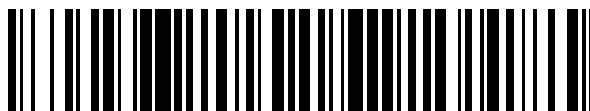


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 288**

51 Int. Cl.:

**G01N 1/20** (2006.01)

**G01N 1/28** (2006.01)

**G01N 1/40** (2006.01)

**G01N 21/71** (2006.01)

**G01N 1/10** (2006.01)

**G01N 21/85** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.12.2013 PCT/FI2013/051124**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2015 WO15082752**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.12.2013 E 13811583 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2017 EP 3077789**

54 Título: **Método y aparato para el análisis en línea mediante espectroscopia inducida por láser**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**20.12.2017**

73 Titular/es:

**OUTOTEC (FINLAND) OY (100.0%)  
Rauhalanpuisto 9  
02230 Espoo, FI**

72 Inventor/es:

**OLLIKAINEN, ARTO;  
SALOHEIMO, KARI y  
VON ALFTHAN, CHRISTIAN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 647 288 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 el análisis en línea mediante espectroscopia inducida por láser

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere al análisis en línea de un flujo de muestra en suspensión, mediante espectroscopia de descomposición inducida por láser.

**Antecedentes de la invención**

10 En los procesos industriales que tratan y procesan suspensiones que contienen materia sólida, existe a menudo la necesidad de controlar de manera regular y continua el proceso en base al contenido de elementos de la materia sólida en la suspensión. Es bien conocido cómo usar ciertos métodos de análisis al analizar suspensiones que contienen materia sólida. Los mismos incluyen métodos ópticos, resonancia magnética nuclear y espectroscopia gamma inmediata, así como métodos que utilizan rayos X, tales como el método basado en la fluorescencia de los rayos X. A fin de observar y controlar óptimamente los procesos industriales en base a tales resultados de medición, se toman continuamente muestras del flujo del proceso y se analizan con un retardo, que es significativamente menor que la constante temporal del proceso. Los procesos hidrometalúrgicos y de separación de minerales son ejemplos de procesos industriales, en donde se requiere analizar en tiempo real suspensiones y líquidos. La separación por flotación, magnética y por gravedad, la extracción de metales, la limpieza de líquido, así como los procesos de limpieza y recuperación electrolíticas representan procesos minerales y de hidrometalurgia que usan analizadores en línea.

20 La espectroscopia de descomposición inducida por láser (LIBS) es un método óptico para realizar mediciones de concentración elementales. La LIBS incluye generar pulsos láser que se pueden enfocar hacia una muestra, tal como sobre la superficie de una muestra (p. ej., sólida o líquida) o al interior de una muestra (p. ej., líquida o gaseosa). El pulso láser presenta una densidad de potencia suficientemente alta para transformar, al menos, una parte de la muestra en un estado de plasma. La luz emitida desde el penacho de plasma se recoge usando óptica de recogida de luz, y la distribución espectral (es decir, la intensidad como una función de la longitud de onda) de la luz recogida se analiza con un espectrómetro, generando información electrónica que describe la distribución espectral de la luz recogida. Puesto que los constituyentes atómicos y moleculares de los materiales de la muestra presentan un espectro de emisión óptica característico, la información generada por el espectrómetro forma una "huella dactilar" del material de la muestra, poniendo de manifiesto los constituyentes de la parte de la muestra en la que se enfocó el haz láser. La LIBS puede proporcionar un análisis químico fácil, rápido e *in situ* con una precisión, unos límites de detección y unos costes razonables.

