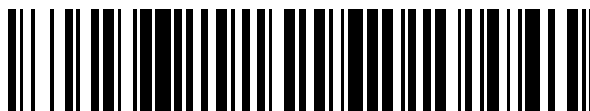


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 229**

51 Int. Cl.:

**G21C 17/028** (2006.01)

**G01N 1/22** (2006.01)

**G01N 1/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.10.2005 E 05806612 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2013 EP 1807842**

54 Título: **Procedimiento y sistema de muestreo para la obtención de una muestra de la atmósfera en un edificio de contención del reactor de una instalación nuclear**

30 Prioridad:

**14.10.2004 DE 102004050308**

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

**18.03.2014**

73 Titular/es:

**AREVA GMBH (100.0%)  
Paul-Gossen-Strasse 100  
91052 Erlangen , DE**

72 Inventor/es:

**HILL, AXEL y  
ECKARDT, BERND**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 449 229 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 y sistema de muestreo para la obtención de una muestra de la atmósfera en un edificio de contención del reactor de una instalación nuclear

5 La invención se refiere a una instalación nuclear con un edificio de contención del reactor y con un sistema de muestreo diseñado para la obtención de una muestra de la atmósfera en el edificio de contención del reactor según el preámbulo de la reivindicación 1. Además se refiere a un procedimiento correspondiente para la obtención de una muestra semejante.

10 En una instalación nuclear se podría producir una liberación de actividad significativa en caso de situaciones de fallo y en particular de accidente después de un fallo con pérdida de refrigerante. En este caso dentro del recinto de seguridad o de contención que rodea el núcleo del reactor se puede formar y liberar en particular gas hidrógeno, pudiéndose poner en peligro el edificio de contención del reactor por reacciones del hidrógeno incontroladas producidas debido a la posible formación de mezclas de gases explosivos.

15 Para evitar la formación de mezclas de gases explosivos semejantes en el edificio de contención o bien contención del reactor de una instalación nuclear se conocen por ello diferentes conceptos, en los que se realiza adaptado a las necesidades una inertización de la atmósfera en el edificio de contención del reactor. En este caso puede estar previsto, por ejemplo, la ignición o combustión controlada de las fracciones de hidrógeno que se forman en la atmósfera de el edificio de contención. En este caso la fracción de hidrógeno se reduce de forma fiable antes de que sobrepase el límite de ignición en la mezcla de gases, por encima del que podría producirse una reacción del hidrógeno incontrolada. Alternativamente o adicionalmente también puede estar prevista la alimentación controlada de gases inertes, como por ejemplo nitrógeno, en la atmósfera de el edificio de contención del reactor, de modo que debido a la elevada fracción del gas inerte en la atmósfera de el edificio de contención se excluya ya una ignición de la mezcla de gases.

25 Pero para un tratamiento controlado y adaptado a las necesidades de situaciones de accidente semejantes, es decir, por ejemplo para un suministro dirigido de gases de inertización, es necesaria una determinación comparablemente fiable del respectivo estado real actual en la atmósfera de el edificio de contención. Debido a condiciones proporcionalmente agresivas a esperar en las situaciones de fallo mencionadas para las piezas y componentes debido a la eventual exposición a la radiación y/o reactividad química de los componentes de la atmósfera no es posible la supervisión de la atmósfera de el edificio de contención y de sus componentes mediante los valores medidos reales directamente detectados por los sistemas de medición o análisis dentro de el edificio de contención del reactor con una exactitud y fiabilidad suficientes. Pero para poder tener en cuenta de forma apropiada el estado real actual de la atmósfera de el edificio de contención como base apropiada para el control de las contramedidas necesarias, puede estar previsto un así denominado muestro en el que de el edificio de contención del reactor se extrae una pequeña cantidad parcial, designada también como muestra, de la atmósfera de el edificio de contención y se le suministra a una estación de análisis y evaluación dispuesta fuera del recipiente de seguridad. Por ejemplo, por el documento DE 41 30 26 894 A1 se conoce un procedimiento apropiado para la obtención de una muestra semejante y un dispositivo apropiado para la realización del procedimiento.

40 En los sistemas de muestreo conocidos semejantes se realiza habitualmente un secado del gas medido en una cámara de análisis dispuesta fuera de el edificio de contención del reactor, midiéndose a continuación con un analizador de conductividad térmica la concentración de hidrógeno del gas seco. Para determinar la verdadera concentración de hidrógeno reinante en el edificio de contención del reactor a partir del valor medido, se realiza una corrección con el contenido de vapor dentro de la atmósfera de el edificio de contención. Esta corrección se realiza habitualmente con asunción de condiciones de saturación con la presión de el edificio de contención y la temperatura de el edificio de contención. El contenido de vapor cierto presente en la atmósfera de el edificio de contención y la verdadera concentración de hidrógeno sólo se pueden determinar en este caso con exactitud insuficiente debido a posibles sobrecalentamientos existentes. Los estados de atmósfera muy diferentes de condiciones de saturación hasta el estado de "muy sobrecalentado" se ocasionan por las fracciones situadas en la atmósfera de gases nobles y productos de fisión en forma de aerosol, que pueden ascender según el desarrollo del accidente de una potencia del calor de desintegración de pocos kW hasta varios 100 kW. Además, se debe tener en cuenta que también en las diferentes zonas espaciales y de altura del recipiente de seguridad, condicionado por el efecto de refrigeración de las estructuras, 45 de las paredes exteriores, sistemas de refrigeración, etc. se pueden producir considerables diferencias de temperatura. Las verdaderas temperaturas de la atmósfera se pueden desviar por ello, por ejemplo, de 0 a  $> 100$  °C de las temperaturas de saturación y por ello no permiten un conclusión fiable de las verdaderas presiones de vapor parciales.

50 Alternativamente también se pueden usar directamente sensores de hidrógeno en el edificio de contención del reactor, que trabajen según el principio del calor de reacción. Estos sensores pueden estar conectados mediante un cable resistente en caso de fallo, no obstante no resistente en caso de accidente, con una unidad electrónica de medición dispuesta fuera de el edificio de contención del reactor. No obstante, en este caso ya no es posible una medición del hidrógeno sólo mediante este dispositivo de medición, en caso fracciones de oxígeno reducidas y en particular en caso

de elevadas exposiciones a la radiación de medio y largo plazo. Bajo condiciones inertes ya no es posible por consiguiente una medición fiable de la concentración del hidrógeno, existiendo además una sensibilidad cruzada comparablemente grande al monóxido de carbono que se podría liberar en caso de una interacción de hormigón con fusión del núcleo. Por ello los sistemas semejantes sólo son insuficientes justamente en la gestión activa del caso de fallo y el control dirigido de contramedidas.

