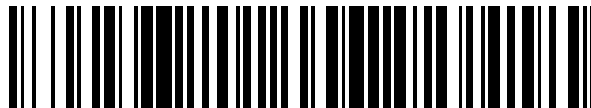


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 530 495**

51 Int. Cl.:

**G06T 7/00** (2006.01)

**G01N 21/90** (2006.01)

**G01N 35/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2011 E 11787663 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2641085**

54 Título: **Método y aparato para detectar espuma sobre una superficie líquida en un recipiente**

30 Prioridad:

**16.11.2010 EP 10191353**

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

**03.03.2015**

73 Titular/es:

**F. HOFFMANN-LA ROCHE AG (100.0%)  
Grenzacherstrasse 124  
4070 Basel, CH**

72 Inventor/es:

**SCHILLER, CLAUDIA;  
FRANZ, TOBIAS;  
GUTEKUNST, MARTIN y  
POLLAND, HANS-JOACHIM**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 530 495 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**

Método y aparato para detectar espuma sobre una superficie líquida en un recipiente

5 La presente invención se refiere a un método y a un aparato para detectar espuma en una superficie líquida en un recipiente. El término recipiente denomina un contenedor, por ejemplo, un tubo, una botella, una taza, etc. El término  
 10 recipiente en forma de tubo denomina un recipiente con una forma esencialmente cilíndrica, una parte superior abierta y un fondo cerrado. Tales sistemas para la detección de espuma sobre una superficie líquida en un recipiente son particularmente útiles en el campo de los analizadores automáticos que comprenden sistemas de pipeteado  
 15 para el intercambio de cantidades predeterminadas de líquido entre los recipientes o contenedores que se gestionan de forma automática en tales sistemas analizadores automáticos. El pipeteado de una muestra de líquido o un analito desde un recipiente respectivo se realiza mediante una pipeta que se sumerge ligeramente con su punta de la pipeta en el líquido, y se aspira un volumen predefinido del líquido en la pipeta. Si hay una capa de espuma sobre el líquido podría suceder que la posición final de la punta de la pipeta esté dentro de la capa de espuma y, por lo tanto, se aspiraría una considerable cantidad de espuma en la pipeta durante el período de pipeteado. Esto puede conducir a un resultado analítico incorrecto del analizador automático.

20 Como el nivel de llenado del líquido generalmente cambia de recipiente en recipiente, ya se han desarrollado soluciones técnicas para detectar el nivel de la superficie del líquido. Sistemas para la detección del nivel de la superficie del líquido se divulgan, por ejemplo, en los documentos EP 1 562 027 A1 y WO 2000/42384 A1. De acuerdo con el documento EP 1 562 027 A1, una luz colimada se dirige a la superficie del líquido. El ángulo de incidencia preferido es entre 10° y 20°. Un fotosensor semiconductor se utiliza como fotodetector de CCD que se dirige a la superficie del líquido. El escaneo del ángulo de incidencia o movimiento del sistema de detección  
 25 completo puede dar más información acerca de la superficie del líquido. Las burbujas de aire pueden ser detectadas mediante la perturbación de reflectancia. El sistema de detección óptica se puede combinar con una medición de capacitancia para la detección del nivel de líquido. El sistema descrito en el documento WO 2000/42384 A1 opera de una manera similar que el sistema del documento EP 1 562 027 A1. Ambos sistemas mencionados de la técnica anterior no implican la adquisición de imágenes y el procesamiento de imágenes para determinar la extensión de la  
 30 espuma.

El documento US 5.414.778 A se dirige a un nivel de fluido dinámico y a una inspección de burbuja para control de calidad y proceso y se refiere al procesamiento de imagen rápido para la detección de burbujas en un líquido y da información sobre los algoritmos para caracterizar las burbujas. Sin embargo, espuma en la superficie no se considera y se toman imágenes en la transmisión y no desde la parte superior del recipiente. De una manera similar  
 35 opera el sistema según el documento WO 2005/03758 A1. Imágenes de espuma se toman a través de la pared vascular del recipiente. No hay descripción para la toma de imágenes desde la parte superior del recipiente.

El documento WO 2005/003758 A1 divulga un método y un sistema para la caracterización de espuma en líquidos en los recipientes mediante procesamiento de imágenes. Imágenes de espuma dentro de un recipiente se registran a través de una pared lateral transparente del recipiente pero no desde la parte superior del recipiente.

Otros sistemas para la observación y caracterización de la espuma en los recipientes mediante imágenes de grabación y de la evaluación de los datos de imagen son conocidos por ejemplo a partir del documento WO 2004/077008 A2 y del documento "Study of Foam Stability by Video Image Analysis: Relationship with the Quantity of Liquid in the Foams", C. Guillerme, Journal of Texture Studies, 24 (1993), 287-302.

El documento DE 10 2008 023 047 A1 describe un método para la inspección de la estanqueidad de recipientes cerrados mediante la grabación de imágenes de las tapas de dichos recipientes a través de un filtro de polarización. De acuerdo con las diferentes propiedades de la superficie de metal y espuma y sus diferentes efectos se identifican fugas de despolarización en los lugares donde la espuma emerge del recipiente.

Se conoce además la detección de espuma en superficies líquidas mediante sensores de presión, por ejemplo, unidos a las puntas de pipetas para pipetear líquido desde el recipiente.

55 Los sistemas conocidos de la técnica anterior para la detección de espuma no son capaces de proporcionar resultados específicos de distribución de espuma en la superficie superior del líquido en el recipiente.

Es un objeto de la presente invención proporcionar un método para la detección de espuma sobre una superficie líquida en un recipiente, que puede ser implementado en un sistema de pipeteado automatizado de líquidos y que puede ser ejecutado automáticamente para distinguir entre las áreas de espuma y las áreas sin espuma en la superficie del líquido de una manera sensible con el fin de proporcionar información como base para decidir si el recipiente está preparado para pipetear líquido del mismo.

Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un aparato para realizar el método de la presente invención.

Para lograr el objeto anterior, el método de acuerdo con la presente invención comprende las etapas de:

- a) proporcionar un recipiente, particularmente un recipiente con forma de tubo, que tiene una abertura superior rodeada por un borde y que incluye una cantidad de un líquido,
- b) tomar al menos una imagen de una región sospechosa de contener espuma en el recipiente mediante el uso de un dispositivo de detección de imágenes que proporciona datos de imagen correspondientes,
- c) realizar una evaluación automática de dicha imagen sobre la base de dichos datos de imagen mediante un sistema de procesamiento de datos mediante un programa de evaluación de la imagen,

donde

la al menos una imagen según la etapa - b) se toma con vista desde la parte superior del recipiente a través de la abertura superior abierta a la superficie del líquido y en el que el programa de evaluación de la imagen de dicho sistema de procesamiento de datos está adaptado para identificar las áreas de espuma y las áreas sin espuma de la imagen y para proporcionar información sobre la presencia o ausencia de áreas de espuma en dicha imagen como resultado de la evaluación de la imagen, y en que en la etapa (b) también está incluido el borde del recipiente en la imagen y la etapa (c) incluye la detección del borde del recipiente y la detección del centro de la abertura mediante la aplicación de algoritmos de evaluación de imagen.

Según el método de la presente invención al menos una imagen de la superficie del líquido se toma de la parte superior del recipiente a través de la abertura superior abierta del recipiente. La dirección de observación del dispositivo de detección de imágenes corresponde sustancialmente a la dirección en la cual una pipeta tiene que ser movida con su punta en el recipiente respectivo cuando el líquido se pipeteará desde dicho recipiente. En otras palabras, el dispositivo de detección de imágenes se dirige al área objetivo de dicha punta de pipeta y los alrededores de esa área diana, y esta es una dirección de la vista óptima para tomar una imagen de la distribución de espuma en la superficie del líquido en el recipiente. El dispositivo de detección de imágenes es preferentemente una cámara con un chip sensor CCD o un chip sensor CMOS que proporciona imágenes en color o en escala de grises. Puede ser suficiente tomar simplemente una imagen de una superficie líquida en un recipiente en particular y para realizar la evaluación automática de dicha imagen con el fin de identificar las áreas de espuma. El dispositivo de detección de imágenes puede funcionar alternativamente en un modo de vídeo continuo o en un modo en serie para proporcionar una serie de imágenes correspondientes de una superficie líquida, en el que los datos de los píxeles correspondientes de la imagen se promedian para proporcionar un valor medio respectivo de cada píxel para un procesamiento de datos adicional.

La evaluación automática de dicha imagen se realiza mediante el procesamiento de los datos de imagen mediante un sistema de procesamiento de datos que funciona con un programa de evaluación de la imagen que está adaptado para identificar las áreas específicas de la espuma en la imagen y para proporcionar información sobre la presencia o ausencia de áreas específicas de espuma de la imagen como resultado de la evaluación de la imagen. En particular, la evaluación automática de la imagen puede proporcionar resultados de la distribución de la espuma en la superficie del líquido en el recipiente respectivo de modo que una decisión puede ser tomada si una región central suficientemente grande, por ejemplo una región diana para el pipeteado está sustancialmente libre de espuma. Si una región diana tal de la superficie del líquido está libre de espuma, el pipeteado puede realizarse independientemente de cualquier espuma fuera de esa región. El término área específica de espuma significa aquellas partes de la imagen dentro del borde recipiente que difieren de las partes homogéneas de la superficie del líquido.

