

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 121**

51 Int. Cl.:

**G01T 1/167** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.03.2015 PCT/EP2015/054864**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.09.2015 WO15135885**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.03.2015 E 15714427 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 3117241**

54 Título: **Procedimiento para la medición de material a granel**

30 Prioridad:

**10.03.2014 DE 102014103168**

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

**08.07.2019**

73 Titular/es:

**NUKEM TECHNOLOGIES ENGINEERING  
SERVICES GMBH (50.0%)  
Industriestraße 13  
63755 Alzenau, DE y  
DMT GMBH & CO. KG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**LANGER, FELIX;  
SCHULTHEIS, ROLAND;  
SOKCIC-KOSTIC, MARINA;  
HUCKE, ANDREAS;  
FEINHALS, JÖRG y  
HOCHHEIMER, ULRICH**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 719 121 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento para la medición de material a granel

5 La invención se refiere a un procedimiento para medir material a granel que contiene radionucleidos, que es depositado en una cinta transportadora y, por medio de la cinta transportadora, se alimenta a un alojamiento, pasando el material a granel durante el transporte por primeros detectores que miden espectrométricamente radiación gamma en la anchura de la cinta transportadora.

Un correspondiente procedimiento se desprende del documento DE 198 24 039 B4. El material a granel es depositado para ello por lotes sobre una cinta transportadora escáner cuya superficie de apoyo debe estar diseñada para la cantidad máxima prevista de material a granel.

10 El documento DE 36 22 790 A1 se refiere a un procedimiento para la detección de la actividad de componentes y materiales contaminados y una disposición para la realización del procedimiento. Para realizar una medición de manera sencilla y flexible, debiéndose efectuar en las mediciones la comprobación con una seguridad definida, está previsto que se tengan en cuenta valores umbral orientados a errores, teniéndose en cuenta parámetros dependientes de los aparatos de medición como, por ejemplo, el tamaño de la ventana de un detector. Un nucleido rastreador, así como factores de calibración para la radiación de fondo también entran en consideración.

15 Una disposición de transporte para la clasificación de residuos radiactivos se conoce por el documento US 4 679 738 A. A este respecto, están previstas medidas para obtener una uniformización de la altura de capa de los residuos que pasan bajo detectores.

20 Según el documento US 4 679 738 A, se separan materiales radioactivos de no contaminados. Para ello, se guía material a lo largo de una cinta de transporte bajo sensores.

25 Para medir material a granel también se conoce la medición de la radiación gamma de radionucleidos medibles de materiales almacenados en bidones o contenedores. En este sentido se da la desventaja, entre otras cosas, de que solo se puede determinar la radioactividad total, de tal modo que posibles zonas de materiales con menor actividad que no sobrepasan los valores límite predefinidos deben ser desechados como material contaminado. También es problemático cuando no se puede medir la contaminación de materiales por medio de espectrometría gamma.

También se conocen procedimientos en los que se realiza una medición de objetos de gran tamaño mediante mediciones gamma totales. A este respecto, sin embargo, no se pueden detectar de manera segura en particular radionucleidos que emiten rayos gamma de baja energía, de tal modo que se requieren tomas de muestras.

30 Una desventaja de los procedimientos conocidos para la medición es que, en el caso del material a granel, deben medirse consecutivamente lotes individuales, es decir, que se efectúa una medición por lotes, no continuada. También es desventajoso que, en los procedimientos conocidos, se requieren tomas de muestras para poder emitir conclusiones sobre los radionucleidos y, por tanto, la radioactividad.

35 La presente invención se basa en el objetivo de perfeccionar un procedimiento para la medición de material a granel del tipo mencionado al principio de tal modo que se pueda efectuar con elevado rendimiento una determinación exacta de la radioactividad.

Dado el caso, también debe darse la posibilidad de extraer conclusiones sobre el lugar de los radionucleidos de los que procede el material que constituye el material a granel.

Según otro aspecto, debe darse la posibilidad de determinar sin problema la radioactividad de material a granel de distintos volúmenes para poder llenar recipientes como, por ejemplo, bidones con correspondientes volúmenes.

40 Para resolver uno o varios de los aspectos mencionados anteriormente, la invención prevé esencialmente un procedimiento para medir material a granel que contiene radionucleidos, que es depositado en una cinta transportadora y, por medio de la cinta transportadora, se alimenta a un alojamiento, pasando el material a granel durante el transporte por primeros detectores que miden espectrométricamente radiación gamma en la anchura de la cinta transportadora, procedimiento que se caracteriza por las etapas

45 - determinación de la proporción los radionucleidos en el material a granel antes del depósito sobre la cinta transportadora teniendo en cuenta al menos un nucleido rastreador

- cálculo de la radioactividad de al menos una cantidad parcial del material a granel sobre la base de la radiación gamma medida por los primeros detectores y su intensidad del al menos un nucleido rastreador

50 - comprobación de la proporción de radionucleidos anteriormente determinada y/o de la radioactividad calculada por medio de segundos detectores que miden radiación  $\alpha$  y/o  $\beta$  y que están dispuestos por encima de la cinta transportadora.