Además, en los sistemas de muestreo conocidos sólo se pueden analizar habitualmente fracciones de gases individuales, como por ejemplo, fracción de hidrógeno o de oxígeno, no pudiéndose realizar una determinación directa del estado de inertización de la atmósfera de el edificio de contención por medición directa del contenido de vapor o de dióxido de carbono.

La invención tiene por ello el objetivo de especificar una instalación nuclear del tipo mencionado con un sistema de muestreo para la obtención de una muestra de la atmósfera en el edificio de contención del reactor, con el que sea posible la facilitación de una muestra apropiada para la determinación de valores medidos especialmente fiables y exactos para las fracciones de gases de la atmósfera de el edificio de contención. Además, se debe especificar un procedimiento especialmente apropiado para la obtención de una muestra semejante. Respecto a la instalación nuclear este objetivo se resuelve según la invención mediante las características de la reivindicación 1.

La invención parte en este caso de la consideración de que para la determinación de valores medidos especialmente exactos y característicos para el estado real actual de la atmósfera de el edificio de contención, la muestra preparada debería reproducir las condiciones de la atmósfera dentro de el edificio de contención con una exactitud especialmente elevada. Para ello se deberían evitar consecuentemente aquellas influencias que puedan provocar un falseamiento de la composición de la muestra en comparación a la verdadera composición real de la atmósfera en el edificio de contención. Según se ha comprobado como una fuente posible para una desviación semejante de las propiedades de la muestra extraída de las propiedades de la verdadera atmósfera de el edificio de contención en situaciones de accidente se podrían contemplar el secado realizado habitualmente del gas medido y el tener en cuenta a continuación las influencias del contenido de vapor con asunción de condiciones de saturación en el edificio de contención. En caso de liberaciones esenciales de actividad y de hidrógeno y la asunción de condiciones de vapor saturado en base a las temperaturas medidas de la atmósfera puede conducir fácilmente a un no reconocimiento de las condiciones explosivas de la atmósfera y podría ocasionar una introducción de contramedidas desfavorables, las cuales podrían poner en peligro la integridad del recipiente de seguridad. Para evitar la asunción de condiciones semejantes y en lugar de ello poder realizar una determinación directa de las condiciones reales de la atmósfera en el edificio de contención también en caso de sobrecalentamientos posibles presentes u otras condiciones agravantes, se debería evitar de forma segura una condensación del contenido de vapor posiblemente contenido en la atmósfera y por consiguiente también arrastrado en la muestra en el conducto de muestreo, también al atravesar las zonas espaciales frías de el edificio de contención del reactor, y por consiguiente ya antes de alcanzar el punto de medición previsto para la evaluación. Para garantizar esto con seguridad de funcionamiento especialmente elevada y de manera pasiva, es decir, sin la exigencia de intervenciones de control activas desde fuera, el sistema de muestreo está diseñado para la observación de un estado sobrecalentado durante el transporte de la muestra a través del conducto de muestreo. Esto se consigue por la observación consecuente de un estado de depresión en el conducto de muestreo durante el transporte de la muestra extraída. La depresión ajustada en el conducto de muestreo ya antes de la extracción de la muestra verdadera por motivos de transporte se mantiene en este caso también durante el transporte de la muestra en el conducto de muestreo, en tanto que el conducto de muestreo está estrangulado apropiadamente en su zona de entrada.

Para poder mantener la depresión presente durante el transporte de la muestra a través del conducto de muestreo de manera especialmente sencilla y fiable, el conducto de muestreo está realizado ventajosamente como conducto pequeño con un diámetro nominal de hasta 15 mm y en una configuración especialmente ventajosa como conducto capilar con un diámetro nominal de aproximadamente 1 a 5 mm. Mediante una realización semejante del conducto de muestreo se garantiza además que los volúmenes de las muestras extraídas se puedan mantener especialmente bajos, de modo que incluso en caso de cantidades de actividad comparablemente elevadas, liberadas en la atmósfera de el edificio de contención se puede mantener especialmente baja la actividad global soportada debido al muestreo en la zona exterior de el edificio de contención del reactor. Además, un conducto de muestreo dimensionado de forma semejante también presenta una seguridad intrínseca especialmente elevada frente a deterioros, dado que incluso en caso de rotura completa atribuido del conducto de muestreo sólo es insignificante la fuga adicional originada por ello de el edificio de contención del reactor a su entorno exterior en comparación a la fuga prevista de todas formas condicionada por el diseño.

De este modo es posible evitar en general los dispositivos de bloqueo dobles prescritos en los sistemas de muestreo convencionales debido a las posibles secciones transversales de fuga más grandes en la zona de la penetración al recipiente de seguridad, inclusive incorporación en sistemas de protección del reactor. Además, los conductos capilares con un diámetro de, por ejemplo, 3 mm y sólo 0,5 mm de espesor de pared ya presentan presiones de diseño de más de 50 bares, lo que aumenta básicamente la seguridad frente a fallo en caso de presiones de diseño del

recipiente de seguridad de, por ejemplo, 5 bares. En caso de asunción de, por ejemplo, 5 a 10 tomas de muestras del recipiente de seguridad se produce además un ahorro de 10 a 20 accesorios de bloqueo del recipiente de seguridad. Esto conduce, por un lado, a una reducción de costes significativa y hace posible también, al evitar los accesorios en esta zona, un sobrecalentamiento optimizado de la muestra también la zona de paso.

5 El dispositivo de estrangulamiento puede ser un estrangulamiento individual o, por ejemplo, para hacer posible un diámetro de entrada mayor, también un estrangulamiento multietapa o también un estrangulamiento por cuerpo poroso. Preferentemente el dispositivo de estrangulamiento presenta una sección transversal libre de flujo de 0,05 a 2 mm, preferentemente de aproximadamente 0,5 mm. Justo en combinación con el dimensionado previsto del conducto de muestreo, en un sistema de muestreo configurado así directamente después de la toma de muestras se garantiza una  
10 reducción de presión en el conducto de muestreo a menos de aproximadamente el 50% de la presión reinante en el edificio de contención del reactor con medios pasivos. El secado del gas directo previsto y sobrecalentamiento respecto al ambiente mediante estrangulamiento se garantiza por consiguiente en la zona completa del conducto de muestreo dentro de el edificio de contención del reactor. También en la zona de paso a través de la pared exterior del recipiente de seguridad reinan condiciones claramente más favorables, dado que en caso de elevadas presiones parciales del vapor de varios bares se puede conseguir de forma sencilla un calentamiento de, por ejemplo, 50 a 80 °C, en particular mediante calentamiento adicional mediante elementos calefactores de baja temperatura, y por consiguiente se puede permanecer de forma segura por debajo de las temperaturas críticas para, por ejemplo, hormigón de aproximadamente 80 a 100 °C.

