



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 358 741**

51 Int. Cl.:  
**B02C 19/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04764185 .7**

96 Fecha de presentación : **17.08.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1667798**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.06.2006**

54 Título: **Estructura de una instalación electrodinámica de fraccionamiento.**

30 Prioridad: **04.10.2003 DE 103 46 055**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**13.05.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**13.05.2011**

73 Titular/es: **Karlsruher Institut für Technologie  
Kaiserstrasse 12  
76131 Karlsruhe, DE**

72 Inventor/es: **Hoppé, Peter y  
Giese, Harald**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 358 741 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

La invención se refiere a la estructura de una instalación aerodinámica de fraccionamiento (FRANKA = Fraktionieranlagen Karlsruhe) para la fragmentación, trituración o suspensión de un producto de proceso mineral frágil.

5 Todas las instalaciones conocidas hasta ahora, que han sido desarrolladas por medio de descargas de alta tensión, de alto rendimiento, especialmente el procedimiento electrodinámico, para la fragmentación, erosión, perforación o fines similares para el procesamiento de materiales minerales, están constituidas por los dos componentes principales siguientes:

10 El acumulador de energía, es decir, la unidad para la generación de un impulso HV, con frecuencia o la mayoría de las veces el generador Marx conocido a partir de la técnica de impulsos de alta tensión, y el matraz de reacción / proceso específico de la aplicación, relleno con un líquido de proceso, en el que está totalmente sumergida la zona extrema desnuda de un electrodo de alta tensión conectado con el acumulador de energía. Frente a él se encuentra el electrodo en potencial de referencia, la mayoría de las veces el fondo del matraz de reacción, que funciona como electrodo de tierra, en configuración conveniente. Si la amplitud del impulso de alta tensión en el electrodo de alta tensión alcanza un valor suficientemente alto, entonces se produce un salto de chispa desde el electrodo de alta tensión hacia el electrodo de tierra. En función de las particularidades geométricas o de la forma, especialmente del tiempo de subida del impulso de alta tensión, el salto de chispa se produce a través del material a fragmentar, posicionado entre los electrodos y, por lo tanto, es altamente eficaz. Los saltos de chispa solamente a través del líquido del proceso generan en todos los casos ondas de choque allí, que son poco efectivas.

20 El circuito de corriente eléctrica está constituido durante el impulso de alta tensión por el acumulador de corriente C del electrodo de alta tensión conectado allí, el espacio intermedio entre el electrodo de alta tensión y el fondo del matraz de reacción y el conducto de retorno desde el fondo del matraz hacia el acumulador de energía. Este circuito de corriente contiene los componentes capacitivos, óhmicos e inductivos C, T y L, que influyen sobre la forma del impulso de alta tensión (ver la figura 6), es decir, tanto sobre la velocidad de subida como también sobre el desarrollo temporal posterior de la corriente de descarga y, por lo tanto, sobre la potencia del impulso acoplada en la carga y, como consecuencia de ello, sobre la eficiencia de la descarga con respecto a la fragmentación del material. En la resistencia óhmica R de este circuito de corriente que está presente de forma transitoria se transforma la cantidad de energía eléctrica  $Ri^2$  en calor en el transcurso del tiempo del impulso de la corriente de descarga. Esta cantidad de energía no está disponible ya, por lo tanto, para el fraccionamiento propiamente dicho.

30 Este circuito de corriente representa un bucle de conductores, que es atravesado por corrientes muy grandes, por ejemplo de 2 a 5 kA, durante un periodo de tiempo muy corto. Tal estructura genera radiación electromagnética intensiva, por lo tanto representa un emisor de radio de alta capacidad de radiación y debe blindarse con gasto técnico para la prevención de interferencias en el entorno técnico. En general, tal instalación debe blindarse por medio de dispositivos de protección, de tal manera que no sea posible un contacto de los componentes que conducen corriente durante el funcionamiento. Esto conduce rápidamente a una estructura de protección amplia más allá de la estructura útil propiamente dicha.

