

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 539**

51 Int. Cl.:

G21C 9/004

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2004** **E 04740251 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.10.2012** **EP 1656679**

54 Título: **Instalación nuclear y procedimiento para la despresurización de una instalación nuclear**

30 Prioridad:

25.06.2003 DE 10328773

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

22.02.2013

73 Titular/es:

**AREVA NP GMBH (100.0%)
PAUL-GOSSEN-STRASSE 100
91052 ERLANGEN, DE**

72 Inventor/es:

ECKARDT, BERND

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 396 539 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

Instalación nuclear y procedimiento para la despresurización de una instalación nuclear

La invención se refiere a una instalación nuclear con un confinamiento al que está conectado el conducto de despresurización. Además se refiere a un procedimiento para la despresurización de una instalación de este tipo.

- 5 En una central nuclear, en caso de situaciones de accidente o malfuncionamiento, en función del accidente en cuestión y de las medidas iniciadas eventualmente como por ejemplo la inerciación de la atmósfera del confinamiento, con un aumento de presión posiblemente significativo dentro del confinamiento. Para evitar posibles perjuicios estructurales resultantes del confinamiento en sí o de los componentes del sistema, dispuestos dentro del mismo, las centrales nucleares pueden estar concebidas para una despresurización del confinamiento
- 10 en caso de necesidad, mediante la evacuación de atmósfera del confinamiento (*venting*). Para ello, habitualmente, al confinamiento de una instalación nuclear está conectado un conducto de despresurización.

- Sin embargo, la atmósfera del confinamiento habitualmente contiene un material radioactivo, por ejemplo, gases nobles, yodo o aerosol que en caso de un "venting" podría llegar al entorno de la central nuclear. Especialmente en el caso de accidentes relativamente graves con posibilidad de producirse una fusión del núcleo, pueden producirse
- 15 cantidades de actividad aerotransportadas (aerosoles) dentro del confinamiento, especialmente en altas concentraciones, de modo que en caso de la presencia de grandes faltas de estanqueidad o en caso de la presencia de situaciones de sobrepresión inadmisibles podría producirse una liberación de cantidades significativas de este tipo de aerosoles o cantidades de actividad al entorno de la instalación nuclear. Debido a los componentes arrastrados posiblemente, como por ejemplo isótopos de yodo o de cesio, las actividades aerotransportadas
- 20 podrían causar una contaminación de tierras de duración relativamente larga. Para evitarlo, los sistemas de despresurización previstos para el "venting" de la atmósfera del confinamiento, habitualmente están provistos de dispositivos de filtrado y de retención para evitar la liberación al entorno de cantidades de actividades aerotransportadas arrastradas en la atmósfera del confinamiento.

- Para este fin, por ejemplo, por el documento EP0285845B1 se conoce un concepto para la despresurización de una central nuclear en el que en un conducto de despresurización conectado al confinamiento de una central nuclear están conectados un lavador Venturi previsto como filtro para la retención de actividades aerotransportadas, así como un dispositivo de estrangulación. El lavador Venturi comprende un número de tubos Venturi dispuestos en un líquido de lavado presente en un contenedor, que pueden cargarse con una corriente de gas que circula por el conducto de despresurización.
- 25

- 30 Los tubos Venturi comprenden respectivamente un punto de estrechamiento configurado en forma de tobera, en el que la corriente de gas que pasa se acelera a una velocidad de circulación especialmente elevada.

- En el sistema descrito en el documento EP0285845B1, el dispositivo de estrangulación conectado en serie con el lavador Venturi está concebido para un funcionamiento con la llamada distensión crítica. En el caso de una distensión crítica, las condiciones de presión en el sistema de tuberías, es decir, particularmente la caída de presión, se ajustan a través del dispositivo de estrangulación, de tal forma que el medio que circula por la tubería pasa por el dispositivo de estrangulación a la velocidad del sonido. En el sistema según el documento EP0285845B1, este efecto se aprovecha para ajustar en caso de respuesta, es decir en caso de una despresurización del confinamiento, un caudal de volumen constante a lo largo del tiempo en el conducto de despresurización.
- 35

- 40 Dispositivos similares se describen por ejemplo en los documentos EP0338324 o WO90/16071.

- Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de proporcionar una instalación nuclear del tipo mencionado anteriormente, en la que en caso de una disminución de presión se retengan en el lavador Venturi con una fiabilidad especialmente alta incluso las actividades aerotransportadas o aerosoles más finos, de modo que se impida con una fiabilidad especialmente alta la liberación al entorno. Asimismo, tiene el objetivo de proporcionar
- 45 un procedimiento para la despresurización de una instalación nuclear de este tipo.