Al dispositivo de estrangulamiento se le asigna ventajosamente además una unidad de filtrado, de modo que se excluyen menoscabos del modo de funcionamiento mismo al aparecer suciedades de grano grueso o similares. La unidad de filtrado, que también puede estar prevista en particular para la retención del aerosol grueso, contiene en este caso ventajosamente un material filtrante poroso, como por ejemplo, metal sinterizado o una malla de fibras metálicas. Mediante el retrolavado breve adicional mediante aire comprimido o nitrógeno, ventajosamente de botellas a presión con presiones > 10 hasta presiones de botella de, por ejemplo, 100 bares, se consigue además un lavado libre fiable de secciones transversales de estrangulamiento eventualmente sucias.

Para hacer posible una evaluación fiable de la muestra extraída y en particular un análisis comparablemente exacto de los componentes de gas arrastrados, el conducto de transporte de la muestra está provisto fuera del recipiente de seguridad de un calentamiento directo, así como el sistema de análisis conectado después del conducto de muestreo está provisto ventajosamente de una carcasa exterior calentable a la manera de una cámara de calor. Éste está diseñado convenientemente de manera que el análisis de la muestra extraída se puede realizar en un rango de temperaturas de aproximadamente 120 °C, o en caso de sobrepresiones elevadas en el edificio de contención del reactor hasta 160 °C. Por consiguiente en la evaluación de la muestra extraída también se evita de forma segura una condensación del vapor de agua, de modo que se pueden determinar valores medidos especialmente exactos para los componentes de gas individuales de la atmósfera de el edificio de contención.

35 Se puede conseguir una seguridad de funcionamiento especialmente elevada y estabilidad mecánica del sistema de muestro, en tanto que el conducto de muestreo está tendido ventajosamente en un tubo de protección.

Para poder mantener especialmente bajos el número de los componentes activos dentro de el edificio de contención del reactor, por motivos de una seguridad de funcionamiento especialmente elevada, el sistema de depresión del sistema de muestreo está dispuesto ventajosamente fuera de el edificio de contención del reactor. Como sistema de depresión puede estar prevista en este caso en particular una disposición de bomba dispuesta fuera de el edificio de contención del reactor, por ejemplo, una bomba de vacío de membrana o una bomba inyectora. Alternativamente o adicionalmente puede estar previsto un depósito de vacío conectable mediante válvulas de apertura rápida para la aplicación de impulsos rápidos de vacío. En una realización multicanal del sistema de muestreo, es decir, en caso de una conexión en paralelo de una multiplicidad de conductos de muestreo, en lugar de una unidad de bombeo central también puede estar prevista una bomba de depresión separada, en particular una microbomba de vacío, para cada conducto de muestreo.

El sistema de análisis está dispuesto preferentemente comparablemente cerca de el edificio de contención del reactor a fin de mantener bajos los recorridos de transporte necesarios. El sistema de análisis puede comprender en particular un número de columnas de absorción, pudiéndose realizar en diferentes columnas de absorción una separación de los componentes de gas y a continuación una medición selectiva de los componentes de gas en los detectores de conductividad térmica en la salida de la columna. En este caso ya es posible con pequeños volúmenes de gases de, por ejemplo, menos de 1l un análisis de gases global mediante las columnas de absorción atravesadas respecto al contenido de vapor de agua, así como en columnas de absorción conectadas en paralelo del contenido de hidrógeno, oxígeno, dióxido de carbono y/o monóxido de carbono, así como eventualmente de gases nobles, también bajo condiciones de caso de fallo. A partir de estos valores de análisis se puede obtener, junto al potencial de peligro de la atmósfera del recipiente de seguridad, también información concreta sobre un estado de daños posibles del núcleo del reactor y su situación, por ejemplo, en caso de detección de CO. Alternativamente o como medición diversa para el

5 aumento de la seguridad se puede realizar la determinación de la concentración de hidrógeno de forma sencilla en la cámara de calor mediante un detector de conductividad térmica, así como la determinación de la fracción de vapor mediante polímeros capacitivos, respectivamente directamente en el gas medido. Las correspondientes unidades electrónicas del microprocesador de la unidad de evaluación, sensibles a la radiación y a la temperatura, se montan por separado de forma apantallada fuera de la cámara calentada.

10 El sistema se hace funcionar en este caso preferentemente de modo que los sensores de medición se lavan respectivamente después del análisis efectuado con gases inactivos y por consiguiente también se baja claramente la exposición a la radiación en la zona de los analizadores frente al análisis continuo. El control del sistema y de los dispositivos se realiza ventajosamente mediante un control digital libremente programable, de modo que, por ejemplo, según la situación de montaje real en la instalación, teniendo en cuenta los diferentes tiempos de transporte, se pueden adaptar los impulsos de vacío correspondientes por modificación de los parámetros in situ. Mediante un aislamiento cualitativamente de alto valor de  $< 100 \text{ W/m}^2$  se minimizan las pérdidas térmicas en la zona de la tubería y cámara a una potencia permanente  $< 5 \text{ kW}$ , de modo que se puede garantizar el suministro eléctrico, también con caída de corriente, de forma permanente o a corto plazo por conexión favorable a través de una red de baterías o un grupo diesel de potencia de emergencia separado.

15 Para hacer posible un suministro dirigido de la muestra extraída al sistema de análisis, un recipiente de aislamiento de muestras está conectado preferentemente en el conducto de muestreo delante de la entrada o en la entrada al sistema de análisis. Antes de este recipiente está conectado además un depósito intermedio o tampón de tubería, cuyo volumen en la configuración conveniente es de 2 a 10 veces mayor que el volumen del recipiente de aislamiento de muestras. Mediante esta medida se garantiza que, después de la fase de funcionamiento de depresión sin pérdidas de los conductos de extracción hasta el paso de el edificio de contención, en la fase de constitución de presión subsiguiente al quedar posiblemente por debajo del punto de condensación en el conducto capilar dentro del recipiente de seguridad no se pueda transportar un gas medido modificado hasta el volumen de gas medido (recipiente de aislamiento de muestras). Mediante el retrolavado siguiente con gas seco, por ejemplo nitrógeno, se realiza el secado de estas secciones antes de la siguiente tomas de muestras. Alternativamente la compresión del gas medido se puede introducir también mediante alimentación de gas, evitándose de nuevo una entrada de gas medido modificado en el recipiente de facilitación de muestras debido al volumen conectado aguas arriba y el flujo de pistón que aparece con dimensiones pequeñas en la tubería.