35 Todas las instalaciones conocidas hasta ahora, en las que se emplea el procedimiento electrodinámico, tienen una estructura abierta, es decir, que los grupos de construcción de tal instalación están conectados entre sí por medio de líneas eléctricas (ver la figura 6).

40 En la fragmentación de producto de piedra, como se describe, por ejemplo, en el documento WPO 96/26 010, se pueden ver líneas de conexión entre el acumulador de energía eléctrica y la distancia de la chispa, que forman bucles atravesados por la corriente durante el impulso de HV.

Las instalaciones para la erosión de material (DE 197 36 027 C2), para la perforación en piedra rocosa (US 6.164.388) o para la inertización (DE 199 02 010 C2) muestran, respectivamente, líneas eléctricas sencillas hacia el electrodo de alta tensión.

45 El documento US 3.604.641 A publica una instalación electrodinámica de fraccionamiento con un acumulador de energía eléctrica cargable, en cuya salida están conectados dos electrodos, uno de los cuales está en un potencial de referencia y el otro se puede impulsar a través de un conmutador de salida en el acumulador de energía en forma de impulsos con alta tensión, con un matraz de reacción, que está lleno con un líquido de proceso, en el que está sumergido el producto de proceso y en el que se enfrentan los dos extremos de los electrodos desnudos, y el electrodo de alta tensión está rodeado con una envolvente aislante, de manera que el acumulador de energía junto con el conmutador de salida, los electrodos junto con líneas de alimentación y el matraz de reacción se encuentran totalmente en un encapsulamiento, el electrodo sobre potencial de referencia está conectado a través de la pared de la cápsula con el lado de masa del acumulador de energía y el electrodo de alta tensión está conectado por la vía más corta con el conmutador de salida en el acumulador de energía.

55 La invención tiene el cometido de constituir una instalación FRANKA en su circuito de corriente durante el impulso de alta tensión, de tal forma que tanto la inductividad como también la resistencia óhmica del circuito de corriente de descarga permanecen limitadas a un a medida mínima y al mismo tiempo permanece reducido el gasto técnico a un gasto mínimo para el blindaje contra radiación electromagnética y para el aseguramiento de la seguridad de contacto.

El cometido se soluciona por medio de una estructura de la instalación de fraccionamiento de acuerdo con los rasgos característicos de la reivindicación 1.

5 El acumulador de energía junto con su conmutador de salida, este último habitualmente la mayoría de las veces una distancia de la chispa accionada o disparada en el modo de auto-carga, los electrodos junto con la línea de alimentación y el matraz de reacción se encuentran, manteniendo la distancia de aislamiento eléctrico con respecto a zonas de diferente potencial eléctrico, totalmente en un volumen con pared conductora de electricidad, el encapsulamiento. El volumen que existe entre el encapsulamiento y los conjuntos incorporados en él se mantiene mínimo y, por lo tanto, la inductividad de la instalación está limitada al mínimo inevitable. Este mantenimiento de la electrofísica posibilita el tiempo de subida más corto posible típico de la instalación para el impulso de descarga.

10 El espesor de pared es, por una parte, al menos igual a la profundidad de penetración del componente más bajo del espectro de Fourier del campo electromagnético impulsado, por lo que está co-determinado por él en una medida decisiva. Por otra parte, la resistencia mecánica requiere un espesor de pared mínimo. El espesor de pared mayor necesario a partir de una u otra de las dos condiciones se tiene en cuenta en la construcción.

15 En el caso de encapsulamiento completo, el electrodo sobre potencial de referencia está conectado a través de la pared de la cápsula con el lado de masa del acumulador de energía. La conducción restante de la corriente a través del acumulador de energía y los componentes que se colocan predominantemente en potencial de alta tensión es central con respecto al encapsulamiento.

