

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 799 429**

51 Int. Cl.:

G01N 27/60 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2014** E 14183866 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020** EP 2993468

54 Título: **Método para medir la capacidad de un polvo fluente para cargarse electrostáticamente y dispositivo de medición**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.12.2020

73 Titular/es:

**UNIVERSITE DE LIEGE (100.0%)
Avenue Pré-Aily 4
4031 Angleur, BE**

72 Inventor/es:

**LUMAY, GEOFFROY;
SCHOCKMEL, JULIEN;
VANDEWALLE, NICOLAS y
BOSCHINI, FRÉDÉRIC**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 799 429 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 para medir la capacidad de un polvo fluente para cargarse electrostáticamente y dispositivo de medición

5 La invención se dirige a un método para medir la capacidad de un polvo fluente para cargarse electrostáticamente permitiendo que el polvo fluya bajo la influencia de la gravedad y midiendo la carga electrostática del polvo. La invención también se dirige a un dispositivo de medición para medir la capacidad de un polvo fluente para cargarse electrostáticamente.

En la técnica es bien conocido que dentro de un polvo se crean cargas electrostáticas durante un flujo.

10 Esta aparición de cargas eléctricas se debe al efecto triboeléctrico, que es un intercambio de carga en el contacto entre dos sólidos. Durante el flujo de un polvo dentro de un dispositivo, tal como un mezclador, un silo o un transportador, el efecto triboeléctrico tiene lugar en el contacto entre las partículas de polvo sólido y en la superficie de contacto entre estas partículas y el dispositivo. Por lo tanto, las características del polvo y las propiedades del material utilizado para construir el dispositivo son parámetros importantes.

15 La aparición de cargas eléctricas en el interior de un polvo puede producir chispas y provocar riesgos de explosión. Además, la carga electrostática durante el flujo de partículas de polvo provoca la aglomeración y la segregación, lo que puede provocar problemas de dosificación. En algunas aplicaciones, la aparición de cargas eléctricas dentro de un polvo es una ventaja. La aplicación más conocida basada en la electrificación del polvo es la electrofotografía. El proceso de recubrimiento de polvo también se basa en la adhesión de partículas de polvo cargadas sobre una superficie. En las mezclas granulares, la dependencia de la electrificación de las partículas de polvo es interesante en las técnicas de separación.

20 Para optimizar los procesos utilizados en estas aplicaciones, se utiliza un método y dispositivos de medición para medir la capacidad de un polvo para cargarse electrostáticamente. Dichos métodos y dispositivos se pueden utilizar de forma ventajosa para probar el efecto con respecto a la carga electrostática de un aditivo antiestático, el efecto de las diferentes características del polvo y/o el efecto del material del anteriormente denominado dispositivo. Un artículo de revisión de S. Matsusaka et al en Chemical Engineering Science 65: 5781-5807, 2010 describe diferentes métodos y dispositivos para medir la capacidad de un polvo para cargarse electrostáticamente. Estos métodos incluyen el llamado método de cascada en una placa inclinada, el método de flujo en una placa vibratoria, el método de lecho fluidizado, el método centrífugo y el método ciclónico.

30 En un artículo de Peter Ireland (Powder Technology 198 (2010) 189-198) se describe un método en donde se investigan la carga electrostática acumulada de un polvo y los atributos mecánicos de un flujo de partículas utilizando un portaobjetos plano de acero inoxidable. Con la técnica del plano inclinado de este artículo, el polvo se extiende por todo el plano y los granos se deslizan, ruedan y rebotan en el plano.

El documento JP59217157 describe un dispositivo y un método para medir la capacidad de un polvo para cargarse electrostáticamente cuando fluye en procesos complejos como los que se encuentran en los dispositivos comerciales.

35 Los métodos anteriores tienen la desventaja de que son difíciles de utilizar en la práctica y además dan resultados fluctuantes. Además, estos métodos no se refieren a los flujos densos. Por lo tanto, los resultados obtenidos con estos métodos son difíciles de comparar con los efectos de la carga triboeléctrica observados en dispositivos en donde el polvo está presente en una composición más densa. La presente invención tiene por objetivo superar estas limitaciones.

40 Este objetivo se logra mediante el siguiente método. Método para medir la capacidad para cargarse electrostáticamente de un polvo fluente, permitiendo que el polvo fluya a través de un conducto bajo la influencia de la gravedad y midiendo la carga electrostática del polvo a medida que se descarga desde el conducto, en donde el conducto está compuesto por una parte superior recta conectada de forma fluida a una parte inferior recta, estando la parte superior colocada bajo un primer ángulo con la horizontal y estando la parte inferior colocada bajo un segundo ángulo con la horizontal y en donde la parte superior y la inferior se colocan bajo un tercer ángulo relativo entre sí definiendo una curva en la intersección de la parte superior y la inferior.