20 Para garantizar el mantenimiento previsto según el diseño del sobrecalentamiento de la muestra extraída durante su transporte a través del conducto de muestreo, el conducto de muestreo está configurado ventajosamente de forma calentable en la zona fuera de el edificio de contención del reactor. Por consiguiente sin la exigencia del montaje de componentes activos en el interior de el edificio de contención del reactor se puede garantizar que, en caso necesario, mediante el calentamiento dirigido de zonas individuales del conducto de muestreo se evita la condensación del vapor de agua también en recorridos de transporte comparablemente largos.

25 En otra configuración ventajosa y para mantener especialmente bajas las actividades liberadas posiblemente en la zona exterior durante una toma de muestras, con el conducto de muestreo está conectado un conducto de recirculación que desemboca en el edificio de contención del reactor. En este caso se puede realizar en particular una recirculación de las actividades extraídas mediante una unidad de compresión y/o por disposición de una línea de desactivación de gases nobles, por ejemplo, en base a carbón activo o zeolita. Esto se puede conseguir con medios especialmente sencillos en tanto que el transporte y generación de vacío se hace funcionar mediante un chorro de gas o al menos temporalmente con gas a presión extraído de botellas de gas.

Respecto al procedimiento para la obtención de una muestra del tipo mencionado, el objetivo mencionado más arriba se resuelve mediante las características de la reivindicación 17.

30 En este caso está previsto que en un conducto de muestreo se genere una depresión en comparación a la presión reinante en el edificio de contención del reactor, limitándose la presión en el conducto de muestreo a como máximo aproximadamente el 60% de la presión reinante en el edificio de contención del reactor después de la afluencia de la muestra al conducto de muestreo. Esto se garantiza ventajosamente porque se estrangula la afluencia de la muestra al conducto de muestreo y/o la afluencia de los componentes de la atmósfera al conducto de muestreo.

35 El concepto descrito para la toma de muestras y análisis subsiguiente trabaja respecto a la exactitud y fiabilidad alcanzables esencialmente independientemente de la concentración de oxígeno presente actualmente en el edificio de contención del reactor. Un aumento posterior de la fiabilidad y por consiguiente de la seguridad de funcionamiento se puede conseguir ventajosamente mediante una combinación de este procedimiento con un así denominado procedimiento del calor de reacción para la medición de la concentración de hidrógeno en el edificio de contención del reactor, que trabaja en función de la concentración de oxígeno.

40 En este caso preferiblemente se realiza adicionalmente en algunos puntos en el edificio de contención del reactor a la manera de una redundancia diversa la medición de la concentración de hidrógeno según el principio del calor de

reacción. Los puntos de medición previstos para ello de los dos procedimientos están dispuestos ventajosamente en las mismas zonas espaciales de el edificio de contención del reactor, de modo que especialmente en la fase temprana de un posible desarrollo de accidente se pueden determinar de forma proporcionalmente exacta la concentración de gas de combustión, la concentración de oxígeno y la verdadera concentración de hidrógeno mediante una comparación entre sí de los valores medidos suministrados por los dos procedimientos.

En el procedimiento del calor de reacción, en la cabeza sensora que se instala directamente en la atmósfera de el edificio de contención del reactor, se aloja un filamento activo de forma catalítica y uno calentado que actúa de forma no catalítica. En presencia de hidrógeno en la atmósfera circundante se realiza, según la concentración de oxígeno existente, una oxidación en el filamento activo de forma catalítica que está conectado a través de un cable con la unidad electrónica dispuesta fuera de el edificio de contención del reactor.

El cambio de resistencia eléctrica resultante de ello debido al aumento de la temperatura usada se compensa eléctricamente mediante una conexión de puente. La corriente de compensación es una medida directa para la oxidación de hidrógeno realizada y se puede emitir como señal medida del hidrógeno o concentración del gas de combustión.

Las señales obtenidas en este caso se procesan convenientemente adicionalmente en una unidad de control y evaluación usada por los dos procedimientos de análisis.

La concentración de hidrógeno determinada por la medición mediante el procedimiento descrito anteriormente gracias a la conductividad térmica se corresponde con la verdadera concentración, independientemente de la concentración de oxígeno actual. Por la comparación de los valores de concentración de hidrógeno determinados con los dos procedimientos se puede determinar de forma redundante por consiguiente la verdadera concentración de hidrógeno (conductividad térmica) así como adicionalmente, en presencia de exceso de oxígeno a través del calor de reacción, la concentración de hidrógeno.

En los casos probablemente presentes, relevantes técnicamente por seguridad en posibles situaciones de accidente, de concentraciones de hidrógeno comparablemente elevadas con concentraciones de oxígeno simultáneamente reducidas se puede determinar según el principio de conductividad térmica la concentración de hidrógeno máxima, según el procedimiento de calor de reacción por sensor la concentración del gas de combustión y adicionalmente la concentración de oxígeno.

Mediante la supervisión de los valores medidos obtenidos mediante una conexión de ordenador apropiada del análisis de muestreo y la comparación permanente con los valores medidos del procedimiento de sensor / cable se pueden determinar y balancear además los ratios de liberación de hidrógeno, así como debido a la cantidad de oxígeno definida en el edificio de contención del reactor adicionalmente los ratios de oxidación del hidrógeno. Para ello se pueden sacar, junto a un potencial del peligro actual para la instalación, en particular también conclusiones importantes sobre el desarrollo del caso de fallo, por ejemplo, si se pudo parar la oxidación del elemento fisionable, de modo que se haga posible la introducción dirigida de contramedidas correspondientes. Los procedimientos mencionados se aplican ventajosamente en particular en la fase de accidente temprana transitoria, dado que durante el desarrollo del accidente posterior el oxígeno reacciona en el recipiente de seguridad. Los cables del procedimiento sensor / cable pueden estar realizados por ello ventajosamente, con vistas al coste de fabricación y montaje, como cables de plástico prescindiendo del diseño del cable completamente cerámico, contemplándose como suficiente un diseño sobre una duración de funcionamiento en caso de exposición a la radiación media de hasta 24h. Al progresar el accidente, debido a la exposición a la radiación elevada de forma duradera en el edificio de contención del reactor, se tolera un fallo del cable que se reconoce igualmente por la unidad electrónica, de modo que a continuación sólo se recurre al procedimiento de muestreo y análisis para la medición.