Esta estructura encapsulada permite una estructura ventajosa desde el punto de vista electrofísico y de la técnica de manejo, cuyas características se especifican adicionalmente en las reivindicaciones dependientes 2 a 9.

20 De acuerdo con el tipo de funcionamiento, según la reivindicación 2, la pared de la cápsula tiene una zona desmontable para el funcionamiento apilado (en lotes) o un acceso para la introducción continua (reivindicación 3). Para trabajos de reparación, hay que abrir la cápsula de todos modos por secciones.

25 De acuerdo con la reivindicación 3, para el procesamiento continuo de material de fragmentación, en la pared de la cápsula están colocados al menos un racor en forma de tubo dirigido hacia fuera de material conductor para la carga y al menos otro racor para la extracción. Debido al blindaje eléctrico hacia fuera, estos racores están dimensionados en la longitud y en la anchura interior de tal forma que al menos las porciones de alta frecuencia de fuerte potencia en el espectro del campo electromagnético generado a través del impulso de alta tensión no salen a través de estos racores o se debilitan en estos racores hasta la salida al medio ambiente al menos en la medida prescrita legalmente.

30 El acumulador de energía y el matraz de reacción están separados espacialmente uno del otro en el encapsulamiento. De acuerdo con la reivindicación 4, en una de cuyas zonas de la pared delantera se asienta el acumulador de energía y en cuya otra zona de la pared delantera se asienta el matraz de reacción o se forma a partir de la misma.

35 El encapsulamiento es una estructura cerrada en forma de tubo y tiene según la reivindicación 5 una sección transversal poligonal o redonda. En este caso, el encapsulamiento tanto puede estar estirado como también, en cambio, puede estar acodado al menos una vez. La forma se determina en cuanto al diseño por el compromiso de montaje. La forma más sencilla es la estirada.

40 Por consiguiente, el electrodo colocado en potencial de referencia se asienta centrado en la pared frontal del matraz de reacción y el electrodo de alta tensión está colocado centrado enfrente. El electrodo de alta tensión está conectado directamente en el conmutador de salida del acumulador de energía. Este conmutador de salida es la distancia de la chispa de salida en el caso de un generador Marx como acumulador de energía. De esta manera, se obtiene en cualquier forma del encapsulamiento la estructura coaxial favorable eléctricamente y conveniente desde el punto de vista técnico del aislamiento, con la que se cumple la inductividad mínima típica de la instalación.

De acuerdo con la reivindicación 7 no existe ninguna limitación a la colocación de la instalación. El acumulador de energía eléctrica junto con el conmutador de salida se asienta espacialmente por encima o a la misma altura o por debajo con respecto al matraz de reacción en el encapsulamiento.

45 De acuerdo con el tipo de producto de fragmentación, de acuerdo con la reivindicación 8, el electrodo sobre potencial de referencia está configurado como parte central de la parte frontal o como fondo de tamiz o como electrodo anular o de barra.

50 De acuerdo con la reivindicación 9, el acumulador de energía está separado del matraz de reacción por medio de una pared de protección, de manera que el espacio de reacción está separado de forma estanca al líquido de la zona del acumulador de energía.

55 El impulso de alta tensión entre el electrodo de alta tensión y el fondo del matraz de reacción o bien la corriente desde uno al otro electrodo transforma la energía eléctrica introducida en diferentes porciones de energía, entre otras, de manera sencilla también en energía mecánica, en último término en ondas / ondas de choque mecánicas. El electrodo de alta tensión está envuelto aislado eléctricamente en su zona envolvente hasta delante de la zona extrema, penetrando totalmente con esta zona extrema en el líquido de proceso.