El procesamiento de imágenes o evaluación de la imagen (etapa c) incluye preferiblemente tres etapas principales, a saber:

- coger la imagen,
- identificar el recipiente o una característica específica del recipiente, por ejemplo, el borde de la abertura superior abierto del recipiente,
- identificar o caracterizar la espuma, si está presente.

Hay muchos algoritmos de evaluación de imagen convencionales que el experto en la técnica puede elegir para la identificación de contornos y estructuras de características que se esperan de los recipientes, espuma y las áreas sin espuma en la imagen típica. Estos algoritmos de evaluación de imagen pueden incluir un algoritmo para el cálculo de una imagen radial con los puntos de imagen o píxeles asignados a coordenadas radiales o coordenadas polares. Si se calcula dicha imagen radial un cálculo del ajuste óptimo del borde de apertura del recipiente puede realizarse fácilmente a una curva que está cerca de una curva de seno y/o coseno, particularmente si el borde es un círculo.

Después de que se identifica el borde, es fácil identificar el centro de la superficie del líquido y una región diana central, como visto desde arriba a través de la abertura del recipiente.

5 Para la caracterización de la espuma, preferiblemente un operador para la detección de bordes se aplica a al menos una parte de los datos de imagen o datos derivados correspondientes de los mismos, en particular con el fin de detectar los bordes de las áreas específicas de la espuma en la imagen. Según la presente invención, se utiliza preferentemente el operador Sobel bien conocido como operador para la detección de bordes. Además, los algoritmos de cálculo del histograma se pueden aplicar para la identificación de áreas específicas de la espuma en la superficie del líquido.

10 Para lograr una buena calidad de la imagen, la superficie del líquido debe estar iluminada preferiblemente desde la parte superior del recipiente y la imagen debe ser tomada a través de un polarizador con el fin de suprimir la luz que se refleja directamente desde la superficie del líquido. La luz de iluminación está linealmente polarizada preferentemente, en el que el polarizador, a través del cual se toma la imagen, está adaptado para transmitir luz que es polarizada perpendicular respecto a la dirección de polarización de la luz de iluminación.

15 Es además un objeto de la presente invención un aparato para la detección de espuma sobre una superficie líquida en un recipiente que tiene una abertura superior rodeada por un borde y que incluye una cantidad de un líquido. El aparato de la invención comprende:

- 20 • un soporte adaptado para el posicionamiento de un recipiente respectivo que contiene líquido con su abertura en la parte superior en una ubicación predeterminada,
- 25 • un dispositivo de iluminación adaptado para iluminar la superficie del líquido en el recipiente cuando el recipiente se coloca en la ubicación predeterminada,
- 30 • un dispositivo de detección de imágenes adaptado para tomar al menos una imagen de la superficie líquida de la parte superior del recipiente a través de la abertura del recipiente cuando el recipiente se coloca en la posición predeterminada y para proporcionar datos de imagen correspondientes,
- 35 • un sistema de procesamiento de datos adaptado para realizar una evaluación automática de dicha imagen sobre la base de dichos datos de imagen y el uso de un programa de evaluación de la imagen que está adaptado para identificar las áreas específicas de la espuma en la imagen y para proporcionar información sobre la presencia o ausencia de áreas específicas de espuma en la imagen como resultado del programa de evaluación de la imagen, estando dicho dispositivo de detección de imágenes posicionado y adaptado para tomar la al menos una imagen, incluyendo también el borde del recipiente con vista desde la parte superior del recipiente a través de la abertura superior abierta sobre la superficie del líquido y en el que el programa de evaluación de la imagen de dicho sistema de procesamiento de datos está adaptado para detectar el borde de la recipiente y el centro de la abertura, para identificar las áreas de espuma y las áreas sin espuma en la imagen y para proporcionar información sobre la presencia o ausencia de áreas de espuma en dicha imagen como resultado de la evaluación de la imagen.

45 El aparato de acuerdo con la presente invención está preferiblemente adaptado para realizar automáticamente el método de la presente invención explicado anteriormente.

50 El soporte para el posicionamiento del recipiente con su abertura en la parte superior en el lugar predeterminado puede ser un soporte de recipiente móvil de un analizador automático. Un ejemplo de un soporte de recipiente móvil tal es un plato giratorio con receptáculos para una gran cantidad de recipientes que se pueden colocar en lugares predeterminados girando el plato giratorio en consecuencia.

55 El dispositivo de iluminación puede comprender cualquier tipo de fuente de luz adecuada como LED, bombilla, diodos luminiscentes súper (SLD), láser, lámpara de arco o una luz estroboscópica. La longitud de onda de la luz emitida por la fuente puede ser optimizada para las propiedades de absorción y/o de reflexión del líquido a ser observados. En una realización preferida del aparato, el dispositivo de iluminación tiene una longitud de onda entre 400 nm y 700 nm, y no se excluye utilizar luz UV o luz infrarroja, en su caso.

60 El dispositivo de detección de imágenes puede incluir una cámara CCD o CMOS de la cámara para la toma de las imágenes y para proporcionar datos de la imagen correspondiente para el sistema de procesamiento de datos. El sistema de procesamiento de datos es preferiblemente un ordenador personal o similar.

65 De acuerdo con una realización preferida del aparato, el dispositivo de iluminación incluye al menos una fuente de luz que ilumina la superficie del líquido en el recipiente, ya sea directamente o indirectamente a través de un dispositivo que refleja desde arriba. Tal dispositivo reflectante puede ser un espejo o un divisor de haz, en particular, un divisor de haz de polarización. Con el fin de lograr una buena formación de imágenes de la superficie del líquido al menos una lente óptica de formación de imágenes debe estar dispuesta frente del dispositivo de detección de

imágenes, en el que un iris se coloca frente de la lente con el fin de lograr una relativamente gran profundidad de foco. La abertura del iris puede ser por ejemplo 1 mm.

5 Preferiblemente un filtro de polarización está dispuesto en el pasaje óptico de iluminación entre la fuente de luz y el recipiente, y también un filtro de polarización está dispuesto en el pasaje óptico de formación de imágenes entre el recipiente y el dispositivo de detección de imágenes, en el que la dirección de polarización del filtro de polarización en el pasaje óptico de iluminación es perpendicular a la dirección de polarización del filtro de polarización dispuesto en la trayectoria óptica de formación de imágenes. Esta disposición de los filtros de polarización se utiliza para suprimir la luz que se refleja directamente desde la superficie del líquido. Alternativamente, un divisor de haz de polarización puede ser utilizado en lugar de dos filtros de polarización.

10 El aparato de acuerdo con la invención es preferiblemente una parte de un sistema de pipeteado automático de líquidos que comprende al menos un medio de pipeteado que es operable entre dicho dispositivo de detección de imágenes y el recipiente para aspirar líquido desde el recipiente. El sistema de pipeteado automático de líquidos tiene un medio de control que comunica con dicho sistema de procesamiento de datos, en el que dichos medios de control están adaptados para controlar el medio de pipeteado, en dependencia de la información proporcionada por dicho sistema de procesamiento de datos sobre la presencia o ausencia de áreas específicas de la espuma en el recipiente respectivo. Un objeto de la presente invención es también un sistema de pipeteado automático de líquidos tales que incluye un aparato según la invención.

15 En una realización alternativa, el aparato según la invención es parte de un sistema automático de pipeteado de líquidos que comprende al menos un medio de pipeteado, en el que dicho dispositivo de sensor de imagen está unido a dicho medio de pipeteado o a un soporte móvil de dichos medios de pipeteado.

20 Las realizaciones preferidas de la invención se explicarán con referencia a los dibujos.

Las figuras 1-5 muestran vistas esquemáticas en diferentes formas de realización de un aparato según la presente invención;

30 Las figuras 6a, 7a y 8a muestran diagramas esquemáticos de un recipiente en forma de tubo que contiene líquido y parcialmente espuma, en el que una pipeta se sumerge en el recipiente;

La figura 6b muestra una fotografía de una superficie líquida en un recipiente con la dirección de visión de la parte superior del recipiente en el recipiente de apertura, en el que la superficie del líquido está sustancialmente libre de espuma en correspondencia con el diagrama de la figura 6a;

35 La figura 7b es una fotografía de un recipiente con la misma dirección de visión como en la figura 6b, en la que la superficie del líquido se cubre con una capa de espuma de acuerdo con el diagrama de la figura 7a;

La figura 8b muestra una fotografía del recipiente en forma de tubo con la misma dirección de visión como en las figuras 6b y 7b, en donde en la figura 8b la superficie del líquido tiene una región central libre de espuma y una región del borde en forma de anillo cubierto con espuma de acuerdo con el diagrama de la figura 8a.

40 La figura 9 muestra un ejemplo de una imagen de la espuma dentro de un recipiente.

La figura 10 ilustra la transformación de coordenadas cartesianas a coordenadas polares.

45 La figura 11 muestra la transformación de la figura 9 de coordenadas cartesianas a polares (imagen radial).

La figura 12 muestra el resultado de que el operador Sobel aplicado a la imagen radial en la figura 11.