35 Una disposición de la técnica anterior para el análisis en línea, mediante la LIBS, de la composición química del material del flujo de proceso se describe en "On-Stream Analysis (OSA) of Industrial Slurries for Process Control and Optimization Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)", Louis Barrette et al., Medidas de la 36ª Reunión anual de los Canadian Mineral Processors, Trabajo 17, enero de 2004. En la disposición de la técnica anterior, el láser está enfocado en un flujo estable de una suspensión de caída libre. El flujo de suspensión industrial se muestrea en tres etapas. En la primera etapa, un muestreador comercial extrae una porción del flujo de proceso. En la etapa de muestreo secundaria, la suspensión está acondicionada tanto en flujo como en densidad y se alimenta al inyector de tal modo que se consigue un flujo uniforme de caída libre, adecuado para el muestreo por láser. Esta etapa se denomina a menudo presentación de muestras. El pulso láser constituye el muestreador final: a través de la absorción de energía realizada por el material objetivo, extrae una muestra  $\mu\text{g}$  como un plasma de vida corta que se analiza con técnicas espectroscópicas. El flujo de salida se recoge y se devuelve al proceso. Una disposición modificada de la técnica anterior se describe en "Shooting Slurries with Laser-Induced Breakdown Spectroscopy: Sampling is the Name of the Game", Daniel Michaud et al., Applied Optics, vol. 42, número 30, págs. 6179-6183 (2003). La forma geométrica modificada del muestreador, que se ilustra en la figura 1, consiste en un depósito 2 con un dispositivo agitador mecánico 3, una bomba peristáltica 4 de doble cabezal, una espita de laboratorio 5 conformada como una J invertida y un tubo receptor 6 rígido. Un extremo del tubo receptor 6 desliza apretadamente sobre la punta de la espita 5; el otro extremo devuelve la suspensión al depósito 2. El láser 7 apunta a la columna de suspensión de caída libre de 8 mm de diámetro, a través de un agujero en el tubo receptor 6, en un punto situado 5 mm por debajo de la punta de la espita 6. Cerca del punto de contacto, está dispuesta una aspiración (un vacío) 8 hacia abajo para evacuar el material nebulizado que resulta del impacto láser: la inclusión de la espita 5 conformada en J invertida es importante para asegurar una buena calidad del flujo que minimice las salpicaduras de salida. El nuevo muestreador ha demostrado ser exitoso en la circulación de suspensiones de menas de hierro de alta densidad que tienden a sedimentarse, así como de suspensiones de grafito de baja densidad que tienden a flotar.

55 Estas disposiciones de la técnica anterior requieren un posicionamiento muy preciso del haz láser y son sensibles a la variación de fluctuaciones superficiales del flujo de suspensión de caída libre. Se ha encontrado que los resultados del análisis LIBS presentan una fuerte dependencia del contenido y el tamaño de partícula de los sólidos en suspensión, cuando se usan las disposiciones descritas. Con partículas más gruesas y con un contenido sólido más pequeño, se reduce significativamente la sensibilidad del análisis. Se ha encontrado que son necesarias

medidas especiales, como un flujo de aire de aspiración por vacío, para mantener limpios los componentes ópticos a partir de la muestra nebulizada por el pulso láser.

5 Un prototipo LIBS para el análisis en línea de una suspensión de menas de hierro se describe en el documento de Barrette L et al.: "On-line iron-ore slurry monitoring for real-time process control of pellet making processes using laser-induced breakdown spectroscopy: graphitic vs. total carbon detection", SPECTROCHIMICA ACTA. PARTE B: ATOMIC SPECTROSCOPY, Nueva York, NY, EE. UU., vol. 56, n.º 6, 29 de junio de 2001 (29-06-2001), páginas 715-723. El flujo de muestra se alimenta a una cámara de análisis que confina el haz láser y la muestra de caída libre, y las mediciones se realizan directamente en la superficie de la muestra de caída libre.

10 El documento WO97/45103 se refiere a sistemas informatizados "inteligentes" para hacer funcionar, controlar, supervisar y diagnosticar diversos parámetros y procesos de máquinas de flotación de espuma.

El documento US6192750 se refiere a la supervisión en línea de una propiedad física de un material granular o en partículas de caída libre.

15 El documento US2004/011975A1 describe un sensor para el recuento y el dimensionamiento ópticos de partículas individuales de tamaño variable en una suspensión fluida. El sensor establece el flujo de la suspensión a través de un canal de flujo de medición bien definida físicamente.

### Breve descripción de la invención

20 Un objeto de la presente invención es proporcionar un método y un aparato que permiten el muestreo y el análisis en línea más sencillos y más precisos de un flujo de muestra en suspensión mediante espectroscopia inducida por láser. Los objetos de la invención se consiguen por un método, un aparato y un sistema según las reivindicaciones independientes. Las realizaciones preferidas de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes.

Un aspecto de la invención es un aparato para presentar una muestra en suspensión a un analizador, según la reivindicación 1.

En una realización, la superficie estabilizadora es plana.

En una realización, la superficie estabilizadora es curva.

25 En una realización, el aparato comprende además un dispositivo de separación para separar una porción del flujo de muestra en suspensión, en donde la superficie estabilizadora es una parte del dispositivo de separación y está adaptada para formar el flujo de muestra estabilizado, delgado, a partir de la porción separada del flujo de muestra en suspensión.