- En cuanto a la instalación nuclear, según la invención, este objetivo se consigue mediante la combinación de características de la reivindicación 1. El lavador Venturi y el dispositivo de estrangulación están dimensionados de tal forma que en caso de una distensión crítica de una mezcla de aire y vapor que entra en el conducto de despresurización, en el dispositivo de estrangulación dentro del lavador Venturi se ajusta una velocidad de circulación de la mezcla de aire y vapor superior a 150 m/seg., preferentemente superior a 200 m/seg.
- 50

El dimensionamiento se realiza preferentemente de tal forma que esta alta velocidad principalmente exista en todo el intervalo de sobrepresión durante el funcionamiento del dispositivo separador, con independencia de la respectiva presión de funcionamiento que por ejemplo es de 2 a 10 bares. Las pérdidas de presión Venturi que se

producen en caso de una presión de funcionamiento más alta del dispositivo lavador para producir la aceleración correspondiente de los gases de mayor densidad, por ejemplo > 0,5 bares a 1 bar y por ejemplo > 2 bares en caso de presiones > 5 bares se ajustan mediante la combinación del lavador Venturi y la válvula de estrangulación de forma pasiva a lo largo de todo el intervalo de funcionamiento.

- 5 La invención parte de la idea de que para la separación de actividades aerotransportadas o aerosoles en un lavador Venturi o un tubo Venturi por la alimentación de agua al interior del tubo, a causa de las condiciones de circulación existentes en el mismo se produce una niebla de finas gotitas, y las actividades aerotransportadas o aerosoles que han de separarse pueden introducirse en las gotitas de este tipo y, por tanto, eliminarse de la corriente de gas junto a las mismas. De esta manera, se puede conseguir un efecto de separación especialmente grande, incluso para aerosoles finísimos, de modo que resulta una probabilidad especialmente elevada de que los aerosoles den en gotitas de agua adecuadas quedando incluidas en las mismas, especialmente con la ayuda de cargas de líquido de lavado correspondientemente grandes.

- 10 Como se ha demostrado sorprendentemente, precisamente en los tubos Venturi en los que con un modo de construcción pasivo queda garantizada la alimentación del líquido de lavado al interior del tubo a través de la depresión existente en el punto de estrechamiento y, por tanto, sin medios propulsores exteriores, la probabilidad de incidencia y de inclusión incluso de aerosoles finísimos en la niebla de gotitas aumenta de manera muy sobreproporcionada, de modo que con velocidades de circulación muy altas de la corriente de gas en el tubo Venturi se pueden conseguir en el líquido de lavado unas tasas de separación superiores al 99,9% para aerosoles mixtos con un tamaño de partículas de aproximadamente $1\text{ }\mu\text{m}$, e inferiores al 98% y más para aerosoles relativamente finos con un tamaño de partículas inferior a $0,5\text{ }\mu\text{m}$. Por lo tanto, el sistema de despresurización y de retención de actividades de la instalación nuclear está concebido para el cumplimiento de velocidades de circulación tan altas en caso de despresurización.

- 15 Para garantizar una tasa de separación tan alta, precisamente con vistas a los parámetros característicos que varían en gran medida en caso de un escenario de accidente, posiblemente durante toda la duración del accidente, como por ejemplo la presión de la instalación en cada fase de un posible accidente, y por tanto evitar en la mayor medida posible una liberación de componentes contaminantes al entorno en cada fase de un accidente, el sistema de despresurización y de retención de actividades de la instalación nuclear está concebido además para un grado de separación tan alto, prácticamente de forma independiente de la presión del sistema existente dentro del contenedor de seguridad de la instalación nuclear. Para ello, se aprovecha de forma selectiva el reconocimiento de que en un dispositivo de estrangulación que trabaja con la llamada despresurización crítica, éste es atravesado por el medio circulante a su velocidad del sonido, independientemente de la presión de entrada aplicada.

- 20 Por lo tanto, en el estado de despresurización crítica, el caudal volumétrico por el dispositivo de estrangulación es constante, independientemente de la presión de entrada aplicada. Por lo tanto, mediante una combinación adecuada del lavador Venturi con el dispositivo de estrangulación y, dado el caso, con un filtro metálico posterior para aerosoles finos se puede garantizar que en caso de una despresurización crítica, a través del dispositivo de estrangulación se puede mantener prácticamente constante el caudal volumétrico del medio que circula por el lavador Venturi y, dado el caso, por el filtro posterior para aerosoles finos, independientemente de la presión del sistema existente en el confinamiento y transmitida al lado de entrada del dispositivo de estrangulación. Por lo tanto, mediante la combinación del dispositivo de estrangulación con el lavador Venturi prácticamente durante todo el escenario de accidente, es decir, mientras por las condiciones de presión existentes se produzca una distensión crítica a través del dispositivo de estrangulación, se puede garantizar un grado de separación constantemente alto en el lavador Venturi y, dado el caso, en el filtro posterior para aerosoles finos.

- 25 Para este fin, el lavador Venturi y el dispositivo de estrangulación están dimensionados respectivamente de forma adecuada uno con respecto a otro a modo de una coordinación, de forma que en caso de una distensión crítica existente en el dispositivo de estrangulación se ajustan las condiciones de circulación deseadas con una velocidad de circulación especialmente alta en el lavador Venturi y, dado el caso, con una velocidad óptima en el filtro posterior para aerosoles finos. La velocidad de circulación mínima del medio circulante en el lavador Venturi, necesaria para el alto grado de separación deseado, puede depender de la composición exacta del medio circulante y puede cambiar a valores más altos en el caso de variaciones de las composiciones de gas, por ejemplo una mayor parte de H_2 .