- Se aplica, por tanto, el método de nucleido rastreador para determinar, por medio de un vector de nucleido de radionucleidos medidos por espectrometría gamma, la radioactividad total del material medido, es decir, en particular de una cantidad parcial, también designada como celda, medida en una unidad de tiempo de medición. A este respecto, también se efectúa una medición de la radiación  $\alpha$  y/o  $\beta$ , por medio de lo cual no solo se efectúa una verificación de las proporciones de nucleidos establecidas anteriormente, sino que también se pueden detectar radionucleidos que no se pueden medir por medio de detectores gamma como, por ejemplo, Pu-241 o U-235. En particular, mediante la medición de la radiación  $\alpha$  y  $\beta$  emitida se efectúa un control de la composición de nucleidos calculada por la espectrometría gamma y el método de nucleido rastreador.
- 5
- 10 Sobre los detectores que determinan la radiación  $\alpha$  y  $\beta$  se puede afirmar, por tanto, de manera muy general que estos cumplen el objetivo principal de comprobar si el vector de nucleido establecido como base es acertado. Por medio de la medición de la radiación  $\alpha$  y  $\beta$ , sin embargo, también pueden generarse otras informaciones.
- Si los resultados de la medición de la radiación  $\alpha$  y  $\beta$  se sitúan fuera del valor predefinido por el vector de nucleido aplicado teniendo en cuenta una tolerancia, se determina que el vector de nucleido aplicado no es completamente acertado. Si el resultado de medición se sitúa por encima de lo esperado, el material se declara como residuo radioactivo. Además, se guardan los resultados de medición directos. Los valores calculados se clasifican como no fiables. Si los valores calculados no son fiables, el correspondiente material no es liberado.
- 15
- Los primeros detectores, es decir, detectores gamma, están dispuestos preferentemente por encima de la cinta transportadora. "Por encima" incluye, sin embargo, también otras disposiciones como, por ejemplo, una disposición por debajo, o por debajo y por encima, o en un lado, o complementariamente en un lado de la cinta transportadora.
- 20
- A este respecto, en un perfeccionamiento destacado está previsto que se mida durante el transporte la altura de la cantidad de material que debe medirse sobre la cinta transportadora.
- La medición de altura sirve fundamentalmente para el control, ya que el material a granel depositado sobre la cinta transportadora es ajustado en su altura antes de pasar por los primeros detectores. Para ello, el material a granel es guiado preferentemente bajo una escobilla dispuesta por encima de la cinta transportadora. Por medio de la altura del material a granel y la anchura de la cinta transportadora se puede determinar así el volumen transportado del material a granel.
- 25
- Para poder medir en particular radiación gamma de baja energía, preferentemente en el área de 50 keV en la cantidad suficiente, está previsto en particular que los primeros detectores se dispongan en filas transversalmente a la dirección de transporte de la cinta transportadora, estando previsto por fila al menos un primer detector, preferentemente al menos dos primeros detectores. A este respecto, los primeros detectores se disponen de tal modo que las áreas de medición se solapan. En particular está previsto que un área de medición presente un tamaño de 60 cm x 60 cm a 100 cm x 100 cm, en particular de 80 cm x 80 cm.
- 30
- También respecto a los segundos detectores, que miden los rayos  $\alpha$  y/o  $\beta$ , en particular los rayos  $\alpha$  y  $\beta$ , está previsto que estos se dispongan en filas, preferentemente en al menos dos filas, disponiéndose los detectores de una fila de manera desplazada respecto a los de la otra fila, de tal modo que quede asegurado que se puede efectuar una medición continua, sin huecos, por toda la anchura de la cinta transportadora.
- 35
- El material a granel medido es transferido preferentemente a una segunda cinta transportadora que sirve como alojamiento y presenta un equipo de pesaje. Con ello, las celdas medidas o celdas agrupadas en lotes pueden caracterizarse adicionalmente mediante los correspondientes datos de cantidad, por medio de lo cual se puede obtener finalmente un resultado concluyente sobre la radioactividad.
- 40
- A este respecto, está previsto en particular que sobre la segunda cinta transportadora se deposite material a granel con un volumen que se corresponda con el de un recipiente como, por ejemplo, un bidón, al que debe ser transferido el material a granel por la segunda cinta transportadora.
- 45
- La determinación del volumen se efectúa dividiendo en celdas virtuales el material a granel transportado sobre la cinta transportadora pasando por los primeros y segundos detectores, asociándose los resultados de medición de los primeros y segundos detectores a las celdas en función de la posición de la cinta transportadora. La longitud de una celda virtual en dirección de transporte de la cinta transportadora debe corresponderse a este respecto preferentemente con la longitud del área de medición de un primer detector en dirección de transporte de la cinta transportadora.
- 50
- Dado que la anchura de la cinta transportadora y la altura del material a granel sobre la cinta transportadora son conocidas, se puede aplicar, correspondientemente al volumen de un recipiente como, por ejemplo, un bidón que debe llenarse, un correspondiente número de celdas o una parte de estas sobre la segunda cinta transportadora para después poder calcular la radioactividad total teniendo en cuenta el peso del material a granel presente sobre la