Las ventajas obtenidas con la invención consisten en particular en que, mediante el ajuste de una depresión seleccionada de forma apropiada en el conducto de muestreo y su mantenimiento mediante estrangulamiento en la afluencia de la muestra al conducto de muestreo, también durante el transporte de la muestra del punto de extracción al sistema de análisis dispuesto fuera de el edificio de contención del reactor, se puede observar consecuentemente un estado sobrecalentado de la muestra extraída. Por consiguiente se excluye la condensación del vapor de agua, que conduce a un falseamiento posible de los resultados del análisis, durante el transporte de la muestra extraída. La muestra se puede analizar por consiguiente en un estado en el que ésta reproduce de forma especialmente exacta las verdaderas relaciones dentro de el edificio de contención del reactor. Por consiguiente se pueden determinar resultados de medición especialmente fiables sobre el estado real actual de la atmósfera de el edificio de contención, sin que sea necesaria recurrir a datos generalizadores o valores estimados. Mediante la determinación del valor real, que se puede conseguir con ello y especialmente exacta, para la atmósfera de el edificio de contención se hace posible una gestión y control de las contramedidas especialmente adaptados a las necesidades y con ello una gestión del funcionamiento especialmente segura también en la gestión de un caso de fallo.

Mediante el dimensionado seleccionado apropiadamente del conducto de muestreo y otros componentes se mantiene

especialmente baja la extracción de actividad que se realiza durante la toma de muestras, incluso en caso de situaciones de accidente comparablemente agravantes, de modo que se puede mantener especialmente baja una liberación de actividad al ambiente. Mediante un aislamiento cualitativamente de valor elevado de  $< 100 \text{ W/m}^2$  se minimizan las pérdidas térmicas en la zona de la tubería y cámara a  $< 5 \text{ kW}$  de potencia permanente, de modo que el suministro eléctrico, también en situaciones station black, se puede garantizar de forma favorable de forma permanente o a corto plazo a través de una red de baterías o grupo electrógeno diesel de potencia de emergencia separado. En una fase temprana de un posible desarrollo del accidente se puede conseguir una medición de la concentración de hidrógeno permanente por una combinación favorable con sensores de hidrógeno montados adicionalmente en el edificio de contención del reactor y del procedimiento aquí descrito. En este caso adicionalmente en pocos puntos en el edificio de contención del reactor se realiza la medición de la concentración de hidrógeno según el principio del calor de reacción. En este caso en la cabeza sensora se alojan un filamento activo de forma catalítica y uno filamento calentado que actúa de forma no catalítica. En caso de ganancia de hidrógeno se produce la oxidación en el filamento activo de forma catalítica, el cual está conectado a través de un cable con una unidad electrónica dispuesta fuera de el edificio de contención del reactor. El cambio de la resistencia eléctrica resultante se compensa eléctricamente mediante una conexión de puente. Las señales obtenidas se procesan adicionalmente en una unidad de control y evaluación usada por los dos procedimientos. Por ello se puede generar a corto plazo una señal de hidrógeno permanente, y desde la disponibilidad del análisis presente y del valor medido de hidrógeno obtenido mediante la conductividad térmica se puede realizar una afirmación sobre el contenido de oxígeno de la atmósfera.

Mediante la supervisión de los valores medidos obtenidos y comparación con el procedimiento de sensor / cable se puede supervisar adicionalmente el instante de la avería debido a la exposición a la radiación extrema en la zona del cable.

Un ejemplo de realización de la invención se explica más en detalle mediante un dibujo. Muestran aquí:

Figura 1 un sistema de muestreo,

Figura 2 una forma de realización alternativa de un sistema de muestreo, y

Figura 3 un dispositivo de estrangulamiento para la aplicación en un sistema de muestreo según la figura 1 o la figura 2.

Las mismas piezas están provistas en todas las figuras con las mismas referencias. El sistema de muestreo 1 según la figura 1 está previsto para la obtención de una muestra de la atmósfera en un recinto de contención o bien un "containment" (una contención) del reactor 2 de una instalación nuclear no representada más allá. Para ello el sistema de muestreo 1 comprende una multiplicidad de conductos de muestreo 8 que desembocan en el edificio de contención del reactor 2, guiados mediante un paso 4 a través de su pared exterior 6. Éstos están conectados con un sistema de depresión 12 y con un sistema de análisis a través de un bloque de válvulas 10, a través del que se puede realizar una selección selectiva y específica de un conducto de muestreo 8 cualesquiera. El sistema de análisis 14 comprende en este caso una carcasa exterior 16 realizada calentable a la manera de una cámara de calor, en la que adicionalmente al bloque de válvulas 10 está dispuesto un analizador de gases 18 revestido. El analizador de gases 18, por ejemplo, realizado como sensor capacitivo, está conectado con una primera unidad electrónica de medición 20 para la determinación del contenido de vapor de agua, con un segundo punto de medición 22 para la determinación de una fracción de hidrógeno, preferentemente según el principio del calor de reacción, y con un tercer punto de medición 24 para la determinación de una fracción de oxígeno. Los puntos de medición 20, 22, 24 están conectados del lado de salida con una unidad electrónica central de evaluación 26, que también asume el control completo del sistema y eventualmente la comparación con diversas señales de sensores. En una variante no representada se puede suprimir el enfriador y la medición 22 y 24 también se pueden disponer en la cámara de calor 16.

El sistema de muestreo 1 está diseñado para la obtención de resultados de medición especialmente exactos y fiables para las fracciones de gases de la atmósfera dentro de el edificio de contención 2. Para ello está previsto evitar de forma dirigida una condensación del vapor de agua arrastrado durante el traslado de la muestra del espacio interior de el edificio de contención del reactor 2 al separador de gases 18, de modo que el vapor de agua arrastrado se pueda detectar y tener en cuenta de forma cualitativa y también cuantitativa en la evaluación siguiente. Para hacerlo posible el sistema de muestreo 1 está diseñado para trasladar la muestra en estado sobrecalentado al separador de gases 18 del sistema de análisis 14. El estado sobrecalentado se ajusta y mantiene en este caso con medios pasivos, es decir, sin la necesidad de una intervención activa exterior, en tanto que durante el transporte de la muestra en el conducto de muestreo 8 se ajusta y mantiene una depresión seleccionada de forma apropiada. Para ello los conductos de muestreo 8 están provistos respectivamente de un dispositivo de estrangulamiento 30 en su extremo que desemboca en el edificio de contención del reactor 2.

El dispositivo de estrangulamiento 30, antes del que está conectado un filtro 32, por ejemplo, hecho de material filtrante poroso, como por ejemplo, metal sinterizado o una malla de fibras metálicas, para la evitación de un bloqueo y también para la retención del aerosol grueso, está diseñado en este caso de forma dirigida para mantener una depresión de en

particular menos de aproximadamente el 50% de la presión de el edificio de contención en el conducto de muestreo 8 también en la afluencia de la atmósfera del espacio interior de el edificio de contención del reactor 2. Para hacerlo posible con medios comparablemente sencillos, el conducto de muestreo 8 correspondiente está realizado, por un lado, como conducto capilar con un diámetro nominal comparablemente pequeño de aproximadamente 3 mm. Por otro lado, el dispositivo de estrangulamiento 30 conectado respectivamente río arriba está dimensionado de forma apropiada y está diseñado con una sección transversal libre de flujo de aproximadamente 0,5 mm. El transporte de la muestra se realiza debido a la elevada depresión en los conductos capilares preferentemente con  $> 5$  m/s a 50 m/s, de modo que se pueden conseguir tiempos de transporte bajos.

