	90	247	9	195	14	51	247
16	44	232	150	179	163	120	232
6	17	5	22	24	19	24	24
12	18	19	3	18	0	9	19
11	9	23	19	17	1	2	23
24	23	7	21	22	0	23	24
95	106	89	78	160	122	131	160
10	14	24	7	18	21	21	24
13	11	4	21	3	9	12	21
18	9	18	16	5	0	1	18
5	15	24	8	4	9	23	24
13	6	8	21	3	19	0	21
0	5	8	5	17	19	13	19
23	15	17	11	12	19	11	23
20	5	10	3	1	15	4	20
8	6	2	9	24	5	19	24
7	10	17	3	21	8	18	21

Figura 6

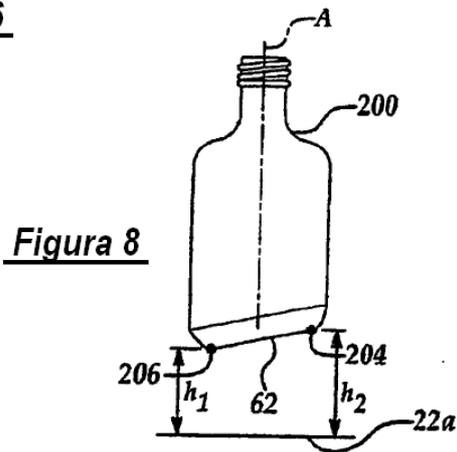


Figura 8

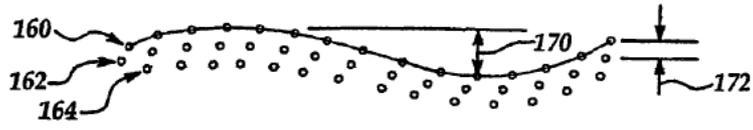


Figura 4D

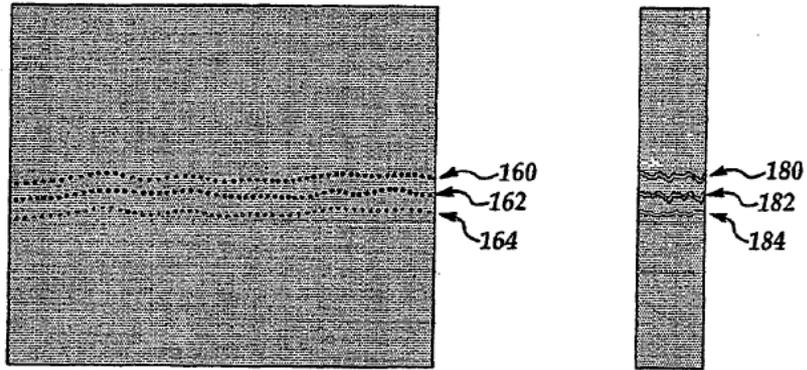


Figura 5

Figura 7

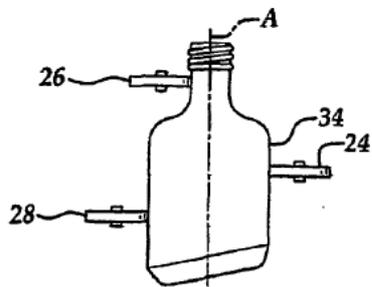


Figura 9A

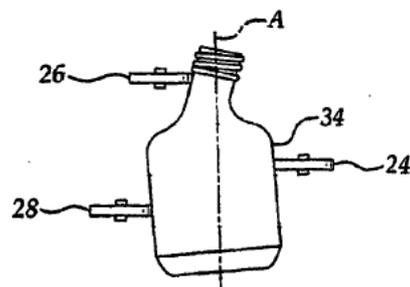


Figura 9B