50 El invento también se dirige a un dispositivo de medición. Dispositivo de medición para un método para medir la capacidad de un polvo fluente para cargarse electrostáticamente que comprende un conducto compuesto por una parte superior recta conectada de forma fluida a una parte inferior recta, estando la parte superior colocada bajo un primer ángulo con la horizontal y estando la parte inferior colocada bajo un segundo ángulo con la horizontal y en donde la parte superior e inferior se colocan bajo un tercer ángulo relativo entre sí definiendo una curva en la intersección de la parte superior e inferior, en donde la parte superior se dota con una abertura de suministro para el polvo y la parte inferior se dota con una abertura de descarga para descargar el polvo y una copa de Faraday conectada a un electrómetro colocado con respecto a la abertura de descarga de tal manera que reciba el polvo desde el conducto.

55 Los solicitantes descubrieron que utilizando el conducto con las dos partes rectas e inclinadas y la conexión entre dichas partes se puede obtener un flujo de polvo que se asemeja más al flujo denso de polvos de un dispositivo

comercial. Además, el polvo experimentará una caída libre al fluir desde la parte superior a la parte inferior del conducto. Estos dos regímenes de flujo diferentes en el método y el dispositivo se asemejan más a los regímenes de flujo de un dispositivo comercial. Estos aspectos de la invención proporcionan un método y un dispositivo que da lugar a una predicción de la capacidad de un polvo para cargarse electrostáticamente que está más próxima al comportamiento del polvo en un dispositivo comercial. La invención y sus posteriores formas de realización preferidas se describirán con más detalle a continuación.

El método de acuerdo con la invención es especialmente adecuado para realizarse de manera estandarizada. Esto permite la comparación entre las mediciones realizadas en diferentes ubicaciones y por diferentes usuarios. Los solicitantes han descubierto que la configuración y las condiciones preferidas que se indican a continuación proporcionan un método práctico y un dispositivo para realizar las mediciones en un polvo.

La medición de la carga electrostática del polvo a medida que se descarga desde el conducto en el método se realiza de forma conveniente en una denominada copa de Faraday. Preferentemente el polvo cargado cae en una copa de Faraday de este tipo colocada debajo de una abertura de descarga en el conducto. Cuando se recoge una determinada cantidad de polvo en la copa de Faraday, el valor total de la carga eléctrica Q presente en el polvo recogido se mide mediante un electrómetro. Convenientemente, el electrómetro se optimiza para la medición de polvos cargados, en donde el rango de medición se encuentra entre 10^{-10} C y 10^{-6} C.

Opcionalmente, esta carga expresada en Culombios se divide por la masa del polvo de la muestra M del polvo recogido para obtener una densidad de carga q expresada en Culombios por kilogramo. La masa del polvo de la muestra se puede conocer de antemano o, más convenientemente, se mide el peso del polvo a medida que se descarga en la copa de Faraday.

El polvo que se va a medir puede ser cualquier polvo y se refiere e incluye cualesquiera partículas sólidas, granuladas, pulverizadas o finamente divididas de material que se pueda cargar electrostáticamente.

La temperatura, la presión y la humedad a las que se realiza el método se pueden elegir para imitar las condiciones reales de, por ejemplo, el dispositivo comercial en el que se utilizarán finalmente los polvos. Por ejemplo, la humedad relativa del aire y la temperatura ambiente son bien conocidas en la técnica por influir en las propiedades de fluidez de los polvos y en su capacidad para ser cargados electrostáticamente. Por lo tanto, algunos procesos industriales en los que interviene el polvo son sensibles a las condiciones meteorológicas. La modificación de las propiedades de fluidez del polvo debido a las variaciones de la humedad se relaciona principalmente con las cargas eléctricas presentes en el interior del polvo. Una baja humedad relativa refuerza el efecto triboeléctrico, mientras que una alta humedad relativa conduce a la disipación de las cargas eléctricas. Se ha descubierto que el método y el dispositivo de medición de acuerdo con la invención son muy adecuados para cuantificar este complejo efecto en diferentes condiciones higrométricas.

El material del conducto coincide convenientemente con el material del dispositivo en el que se utilizará el polvo a escala comercial. El material del conducto puede ser un material conductor, tal como por ejemplo el acero inoxidable, el acero o el aluminio, o un material aislante, tal como por ejemplo el vidrio o un polímero tal como por ejemplo el ABS, el HDPE o el PVC.

Convenientemente en el método, el conducto se somete a una vibración. Esto aumenta el flujo de polvo a través del conducto. La frecuencia de la vibración puede variar entre 10 Hz y 100 Hz. El método incluye convenientemente las siguientes etapas en donde se enciende un vibrador y se ajusta para agitar el conducto con una fuerza y una frecuencia de vibración seleccionadas. Convenientemente, se vierte suavemente una determinada cantidad de polvo a medir en una abertura de entrada en el extremo superior del conducto. De esta manera, una determinada masa de polvo fluirá en el interior del conducto bajo la fuerza de la gravedad y aumentada por la vibración aplicada para caer finalmente en la copa de Faraday.