La figura 13 muestra las curvas sinusoidales determinados con la transformación de Hough que describen el borde del recipiente.

50 La figura 14 muestra la circunferencia interna del recipiente encontrado por la combinación del algoritmo de Sobel y Hough.

La figura 15 muestra una imagen mejorada de la figura 9, de acuerdo con el algoritmo de procesamiento de imagen aplicada.

La figura 16 muestra la transformación de la figura 15 de coordenadas cartesianas a polares.

55 La figura 17 muestra la figura 15 cuando el centro del recipiente es equivalente a la centro de la imagen.

La figura 18 muestra el área interior del recipiente extraída (espuma) de la figura 17.

La figura 19 muestra la figura 18 convertidos utilizando los operadores Sobel.

60 La figura 20 muestra un histograma (derecha) para un área interna del recipiente (izquierda) con gran contraste (área de espuma).

La figura 21 muestra un histograma (derecha) para una superficie interior del recipiente (izquierda) con pequeño contraste (área sin espuma).

La figura 22 muestra una imagen que muestra las desviaciones estándar de histograma.

65 La figura 23 es una imagen convertida transformada de Fourier.

La figura 24 muestra una imagen de la espuma (izquierda) con la imagen transformada de Fourier radial (derecha).

La figura 25 muestra una imagen de la espuma con un anillo brillante.  
 La figura 26 muestra el resultado de la aplicación del operador Sobel a la imagen radial de la figura 25.  
 La figura 27 muestra los anillos brillantes como se detectan por la transformación Hough.

5 De acuerdo a la figura 1, la primera realización del aparato comprende una fuente de luz 2 que emite un haz de luz 4 a un espejo 8 a lo largo de una parte horizontal de la trayectoria óptica iluminada 6. El espejo refleja el haz de luz hacia abajo bajo un pequeño ángulo  $\alpha$  respecto a la dirección vertical. El haz de luz reflejado entra en un recipiente en forma de tubo 10 a través de la abertura superior del mismo en forma de anillo 12. El haz de luz 4 ilumina la superficie 14 de un líquido 16 en el recipiente 10. En el pasaje óptico de iluminación 6 se inserta un filtro polarizador 18 entre el dispositivo de iluminación 2 y el espejo 8. El filtro polarizador 18 polariza linealmente el haz de luz 4.

15 El dispositivo de iluminación 2 comprende al menos un diodo emisor de luz como fuente de luz, pero es de notar que otros tipos de fuentes de luz son aplicables. Verticalmente encima de la abertura 12 del recipiente 10 está dispuesto un dispositivo de detección de imágenes 20 y dirigida al recipiente 10. En el pasaje óptico de formación de imágenes 22, a lo largo del cual la luz dispersada o reflejada desde la superficie 14 y el borde circundante del recipiente 10 se desplaza al dispositivo de detección de imágenes 20, una lente óptica de formación de imágenes 24 está dispuesta delante del dispositivo de detección de imágenes 20. Frente a la lente de formación de imágenes 24 está dispuesto un filtro de polarización 26 en el pasaje óptico de formación de imágenes 22. La dirección de polarización del filtro 26 es perpendicular a la dirección de polarización del filtro 18. Para lograr una gran profundidad de foco o nitidez, un iris 28 está dispuesto frente de la lente de formación de imágenes 24. La abertura del iris 28 es preferiblemente pequeña en el orden de 1 mm. Un sistema de procesamiento de datos 30, preferiblemente un PC, está conectado al dispositivo de detección de imágenes 20 para la transmisión de datos.

25 No se muestra en las figuras un soporte que posiciona el recipiente 10 en el lugar predeterminado por debajo del dispositivo de detección de imágenes 20.

30 El dispositivo de detección de imágenes 20 es preferiblemente una cámara CCD que proporciona información de escala de grises de las imágenes tomadas con el mismo, pero no se excluye el uso de un dispositivo de detección de imágenes 20 que también proporciona información de color a ser evaluada.

35 No se requiere que la resolución del dispositivo de detección de imágenes 20 sea extremadamente alta. Se obtuvieron buenos resultados con una resolución de 500 x 500 píxeles de un chip sensor de 4 mm x 4 mm. En una versión del aparato mostrado en la figura 1 una lente de formación de imágenes 24 con una distancia focal de  $f = 35$  mm se utiliza junto con un iris que tiene una abertura de 1 mm. Como la apertura numérica de la óptica es muy pequeña, la profundidad de la nitidez de la imagen óptica suficiente se extiende al menos sobre +/- 40 mm. Dicha gran gama de profundidad de foco o nitidez es importante para tener en cuenta diferentes niveles de líquido que conducen a diferentes distancias entre un nivel de líquido 14 respectivo en un recipiente 10 y la lente 24.

40 Debe indicarse que se pueden emplear diferentes tipos y formas de los recipientes para exponer una superficie del líquido en el dispositivo de detección de imágenes 20. Los más preferidos son los recipientes en forma de tubo, por ejemplo, recipientes estándar de tubo, como se muestra en las figuras. Las longitudes y diámetros de dichos recipientes pueden variar. Se obtuvieron buenos resultados con los recipientes que tienen un diámetro entre aproximadamente 5 mm y 20 mm y una longitud de hasta 150 mm. Los tubos típicos que se utilizarán para la invención tienen un diámetro de 13 mm y una longitud de 100 mm.

50 La distancia entre la lente de formación de imágenes 24 y el más alto nivel de líquido posible de un recipiente 10 en su posición predeterminada es de aproximadamente 220 mm y puede aumentar cuando el nivel del líquido en un recipiente 10 es menor. Dicha distancia relativamente grande permite mover los medios de pipeteado entre los componentes ópticos del aparato y el recipiente 10 con el fin de pipetear líquido desde el recipiente 10.

55 Preferiblemente, el aparato de la presente invención está integrado en un analizador automático, en el que el líquido 16 en el recipiente 10 es una muestra biológica tal como suero humano o líquido hemolítico. De hecho otros líquidos, por ejemplo, analitos o similares también pueden ser empleados.

La figura 2 muestra una segunda realización del aparato de acuerdo con la presente invención, que difiere de la primera realización en que un divisor de haz de polarización 25 se inserta en el pasaje óptico de formación de imágenes 22 en lugar del filtro de polarización 26.

60 Los componentes en las figuras 2 a 5 que corresponden a los componentes en la figura 1 están marcados con los números de referencia correspondientes. En cuanto a la explicación de estos componentes se hace referencia a la primera realización anteriormente descrita. Un divisor de haz polarizante 25 en la segunda realización actúa con el filtro de polarización 18 para suprimir la luz que es reflejada directamente por la superficie del líquido. El divisor de haz polarizante 25 proporciona además un segundo haz de formación de imágenes 32 que puede ser transmitido a un segundo dispositivo de detección de imágenes (no mostrado) o a otro dispositivo de observación.

La realización de la figura 3 difiere de la realización de la figura 1 en que la posición del dispositivo de iluminación 2 y la posición del dispositivo de detección de imágenes 20 con los componentes ópticos 24, 28 se han intercambiado de modo que en la figura 3 el pasaje óptico de formación de imágenes 22 se pliega mediante el espejo 9, mientras que el pasaje óptico de iluminación 6 es recto.

5 La realización según la figura 4 difiere de la realización de la figura 1 en que un divisor de haz de polarización común 5 se inserta en el pasaje óptico de iluminación 6 y en el pasaje óptico de formación de imágenes 22, mientras que los filtros de polarización 18, 26 se omiten en la realización de la figura 4.

10 En la realización según la figura 5, los diodos emisores de luz 2, tales como dispositivos de iluminación, están dispuestos de forma equidistante en un círculo, y frente de ellos se proporciona un anillo de polarización 18 con el fin de polarizar la luz emitida por los diodos de luz. Todas las realizaciones mostradas en las figuras 1 a 5 son aplicables para realizar el método según la presente invención. El recipiente 10 se coloca mediante el soporte (no mostrado) en la ubicación predeterminada con su abertura superior 12 expuesta al dispositivo de detección de imágenes 20 como muestran las figuras 1 a 5. El haz de luz de iluminación se dirige a la superficie 14 del líquido 16 y el dispositivo de detección de imágenes 20 toma una imagen de la superficie líquida desde la parte superior del recipiente 10. Los datos de imagen, preferiblemente datos de píxeles con escala de grises y/o la información de color, se transmiten al sistema de procesamiento de datos para realizar una evaluación automática de esa imagen sobre la base de dichos datos de imagen, mientras que un programa de evaluación de imagen se utiliza para identificar las áreas específicas de espuma en esa imagen y para proporcionar información sobre la presencia o ausencia de áreas específicas de espuma en la imagen como resultado de la evaluación de la imagen. El programa de evaluación de imagen aplica algoritmos de procesamiento de imagen aplicables para identificar el borde de la abertura superior 12 y/u otra característica del recipiente 10 de manera que el tipo de recipiente 10 puede ser determinado por el sistema de procesamiento de datos. Se ha demostrado que es útil aplicar un algoritmo que realiza un cálculo imagen radial con el fin de asignar los datos de imagen a coordenadas radiales o coordenadas polares en los casos de aberturas de los recipientes circulares 12. A continuación, es posible un cálculo del ajuste óptimo del borde del recipiente a una curva de seno y/o coseno. A partir de la curva teórica de seno y/o función coseno pueden ser calculados el centro y el radio del recipiente y ser transferidos a coordenadas cartesianas. Con el radio conocido del recipiente puede ser extraída la parte de imagen con la muestra de líquido (parte interna del recipiente). Se propone la aplicación de un operador para la detección de bordes, en particular el operador Sobel bien conocido, a los datos de imagen o los correspondientes datos derivados de los mismos para detectar los bordes de las áreas específicas de la espuma en la imagen. Además, se pueden realizar los cálculos de histograma para ese propósito. El proceso de evaluación de la imagen conduce a la información sobre la distribución de la espuma en la superficie del líquido en el recipiente 10, y que la información pueda ser procesada para controlar el funcionamiento de un sistema de pipeteado automatizado de líquidos que tiene un medios de pipeteado para pipetear líquido desde el recipiente.