- 30 Sin embargo, como se ha demostrado, para los medios circulantes que pueden producirse en el caso de la despresurización del confinamiento de una instalación nuclear se puede alcanzar un grado de separación suficientemente alto, si la combinación entre el lavador Venturi y el dispositivo de estrangulación está concebida y dimensionada a modo de una calibración o referencia, de tal forma que en caso de una mezcla de aire y vapor que circula por el conducto de despresurización, con una distensión crítica originada en el dispositivo de estrangulación, en el lavador Venturi existe una velocidad de circulación de la mezcla de aire y vapor superior a 150 m/seg. , preferentemente superior a 200 m/seg. La velocidad de circulación del medio circulante se determina

especialmente en la zona del punto de estrechamiento del tubo Venturi correspondiente.

La alta velocidad ajustada mediante la combinación entre el lavador Venturi y el dispositivo de estrangulación puede cambiar a valores aún más altos en caso de la variación de las composiciones de gas, por ejemplo una mayor parte de H_2 , debido a la mayor velocidad del sonido. Asimismo, se encontró que en el lavador Venturi, en la mezcla bifásica, compuesta por una mezcla de gas y un líquido acuoso, se ajusta una velocidad crítica máxima de aprox. 270 a 300 m/seg. Por lo tanto, mediante la elección preferible de una velocidad de Venturi especialmente alta, por ejemplo de 200 m/seg. que corresponde aproximadamente a 2/3 de la velocidad máxima de la mezcla bifásica de aprox. 300 m/seg., se puede garantizar que incluso en caso de la presencia de mezclas con una mayor velocidad del sonido sea posible una limitación de caudal inherentemente segura y que los dispositivos de retención dispuestos a continuación queden protegidos de manera fiable contra sobrecargas.

De manera ventajosa, el lavador Venturi comprende una pluralidad de tubos Venturi. Estos pueden estar realizados como llamados tubos Venturi cortos, cuyas salidas están dispuestas por debajo del nivel teórico previsto del lavador Venturi, de modo que los tubos Venturi quedan sumergidos prácticamente en su totalidad en el lavador Venturi. Resulta especialmente ventajoso que la sección del filtro de separador, situada más alta, queda protegida contra la expulsión de agua por un rebosadero, de modo que incluso en esta variante es posible una altura reducida del componente. Con esta variante, para una separación total especialmente alta resulta especialmente ventajosa una combinación con un filtro de fibras metálicas postconectado.

Mediante tubos de tobera Venturi que en primer lugar soplan por encima del líquido de lavado se puede minimizar la expulsión de agua que determina el tamaño del componente y, además, se puede ajustar una velocidad sensiblemente más alta en los tubos vacíos en el dispositivo de lavador Venturi. El resultado son un diámetro sensiblemente más pequeño del lavador Venturi y una menor altura del componente, así como un consumo correspondientemente más reducido de líquido de lavado. Por el modo de construcción compacto que es posible de esta manera, especialmente en combinación con contenedores de agua existentes, es posible la integración sencilla del dispositivo incluso en partes de edificio especialmente protegidas de la instalación como por ejemplo el edificio del reactor, con un reducido gasto de blindaje.

De este modo, de manera ventajosa, una parte relativamente grande de los tubos Venturi está configurada como llamados tubos Venturi largos, cuyas salidas están dispuestas por encima del nivel teórico previsto del líquido de lavado. Para evitar además una sedimentación en la zona del contenedor que podría conducir a una mayor necesidad de mantenimiento y de cuidado, según otra configuración ventajosa, el lavador Venturi está concebido para un arremolinamiento y circulación relativamente intensos del lavador Venturi durante el funcionamiento. Para ello, de manera ventajosa, una pequeña parte de los tubos Venturi, preferentemente hasta el 10% aproximadamente, están dispuestos con la salida orientada hacia abajo dentro del contenedor y por debajo del nivel teórico del líquido de lavado.

Para garantizar altas tasas de separación resulta especialmente ventajoso el ajuste de una carga de agua relativamente alta en el lavador Venturi por ejemplo superior a 5 litros, preferentemente superior a 10 litros de líquido de lavado por metro cúbico de gas. Para garantizar esto, según otra configuración ventajosa, los tubos Venturi presentan ranuras anulares de alimentación que se extienden a lo largo del contorno de la tobera, con un ángulo de apertura de 20° a 85° , preferentemente de 30° a 45° . Para una carga de agua tan alta, los tubos Venturi del lavador Venturi presentan respectivamente una relación de su sección transversal de garganta con respecto a la superficie de entrada para el líquido de lavado, inferior a 10:1, preferentemente de 3:1 aproximadamente. La sección transversal de la garganta deja libre la superficie de sección transversal por la que puede circular libremente el medio circulante en el punto de estrechamiento dentro del tubo Venturi correspondiente.