El conducto tiene preferentemente las dimensiones que se describen a continuación. Se hará uso de las Figuras 1-9 para describir el conducto utilizado en el método y/o como parte del dispositivo de medición de acuerdo con la presente invención.

La parte superior e inferior del conducto se pueden colocar en diferentes planos verticales. Convenientemente, la parte superior e inferior del conducto se colocan en el mismo plano vertical. El primer y segundo ángulo con la horizontal, que son el ángulo más pequeño con la horizontal de la parte superior e inferior del conducto respectivamente, pueden ser diferentes o iguales. En la forma de realización ilustrada el primer ángulo es igual al segundo ángulo. De acuerdo con la presente invención, el primer ángulo está entre 30° y 55° . El segundo ángulo puede estar entre 30° y 55° .

La parte superior e inferior se colocan bajo un tercer ángulo relativo entre sí que define una curva en la intersección de la parte superior e inferior. Convenientemente, esta curva es una curva pronunciada que da como resultado que las dos partes formen un conducto en forma de V, según se muestra en la Figura 1. Esta curva en forma de V aguda dará como resultado que el polvo caiga a determinada distancia al fluir a través del conducto en la intersección de las dos partes. El tercer ángulo puede estar entre 60° y 110° .

En el método, el polvo se suministra a una abertura de suministro de la parte superior. La abertura de suministro de

la parte superior puede tener cualquier diseño y puede ser un corte del conducto en el plano horizontal como en la Figura 1. En el método, el polvo se descarga de la parte inferior del conducto por medio de una abertura de descarga en el conducto. La abertura de descarga puede tener cualquier diseño y puede ser un corte recto del conducto como en la Figura 1.

- 5 El conducto puede en principio tener cualquier diseño de la sección transversal, tal como rectangular. El conducto es un tubo porque en la mayoría de los dispositivos comerciales el polvo fluirá en tubos. El conducto se puede aislar eléctricamente, conectar a la tierra o conectar a un generador para ajustar el potencial eléctrico del conducto. Preferiblemente, el conducto se conecta a la tierra para imitar las condiciones reales de, por ejemplo, el dispositivo comercial en el que los polvos se utilizarán finalmente.
- 10 Según se muestra en la Figura 1, la parte principal del electrómetro de polvo es un tubo en V. El tubo en V es un conjunto de dos tubos de longitud L y diámetro interno D . El tubo superior de la Figura 1 está cortado con un ángulo A en ambos lados. El tubo inferior está cortado con un ángulo A en un lado y un ángulo de 90° en el otro lado. Ambos tubos se conectan para formar una forma de V con un ángulo de $2A$. La conexión puede ser una soldadura, un pegado o un ensamblaje mecánico.
- 15 En la Figura 2 se muestra que el tubo en forma de V (1) está colocado en un único plano vertical con la parte inferior (2) del extremo abierto del tubo de 90° (5) colocada hacia abajo y la parte superior (3) con un ángulo A colocada hacia arriba. En la Figura 2 se muestra que la abertura de suministro (4) es un corte del tubo (3) en el plano horizontal. El tubo en V (1) se conecta de forma amortiguada a un soporte rígido (6) con dos bujes de goma (7). Un vibrador (8) se fija en el tubo en V cerca de la intersección entre la parte superior e inferior para agitarlo durante una medición. La agitación del tubo en V fuerza el flujo del polvo dentro del tubo. Esta agitación es particularmente útil con el polvo que tiene malas propiedades de fluidez. Una copa de Faraday (9) se coloca debajo de la abertura de descarga (5) como la que se encuentra actualmente en la parte inferior del tubo (2). Dos copas metálicas conductoras apiladas una dentro de la otra forman la copa de Faraday (9). La copa de Faraday se conecta a un electrómetro (10) para medir la carga eléctrica presente en la copa. El panel de control (11) del electrómetro muestra el resultado de la medición.
- 20
- 25 La Figura 3 muestra la copa de Faraday (9) conectada al electrómetro (10) con un conector eléctrico (12) situado en la parte inferior de la copa. Esto permite que la copa de Faraday (9) se conecte y desconecte fácilmente del electrómetro (10) para limpiar o vaciar la copa. El electrómetro (10) se equipa opcionalmente con una conexión USB para enviar los datos a un ordenador. El electrómetro (10) se equipa opcionalmente con un sistema de pesaje (13) para medir la masa M del polvo situado en la copa de Faraday.
- 30 Según se mencionó anteriormente la invención también se dirige a un dispositivo de medición para un método para medir la capacidad de un polvo fluente para cargarse electrostáticamente que comprende un conducto compuesto por una parte superior recta conectada de forma fluida a una parte inferior recta, estando la parte superior colocada bajo un primer ángulo con la horizontal y estando la parte inferior colocada bajo un segundo ángulo con la horizontal y en donde la parte superior e inferior se colocan bajo un tercer ángulo relativo entre sí que define una curva en la intersección de la parte superior e inferior, en donde la parte superior se dota con una abertura de suministro para el polvo y la parte inferior se dota con una abertura de descarga para descargar el polvo y una copa de Faraday conectada a un electrómetro colocado con respecto a la abertura de descarga de tal manera que reciba el polvo desde el conducto. Este dispositivo de medida se puede utilizar de forma conveniente en el método de acuerdo con la invención. El dispositivo de medida comprende adicionalmente de forma conveniente medios para aplicar una vibración al conducto y/o medios para medir la masa del polvo a medida que se descarga desde el conducto a la copa de Faraday. Anteriormente, se han descrito ejemplos y formas de realización preferidas adicionales del dispositivo de medida y especialmente del diseño del conducto en relación con el método.

