

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 913 782**

51 Int. Cl.:

**G01B 15/02** (2006.01)

**G01B 15/04** (2006.01)

**B07C 5/12** (2006.01)

**B07C 5/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2018 PCT/FR2018/052683**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.05.2019 WO19081876**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2018 E 18803753 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.03.2022 EP 3701222**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de medición de dimensiones por rayos X en unos recipientes de vidrio vacíos que se desplazan en línea**

30 Prioridad:

**27.10.2017 FR 1760173**

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

**06.06.2022**

73 Titular/es:

**TIAMA (100.0%)  
1 Chemin des Plattes Zone Artisanale des Plattes  
69390 Vourles, FR**

72 Inventor/es:

**COSNEAU, LAURENT y  
COLLE, OLIVIER**

74 Agente/Representante:

**CURELL SUÑOL, S.L.P.**

ES 2 913 782 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

Procedimiento y dispositivo de medición de dimensiones por rayos X en unos recipientes de vidrio vacíos que se desplazan en línea

5 La presente invención se refiere al campo técnico de la inspección de recipientes vacíos de vidrio, tales como por ejemplo unas botellas, unos tarros, unos frascos con vistas a detectar eventuales defectos dimensionales.

10 La presente invención se refiere más precisamente a la medición de dimensiones en unos recipientes vacíos de vidrio, que se desplazan en línea después de su fabricación con vistas a determinar si dichos recipientes respetan unos criterios dimensionales requeridos.

Tras su fabricación, los recipientes de vidrio vacíos son objeto de diversos controles dimensionales.

15 Así, es conocido que existe un riesgo de que los recipientes presenten una o varias zonas localizadas de mala distribución de vidrio que afecta a la estética o, lo que es más grave, a la resistencia mecánica de los recipientes.

20 Para medir el grosor de la pared de un recipiente, es conocido por ejemplo a partir de la patente EP 0 320 139 o de la patente EP 0 584 673, un procedimiento denominado por triangulación que consiste en proyectar un haz luminoso sobre la pared del recipiente con un ángulo de incidencia no nulo, y en recoger los haces de luz reflejados por la superficie exterior y la superficie interior de la pared. Estas reflexiones luminosas sobre estas dos superficies se realizan en las direcciones especulares de los haces incidentes, es decir de manera simétrica al haz incidente con respecto a la normal a la superficie en el punto de impacto del haz incidente. Los rayos reflejados por las superficies interior y exterior de la pared son recuperados por una lente con el fin de ser enviados a un sensor de luz lineal. El grosor de la pared del recipiente se mide en función de la separación, a nivel del sensor de luz, entre los haces reflejados por las superficies interior y exterior de la pared. El recipiente es accionado en rotación según una vuelta para medir su grosor según una de sus secciones rectas transversales.

30 Una alternativa a la técnica anterior de medición óptica por triangulación es la medición mediante el procedimiento denominado "óptica confocal con cromatismo" tal como la descrita en la solicitud DE 10 2007 044 530. Este procedimiento consiste en enviar un haz luminoso que presenta una codificación cromática, en recuperar los haces reflejados por las caras interior y exterior, en un sensor que permite analizar la longitud de onda de dichos haces reflejados, y en determinar el grosor en función de las longitudes de ondas de dichos rayos reflejados.

35 Asimismo, la patente EP 2 676 127 describe un dispositivo que permite la medición del grosor de la pared de vidrio de los recipientes en varios puntos de medición distribuidos en una zona de inspección de manera superpuesta según una altura determinada del recipiente tomada según el eje central. El procedimiento de inspección pretende detectar unos defectos de distribución de material en unos recipientes transparentes que tienen un eje central y una pared delimitada entre una cara exterior y una cara interior.

40 Las mediciones ópticas descritas anteriormente se utilizan mucho ya que no hay contacto y son bastante rápidas, pero todas necesitan la puesta en rotación de los recipientes para medir el grosor en una circunferencia. En efecto, estas técnicas tienen en común la proyección de un haz de luz y la recuperación de la luz reflejada por las dos superficies interior y exterior de la pared. Solo son posibles entonces algunas incidencias y direcciones de observación correspondientes, en particular debido a la reflexión especular. Como los recipientes son generalmente cilíndricos, la medición solo es posible para una zona estrecha situada alrededor del eje óptico de los sensores. Por lo tanto, no es posible utilizar estos principios para una medición de recipientes que se desplazan en línea en una cinta transportadora durante su fabricación.

50 De manera suplementaria, la puesta en rotación de los recipientes necesaria para la medición óptica de grosor es costosa. En efecto, la puesta en rotación impone la utilización de un equipo de manipulación complejo. En efecto, es preciso detener los recipientes que llegan en traslación a la cinta transportadora, accionarlos en rotación durante la medición y volver a ponerlos en movimiento de traslación en la cinta transportadora. Los recipientes se ponen entonces en contacto con unas guías, unos rodillos, unas estrellas. Las regulaciones son fastidiosas e implican recurrir a unos equipos adaptados a cada formato de recipientes (equipos variables). Por último, las cadencias están limitadas a 300-400 recipientes por minuto, mientras que la producción actual de recipientes de vidrio en las líneas más eficaces supera actualmente los 700 recipientes por minuto. En algunos casos, por lo tanto, es preciso un doble equipo de medición.

60 Habitualmente, los recipientes de vidrio vacíos son objeto asimismo, aparte de las mediciones de grosor de su pared, de mediciones a nivel del cuello o del anillo del recipiente (diámetros interno/externo, estanqueidad, altura) y del cuello del recipiente (diámetro interior, perfil interior, brochado).

65 Con el fin de realizar dichas inspecciones, es conocido utilizar uno o varios dispositivos, que comprenden cada uno un cabezal de inspección destinado a ser bajado o bien en una distancia precisa en función de la naturaleza del recipiente, o bien para entrar en contacto con el recipiente, o bien para apoyarse sobre el recipiente durante el

tiempo de la inspección. Habitualmente, dicha inspección se realiza con la ayuda de una máquina que presenta o bien una cinta transportadora lineal adaptada para mantener los recipientes en unas posiciones precisas, o bien preferentemente una cinta transportadora en estrella, con un movimiento circular indexado para colocar los recipientes en relación con diferentes puestos de control. Cada cabezal de inspección se desplaza según un movimiento vertical alternativo para una cinta transportadora en estrella, mientras que, para una cinta transportadora lineal, el cabezal de inspección presenta de manera suplementaria, un desplazamiento horizontal.

La patente FR 2 818 748 describe un dispositivo de inspección que comprende un cabezal montado sobre una corredera horizontal que está fijada en un carro desplazado según unos movimientos alternativos verticales por una correa montada entre una polea loca y una polea conducida por un servomotor. Uno de los inconvenientes de dicho dispositivo es la masa desplazada relativamente grande, lo cual limita la velocidad y la aceleración de desplazamiento del cabezal de inspección. De ello resulta que la cadencia de inspección de los recipientes es limitada, lo cual representa un inconveniente principal en el proceso de producción en línea de recipientes. Otro inconveniente de dicho dispositivo conocido aparece cuando el cabezal de inspección está destinado a entrar en contacto con el recipiente. En efecto, la carrera del cabezal de inspección no está definida a causa de la dispersión de altura de los recipientes y de los defectos que influyen en esta carrera como los que no permiten que el cabezal de inspección descienda cuando tiene lugar una operación de brochado. Por ello, teniendo en cuenta la indeterminación de esta carrera y la masa embarcada, puede ocurrir un choque importante entre el cabezal de inspección y el recipiente, lo cual es susceptible de provocar el deterioro del recipiente y/o del cabezal de inspección.

La patente GB 1 432 120 describe un dispositivo para inspeccionar los recipientes que comprende varios puestos de control, uno de los cuales tiene por objetivo controlar la conformidad dimensional de los anillos y de los cuellos de los recipientes. Este puesto de control comprende un equipo móvil accionado por un sistema de motorización según un movimiento alternativo con respecto al bastidor del dispositivo, en una dirección de desplazamiento paralela al eje de simetría de los recipientes. Este equipo móvil está equipado con un calibre externo de control del exterior del anillo de los recipientes y con un calibre interno de control del interior del anillo y del cuello de los recipientes. El dispositivo descrito por este documento GB 1 432 120 adolece de los mismos inconvenientes que el dispositivo de inspección descrito por la patente FR 2 818 748.

La patente FR 2 965 344 al aligerar la parte móvil, al combinar una detección de contacto y un mando dinámico del movimiento vertical, hace que la solución sea claramente más rápida, pero, sin embargo, los movimientos mecánicos de manipulación de los recipientes, los equipos variables y el contacto de los calibres con los recipientes siguen siendo unos inconvenientes principales.

En el campo de la detección de un volumen de líquido contenido en un recipiente, la solicitud de patente WO 2010/025539 describe un sistema y un procedimiento de inspección por rayos X. El principio de detección de este documento es conocer el grosor de líquido atravesado a partir de la imagen radiográfica (referencia 512 en la figura 5a y 592 en la figura 5b) con el fin de deducir el nivel de llenado (menisco 520) y, por lo tanto, el volumen total de líquido en el interior del recipiente. Con este fin, el procedimiento propone restar de la imagen radiográfica, la atenuación debida a los grosores de vidrio atravesados 508 y 506.

Ahora bien, no es posible en la radiografía proyectada según la dirección 502-504 conocer la atenuación debida al vidrio y la debida al líquido contenido. Para remediar este problema, este documento propone crear un modelo teórico tridimensional del recipiente a partir de su imagen radiográfica bidimensional. A la imagen radiográfica se le resta la atenuación del modelo teórico tridimensional del recipiente para deducir de las atenuaciones medidas, únicamente las atenuaciones del líquido que permiten deducir aproximadamente su volumen de líquido.

Según el ejemplo de realización descrito por este documento, el modelo teórico tridimensional se obtiene a partir de una radiografía realizada según una sola dirección de proyección. Se analiza la radiografía para conocer el perfil bidimensional del recipiente proyectado según una dirección de proyección. El perfil bidimensional del recipiente sirve para obtener la forma teórica tridimensional del recipiente o bien a partir de una biblioteca de modelos registrados, o bien por revolución del perfil bidimensional teniendo en cuenta la forma de simetría axial supuesta de los recipientes.

Según otro ejemplo de realización, este documento sugiere tomar unas imágenes radiográficas según unas direcciones diferentes para mejorar la precisión de la determinación de la posición del menisco del líquido. Según este ejemplo, el procedimiento pretende determinar la posición del menisco del líquido según una primera dirección radiográfica, la posición del menisco del líquido según una segunda dirección radiográfica y considerar la posición del menisco del líquido para la posición media del menisco del líquido.

Sea cual sea el ejemplo de realización, el modelo teórico tridimensional construido según las enseñanzas de este documento no corresponde al recipiente real objeto de la radiografía. Unas mediciones realizadas en particular de grosores en dicho modelo teórico tridimensional son, por lo tanto, falsas. Por otro lado, se debe observar que las únicas mediciones de grosor eventualmente posibles son aquellas según una dirección ortogonal a la dirección de proyección radiográfica. Así, las dimensiones como el grosor de vidrio en las direcciones no ortogonales a la

dirección de proyección radiográfica son exactamente las mismas que los grosores en el perfil bidimensional, por lo tanto, en las direcciones ortogonales a las proyecciones radiográficas. Esta hipótesis que se verifica únicamente para un recipiente perfecto o teórico como se supone en este documento, es evidentemente falsa para un recipiente en el que se deben realizar unas mediciones precisas.

5

La solicitud de patente JP S60 260807 propone medir el grosor de las paredes de un tubo que se desplaza en traslación según el eje del tubo, con la ayuda de mediciones por rayos X procedentes de uno o varios focos a cada uno de los cuales están asociados unos sensores. Los focos y los sensores están posicionados para realizar unas proyecciones radiográficas según un plano ortogonal a la dirección de desplazamiento del tubo. Las proyecciones radiográficas son por lo tanto coplanares en un plano de proyección que es ortogonal al eje de simetría del tubo. La dirección de estas proyecciones radiográficas realiza un ángulo recto (90°) con respecto a la dirección de desplazamiento. Esta técnica no permite conocer completamente las superficies interna y externa del tubo. El procedimiento descrito por esta solicitud de patente permite medir únicamente el grosor acumulado de las dos paredes del tubo en la dirección de proyección, sin reconstrucción de un modelo tridimensional de un tubo que permitiría realizar unas mediciones precisas en las otras direcciones.

10

15

Asimismo, la patente US 5 864 600 describe un procedimiento para determinar el nivel de llenado de un recipiente con la ayuda de una fuente de rayos X y de un sensor dispuestos transversalmente a uno y otro lado de la cinta transportadora de transporte de recipientes. Este procedimiento permite medir el grosor acumulado del material. Este sistema no permite efectuar unas mediciones para una superficie no orientada transversalmente, ya que este documento no prevé una modelización tridimensional de los recipientes.

20

La solicitud de patente US 2009/0262891 describe un sistema para detectar por rayos X, unos objetos colocados en unos equipajes desplazados en traslación por una cinta transportadora. Este sistema comprende unos tubos generadores pulsados o un sensor que tiene una gran dimensión paralelamente al sentido de desplazamiento. Este documento prevé un procedimiento de reconstrucción del objeto que no es satisfactorio ya que la ausencia de proyecciones en la dirección de desplazamiento no permite la medición de dimensiones en la dirección ortogonal al sentido de desplazamiento. La falta de proyecciones radiográficas en un sector angular no permite realizar un modelo digital adaptado para asegurar unas mediciones precisas.

25

30

La solicitud de patente DE 197 56 697 describe un dispositivo que adolece de los mismos inconvenientes que la solicitud de patente US 2009/0262891.

35

La solicitud de patente WO 2010/092368 describe un dispositivo de visualización de un objeto que se desplaza en traslación por rayos X con la ayuda de una fuente de radiación y de tres sensores lineales.

La solicitud de patente US 2006/0058974 describe un sistema de formación de imágenes de radiografía digital que permite adquirir unas imágenes digitales en particular de depósitos o de canalización y transformar estas imágenes digitales en un mapa de grosor absoluto que caracteriza el objeto inspeccionado. Los datos digitales generados a partir de cada elemento sensible se calibran, por ejemplo, corrigiendo las variaciones de los caminos de rayos X entre la fuente de rayos X y el detector, corrigiendo las variaciones de la respuesta en frecuencia espacial, corrigiendo las variaciones del perfil geométrico del objeto sometido a la inspección y corrigiendo el material contenido en y/o alrededor del objeto. Esta técnica no se puede realizar para el control dimensional de recipientes que se desplazan en línea.

40

45

La solicitud de patente DE 10 2014 103137 describe un procedimiento para determinar unas características geométricas en una pieza que debe mecanizarse con la ayuda de un sistema de detectores tomodensitométricos, constituido por una fuente de rayos X, por un detector plano y por un eje mecánico para hacer que gire la pieza a mecanizar o para hacer que giren la fuente de rayos X y el detector. Por ejemplo, se carga cada pieza en un plato giratorio, y después sufre una rotación en por lo menos 180°, y se descarga después para el control de otra pieza. El procedimiento adquiere unas imágenes radiográficas cuando tiene lugar la rotación y asegura una representación de la superficie utilizando un modelo de la superficie. La reconstrucción se realiza por comparación iterativa de las imágenes medidas con unas imágenes simuladas en un modelo teórico de la pieza, siendo el modelo geométrico teórico de la pieza modificado hasta que las imágenes medidas cuando tiene lugar una rotación de la pieza y las imágenes simuladas a lo largo de toda la rotación sean sustancialmente idénticas. Dicho procedimiento evita la realización de etapas de reconstrucción de los datos de volumen para reducir el tiempo de cálculo.

50

55

El análisis de las soluciones técnicas anteriores conduce a constatar que aparece la necesidad de disponer de una nueva técnica que permita efectuar unas mediciones dimensionales en unos recipientes sin alterar su integridad conservando al mismo tiempo una velocidad de transporte elevada para estos recipientes.

60

La presente invención pretende satisfacer esta necesidad proponiendo una nueva técnica de medición sin contacto que permite realizar unas mediciones dimensionales precisas en unos recipientes que se desplazan en línea con cadencia elevada.

65

Para alcanzar este objetivo, el objeto de la invención se refiere a un procedimiento de medición de dimensiones de por lo menos una zona que debe inspeccionarse de recipientes vacíos de vidrio de una serie que presentan cada uno una pared que forma un cuello y un cuerpo y delimitada por una superficie interna y una superficie externa, consistiendo el procedimiento en:

- 5 - seleccionar por lo menos una zona que debe inspeccionarse que comprende por lo menos una parte del cuello y/o una parte del cuerpo del recipiente;
- 10 - transportar los recipientes colocados sobre su fondo en un plano de transporte según una trayectoria plana con una dirección materializada por un vector de desplazamiento, generando estos recipientes un volumen de transporte durante su desplazamiento;
- 15 - posicionar, a uno y otro lado de la zona que debe inspeccionarse, por lo menos un foco de un tubo generador de rayos X y unos sensores de imágenes sensibles a los rayos X y expuestos cada uno a los rayos X procedentes de un foco asociado, produciendo estos rayos X que han atravesado por lo menos la zona que debe inspeccionarse en cada sensor de imágenes una proyección radiográfica según la dirección de proyección;
- 20 - adquirir con la ayuda de los sensores de imágenes de cada recipiente durante su desplazamiento, por lo menos tres imágenes radiográficas de la zona inspeccionada, obtenidas de por lo menos tres proyecciones radiográficas de la zona que debe inspeccionarse cuyas direcciones de proyección son diferentes;
- 25 - construir con la ayuda de un sistema informático, un modelo geométrico digital de la zona inspeccionada para cada recipiente, a partir de por lo menos tres imágenes radiográficas, conteniendo el modelo geométrico digital de la zona que debe inspeccionarse las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos, calculadas a partir de las por lo menos tres imágenes radiográficas, perteneciendo este conjunto de puntos a la superficie interna y/o externa de la pared del recipiente, con por lo menos dos puntos situados en un plano no ortogonal a una dirección de proyección;
- 30 - deducir por lo menos un diámetro interno del cuello medido en el modelo geométrico digital en un plano no ortogonal a una dirección de proyección, y/o por lo menos un grosor de la pared del cuerpo medido en el modelo geométrico digital en un plano no ortogonal a una dirección de proyección.