En las figuras 6a, 7a, 8a y la figura 6b, 7b y 8b se ilustran tres situaciones diferentes de ocurrencia de espuma en el recipiente 10 y la influencia de ocurrencia de espuma en un proceso de pipeteado.

40 En la figura 6a del recipiente se muestra con un líquido 16 en el que no hay espuma en su superficie superior 14. La punta de la pipeta 35 se sumerge ligeramente en el líquido 16 de tal manera que un proceso de pipeteado puede realizarse sin fallo. La figura 6b corresponde a la situación ilustrada en la figura 6a y muestra una imagen tomada con un dispositivo detector de imagen 20. El círculo blanco 37 se esbozó en el fin de marcar un área diana central de la punta de la pipeta 35.

50 En la figura 7a una capa de espuma compacta relativamente gruesa 39 se apoya sobre la superficie del líquido 14. La espuma consta de un conglomerado de pequeñas burbujas con diámetros típicos entre 0,2 mm y 5 mm. También burbujas más grandes pueden estar incluidas. La punta de la pipeta 35 en su profundidad de inmersión predeterminada termina en la capa de espuma 39. Cuando se realiza el proceso de pipeteado, sólo la espuma será succionada en la pipeta y el resultado del pipeteado es defectuoso. La figura 7b es una imagen tomada de la parte superior del recipiente y muestra la situación de la espuma de acuerdo a la figura 7a.

55 La figura 8a ilustra la situación en la que sólo un área circular exterior de la superficie del líquido 14 está cubierta con espuma 39 y la región central mayor que la región diana para la punta de la pipeta 35 está libre de espuma. Con ello la punta 35 se sumerge en la región diana del líquido 16 y el proceso de pipeteado que se realice proporcionará resultados correctos. La situación de espuma mostrada en la figura 8b corresponde a la ilustrada en la figura 8a.

60 De acuerdo con la presente invención una decisión automática puede ser hecha por el sistema de procesamiento de datos 30 si el área diana 37 sobre la superficie del líquido 14 está libre de espuma o cubierta con espuma. Esta decisión puede ser usada para controlar automáticamente un sistema de pipeteado de líquido. En el caso de la figuras 6a, 6b y 8a, se permite el pipeteado 8b mientras que en el caso de la figuras 7a y 7b no se permite el pipeteado.

Debe indicarse que el método según la invención puede llevarse a cabo antes y después de un paso de pipeteado con el fin de supervisar el proceso de pipeteado. En una realización adicional de la invención, el método sólo puede realizarse continuamente también durante la etapa de pipeteado.

5 La profundidad de inmersión de la punta de la pipeta puede ser controlada por medios de control convencionales.

Son posibles varias variantes de la invención. La iluminación de la superficie del líquido se puede realizar mediante el uso de fibras ópticas. El dispositivo de detección de imágenes puede ser adaptado para proporcionar información para un análisis de espectro aproximado de la muestra en el recipiente. Según una variante de la invención  
10 imágenes de campo oscuro se toman y se evalúan para la detección de espuma.

También pueden ser tomadas y evaluadas imágenes directas (sin el uso de filtros de polarización).

15 Con referencia a las figuras 9 a 27 se describirá un ejemplo para determinar las áreas específicas de espuma para distinguirlas de las áreas sin espuma como sigue. Ejemplo de determinación de áreas específicas de la espuma:

La siguiente discusión se divide en dos partes: la primera parte se refiere a cómo se detecta la pared del recipiente y la segunda parte describe cómo se detecta la espuma dentro del recipiente.

20 Detección de recipientes

La medición consiste en general de dos imágenes, una primera y una segunda imagen. La figura 9 muestra un ejemplo de una primera imagen que sirve para detectar la posición de los recipientes y para evaluar la señal dentro del recipiente.

25 Transformación en coordenadas polares

En una primera etapa, la primera imagen se transforma de coordenadas cartesianas a coordenadas polares (o radiales) como se ilustra en la figura 10. El antecedente matemático está dado por las siguientes fórmulas:

$$30 \quad x = r \cdot \cos(\varphi) \text{ e } y = r \cdot \sin(\varphi)$$

Como se muestra en la figura 11, mediante la transformación de cada píxel en la imagen y utilizando el centro de la imagen como el origen, se obtiene una imagen transformada (radial). El eje horizontal en la imagen es ahora el ángulo  $\varphi$  (valor entre  $0^\circ$  y  $360^\circ$ ); el eje vertical es el radio.

Aplicación del algoritmo de Sobel

40 El algoritmo de Sobel se aplica a la imagen para obtener una clara línea del borde del recipiente en la imagen radial. Matemáticamente cada píxel en la imagen se convoluta con el operador de la matriz siguiente:

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix}$$

45 Este operador amplifica líneas horizontales que tienen una señal de baja en las partes superiores de la imagen y una señal alta en las partes más bajas. El resultado se muestra en la figura 12. Cualquier otro operador que amplifica las líneas también se puede utilizar.

Transformación de Hough

50 Para encontrar la luz brillante sinusoidal superior, se utiliza una transformación de Hough: los píxeles de la imagen se suman a lo largo de curvas sinusoidales que se describen mediante la siguiente fórmula:

$$r = a + b - \sin(\varphi + c)$$

55 Los parámetros  $a$ ,  $b$  y  $c$  son variados y la suma de las señales de los píxeles de la imagen a lo largo de la curva sinusoidal se suman. Esto da señales como una función de  $a$ ,  $b$  y  $c$ , que contienen máximos locales. Por ejemplo, permitir los parámetros un  $a_1$ ,  $b_1$  y  $c_1$  en que se encuentre la señal máxima. En este caso lo más probable es que la curva sinusoidal describa el borde del recipiente. Un ejemplo de las curvas sinusoidales encontradas que describen el borde recipiente, se da en la figura 13.

60 El parámetro de  $a_1$  describe el radio del recipiente;  $b_1$  describe cuánto está descentrado del recipiente, mientras que  $c_1$  da información sobre la dirección de descentrado del recipiente.



La suma de la señal obtenida en la curva sinusoidal es un parámetro de calidad de la fuerza total de la línea y se utiliza si se han encontrado varias curvas sinusoidales con señales de suma similares. Si la señal es similar para dos o más curvas sinusoidales, el recipiente se describe por la curva con el valor máximo para  $a$ , es decir, el radio máximo.

5 El círculo recipiente en la imagen original puede ser simplemente encontrado calculando el radio y el descentrado del círculo a partir de los parámetros de la curva sinusoidal. Un ejemplo de la pared del recipiente encontrado por el algoritmo descrito anteriormente, se representa en la figura 14.

10 En la figura 14, el espesor del recipiente ya se ha restado y el resultado está representado por el círculo (blanco y negro) de trazos.

#### Detección de espuma

15 Antes de la detección de espuma, la señal media de  $S_m$  dentro del círculo discontinuo (blanco y negro) (círculo interior del recipiente) en la figura 14 se calcula y se compara con un valor deseado  $S_d$ . Esto ayuda a ajustar, por ejemplo, la ganancia de la cámara para aumentar o disminuir el brillo al valor deseado. Otros métodos para ajustar el brillo de la imagen pueden ser:

- 20
- la reducción o aumento del tiempo de exposición.
  - la reducción o aumento de la intensidad de la luz (que se utiliza para la iluminación de la muestra).
  - la reducción o aumento de la duración del pulso, si se utiliza la luz de una luz estroboscópica para la iluminación de la muestra).

25 Después del ajuste de, por ejemplo la intensidad de la luz, se registra una segunda imagen de la muestra. La figura 15 muestra una imagen con intensidad adaptada. La posición del recipiente y la parte interna del recipiente se pueden obtener de nuevo por los procedimientos descritos anteriormente o se pueden tomar de la primera imagen si no ha habido ningún movimiento durante la captura de las dos imágenes.

30 En lo que sigue, se explican los diferentes métodos en detalle para obtener información detallada sobre la espuma.

#### Transformación en coordenadas polares

35 La transformación de la figura 15 en coordenadas polares como se describió anteriormente se muestra en la figura 16 que muestra una imagen radial de la imagen de espuma.