- segunda cinta transportadora. Para ello, se calcula la radioactividad de las celdas individuales que ha sido determinada según el método del nucleido rastreador. En cuanto al volumen parcial de una celda, dado el caso, depositado sobre la segunda cinta transportadora se establece como base, correspondientemente a la proporción de volumen de la celda, la proporción de la radioactividad medida para la celda, ya que se parte de que la radioactividad se presenta de manera distribuida homogéneamente en el material a granel.
- 5 Con otras palabras, las celdas representan en sentido propio una separación virtual del material a granel transportado. A este respecto, se establecen los límites de las celdas preferentemente por medio de los siguientes aspectos. El volumen de llenado sobre la cinta de dosificación debe obtenerse por medio de un número natural de celdas. Una celda debe presentar al menos el tamaño del campo visual de un espectrómetro gamma, es decir, de un primer detector. Además, la duración de la medición de una celda debe durar al menos 10 segundos. Al margen de esto, las celdas deben ser lo más grandes posible para reducir el esfuerzo de cálculo y elevar la fiabilidad de las mediciones individuales de celdas.
- 10 Mediante los segundos detectores se da en particular la ventaja de que se puede comprobar directamente la verosimilitud de los resultados de los cálculos por medio del método de nucleido rastreador para radiación  $\alpha$  y  $\beta$ .
- 15 Si, según el estado de la técnica, aparecen resultados de medición falseados, por ejemplo, por autoabsorción o debido a una escasa altura del material que debe medirse, se pueden eliminar estas desventajas gracias al al menos un tercer detector, por medio del cual se determina la altura del material transportado sobre la cinta transportadora. Se lleva a cabo una corrección de la radioactividad determinada del material a granel teniendo en cuenta la altura de capa determinada por el al menos un tercer detector. Mediante la medición de altura, se llega, además, a una conclusión sobre si el material medido ha pasado suficientemente cerca de los segundos detectores para una medición fiable. También se desprenden conclusiones sobre el volumen en una celda.
- 20 La extensión superficial de una celda es a este respecto al menos de tal magnitud que se cubre por completo todo el campo visual de un espectrómetro gamma, es decir, de un primer detector. Una celda es como máximo de igual tamaño que un lote.
- 25 Además, el material a granel debe presentar granos con un tamaño máximo preferentemente de 50 mm. A este respecto, el tamaño de grano de las partículas, sin embargo, no debe ser mayor que "alcance de radiadores  $\alpha$  esperados en aire" menos distancia entre el segundo detector y superficie ideal de material. Por tanto, si, por ejemplo, la partícula  $\alpha$  en aire presenta un alcance de 4,5 cm y la distancia entre el segundo detector y la superficie de material ideal es de 1,5 cm, se obtiene un tamaño máximo de grano de 3 cm.
- 30 Independientemente de esto, se parte fundamentalmente de que se presenta una distribución constante de tamaño de grano para toda la masa de material medida. Esta distribución constante de tamaño de grano debe asegurarse mediante una trituradora como, por ejemplo, una machacadora, dispuesta aguas arriba de la cinta transportadora.
- En particular, con los primeros y segundos detectores se mide durante un tiempo  $t$ , con en particular  $0 \text{ min.} < t \leq 6 \text{ min.}$ , preferentemente  $20 \text{ sec.} \leq t \leq 4 \text{ min.}$ , para determinar la radioactividad de los materiales que constituyen una celda guiados por las áreas de medición de los primeros y segundos detectores durante el tiempo  $t$ .
- 35 Para evitar mediciones falseadas debido a depósitos en las ventanas de entrada de los detectores  $\alpha$  y/o  $\beta$ , un perfeccionamiento de la invención prevé que a lo largo de la cinta transportadora se guíe un gas, en particular aire comprimido, de tal modo que este fluya en la zona de depósito de la cinta transportadora en contra de la dirección de transporte y, en la zona de descarga de la cinta transportadora, en dirección de transporte.
- 40 En la zona del depósito o de la descarga debe generarse una corriente de gas como, por ejemplo, una corriente de aire comprimido, que esté orientada de tal modo que, en la zona de depósito, el gas fluya en contra de dirección de transporte y, en la zona de descarga, en dirección de transporte. De esta manera, se mantienen alejadas partículas de las ventanas de entrada de los detectores, en particular de los detectores  $\alpha/\beta$ , de tal modo que se evitan deposiciones.
- 45 La velocidad del gas que fluye como, por ejemplo, aire comprimido, debe situarse a este respecto en el intervalo de valores con el que la cinta transportadora transporta el material, en particular en el intervalo entre 1 cm/s y 3 cm/s, preferentemente en aproximadamente 2 cm/s.
- Mediante los correspondientes valores de velocidad se impiden remolinos. Simultáneamente, sin embargo, se mantiene apartado de manera segura polvo que se genera en la zona de depósito o en la zona de descarga.
- 50 El dispositivo de acuerdo con la invención puede dividirse en una zona de trabajo interior o ejecutora y una zona de trabajo exterior o controladora. La zona de trabajo interior o ejecutora es aquella en la que se realiza la medición. A este respecto, la zona de trabajo interior puede ser manejada completamente a distancia, de tal modo que se obtiene la ventaja de que se pueden realizar mediciones en una zona de trabajo potencialmente contaminada. El

control y la evaluación se efectúan en la zona de trabajo exterior o controladora. La zona de trabajo exterior se encuentra, por supuesto, en una zona no contaminada.

5 Mediante la división a este respecto se da también la posibilidad de poner a disposición una disposición de medición transportable que, por ejemplo, puede disponerse en un contenedor. En este, solo se requiere de la disposición de una cinta de medición, así como de los detectores y, dado el caso, si se desea, del equipo de aire comprimido que genere la corriente de aire en la zona de depósito o en la de descarga de la cinta de medición.

10 Por lo demás, la enseñanza de acuerdo con la invención permite identificar puntos calientes. Así, en la detección de valores de medición espectrales divergentes de la distribución de radionucleidos anteriormente determinada, pueden determinarse lugares de los radionucleidos asociados a los valores de medición espectrales divergentes, es decir, puntos calientes.

De acuerdo con la invención, se puede medir material a granel de manera continuada, efectuándose una comprobación por medio de los detectores  $\alpha$  y/o  $\beta$  sobre si la proporción de los radionucleidos tomada como base para el método de nucleido rastreador aplicado es acertada.

15 El sistema permite aplicar con posterioridad el método de nucleido con otros vectores de nucleido y así controlar y asegurar la calidad de las mediciones.

Se puede trabajar en un entorno polvoriento, ya que por medio de una corriente de gas o de aire guiada se asegura que no se produzcan deposiciones en las ventanas de entrada de los detectores, en particular de los detectores  $\alpha$  y/o  $\beta$ .