Además, el procedimiento según la invención puede comprender también en combinación por lo menos una y/u otra de las características adicionales siguientes:

- 35 - el modelo geométrico digital de la zona que debe inspeccionarse que contiene las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos está constituido por:
  - 40 • por lo menos dos puntos tridimensionales del espacio que pertenecen cada uno a una superficie interna y/o externa de la pared del recipiente y situados en un plano no ortogonal a una dirección de proyección, y no paralelo a la dirección de desplazamiento;
  - 45 • y/o por lo menos una representación de superficie de las superficies interna y externa de la pared del recipiente que contiene unos puntos que no pertenecen a un plano ortogonal a una dirección de proyección, y que no pertenecen a un plano paralelo a la dirección de desplazamiento;
  - 50 • y/o por lo menos una sección de la zona que debe inspeccionarse, según un plano diferente de un plano ortogonal a una dirección de proyección y diferente de un plano paralelo a la dirección de desplazamiento;
- el procedimiento consiste en seleccionar, como zona que debe inspeccionarse, por lo menos una zona definida que se extiende entre dos planos paralelos al plano de transporte;
- 55 - el procedimiento consiste en seleccionar como zona que debe inspeccionarse, una zona que comprende el cuello y una parte del cuerpo del recipiente y en determinar un modelo geométrico digital de la zona que debe inspeccionarse que contiene las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos que pertenecen a las superficies interna y externa de la pared del recipiente en la zona inspeccionada, para deducir por lo menos un diámetro interno del cuello y un grosor de la pared de vidrio del cuerpo del recipiente;
- 60 - el procedimiento consiste en posicionar por un lado de la trayectoria, un foco del que procede un haz de rayos X divergente de apertura  $> 120^\circ$  o por lo menos dos focos de los que proceden unos haces de rayos X divergentes cuya suma de las aperturas es superior o igual a  $120^\circ$ ;
- 65 - el procedimiento consiste en disponer por lo menos un foco en el plano de transporte;

- 5 - el procedimiento consiste en disponer por un lado de un plano secante del volumen de transporte, ortogonal al plano de transporte, un foco del que procede un haz de rayos X divergente, de manera que su haz atraviese el plano secante y la zona que debe inspeccionarse;
- el procedimiento consiste en disponer por el lado opuesto con respecto al plano secante, por lo menos un sensor de imágenes asociado a dicho foco para recibir los rayos X procedentes de dicho foco;
- 10 - el procedimiento consiste en disponer por un lado del plano de transporte, un foco del que procede un haz de rayos X divergente, de manera que su haz atraviese el plano de transporte;
- el procedimiento consiste en disponer por el lado opuesto con respecto al plano de transporte, por lo menos un sensor de imágenes asociado a dicho foco para recibir los rayos X procedentes de dicho foco;
- 15 - el procedimiento consiste en adquirir con la ayuda de los sensores de imágenes, para cada recipiente durante su desplazamiento, por lo menos dos imágenes radiográficas de la zona inspeccionada que corresponden a unas direcciones de proyección que definen un ángulo útil superior o igual a 45° e inferior o igual a 90° y ventajosamente superior o igual a 60° e inferior o igual a 90°;
- 20 - el procedimiento consiste en adquirir con la ayuda de los sensores de imágenes, para cada recipiente durante su desplazamiento, por lo menos una imagen radiográfica de la zona inspeccionada correspondiente a una dirección de proyección que tiene un ángulo de apertura con la dirección de desplazamiento comprendido entre 10° y 60°;
- 25 - el procedimiento consiste en realizar y adquirir unas proyecciones radiográficas de la zona inspeccionada de un recipiente de manera que los rayos X procedentes del o de los focos y que llegan a los sensores de imágenes no atraviesen otros recipientes;
- 30 - el procedimiento consiste en adquirir con la ayuda de los sensores de imágenes, para cada recipiente durante su desplazamiento, unas imágenes radiográficas procedentes de entre tres y cuarenta, y preferentemente de entre cuatro y quince proyecciones radiográficas de la zona que debe inspeccionarse de direcciones diferentes;
- 35 - los sensores de imágenes son de tipo lineal, comprendiendo cada uno una red lineal de elementos sensibles a los rayos X, distribuidos según una recta de soporte que define con el foco asociado, un plano de proyección que contiene la dirección de proyección, estando estos sensores de imágenes dispuestos de manera que:
  - 40 • por lo menos m elementos sensibles de cada uno de estos sensores de imágenes reciban la proyección radiográfica de la zona que debe inspeccionarse por el haz de rayos X procedente del foco asociado;
  - los planos de proyección para los diferentes sensores de imágenes están separados entre sí y no son paralelos al plano de transporte;
  - 45 • se adquiere con la ayuda de cada uno de los por lo menos tres sensores de imágenes lineales, en cada desplazamiento incremental de cada recipiente según la trayectoria, unas imágenes lineales radiográficas de la zona que debe inspeccionarse según un número seleccionado con el fin de que, para cada recipiente, el conjunto de la zona que debe inspeccionarse se encuentre completamente representado en el conjunto de las imágenes lineales radiográficas;
  - 50 • se analizan para cada recipiente, los por lo menos tres conjuntos de imágenes lineales radiográficas de la zona que debe inspeccionarse;
- 55 - el procedimiento consiste en poner a disposición del sistema informático, un modelo geométrico inicial de la zona que debe inspeccionarse de la serie de recipientes, obtenido mediante:
  - el modelo digital de diseño por ordenador de los recipientes de la serie;
  - 60 • o el modelo digital geométrico obtenido a partir de la medición de uno o de varios recipientes de la misma serie por un dispositivo de medición;
  - o el modelo digital geométrico generado por el sistema informático a partir de valores introducidos y/o de diseños realizados y/o de formas seleccionadas por un operario en una interfaz hombre-máquina del sistema informático;
  - 65 - el procedimiento consiste en poner a disposición del sistema informático el valor del coeficiente de

atenuación del vidrio que constituye los recipientes.

Otro objetivo de la invención es proponer una instalación de medición automática de dimensiones lineales de por lo menos una zona que debe inspeccionarse de recipientes vacíos de vidrio que presentan cada uno una pared que forma un cuello y un cuerpo y delimitada por una superficie interna y una superficie externa, comprendiendo la instalación:

- 5
  - 10
  - 15
  - 20
  - 25
  - 30
  - 35
- un dispositivo de transporte de los recipientes en una dirección materializada por un vector de desplazamiento, según una trayectoria sustancialmente rectilínea en un plano de transporte, recorriendo los recipientes un volumen de transporte extendido en la dirección;
  - por lo menos un foco de un tubo generador de rayos X situado fuera del volumen atravesado, y que crea un haz divergente de rayos X dirigido para atravesar por lo menos una zona que debe inspeccionarse que comprende por lo menos una parte del cuello y/o una parte del cuerpo del recipiente;
  - por lo menos tres sensores de imágenes, situados fuera del volumen de transporte, de manera que reciban unos rayos X procedentes de un foco asociado, estando el o los focos y los sensores de imágenes dispuestos de manera que cada sensor de imágenes reciba la proyección radiográfica de la zona que debe inspeccionarse por los rayos procedentes del foco cuando el recipiente atraviesa estos rayos, siendo las direcciones de proyección de estas proyecciones radiográficas diferentes entre sí;
  - un sistema de adquisición unido a los sensores de imágenes, de manera que adquiera para cada recipiente durante su desplazamiento, por lo menos tres imágenes radiográficas de la zona que debe inspeccionarse, obtenidas de por lo menos tres proyecciones radiográficas de la zona que debe inspeccionarse, con unas direcciones de proyección diferentes;
  - y un sistema informático que analiza las por lo menos tres imágenes radiográficas, procedentes de por lo menos las tres proyecciones radiográficas diferentes, de manera que construya para cada recipiente, un modelo geométrico digital de la zona que debe inspeccionarse, conteniendo dicho modelo geométrico digital las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos, calculadas a partir de las por lo menos tres imágenes radiográficas, perteneciendo este conjunto de puntos a la superficie interna y/o externa de la pared del recipiente, con por lo menos dos puntos situados en un plano no ortogonal a una dirección de proyección, permitiendo cada modelo geométrico digital deducir por lo menos un diámetro interno del cuello medido en el modelo en un plano no ortogonal a una dirección de proyección, y/o por lo menos un grosor de la pared del cuerpo medido en el modelo en un plano no ortogonal a una dirección de proyección.

Además, la instalación según la invención puede comprender también en combinación por lo menos una y/u otra de las características adicionales siguientes:

- 40
  - 45
  - 50
  - 55
  - 60
  - 65
- por lo menos dos focos de producción de rayos X, posicionados separadamente en dos posiciones distintas y por lo menos tres sensores de imágenes, sensibles a los rayos X y posicionados de manera que:
    - cada foco emita su haz a través de por lo menos la zona que debe inspeccionarse para alcanzar por lo menos un sensor de imágenes asociado;
    - cada sensor de imágenes esté asociado a un foco y reciba los rayos X procedentes de dicho foco tras haber atravesado la zona que debe inspeccionarse;
  - por lo menos un foco del que procede un haz de rayos X divergente de apertura superior o igual a 120° o por lo menos dos focos de los que proceden unos haces de rayos X divergentes cuya suma de las aperturas es superior o igual a 120°;
  - por lo menos un foco dispuesto en el plano de transporte;
  - por un lado de un plano secante al volumen de transporte y ortogonal al plano de transporte, un foco del que procede un haz de rayos X divergente, de manera que su haz atraviese el plano secante y la zona que debe inspeccionarse;
  - por el lado opuesto con respecto al plano secante, por lo menos un sensor de imágenes asociado a dicho foco para recibir los rayos X procedentes de dicho foco;
  - por un lado del plano de transporte, un foco del que procede un haz de rayos X divergente, de manera que su haz atraviese el plano de transporte;
  - por el lado opuesto con respecto al plano de transporte, por lo menos un sensor de imágenes asociado a dicho foco para recibir los rayos X procedentes de dicho foco;

- 5 - por lo menos un foco y dos sensores de imágenes están dispuestos de manera que las direcciones de proyección de la zona inspeccionada que reciben tengan entre sí un ángulo útil superior o igual a 45° e inferior o igual a 90° y, ventajosamente superior o igual a 60° e inferior o igual a 90°;
- 10 - por lo menos un foco y un sensor de imágenes están dispuestos de manera que, cuando un recipiente atraviesa el campo de los sensores de imágenes, la dirección de proyección de la zona inspeccionada en el sensor de imágenes forme un ángulo de apertura con la dirección de desplazamiento comprendido entre 10° y 60°;
- 15 - los sensores de imágenes y los focos están dispuestos de manera que los rayos X procedentes del o de los focos y que alcanzan los sensores de imágenes y atraviesan la zona de un recipiente no atraviesen otros recipientes al mismo tiempo;
- 20 - entre uno y cuatro focos, procedentes de uno o de varios tubos generadores de rayos X;
- 25 - el número y la disposición de los sensores de imágenes y de los focos asociados, son tales que para cada recipiente durante su desplazamiento, las proyecciones radiográficas de la zona que debe inspeccionarse en los sensores de imágenes presenten entre tres y cuarenta, y preferentemente entre cuatro y quince direcciones de proyección diferentes;
- 30 - los sensores de imágenes son de tipo lineal y comprenden cada uno una red lineal de elementos sensibles a los rayos X, distribuidos según una recta de soporte que define con el foco asociado, un plano de proyección que contiene la dirección de proyección, estando estos sensores de imágenes dispuestos de manera que:
  - por lo menos m elementos sensibles de cada uno de estos sensores de imágenes reciban la proyección radiográfica de la zona que debe inspeccionarse por el haz de rayos X procedente del foco asociado;
  - los planos de proyección para los diferentes sensores de imágenes estén separados entre sí y no sean paralelos al plano de transporte;
- 35 - por lo menos tres sensores de imágenes lineales tienen sus rectas de soporte paralelas entre sí;
- 40 - por lo menos tres sensores de imágenes lineales tienen sus rectas de soporte ortogonales al plano de transporte;
- 45 - un foco está posicionado por un lado del plano de transporte, y según la invención por lo menos un sensor de imágenes lineal asociado, está posicionado por el lado opuesto al foco con respecto al plano de transporte y de manera que su recta de soporte sea paralela al plano de transporte;

Según la invención, la instalación comprende:

- 45 - un dispositivo de puesta a disposición para el sistema informático, del coeficiente de atenuación del vidrio que constituye los recipientes;
- 50 - un dispositivo de puesta a disposición para el sistema informático, de un modelo geométrico inicial de la zona que debe inspeccionarse que es una memoria de almacenamiento masivo, una red informática alámbrica o hertziana o una interfaz hombre-máquina;
- 55 - un dispositivo de puesta a disposición para el sistema informático, de valores y/o de tolerancias para las dimensiones del cuello y/o de valor mínimo de grosor de vidrio para la pared del cuerpo, y/o de por lo menos un modelo geométrico de referencia de un recipiente.

55 Otras diversas características se desprenden de la descripción realizada a continuación con referencia a los dibujos adjuntos que muestran, a título de ejemplos no limitativos, unas formas de realización del objeto de la invención.

60 La figura 1 es una vista esquemática superior que muestra una instalación que permite la medición por rayos X, de dimensiones en unos recipientes que se desplazan en línea.

60 La figura 2 es una vista esquemática en perspectiva lateral que muestra una instalación que permite la medición por rayos X, de dimensiones en un recipiente.

65 La figura 3 es una vista esquemática en sección que muestra una parte de un recipiente inspeccionado.

La figura 4 es una vista esquemática en perspectiva que muestra el volumen atravesado o generado por los

recipientes durante su desplazamiento lineal.

La figura 5 es una vista esquemática superior que muestra un ejemplo de realización de una instalación de acuerdo con la invención que comprende tres focos generadores de rayos X.

La figura 6 es una vista esquemática en alzado transversal de la instalación ilustrada en la figura 5.

La figura 7 es una vista esquemática en alzado lateral de la instalación ilustrada en la figura 5.

Las figuras 8 y 9 son unas vistas esquemáticas que explican la definición del ángulo útil entre dos direcciones de proyección.

Las figuras 10 y 11 son unas vistas esquemáticas en perspectiva que muestran el posicionamiento de sensores de imágenes con respecto al desplazamiento de los recipientes que deben inspeccionarse.

La figura 12 es una vista de un ejemplo de realización de una instalación de acuerdo con la invención que implementa unos sensores de imágenes matriciales.

La figura 13 es una vista de una matriz de elementos sensibles a los rayos X en la que aparecen dos zonas separadas correspondientes a dos sensores de imágenes matriciales.

La figura 14 es una vista de un modelo geométrico digital de un recipiente obtenido según el procedimiento de acuerdo con la invención, cuando la zona de inspección comprende el cuello.

La figura 15 presenta una sección vertical y cuatro secciones horizontales del modelo geométrico digital de un recipiente obtenido según el procedimiento de acuerdo con la invención y en el que se representan unas mediciones de dimensiones.

Como preliminar, se dan a continuación algunas definiciones de los términos utilizados en el marco de la invención.

Un foco Fj de un tubo generador de rayos X es una fuente de rayos X puntual, preferentemente un "microfoco", de diámetro comprendido por ejemplo entre 0,01 mm y 1 mm, que crea un haz divergente de rayos X. Es posible utilizar cualquier tipo de fuente de rayos X puntual o casi puntual.

Un elemento sensible es un elemento sensible a los rayos X, dicho de otra manera, una superficie elemental, de dimensión por ejemplo 0,2 × 0,2 mm o 0,02 × 0,02 mm, que convierte los rayos X que recibe en una señal eléctrica. Generalmente, un centelleador convierte los rayos X en luz visible y después un sensor fotoeléctrico convierte la luz visible en señal eléctrica. Existen asimismo unas técnicas de conversión directa de los rayos X en señal eléctrica. Un píxel designa un valor elemental de un punto de una imagen muestreada, caracterizado por su nivel de grises comprendido entre 0 y un valor máximo. Por ejemplo, para una imagen digital de 12 bits, un píxel toma unos valores digitales comprendidos entre 0 y 4095.