La utilización del dispositivo de medición y la ilustración del método se ilustrarán con los siguientes ejemplos no limitativos en donde se ha analizado la influencia de cada dimensión del electrómetro de polvos: la longitud del tubo L , el diámetro interno del tubo D , el ángulo A entre los tubos y el material del tubo. Este análisis se ha realizado particularmente con una muestra de cuentas de vidrio en los ejemplos 1-5. La masa de la muestra era $M = 150$ g. El diámetro de la partícula de polvo variaba de 40 a 70 micrómetros. Para cada conjunto de parámetros, las mediciones se han repetido seis veces para obtener la desviación estándar. El valor de la densidad de carga medido es la carga absoluta y puede ser una carga positiva o negativa.

50 Ejemplo 1

En este ejemplo fue investigada la influencia de la longitud del tubo L como en la Figura 1. Las mediciones con las cuentas de vidrio fueron realizadas con diferentes longitudes de tubo L . El tubo en V utilizado para realizar estas mediciones estaba hecho de acero inoxidable 316L. El ángulo del tubo se ha fijado en $A = 45^\circ$ y el diámetro interno del tubo en $D = 47$ mm. La frecuencia de vibración fue fijada en 100 Hz. Las mediciones fueron realizadas en un dispositivo como el ilustrado en la Figura 2, en donde se vertieron suavemente 150 g de polvo de vidrio en la abertura de entrada de la parte superior durante un período de aproximadamente 15 segundos. Los resultados se presentan en la Figura 4, que presenta el valor absoluto de la densidad de carga en el interior de la muestra después del flujo en el tubo en V en función de la longitud L . De la gráfica se puede concluir que la cantidad de carga en el interior del polvo aumenta con la longitud del tubo L . Por lo tanto, un tubo en V formado por dos tubos largos dará mejores

resultados. Sin embargo, en la práctica, un tubo en V largo es difícil de utilizar en un laboratorio. Convenientemente, se elige por lo tanto una longitud de tubo de entre $L=200$ mm y $L=500$ mm.

Ejemplo 2

5 El ejemplo 1 fue repetido, excepto que en lugar de variar la longitud L , fue variado el diámetro interno D del tubo. La longitud L del tubo fue fijada en 350 mm. Los resultados se presentan en la Figura 5, que presenta el valor absoluto de la densidad de carga en el interior de la muestra después del flujo en el tubo en V en función del diámetro interno del tubo D . De la gráfica se puede concluir que la cantidad de carga en el interior del polvo disminuye con el diámetro interno del tubo D . Por lo tanto, un tubo en V formado por dos tubos de pequeño diámetro dará mejores resultados. Sin embargo, en la práctica, un tubo en V con un diámetro muy pequeño es difícil de llenar con el polvo, en particular con un polvo cohesivo. Convenientemente, se elige por lo tanto un diámetro interno del tubo de entre $D = 40$ mm y $D = 60$ mm.

Ejemplo 3

15 El ejemplo 1 fue repetido, excepto que en lugar de variar la longitud L , fue variado el ángulo A . La longitud del tubo se ha fijado en $A = 350$ mm y el diámetro interno del tubo en $D = 47$ mm. Los resultados se presentan en la Figura 6, que presenta el valor absoluto de la densidad de carga en el interior de la muestra después del flujo en el tubo en V en función del ángulo A . La Figura 6 se ilustra la reproducibilidad del método con diferentes ángulos.

Ejemplo 4

20 El ejemplo 1 fue repetido con diferentes materiales de tubos: Acero inoxidable 316L, vidrio de borosilicato, ABS, PVC y HDPE. El ángulo del tubo se ha fijado en $A = 45^\circ$, el diámetro interno del tubo en $D = 47$ mm y la longitud del tubo en $L = 350$ mm. La Figura 7 presenta la densidad de carga en el interior de la muestra después del flujo en el tubo en V para los diferentes materiales del tubo. Estos resultados muestran que la cantidad y el signo de la carga del polvo dependerá fuertemente del material del tubo. Por lo tanto, la elección del material del tubo es crítica al realizar una medición de la carga del polvo destinada a predecir las propiedades del polvo en un dispositivo comercial.

Ejemplo 5

En este ejemplo mostramos cómo se puede utilizar el electrómetro de polvo para resolver problemas prácticos.