20 Junto al empleo en condiciones adversas, se pone a disposición un procedimiento robusto en el que no son necesarios otros medios procesuales adicionales. El mantenimiento y la puesta en marcha se simplifican.

25 Al margen de la medición continuada y, por tanto, del depósito continuo de material sobre la cinta transportadora, se asegura que no se produzcan mediciones falseadas por un llenado inapropiado de la cinta transportadora o, en caso de un llenado demasiado escaso de la cinta transportadora, no se tomen en consideración mediciones, gracias a la determinación de la altura del material transportado sobre la cinta transportadora. Se pueden detectar radionucleidos que son radiadores  $\beta$  puros. Se detectan radionucleidos no esperados, dándose la posibilidad de extraer conclusiones sobre el lugar del que proceden.

Otras particularidades, ventajas y características de la invención se desprenden no solo de las reivindicaciones, de las características que se extraen de estas -por sí solas y/o en combinación-, sino también de la siguiente descripción de ejemplos de realización preferentes que se extraen del dibujo.

30 Muestran:

la figura 1, un diagrama de flujo del procedimiento de acuerdo con la invención,

la figura 2, una ilustración esquemática de un dispositivo para la medición de material a granel,

la figura 3, una ilustración esquemática de una disposición de espectrómetros gamma,

la figura 4, una ilustración esquemática de una disposición de detectores  $\alpha/\beta$ ,

35 las figuras 5a) a c), ilustraciones esquemáticas de un proceso de medición y dosificación y

la figura 6, una ilustración esquemática de una corriente de aire dirigida.

Sobre la base de las figuras se explica un procedimiento de acuerdo con la invención para medir materiales a granel, debiendo entenderse las ilustraciones como puramente esquemáticas.

40 El propio procedimiento se ilustra de nuevo sobre la base de la figura 1. Desechos de central 10 son triturados por medio de una machacadora 12. En particular se fabrican partículas de un tamaño en el área de hasta 5 cm. El correspondiente material a granel es transferido en el ejemplo de realización de la figura 2 por medio de un transportador en Z 16 a una cinta transportadora designada como cinta de medición 18 u otro equipo de transporte apropiado. Para asegurar una altura deseada, al principio de la cinta de medición 18 se encuentra una escobilla 20. Mediante la trituración, la distribución de los desechos de central, es decir, del material a granel por toda la anchura de la cinta de medición 18 y la altura predefinida por la escobilla 20 del material a granel sobre la cinta de medición 45 18, se genera una geometría de referencia 12.

Antes del depósito del material a granel sobre la cinta de medición 18, en particular antes de la trituración de los desechos de central 10 se determinan uno o varios nucleidos rastreadores de los desechos de central para después

determinar por medio de un vector de nucleido a partir de radionucleidos medidos por espectrometría gamma la radioactividad total del material a granel.

5 Por medio de espectrometría gamma 24, se determinan los radionucleidos que se pueden medir. Por medio de medición de radiación  $\alpha$  y  $\beta$  26, se efectúa una comprobación, es decir, una verificación sobre si la distribución de radionucleidos presupuesta se ha establecido correctamente para la aplicación del procedimiento de nucleido rastreador o de un correspondiente procedimiento. También se pueden medir por medio de la medición de radiación  $\alpha$  y  $\beta$  26 radionucleidos que no se detectan por medio de la espectrometría gamma como, por ejemplo, Pu-241.

10 Teniendo en cuenta los espectros gamma medidos y el vector de nucleido 13, así como incluyendo el peso del material a granel (medición de peso 15), se calcula entonces la radioactividad total (modelo de cálculo 22) para después poder llevar a cabo una caracterización radiológica 28. La caracterización radiológica 28 sirve o bien para liberar el material a granel o, por ejemplo, para declararlo residuo radioactivo o, por ejemplo, aprovecharlo subterráneamente.

15 El procedimiento se lleva a cabo técnicamente principalmente con los componentes que se pueden extraer de la figura 2. Así, los desechos de central 10 son alimentados por medio de un aparato de carga como, por ejemplo, una pala de carga 36, a la machacadora 12 o a un dispositivo de igual efecto para después alimentar el material a granel de geometría definida por medio del transportador en Z 16 a la cinta de medición 18. En el ejemplo de realización, por encima de la cinta de medición están dispuestos módulos de medición 38 y, concretamente, espectrómetros gamma dispuestos en filas 42, 44, 46, 48 que discurren transversalmente a la dirección de transporte 40 de la cinta de medición 18, de los cuales están marcados a modo de ejemplo dos con las referencias 50, 52. Las áreas de medición de los espectrómetros gamma 50, 52 se solapan tanto transversalmente a la dirección de transporte 40, así como también a lo largo de esta.

Otra disposición de los módulos de medición, es decir, de los espectrómetros gamma 50, 52, por ejemplo, alrededor de la cinta de medición 18, también es posible.

25 Las áreas de medición 54, 56, 58 son cubiertas en cada caso por cuatro detectores gamma. Los detectores gamma 50, 52 en la figura 3 cubren las áreas de medición 58, 62. A partir de la figura 3, se aprecia que la zona de cobertura de diferentes espectrómetros gamma está dispuesta de manera solapada.

En el caso de los detectores gamma 50, 52, puede tratarse, por ejemplo, de espectrómetros HPGe, 30 % de eficiencia de prueba.

30 En dirección de transporte, tras los detectores gamma 50, 52, están dispuestos detectores  $\alpha$  y  $\beta$  también en filas 64, 66 que discurren transversalmente a la dirección de transporte 40, de los cuales algunos están marcados con las referencias 66, 68. Los detectores están dispuestos en filas 64 y 66 de manera desplazada entre sí, de tal modo que se asegura que el material a granel que debe medirse y que está presente sobre la cinta transportadora o cinta de medición 18 puede ser medido en toda la anchura de la cinta de medición 18.