Un sistema de lectura o de adquisición de imágenes radiográficas comprende una o varias superficies sensibles a los rayos X, es decir unas superficies que comprenden unos elementos sensibles que convierten los rayos X en una señal eléctrica para ser transmitida a un sistema de análisis implementado habitualmente por un ordenador y designado como sistema informático en la continuación de la descripción. Las señales procedentes de un conjunto de elementos sensibles que pertenecen a una misma zona de superficie sensible, adquiridas por el dispositivo de adquisición y transmitidas juntas al sistema informático, constituyen una imagen radiográfica. Para ser analizadas por el sistema informático, las imágenes radiográficas se convierten preferentemente en imágenes radiográficas digitales o bien lo más cerca posible de la superficie sensible, o bien lo más lejos posible del sistema informático.

Los haces de rayos X procedentes de un foco Fj atraviesan por lo menos una zona inspeccionada, y forman en una superficie sensible, la proyección radiográfica de la zona inspeccionada, que se denomina a veces la imagen radiante y que contiene la información de atenuación de los rayos X por el material atravesado.

Se denomina sensor de imágenes Cji, una zona de superficie sensible a los rayos X que recibe la proyección radiográfica de la zona inspeccionada. Un sensor de imágenes Cji está expuesto a los rayos X procedentes de un foco Fj asociado. El sensor de imágenes convierte esta proyección radiográfica en una imagen radiográfica de la zona inspeccionada. Cuando la zona de superficie sensible contiene una línea de elementos fotosensibles, la imagen radiográfica transmitida es lineal, compuesta por una línea de píxeles que forman una tabla de valores de una dimensión. Cuando la zona de superficie sensible contiene una matriz de elementos fotosensibles, la imagen radiográfica transmitida es matricial, compuesta por una matriz de píxeles que forman una tabla de valores de dos dimensiones.

La dirección de proyección Dji es la dirección orientada o el vector que sale del foco Fj para pasar por el medio del sensor de imágenes Cji, es decir por el centro de una zona sensible a los rayos X que recibe la proyección

radiográfica de la zona inspeccionada en el momento de la adquisición durante el desplazamiento del recipiente entre el foco y el sensor de imágenes. Para un par sensor de imágenes-foco asociado, la dirección de proyección es el vector procedente del foco que alcanza el centro del sensor de imágenes. El posicionamiento de los sensores de imágenes es tal que la superficie sensible no es paralela a la dirección de proyección. Puede ser ventajoso en algunos casos que la superficie sensible del sensor de imágenes sea ortogonal a la dirección de proyección definida con el foco asociado. Pero esto no es obligatorio, por ejemplo si una superficie sensible contiene varias zonas sensibles que cooperan para cada toma de imagen, con varios focos diferentes, por lo tanto según unas direcciones de proyección diferentes.

Las direcciones de proyección D<sub>11</sub> de proyecciones radiográficas son diferentes si las direcciones de proyección D<sub>12</sub> tomadas de dos en dos forman entre sí un ángulo mínimo por lo menos igual a 5°.

Una zona de superficie sensible que contiene una sola línea de elementos sensibles constituye un sensor de imágenes lineales, que comprende una red lineal de elementos sensibles, distribuidos según un segmento de recta de soporte. Según esta definición, una columna o una línea perteneciente a una superficie sensible matricial, adquirida y transmitida separadamente por el dispositivo de adquisición se considera como un sensor de imágenes lineales. Varias zonas de superficie sensibles de una misma superficie y que contienen una sola línea de píxeles diferentes cada una, constituyen por lo tanto varios sensores de imágenes lineales. La dirección de proyección asociada a la imagen radiográfica lineal obtenida es por lo tanto la dirección que sale del foco y que pasa por el centro del segmento de recta de soporte en el instante de la adquisición de la imagen.

Una zona de superficie sensible que contiene una matriz de elementos sensibles constituye un sensor de imágenes matriciales, que comprende una red matricial de elementos sensibles a los rayos X, distribuidos según una matriz. Como se ilustra en la figura 12, según esta definición, una zona de superficie sensible matricial C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub>, que pertenece a una superficie sensible más grande S<sub>s</sub>, y que es adquirida y transmitida separadamente por el dispositivo de adquisición es un sensor de imágenes matriciales. Varias zonas de superficie sensible matriciales C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> de una misma superficie, adquiridas y transmitidas separadamente por el dispositivo de adquisición constituyen por lo tanto varios sensores de imágenes matriciales que proporcionan unas imágenes radiográficas diferentes respectivamente M<sub>11</sub>, M<sub>12</sub> (figura 13). La dirección D<sub>11</sub>, D<sub>12</sub> de proyección asociada a la imagen radiográfica matricial respectivamente M<sub>11</sub>, M<sub>12</sub> es la dirección que sale del foco F<sub>1</sub> y que pasa por el centro de la zona C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> de superficie sensible matricial, en el instante de la adquisición de la imagen. Por lo tanto, es posible que los sensores de imágenes C<sub>11</sub>, C<sub>12</sub> sean unas zonas no disociadas activadas sucesivamente en el tiempo.

Evidentemente, el experto en la materia puede utilizar una tecnología de sensor matricial basado en un amplificador de brillo, o bien una "cámara de recuperación de pantalla" en la que una placa de centelleador recibe la imagen radiante, la convierte en luz visible, siendo la imagen visible en la parte posterior del centelleador fotografiada por una cámara visible provista de un objetivo si es necesario.

Tal como se desprende de las figuras, el objeto de la invención se refiere a una instalación 1 que permite la implementación de un procedimiento para realizar unas mediciones de dimensiones en unos recipientes vacíos de vidrio 2. Habitualmente, un recipiente 2 es un objeto hueco que comprende un fondo 3 conectado a un talón o jable a partir del cual se eleva un cuerpo 4 que se prolonga por un hombro conectado a un gollete o cuello 5 terminado por un anillo 6 que delimita la boca que permite llenar o vaciar el recipiente. Así, como se ilustra en la figura 3, un recipiente 2 presenta una pared de vidrio 7 delimitada interiormente por una superficie interna 8 y exteriormente por una superficie externa 9. La pared 7 tiene entre la superficie interna 8 y la superficie externa 9 un grosor e. El cuello 5 presenta un diámetro interno D definido por la superficie interna de la pared.

Según una característica ventajosa de realización, se selecciona por lo menos una zona del recipiente para ser inspeccionada de manera que se puedan realizar unas mediciones de dimensiones en esta zona del recipiente, correspondiente a una característica dimensional de la zona que debe inspeccionarse. Normalmente, la zona que debe inspeccionarse puede comprender por lo menos el cuello 5 del recipiente y la medición de una característica dimensional de esta zona que debe inspeccionarse corresponde por lo menos al diámetro interno D del cuello. Asimismo, la zona que debe inspeccionarse puede comprender por lo menos una parte de la pared del cuerpo 4 comprendida entre el jable y el hombro y delimitada por ejemplo por dos planos paralelos al plano de colocación del recipiente, y la medición de una característica dimensional de esta zona que debe inspeccionarse corresponde al grosor e de la pared de vidrio comprendido entre las superficies interna 8 y externa 9 que delimitan esta pared 7. La invención está, por lo tanto, particularmente adaptada para medir unas dimensiones en relación con la superficie interna de la pared a nivel del cuello y/o del cuerpo del recipiente. Así, el procedimiento según la invención permite medir por lo menos o bien un diámetro interno del cuello, o bien un grosor de la pared de vidrio, o bien un diámetro interno del cuello y un grosor de la pared de vidrio

Asimismo, la zona que debe inspeccionarse puede corresponder a una parte de la pared 7 que comprende el cuerpo, el jable o el fondo del recipiente. La zona que debe inspeccionarse puede corresponder también a la totalidad del recipiente 2. Las dimensiones medidas son unos grosores de pared de vidrio en el cuerpo, en el fondo, en el jable, unas alturas, unos diámetros internos o externos, unas anchuras, por ejemplo para unos filetes en el

cuello. Estas mediciones permiten también deducir una característica dimensional de la zona que debe inspeccionarse, como por ejemplo la ovalización del recipiente o un recipiente con cuello inclinado.

5 El procedimiento según la invención se implementa para unos recipientes 2 de vidrio, es decir para unas series de objetos fabricados compuestos por un solo material, es decir el vidrio. Se considera que el coeficiente de atenuación  $\mu$  del vidrio es único, es decir que tiene el mismo valor en cualquier punto de una zona que debe inspeccionarse de los recipientes y preferentemente constante en el tiempo e idéntico para los recipientes de la serie. Estas condiciones se cumplen ya que la composición del vidrio es estable en unos hornos que producen  
10 varios centenares de toneladas de vidrio al día. Se debe observar que el coeficiente de atenuación  $\mu$  del vidrio es rigurosamente una propiedad espectral  $\mu(\lambda)$  según la longitud de onda  $\lambda$  o la energía de los rayos X. Esta característica no se tiene en cuenta necesariamente en el procedimiento según la invención en la medida en que, como la fuente de rayos X tiene una composición espectral emitida propia, es posible considerar que la atenuación  $\mu$  es una característica del vidrio para el espectro de la fuente seleccionada. El experto en la materia sabrá por otro lado realizar la invención utilizando cualquier procedimiento para tener en cuenta la atenuación espectral de los  
15 haces. También sabrá adaptar el espectro emitido, por ejemplo endureciéndolo.

Por consiguiente, la atenuación del aire se puede considerar insignificante ante la del vidrio. La atenuación de un haz de rayos X que atraviesa el recipiente dependerá únicamente, por un lado, de dicha atenuación constante para el espectro de rayos X emitido, y por otro lado, del grosor acumulado de vidrio atravesado. Alternativamente, se  
20 considera que el grosor de aire atravesado es grande y uniforme para todos los haces, se puede considerar por lo tanto conocido. La atenuación debida al aire se puede restar de la atenuación total medida. Así, el nivel de grises en cada imagen radiográfica, eventualmente corregido, depende única y directamente del grosor de vidrio atravesado acumulado total. Es posible determinar entonces con precisión unas superficies límite que son las transiciones entre el aire y el vidrio.

25 Así, el sistema informático tiene en cuenta el coeficiente de atenuación del vidrio de los recipientes en curso de inspección para esta operación de cálculo. Ventajosamente, la instalación 1 comprende un dispositivo de puesta a disposición para el sistema informático, del coeficiente de atenuación del vidrio de los recipientes, conocido por ejemplo por los análisis del vidrio en el horno. Este dispositivo de puesta a disposición puede ser realizado por una memoria de almacenamiento masivo, una interfaz hombre-máquina o por una red informática alámbrica o hertziana.  
30

La instalación 1 comprende asimismo un dispositivo 11 de transporte de los recipientes 2 en un plano de transporte  $P_c$ , según una trayectoria plana, con una dirección materializada por un vector  $T$  de desplazamiento. Preferentemente, la trayectoria es sustancialmente rectilínea. Habitualmente, el dispositivo de transporte 11 es una cinta transportadora de banda o de cadenas que asegura una traslación lineal de los recipientes en posición erguida, es decir con el fondo 3 de los recipientes apoyado sobre la cinta transportadora para establecerse en el plano de transporte  $P_c$ .  
35

40 La instalación según la invención permite la implementación de un procedimiento para realizar automáticamente unas mediciones de dimensiones lineales en unos recipientes 2 que se desplazan desfilando con cadencia elevada. La invención se refiere a un control denominado "en línea" de una serie de recipientes, después de una etapa de transformación o fabricación, con el fin de controlar la calidad de los recipientes o del procedimiento de transformación o de fabricación.  
45

El procedimiento funciona para una cadencia de desplazamiento de un flujo de recipientes 2. Idealmente, la instalación 1 es capaz de procesar la producción a la cadencia de producción, por ejemplo, de 600 recipientes por minuto.

50 Sin embargo, la duración de cálculo puede exceder el intervalo entre dos recipientes. Asimismo, los tiempos de exposición de los sensores de imágenes y de lectura pueden ser demasiado largos. Si el flujo más rápido no puede ser procesado por una sola instalación de acuerdo con la invención, entonces se pueden utilizar varias instalaciones en paralelo, que controlan una parte de la producción cada una. Así, es posible dividir el flujo de producción en dos o tres flujos paralelos inspeccionados por dos o tres instalaciones según la invención. Evidentemente, el interés económico de la invención se alcanza si el número de flujos y por lo tanto de instalaciones según la invención sigue siendo bajo.  
55

La invención aporta una mejora considerable gracias a la medición de la superficie interna y del grosor de las paredes, sin contacto y en desplazamiento de los recipientes, se eliminan las operaciones complejas de puesta en rotación de los artículos tales como las implementadas en los carruseles. Esto permite asimismo una cartografía de grosor en toda la periferia y en toda la altura de la zona inspeccionada. Para el control del cuello, la invención permite unas mediciones en el cuello, para todos los recipientes de la producción, mientras que la técnica anterior realiza únicamente una prueba de conformidad binaria por plantilla o mediciones en algunas muestras tomadas. Por lo tanto, estas mediciones permiten una observación de las derivas del procedimiento de fabricación.  
60

65 Tal como se desprende más precisamente de las figuras 1 y 2, la dirección de desplazamiento de los recipientes 2 se establece según un eje horizontal X de un punto de referencia X, Y, Z que comprende un eje vertical Z

perpendicular al eje horizontal X y un eje transversal Y perpendicular al eje vertical Z y al eje horizontal X, y estando X e Y en un plano paralelo al plano de transporte Pc que es sustancialmente horizontal.

5 Tal como se desprende más precisamente de la figura 4, durante su desplazamiento en traslación, los recipientes 2 generan o atraviesan un volumen denominado de transporte Vt. El plano Ps es el plano secante del volumen de transporte Vt, ortogonal al plano de transporte Pc y paralelo a la dirección de desplazamiento T. Por ejemplo, un plano medio separa el volumen en dos subvolúmenes iguales. El plano Ps es un plano vertical en la medida en que el plano de transporte es generalmente horizontal.

10 La instalación 1 comprende asimismo como se ilustra en las figuras 1 y 2, por lo menos un foco Fj (variando j entre 1 y k) de un tubo 12 generador de rayos X que crea un haz divergente de rayos X dirigido para atravesar el volumen de transporte Vt y más precisamente atravesar por lo menos la zona que debe inspeccionarse del recipiente 2. Se debe observar que el recipiente 2 es de vidrio de manera que la zona que debe inspeccionarse del recipiente está realizada en un material cuyo coeficiente de absorción en transmisión es homogéneo para una radiación X dada.

15 La instalación 1 comprende asimismo por lo menos tres sensores de imágenes Cji (variando i entre 1 y N, N superior o igual a 3) sensibles a los rayos X y situados de manera que estén expuestos a los rayos X procedentes de un foco Fj asociado y que han atravesado el volumen de transporte Vt y más precisamente, por lo menos la zona que debe inspeccionarse del recipiente 2. Evidentemente, el tubo 12 y los sensores de imágenes Cji están situados fuera del volumen de transporte Vt para permitir el libre desplazamiento de los recipientes en este volumen. Habitualmente, los tubos 12 generadores de rayos X y los sensores de imágenes Cji están colocados en un recinto estanco a los rayos X.

20 Los haces de rayos X procedentes de un foco Fj asociado a dicho sensor de imágenes Cji, atraviesan por lo menos la zona inspeccionada, y forman en el sensor de imágenes la proyección radiográfica de la zona inspeccionada, según una dirección de proyección Dji (figuras 1 y 2). La dirección de proyección Dji es la dirección orientada del vector que sale del foco Fj para pasar por el centro Mji del sensor de imágenes Cji. El o los focos Fj y los sensores de imágenes Cji están dispuestos de manera que cada sensor de imágenes reciba una proyección radiográfica de la zona que debe inspeccionarse según una dirección de proyección de la zona que debe inspeccionarse.

25 La instalación 1 comprende asimismo un sistema de adquisición unido a los sensores de imágenes Cji, de manera que se adquieran para cada recipiente 2 durante su desplazamiento, por lo menos tres proyecciones radiográficas de la zona que debe inspeccionarse que presentan unas direcciones diferentes. Se recuerda que la dirección de proyección asociada a la imagen radiográfica obtenida es la dirección que sale del foco y que pasa por el centro de la zona de la superficie sensible del sensor de imágenes, en el momento de la adquisición de la imagen. Así, las por lo menos tres proyecciones radiográficas tienen unas direcciones de proyecciones que forman de dos en dos, un ángulo entre sí.

30 El sistema de adquisición está unido a un sistema informático no representado, pero de cualquier tipo conocido. Según una característica ventajosa de realización, el sistema informático registra con la ayuda de los sensores de imágenes Cji, para cada recipiente durante su desplazamiento, unas imágenes radiográficas procedentes de un número determinado de proyecciones radiográficas de la zona que debe inspeccionarse según unas direcciones de proyección diferentes. Normalmente, el número de direcciones de proyección Dji diferentes está comprendido entre tres y cuarenta, y preferentemente entre cuatro y quince. Según una variante ventajosa de realización, la instalación 1 comprende entre tres y cuarenta sensores de imágenes Cj. Según una variante preferida de realización, la instalación 1 comprende entre cuatro y quince sensores de imágenes Cji.