La posición del recipiente y el radio se encuentra en la misma manera como se describió anteriormente. A partir de la amplitud y la fase de la curva sinusoidal, el desplazamiento del recipiente desde el centro puede ser calculado y se puede deducir el centro del recipiente.

40 Extracción de la parte de espuma en la imagen radial

Con el nuevo centro puede recalcularse la imagen radial. La imagen radial resultante con el centro del recipiente se muestra en la figura 17.

45 El borde recipiente es ahora una línea recta. Para las siguientes consideraciones, se supone que sólo una región anular de la superficie del líquido alrededor del centro del recipiente es de interés para decidir acerca de la presencia de espuma. La región anular puede tener, por ejemplo, un radio interno de alrededor de 1,5 mm y un radio exterior de aproximadamente 5 mm de tal manera que el diámetro exterior de la región anular es de aproximadamente 10 mm. Los experimentos mostraron que en un área central con un diámetro de 3 mm por lo general no se produce espuma si no hay ninguna espuma en la región anular mencionada. Un ejemplo de una imagen extraída de dicha región anular se muestra en la figura 18. Un rango más grande no es necesario, ya que en el presente ejemplo sólo nos interesa si existe la espuma dentro de un diámetro de 6 mm. Diferentes algoritmos adicionales conducen a la decisión de si ha habido espuma dentro de un círculo de dicho diámetro o no. En lo que sigue, se describen los principales tres algoritmos.

#### Evaluación del histograma de la imagen radial

60 En un primer paso, la imagen de espuma extraída se convoluta con dos operadores de matriz diferentes (operadores Sobel) descritos por dos matrices:

$$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 2 \end{bmatrix} \quad \text{y} \quad \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

El proceso es similar al descrito anteriormente. El algoritmo encuentra cambios abruptos en el brillo de los píxeles en la dirección vertical y horizontal. Se pueden observar los cambios negativos y positivos en la intensidad. Si se calcula un cambio negativo, se toma la cantidad absoluta. De esta manera, dos imágenes se obtienen para las dos matrices (aplicados a la misma imagen radial). La imagen obtenida con la primera matriz enfatiza etapas en la dirección horizontal, mientras que la otra matriz da más información acerca de las etapas en la dirección vertical. El promedio de las dos imágenes muestra las áreas donde se producen etapas en cualquier dirección. La imagen radial calculada (o convertida) final con los operadores Sobel para el ejemplo de la figura 18 se muestra en la figura 19. En la imagen, ya se puede ver claramente, que hay espuma especialmente en el lado derecho e izquierdo de la imagen. La espuma se hace aún más evidente cuando se aplica un algoritmo adicional: un algoritmo de histograma donde para cada píxel de la imagen se calcula un histograma alrededor del píxel.

Para explicar el algoritmo, se presentan los siguientes dos ejemplos:

- La figura 20 muestra un histograma para estructuras con gran contraste. El histograma en el interior del círculo blanco, donde los cambios de intensidad son grandes, se ha calculado y conduce a una desviación estándar de mayor que 19.
- La figura 21 muestra un histograma para estructuras con pequeño contraste. La figura 21 ilustra que en regiones con pequeños cambios de la intensidad, el histograma es mucho más estrecho que en la figura 20 (la desviación estándar es ahora aproximadamente 3).

El ejemplo ilustra que la desviación estándar es un enfoque adecuado para detectar regiones de espuma. Utilizando el cálculo para todos los píxeles de la imagen y la visualización de la desviación estándar en una nueva imagen, se obtiene la figura 22 que muestra una imagen con la visualización de la desviación estándar del histograma. Por lo menos en el lado derecho e izquierdo se hace evidente que tiene que haber habido una gran cantidad de espuma.

#### Evaluación FFT de la imagen radial

Aunque alrededor del 80% a 90% de las imágenes de espuma se han detectado por el método anterior (cálculo de la imagen histograma), un algoritmo adicional ayuda a distinguir entre las imágenes con espuma y sin espuma. El algoritmo comienza con la imagen extraída radial como por ejemplo, la representada en la figura 18. Para cada píxel, se utilizan píxeles horizontales vecinos y se calculan los coeficientes de Fourier. En particular, 32 píxeles horizontales se han utilizado en la mayoría de los casos para calcular los coeficientes de Fourier del píxel central. Matemáticamente hablando:

$S(i, j)$  será la intensidad del píxel en la posición horizontal  $i$  y la posición vertical  $j$ . Para el cálculo con 32 píxeles en dirección horizontal se toman las señales entre las posiciones horizontales en  $i-15$  e  $i+16$  y se aproximan por la transformada de Fourier:

$$\tilde{S}(i, j) = S_0 + \sum_{k=1}^{15} A_k(i, j) \cdot \text{sen}\left(\frac{2 \cdot \pi}{k} \cdot i\right) + \sum_{k=1}^{15} B_k(i, j) \cdot \text{cos}\left(\frac{2 \cdot \pi}{k} \cdot i\right)$$

Cuanto mayor sean los coeficientes  $A_k$  y  $B_k$  para  $k$  grande, la espuma es más probable que se encuentre en esta área, ya que en estas posiciones cambios en la intensidad de los píxeles sobre una pequeña distancia hacen prever espuma. Para los coeficientes de simplificación  $k$  mayores que 2 se toman y la suma cuadrada se calcula para cada píxel de la imagen:

$$\frac{\sum_{k=3}^{15} A_k(i, j)^2 + B_k(i, j)^2}{S_0}$$

Calculando esta señal para cada píxel de la imagen se obtiene la imagen convertida transformada de Fourier que se muestra en la figura 23.

El máximo de la señal FFT para un radio por debajo de 4 mm puede ser tomado como una indicación para la espuma, es decir, cuanto mayor sea el valor, es más probable que la espuma está presente.

Otras imágenes de espuma convertidas por transformación de Fourier incluso muestran más claramente que la espuma ha estado presente. Esto se ilustra en la figura 24, donde la imagen transformada de Fourier radial en el lado derecho se muestra para la imagen de espuma en el lado izquierdo.

La evaluación estadística de muchas muestras (aproximadamente 1000) mostró que la transformación de Fourier es muy útil para aumentar aún más la probabilidad de detección de espuma a un valor superior al 95%.

#### Detección de anillo

5 Los dos algoritmos descritos anteriormente son en la mayoría de los casos suficientes para separar imágenes de espuma de imágenes sin espuma. Sin embargo, en algunos casos se producen artefactos durante la captura de imágenes de espuma. El efecto más grave es causado por la reflexión de la parte inferior del recipiente que se puede observar como anillos brillantes. Un ejemplo de una imagen de la espuma con un anillo brillante se muestra en la figura 25. El cálculo de la imagen radial (similar a la figura 16 y la figura 17), la extracción de la imagen de espuma (similar a la figura 18) y la aplicación del operador Sobel (similar a la figura 19) conducen a la imagen Sobel radial (con anillos) que se muestra en la figura 26.

15 Utilizando el algoritmo de Hough (encontrando las curvas sinusoidales en la imagen) descrito anteriormente, las curvas pueden ser claramente detectadas. Los anillos brillantes detectados por transformación Hough se muestran en la figura 27.

20 La presencia de los anillos es una indicación de que las señales luminosas vienen del fondo del recipiente y no de la espuma. La muestra se caracteriza por ser, por tanto, sin espuma.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para la detección de espuma sobre una superficie líquida (14) en un recipiente (10), que comprende las etapas de:

- 5 - a) proporcionar un recipiente (10), particularmente un recipiente con forma de tubo, que tiene una abertura superior (12) rodeada por un borde y que incluye una cantidad de un líquido,
- b) tomar al menos una imagen de una región sospechosa de contener espuma en el recipiente mediante el uso de un dispositivo de detección de imágenes (20) que proporciona los datos de imagen correspondientes,
- 10 - c) realizar una evaluación automática de dicha imagen sobre la base de dichos datos de imagen mediante un sistema de procesamiento de datos (30) utilizando un programa de evaluación de la imagen, caracterizado por que
- la al menos una imagen de acuerdo con la etapa b) se toma con vista desde la parte superior del recipiente (10) a través de la abertura superior abierta (12) sobre la superficie del líquido (14),
- 15 por que el programa de evaluación de la imagen de dicho sistema de procesamiento de datos (30) está adaptado para identificar las áreas de espuma y las áreas sin espuma en la imagen y para proporcionar información sobre la presencia o ausencia de áreas de espuma en dicha imagen como un resultado de la evaluación de imagen y
- por que en la etapa b) también el borde del recipiente (10) está incluido en la imagen y la etapa c) incluye la detección del borde del recipiente (10) y la detección del centro de la abertura (12) por aplicación de algoritmos de evaluación de imagen.

2. Método según la reivindicación 1, en el que en la etapa b) la superficie del líquido se ilumina desde la parte superior del recipiente y la imagen se toma a través de un filtro de polarización (26) para suprimir la luz que se refleja directamente desde la superficie del líquido (14).

3. Método según la reivindicación 2, en el que la luz de iluminación se polariza linealmente y en el que el filtro de polarización (26), a través del cual se toma la imagen, está adaptado para transmitir luz que se polariza perpendicular respecto a la dirección de polarización de la luz de iluminación.