Según una configuración especialmente ventajosa, los tubos Venturi del lavador Venturi están concebidos de tal forma que la succión y distribución pasiva del líquido de lavado por la depresión generada por el medio que circula por ellos quedan garantizadas hasta la zona de radiación nuclear en el interior del tubo Venturi. Para ello, los tubos Venturi del lavador Venturi están realizados de manera ventajosa como tubos Venturi redondos con un ancho de garganta inferior a aproximadamente 80 mm, preferentemente inferior a aproximadamente 40 mm, o como toberas Venturi planas con un ancho de garganta inferior a aproximadamente 100 mm. Adicionalmente o alternativamente, los tubos Venturi del lavador Venturi presentan una relación entre la altura y el ancho de garganta superior a 5, preferentemente superior a 10.

Un modo de construcción especialmente compacto para el sistema de despresurización y de retención de actividades asignado a la instalación nuclear, con un gasto de fabricación y de montaje correspondientemente reducido y la posibilidad de un fácil alojamiento en la zona protegida de la instalación se consigue si el contenedor dotado del lavador Venturi está unido, de manera ventajosa en el lado del líquido de lavado, con otro depósito de líquido de lavado. De esta forma, la cantidad de líquido de lavado almacenada en el contenedor mismo puede mantenerse relativamente pequeña, y en caso de necesidad, especialmente en caso de gastarse líquido de lavado,

puede estar prevista una realimentación desde el depósito de líquido de lavado adicional, en función de las necesidades. El depósito de líquido de lavado no activo en este sentido, que especialmente es más grande, puede almacenarse en un contenedor de almacenaje separado y puede servir especialmente para completar el líquido de lavado evaporado. El nivel de llenado dentro del contenedor puede estar ajustado de forma pasiva mediante la disposición del depósito de líquido de lavado adicional a la misma altura geodésica o con un control de nivel de llenado por flotador. Como depósito de líquido de lavado adicional pueden usarse especialmente también depósitos de agua adicionales, previstos ya de por sí, como por ejemplo contenedores de aguas residuales, suministros de agua desmineralizada o similares, pudiendo realizarse en caso de necesidad la alimentación de líquido de lavado al contenedor a través de diferencias de nivel o mediante bombas de membrana accionadas desde un contenedor de aire comprimido, independientemente de un posible fallo de la alimentación eléctrica.

Una retención de actividades especialmente eficaz se consigue si el sistema de despresurización y de retención de actividades asignado a la instalación nuclear está concebido, según una configuración especialmente ventajosa, para la recirculación al confinamiento de las actividades aerotransportadas o aerosoles precipitados en el líquido de lavado, en caso de necesidad. Para ello, según una configuración especialmente ventajosa, el contenedor provisto del lavador Venturi está conectado, en el lado del líquido de lavado, a través de un conducto de realimentación, con el espacio interior del confinamiento de la instalación nuclear. Mediante esta configuración, en caso de necesidad, es decir, especialmente de forma permanente o en intervalos cíclicos es posible trasladar al confinamiento el líquido de lavado situado en el contenedor y cargado con actividades o aerosoles eliminados de la corriente de gas, de modo que la totalidad de la actividad que ha de someterse a tratamiento permanece de manera fiable en el confinamiento. Mediante la reducción de actividad en el líquido de lavado, lograda mediante realimentación, se minimizan los efectos de resuspensión originados que pueden provocar la salida de actividad a los dispositivos filtrantes postconectados.

La realimentación del líquido de lavado al contenedor puede realizarse especialmente desde un depósito de líquido de lavado adicional. Mediante esta recirculación o realimentación de las actividades es posible mantener especialmente reducidas la cantidad y concentración de actividad contenidas en el líquido de lavado, de modo que pueden mantenerse especialmente reducidos por ejemplo también los efectos de resuspensión que conducen a la expulsión de actividad a dispositivos filtrantes postconectados. De esta manera, en combinación con el alto grado de separación de Venturi es posible una reducción de la carga de filtros y, por tanto, de las superficies de filtro necesarias. Además, especialmente con un funcionamiento de "venting" relativamente extenso durante varios días se puede conseguir una mejora significativa de la retención de actividades, especialmente en el caso de yodo y aerosoles.

Además, mediante este tipo de realimentación o recirculación de las actividades separadas en el lavador Venturi, el calor de desintegración originado a través de los aerosoles o actividades aerotransportadas se mantiene alejado del contenedor y se vuelve a trasladar al confinamiento, de modo que pueden mantenerse especialmente reducidas las posibles cargas resultantes en el contenedor, por ejemplo por evaporación de líquido, de modo que de esta forma es posible un funcionamiento de "venting" relativamente extenso durante varios días y semanas, sin que los filtros finos de fibras metálicas postconectados se vean sobrecargados por aerosoles de resuspensión y la separación de yodo en el filtro de sorción de yodo por resuspensión de yodo. Estos requisitos de configuración con un funcionamiento de "venting" duradero pueden cumplirse de forma segura y especialmente económica por tanto también para instalaciones de reactores más nuevos con requisitos más elevados para dominar accidentes graves, por ejemplo en combinación con una realimentación de líquido de lavado, por ejemplo a través de bombas de membrana etc., y la realimentación de actividad al confinamiento a través de válvulas de estrangulación que limitan la cantidad.