La estructura totalmente blindada hacia el exterior del acumulador de energía o bien el generador de impulsos y el reactor de proceso en una carcasa común conductora de electricidad tiene varias ventajas frente al modo abierto convencional de la estructura:

la inductividad del circuito de descarga se reduce o bien se puede reducir al mínimo inevitable;

- 5 las pérdidas óhmicas en el circuito de corriente de impulsos de alta tensión permanecen limitadas igualmente a un mínimo inevitable;

la inductividad mínima y la resistencia óhmica mínima del circuito de corriente de impulsos conducen a una descarga más eficiente en la carga, es decir, a una entrada mayor de energía en esta carga. Con respecto a la radiación electromagnética así como a la seguridad de contacto, la estructura en cierta medida cerrada de la instalación tiene diferentes ventajas. Durante todo el tiempo del impulso HV, la corriente de descarga fluye exclusivamente en la zona interior de la instalación. Esto es evidente de todos modos para la corriente de ida que fluye desde el acumulador de energía, que comprende el generador de impulsos, a través del electrodo de alta tensión y la carga, el líquido de reacción con producto de fraccionamiento, hacia el fondo del matraz de reacción, en virtud de la función de blindaje del encapsulamiento conductor de electricidad.

15 La corriente de retorno desde el fondo del matraz de reacción hacia el acumulador de energía fluye sobre la pared interior del encapsulamiento cilíndrico hueco, puesto que el campo magnético formado por la corriente de descarga que fluye durante corto espacio de tiempo en la instalación posee la propiedad de reducir al mínimo la superficie formada por el bucle de conductores. Esta corriente de retorno, que fluye durante corto espacio de tiempo sobre el lado interior de la pared de la instalación, penetra, en virtud del efecto cutáneo solamente hasta una profundidad reducida, la profundidad de penetración en función de la frecuencia, en el material de la pared. La profundidad de penetración depende, como se conoce, del espectro de frecuencia que aparece en la corriente de descarga. Con tiempos de subida habituales de la bobina de alta tensión de aproximadamente 500 ns, con una duración característica de oscilación propia del circuito de descarga de aproximadamente 0,5  $\mu$ s y en el caso de utilización de aceros sencillos como acero de construcción para la pared de la instalación, la profundidad de penetración en la pared interiores inferior a 1 mm. El espesor de pared del encapsulamiento tiene en cuenta, por una parte, forzosamente la frecuencia mínima del espectro de Fourier a partir de la descarga eléctrica debido a la profundidad de penetración (efecto cutáneo) y la resistencia mecánica necesaria debido al mantenimiento de la forma de la instalación. El requerimiento mínimo elevado del espesor de pared predomina por uno de los dos motivos. De esta manera, sobre la superficie exterior del encapsulamiento no aparecen tensiones eléctricas, por lo que no es necesaria la protección del contacto o bien ésta puede permanecer limitada en su estructura a un mínimo. Tampoco puede aparecer una radiación electromagnética hacia fuera.

La instalación constituida coaxialmente es compacta, manejable y accesible para la técnica de medición y de control. El aparato de carga eléctrica para el acumulador de energía no tiene que estar blindado en una medida extra. Su conducto de alimentación se puede conducir a través de orificios de paso sin problemas en el acumulador de energía en el interior superior de la carcasa, eventualmente a través de un cable coaxial, cuyo conductor exterior contacta con la carcasa.

- 35 La instalación de fragmentación completamente en capsulada metálica se explica a continuación en detalle con la ayuda del dibujo. En éste:

La figura 1 muestra la instalación FRANKA constituida coaxialmente.

La figura 2 muestra esbozos de la instalación FRANKA con pared de separación.

La figura 3 muestra esbozos de la instalación FRANKA con funcionamiento continuo.

- 40 La figura 4 muestra esbozos de la instalación FRANKA con encapsulamiento en forma de U.

La figura 5 muestra esbozos de la instalación FRANKA con matraz de reacción en la parte superior.

La figura 6 muestra la instalación FRANKA convencional.