30 En una realización, el aparato comprende además un conducto que tiene una abertura en comunicación con la entrada, estando la abertura adaptada para formar el flujo de muestra en suspensión desviando una porción de un flujo de fluido dentro del conducto hacia la entrada.

En una realización, la abertura de desviación está dispuesta de manera que la porción que forma el flujo de muestra en suspensión se saca de un componente del flujo de suspensión, preclasificado para contener partículas principalmente gruesas.

35 En una realización, la óptica de recogida está adaptada para recoger la luz emitida aproximadamente en una dirección perpendicular a la superficie estabilizadora.

En una realización, el aparato comprende un cuerpo estabilizador plano que forma dicha superficie estabilizadora y que tiene una abertura pasante en dicha superficie estabilizadora, en un lugar del plasma inducido.

40 En una realización, el aparato comprende una lámina o cuchilla estabilizadora que forma dicha superficie estabilizadora.

En una realización, la lámina o cuchilla estabilizadora comprende una lámina o cuchilla plana o curva.

En una realización, la lámina o cuchilla estabilizadora o el estabilizador plano está dispuesto para sobresalir al interior del flujo continuo de material en suspensión a fin de cortar la porción de dicho flujo continuo de material en suspensión.

45 Otro aspecto de la invención es un sistema para el análisis en línea de un flujo de material en suspensión, según la reivindicación 12. Aún otro aspecto adicional de la invención es un método para presentar una muestra en suspensión a un analizador, según la reivindicación 13.

### Breve descripción de los dibujos

50 En lo que sigue, la invención se describirá con mayor detalle mediante realizaciones a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que

la figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra una disposición de muestreo LIBS de la técnica anterior para una suspensión de proceso;

la figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema LIBS (espectroscopia de descomposición inducida por láser) según una realización a modo de ejemplo de la invención;

- 5 la figura 3 es un diagrama esquemático que ilustra la clasificación de partículas en suspensión según una realización a modo de ejemplo de la invención;

la figura 4 es un diagrama esquemático que ilustra el muestreo de partículas en suspensión clasificadas según una realización a modo de ejemplo de la invención.

### Descripción de las realizaciones a modo de ejemplo

- 10 Los principios de la invención se pueden aplicar en cualquier proceso industrial que trate y procese materiales en suspensión. Los procesos de separación de minerales y los procesos del campo de la hidrometalurgia son ejemplos de procesos industriales en donde se requiere un análisis en tiempo real de suspensiones y líquidos. La separación por flotación, magnética y gravitatoria, la extracción de metales, la limpieza de líquido, así como los procesos de limpieza y recuperación electrolíticas representan procesos minerales y de hidrometalurgia que pueden usar  
15 analizadores en tiempo real.

La figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema LIBS (espectroscopia de descomposición inducida por láser) según una realización a modo de ejemplo de la invención, para el muestreo en línea y el análisis de un flujo de material fluido, tal como un flujo de suspensión de proceso 20. El sistema se puede considerar que tiene dos módulos: un módulo de presentación de muestras o célula de flujo de muestra 21 y un módulo de análisis.

- 20 El módulo de presentación de muestras 21 puede comprender una línea o conducto de entrada de suspensión 22 configurado para recibir el flujo de suspensión 20 desde una conducción de proceso. El flujo de suspensión 20 puede ser un flujo principal de suspensión de muestra (p. ej., 150 l/min) que tiene su origen en una unidad principal de muestreo (no mostrada), tal como un cortamuestras conectado a una línea real de suspensión de proceso (p. ej., de 5 a 300 m<sup>3</sup>/h). Alternativamente, el flujo de suspensión 20 puede tener su origen en un multiplexador de muestras  
25 al que están conectadas dos o más unidades de muestreo principales mediante líneas de muestra principales específicas. Por ello, se pueden analizar con un único analizador múltiples líneas de suspensión de proceso.