35 Los detectores  $\alpha$  y  $\beta$  66, 68 no están cubiertos hacia la cinta de medición 18, ya que, en caso contrario, se produciría una absorción que no permitiría una detección de rayos  $\alpha$ . Para al margen de ello, asegurar que la ventana de entrada de los detectores 66, 68 no se ensucia, se genera correspondientemente a la figura 6 de manera selectiva una corriente en la zona de todos los detectores. Así, se genera por medio de una fuente de aire comprimido 70, a través de conductos 71, 72, aire comprimido en la zona de depósito 78 de la cinta de medición y, en la zona de su transferencia o descarga 80, una dirección de corriente de tal modo que en la zona de depósito 78, correspondientemente a la flecha 82, se genera aire comprimido en contra de la dirección de transporte y, en el final de descarga 80, correspondientemente a la flecha 84, en dirección de transporte. Así, se evacúa polvo que se puede generar en el depósito del material a granel o en la descarga de este, de tal modo que se impide un ensuciamiento en particular de los detectores  $\alpha$  y  $\beta$  66, 68. Los polvos evacuados pueden colectarse y añadirse en la zona de depósito 78 de la cinta de medición 18 al material a granel.

45 Aguas abajo de la cinta de medición 18, está dispuesta una cinta de dosificación 86 designada como alojamiento que está configurada simultáneamente como equipo de pesaje para detectar el peso del material a granel medido.

50 Desde la cinta de dosificación 86, el material a granel llega después por medio de un equipo de llenado a recipientes como, por ejemplo, bidones 88, para alimentar correspondientemente a la clasificación realizada el material a granel a otro fin. A este respecto, se deposita sobre la cinta de dosificación 86 un volumen de material a granel que se corresponde con el del recipiente 88 que debe llenarse con el material a granel.

55 Para determinar la radioactividad total del material a granel presente sobre la cinta de dosificación 86 y con el que debe llenarse un bidón 88, el material a granel que se encuentra sobre la cinta de dosificación 86 es dividido en un número de celdas. Las celdas representan a este respecto una división virtual del material a granel depositado sobre la cinta de medición 18, determinándose los valores de medición de cada una de las celdas en función de la posición de la cinta de medición 18. A este respecto, durante un tiempo predefinido se mide para llevar a cabo después una

asociación de los resultados de medición del primer o del segundo detector con la correspondiente celda. El volumen de cada una de las celdas se calcula estableciéndose la longitud de la celda en dirección de transporte de la cinta de medición, de tal modo que, sobre la base de la altura del material a granel sobre la cinta de medición 18 y su anchura, se establece el volumen de una celda. Correspondientemente al volumen del bidón 88, se transfiere un correspondiente número de celdas además de, dado el caso, una parte de una celda a la cinta de dosificación 86 para después medir su peso para calcular, teniendo en cuenta los resultados de medición de al menos los primeros detectores 50, 52 y del procedimiento de nucleido, la radioactividad total del material a granel que se encuentra sobre la cinta de dosificación 86. El material a granel que se encuentra sobre la cinta de dosificación 86 se designa como lote. La cinta de medición 18 puede presentar, por ejemplo, una longitud de entre 5 m y 8 m y/o la cinta de dosificación 86, entre 2 m y 4 m.

Mediante los detectores  $\gamma$  50, 52 dispuestos en filas pueden detectarse también rayos gamma con baja actividad, en particular de baja energía, por ejemplo, en el área de 50 keV. Los materiales que pasan por los detectores gamma 50, 52 son subdivididos para la medición en las denominadas celdas 92, 94, 96, como se desprende esquemáticamente de la figura 5. Las correspondientes celdas 92, 94, 96 son medidas, pudiendo situarse los tiempos de medición por detector gamma 50, 52 entre 20 segundos y 4 minutos, solo por mencionar tiempos a modo de ejemplo. A este respecto, las celdas individuales 92, 94, 96 son medidas por detectores 50, 52 dispuestos en las filas 42, 44, 46, 48 y después se suman los resultados de medición, dado el caso, ponderados, para obtener un índice de medición suficiente y, por tanto, evaluable. De las celdas individuales 92, 94, 96 se miden también los rayos  $\alpha$  y  $\beta$  totales para después, por un lado, concluir una cantidad total de radioactividad o poder calcular esta y, por otro lado, para comprobar si la distribución de radionucleidos determinada antes del depósito del material a granel, es decir, la proporción de los radionucleidos entre sí, es acertada para la aplicación del método de nucleido rastreador o clave.

Con otras palabras, el material a granel depositado sobre la cinta de medición 18 es subdividido en celdas virtuales 92, 94, 96, modificándose su posición en función del movimiento de la cinta de medición 18. La posición de la cinta de medición 18 se utiliza, por tanto, para la determinación de la posición de las correspondientes celdas virtuales 92, 94, 96.

Como se desprende de las figuras 5a a 5c, las celdas 92, 94 agrupadas en lotes son transferidas a la cinta de dosificación 86 para después, tras alcanzar un volumen predefinido del material a granel tamponado y pesaje de este, poder alimentarlo al recipiente. Durante este proceso, la cinta de medición 18 está básicamente quieta.

Para excluir la posibilidad de mediciones falseadas o mediciones no aprovechables, está previsto, además, de acuerdo con la invención, que se pueda medir la altura del material a granel dispuesto sobre la cinta de medición 18. Esto puede efectuarse, por ejemplo, por medio de ultrasonido. Divergencias de altura se tienen en cuenta en el cálculo de la radioactividad, ya que la dependencia de la altura tiene influencia sobre la cantidad de radiación del material emisor. La medición de radiación  $\alpha$  también exige una distancia máxima entre el detector 66, 68 y la superficie de material de pocos centímetros. Si la altura de capa del material a granel sobre la cinta de medición 18 es demasiado escasa, los valores determinados para estas zonas se consideran como no fiables.