Precisamente por conseguir de esta manera evitar la evaporación de líquido de lavado, en total resulta también un consumo más reducido de líquido de lavado teniendo en cuenta la posible realimentación prevista de líquido de lavado al contenedor.

Para mantener reducido el número de pasos necesarios a través el confinamiento de la instalación nuclear, concebidos con vistas a considerables requisitos de seguridad, según otra configuración ventajosa, el conducto de realimentación está conectado con el espacio interior del confinamiento a través del conducto de despresurización. La recirculación o realimentación se realiza mediante la alimentación de radiación a la zona central del conducto de despresurización, de modo que en contracorriente con la corriente de gas de despresurización puede realizarse un traslado al confinamiento del líquido de lavado cargado de actividad.

De manera ventajosa, a continuación de la sección de Venturi está conectado un separador doble de gotas por fuerza gravitacional con reconducción de gotas. Para la separación de gotas, preferentemente, se usa un separador por fuerza centrífuga accionado a altas velocidades $> 10 \text{ m/seg.}$, que al mismo tiempo puede usarse a través de la generación de un efecto de estrangulación para el sobrecalentamiento. Por lo tanto, en una etapa de un filtro metálico postconectado eventualmente no se producen gotas, de modo que esta unidad también puede

disponerse a menor altura o a la misma altura, lo que reduce la necesidad de espacio y la altura del espacio.

Para la siguiente deshumidificación y prefiltrado, de manera ventajosa, un separador de fibras en la corriente de aire de escape con fibras $< 50 \mu\text{m}$ se combina con una unidad de filtrado previo con fibras $< 20 \mu\text{m}$, preferentemente con grosores de fibras decrecientes. El filtrado fino se realiza preferentemente con fibras de hasta $< 5 \mu\text{m}$, de modo que puede retenerse en gran parte incluso la pequeña cantidad de aerosoles finos penetrados de $< 0,5 \mu\text{m}$. Preferentemente, los elementos filtrantes están hechos de fibras de acero inoxidable. El filtrado fino también puede realizarse con filtros de fibras sinterizadas con diámetros de poros $< 2 \mu\text{m}$.

Para la separación efectiva de yodo orgánico, después de la estrangulación, en el funcionamiento de larga duración del sistema de retención preferentemente está previsto un tamiz molecular, por ejemplo cubierto de nitrato de plata u otros compuestos de plata etc. El sobrecalentamiento de la corriente de gas antes de la entrada en el tamiz molecular se realiza convenientemente en primer lugar por estrangulación en al menos el 50% de la diferencia de presión aún disponible de por ejemplo > 2 bares, con respecto a la presión de funcionamiento máxima. De esta manera, es posible un sobrecalentamiento pasivo y sencillo de la corriente de gas en el filtro de sorción de yodo.

Los dispositivos de retención, es decir, los lavadores Venturi y filtros de fibras metálicas también pueden alojarse dentro de un contenedor de forma escalonada en altura, dotando de un rebosadero a los filtros situados a un nivel alto, de modo que resulte una altura de construcción especialmente baja.

Para permitir la realimentación a modo de un sistema completamente pasivo sin recurrir a componentes activos externos, según otra configuración geodésica ventajosa, el contenedor está dispuesto a una altura geodésica al menos 5 m, preferentemente al menos 10 m superior al punto de salida del conducto de despresurización del confinamiento. De esta forma, la realimentación del líquido de lavado cargado de actividad por el conducto de despresurización al confinamiento es posible por la sola presión geodésica en la columna de agua entre el conducto de despresurización y el contenedor, de modo que la realimentación de radiación puede realizarse en contracorriente a la corriente de gas, sin más medios auxiliares activos.

De manera ventajosa, el líquido de lavado está realizado especialmente para una retención efectiva de yodo o de compuestos que contienen yodo. Para ello, en el contenedor se almacena de manera ventajosa un líquido de lavado con un pH de al menos 9, pudiendo realizarse este pH por ejemplo mediante la adición de NaOH, otras lejías y/o tiosulfato sódico. La adición dosificada de estas sustancias químicas al líquido de lavado puede realizarse de manera ventajosa mediante la succión a través de una bomba inyectora situada en la corriente de agua fresca, procedente de un contenedor de sustancias químicas separado para ajustar una concentración en el líquido de lavado de 0,5 a 5 % en peso.

Un modo de construcción especialmente compacto se consigue si según otra configuración ventajosa, el dispositivo de estrangulación está integrado en el contenedor.

Mediante una alimentación directa, prevista adicionalmente, de agua fría completamente o parcialmente a través del dispositivo de retención a la zona de contenedor de presión del reactor, en contracorriente al gas de "venting", preferentemente como sencillas medidas de urgencia mediante sistemas existentes, como por ejemplo mediante una bomba de bomberos o a través de otros sistemas, de manera ventajosa se puede conseguir al mismo tiempo una recirculación de actividad y una refrigeración del núcleo de reactor por absorción de energía. Mediante cantidades de alimentación más altas especialmente en la fase temprana del accidente, con un nivel de llenado creciente en el confinamiento, se puede conseguir además otra reducción ventajosa de la mezcla de vapor y gas que ha de succionarse y, por tanto, al mismo tiempo una reducción de las dimensiones del dispositivo de retención o dispositivo de succión.