35 Como se explicará en detalle en la continuación de la descripción, el sistema informático está programado para analizar, para cada recipiente, las por lo menos tres imágenes radiográficas procedentes de las por lo menos tres proyecciones radiográficas de direcciones diferentes de manera que se determine, para cada recipiente, un modelo geométrico digital de la zona que debe inspeccionarse que contiene las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos pertenecientes a la pared del recipiente en la zona inspeccionada. Más precisamente, cada modelo geométrico digital contiene las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos pertenecientes por lo menos a la superficie interna de la pared del recipiente y preferentemente, a la superficie interna y a la superficie externa de la pared del recipiente. La determinación de las coordenadas tridimensionales de estos puntos permite realizar unas mediciones dimensionales del recipiente para la zona inspeccionada, es decir por lo menos un diámetro interno del cuello o por lo menos un grosor de la pared de vidrio del cuerpo 4 del recipiente o por lo menos un diámetro interno del cuello y un grosor de la pared de vidrio del cuerpo del recipiente.

40 La determinación de las coordenadas tridimensionales de estos puntos y la realización de las mediciones dimensionales se pueden realizar de cualquier manera apropiada mediante las técnicas conocidas de análisis de datos geométricos tridimensionales.

45 Generalmente, el modelo geométrico digital de la zona que debe inspeccionarse contiene las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos, calculadas a partir de las por lo menos tres imágenes radiográficas de la zona que debe inspeccionarse. Este conjunto de puntos pertenece a la superficie interna y/o externa de la pared

del recipiente, con por lo menos dos puntos tridimensionales del espacio situados en un plano no ortogonal a una dirección de proyección Dji.

5 Ventajosamente, el modelo geométrico digital de la zona que debe inspeccionarse que contiene las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos está constituido por:

- por lo menos dos puntos tridimensionales del espacio que pertenecen cada uno a una superficie interna y/o externa de la pared del recipiente y situados en un plano no ortogonal a una dirección de proyección Dji y no paralela a la dirección T de desplazamiento;
- 10 - y/o por lo menos una representación de superficie de las superficies interna y externa de la pared del recipiente que contiene unos puntos que no pertenecen a un plano ortogonal a una dirección de proyección Dji, y no pertenecen a un plano paralelo a la dirección T de desplazamiento;
- 15 - y/o por lo menos una sección de la zona que debe inspeccionarse, según un plano diferente de un plano ortogonal a una dirección de proyección Dji y diferente de un plano paralelo a la dirección T de desplazamiento

20 Las mediciones dimensionales se efectúan a continuación según uno de los procedimientos descritos en la continuación de la descripción.

25 Generalmente, las mediciones dimensionales realizadas en el modelo geométrico digital de cada recipiente se refieren a por lo menos un diámetro interno del cuello medido en dicho modelo en un plano no ortogonal a una dirección de proyección Dji, y/o a por lo menos un grosor de la pared del cuerpo medido en dicho modelo en un plano no ortogonal a una dirección de proyección Dji.

Un ejemplo preferido de realización consiste en determinar, para cada recipiente, un modelo geométrico digital que representa la superficie interna y la superficie externa del recipiente en la zona que debe inspeccionarse.

30 Según este ejemplo, el análisis digital de las imágenes radiográficas relativas a cada recipiente permite construir para cada uno de estos recipientes, un modelo geométrico digital tridimensional. En otras palabras, para cada recipiente inspeccionado por radiografía, se construye un modelo geométrico digital tridimensional a partir de las imágenes radiográficas correspondientes a dicho recipiente. Eventualmente, este modelo geométrico digital puede ser simplemente un apilamiento de modelos geométricos digitales bidimensionales. La realización de un modelo geométrico digital es la manera -en términos matemático, gráfico y de estructura de datos- en la que se representan y se manipulan en forma digital unos recipientes tridimensionales en una memoria de un sistema informático.

35 La modelización puede ser en volumen. El recipiente de un solo material se puede representar por lo tanto mediante unos vóxeles cuyo valor representa una cantidad de material. El vóxel puede estar lleno, parcialmente lleno o vacío de material (en este caso es aire). El modelo geométrico en volumen se puede analizar para localizar los límites del recipiente y a continuación para medir unas dimensiones lineales tales como unas longitudes o unos grosores. También se puede transformar en modelo de superficie, es decir en el que se modelizan unas superficies límite del recipiente.

40 Es posible obtener un modelo de superficie directamente a partir de las imágenes radiográficas, es decir sin pasar por el cálculo de un modelo en volumen.

45 En las modelizaciones de superficie, un recipiente está definido por lo menos por una superficie tridimensional. Una superficie tridimensional corresponde a la frontera entre el material del recipiente y el entorno exterior (generalmente el aire), lo cual permite aprehender las nociones de interior y de exterior del recipiente. Generalmente, las superficies tridimensionales se modelizan de varias maneras tales como por modelización poligonal, por curvas o superficies paramétricas (cilindros, conos, esferas, *splines*, etc.) o por subdivisión de superficies. Con la ayuda de un enmallado de poliedros, por ejemplo unos triángulos, las superficies tridimensionales de los recipientes se representan mediante unos conjuntos de facetas planas conectadas por sus aristas.

50 Una sección de un recipiente tridimensional es su intersección con un plano. La sección de las superficies tridimensionales son unas curvas bidimensionales en el plano de sección. El conocimiento de estas curvas bidimensionales en una sucesión de planos de corte permite la reconstrucción de las superficies tridimensionales.

60 Con el fin de realizar unas mediciones de longitudes, existen varios enfoques.

65 En un primer procedimiento en volumen, es posible recorrer un modelo en volumen según una recta o un haz de rectas y determinar los vóxeles de límite material/aire.

En un segundo procedimiento de superficie, es posible calcular un segmento cuyos extremos son las

intersecciones de una recta con la superficie límite material/aire de un modelo de superficie. Los algoritmos resuelven bastante bien los problemas topológicos. Los puntos de intersección son únicos. Por último, un procedimiento mixto consiste en transformar el modelo en volumen en un modelo de superficie, y en aplicar después el segundo procedimiento.

5 Un tercer procedimiento consiste en determinar en un plano de corte, la distancia entre dos puntos de una o de dos curvas bidimensionales, siendo cualquier curva un límite entre material y aire.

10 Un punto tridimensional es un punto cuyas coordenadas son conocidas en el espacio tridimensional, en cualquier punto de referencia.

Estos tres procedimientos anteriores son unos ejemplos de determinación de una distancia entre dos puntos tridimensionales, para determinar una medición de dimensión lineal.

15 El objetivo de la invención es realizar unas mediciones más completas que las posibles mediante simples imágenes radiográficas bidimensionales. En efecto, es fácil con la ayuda de un sensor de imágenes matriciales obtener una imagen radiográfica bidimensional correspondiente a una proyección de la zona inspeccionada y medir unas dimensiones en un plano ortogonal a la dirección de proyección denominado "plano proyectado". Asimismo, es fácil con la ayuda de un sensor de imágenes lineales obtener una imagen radiográfica bidimensional correspondiente a una proyección en abanico (planos paralelos) de la zona inspeccionada obtenida por yuxtaposición de las líneas de imágenes sucesivas adquiridas durante el desplazamiento en la dirección de desplazamiento T, y medir unas dimensiones en un plano proyectado, que es paralelo a la dirección de desplazamiento. Por el contrario, según la invención, se pueden medir unas dimensiones lineales según unas direcciones que no están ni contenidas en los planos proyectados, ni son paralelas a los planos proyectados. El procedimiento según la invención consiste en efecto, cuando tiene lugar el procesamiento de una combinación de imágenes radiográficas según por lo menos tres direcciones de proyección diferentes, en reconstruir y medir unas dimensiones según prácticamente todas las direcciones. Esto es posible mediante cualquier procedimiento que permita la determinación de puntos tridimensionales en el espacio pertenecientes a una superficie límite incluida en la zona que debe inspeccionarse del recipiente. La reconstrucción de un modelo tridimensional de la zona que debe inspeccionarse, de tipo de superficie o de volumen o a base de planos de corte, es un procedimiento posible. En efecto, según la invención se puede o bien indirectamente a partir de un modelo de superficie o de volumen o de planos de corte, o bien directamente, determinar por lo menos dos puntos tridimensionales, incluso preferentemente unas nubes de puntos tridimensionales, distribuidos según unas direcciones no medibles únicamente en las imágenes radiográficas bidimensionales.

35 El modelo geométrico digital está compuesto por lo tanto por elementos geométricos tales como puntos, segmentos, superficies, volúmenes elementales, calculados a partir de las proyecciones radiográficas, considerando para calcular cada elemento, la atenuación de por lo menos ciertos rayos X que han atravesado este punto sobre el recipiente vacío real, con el objetivo de que el modelo geométrico digital sea una representación fiel de la geometría del recipiente vacío real, que incluye unas deformaciones con respecto a un recipiente vacío ideal. Dicho de otra manera, las coordenadas de los elementos geométricos se determinan considerando que dichas coordenadas han modificado las proyecciones radiográficas, incluso cuando estos elementos geométricos no son distinguibles en ninguna de las proyecciones radiográficas 2D. Las mediciones de dimensiones en el modelo geométrico digital proporcionan por lo tanto unas informaciones sobre las dimensiones de cada recipiente vacío modelizado, a partir de elementos geométricos distinguibles en alguna de las proyecciones radiográficas.

50 Como el recipiente de vidrio está compuesto por un material único, por lo tanto con un coeficiente de atenuación constante o considerado como tal, es ventajoso determinar su modelo geométrico digital en forma de superficies. Es posible determinar y representar en el modelo geométrico digital por ejemplo, la superficie interna del cuello del recipiente. La zona inspeccionada contiene según este ejemplo, el cuello 3 y se extiende por lo tanto entre el plano de superficie de anillo 6 y un plano que le es paralelo. Se puede medir entonces el diámetro interno del cuello D. Más exactamente, se pueden medir varios diámetros internos del cuello D. Seleccionando una altura dada, por ejemplo seleccionando un plano de corte paralelo a la superficie del anillo o al fondo del recipiente, se pueden medir varios diámetros de entre 0 y 360° en este plano. Es posible determinar así el diámetro de apertura  $D_0$  (o boca), por ejemplo a 3 mm bajo la boca posicionando un plano de corte 3 mm bajo la superficie del anillo. También es posible determinar un diámetro D mínimo en toda la altura h de la superficie interna del cuello para reemplazar la medición por brochado.

60 Dada la geometría de los recipientes, es más sencillo razonar en coordenadas cilíndricas. En el momento de realizar las mediciones en un recipiente, el procedimiento ha realizado un modelo geométrico digital MGN que representa con precisión por lo menos la zona que debe inspeccionarse de dicho recipiente correspondiente al cuello, por ejemplo como se ilustra en la figura 14 o como se ilustra en la figura 15, una sección vertical o cuatro secciones horizontales del modelo geométrico digital MGN del recipiente

65 Se puede definir un marco de coordenadas cilíndricas ZM,  $\rho$ ,  $\theta$  en este modelo geométrico digital, con el eje ZM que corresponde al eje de simetría de dicho modelo de recipiente, con la altura Z según el eje ZM que es igual a

cero cuando está situada en el plano de colocación. En el caso de un recipiente cilíndrico o cónico, se puede definir ZM como un eje ortogonal al plano de colocación y que pasa por el centro del fondo del recipiente. De hecho, el modelo geométrico digital MGN de un recipiente comprende unas superficies internas SI y externas SE.

5 Según una variante ventajosa para la medición del cuello de cada recipiente, el procedimiento consiste en medir en el modelo geométrico digital MGN, como diámetros interiores  $D$  del cuello, las longitudes de un conjunto de segmentos de recta, siendo dichos segmentos:

- 10 • ortogonales al eje de simetría ZM del modelo geométrico digital,
- cruzando el eje de simetría ZM del modelo geométrico digital,
- estando situados por lo menos a dos alturas diferentes ZG1, ZG2 en el cuello del modelo geométrico digital;
- 15 • de direcciones distribuidas angularmente alrededor del eje de simetría ZM del modelo geométrico digital, con por lo menos un segmento no ortogonal a las direcciones de proyección Dij;
- para cada altura, en número superior al número de direcciones de proyecciones Dij;
- 20 - y uniendo cada segmento dos puntos que pertenecen a la superficie interna del cuello del modelo geométrico digital y que son opuestos con respecto al eje de simetría ZM del modelo geométrico digital del recipiente.

25 Se debe observar que los segmentos cruzarían exactamente el eje de simetría ZM en el sentido matemático, únicamente en el caso de recipientes ideales de revolución perfecta. Evidentemente, este no es el caso ya que el modelo geométrico digital representa un recipiente real.

30 Se recuerda que un objetivo principal de la invención es realizar en línea, es decir cuando los recipientes están en traslación rápida en una cinta transportadora, y sin el contacto de un sensor mecánico o neumático, varias mediciones que son necesarias, según los tipos de producción, para garantizar la conformidad del cuello.

35 El brochado es la posibilidad de introducir en el cuello un cilindro de diámetro mínimo, por ejemplo la cánula de llenado. Para medir el brochado según la invención, se puede determinar el diámetro mínimo en varias alturas según el eje de simetría ZM y según varias direcciones según unos ángulos  $\theta$  que varían entre 0 y 360°. Se puede simular asimismo la introducción de un cilindro, en el interior de la superficie interna del modelo geométrico digital de cada recipiente, a nivel de su cuello, y determinar el diámetro máximo que alcanza el cilindro cuando se inscribe, por lo tanto en contacto sin poder crecer más, en el interior de la superficie interna del cuello o de un conjunto de puntos de dicha superficie interna. Para medir el perfil de descorchado de cada recipiente, se puede, a partir de la superficie de anillo Zb del modelo geométrico digital, y después paso a paso en una profundidad Zb-p determinada

40 a partir de la superficie de anillo, calcular en cada altura  $Z \in [Zb-p; Zb]$  un dato estadístico de los diámetros como por ejemplo el diámetro  $D$  mínimo en cada profundidad o altura  $Z$ , es decir  $\min_{\theta} D$ , deducir una función de perfil como el diámetro mínimo en función de la profundidad, es decir  $\text{perfil}(Z) = \min_{\theta} \emptyset(Z)$ , y comparar este perfil con unos perfiles de referencia.

45 Para medir el diámetro  $D_0$  de apertura, por ejemplo a una profundidad de 3 mm, se puede verificar que todos los diámetros  $D$  entre la superficie de anillo Zb hasta la profundidad de 3 mm están contenidos en el intervalo de tolerancia.

50 Según una característica ventajosa de esta variante, el procedimiento consiste para la medición de los grosores e de la pared de cada recipiente, en medir un conjunto de longitudes de segmentos que reúnen de dos en dos unos puntos de la superficie exterior SE y unos puntos de la superficie interior SI del modelo geométrico digital de cada recipiente. Los segmentos medidos son:

- 55 • preferentemente sustancialmente ortogonales a una de las superficies interna y externa, preferentemente a la superficie externa SE;
- están situados a por lo menos dos alturas diferentes ZE1, ZE2 en la zona que debe inspeccionarse;
- 60 • de direcciones cercanas a unos rayos que salen del eje de simetría ZM y distribuidos angularmente alrededor del eje de simetría del modelo geométrico digital, con por lo menos un segmento no ortogonal a las direcciones de proyección Dij;
- para cada altura, están en número superior al doble del número de direcciones de proyecciones Dij.

65 Es posible asimismo seleccionar como zona que debe inspeccionarse, por ejemplo el cuerpo 4 del recipiente que se extiende entre el jable y el hombro. Así, la zona que debe inspeccionarse puede estar delimitada por dos planos

paralelos al fondo 3 o al plano de colocación del recipiente, uno posicionado por encima del jable y el otro bajo el hombro. Se determina entonces el modelo geométrico digital de las superficies interna y externa de la zona inspeccionada, lo cual permite medir el grosor del vidrio e comprendido entre estas superficies en múltiples puntos, proporcionando así una medición de la distribución del vidrio.

5 Como se ilustra en la figura 15, se puede por lo menos para dos alturas distintas ZE1, ZE2, medir el grosor e de la pared a lo largo de varios segmentos radiales ortogonales al eje ZM y distribuidos entre 0 y 360°. Se realiza así como mínimo la misma función que permiten los sensores ópticos en una máquina que hace girar el recipiente, es decir buscar el grosor mínimo en la circunferencia en una, dos, tres o cuatro alturas distintas.

10 Según la invención, el modelo geométrico digital de la zona inspeccionada de cada recipiente comprende las superficies internas SI y externas SE. Se puede determinar por lo tanto, el grosor e midiendo un gran número de segmentos unidos a la superficie externa SE y a la superficie interna SI, distribuidos uniformemente por toda la altura Z y las direcciones  $\theta$ , con un paso de altura dZ y un paso angular d $\theta$  tan finos como los permitidos por la resolución de los sensores y del modelo geométrico digital calculado para cada recipiente. Así, se puede cartografiar el grosor en la totalidad o parte de la zona de inspección, incluso de un recipiente completo.

15 Según una variante de realización, el procedimiento se caracteriza por que se calcula un grosor mínimo en la zona que debe inspeccionarse, o bien se determina una zona conexas de la pared que presenta un grosor inferior a un umbral de tolerancia denominado "zona delgada" y se decide la calidad del recipiente en función del grosor mínimo o de la superficie y/o de la forma de la zona delgada.

20 Según una variante de realización, la zona que debe inspeccionarse corresponde a por lo menos una parte del cuello 5 del recipiente de manera que se analicen las imágenes radiográficas para construir un modelo geométrico digital de por lo menos la superficie interna del cuello de manera que el diámetro interno del cuello D se pueda medir y corresponder a la medición de una característica dimensional de la zona que debe inspeccionarse.