En la figura 1 se representa de forma esquemática la instalación FRANKA constituida coaxialmente en la sección axial. Aquí no se hace referencia al tipo de funcionamiento continuo o discontinuo, aquí está en primer término la estructura eléctrica. Tampoco se indica el aparato de carga eléctrica para la carga del acumulador de energía eléctrica 3. La estructura coaxial es la más ventajosa desde el punto de vista eléctrico. Una desviación de la misma solamente se realizaría por obligaciones de diseño.

El generador de impulsos de alta tensión está constituido por el acumulador eléctrico C, representado de forma esquemática como condensador, y por la inductividad L y la resistencia óhmica R en serie.

- 50 Se conecta el electrodo de alta tensión 5. Está aislado eléctricamente del medio ambiente desde su conexión eléctrica en la resistencia R hasta la zona extrema por medio de una envolvente dieléctrica. Desemboca con su zona extrema desnuda 4 en el volumen de proceso / reacción indicado con un símbolo de rayo y tiene allí una distancia predeterminada regulable con respecto al fondo del matraz de proceso / reacción 3, que forma la parte inferior de la carcasa cilíndrica hueca coaxial 6.

El flujo de corriente durante la descarga de alta tensión se realiza en los componentes de construcción a lo largo del eje de la carcasa cilíndrica hueca 6, circula en al menos un canal de descarga en el volumen de proceso hacia el fondo del matraz de reacción 3 y entonces retorna a través de la pared de la carcasa 6 de nuevo al acumulador de energía / condensador 1. La carcasa 6 está conectada en el potencial de referencia "tierra".

- 5 La inductividad L y la resistencia R son representativas de la inductividad de la instalación y de la resistencia de la instalación, C significa la capacidad eléctrica y, por lo tanto, a través de la tensión de carga la energía del acumulador disponible,  $\frac{1}{2} C (nU)^2$ , que debe convertirse en una parte lo más grande posible en el volumen de proceso. En el caso de un generador Marx como generador de impulsos HV, son decisivas sus al menos dos fases ( $n = 2$ ), la capacidad individual C y la tensión de carga de fases U como también el número de las fases n para la energía del acumulador.
- 10 La figura 6 muestra una instalación FRANKA de forma esquemática en tipo de construcción convencional, como está constituido y se constituye de forma sencilla para muchos trabajos de laboratorio.

En las figuras 2 a 5 se representan de forma esquemática variantes coaxiales de una instalación FRANKA:

- 15 La figura 2 muestra cómo el acumulador de energía 1 está separado de la zona del reactor 3 por medio de una pared de separación en la zona del electrodo de alta tensión 5. Esto debe realizarse en particular en el caso de que aparezca líquido de inyección a través del proceso de descarga.

La figura 3 muestra dos orificios en el encapsulamiento 6, uno en la zona central para el llenado en el matraz de reacción 3, el segundo desde el matraz de reacción 3, por ejemplo, a través del fondo. A través de esta medida constructiva se puede realizar un funcionamiento continuo con carga y extracción.

- 20 La figura 4 muestra el encapsulamiento 3 en forma de U. Esta forma de realización podría ser prioritaria en instalaciones grandes en virtud de los pesos y la facilidad de manejo.

La figura 5 muestra de forma esquemática una forma de realización colocada sobre la cabeza, en la que el matraz de reacción 3 se asienta sobre el acumulador de energía 1. En el caso de sustancias de proceso fluidizadas en forma de fases o muy ligeras, se podría ofrecer tal forma de construcción.

- 25 La figura 6 muestra la estructura de instalaciones FRANKA convencionales que, como instalación totalmente funcional, está encapsulada todavía de forma extra por medio de una pared para el blindaje y como protección contra contacto. El bucle eléctrico grande no está minimizado. En el caso de un impulso, actúa como antena emisora fuerte. En la aplicación industrial, el blindaje está regulado legalmente por este motivo.