4. Método según una de las reivindicaciones precedentes, en el que en la etapa b) se toma una serie de imágenes correspondientes de la superficie del líquido (14) mediante el uso del dispositivo de detección de imágenes (20) y en el que los datos de los píxeles correspondientes de la imagen se promedian para proporcionar un valor medio respectivo de cada píxel para el procesamiento de datos adicionales en la etapa c).

5. Método según una de las reivindicaciones precedentes, en el que se calcula una imagen radial en la que los puntos de imagen o píxeles están asignados a coordenadas radiales o coordenadas polares y en el que un cálculo del ajuste óptimo del borde abierto del recipiente se realiza con un mejor ajuste a una curva que está cerca de una curva de seno y/o coseno.

6. Método según una de las reivindicaciones precedentes, en el que en la etapa c) un operador para la detección de bordes, en particular el operador Sobel, se aplica a al menos una parte de los datos de imagen o datos correspondientes derivados de los mismos, para detectar bordes de las áreas específicas de espuma en la imagen.

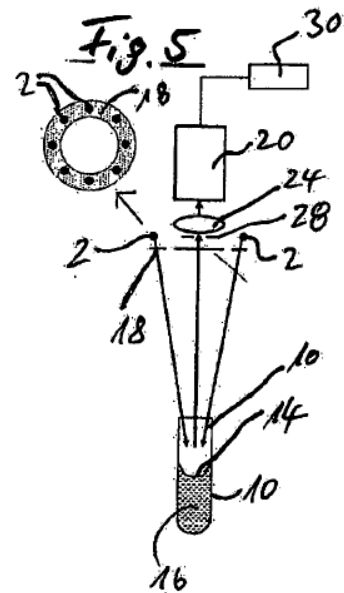
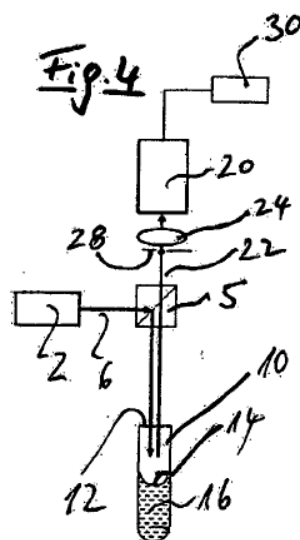
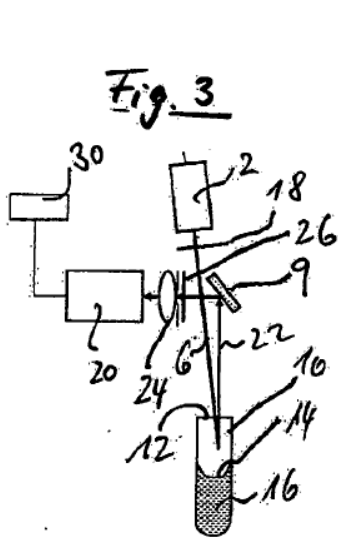
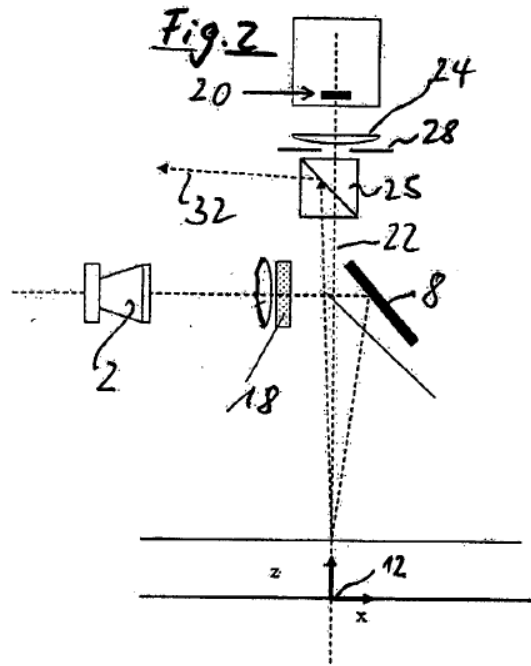
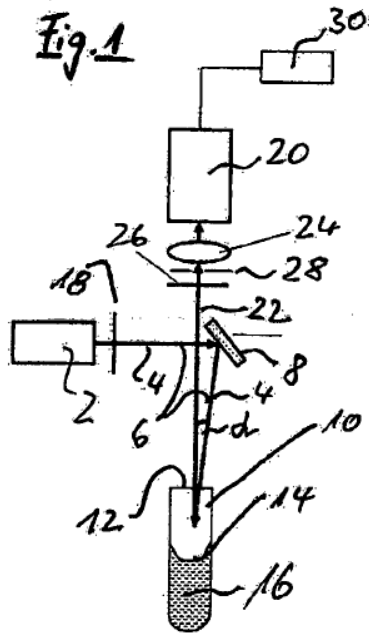
7. Método según una de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa c) incluye la detección de si al menos una región central predeterminada de la parte de imagen rodeada por el borde de la abertura está sustancialmente libre de áreas específicas de espuma.

8. Aparato para la detección de espuma sobre una superficie líquida en un recipiente que tiene una abertura superior (12) rodeada por un borde y que incluye una cantidad de un líquido, que comprende:

- un soporte adaptado para el posicionamiento de un recipiente respectivo que contiene líquido (10) con su abertura (12) en la parte superior en una ubicación predeterminada,
- un dispositivo de iluminación (2) adaptado para iluminar la superficie del líquido (14) en el recipiente (10) cuando el recipiente se coloca en la ubicación predeterminada,
- 55 - un dispositivo de detección de imágenes (20) adaptado para tomar al menos una imagen de una región sospechosa de contener la espuma en el recipiente (10) cuando el recipiente se coloca en la posición predeterminada y para proporcionar datos de imagen correspondientes, y
- un sistema de procesamiento de datos (30) adaptado para realizar una evaluación automática de dicha imagen sobre la base de dichos datos de imagen y el uso de un programa de evaluación de la imagen, caracterizado por que
- 60 dicho dispositivo de detección de imágenes (20) se coloca y se adapta para tomar la al menos una imagen, incluyendo también el borde del recipiente (10), con vista desde la parte superior del recipiente (10) a través de la abertura superior abierta (12) en la superficie del líquido (14) y en que el programa de evaluación de imagen de dicho sistema de procesamiento de datos (30) está adaptada para:
- 65 - detectar el borde del recipiente (10) y el centro de la abertura (12),

- identificar las áreas de espuma y las áreas sin espuma en la imagen y
- proporcionar información sobre la presencia o ausencia de áreas de espuma en dicha imagen como resultado de la evaluación de la imagen.

- 5 9. Aparato según la reivindicación 8, en el que el dispositivo de iluminación (2) incluye al menos una fuente de luz y al menos un dispositivo reflectante (8) para reflejar la luz de la fuente de luz de tal manera que la luz reflejada entrará en la abertura (12) del recipiente (10) para iluminar la superficie del líquido (14) en el recipiente (10) desde arriba.
- 10 10. Aparato según la reivindicación 8 o 9, en el que al menos una lente de formación de imágenes ópticas (24) está dispuesta en la parte frontal del dispositivo de detección de imágenes (20) y en el que un iris (28) está posicionado delante de la lente (24).
- 15 11. Aparato de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, en el que un filtro polarizador (26) está dispuesto en el pasaje óptico de formación de imágenes entre el recipiente (10) y el dispositivo de detección de imágenes (20).
- 20 12. Aparato según la reivindicación 11, en el que un filtro polarizador (18) está dispuesto en el pasaje óptico de iluminación (6) entre la fuente de luz y el recipiente (10), siendo la dirección de polarización de dicho filtro de polarización (18) perpendicular a la dirección de la polarización del filtro de polarización (26) dispuesto en el pasaje óptico de formación de imágenes (22).
- 25 13. Aparato según una de las reivindicaciones 8-12, en el que es una parte de un sistema de pipeteado automático de líquidos que comprende al menos un medio de pipeteado que puede funcionar entre dicho dispositivo de detección de imágenes (20) y el recipiente (10) en su posición predeterminada para aspirar líquido desde el recipiente (10).
- 30 14. Aparato según una de las reivindicaciones 8-12, en el que es una parte de un sistema de pipeteado automático de líquidos que comprende al menos un medio de pipeteado y en el que dicho dispositivo de detección de imágenes está unido al medio de pipeteado.
- 35 15. Aparato según las reivindicaciones 13 o 14, en el que el sistema de pipeteado automático de líquidos tiene un medio de control que se comunica con dicho sistema de procesamiento de datos, estando dichos medios de control adaptados para controlar el medio de pipeteado, dependiendo de la información proporcionada por dicho sistema de procesamiento de datos sobre la presencia o ausencia de áreas específicas de espuma en el recipiente correspondiente.