25 Según otra variante de realización, la zona que debe inspeccionarse corresponde a por lo menos una parte del cuerpo 4 del recipiente de manera que se analicen las imágenes radiográficas de manera que se construya un modelo geométrico digital de la superficie interna y de la superficie externa del recipiente en la parte de pared inspeccionada, y a partir de las superficies interna y externa del modelo geométrico digital, que se obtenga la medición del grosor e de la pared de vidrio del cuerpo del recipiente comprendida entre dichas superficies.

30 Según una variante preferida de realización, la zona que debe inspeccionarse comprende por lo menos una parte del cuello y una parte de la pared del cuerpo del recipiente de manera que se analicen las imágenes radiográficas de manera que se construya un modelo geométrico digital de la superficie interna y de la superficie externa del recipiente, y a partir de las superficies interna y externa del modelo geométrico digital, que se obtengan las mediciones de un diámetro interno del cuello y del grosor de la pared de vidrio del cuerpo del recipiente.

35 Se desprende de la descripción anterior que la invención permite construir para cada recipiente un modelo geométrico digital que corresponde por lo menos a la zona que debe inspeccionarse que comprende por lo menos una parte del cuello y/o una parte del cuerpo de cada recipiente. Como se ha indicado anteriormente, el modelo geométrico digital se construye utilizando el coeficiente de atenuación del vidrio que constituye los recipientes 2.

40 Algunos de los procedimientos de mediciones anteriores equivalen a analizar la geometría del modelo geométrico digital de cada recipiente según unas secciones sucesivas a diferentes alturas Z, de planos ortogonales al eje de simetría ZM del modelo geométrico digital del recipiente, por lo tanto de las secciones horizontales, que se analizan a continuación según unas direcciones radiales, haciendo que varíe la dirección de medición con el ángulo  $\theta$  entre 0 y 360°. Evidentemente, se obtienen los mismos resultados mediante unos cortes según unos planos secantes al eje de simetría ZM de los recipientes, por lo tanto unas secciones verticales, distribuidas según unos ángulos  $\theta$  entre 0 y 360°.

45 Según una variante ventajosa de realización, el modelo geométrico digital se construye asimismo utilizando un modelo geométrico inicial de la zona inspeccionada que permite acelerar y fiabilizar los cálculos de reconstrucción del modelo geométrico digital de cada recipiente.

50 Así, el modelo geométrico inicial es un modelo digital geométrico de la serie de recipientes, que sirve de inicialización para un software de reconstrucción con el fin de construir el modelo geométrico digital de cada recipiente inspeccionado. Su función es principalmente proporcionar al sistema informático unas informaciones sobre la forma, la geometría y las dimensiones del objeto a modelizar por el cálculo.

55 Gracias a estas informaciones iniciales, resulta posible:

- 60 - no modelizar, a partir de las imágenes radiográficas, la atenuación en unas zonas del espacio de imágenes vacías de material iniciales, ya que la atenuación se considera nula en ellas; y/o

- modelizar a partir de las imágenes radiográficas únicamente las superficies sobre las que se van a realizar las mediciones de dimensiones, eventualmente directamente sin pasar por la determinación de vóxeles; y/o
- determinar únicamente unas desviaciones entre las superficies modelizadas a partir de las imágenes radiográficas y de las superficies ideales teóricas.

El conocimiento del modelo geométrico inicial de los recipientes de vidrio permite asimismo no determinar a partir de las imágenes radiográficas, unos valores de atenuación en unas zonas del espacio que contienen material según el modelo inicial, ya que es conocida como la del vidrio utilizado.

Sin embargo, es preciso entender que según la invención, ninguna medición de un recipiente se deduce de una medición en el modelo geométrico inicial, ya que este modelo es conocido independientemente de dicho recipiente y representa un ideal teórico no real.

Así, el modelo geométrico inicial es un modelo digital de la serie de recipientes, que sirve de inicialización para el software de reconstrucción.

El sistema informático dispone por lo tanto de un modelo geométrico inicial de la zona que debe inspeccionarse para efectuar esta operación de cálculo. Así, la instalación 1 comprende un dispositivo de puesta a disposición para el sistema informático, de un modelo geométrico inicial de la zona que debe inspeccionarse para los recipientes o unas series de recipientes.

El dispositivo de puesta a disposición para el sistema informático de un modelo geométrico inicial de la zona que debe inspeccionarse es una memoria de almacenamiento masivo, una red informática alámbrica o hertziana o una interfaz hombre-máquina.

Según una primera variante de la invención, el modelo geométrico inicial se obtiene mediante el modelo digital de diseño por ordenador de los recipientes, realizado cuando tiene lugar su diseño (CAD 3D). En este caso, se pone a disposición del sistema informático mediante diferentes medios posibles, tales como una conexión a través de una red informática, a una base de datos que contiene varios modelos CAD correspondientes a los diversos modelos de recipientes susceptibles de ser medidos en producción, una selección por el operario en una base de datos interna de la instalación, etc.

Según una segunda variante de la invención, el modelo geométrico inicial se obtiene de un modelo digital geométrico construido a partir de la medición de uno o de varios recipientes de la misma serie (por lo tanto del mismo modelo comercial) mediante un dispositivo de medición, por ejemplo mediante una máquina para medir por palpador o un aparato de tomografía axial. El modelo geométrico inicial se puede construir por una fusión de las mediciones de varios recipientes fabricados de la misma serie.

Según una tercera variante de la invención, el modelo geométrico inicial es un modelo digital geométrico generado por el sistema informático a partir de valores introducidos y/o de diseños realizados y/o de formas seleccionadas por un operario en la interfaz hombre-máquina del sistema.

Por ejemplo, para proporcionar el modelo geométrico inicial en el caso de un control de las dimensiones internas del cuello, la zona inspeccionada contiene por lo menos el cuello, por lo tanto la zona del recipiente comprendida entre el vértice del anillo y el hombro del recipiente. El modelo geométrico inicial del cuello puede ser un simple tronco de cono hueco del que se conocen la altura, los dos diámetros superior e inferior, y el grosor de la pared. También puede ser un modelo geométrico completo, por ejemplo de un anillo de tipo vino, con sus relieves externos, contra anillo, redondeados incluidos. Según otro ejemplo, el sistema informático puede recibir mediante sus interfaces unas descripciones técnicas del modelo inicial, que comprende por ejemplo un tipo de anillo roscado estandarizado descrito o bien por un modelo 3D registrado, o bien por unos parámetros de longitudes, profundidades y pasos de rosca, etc.

Asimismo, para proporcionar el modelo geométrico inicial en el caso de un control de la distribución de vidrio a nivel del cuerpo del recipiente, la zona inspeccionada se extiende por lo menos por una altura de inspección situada entre el jable (o talón) y el hombro. El modelo geométrico inicial del cuerpo puede ser una sencilla parte de cilindro hueco perfecto, del que solo se enseña el diámetro exterior, la altura y el grosor medio. El medio de puesta a disposición del modelo digital inicial puede estar limitado por lo tanto a la introducción o a la transmisión digital de los valores de diámetro exterior, altura y grosor. Evidentemente, estos procedimientos se generalizan fácilmente para unos recipientes de cualquier forma, por ejemplo de sección poligonal.

Se debe entender que el modelo geométrico inicial debe contener como mínimo suficientes informaciones técnicas, geométricas, topológicas y/o digitales, para informar al sistema informático sobre la estructura general tridimensional de la serie de recipientes, pudiendo ser el grado de detalle y de precisión de estas informaciones ser muy bajo sin penalizar la precisión buscada para las mediciones lineales.

Es posible parametrizar el control poniendo a disposición del sistema informático unas posiciones de galgas virtuales. En este caso, el dispositivo según la invención comprende evidentemente unos medios de puesta a disposición de los intervalos de tolerancias de las mediciones.

5 Otro medio de determinar unas mediciones de dimensiones y su conformidad es la comparación del modelo geométrico digital de la zona inspeccionada con un modelo geométrico de referencia o teórico.

10 El modelo geométrico de referencia es un modelo ideal de la serie de los recipientes inspeccionados. Para realizar un control dimensional, se puede comparar el modelo geométrico digital de la zona inspeccionada de cada recipiente con el modelo geométrico de referencia común a la serie de recipientes, mediante un algoritmo que comprende la puesta en correspondencia de los modelos, y después la medición de las desviaciones entre los modelos. El modelo geométrico de referencia puede proceder del CAD por lo menos para la superficie externa de los recipientes.

15 Es posible proceder así a una operación de puesta en correspondencia del modelo geométrico digital de la zona inspeccionada de cada recipiente con el modelo geométrico de referencia, y determinar después las desviaciones de dimensión midiendo unas distancias entre unos elementos de superficie que pertenecen al modelo de referencia y unos elementos de superficie que pertenecen al modelo geométrico digital. Por ejemplo, se puede medir según la invención lo que los vidrieros denominan el "diámetro de apertura", que se especifica por una tolerancia de diámetro mínimo y máximo, por ejemplo un intervalo de tolerancia de 18 mm +/- 0,5, sobre una profundidad determinada a partir de la superficie de anillo, por ejemplo 3 mm. Según la invención, es posible posicionar de manera virtual, una primera superficie cilíndrica de 3 mm de altura, de diámetro máximo que se inscribe en la superficie interna modelizada del cuello, y asimismo una segunda superficie cilíndrica de 3 mm de altura, de diámetro mínimo que contiene la superficie interna de cada recipiente modelizado, y considerar como mediciones del diámetro de apertura de cada recipiente los diámetros de las superficies cilíndricas inscrita y exinscrita, que se comparan respectivamente con las tolerancias.

20 Según una variante de la invención, el modelo geométrico de referencia y el modelo geométrico inicial son el mismo modelo geométrico.

30 Según otra variante de la invención, el modelo geométrico inicial es menos preciso, menos completo y/o diferente del modelo geométrico de referencia.

35 Se desprende de la descripción anterior que el sistema informático determina para cada recipiente, por lo menos un diámetro interno del cuello y/o un grosor de la pared de vidrio del cuerpo del recipiente. Generalmente, la invención permite realizar una serie de mediciones de dimensiones en los recipientes 2. El control dimensional consiste en medir unas dimensiones reales y en compararlas con las dimensiones exigidas. *A priori*, cualquier recipiente de una serie es parecido al recipiente de referencia ideal que tiene las dimensiones exigidas pero se diferencia por unas variaciones dimensionales. El objetivo es generalmente comparar las mediciones obtenidas en los recipientes con unos valores exigidos, definidos por ejemplo por un servicio de calidad. Estas mediciones de dimensiones o las diferencias de estas mediciones con respecto a los valores exigidos se pueden visualizar, registrar, etc. Pueden servir también para tomar decisiones de conformidad de los recipientes que se pueden clasificar automáticamente. Según una característica ventajosa de realización, el sistema informático está unido a un dispositivo de visualización de los valores de mediciones lineales de la zona que debe inspeccionarse y/o de las diferencias dimensionales con respecto a unos valores de referencia. Por ejemplo, la instalación según la invención puede comprender una pantalla de visualización de las imágenes radiográficas de la zona inspeccionada y de las dimensiones medidas.

45 Según una característica ventajosa de realización, el sistema informático está unido a un dispositivo de clasificación de los recipientes en función de la medición lineal de la zona que debe inspeccionarse. Así, este dispositivo de clasificación puede expulsar del dispositivo de transporte los recipientes considerados defectuosos considerando las dimensiones lineales medidas.

50 Evidentemente, las posiciones relativas de los focos  $F_j$  y de los sensores de imágenes  $C_{ji}$  son diversas, recordándose que los focos  $F_j$  y los sensores de imágenes  $C_{ji}$  están posicionados fuera del volumen de transporte  $V_t$ .

55 Según una variante de realización, la instalación 1 comprende un solo foco  $F_j = F_1$  dispuesto según un lado del volumen de transporte  $V_t$  y una serie de sensores de imágenes  $C_{ji} = C_{1i} = C_{11}, C_{12}, C_{13}, \dots$  dispuestos según el lado opuesto del volumen de transporte  $V_t$  para recibir los rayos procedentes del foco  $F_1$  y que han atravesado la zona que debe inspeccionarse. En este ejemplo, el foco presenta una apertura  $O_f$  que se mide en por lo menos un plano cualquiera, como por ejemplo el plano X, Y en la figura 1, que es superior o igual a  $120^\circ$ . Esta apertura  $O_f$  se considera a la salida del foco, en el caso en el que la instalación comprenda entre el foco y el volumen  $V_t$ , o entre el volumen  $V_t$  y los sensores de imágenes, unas pantallas de limitación de los haces únicamente a los haces útiles, con el objetivo de reducir la difusión.

Según otra variante de realización, por lo menos dos focos  $F_j$  ( $F_1$  y  $F_2$ ) de producción de rayos X, están posicionados separadamente en dos posiciones distintas y por lo menos tres sensores de imágenes  $C_{ji}$ , sensibles a los rayos X están colocados de manera que cada foco esté asociado a por lo menos un sensor de imágenes  $C_{ji}$ , y que cada sensor de imágenes  $C_{ji}$  esté asociado a un foco y reciba los rayos X procedentes de dicho foco y que atraviesan la zona que debe inspeccionarse. En este ejemplo, cada foco presenta una apertura superior o igual a  $60^\circ$  de manera que la suma de las aperturas de los dos focos sea superior o igual a  $120^\circ$ .

En el ejemplo de realización ilustrado en las figuras 5 a 7, la instalación 1 comprende tres focos  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  asociados cada uno a un tubo 12 generador separado. La instalación 1 comprende también cinco sensores de imágenes  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$ ,  $C_{14}$  y  $C_{15}$  sensibles cada uno a los rayos X procedentes del primer foco asociado  $F_1$ , cinco sensores de imágenes  $C_{21}$ ,  $C_{22}$ ,  $C_{23}$ ,  $C_{24}$  y  $C_{25}$  sensibles cada uno a los rayos X procedentes del segundo foco asociado  $F_2$  y tres sensores de imágenes  $C_{31}$ ,  $C_{32}$ ,  $C_{33}$  sensibles cada uno a los rayos X procedentes del tercer foco asociado  $F_3$ .

Según este ejemplo de realización, la instalación comprende por lo menos un foco (y en el ejemplo, dos focos  $F_1$  y  $F_2$ ) de cada uno de los cuales procede un haz de rayos X divergente. Por lo menos un foco (y en el ejemplo, dos focos  $F_1$  y  $F_2$ ) están posicionados por un lado del plano secante  $P_s$  de manera que cada uno de los haces atraviese el plano secante  $P_s$  y la zona que debe inspeccionarse, mientras que por lo menos un sensor de imágenes  $C_{ji}$  asociado a dicho foco  $F_j$  para recibir los rayos X procedentes de dicho foco  $F_j$  está dispuesto por el lado opuesto con respecto al plano secante  $P_s$ . (En el ejemplo, son los cinco sensores de imágenes  $C_{11}$ ,  $C_{12}$ ,  $C_{13}$ ,  $C_{14}$  y  $C_{15}$  sensibles cada uno a los rayos X procedentes del foco asociado  $F_1$  y los cinco sensores de imágenes  $C_{21}$ ,  $C_{22}$ ,  $C_{23}$ ,  $C_{24}$  y  $C_{25}$  sensibles cada uno a los rayos X procedentes del foco asociado  $F_2$ ). Evidentemente, se puede prever disponer un foco por un lado del plano secante  $P_s$  y otro foco por el otro lado del plano secante  $P_s$  de manera que los sensores de imágenes asociados estén dispuestos asimismo a uno y otro lado del plano secante  $P_s$ .

Según una variante ventajosa de realización que se ilustra en las figuras 5 a 7, un foco  $F_j$  del cual procede un haz de rayos X divergente está dispuesto por un lado del plano de transporte  $P_c$  de manera que su haz atraviese el plano de transporte  $P_c$ , mientras que por lo menos un sensor de imágenes  $C_{ji}$  está asociado a dicho foco  $F_j$  para recibir los rayos X procedentes de dicho foco está posicionado por el lado opuesto con respecto al plano de transporte  $P_c$ . En el ejemplo ilustrado, un foco  $F_3$  está dispuesto por encima del plano de transporte  $P_c$  mientras que tres sensores de imágenes  $C_{31}$ ,  $C_{32}$ ,  $C_{33}$  están posicionados por debajo del plano de transporte  $P_c$ . Evidentemente, la posición entre el foco y los sensores de imágenes se puede invertir con respecto al plano de transporte.

Según una variante ventajosa de realización, por lo menos uno de los focos  $F_j$  está dispuesto en el plano de transporte  $P_c$ . Preferentemente, estos focos cooperan con unos sensores de imágenes asociados situados opuestos con respecto al plano secante  $P_s$ , y así en el caso de un transporte de los recipientes dispuestos en una cinta transportadora plana, esta disposición permite que en las imágenes radiográficas, las proyecciones de los recipientes no se superpongan a la proyección de la cinta transportadora. Así, en el modelo geométrico digital de los recipientes, se puede determinar con precisión la parte del recipiente en contacto con la cinta transportadora.

Según una característica ventajosa de realización, la disposición de los sensores de imágenes  $C_{ji}$  y de los focos es tal que los rayos X procedentes del o de los focos  $F_j$  y que alcanzan los sensores de imágenes  $C_{ji}$  atraviesan únicamente una zona que debe inspeccionarse a la vez. En otras palabras, los rayos X atraviesan únicamente un solo recipiente a la vez. Se debe observar que la instalación puede comprender un sistema para controlar la separación entre los recipientes sucesivos en desplazamiento, como por ejemplo unos tornillos o unas correas en contacto lateral con los recipientes.