#### Lista de signos de referencia

- 1 Acumulador de energía
- 30 2 Conmutador de salida / distancia de la chispa
- 3 Matraz de reacción
- 4 Parte frontal del electrodo de alta tensión
- 5 Electrodo de alta tensión con aislador
- 6 Encapsulamiento
- 35 7 Conexión entre matraz de proceso - encapsulamiento
- 8 Conexión entre aparato de carga - encapsulamiento
- 9 Racor de llenado
- 10 Racor de salida

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Estructura de una instalación electrodinámica de fraccionamiento para fraccionamiento, trituración o suspensión de un producto de proceso frágil, que está constituida por:
- un acumulador de energía eléctrica recargable (1), en cuya salida están conectados dos electrodos,
- 5 uno de los cuales se encuentra en un potencial de referencia y el otro se puede impulsar de forma pulsátil a través de un conmutador de salida (2) en el acumulador de energía con alta tensión,
- un matraz de reacción (3), que está relleno con un líquido de proceso, en el que está sumergido el producto de proceso y en el que los dos extremos de los electrodos desnudos están enfrentados a una distancia regulable, la zona de reacción, en la que el electrodo (4) que se puede impulsar con alta tensión está rodeado con una envolvente aislante (5) hasta la zona extrema libre y esta envolvente aislante está sumergida al mismo tiempo en la zona extrema en el líquido de proceso,
- 10 el acumulador de energía junto con su conmutador de salida, los electrodos junto con la línea de alimentación y el matraz de reacción se encuentran totalmente en un volumen, el encapsulamiento (6),
- el electrodo está conectado sobre potencial de referencia (4) a través del encapsulamiento (6) con el lado húmedo (8) del acumulador de energía,
- 15 el electrodo impulsado con alta tensión está conectado por la vía más corta con el conmutador de salida en el acumulador de energía, caracterizada porque:
- el encapsulamiento (6) es conductor de corriente en el funcionamiento y el volumen rodeado por el encapsulamiento es mínimo, porque de esta manera se limita la inductividad así como la resistencia óhmica de la instalación al mínimo inevitable,
- 20 el espesor de pared del encapsulamiento (6) es al menos igual a la profundidad de penetración correspondiente al componente más bajo del espectro de Fourier del campo electromagnético impulsado y tiene al menos el espesor necesario para la resistencia mecánica.
- 2.- Estructura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque para el procesamiento impulsivo de producto de fragmentación, se puede desmontar parcialmente la pared de la cápsula o existe al menos un acceso en la pared de la cápsula.
- 25 3.- Estructura de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque para el procesamiento continuo de producto de fragmentación, en la pared de la cápsula se apoyan al menos un racor (9) del tipo de tubo dirigido hacia fuera de material conductor para la carga y al menos otro racor (10) para la extracción, que están dimensionados en la longitud y en la anchura interior de tal forma que al menos las porciones de alta frecuencia de fuerte potencia en el espectro del campo electromagnético generado a través del impulso de alta tensión no salen a través de estos racores o se debilitan en estos racores hasta la salida al medio ambiente al menos en la medida prescrita legalmente.
- 30 4.- Estructura de acuerdo con las reivindicaciones 2 y 3, caracterizada porque la pared de la cápsula es un cuerpo hueco, en una de cuyas zonas de la pared delantera se asienta el acumulador de energía y en cuya otra zona de la pared delantera se asienta el matraz de reacción.
- 35 5.- Estructura de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada porque el encapsulamiento tiene sección transversal o redonda y forma estirada o una forma acodada al menos una vez.
- 6.- Estructura de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizada porque el electrodo colocado sobre potencial de referencia se asienta centrado en la pared frontal del matraz de reacción, el electrodo de alta tensión está colocado centrado enfrente y este último está conectado por vía coaxial al encapsulamiento con el conmutador de salida del acumulador de energía.
- 40 7.- Estructura de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada porque el acumulador de energía eléctrica junto con el conmutador de salida se asienta espacialmente por encima o a la misma altura o por debajo con respecto al matraz de reacción en el encapsulamiento.
- 8.- Estructura de acuerdo con la reivindicación 7, caracterizada porque el electrodo sobre potencial de referencia está configurado como parte central de la parte frontal o como fondo de tamiz o como electrodo anular o de barra.
- 45 9.- Estructura de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada porque el acumulador de energía está separado del matraz de reacción por medio de una pared de protección.