Adicionalmente los conductos de muestreo 8 están realizados de forma calentable en la zona fuera de la pared exterior 6 de el edificio de contención del reactor 2. La penetración de el edificio de contención del reactor se calienta con elementos de baja temperatura a  $< 80$  °C. Por consiguiente se garantiza que también en caso de guiado del conducto comparablemente largo se garantice un mantenimiento del estado sobrecalentado de la muestra extraída hasta el ingreso en el sistema de análisis 14. Para la recirculación a ser posible común con la muestra de actividades extraídas al espacio interior de el edificio de contención del reactor 2, el conducto de muestreo 8 correspondiente está conectado con un conducto de recirculación 40 que desemboca en el edificio de contención del reactor 2. El conducto de recirculación 40, en el que está conectado un recipiente de recirculación 42 para el tamponaje necesario, está provisto en este caso de la bomba de vacío prevista como sistema de depresión 12, de modo que ésta se puede usar adicionalmente a la evacuación del conducto de muestreo 8 correspondiente también para la recirculación a el edificio de contención del reactor 2.

En el ejemplo de realización según la figura 2, el sistema de muestreo 1' presenta un sistema de análisis 14' que está estructurado de forma esencialmente modular. El sistema de análisis 14' comprende en este caso un módulo de muestreo 50, así como un módulo de medición 52, que está dispuesto en la carcasa exterior 16 calentable realizada como cámara de calor. En este ejemplo de realización en el módulo de muestreo 50 está dispuesto un recipiente de aislamiento de muestras 54, en el que la prueba extraída a través de un conducto de muestreo 8 del espacio interior de el edificio de contención del reactor 2 se almacena temporalmente, se analiza directamente o se puede mantener para una evaluación subsiguiente. El módulo de muestreo 50 comprende además sondas de medición, microválvulas multipuerto, microválvulas de bloqueo, válvulas de vacío de apertura rápida y estrangulamientos y/o válvulas de reducción de presión eventualmente necesarios.

Debido a un volumen adicional 55 conectado antes del recipiente de aislamiento de muestras 54 en el conducto de muestreo 8 se puede asegurar que el gas medido modificado después del funcionamiento de depresión en la fase de constitución de presión subsiguiente por la posibilidad de quedar por debajo del punto de condensación en el conducto capilar dentro de el edificio de contención del reactor 2 no se pueda transportar en el volumen del gas medido. Alternativamente mediante el cierre de la válvula 90 conectada en el conducto de muestreo 8 y una constitución de presión a través de una alimentación de gas 92 y paso del volumen adicional 55 según el mismo método se puede conseguir una constitución de presión en el recipiente de aislamiento de muestras 54 sin falseamiento del gas medido. Debido al retrolavado con gas seco, por ejemplo, nitrógeno, se realiza un secado de estas secciones antes del siguiente muestreo. Alternativamente la compresión del gas medido también se puede iniciar mediante la alimentación de gas 92 y el cierre de la válvula 90, evitándose de nuevo una entrada de gas medido modificado en el recipiente de preparación de muestras debido al volumen adicional 55 conectado aguas arriba y el flujo de pistón en la tubería. El volumen adicional 55 puede servir en este caso en particular también como volumen tampón y es aproximadamente de dos a cinco veces mayor que el volumen interior del recipiente de aislamiento de muestras 54.

En el módulo de medición 52, conectado aguas abajo, están comprendidos los componentes de dosificación de las pruebas, así como las columnas de absorción necesarias para la medición verdadera y puntos de medición y sensores 20, 22, 24. El módulo de medición 52 está conectado con un sistema de escape de aire 60 a través del conducto de descarga 56 en la que se conecta un ventilador de depresión 58.

En el sistema de muestreo 1', para garantizar una liberación de actividad mantenida especialmente baja, el conducto de recirculación 40 está conectado además con línea de desactivación de gases nobles 62, en particular en base a carbón activo o zeolita. Según se muestra igualmente en la fig. 2, adicionalmente en combinación o diversamente al sistema de muestreo está prevista una medición de hidrógeno. Ésta comprende un número de sensores de hidrógeno 94 montados en el edificio de contención del reactor 2, que están conectados del lado de datos con una unidad de evaluación 96 conjunta dispuesta fuera de el edificio de contención del reactor 2. Las señales obtenidas en éstos se le suministran adicionalmente a la unidad electrónica de control y evaluación 26 usada por los dos procedimientos.

Un ejemplo de realización para el dispositivo de estrangulamiento 30 conectado antes del conducto de muestreo correspondiente está representado de forma ampliada en la figura 3 en sección transversal. El dispositivo de estrangulamiento 30 comprende un cuerpo base 70 que está fijado a través de un soporte de pared 72 dimensionado y seleccionado apropiadamente sobre un elemento de pared de el edificio de contención del reactor 2. El cuerpo base 70 está conectado además con el extremo de desembocadura del conducto de muestreo 8.



5 Para garantizar un afluencia estrangulada del gas de la atmósfera al conducto de muestreo 8, el dispositivo de estrangulamiento 30 comprende un cuerpo de estrangulamiento 74 que presenta una pequeña sección transversal libre de flujo de aproximadamente 0,5 mm en comparación al diámetro nominal del conducto de muestreo 8 realizada como conducto capilar de aproximadamente 3 mm. La zona de afluencia del cuerpo de estrangulamiento 74 está rodeada por un colector de gotas y sólidos 76 configurado esencialmente cilíndrico y previsto a la manera de un separador grueso por gotas. Dentro del colector 76 está dispuesto un cuerpo de filtrado 78 de metal sinterizado o malla de fibras metálicas para la formación de un dispositivo de filtrado. La disposición formada por estos componentes está rodeada por una envolvente 80 prevista como protección frente a rociado.