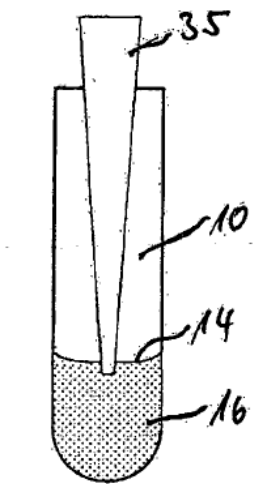


Fig. 6a

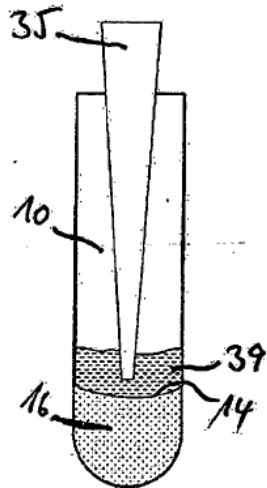


Fig. 7a

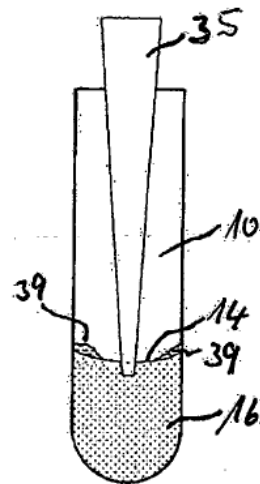


Fig. 8a

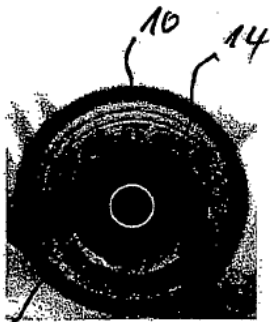


Fig. 6b

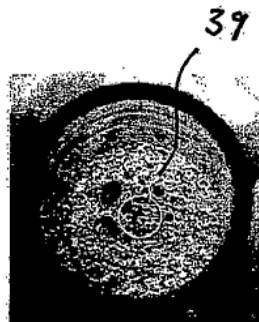


Fig. 7b

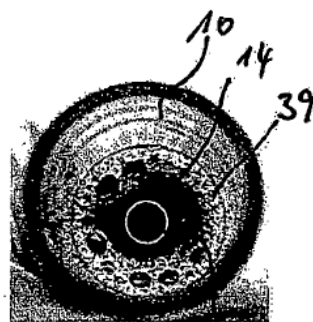


Fig. 8b



Figura 9

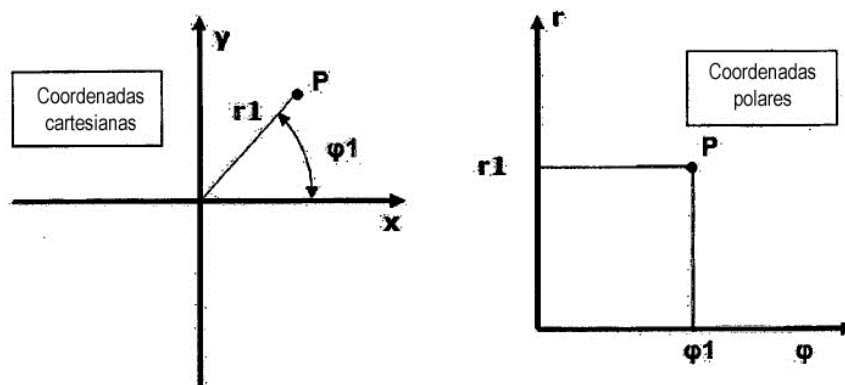


Figura 10



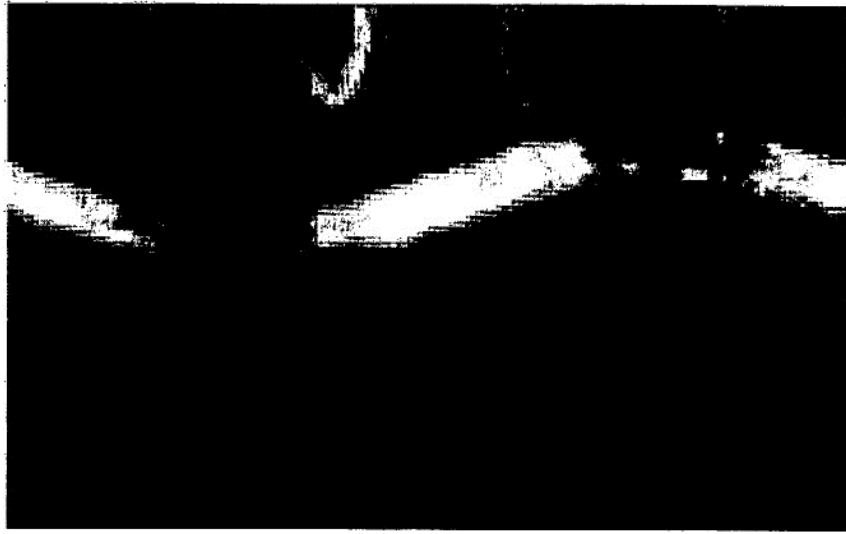


Figura 11

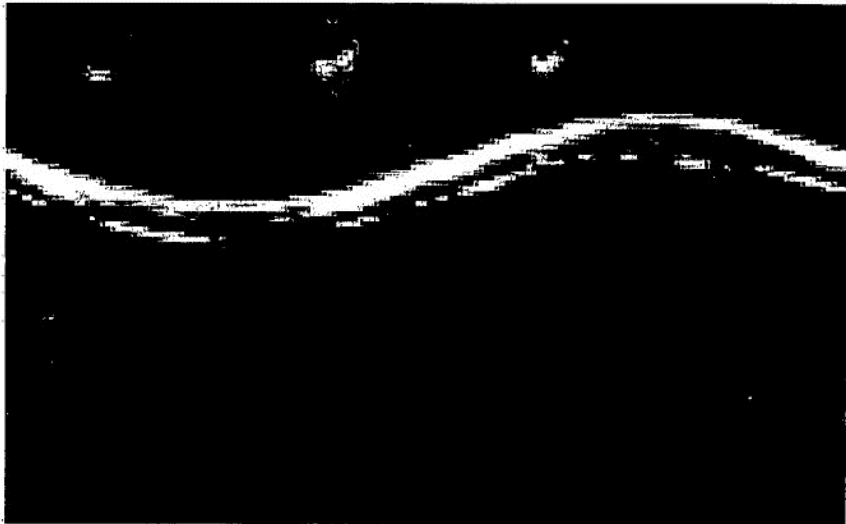


Figura 12

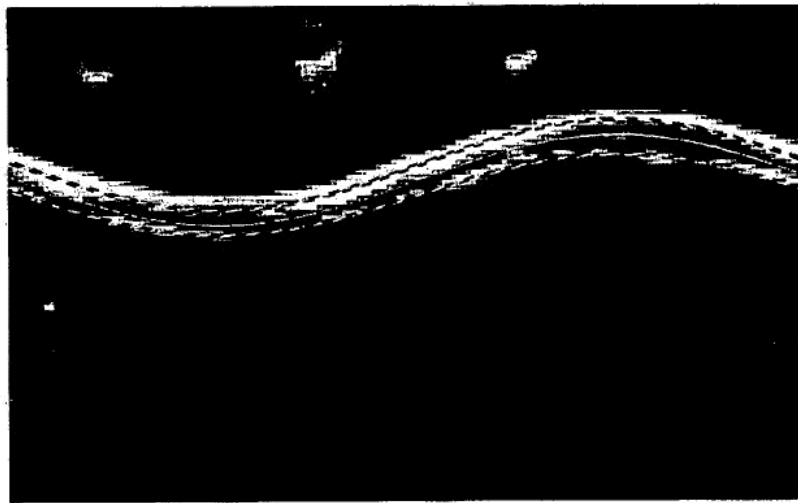


Figura 13