- La porción principal 23 del flujo de suspensión de muestra 20 puede ser devuelta, por la línea de entrada de suspensión 22, al proceso. Una porción 24 más pequeña del flujo de suspensión de muestra 20 puede ser separada y guiada para circular a través de una abertura inferior 27 de la línea de entrada de suspensión a fin de formar un  
30 flujo de muestra estabilizado 25 continuo a lo largo de una superficie estabilizadora de un dispositivo o cuerpo estabilizador, tal como una cuchilla o lámina estabilizadora 26. En la realización a modo de ejemplo mostrada en la figura 2, se emplea una cuchilla o lámina estabilizadora 26 plana y, por ello, se proporciona una superficie estabilizadora plana. Sin embargo, se puede usar alternativamente una cuchilla o lámina estabilizadora curva y, por ello, una superficie estabilizadora curva. Más generalmente, se puede emplear cualquier estructura o cuerpo que  
35 proporcione una superficie plana o curva adecuada para funcionar como una superficie estabilizadora. La selección de una superficie plana o del radio de curvatura se puede realizar dependiendo del tipo de muestra y/o aplicación de la suspensión. La cuchilla estabilizadora puede estar dispuesta preferiblemente de manera transversal con relación al eje longitudinal de la línea de entrada de suspensión 22 y al flujo de suspensión de muestra 20. Debido a las ventajas de disponer el flujo de muestra 25 para que discorra sobre la superficie plana o curva de la cuchilla  
40 estabilizadora 26, se estabilizan la profundidad y la superficie exterior del flujo de muestra 25 plano y se reducen, o prácticamente se evitan, la variación de fluctuaciones superficiales y de profundidad del flujo de suspensión de muestra estabilizado. El flujo de muestra estabilizado puede ser relativamente delgado, p. ej., del orden de pocos milímetros. Cuando se enfoca el haz láser y se induce el plasma en la superficie exterior del flujo de muestra 25 plano, se mejoran significativamente la precisión y la repetibilidad de la medición LIBS.

- 45 La cuchilla estabilizadora 26 puede tener la forma de una lámina o placa plana o curva, por ejemplo, y puede estar fijada de manera transversal a la parte inferior de la línea de entrada de suspensión 25 en la abertura inferior 27. La cuchilla estabilizadora 26 puede estar dispuesta en una posición vertical y en una posición inclinada. La cuchilla estabilizadora puede estar hecha de cualquier material con tolerancia y durabilidad frente a la corrosión suficientes para el entorno del proceso en cuestión. Los ejemplos de tales materiales incluyen metales y cerámica.

- 50 En una realización de la invención, el extremo superior de la cuchilla estabilizadora 26 transversal puede estar dispuesto para sobresalir, a través de la abertura 27, al interior de la línea de entrada de suspensión 22 a fin de cortar y separar la porción 24 más pequeña del flujo de suspensión de muestra 20 para que circule a lo largo de la cuchilla estabilizadora 26. En ese caso, la cuchilla estabilizadora 26 puede denominarse también cuchilla cortadora.

- 55 En una realización de la invención, se crean zonas de diferentes tamaños medios de partícula en el flujo de muestra en suspensión 20 antes de la separación o el corte. En la realización de la figura 3, las partículas gruesas pueden predominar en la primera zona, que incluye la porción más abajo 24 del flujo de muestra en suspensión 20, y las partículas más finas pueden predominar en la porción más arriba del flujo de muestra en suspensión 20. El flujo de

suspensión más abajo 24 es separado a continuación como un flujo de muestra 25 plano que circula a lo largo de la cuchilla estabilizadora 26. En el análisis LIBS, el pulso láser vaporiza normalmente la muestra en el punto de medición a una profundidad de micrómetros. Esto hace que el análisis LIBS sea sensible al tamaño de partícula, es decir, cuanto menor sea la partícula, más emisión se necesita para la medición. Debido a las ventajas de la clasificación de la muestra en suspensión 20, de manera que la cantidad relativa de partículas gruesas destaca en el flujo de muestra en suspensión 25 plano, se compensa la sensibilidad del análisis LIBS para el tamaño de partícula y se mejora la precisión de la medición en las realizaciones de la invención.

La clasificación antes de la presentación de muestras se puede implementar haciendo discurrir el flujo de muestra en suspensión 20 a lo largo de una superficie inclinada, en hélice o curvada, por ejemplo. Alternativamente, una cámara de mezcla o cualquier otro equipo o método se puede usar para la clasificación. En la realización de la figura 2, el módulo de presentación de muestras 21 puede recibir el flujo de suspensión 20 ya clasificado desde cualquier equipo adaptado para realizar la clasificación. Las líneas de trazos en la figura 2 ilustran una implementación en donde la clasificación se realiza en una línea o un tubo inclinados. Se debe apreciar que el módulo de presentación de muestras 21 puede recibir también un flujo de suspensión sin clasificar, pero se pierden, en ese caso, los beneficios de la clasificación.