La medición de altura también sirve para comprobar si las celdas presentan el volumen calculado.

De acuerdo con la invención, se mide material a granel transportado básicamente de manera continuada, efectuándose, dado el caso, una interrupción cuando material a granel medido y alojado por la cinta de dosificación 86 debe transferirse al alojamiento 88. Esta interrupción, sin embargo, no es necesaria si, por un lado, la cinta de dosificación presenta una suficiente longitud respecto a la cinta de medición 18 y, por otro lado, se transporta con diferentes velocidades, de tal modo que se produzca sobre la cinta de dosificación 86 un hueco entre material a granel que debe transferirse que se pueda aprovechar para llenar recipientes 88 de manera consecutiva.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para medir material a granel que contiene radionucleidos, que es depositado en una cinta transportadora (18) y, por medio de la cinta transportadora, se alimenta a un alojamiento, pasando el material a granel durante el transporte por primeros detectores (50, 52) que miden espectrométricamente radiación gamma en la anchura de la cinta transportadora, caracterizado por las etapas de procedimiento
- determinación de la proporción los radionucleidos en el material a granel antes del depósito sobre la cinta transportadora teniendo en cuenta al menos un nucleido rastreador
  - 10 - cálculo de la radioactividad del material a granel sobre la base de los rayos gamma medidos por medio de los primeros detectores y sus intensidades teniendo en cuenta uno o varios de los nucleidos rastreadores presentes en los radionucleidos
  - comprobación de la proporción de radionucleidos anteriormente determinada y/o de la radioactividad medida por medio de segundos detectores (66, 68) que miden radiación  $\alpha$  y/o  $\beta$  y que están dispuestos por encima de la cinta transportadora.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los primeros detectores se disponen por encima de la cinta transportadora, disponiéndose preferentemente los primeros detectores en varias filas transversalmente a la dirección de transporte de la cinta transportadora, disponiéndose por fila al menos un primer detector, preferentemente dos primeros detectores.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1, reivindicaciones 1 a 15 modificadas el 2 de marzo de 2017 – 56343, caracterizado porque radiación  $\alpha$  y/o  $\beta$  medida por medio de los segundos detectores se mide por completo en toda la anchura de la cinta transportadora, disponiéndose preferentemente los segundos detectores en al menos dos filas de tal modo que los segundos detectores, observados en dirección de transporte, se solapan.
- 25 4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque, durante el transporte del material a granel se mide su altura sobre la cinta transportadora.
5. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el material a granel es transferido por la cinta transportadora a un alojamiento como una cinta transportadora que presenta un equipo de pesaje.
- 30 6. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque como material a granel se emplea uno en el que los radionucleidos están distribuidos uniformemente.
7. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el material a granel transportado continuadamente es dividido en celdas para la medición.
- 35 8. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque, en función de la posición de la cinta transportadora, se asocia a una celda la radioactividad medida por uno o varios primeros detectores.
9. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque una celda presenta una longitud en dirección de transporte de la cinta transportadora que se corresponde con el área de medición de un primer detector en dirección de transporte de la cinta transportadora.
- 40 10. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque celdas y/o, dado el caso, al menos una parte de una celda con radioactividad divergente entre sí se agrupan en un lote, agrupándose la radioactividad determinada o calculada de las celdas y/o de la al menos una parte de una celda en una radioactividad total para evaluar el lote en función de esta.
11. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque como material a granel se emplea uno con un tamaño de grano de hasta 50 mm.
- 45 12. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se mide la radiación durante un tiempo (t) con en particular  $0 \text{ min.} < t \leq 6 \text{ min.}$ , preferentemente  $20 \text{ sec.} \leq t \leq 4 \text{ min.}$  para la determinación de la radioactividad de una cantidad de material a granel que forma una celda que ha pasado durante el tiempo t por el primer y el segundo detector.
13. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se corrige autoabsorción de radiación debida a la altura del material a granel por medio de la altura determinada por el un tercer detector.

14. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque a lo largo de la cinta transportadora se guía un gas, en particular aire comprimido, de tal modo que este fluye en la zona de depósito de la cinta transportadora en contra de la dirección de transporte y, en la zona de descarga de la cinta transportadora, en dirección de transporte.
- 5 15. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque, en función del volumen de un recipiente, como un bidón, en el que debe llenarse material a granel, se establece un determinado número de celdas, en función del volumen y, dado el caso, una o varias celdas parciales sobre la segunda cinta transportadora, cuyo peso se determina, y después se llena en el recipiente.