Figura 14

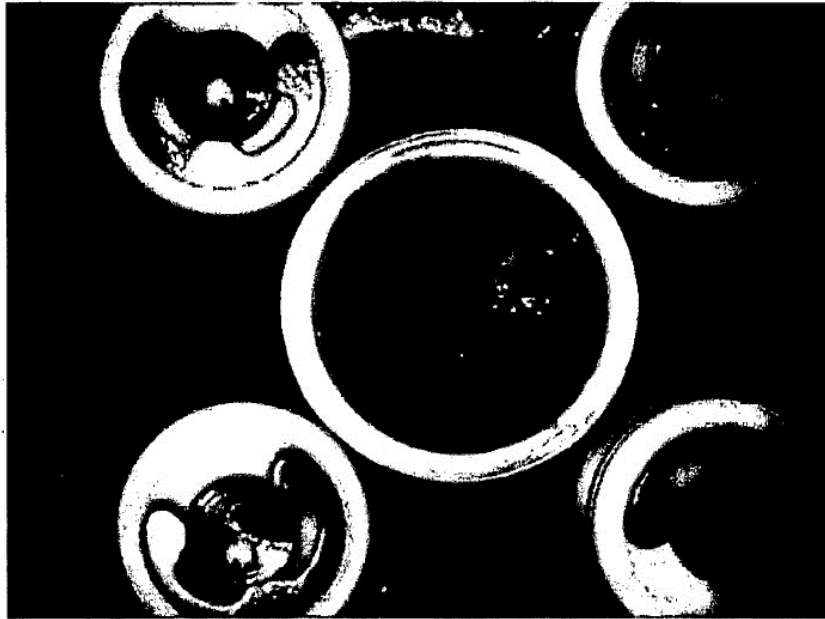


Figura 15



Figura 16

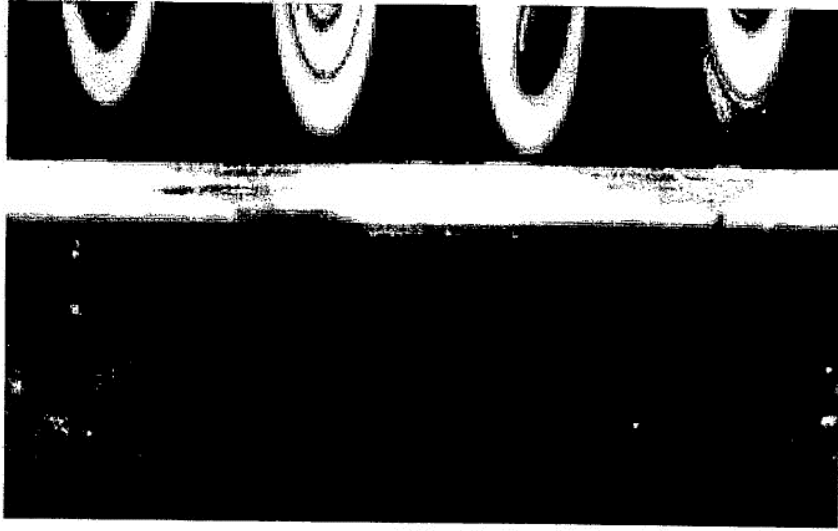


Figura 17

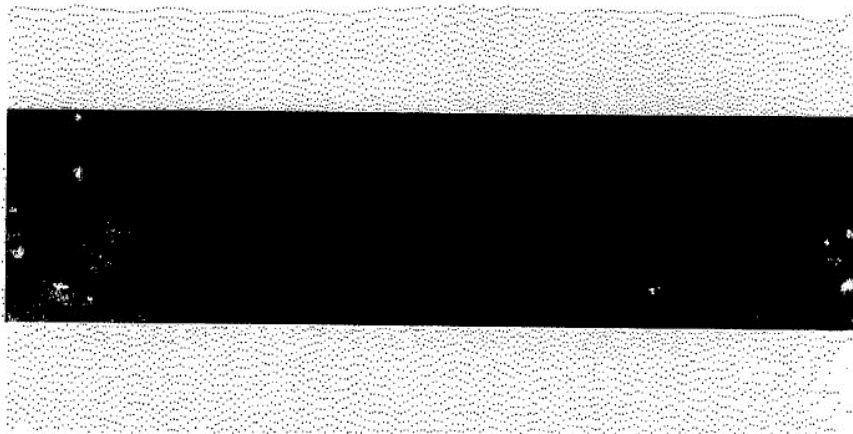


Figura 18

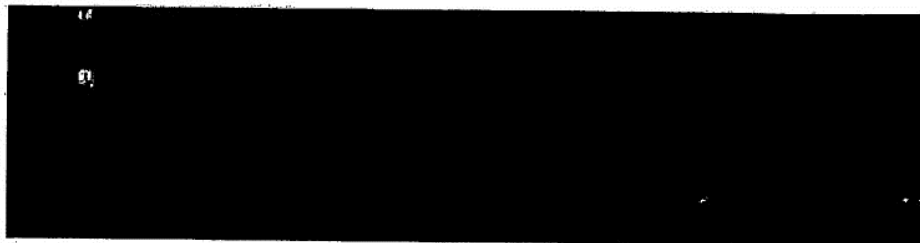


Figura 19

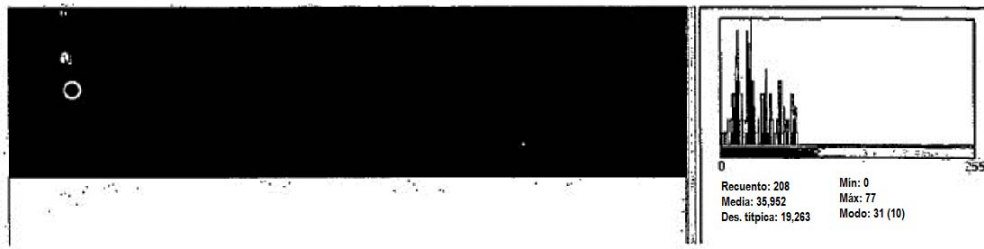


Figura 20



Figura 21

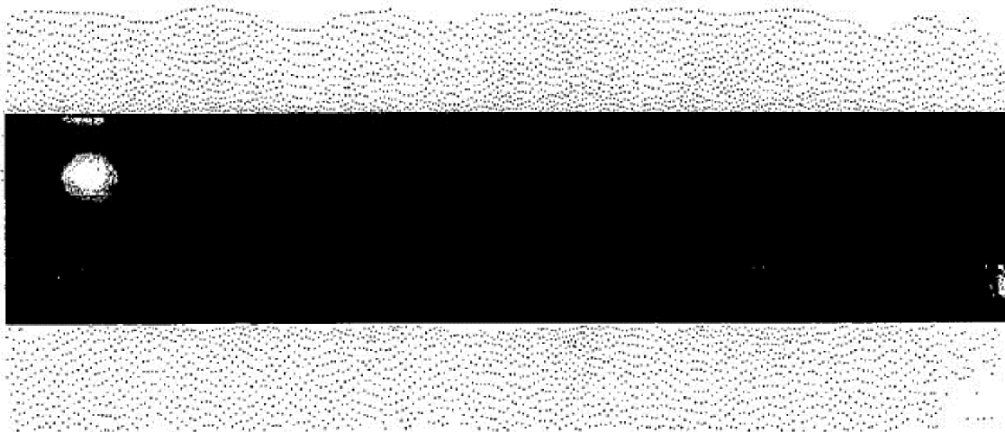


Figura 22

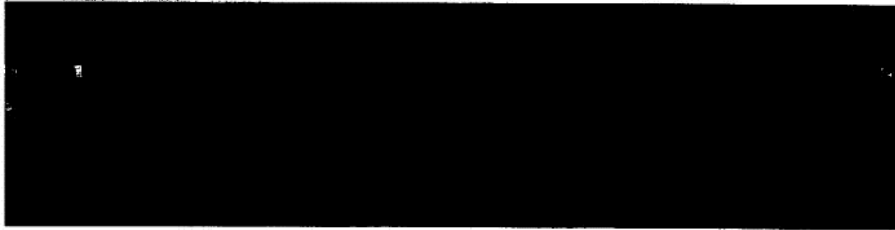


Figura 23

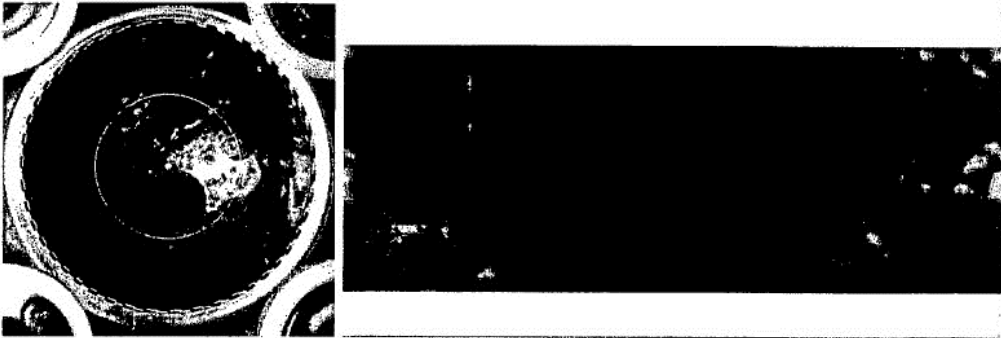


Figura 24

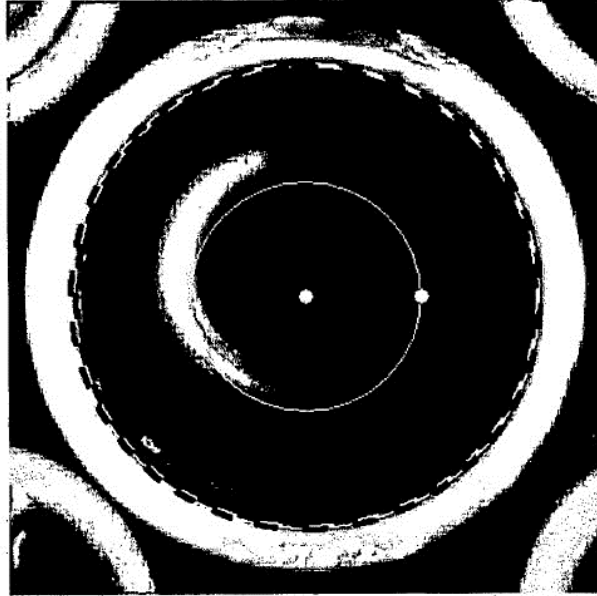


Figura 25



Figura 26



Figura 27