25 En este ejemplo fue investigado el efecto de un aditivo antiestático. Los problemas prácticos relacionados con la presencia excesiva de cargas eléctricas en el interior de un polvo se resuelven comúnmente con la adición de un aditivo antiestático. Por lo tanto, se tiene que seleccionar el mejor aditivo. De hecho, la naturaleza del aditivo depende de las propiedades del polvo. Después del proceso de selección del aditivo, se tiene que determinar la cantidad más eficiente de aditivo. Realizar una serie de pruebas de ensayo y error en una línea de producción suele ser demasiado caro y a veces imposible en la práctica. Por lo tanto, un dispositivo de medición de laboratorio de acuerdo con la presente invención es necesario para realizar esta selección y la dosificación.

El ejemplo 4 fue repetido con un tubo en V de acero inoxidable 316L, excepto que se añadieron al polvo diferentes cantidades de polvo de grafito fino como aditivo antiestático. La Figura 8 muestra la evolución de la cantidad de carga eléctrica creada en el interior de un polvo de vidrio durante un flujo en función de la cantidad de un aditivo antiestático.

35 El efecto del aditivo en el proceso de carga eléctrica se demuestra bien por la presente invención. De hecho, un pequeño porcentaje en masa de este aditivo disminuye drásticamente la cantidad de cargas eléctricas presentes en el polvo después del flujo. Esta curva de la Figura 8 permite validar o invalidar la selección del aditivo. Además, la curva permite seleccionar la cantidad correcta de aditivo de acuerdo con las limitaciones prácticas. En el presente caso, el 0,2% de grafito es suficiente para evitar la aparición de cargas triboeléctricas.

Ejemplo 6

40 En este ejemplo mostramos cómo se puede utilizar el electrómetro de polvo para resolver problemas prácticos. En este ejemplo se investiga el efecto de una elección en polvos de lactosa. Los polvos de lactosa se utilizan comúnmente como excipientes para formulaciones farmacéuticas de polvo seco. De hecho, la lactosa es inerte, no tóxica y barata. Por lo tanto, cualquier progreso en la comprensión de los comportamientos de los polvos de lactosa podría tener enormes consecuencias para las industrias farmacéuticas. Los granos de lactosa considerados en este estudio se utilizan en aplicaciones de inhaladores de polvo seco (DPI) o para hacer comprimidos. Estos polvos son producidos por Meggle bajo los nombres de InhaLac® 70, InhaLac® 120, InhaLac® 130, Tablettose® 70, Tablettose® 80 y Tablettose® 100. El ejemplo 5 fue repetido, excepto que en lugar del polvo de vidrio se miden diferentes polvos de lactosa. La Figura 9 muestra la densidad de carga en el interior de la muestra después del flujo en el tubo en V para las diferentes muestras de lactosa. Los diferentes polvos InhaLac® utilizados en este estudio tienen diferentes granulometrías. Para InhaLac® 70, InhaLac® 120 e InhaLac® 130, el tamaño medio de los granos es, respectivamente, $d_{50}=207$ micrómetros, $d_{50}=132$ micrómetros y $d_{50}=99$ micrómetros. Según muestran los resultados actuales, la granulometría parece influir en la cantidad de cargas creadas en el interior del polvo durante un flujo. Por el contrario, los polvos Tablettose® utilizados en este estudio tienen granulometrías similares. Por lo tanto, las características triboeléctricas de estos polvos Tablettose® también están cerca unas de otras.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para medir la capacidad de un polvo fluente para cargarse electrostáticamente, permitiendo que el polvo fluya a través de un tubo bajo la influencia de la gravedad y midiendo la carga electrostática del polvo a medida que se descarga del tubo, en donde el tubo comprende una parte superior recta (3) conectada de forma fluida a una parte inferior recta (2), estando la parte superior e inferior colocadas en un plano vertical y en donde la parte superior (3) se coloca bajo un primer ángulo con el plano horizontal y la parte inferior (2) se coloca bajo un segundo ángulo con el plano horizontal y en donde la parte superior e inferior se colocan bajo un tercer ángulo relativo entre sí que define una curva en la intersección de la parte superior e inferior;
- caracterizado por que el primer ángulo está entre 30° y 55°.
- 10 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el tubo se somete a una vibración.
3. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde el primer ángulo es igual al segundo ángulo.
4. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el primer ángulo es de 45°.
5. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde el segundo ángulo está entre 30° y 55°.
6. Método de acuerdo con la reivindicación 5, en donde el segundo ángulo es de 45°.
- 15 7. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en donde el tercer ángulo está entre 60° y 110°.
8. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en donde el polvo se suministra a una abertura de suministro (4) de la parte superior y en donde la abertura de suministro de la parte superior es un corte del tubo (3) en el plano horizontal.
- 20 9. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en donde el polvo se descarga de la parte inferior del tubo por medio de una abertura de descarga (5) en el tubo y en donde la abertura de descarga (5) es un corte recto del tubo.
10. Método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en donde el polvo, a medida que se descarga del tubo, se suministra a una copa de Faraday (9) en donde se mide la carga electrostática del polvo y se mide el peso del polvo a medida que se descarga.
- 25 11. Dispositivo de medición de un método para medir la capacidad de un polvo fluente para cargarse electrostáticamente que comprende un tubo que comprende una parte superior recta (3) conectada de forma fluida a una parte inferior recta (2), estando colocadas la parte superior e inferior en un plano vertical y en donde la parte superior se coloca bajo un primer ángulo con el plano horizontal y la parte inferior se coloca bajo un segundo ángulo con el plano horizontal y en donde la parte superior e inferior se colocan bajo un tercer ángulo relativo entre sí que define una curva en la intersección de la parte superior e inferior, en donde la parte superior se dota con una abertura de suministro para el polvo y la parte inferior se dota con una abertura de descarga para descargar el polvo y una copa de Faraday (9) conectada a un electrómetro colocado con respecto a la abertura de descarga de tal manera que reciba el polvo del tubo caracterizado por que el primer ángulo está entre 30° y 55°.
- 30 12. Dispositivo de medición de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende además medios para aplicar una vibración al tubo (8).
- 35 13. Dispositivo de medición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11-12, en donde el primer ángulo es igual al segundo ángulo.
- 40 14. Dispositivo de medición de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11-13, en donde el primer ángulo es de 45°, el segundo está entre 30° a 55°, preferentemente 45°, el tercer ángulo está entre 60° y 110° y en donde la abertura de suministro es un corte del tubo en el plano horizontal y en donde la abertura de descarga es un corte recto del tubo, y en donde el dispositivo comprende adicionalmente medios para medir la masa del polvo a medida que se descarga del tubo a la copa de Faraday (9).