La figura 3 ilustra la clasificación de las partículas en suspensión mediante un tubo inclinado 22' cuyo eje longitudinal forma un ángulo  $\beta$  con relación al eje horizontal. La longitud del tubo 22' puede ser L. Cuando el flujo de suspensión discurre hacia abajo en el tubo 22', las partículas 24' más grandes o el sedimento tienden a moverse hacia la parte inferior del tubo 22', mientras que las partículas más pequeñas y/o el líquido tienden a permanecer más altas en el tubo 22. Mediante una selección apropiada del ángulo  $\beta$  y la longitud L, las partículas 24' más grandes o el sedimento predominarán en la parte inferior, en el extremo del tubo 22' (en el punto de muestreo). El ángulo  $\beta$  y la longitud L se han de seleccionar de manera que se presente el nivel deseado de clasificación, mientras que el tubo 22' no estará bloqueado por la sedimentación. Cuanto mayor sea el ángulo  $\beta$ , más corta puede ser la longitud L del tubo 22'. Sin embargo, el ángulo  $\beta$  debería ser menor que 90 grados. La figura 4 ilustra la creación del flujo de muestra de las partículas de sedimento 25' a lo largo de la cuchilla estabilizadora 26.

En una realización ilustrada en la figura 2, la línea de entrada de suspensión 22 sigue después de la cuchilla estabilizadora 26 en la abertura 24, en la parte inferior de la línea 22, y evita la suspensión de muestra 23 en exceso de manera controlada desde el módulo de presentación de muestras volviendo al proceso. Se pueden disminuir las salpicaduras de la suspensión dentro del módulo de presentación de muestras 21 y el tamaño de dicho módulo de presentación de muestras 21. Sin embargo, el principio de proporcionar un flujo de muestra en suspensión a analizar para que discurra a lo largo de una cuchilla estabilizadora 26 se puede implementar sin ninguna prolongación de la línea de entrada (como se ilustra en las figuras 3 y 4), o con cualquier otro tipo de conexión de la cuchilla estabilizadora a una línea de entrada.

En una realización de la invención, una abertura 37, que se extiende desde la primera superficie hasta la superficie opuesta de la cuchilla estabilizadora 26, está dispuesta en dicha cuchilla estabilizadora 26, en el punto de enfoque del láser, como se ilustra en la figura 2. Cuando los pulsos láser golpean en una superficie del flujo de muestra en suspensión 25, generan un penacho de plasma 26 que tiene temperaturas iniciales muy altas, que se sitúan a continuación en equilibrio termodinámico. Mientras se sitúa en equilibrio termodinámico, en general, en microsegundos, el plasma se expande y se enfría. La rápida expansión hace que pequeñas gotitas nebulizadas de muestra salpiquen hacia los dispositivos ópticos. Las gotitas tienden a contaminar lentamente cualquier elemento óptico a lo largo de la trayectoria desde el láser 34 hasta el flujo de muestra en suspensión 25, y desde el flujo de muestra 25 hasta el espectrómetro 35. La abertura 37 en la cuchilla estabilizadora 26 permite que la energía del penacho de plasma 28 se descargue en el lado opuesto de la cuchilla estabilizadora 26 y, por ello, se puede reducir o evitar las salpicaduras de plasma o suspensión hacia los dispositivos ópticos, tales como las lentes. El diámetro de la abertura puede estar dispuesto para agrandarse en una dirección desde la primera superficie hasta una superficie opuesta de la cuchilla estabilizadora 26, p. ej., de modo cónico. Como una ventaja adicional, al medir el flujo de muestra en suspensión en la abertura 37 se asegura que la medición se produce desde un plasma 28 creado en el flujo de muestra en suspensión 25 y no en la superficie de la cuchilla estabilizadora 26. En ausencia del flujo de muestra en suspensión 25, el láser pasa por la abertura 37 sin producir nada de plasma en la cuchilla estabilizadora 26.

En una realización ilustrada en la figura 2, el módulo de presentación 21 básico puede comprender simplemente el dispositivo plano, tal como la cuchilla estabilizadora 26, sobre cuya superficie está dispuesto el flujo de muestra para circular desde la entrada. El dispositivo plano puede estar dispuesto en una célula de flujo de muestra confinada por una carcasa, tal como las paredes 38A y 38B ilustradas en la figura 2. La célula de flujo de muestra puede tener una abertura de medición, tal como una abertura o ventana ilustrada en la pared 38B, para cooperar con la óptica de medición. En otras palabras, la abertura de medición permite unas trayectorias ópticas hasta y desde la célula de flujo de muestra.