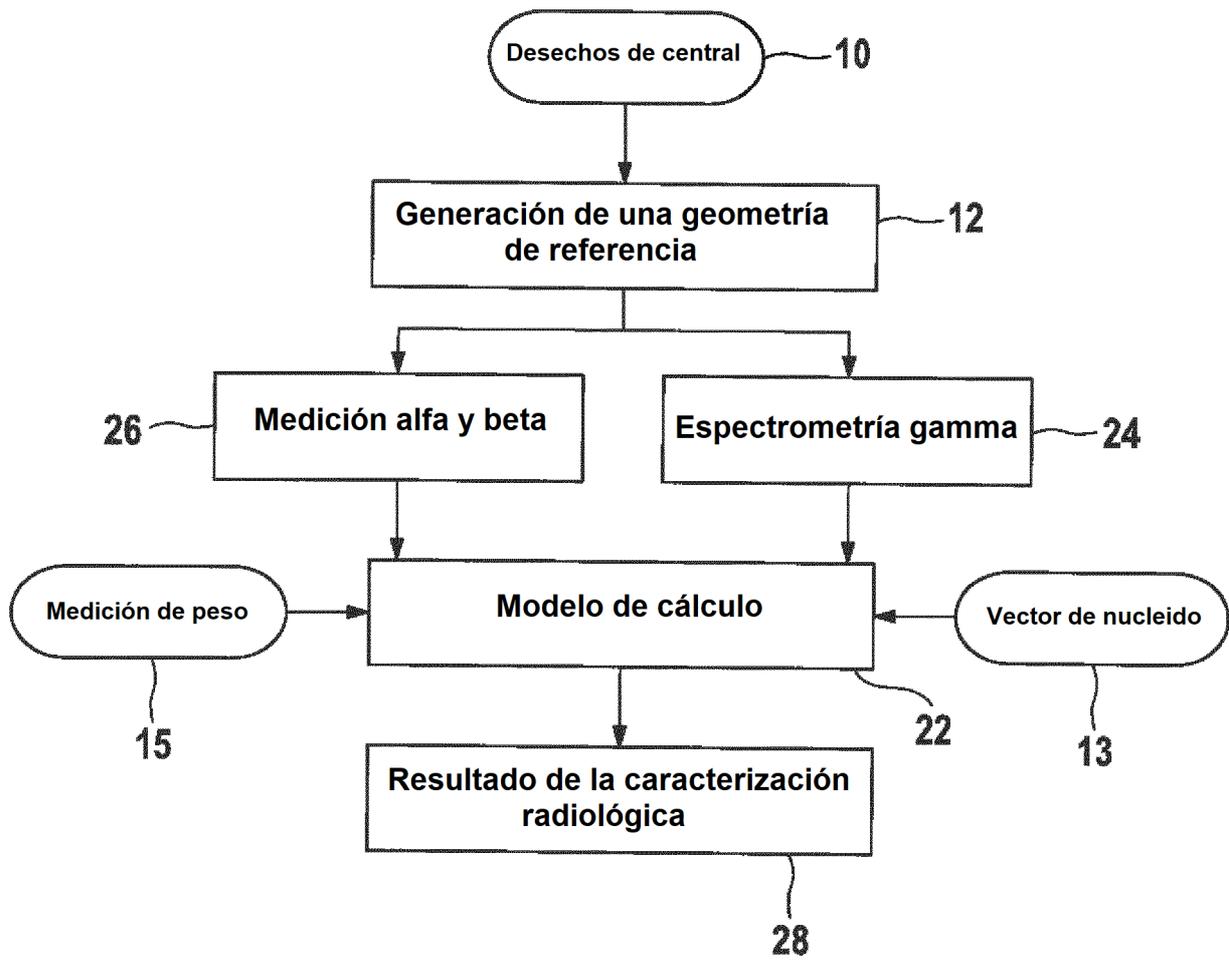


Fig. 1

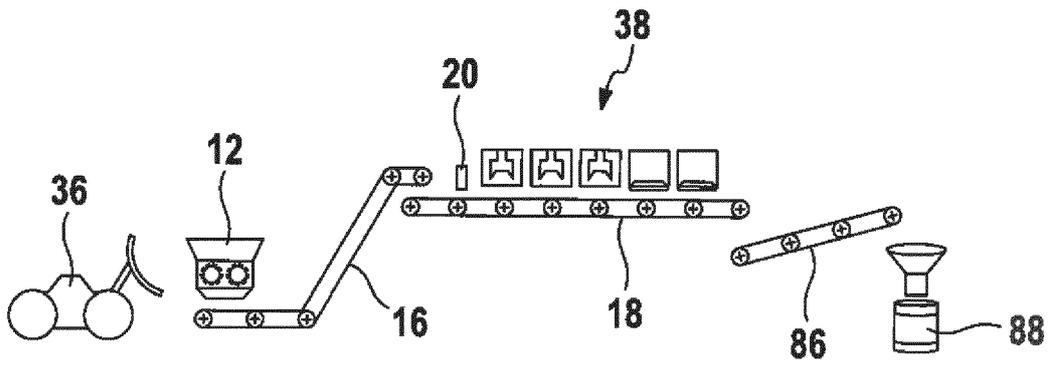


Fig. 2

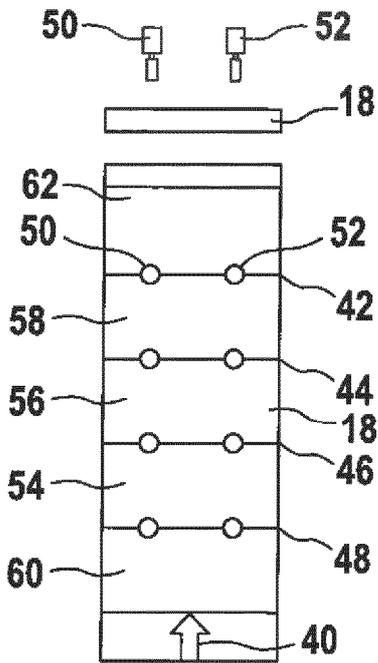


Fig. 3