**Lista de referencias**

10	1, 1'	Sistema de muestreo
	2	Edificio de contención del reactor
	4	Paso
	6	Pared exterior
	8	Conductos de muestreo
15	10	Bloque de válvulas
	12	Sistema de depresión
	14, 14'	Sistema de análisis
	16	Carcasa exterior
	18	Analizador de gas / separador de gas en el recipiente de aislamiento de muestras
20	20, 22, 24	Punto de medición
	26	Unidad electrónica de evaluación y control del proceso
	30	Dispositivo de estrangulamiento
	32	Filtro
	40	Conducto de recirculación
25	42	Recipiente de recirculación
	50	Módulo de muestreo
	52	Módulo de medición
	54	Recipiente de aislamiento de muestras
	55	Volumen adicional
30	56	Conducto de descarga
	58	Ventilador de depresión
	60	Sistema de escape de aire
	62	Línea de desactivación de gases nobles
	70	Cuerpo base
35	72	Soporte de pared
	74	Cuerpo de estrangulamiento
	76	Colector de gotas y sólidos
	78	Cuerpo de filtrado

	80	Envolvente
	90	Válvula
	92	Alimentación de gas
	94	Sensores de hidrógeno
5	96	Unidad de evaluación

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Instalación nuclear con un edificio de contención del reactor (2) y con sistema de muestreo (1, 1') diseñado para la obtención de una muestra de la atmósfera en el edificio de contención del reactor (2), en la que el sistema de muestreo (1, 1') comprende un conducto de muestreo (8) conectado con un sistema de depresión (12) y con un sistema de análisis (14) y que desemboca en el edificio de contención del reactor (2), **caracterizada porque**
- un dispositivo de estrangulamiento (30) se conecta antes del conducto de muestreo (8) del lado del gas en caso de conexión del mismo con la atmósfera en el edificio de contención del reactor (2).
- 10 2.- Instalación nuclear según la reivindicación 1, en la que el conducto de muestreo (8) está realizado como conducto pequeño con un diámetro nominal de hasta 15 mm, preferentemente como conducto capilar con un diámetro nominal de aproximadamente 1 a 5 mm.
- 3.- Instalación nuclear según la reivindicación 1 ó 2, en la que el dispositivo de estrangulamiento (30) presenta una sección transversal libre de flujo de 0,05 a 2 mm, preferentemente de aproximadamente 0,5 mm.
- 15 4.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que al dispositivo de estrangulamiento (30) se le asigna una unidad de filtrado (32).
- 5.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el sistema de análisis (14) está provisto de una carcasa exterior (16) calentable.
- 6.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que un aislamiento exterior en la zona del sistema de análisis (14) limita las pérdidas térmicas a menos de 100 W/m<sup>2</sup>, preferentemente a menos de 50 W/m<sup>2</sup>.
- 20 7.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que está previsto un suministro eléctrico que comprende una red de baterías y/o grupos electrógenos diesel de potencia de emergencia separados como protección frente a cortes de potencia.
- 8.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que al sistema de muestreo (1, 1') se le asigna una unidad de control digital libremente programable para el control y la regulación.
- 25 9.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el conducto de muestreo (8) está tendido en un tubo de protección.
- 10.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en la que el sistema de depresión (12) está dispuesto fuera de el edificio de contención del reactor (2).
- 11.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en la que un recipiente de aislamiento de muestras (54) está conectado en el conducto de muestreo (8) antes de la entrada en el sistema de análisis (14).
- 30 12.- Instalación nuclear según la reivindicación 11, en la que el recipiente de aislamiento de muestras (54) presenta un volumen interior de dos a cinco veces menor que un volumen tampón conectado río arriba.
- 13.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en la que el conducto de muestreo (8) se puede calentar en una zona fuera de el edificio de contención del reactor (2).
- 35 14.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en la que el sistema de análisis (14) comprende un número de sensores capacitivos de polímero y/o detectores de conductividad térmica para el análisis del gas para los componentes hidrógeno y/o contenido de vapor y/o monóxido de carbono.
- 15.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en la que un conducto de recirculación (40) que desemboca en el edificio de contención del reactor (2) está conectado con el conducto de muestreo (8).
- 40 16.- Instalación nuclear según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, con un número de sensores de hidrógeno (94) diseñados según el principio del calor de reacción, que están dispuestos dentro de el edificio de contención del reactor (2) y están conectados del lado de datos con una unidad de evaluación (96) externa y a través de ésta con una unidad electrónica de evaluación (26) común para el sistema de muestreo (1, 1').
- 45 17.- Procedimiento para la obtención de una muestra de la atmósfera en un edificio de contención del reactor (2) de una instalación nuclear, en la que en un conducto de muestreo (8) se genera una depresión en comparación a la presión reinante en el edificio de contención del reactor (2),
- caracterizado porque**
- después de la afluencia de la muestra al conducto de muestreo (8) se limita la presión en el conducto de muestreo (8) a

como máximo aproximadamente el 60% de la presión reinante en el edificio de contención del reactor (2).

18.- Procedimiento según la reivindicación 17, en el que la depresión se aplica espontáneamente mediante válvulas de apertura rápida y un volumen de aspiración de aspiración de un recipiente de depresión / recirculación.

5 19.- Procedimiento según la reivindicación 17 ó 18, en el que tras efectuar la toma de muestras se realiza un cambio de presión con retrolavado de los equipos de análisis y conducto de extracción.