En cuanto al procedimiento para la despresurización de una instalación nuclear del tipo mencionado, el objetivo se consigue de tal forma que el lavador Venturi se somete a una velocidad de circulación del medio que circula por el conducto de despresurización, superior a 150 m/seg., preferentemente superior a 200 m/seg.

Las ventajas logradas con la invención consisten especialmente en que mediante la combinación selectiva del dispositivo de estrangulación con el lavador Venturi, mediante el dimensionamiento coordinado se puede garantizar, sustancialmente durante toda la duración de un accidente, que el lavador Venturi sea atravesado por una corriente de gas de despresurización a una velocidad de circulación especialmente alta. De esta forma, queda garantizado en todo caso ya en el líquido de lavado un efecto de separación especialmente alto, superior al 98% de las actividades aerotransportadas o aerosoles arrastrados, especialmente también de los aerosoles finos con un tamaño de partículas inferior a $0,5 \mu\text{m}$, de modo que se evita de manera especialmente eficaz una liberación de actividades al entorno.

El sistema de despresurización y de retención de actividades formado por el lavador Venturi, el dispositivo de

estrangulación postconectado y, dado el caso, el filtro fino de fibras metálicas, garantiza a modo de un sistema que trabaja de forma pasiva, automáticamente en prácticamente todas las fases de un accidente, un flujo sustancialmente constante por el lavador Venturi, independientemente de la presión de sistema existente en el confinamiento, de modo que este sistema resulta adecuado especialmente para un llamado funcionamiento con presión variable, es decir, para una admisión directa de la presión del sistema en el confinamiento sin otro dispositivo de estrangulación preconectado. En función del medio que circule por el conducto de despresurización, el caudal prácticamente constante por el lavador Venturi puede garantizarse a través de la distensión crítica a través del dispositivo de estrangulación, por la que, independientemente de la presión del sistema aplicada, la velocidad de circulación del medio en el dispositivo de estrangulación asciende aproximadamente a su velocidad del sonido, de modo que de manera correspondiente, también el caudal volumétrico por el lavador Venturi es aproximadamente constante independientemente de la presión. Además, en caso de hacer circular una mezcla de gas por el conducto de despresurización, cumpliendo velocidades de tobera relativamente altas de 150 m/seg. a 200 m/seg., limitada a < 300 m/seg., por ejemplo con una alta parte de H₂, mediante el lavador Venturi se puede garantizar una limitación pasiva del caudal independientemente de la mezcla, por la sola pérdida de presión generada por éste.

Mediante la combinación del dispositivo lavador Venturi de alta velocidad con reconducción en combinación con los filtros de fibras metálicas postconectados, se puede garantizar un grado de separación total de > 99,99 a 99,999%, incluso en caso de un funcionamiento de larga duración, independientemente de la concentración de aerosol en el confinamiento.

Un ejemplo de realización de la invención se describe en detalle con la ayuda de un dibujo. Muestran:

La figura 1, esquemáticamente una instalación nuclear con un sistema de despresurización y retención de actividades asignado,

la figura 2, un contenedor con lavador Venturi, y

la figura 3, un punto de alimentación de la instalación según la figura 1, en detalle.

Las mismas piezas están provistas en todas las figuras de los mismos signos de referencia.

La instalación nuclear 1 según la figura 1 comprende un confinamiento 2 designado por confinamiento que comprende los componentes nucleares previstos para generar electricidad, y otros componentes del sistema. Para poder excluir de manera segura perjuicios estructurales o inestabilidades del confinamiento 2 también en caso de un accidente relativamente grave en el que como consecuencia de procesos que se desarrollan dentro del confinamiento 2, hay que contar con un fuerte aumento de presión dentro del confinamiento 2, la instalación nuclear 1 está equipada con un sistema de despresurización y de retención de actividades 4 conectado al confinamiento 2. Esto permite en caso de necesidad la salida selectiva y controlada de atmósfera del confinamiento 2 a su entorno, lo que también se llama "venting".

El sistema de despresurización y de retención de actividades 4 comprende un conducto de despresurización 6 conectado al confinamiento 2, que en el lado de salida está conectado a la chimenea de purga 8. Para evitar una contaminación del entorno de la instalación nuclear 1 en caso de un "venting" o de una purga de atmósfera del confinamiento, el sistema de despresurización y de retención de actividades 4 está concebido para una retención fiable de actividades aerotransportadas o aerosoles, contenidos en la atmósfera del confinamiento. Para ello, el sistema de despresurización y de retención de actividades 4 comprende un lavador húmedo 10 previsto como dispositivo filtrante para este tipo de actividades aerotransportadas o aerosoles.