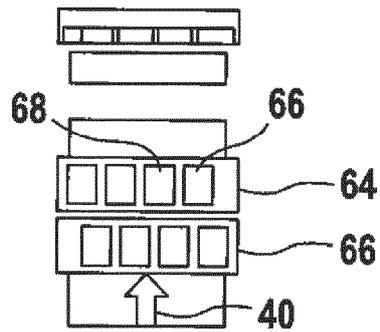


Fig. 4

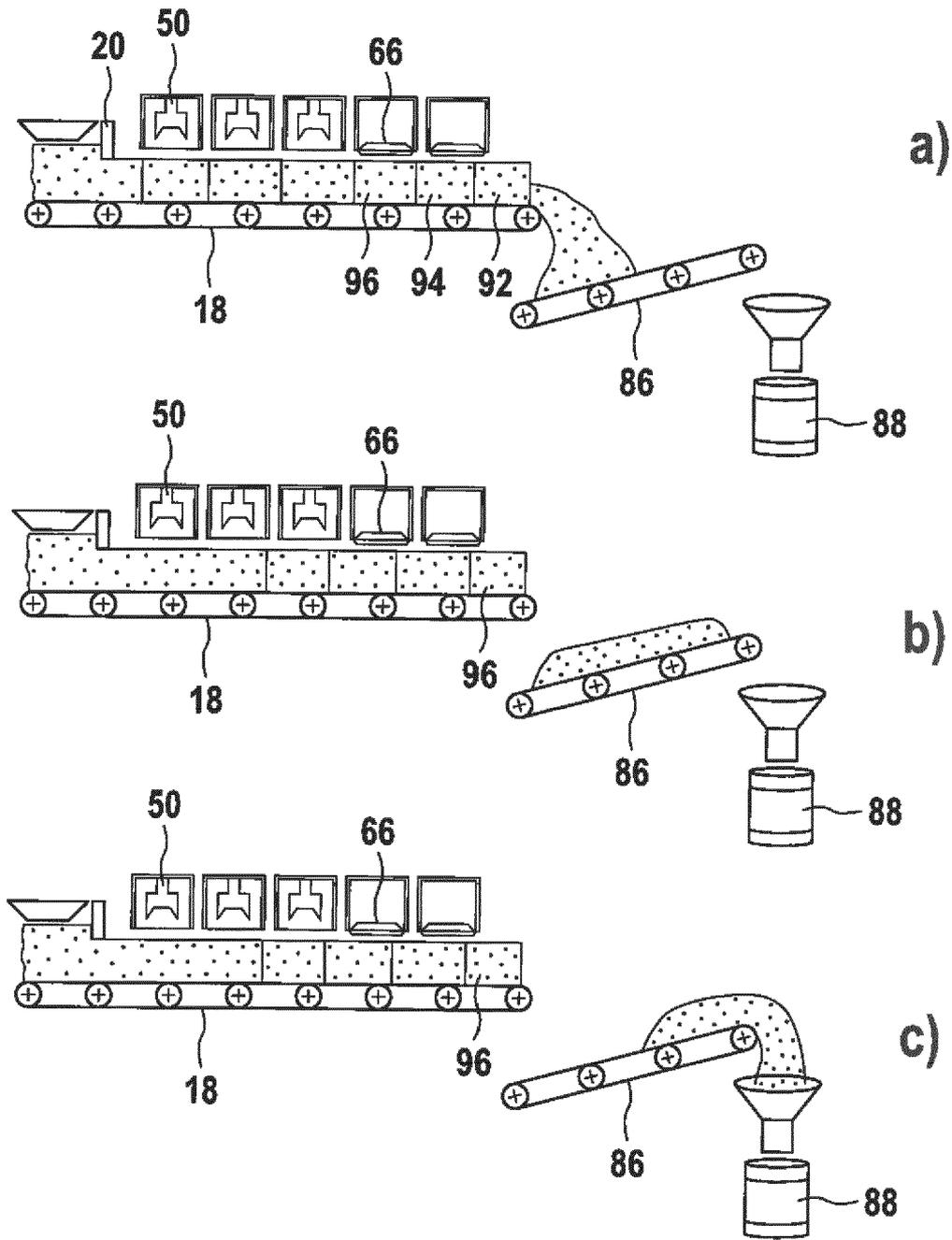


Fig. 5

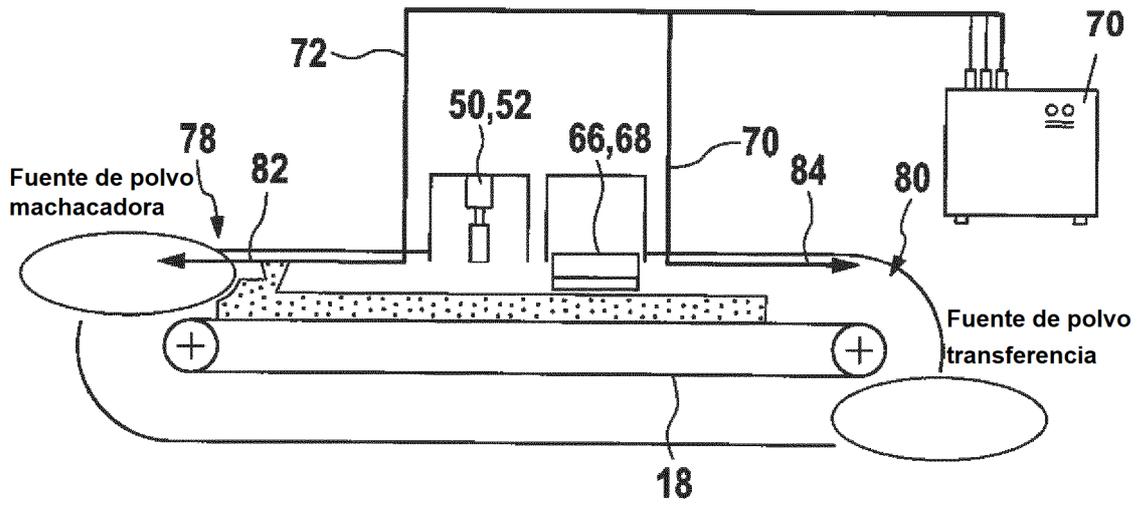


Fig. 6