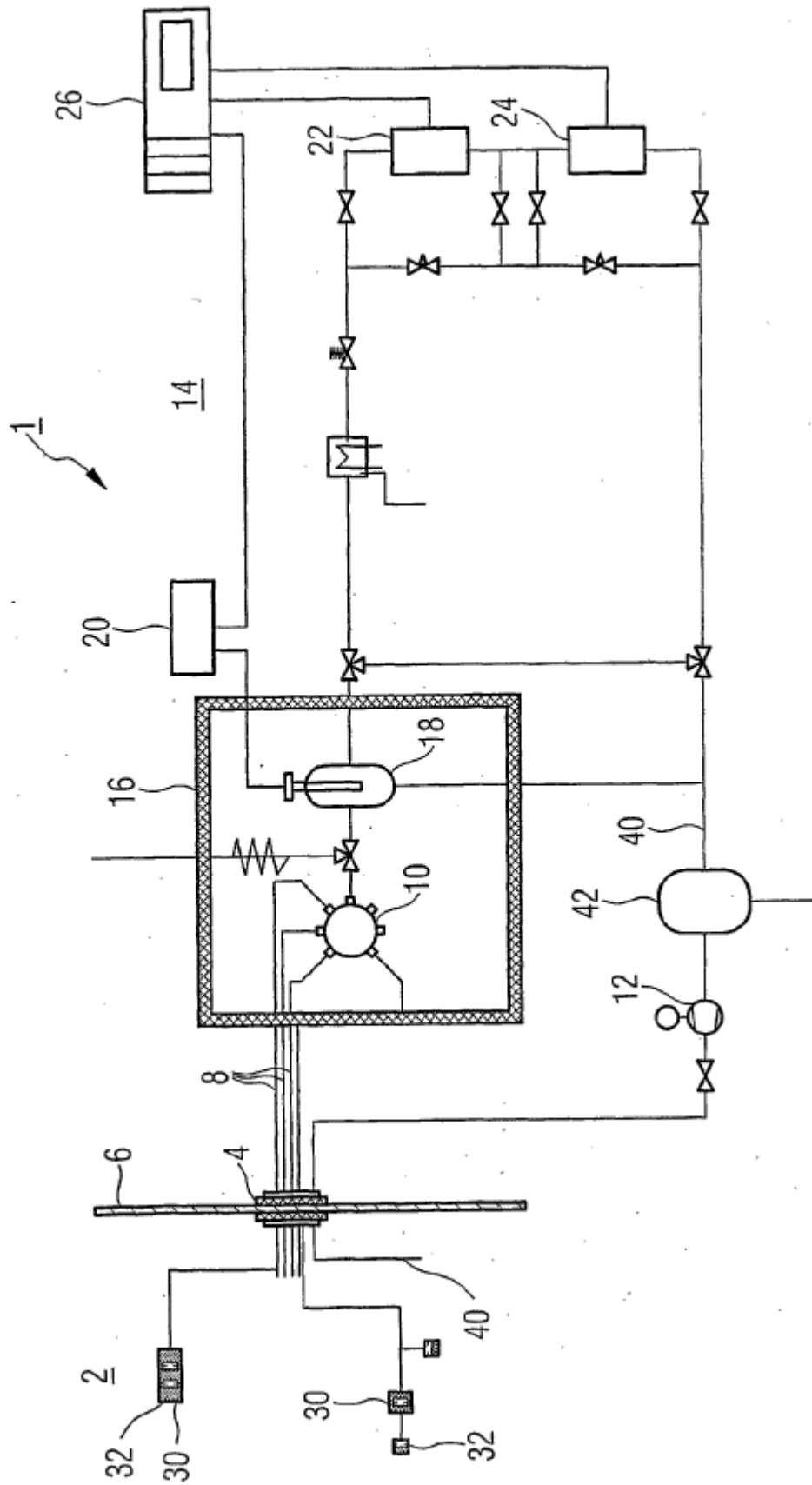
20.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 19, en el que el volumen de muestra por análisis individual se limita a  $< 1$  l y/o a un contenido de actividad de  $< 10^{10}$  Bq.

21.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 20, en el que se estrangula la afluencia de la muestra al conducto de muestreo (8).

10 22.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 21, en el que en caso de presiones de vapor parciales de varios bares en los puntos de extracción se evita el quedar por debajo del punto de condensación en el gas medido mediante una disminución de la presión en la unidad de análisis a preferentemente 1 bar.

15 23.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 17 a 22, en la que se determina un valor medido adicional para la concentración de hidrógeno en el edificio de contención del reactor (2) según el procedimiento del calor de reacción.

FIG. 1



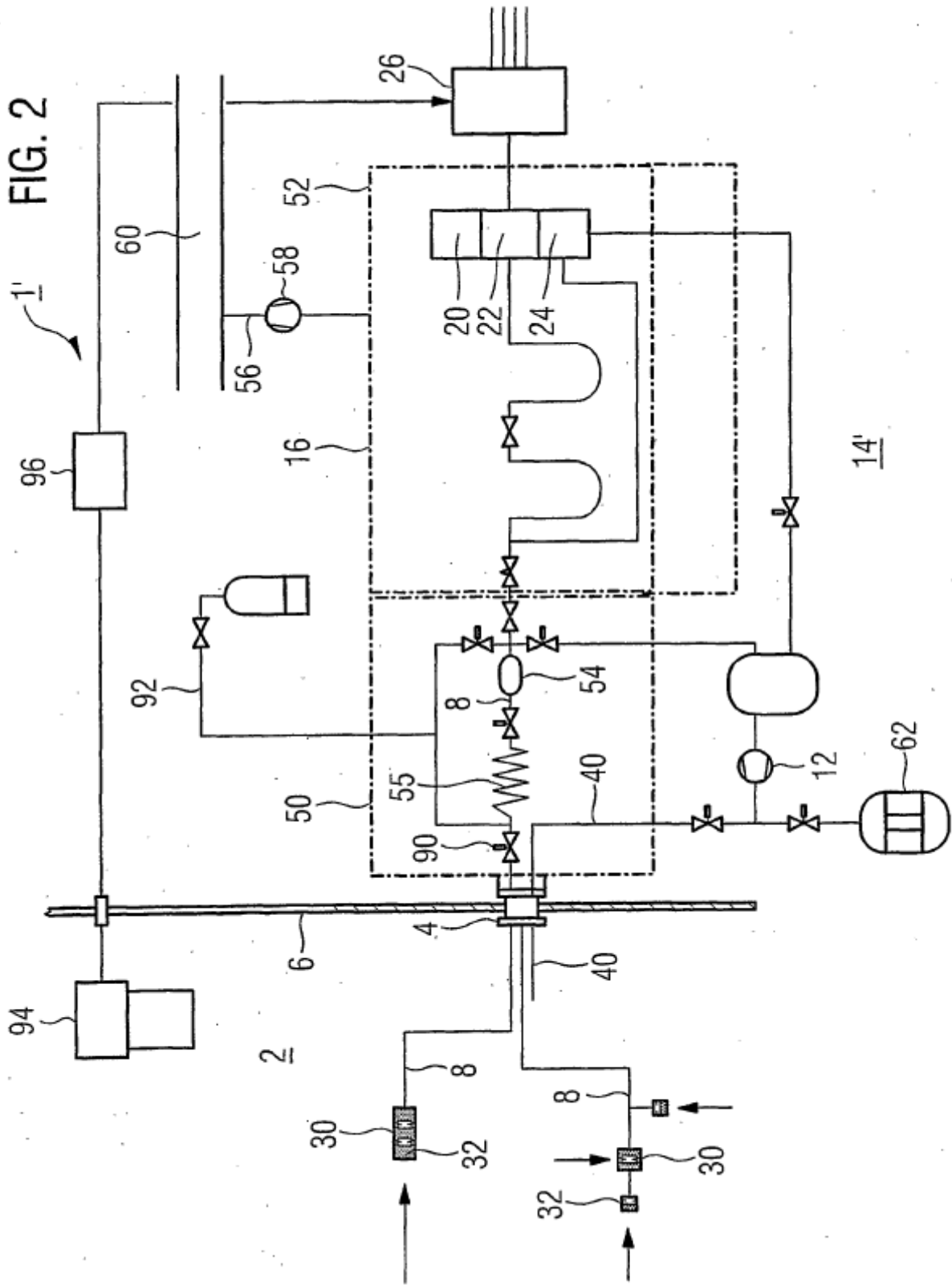


FIG. 3