El módulo de presentación de muestras 21 comprende una óptica de medición dispuesta para enfocar el haz láser al punto de medición y para recoger la luz emitida por el plasma inducido 28. En la realización ilustrada en la figura 2, la óptica comprende una lente 31, un espejo 32 y una lente 33. El espejo tiene una abertura, a través de la que el pulso o pulsos láser 29, desde el láser 34, pueden propagarse hasta la lente 31. La lente 31 está dispuesta para

enfocar el pulso o pulsos láser 29 al punto de medición. La luz 30 emitida desde el penacho de plasma 28 se recoge con la lente 31 hasta el espejo 32 que refleja la luz emitida 30 a una lente de recogida 33, y se mide la distribución espectral (es decir, la intensidad como una función de la longitud de onda). La luz emitida 30, recogida por la lente, se puede analizar con un espectrómetro, generando información electrónica que describe la distribución espectral de la luz emitida que se ha recogido. Puesto que los constituyentes atómicos y moleculares de los materiales de la muestra presentan un espectro de emisión óptica característico, la información generada por el espectrómetro forma una "huella dactilar" del material de la muestra, poniendo de manifiesto los constituyentes de la parte de la muestra sobre la que se enfocó el haz láser.

Es ventajoso que el haz láser 29 sea aproximadamente perpendicular a la superficie del flujo de muestra 25. En caso de una superficie estabilizadora curva, el haz láser perpendicular puede estar alineado con el radio de curvatura. En algunas disposiciones, puede ser ventajoso evitar que el haz láser sea exactamente perpendicular a la superficie de la muestra a fin de evitar por ello la reflexión especular directa del haz láser. Se debe apreciar que, en las realizaciones de la invención, el haz láser puede impactar alternativamente sobre la superficie del flujo de muestra 25 con cualquier ángulo. Dependiendo del ángulo y la disposición de medición, el haz láser 29 puede no tener que propagarse del todo a través del espejo 32 y la lente 31.

Es incluso más ventajoso que la luz emitida 30 desde el penacho de plasma 28 se recoja en una dirección perpendicular a la superficie del flujo de muestra 25, de manera que se recogen todas las emisiones de luz. En otras palabras, la óptica de recogida, tal como la lente 31, está dispuesta ventajosamente de manera que dicha óptica de recogida cubrirá el ángulo espacial más grande sobre el penacho de plasma, proporcionando por ello la intensidad luminosa más alta y la mejor sensibilidad del análisis. La óptica de recogida puede estar alternativamente dispuesta en una posición diferente, con un ángulo espacial más pequeño con relación al penacho de plasma, pero, en ese caso, solamente se puede recoger parte de las emisiones de luz (p. ej., solamente desde un lado) del penacho de plasma 28 y disminuyen la intensidad luminosa y la sensibilidad del análisis.

Se debe apreciar que las realizaciones de la invención no están destinadas a restringirse a las realizaciones a modo de ejemplo ilustradas de la óptica, sino que cualquier disposición óptica adecuada se puede usar conjuntamente con la invención. Un ejemplo adicional de disposición óptica incluye enfocar un haz láser a una superficie de la muestra con un ángulo estrecho (p. ej., 45 grados) mediante una primera óptica y recoger la luz emitida en una dirección diferente mediante una segunda óptica. La implementación de la óptica no es esencial para la invención básica.

En la realización a modo de ejemplo mostrada en la figura 2, el láser 34 y el espectrómetro 35 se ilustran como que son independientes del módulo de presentación 21. Uno o más del láser 34 y el espectrómetro 35 pueden estar fijados directamente al módulo de presentación de muestras, p. ej., a través de una ventana, o al módulo de análisis 21 y uno o más del láser 34 y el espectrómetro 35 pueden estar interconectados mediante guías de ondas ópticas, tales como fibras ópticas. Se debe apreciar que el láser y el espectrómetro, o su implementación, no son relevantes para la invención.