El lavador húmedo 10 comprende a su vez un lavador Venturi 12 conectado en el conducto de despresurización 6 y dispuesto en un contenedor 14 con un líquido de lavado W. El lavador Venturi 12 comprende un número de tubos Venturi 16 que desembocan con sus salidas 18 en una cámara de gas 22 situada en el contenedor 14 por encima del nivel teórico 20 del líquido de lavado W. En la cámara de gas 22 y, por tanto, estando integrado en el contenedor 14, está dispuesto un dispositivo de estrangulación 24 que por tanto está conectado en serie con el lavador Venturi 12 en el lado de la corriente de gas. El dispositivo de estrangulación 24 a su vez está conectado en el lado de salida a otro tramo parcial del conducto de despresurización 6 que a través de un dispositivo filtrante 26 está conectado a la chimenea de purga 8. El dispositivo filtrante 26 comprende a su vez un filtro de fibras metálicas 28, una válvula de estrangulación intermedia 30 y, a continuación, un tamiz molecular 32. El filtro de fibras metálicas 28 está configurado especialmente como filtro fino con esteras filtrantes de fibras con un diámetro de fibras decreciente de 40 µm hasta aproximadamente 1 µm, de modo que pueden retenerse de manera efectiva especialmente también los aerosoles finos penetrantes con un tamaño de partículas inferior a 0,5 µm. Adicionalmente o alternativamente, a continuación del lavador Venturi 12 también puede estar conectado un separador de gotas por fuerza gravitacional, preferentemente realizado de forma doble, con reconducción de gotas.

El sistema de despresurización y de retención de actividades 4 de la instalación nuclear 1 está configurado para una retención de actividades especialmente fiable y especialmente para un grado de separación del dispositivo de lavado del 98% incluso de aerosoles con granos relativamente finos con un tamaño de partículas inferior a 0,5 μm . Para este fin, el lavador Venturi 12 y el dispositivo de estrangulación 24 están coordinados uno a otro en cuanto a su dimensionamiento. Como objetivo de configuración se basa en que en caso de respuesta, el lavador Venturi 12 es atravesado por la corriente de gas de despresurización a una velocidad de circulación especialmente alta, superior a 150 m/seg., especialmente superior a 200 m/seg. Es que, como se ha demostrado, en caso de velocidades de circulación tan elevadas se puede conseguir un aumento casi brusco de la tasa de separación y, en particular, se incorporan y, por tanto, se separan también partículas de aerosol finas y finísimas en gotitas de líquido de lavado.

Mediante la elección adecuada especialmente de las secciones transversales de circulación se garantiza que en prácticamente todas las fases de escenario de accidente existe una velocidad de circulación tan alta en el lavador Venturi 12. Para ello, por una parte, el dispositivo de estrangulación 24 está configurado para trabajar en caso de respuesta, es decir con una presión del sistema superior a una presión límite, sustancialmente en el intervalo de la distensión crítica. De esta forma, en la corriente de gas que circula por el dispositivo de estrangulación 24 se ajusta la velocidad de sonido relevante para el medio circulante, independientemente de la presión de sistema existente en el confinamiento 2. A causa de esta velocidad de circulación en el dispositivo de estrangulación 24, que es independiente de la presión de sistema existente en el confinamiento 2, el caudal volumétrico por el dispositivo de estrangulación 24 es constante sustancialmente de forma independiente de la presión de sistema existente en el confinamiento 2, de modo que correspondientemente se mantiene constante también el caudal volumétrico por el lavador Venturi 12 preconectado.

Para permitir el llamado funcionamiento con presión variable, es decir, una admisión directa de la presión de sistema existente en el confinamiento 2, el sistema de despresurización y de retención de actividades 4, por lo tanto, está configurado para que el lavador Venturi 12 sea atravesado de manera constante y prácticamente independiente por la presión de sistema existente en el confinamiento 2, a una velocidad de circulación elegida correspondientemente alta. Esto se consigue también porque las pérdidas de presión relevantes en el conducto de entrada del confinamiento se minimizan mediante el uso de mariposas excéntricas de baja pérdida de presión, con valores zeta < 1 , preferentemente $< 0,5$.

Como se puede ver en la representación aumentada de la figura 2, el lavador Venturi 12 comprende una pluralidad de tubos Venturi 16. Los tubos Venturi 16 son alimentados en el lado de corriente de gas por un sistema de suministro 40 común, conectado al conducto de despresurización 6 por el lado de entrada. Una parte relativamente grande de los tubos Venturi 16 está configurado como llamados tubos Venturi largos que están dispuestos con sus salidas 18 por encima del nivel teórico 20 previsto del líquido de lavado W y que, por tanto, desembocan directamente en la cámara de gas 22 a modo de una disposición de "soplado libre". Sin embargo, además, también está previsto evitar un ensuciamiento o una merma del comportamiento de funcionamiento del lavador Venturi 12 por depósitos o sedimentación, de tal forma que una parte relativamente pequeña, a saber, inferior al 10%, de los tubos Venturi 16 están orientados oblicuamente hacia abajo. Mediante estos arremolinadores Venturi se consigue una circulación intensa del líquido de lavado W dentro del contenedor 14, de modo que se evita de manera segura la sedimentación.