Un objetivo de la invención es obtener un procedimiento no solo rápido, sino también poco costoso, apto para calcular con la precisión necesaria para un control dimensional. La invención pretende reducir el número de imágenes necesarias para la reconstrucción a la cantidad mínima que permite alcanzar la precisión dimensional deseada. Por ejemplo, la invención permite con nueve proyecciones y un número limitado de imágenes de la zona inspeccionada, medir el diámetro interno de un cilindro con  $\pm 0,05$  mm. Ventajosamente, la instalación de acuerdo con la invención comprende entre uno y cuatro focos  $F_j$  y preferentemente uno o dos focos  $F_j$  y preferentemente entre cuatro y quince sensores de imágenes  $C_{ji}$ .

Según la invención, conviene disponer los sensores de imágenes y el o los focos con el fin de que la combinación de las por lo menos tres direcciones de proyecciones optimice la determinación del modelo geométrico digital de la zona inspeccionada, considerando que es preciso dejar el volumen atravesado  $V_t$  libre para la circulación de los recipientes. Las reglas siguientes se utilizan ventajosamente en el marco de la invención, siendo estas reglas válidas para unos sensores de imágenes lineales o matriciales.

En la continuación, un ángulo es un valor absoluto. Las figuras 8 y 9 ilustran dos direcciones de proyección  $D_{ji}$  y  $D'_{ji}$  que también son unos vectores. Estas figuras muestran el ángulo  $r$  entre estas dos direcciones de proyección, es decir  $r = (D_{ji}, D'_{ji})$  y  $s$  el ángulo complementario al ángulo  $r$ , es decir  $s = 180^\circ - r$ . Por definición, el ángulo útil  $\alpha$

entre dos direcciones de proyección diferentes  $D_{ji}$  y  $D'_{ji}$ , es el más pequeño de los ángulos  $r$  y  $s$ , es decir  $\alpha = \text{Min}(r, s)$ . Así, el ángulo útil  $\alpha$  es el más pequeño de los ángulos formados por las dos rectas que llevan las direcciones de proyección  $D_{ji}$ ,  $D'_{ji}$  y devueltas a cualquier punto de la zona inspeccionada.

5 Según una variante ventajosa de la invención, se adquieren para cada recipiente por lo menos dos imágenes procedentes de dos proyecciones radiográficas según dos direcciones diferentes  $D_{ji}$  y  $D'_{ji}$  que forman entre ellas un ángulo útil  $\alpha$  superior o igual a  $45^\circ$  e inferior o igual a  $90^\circ$ . Según una variante ventajosa de realización, se adquieren para cada recipiente por lo menos dos imágenes procedentes de dos proyecciones radiográficas según dos direcciones diferentes que forman entre ellas un ángulo útil  $\alpha$  superior o igual a  $60^\circ$  e inferior o igual a  $90^\circ$ .

10 Para ello, la instalación 1 según la invención comprende por lo menos un foco y dos sensores de imágenes dispuestos de manera que las direcciones de proyección de la zona inspeccionada que reciben tengan entre sí un ángulo útil  $\alpha$  superior o igual a  $45^\circ$  e inferior o igual a  $90^\circ$  y, ventajosamente, superior o igual a  $60^\circ$  e inferior o igual a  $90^\circ$ .

15 Por ejemplo como se muestra en la figura 5, el ángulo útil  $\alpha$  entre las direcciones  $D_{15}$  y  $D_{11}$ , y entre las direcciones  $D_{13}$  y  $D_{25}$  son superiores a  $45^\circ$ . Evidentemente, se debe entender que por lo menos un ángulo útil es superior o igual a  $45^\circ$  e inferior o igual a  $90^\circ$  y ventajosamente que por lo menos un ángulo útil es superior o igual a  $60^\circ$  e inferior o igual a  $90^\circ$  y los otros ángulos útiles entre dos direcciones  $D_{ji}$  son cualesquiera. El experto en la materia sabrá buscar a partir de esta regla, una disposición que ofrezca la distribución más completa posible de las direcciones de proyecciones de la zona inspeccionada.

Según otra característica ventajosa, para cada recipiente, el sistema informático adquiere por lo menos una imagen radiográfica de la zona inspeccionada correspondiente a una dirección de proyección que forma un ángulo de apertura  $\beta$  determinado con la dirección de desplazamiento  $T$ .

25 Como se ilustra en las figuras 10 y 11, se considera el ángulo  $p$  entre una dirección de proyección (vector  $D_{ji}$ ) y la trayectoria de los recipientes (vector  $T$ ), es decir el ángulo  $p = (D_{ji}, T)$  es decir  $p = (D_{11}, T)$  y  $p = (D_{12}, T)$  en el ejemplo ilustrado en la figura 10 y  $p = (D_{22}, T)$  y  $p = (D_{11}, T)$  en el ejemplo ilustrado en la figura 11. El ángulo  $q$  complementario del ángulo  $p$  es tal que  $q = 180^\circ - p$ . Por definición, el ángulo de apertura  $\beta$  entre una dirección de proyección  $D_{ji}$  y la trayectoria  $T$  es el más pequeño de los ángulos  $p$  y  $q$ , es decir  $\beta = \text{Min}(p, q)$ . Así, el ángulo de apertura  $\beta$  es el más pequeño de los ángulos formados por las dos rectas que llevan, una la dirección de proyección  $D_{ji}$  y la otra la trayectoria  $T$ , devueltas a cualquier punto de la zona inspeccionada.

35 Según otra característica ventajosa, para cada recipiente, el sistema informático adquiere por lo menos una imagen radiográfica de la zona inspeccionada correspondiente a una dirección de proyección  $D_{ji}$  que tiene con la dirección de desplazamiento  $T$ , un ángulo de apertura  $\beta$  comprendido entre  $10^\circ$  y  $60^\circ$ . En otras palabras, la instalación según la invención comprende por lo menos un foco y un sensor de imágenes  $C_{ji}$  dispuestos de manera que, cuando un recipiente atraviesa el campo de los sensores de imágenes, la dirección de proyección  $D_{ji}$  de la zona inspeccionada en el sensor de imágenes  $C_{ji}$  forme un ángulo de apertura  $\beta$  con la dirección de desplazamiento  $T$  comprendido entre  $10^\circ$  y  $60^\circ$ .

40 En otras palabras, la configuración de la instalación 1 está optimizada para reducir su espacio ocupado en la dirección de desplazamiento conservando al mismo tiempo un volumen atravesado  $V_t$  adaptado a los recipientes y una buena calidad de reconstrucción.

45 Debido al volumen atravesado  $V_t$ , la instalación no produce ninguna proyección alrededor de la dirección de desplazamiento  $T$ . El volumen atravesado  $V_t$  impone un ángulo beta mínimo. Según la invención  $\beta_{\text{min}} = 10^\circ$ . No hay ningún sensor dispuesto de manera que proporcione una proyección de ángulo  $\beta$  inferior a  $10^\circ$ .

50 Se debe deducir de lo expuesto anteriormente que la distribución de los ángulos de proyecciones para cada recipiente no es uniforme según la invención.

Como se ilustra en la figura 9, la distribución de los ángulos de proyección presenta una laguna, que se denomina una zona de ángulo muerto, de dos veces  $2 \times 10^\circ$ , es decir  $20^\circ$ , en lugar de tener una cobertura completa de  $180^\circ$ .

55 Por ejemplo como se ilustra en la figura 10, una instalación según la invención comprende por lo menos un foco  $F_1$  y dos sensores de imágenes  $C_{11}$ ,  $C_{12}$  cuyas direcciones de proyecciones  $D_{11}$ ,  $D_{12}$  definen con la dirección de desplazamiento  $T$ , un ángulo de apertura  $\beta$  comprendido entre  $10^\circ$  y  $60^\circ$  correspondientes respectivamente a los ángulos  $p$  y  $q$ . En el ejemplo ilustrado en la figura 11, la instalación comprende por lo menos un sensor de imágenes  $C_{11}$ , asociado a un foco  $F_1$  y un sensor de imágenes  $C_{22}$  asociado a un foco  $F_2$ . Las direcciones de proyecciones  $D_{11}$ ,  $D_{22}$  definen el ángulo de apertura  $\beta$  comprendido entre  $10^\circ$  y  $60^\circ$  y correspondiente a los ángulos  $p$ . Asimismo, la instalación ilustrada en la figura 5, comprende un sensor de imágenes  $C_{11}$  asociado al foco  $F_1$  y cuya dirección de proyección  $D_{11}$  forma un ángulo  $\beta$  comprendido entre  $10^\circ$  y  $60^\circ$ , con respecto a la dirección de desplazamiento  $T$ .

65 Los sensores de imágenes  $C_{ji}$  son del tipo matricial o lineal.

Según una variante preferida de realización, la instalación 1 comprende unos sensores de imágenes lineales. Según esta variante preferida, cada sensor de imágenes Cji comprende una red lineal de elementos sensibles a los rayos X, distribuidos según una recta de soporte Lji que define con el foco asociado Fj, un plano de proyección Pji que contiene la dirección de proyección Dji (figura 2). Estos sensores de imágenes Cji están dispuestos de manera que por lo menos m elementos sensibles de cada uno de estos sensores de imágenes reciban la proyección radiográfica de la zona que debe inspeccionarse por el haz de rayos X procedente del foco Fj asociado, con los planos de proyección Pji para los diferentes sensores de imágenes que están separados entre sí y no son paralelos al plano de transporte Pc. El número m de elementos sensibles de cada sensor de imágenes lineales es superior a 128, preferentemente superior a 512. La distancia entre elementos sensibles vecinos (denominada "paso" o "pitch" en inglés) y/o la dimensión de los elementos sensibles es preferentemente inferior a 800 µm. La frecuencia de lectura de las líneas de imágenes es preferentemente superior a 100 Hz, ventajosamente superior a 1 kHz. Evidentemente, estos parámetros se adaptan en función del tamaño de los recipientes, la precisión buscada y la velocidad de desplazamiento.

Según una característica ventajosa de realización, por lo menos tres sensores de imágenes Cji lineales tienen sus rectas de soporte Lji paralelas entre sí.

Según otra característica ventajosa de realización, por lo menos tres sensores de imágenes Cji lineales tienen sus rectas de soporte Lji ortogonales al plano de transporte Pc.

Según una variante, un foco Fj está posicionado con el fin de que su haz atraviese la zona inspeccionada y después el plano de transporte Pc. Además, por lo menos un sensor de imágenes Cji lineal asociado está posicionado de manera opuesta al foco Fj con respecto al plano de transporte Pc y de manera que su recta de soporte Lji sea paralela al plano de transporte Pc.

Según estas variantes de realización con unos sensores de imágenes lineales, el sistema de adquisición adquiere con la ayuda de cada uno de los por lo menos tres sensores de imágenes Cji, en cada desplazamiento incremental de cada recipiente en la trayectoria, unas imágenes lineales radiográficas de la zona que debe inspeccionarse según un número seleccionado con el fin de que para cada recipiente, el conjunto de la zona que debe inspeccionarse se encuentre representado completamente en el conjunto de las imágenes lineales radiográficas. Así, cuando tiene lugar el desplazamiento de un recipiente, cada sensor de imágenes es apto para adquirir unas imágenes radiográficas lineales de manera que el conjunto de la zona que debe inspeccionarse del recipiente se encuentre representado completamente en el conjunto de las imágenes lineales radiográficas obtenidas a partir de dicho sensor de imágenes. Así, para cada recipiente, se obtienen por lo menos tres conjuntos de imágenes lineales radiográficas de la zona que debe inspeccionarse que se analizan a continuación. Es posible constituir unas imágenes radiográficas matriciales de la zona inspeccionada, por yuxtaposición de los conjuntos de imágenes lineales radiográficas. Pero la reconstrucción del modelo geométrico y la medición no lo imponen necesariamente.

Se debe observar que teniendo en cuenta el volumen atravesado  $V_t$ , no se adquiere ninguna proyección radiográfica en la zona de ángulo muerto ( $\beta < \pm 10^\circ$ ) situada a uno y otro lado de la dirección del desplazamiento T. El procedimiento según la invención permite, a pesar de la ausencia de proyecciones radiográficas en este intervalo de ángulos, reconstruir, gracias al modelo geométrico inicial, un modelo geométrico digital preciso y completo del recipiente. Así, es posible realizar unas mediciones de dimensión lineal en todo el modelo geométrico digital y en particular según unas direcciones no ortogonales a las direcciones de proyección posibles, incluidas unas mediciones de dimensión lineal según unas direcciones de medición ortogonales a las direcciones de proyecciones ausentes correspondientes a la zona de ángulo muerto situada a uno y otro lado de la dirección de desplazamiento T. En efecto, sin el procedimiento según la invención, por ejemplo con los procedimientos destinados a la tomografía axial "completos" tradicionales, en el caso en que no se adquiriera ninguna proyección radiográfica según las direcciones de un ángulo muerto, entonces el modelo reconstruido presenta asimismo en un sector angular ortogonal al ángulo muerto, unos errores de reconstrucción que imposibilitan determinar una superficie con precisión y, por lo tanto, que imposibilitan cualquier medición de dimensión lineal de un recipiente.

El desplazamiento incremental es la traslación efectuada por el recipiente entre dos adquisiciones sucesivas de imágenes. Para una velocidad de desplazamiento dada de los recipientes, el desplazamiento incremental está limitado inferiormente por la velocidad de lectura de los sensores de imágenes. Este parámetro, combinado con la resolución vertical de los sensores de imágenes lineales, (o con las resoluciones horizontal y vertical de los sensores de imágenes matriciales), condiciona la densidad de puntos medidos del modelo geométrico digital, por lo tanto *in fine* la resolución espacial y la precisión de la medición de la característica dimensional de la zona que debe inspeccionarse. Por ejemplo, el desplazamiento incremental podrá ser inferior a 0,5 mm, preferentemente inferior a 0,2 mm, lo cual significa que los sensores de imágenes se leen 5 veces durante un desplazamiento de 1 mm de los recipientes.

Evidentemente, el número de focos, el número de sensores de imágenes asociados a cada foco, y sus disposiciones relativas se seleccionan de cualquier manera apropiada en función del grado de precisión de medición deseado, de la forma de los recipientes y de su separación en la cinta transportadora.

5 La invención permite la medición de dimensiones (para un control dimensional) en unos recipientes de vidrio que se desplazan con cadencia elevada y sin contacto, mediante por lo menos tres proyecciones de rayos X de direcciones diferentes, y mediante un cálculo óptimo, rápido y suficientemente exacto, gracias a la propiedad monomaterial y por el conocimiento *a priori* de la forma general de los recipientes.

10 Se debe observar que en las vidrierías, es posible que varias series de recipientes diferentes estén presentes al mismo tiempo en una misma línea de control. La instalación según la invención se puede utilizar para inspeccionar un flujo de recipientes compuesto por varias series diferentes, por ejemplo una primera serie y una segunda serie. En este caso, la instalación comprende un sistema de indicación al sistema informático de la serie a la que pertenece cada uno de los recipientes con el fin de implementar el procedimiento de la invención en todos los recipientes de una misma serie. Dicho de otra manera, la instalación está provista de un medio para poner a disposición del sistema informático, un modelo geométrico inicial de cada serie de recipientes, y el sistema informático está adaptado con el fin de asociar las imágenes radiográficas de cada recipiente con la serie a la que pertenece.