Se debe apreciar también que un módulo de presentación de muestras implementado puede contener muchas estructuras y elementos adicionales no relevantes para la invención básica y, por lo tanto, ni descritos ni mostrados en la presente memoria. Por ejemplo, pueden existir diversas estructuras de pared y soporte para formar una cámara de muestras en donde esté situada la cuchilla estabilizadora, una carcasa para la óptica, unos adaptadores para una unidad láser, un espectrómetro y/o unas guías de ondas, unas ventanas de muestras entre unas partes diferentes del módulo de presentación de muestras, unas ventanas de muestras entre el módulo de presentación de muestras, una unidad láser y/o un espectrómetro, etc.

Tras la lectura de la presente solicitud, será obvio para un experto en la técnica que el concepto inventivo se puede implementar en diversas

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato para presentar una muestra en suspensión a un analizador, comprendiendo el aparato una entrada (27) para admitir un flujo de muestra en suspensión (20), una óptica de medición (31, 32, 33), una abertura de medición óptica para cooperar con la óptica de medición,
- 5 y
- una superficie estabilizadora (26) que mira hacia la abertura de medición, estando la superficie estabilizadora (26) adaptada para formar, a partir del flujo de muestra en suspensión, un flujo de muestra estabilizado (25) delgado a lo largo de la superficie estabilizadora (26) para una medición óptica, a través de la abertura de medición óptica, con la óptica de medición (31, 32, 33), comprendiendo la óptica de medición una óptica de enfoque (31), caracterizado por
- 10 que la óptica de enfoque está dispuesta para dirigir, al menos, un pulso láser enfocado (29) a fin de inducir un plasma (28) en el flujo de muestra en suspensión (25) sobre la superficie estabilizadora (26) y por que la óptica de medición comprende además una óptica de recogida (31, 32, 33) adaptada para recoger la luz (30) emitida por el plasma inducido y enviar dicha luz para el análisis espectral.
2. El aparato según la reivindicación 1, en donde la superficie estabilizadora (26) es plana.
- 15 3. El aparato según la reivindicación 1, en donde la superficie estabilizadora (26) es curva.
4. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además un dispositivo de separación (22, 27) para separar una porción del flujo de muestra en suspensión, en donde la superficie estabilizadora (26) es una parte del dispositivo de separación y está adaptada para formar el flujo de muestra estabilizado (25), delgado, a partir de la porción separada del flujo de muestra en suspensión.
- 20 5. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además un conducto (22) que tiene una abertura en comunicación con la entrada (27), estando la abertura adaptada para formar el flujo de muestra en suspensión desviando una porción de un flujo de suspensión dentro del conducto hacia la entrada.
6. El aparato según la reivindicación 5, en donde la abertura de desviación está dispuesta de manera que la porción que forma el flujo de muestra en suspensión se saca de un componente del flujo de suspensión, preclasificado para
- 25 contener partículas (24) principalmente gruesas.
7. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la óptica de recogida (32, 33) está adaptada para recoger la luz emitida (30) aproximadamente en una dirección perpendicular a la superficie estabilizadora (26).
8. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende un cuerpo estabilizador (26) plano que forma dicha superficie estabilizadora y que tiene una abertura pasante (37) en dicha superficie estabilizadora, en un lugar del plasma inducido (28).
- 30 9. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende una lámina o cuchilla estabilizadora (26) que forma dicha superficie estabilizadora.
10. El aparato según la reivindicación 9, en donde la lámina o cuchilla estabilizadora (26) comprende una lámina o
- 35 cuchilla plana o curva.
11. El aparato según la reivindicación 9 o 10, en donde la lámina o cuchilla estabilizadora o el estabilizador plano (26) está dispuesto para sobresalir al interior del flujo continuo de material en suspensión a fin de cortar la porción de dicho flujo continuo de material en suspensión.
12. Un sistema para el análisis en línea de un flujo de material en suspensión, tal como un flujo de suspensión,
- 40 mediante una espectroscopia inducida por láser, que comprende:
- un aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11;
- una fuente de radiación láser (34) dispuesta para generar un pulso láser (29) adaptado para inducir un plasma (28) en el flujo de muestra estabilizado (25) delgado sobre la superficie estabilizadora (26);
- medios espectrométricos (35) para el análisis espectroscópico de la luz (30) emitida por el plasma inducido (28).
- 45 13. Un método para presentar una muestra en suspensión a un analizador, comprendiendo el método proporcionar un flujo de muestra en suspensión (20),
- formar, a partir del flujo de muestra en suspensión, un flujo de muestra estabilizado (25) delgado a lo largo de una superficie estabilizadora (26) que mira hacia una abertura de medición óptica y presenta el flujo de muestra

estabilizado (25) para una medición óptica, a través de dicha abertura de medición óptica, con una óptica de medición (31, 32, 33), caracterizado por que dicha medición óptica comprende

enviar, a través de la abertura de medición, al menos un pulso láser enfocado (29) que está adaptado para inducir un plasma (28) en el flujo de muestra estabilizado (25) sobre la superficie estabilizadora (26); y

- 5 recibir, a través de la abertura de medición, la luz (30) emitida por el plasma inducido (28) para el análisis espectral.