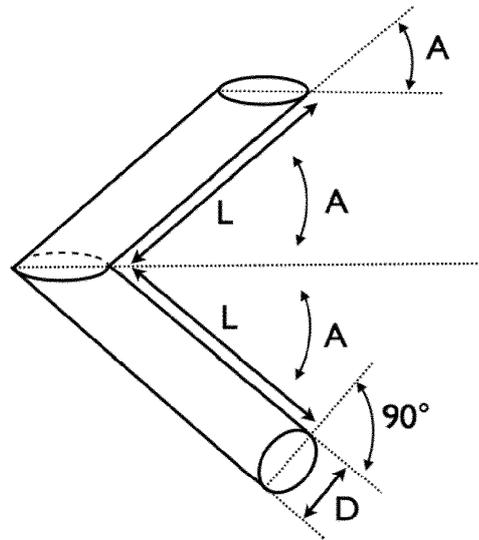


Fig. 1

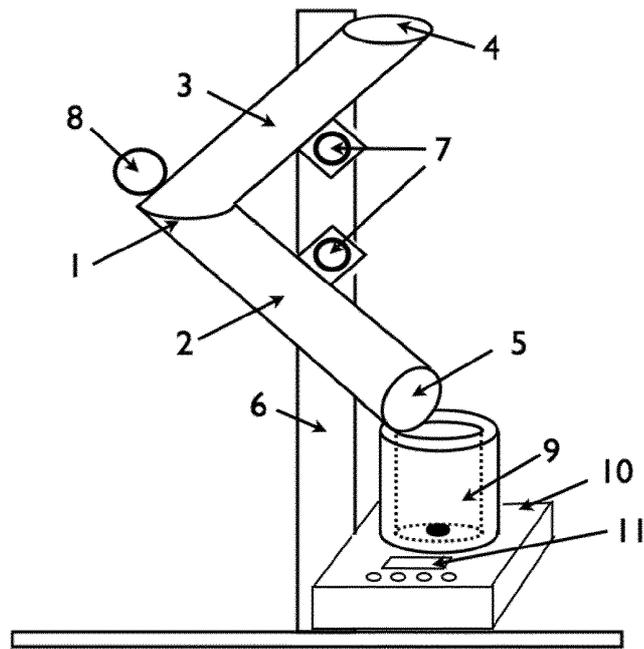


Fig. 2

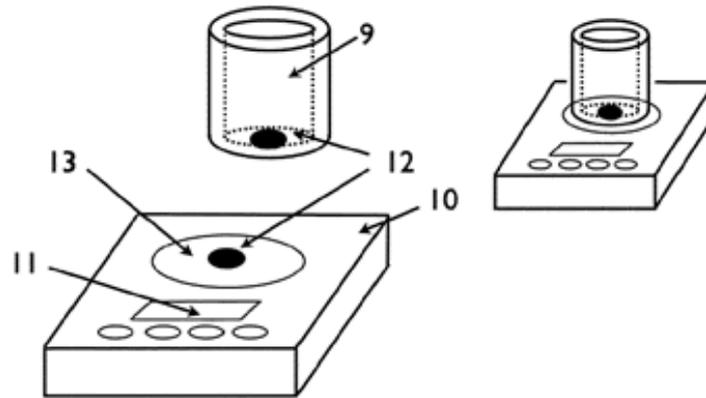


Fig. 3