15 La invención no está limitada a los ejemplos descritos y representados, ya que se le pueden aportar diversas modificaciones sin apartarse de su alcance.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de medición de dimensiones de por lo menos una zona que debe inspeccionarse de recipientes vacíos de vidrio de una serie (2) que presentan cada uno una pared que forma un cuello y un cuerpo y delimitada por una superficie interna y una superficie externa, consistiendo el procedimiento en:
- 5 - seleccionar por lo menos una zona que debe inspeccionarse que comprende por lo menos una parte del cuello y/o una parte del cuerpo del recipiente;
  - 10 - transportar los recipientes colocados sobre su fondo en un plano de transporte ( $P_c$ ) según una trayectoria plana con una dirección materializada por un vector ( $T$ ) de desplazamiento, generando estos recipientes un volumen de transporte ( $V_t$ ) durante su desplazamiento;
  - 15 - posicionar, a uno y otro lado de la zona que debe inspeccionarse, por lo menos un foco ( $F_j$ ) de un tubo generador de rayos X y unos sensores de imágenes ( $C_{ji}$ ) sensibles a los rayos X y expuestos cada uno a los rayos X procedentes de un foco asociado ( $F_j$ ), habiendo atravesado estos rayos X por lo menos la zona que debe inspeccionarse produciendo en cada sensor de imágenes una proyección radiográfica según una dirección de proyección ( $D_{ji}$ );
  - 20 - adquirir con la ayuda de los sensores de imágenes ( $C_{ji}$ ) para cada recipiente durante su desplazamiento, por lo menos tres imágenes radiográficas de la zona inspeccionada, obtenidas de por lo menos tres proyecciones radiográficas de la zona que debe inspeccionarse cuyas direcciones de proyección son diferentes;
  - 25 - construir con la ayuda de un sistema informático, un modelo geométrico digital de la zona que debe inspeccionarse para cada recipiente, a partir de por lo menos tres imágenes radiográficas, conteniendo dicho modelo geométrico las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos, calculadas a partir de las por lo menos tres imágenes radiográficas, perteneciendo este conjunto de puntos a la superficie interna y/o externa de la pared del recipiente, con por lo menos dos puntos situados en un plano no ortogonal a una de dichas direcciones de proyección ( $D_{ji}$ ),
  - 30 - deducir por lo menos un diámetro interno del cuello medido en el modelo en un plano no ortogonal a una de dichas direcciones de proyección ( $D_{ji}$ ), y/o por lo menos un grosor de la pared del cuerpo medido en el modelo en un plano no ortogonal a una de dichas direcciones de proyección ( $D_{ji}$ ).
- 35 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el modelo geométrico digital de la zona que debe inspeccionarse que contiene las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos está constituido por:
- 40 - por lo menos dos puntos tridimensionales del espacio pertenecientes cada uno a una superficie interna y/o externa de la pared del recipiente y situados en un plano no ortogonal a una dirección de proyección ( $D_{ji}$ ), y no paralelo a la dirección ( $T$ ) de desplazamiento;
  - 45 - y/o por lo menos una representación de superficie de las superficies interna y externa de la pared del recipiente que contiene unos puntos que no pertenecen a un plano ortogonal a una dirección de proyección ( $D_{ji}$ ), y que no pertenecen a un plano paralelo a la dirección ( $T$ ) de desplazamiento;
  - 50 - y/o por lo menos una sección de la zona que debe inspeccionarse, según un plano diferente de un plano ortogonal a una dirección de proyección ( $D_{ji}$ ) y diferente de un plano paralelo a la dirección ( $T$ ) de desplazamiento.
- 55 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que consiste en seleccionar como zona que debe inspeccionarse, por lo menos una zona definida que se extiende entre dos planos paralelos al plano de transporte ( $P_c$ ).
- 60 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que consiste, para la medición del cuello de cada recipiente, en medir como diámetros interiores del cuello, las longitudes de un conjunto de segmentos de recta, siendo dichos segmentos:
- 65 • ortogonales al eje de simetría del modelo geométrico digital;
  - cruzando el eje de simetría del modelo geométrico digital;
  - estando situados en por lo menos dos alturas distintas ( $ZG_1$ ,  $ZG_2$ ) en el cuello del modelo geométrico digital;
  - de direcciones distribuidas angularmente alrededor del eje de simetría del modelo geométrico digital, con

por lo menos un segmento no ortogonal a las direcciones de proyección (Dij);

- para cada altura, en número superior al número de direcciones de proyecciones (Dij);

5           - y uniendo cada segmento dos puntos que pertenecen a la superficie interna del cuello del modelo geométrico digital y que son opuestos con respecto al eje de simetría del modelo geométrico digital del recipiente.

10       5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que se calcula el diámetro mínimo en varias alturas y varias direcciones del cuello del modelo geométrico digital, de manera que se determine la medición de brochado o de diámetro de apertura.

15       6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que consiste, para la medición de los grosores de la pared de cada recipiente, en medir un conjunto de longitudes de segmentos que reúnen de dos en dos unos puntos de la superficie exterior y unos puntos de la superficie interior del modelo geométrico digital de cada recipiente, siendo los segmentos medidos:

- sustancialmente ortogonales a una de las superficies interna y externa, preferentemente a la superficie externa;
- estando situados en por lo menos 2 alturas distintas (HE1, HE2) en la zona que debe inspeccionarse;
- de direcciones cercanas a unos rayos que salen del eje de simetría y distribuidos angularmente alrededor del eje de simetría del modelo geométrico digital del recipiente, con por lo menos un segmento no ortogonal a las direcciones de proyección (Dij);
- para cada altura, en número superior al doble del número de direcciones de proyecciones (Dij).

30       7. Procedimiento según la reivindicación anterior, caracterizado por que se calcula un grosor mínimo en la zona que debe inspeccionarse, o bien se determina una zona conexas de la pared que presenta un grosor inferior a un umbral de tolerancia denominado "zona delgada" y se decide la calidad del recipiente en función del grosor mínimo o de la superficie y/o de la forma de la zona delgada.

35       8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que consiste en realizar y adquirir unas proyecciones radiográficas de la zona inspeccionada de un recipiente de manera que los rayos X procedentes del o de los focos y que alcanzan los sensores de imágenes (Cji) no atraviesen otros recipientes.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que:

- 40       - los sensores de imágenes (Cji) son de tipo lineal, comprendiendo cada uno una red lineal de elementos sensibles a los rayos X, distribuidos según una recta de soporte (Lji) que define con el foco asociado (Fj), un plano de proyección (Pji) que contiene la dirección de proyección (Dji), estando estos sensores de imágenes dispuestos de manera que:
  - 45           • por lo menos m elementos sensibles de cada uno de estos sensores de imágenes reciban la proyección radiográfica de la zona que debe inspeccionarse por el haz de rayos X procedente del foco (Fj) asociado;
  - 50           • los planos de proyección (Pji) para los diferentes sensores de imágenes sean distintos entre sí y no paralelos al plano de transporte (Pc);
- 55       - se adquieren con la ayuda de cada uno de los por lo menos tres sensores de imágenes lineales (Cji), en cada desplazamiento incremental de cada recipiente según la trayectoria (T), unas imágenes lineales radiográficas de la zona que debe inspeccionarse según un número seleccionado con el fin de que para cada recipiente, el conjunto de la zona que debe inspeccionarse se encuentre representado completamente en el conjunto de las imágenes lineales radiográficas;
- 60       - se analizan para cada recipiente, los por lo menos tres conjuntos de imágenes lineales radiográficas de la zona que debe inspeccionarse.

60       10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que consiste en poner a disposición del sistema informático, un modelo geométrico inicial de la zona que debe inspeccionarse de la serie de recipientes, obtenido mediante:

- 65       - el modelo digital de diseño por ordenador de los recipientes de la serie;
- o el modelo digital geométrico obtenido a partir de la medición de uno o de varios recipientes de la misma

serie por un dispositivo de medición;

- o el modelo digital geométrico generado por el sistema informático a partir de valores introducidos y/o de dibujos realizados y/o de formas seleccionadas por un operario en una interfaz hombre-máquina del sistema informático.

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que consiste en poner a disposición del sistema informático el valor del coeficiente de atenuación del vidrio que constituye los recipientes.

12. Instalación de medición automática de dimensiones lineales de por lo menos una zona que debe inspeccionarse de recipientes vacíos de vidrio (2), que presentan cada uno una pared que forma un cuello y un cuerpo y delimitada por una superficie interna y una superficie externa, comprendiendo la instalación:

- un dispositivo (11) de transporte de los recipientes en una dirección materializada por un vector (T) de desplazamiento, según una trayectoria sustancialmente rectilínea en un plano de transporte (Pc), recorriendo los recipientes un volumen de transporte (Vt) extendido en la dirección (T);
- por lo menos un foco (Fj) de un tubo (12) generador de rayos X situado fuera del volumen atravesado (Vt), y que crea un haz divergente de rayos X dirigido para atravesar por lo menos una zona que debe inspeccionarse que comprende por lo menos una parte del cuello y/o una parte del cuerpo del recipiente;
- por lo menos tres sensores de imágenes (Cji), situados fuera del volumen de transporte (Vt), de manera que reciban unos rayos X procedentes de un foco (Fj) asociado, estando el o los focos (Fj) y los sensores de imágenes (Cji) dispuestos de manera que cada sensor de imágenes reciba la proyección radiográfica de la zona que debe inspeccionarse por los rayos procedentes del foco (Fj) cuando el recipiente atraviesa estos rayos, siendo las direcciones de proyección (Dji) de estas proyecciones radiográficas diferentes entre sí;
- un sistema de adquisición unido a los sensores de imágenes (Cji), de manera que se adquieran para cada recipiente durante su desplazamiento, por lo menos tres imágenes radiográficas de la zona que debe inspeccionarse, obtenidas de por lo menos tres proyecciones radiográficas de la zona que debe inspeccionarse, con unas direcciones de proyección diferentes;
- y un sistema informático que analiza las por lo menos tres imágenes radiográficas, procedentes de por lo menos las tres proyecciones radiográficas diferentes, de manera que construyan para cada recipiente, un modelo geométrico digital de la zona que debe inspeccionarse, conteniendo dicho modelo geométrico digital las coordenadas tridimensionales de un conjunto de puntos, calculadas a partir de las por lo menos tres imágenes radiográficas, perteneciendo este conjunto de puntos a la superficie interna y/o externa de la pared del recipiente, con por lo menos dos puntos situados en un plano no ortogonal a una de dichas direcciones de proyección (Dji), estando dicho sistema informático configurado para deducir de dicho modelo geométrico digital por lo menos un diámetro interno del cuello medido en el modelo en un plano no ortogonal a una de dichas direcciones de proyección (Dji), y/o por lo menos un grosor de la pared del cuerpo medido en el modelo en un plano no ortogonal a una de dichas direcciones de proyección (Dji).

13. Instalación según la reivindicación 12, caracterizada por que comprende por lo menos dos focos (F1, F2) de producción de rayos X, posicionados separadamente en dos posiciones distintas y por lo menos tres sensores de imágenes (Cji), sensibles a los rayos X y posicionados de manera que:

- cada foco emita su haz a través de por lo menos la zona que debe inspeccionarse para alcanzar por lo menos un sensor de imágenes (Cji) asociado;
- cada sensor de imágenes (Cji) esté asociado a un foco y reciba los rayos X procedentes de dicho foco tras haber atravesado la zona que debe inspeccionarse.

14. Instalación según una de las reivindicaciones 12 a 13, caracterizada por que comprende por lo menos un foco del que procede un haz de rayos X divergente de apertura superior o igual a 120° o por lo menos dos focos de los que proceden unos haces de rayos X divergentes cuya suma de aperturas es superior o igual a 120°.

15. Instalación según una de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizada por que comprende por lo menos un foco dispuesto en el plano de transporte (Pc).

16. Instalación según una de las reivindicaciones 12 a 15, caracterizada por que comprende:

- por un lado de un plano secante (Ps) al volumen de transporte y ortogonal al plano de transporte (Pc), un foco (Fj) del que procede un haz de rayos X divergente, de manera que su haz atraviese el plano secante (Ps) y la zona que debe inspeccionarse;

- por el lado opuesto con respecto al plano secante (Ps), por lo menos un sensor de imágenes (Cji) asociado a dicho foco (Fj) para recibir los rayos X procedentes de dicho foco (Fj).

5 17. Instalación según una de las reivindicaciones 12 a 16, caracterizada por que comprende:

- por un lado del plano de transporte (Pc), un foco (Fj) del que procede un haz de rayos X divergente, de manera que su haz atraviese el plano de transporte (Pc);

10 - por el lado opuesto con respecto al plano de transporte (Pc), por lo menos un sensor de imágenes (Cji) asociado a dicho foco (Fj) para recibir los rayos X procedentes de dicho foco (Fj).

15 18. Instalación según una de las reivindicaciones 12 a 17, caracterizada por que por lo menos un foco y dos sensores de imágenes (Cji) están dispuestos de manera que las direcciones de proyección (Dji) de la zona inspeccionada que reciben tengan entre sí un ángulo útil ( $\alpha$ ) superior o igual a  $45^\circ$  e inferior o igual a  $90^\circ$  y, ventajosamente, superior o igual a  $60^\circ$  e inferior o igual a  $90^\circ$ .

20 19. Instalación según una de las reivindicaciones 12 a 18, caracterizada por que por lo menos un foco (Fj) y un sensor de imágenes (Cji) están dispuestos de manera que, cuando un recipiente (2) atraviesa el campo de los sensores de imágenes, la dirección de proyección (Dji) de la zona inspeccionada en el sensor de imágenes (Cji) forme un ángulo de apertura ( $\beta$ ) con la dirección de desplazamiento (T) comprendido entre  $10^\circ$  y  $60^\circ$ .

25 20. Instalación según una de las reivindicaciones 12 a 19, caracterizada por que comprende entre uno y cuatro focos (Fj), procedentes de uno o de varios tubos generadores de rayos X.

30 21. Instalación según una de las reivindicaciones 12 a 20, caracterizada por que el número y la disposición de los sensores de imágenes (Cji) y de los focos asociados, son tales que para cada recipiente (2) durante su desplazamiento, las proyecciones radiográficas de la zona que debe inspeccionarse en los sensores de imágenes presenten entre cuatro y quince direcciones de proyección diferentes.

22. Instalación según una de las reivindicaciones 12 a 21, caracterizada por que:

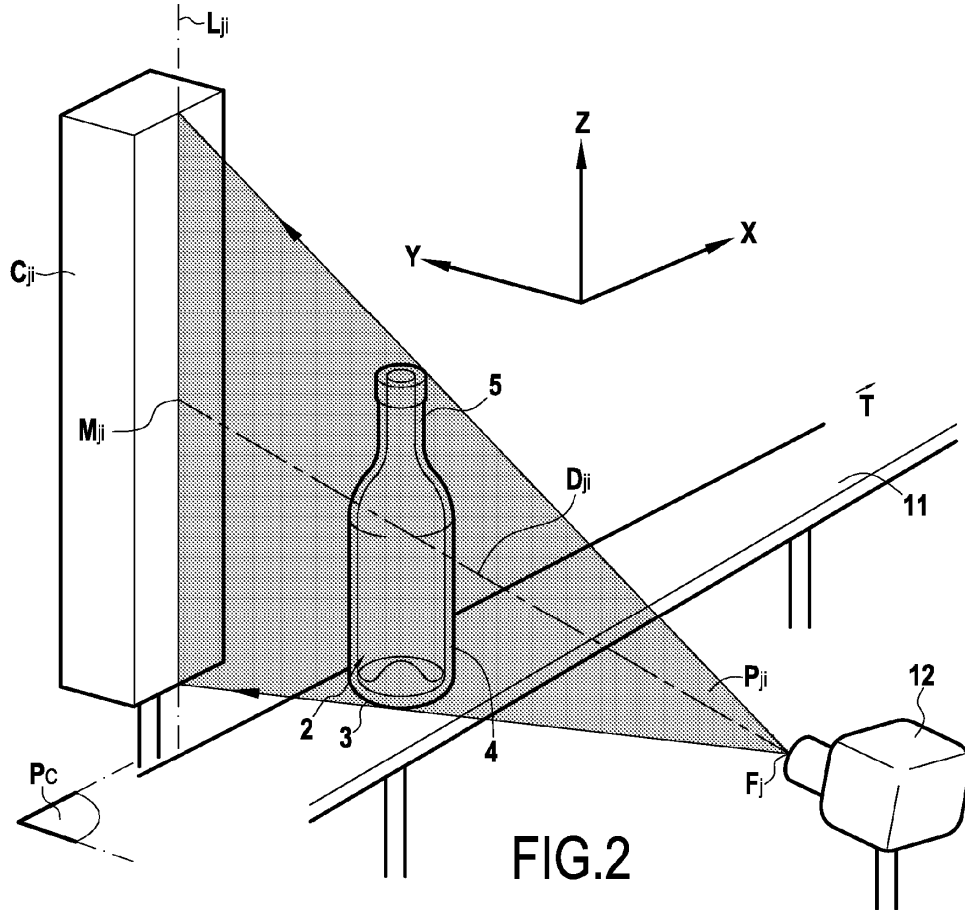
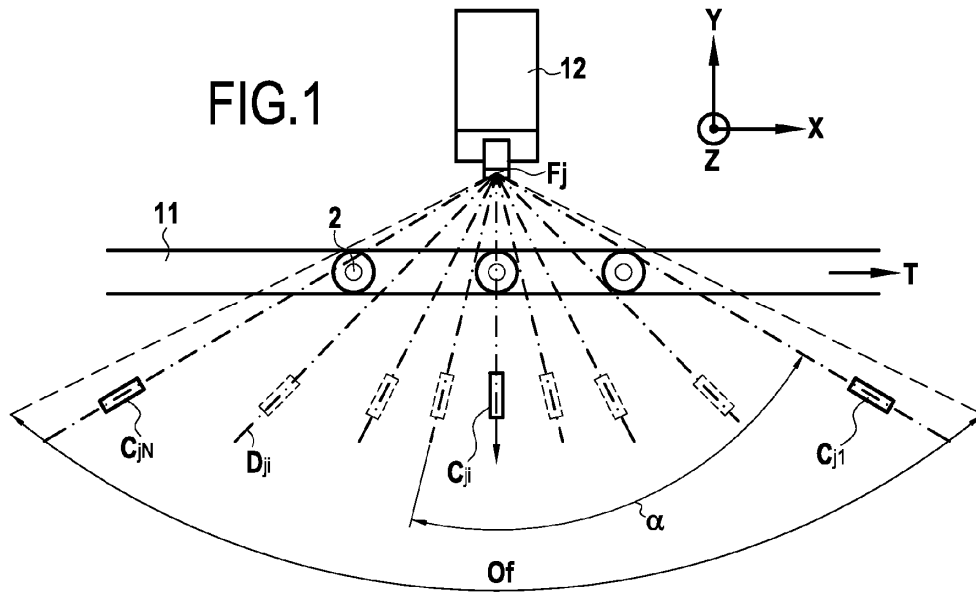
- los sensores de imágenes (Cji) son de tipo lineal y comprenden cada uno una red lineal de elementos sensibles a los rayos X, distribuidos según una recta de soporte (Lji) que define con el foco asociado (Fj), un plano de proyección (Pji) que contiene la dirección de proyección (Dji), estando estos sensores de imágenes dispuestos de manera que:

- por lo menos m elementos sensibles de cada uno de estos sensores de imágenes reciban la proyección radiográfica de la zona que debe inspeccionarse por el haz de rayos X procedente del foco (Fj) asociado;
- los planos de proyección (Pji) para los diferentes sensores de imágenes sean distintos entre sí y no paralelos al plano de transporte (Pc).