Fig. 1

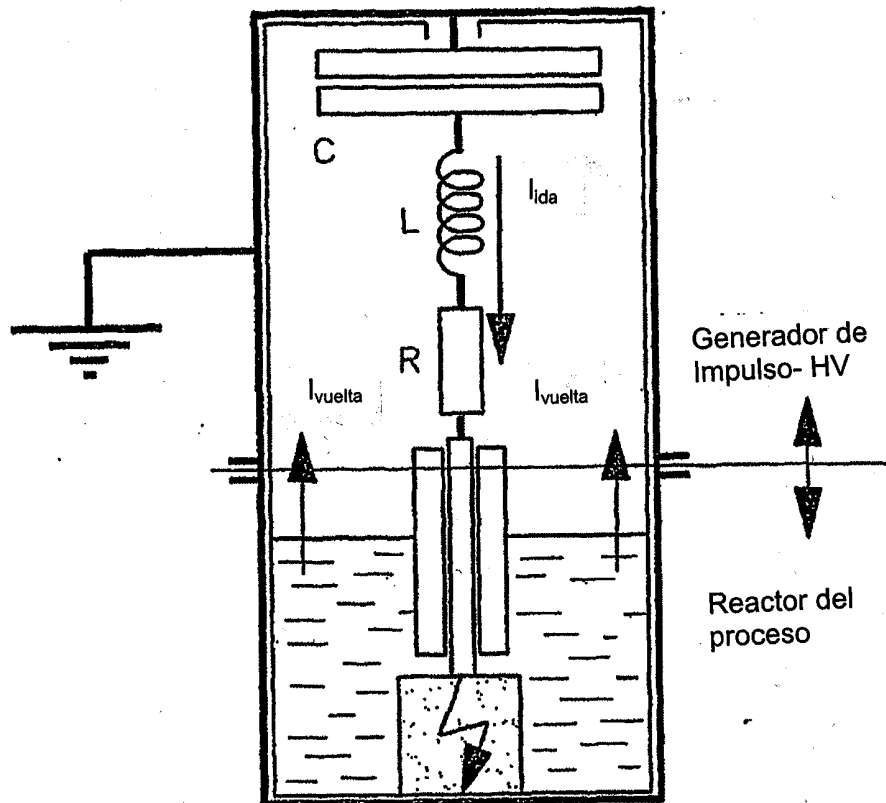


Fig. 2

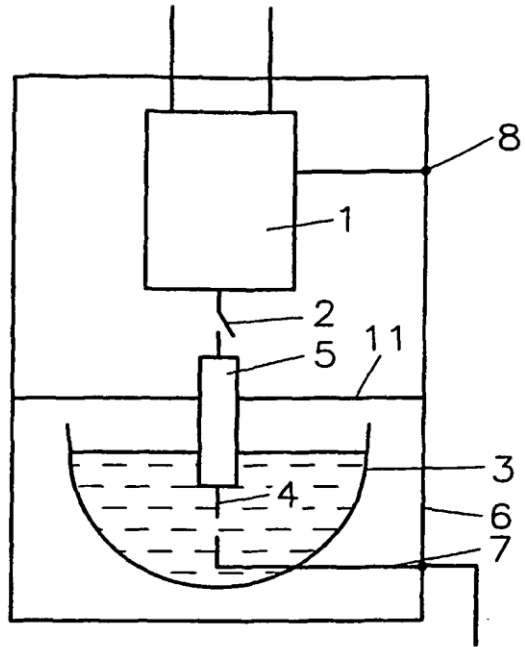


Fig. 3

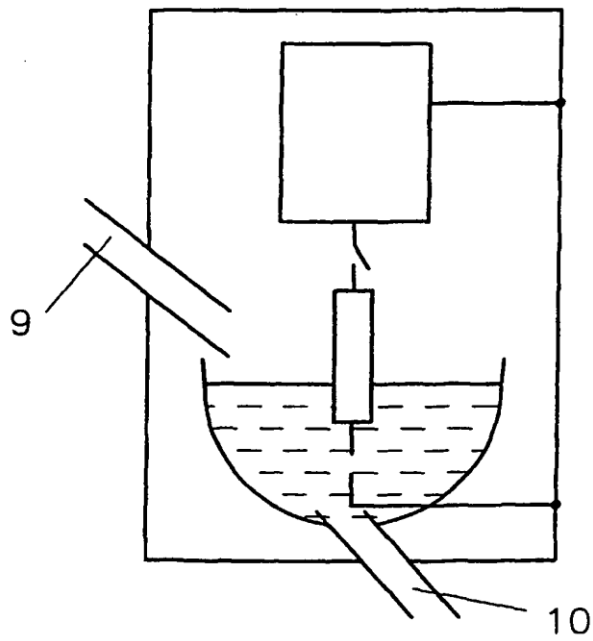