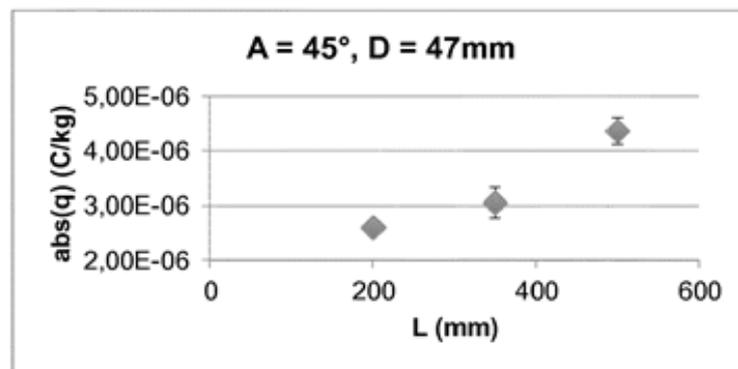


Fig. 4

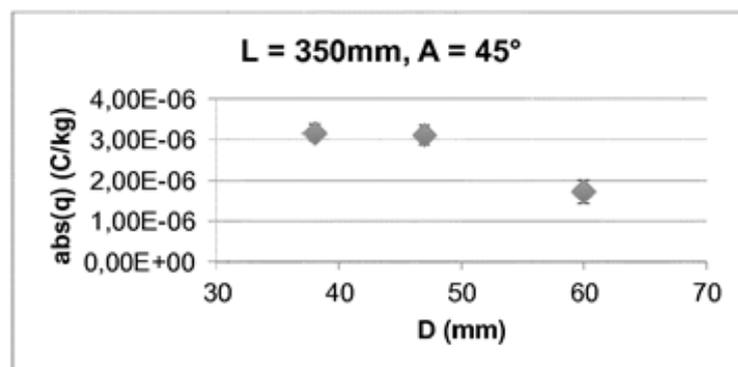


Fig. 5

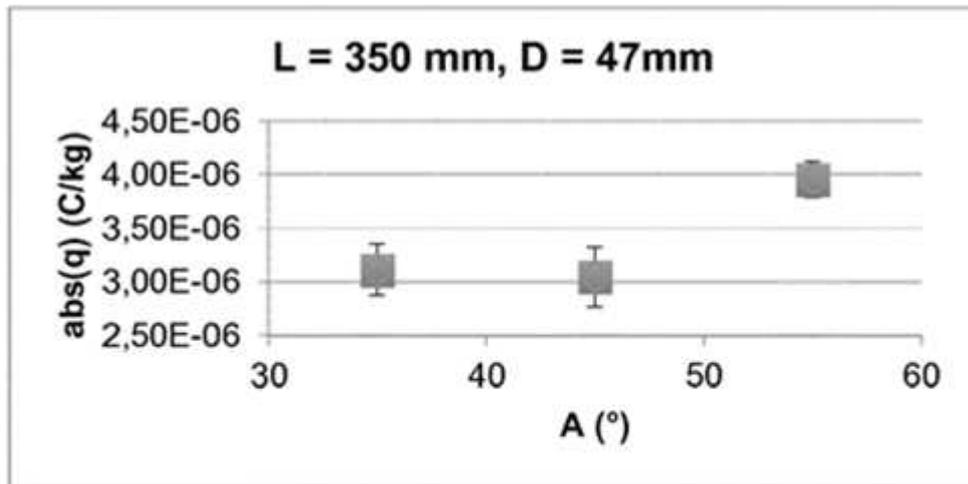


Fig. 6