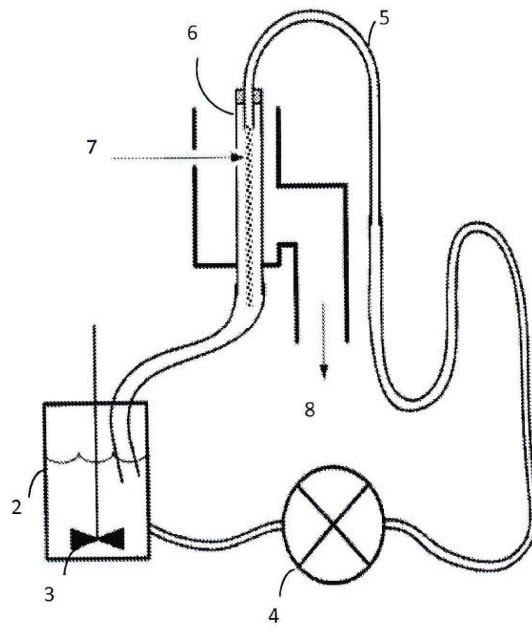


Fig. 1

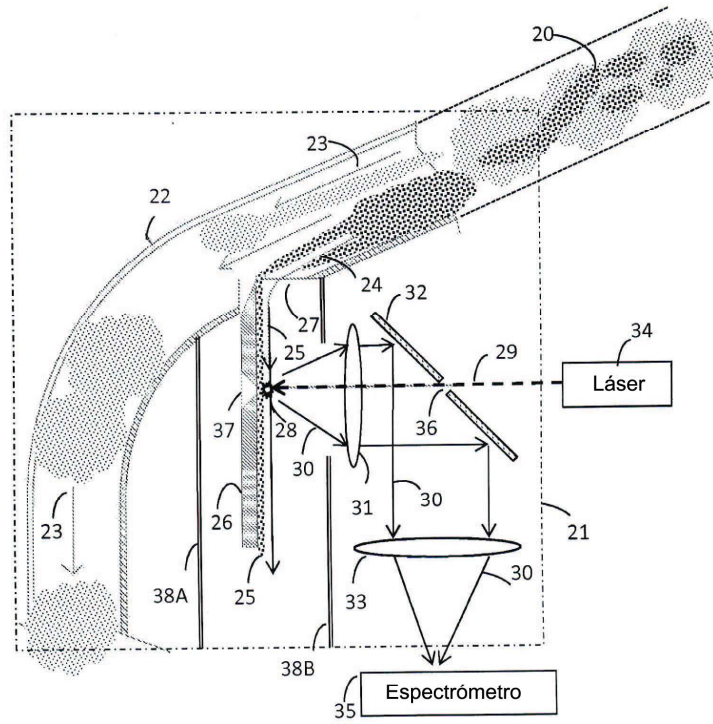


Fig. 2

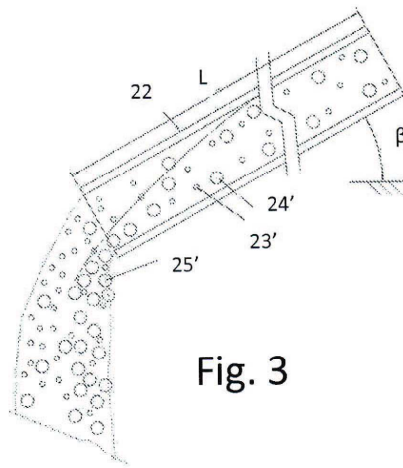


Fig. 3

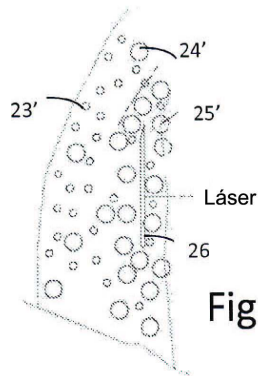


Fig. 4