Fig. 4

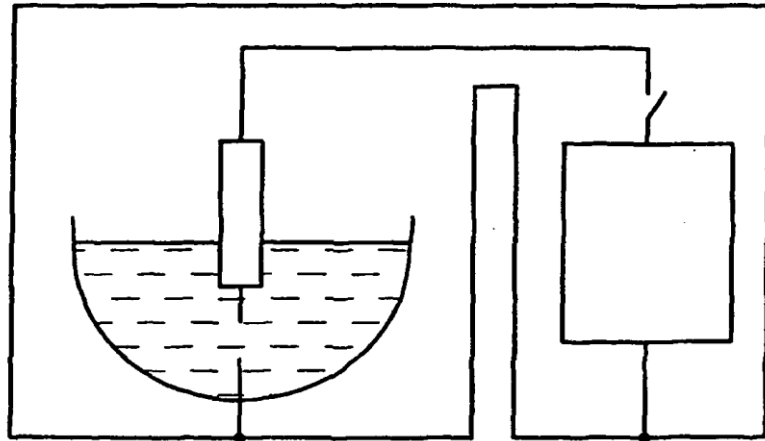


Fig. 5

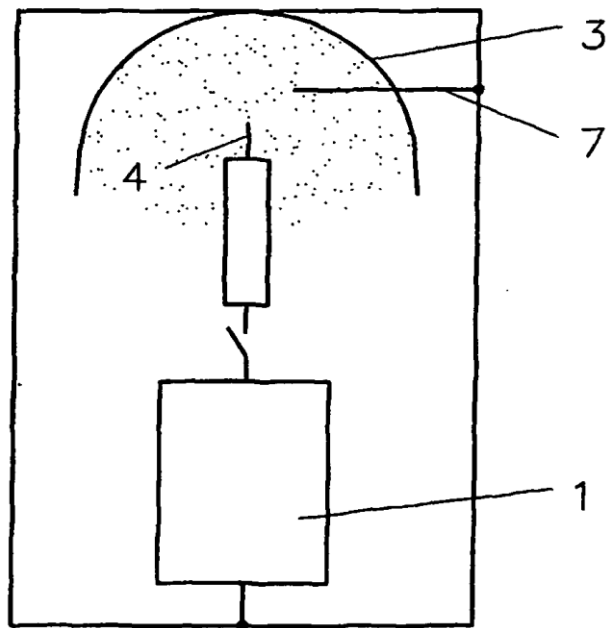


Fig. 6