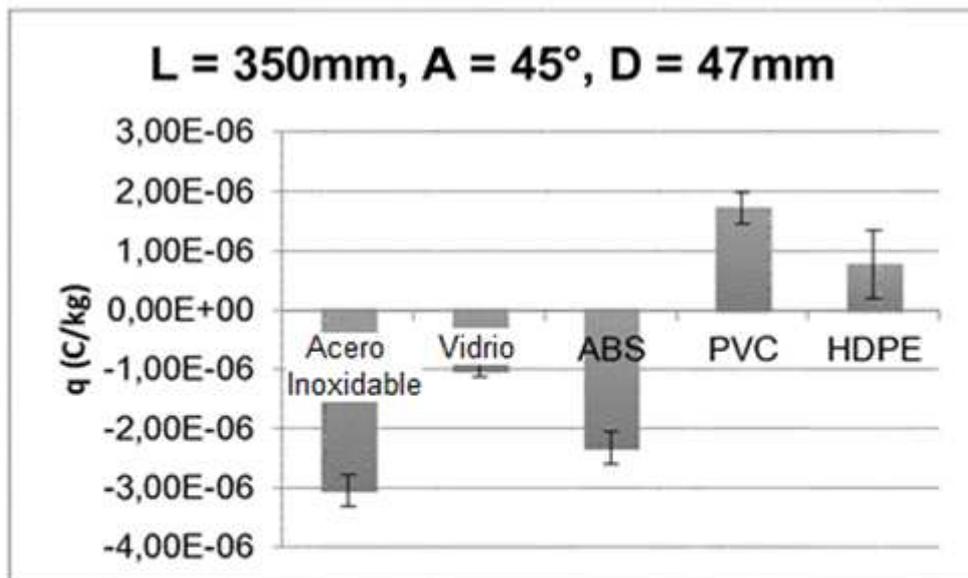


Fig. 7

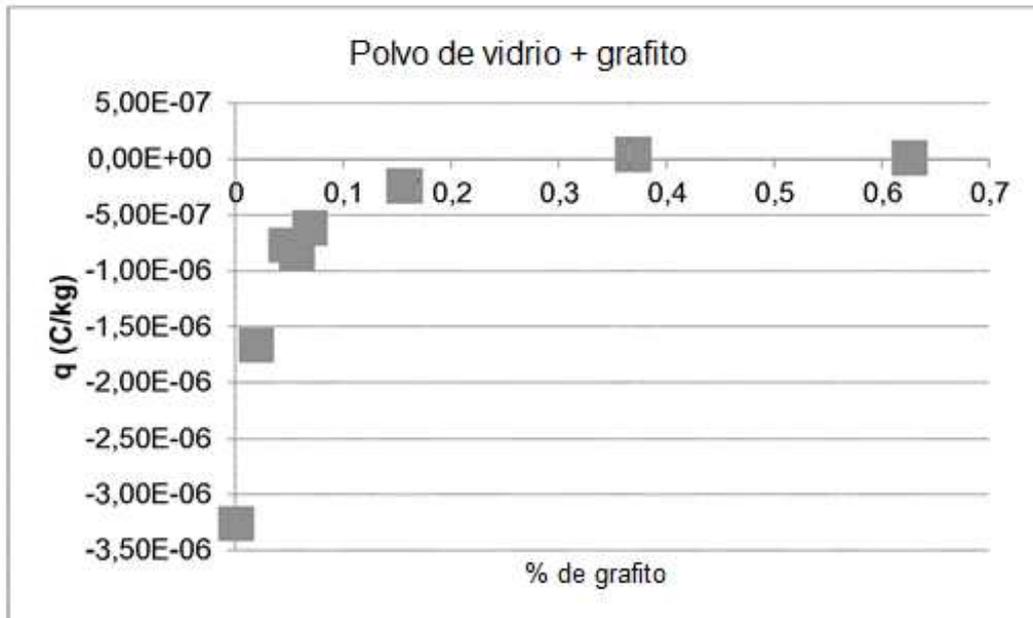


Fig. 8

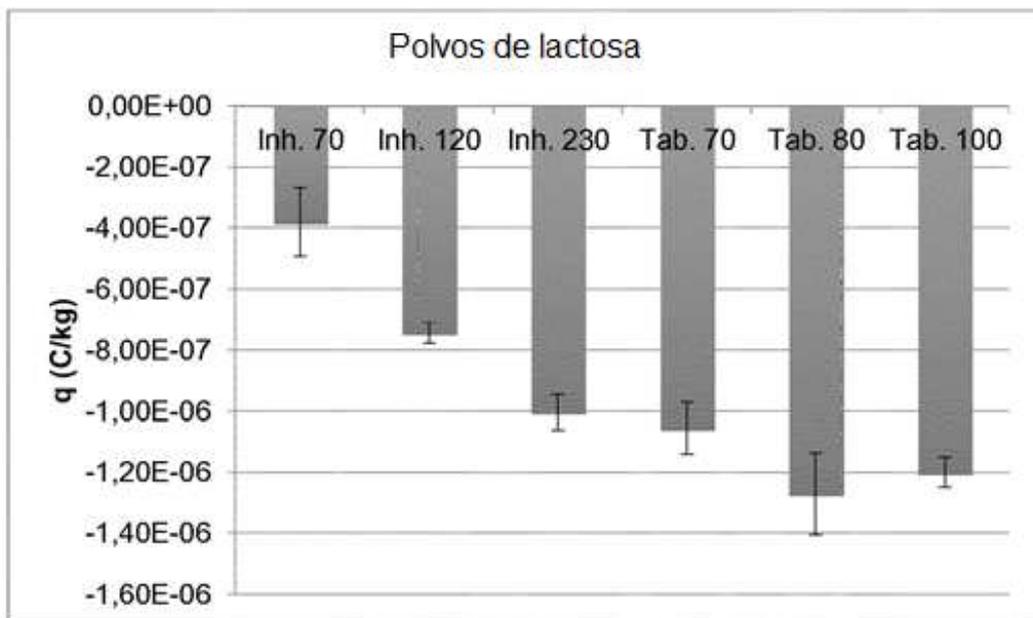


Fig. 9