45 23. Instalación según la reivindicación anterior, caracterizada por que por lo menos tres sensores de imágenes (Cji) lineales tienen sus rectas de soporte (Lji) paralelas entre sí.

24. Instalación según una de las reivindicaciones 22 y 23, caracterizada por que por lo menos tres sensores de imágenes (Cji) lineales tienen sus rectas de soporte (Lji) ortogonales al plano de transporte (Pc).

50 25. Instalación según una de las reivindicaciones 12 a 24, caracterizada por que comprende un dispositivo de puesta a disposición para el sistema informático, de valores y/o de tolerancias para las dimensiones del cuello y/o de valor mínimo de grosor de vidrio para la pared del cuerpo, y/o de por lo menos un modelo geométrico de referencia de un recipiente.



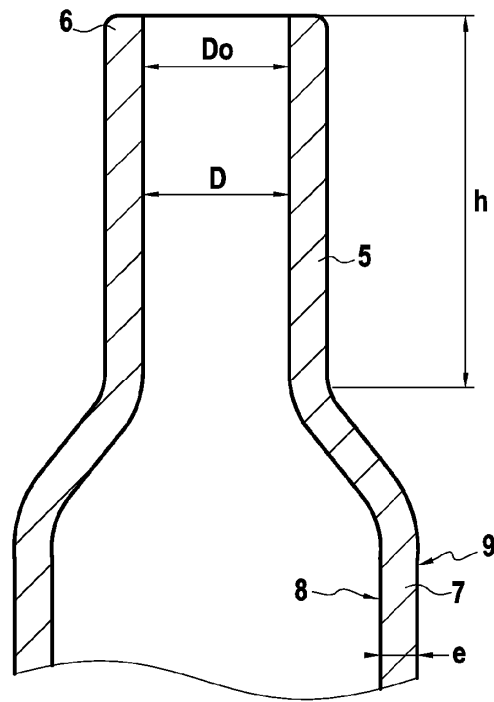


FIG. 3

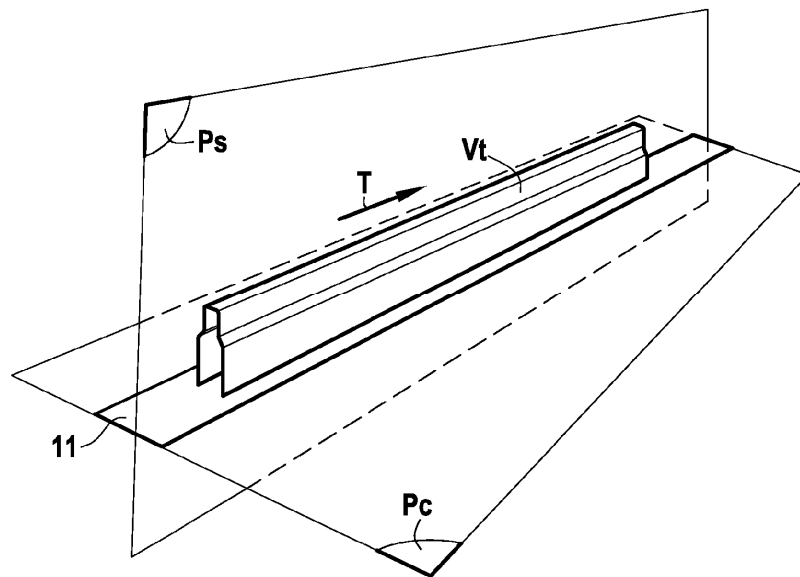


FIG. 4

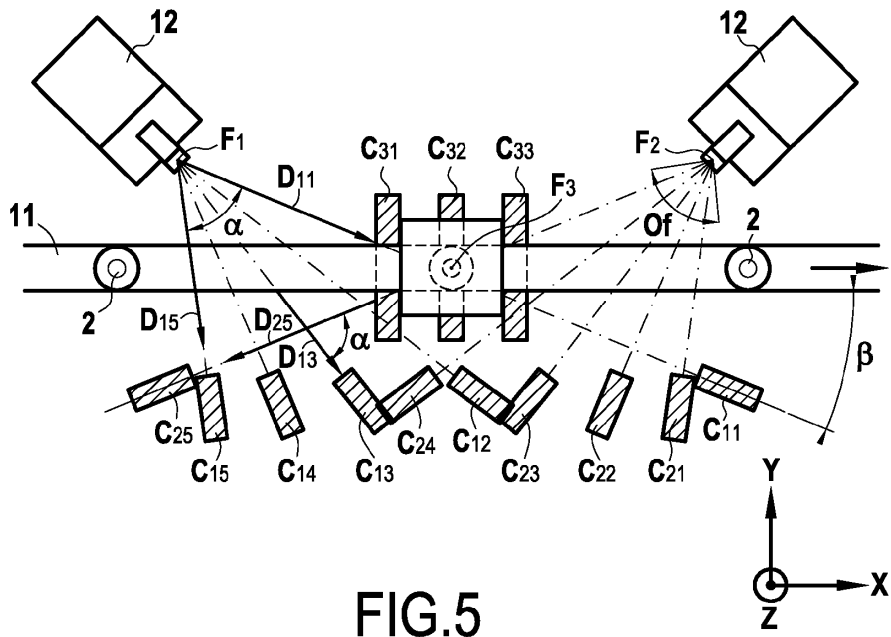


FIG.5

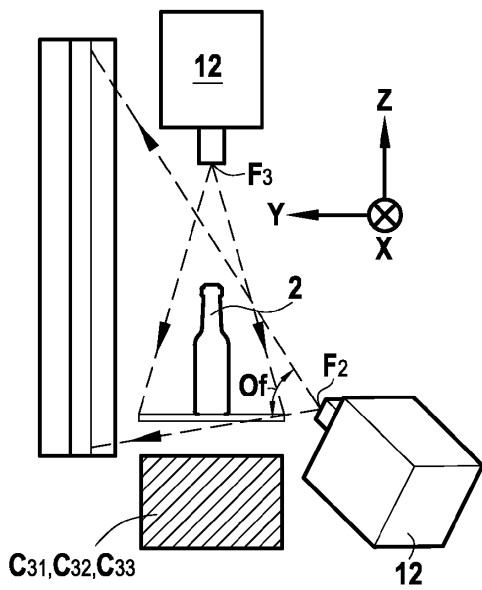


FIG.6

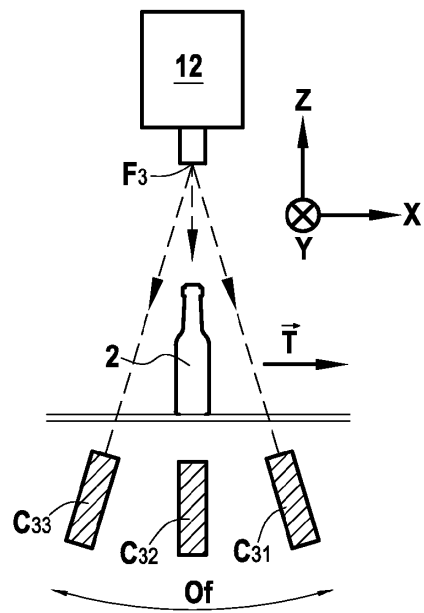


FIG.7

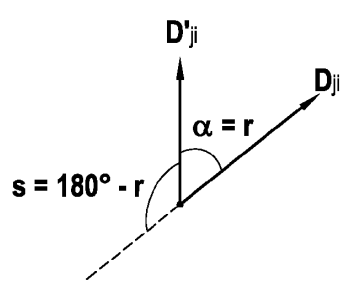


FIG. 8

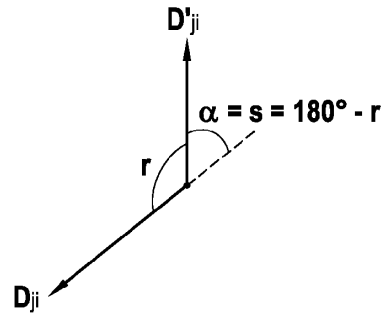


FIG. 9

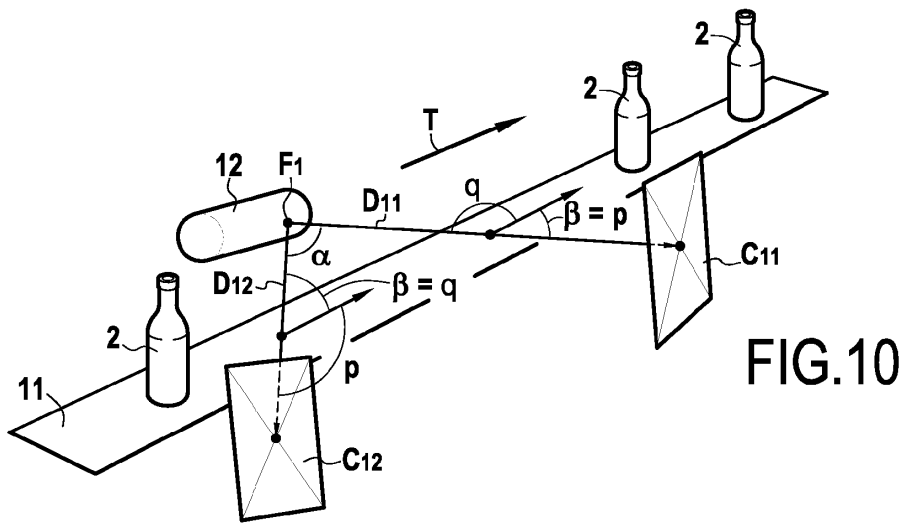


FIG. 10

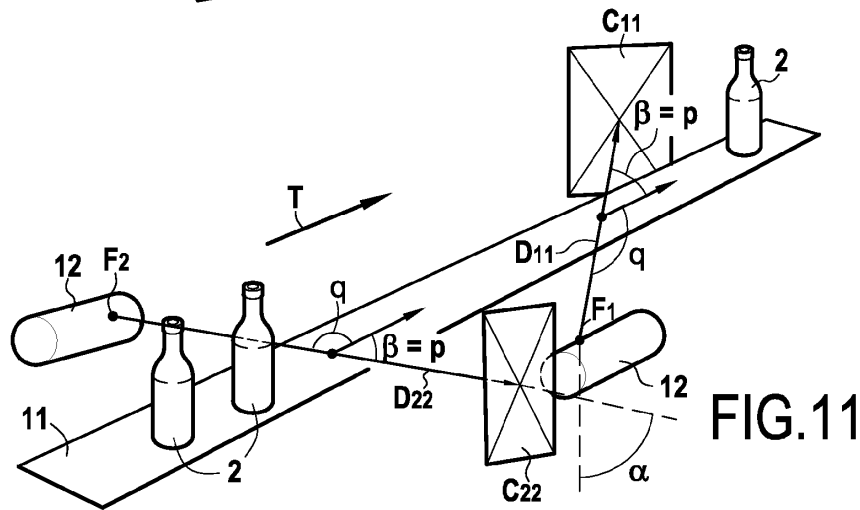


FIG. 11

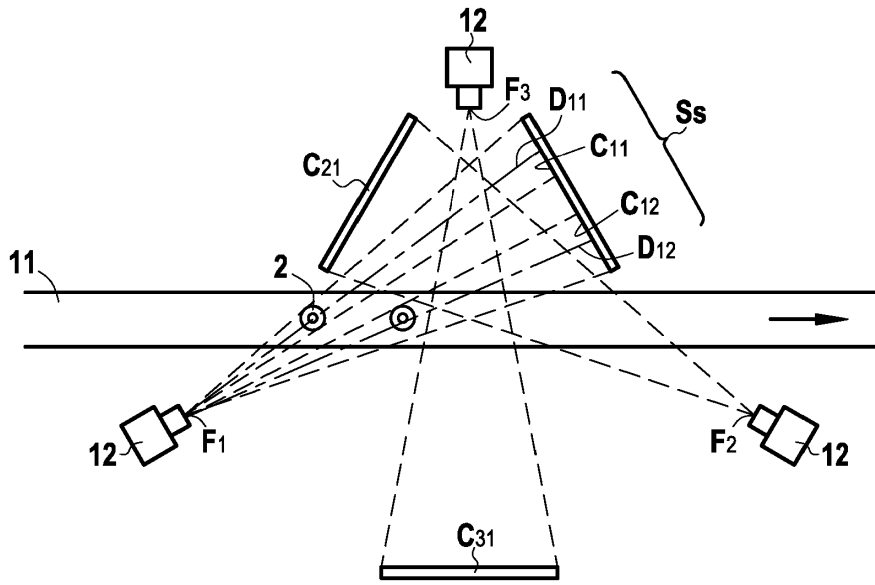


FIG. 12

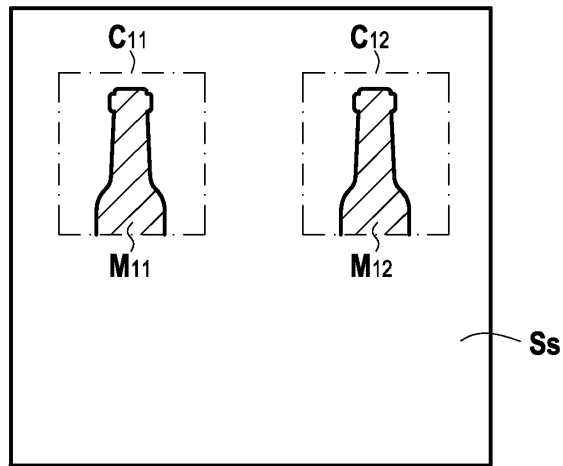


FIG. 13

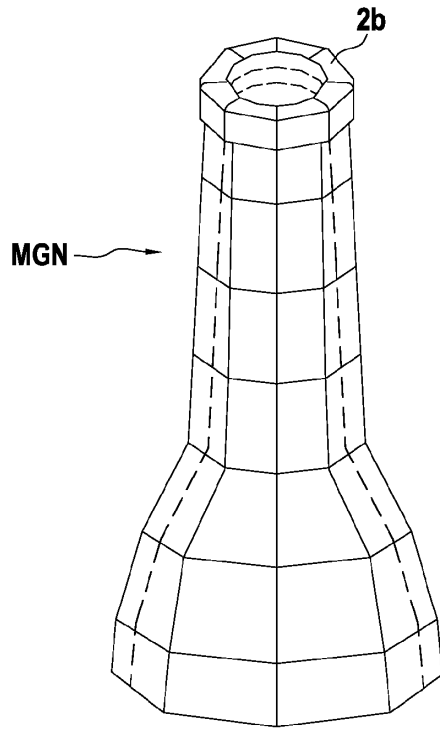


FIG. 14

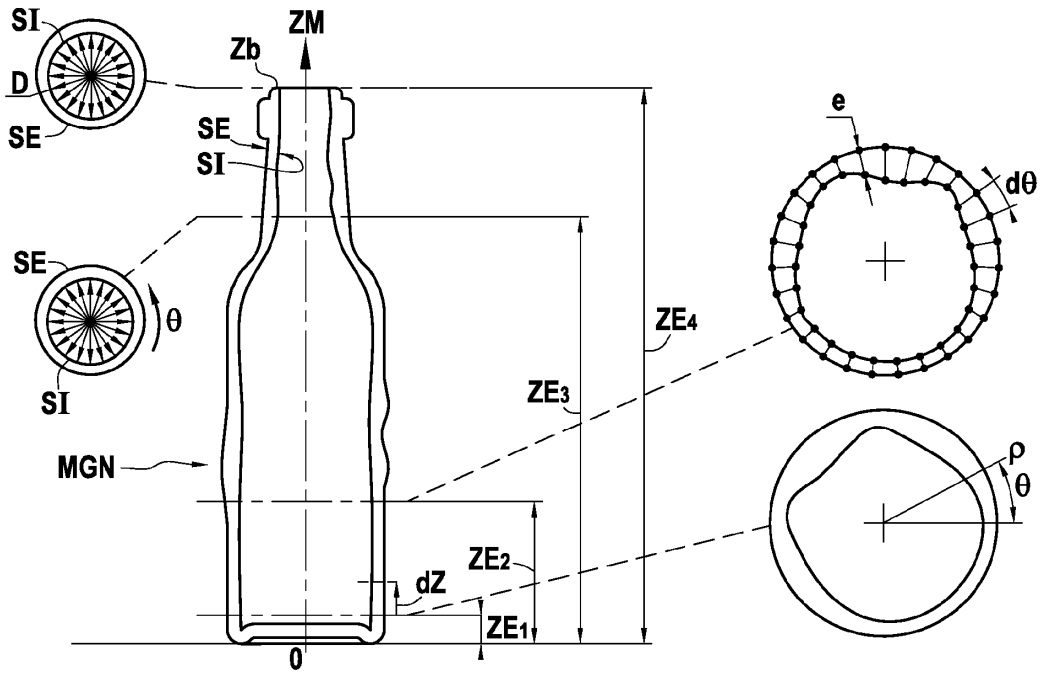


FIG. 15