Especialmente los tubos Venturi 16 realizados como tubos Venturi largos están realizados para una carga de agua relativamente alta de la corriente de gas que requiere tratamiento, a saber, superior a 5, especialmente superior a 10 litros de líquido de lavado W por metro cúbico de gas. Para ello, en los tubos Venturi 16, en la zona de entrada 42 para el líquido de lavado W están previstas ranuras anulares de alimentación a lo largo del contorno de tobera, con un ángulo de apertura de 30° a 45°. El dimensionamiento está realizado de tal forma que la relación del punto de estrechamiento 44, llamada también garganta, de cada tubo Venturi 16 con respecto a la superficie de entrada para el líquido de lavado W, determinada en las ranuras anulares de alimentación, es de aproximadamente 3:1. El punto de estrechamiento 44 es por cierto también aquel punto en el que la corriente de gas que pasa presenta su máxima velocidad de circulación; por lo tanto, en el punto de estrechamiento 44 se determina también la velocidad de circulación considerada para la configuración y la coordinación del lavador Venturi 12 y del dispositivo de estrangulación 24.

En el ejemplo de realización, los tubos Venturi 16 realizados como tubos Venturi largos están realizados como tubos Venturi redondos con un ancho de garganta inferior a 40 mm, de modo que con una succión y distribución pasivas del líquido de lavado, a causa de la depresión generada por el medio que circula, queda garantizada una alimentación del líquido de lavado W hasta la zona de radiación nuclear en el interior del tubo Venturi 16 correspondiente. Los tubos Venturi 16 presentan además una relación superior a 10 entre la altura y el ancho de garganta.

Como también se puede ver en la representación aumentada según la figura 2, el dispositivo de estrangulación 24

para la separación de gotas está provisto de un tubo de salida 46 que en el lado de salida desemboca en el líquido de lavado W. El dispositivo de estrangulación 24 a su vez está conectado, en el lado de salida, con el conducto de despresurización 6.

Como también se puede ver en la figura 1, para permitir un modo de construcción especialmente compacto del contenedor 14 está previsto un almacenaje del líquido de lavado W mediante varios componentes. Por una parte, en el contenedor 14 se almacena un líquido de lavado W en el que está dispuesto el lavador Venturi 12. Pero de forma adicional y complementaria, el contenedor 14 está conectado, en el lado del líquido de lavado, con un depósito de líquido de lavado 50 adicional, a través de un conducto de alimentación 48. El depósito de líquido de lavado 50 puede ser un recipiente concebido explícitamente para este fin, dispuesto a la altura geodésica adecuada para una realimentación fiable de líquido de lavado W al contenedor 14, ajustándose el nivel teórico 20 del líquido de lavado W en el contenedor 14 por la altura del líquido de lavado W almacenado en éste, ajustada en el depósito de líquido de lavado 50 adicional. Sin embargo, alternativamente, como depósito de líquido de lavado 50 adicional también puede estar previsto un depósito de agua previsto de por sí, por ejemplo un depósito de agua, una alimentación de agua desmineralizada o similar, pudiendo realizarse la realimentación de líquido de lavado W en caso de necesidad al interior del contenedor 14 a través de caídas elegidas adecuadamente o, por ejemplo, mediante bombas de membrana o aire comprimido.

Además, en el lado del líquido de lavado, el contenedor 14 está conectado, a través de un conducto de realimentación 52, con el espacio interior del confinamiento 2. De esta forma, a modo de una recirculación o realimentación, es posible una reconducción de líquido de lavado W cargado de actividades aerotransportadas o de aerosoles, desde el contenedor 14 hasta el interior del confinamiento 2. De esta forma, mediante la recirculación permanente o cíclica de líquido de lavado W cargado de esta forma, la actividad puede mantenerse en su totalidad de forma especialmente fiable en el interior del confinamiento 2, de modo que se mantiene especialmente reducido el peligro de una salida al entorno. Además, precisamente mediante esta recirculación del líquido de lavado W, también el calor de desintegración importado a través de las actividades retenidas puede volver a trasladarse consecuentemente del contenedor 14 al confinamiento 2, de modo que se mantiene especialmente reducida la evaporación de líquido de lavado W en el contenedor 14. Por lo tanto, a pesar de la recirculación de líquido de lavado W al espacio interior del confinamiento 2 y una realimentación de líquido de lavado W desde el depósito de líquido de lavado 50 adicional, al evitar la evaporación se consigue mantener especialmente reducido el consumo total de líquido de lavado W.

Como se indica mediante la línea discontinua 54, el conducto de realimentación 52 puede estar conectado al espacio interior del confinamiento 2 a través del conducto de despresurización 6. Como está representado en el detalle aumentado de la figura 3, la recirculación se realiza a modo de una configuración pasiva en contracorriente a la corriente de gas que sale del confinamiento 2, para lo cual no se necesita ningún paso adicional por el confinamiento 2. Para garantizar una presión de alimentación suficiente para el líquido de lavado W que ha de realimentarse, en el ejemplo de realización, el contenedor 14 con el líquido de lavado W situado en él está dispuesto a una altura geodésica suficiente, a saber, aproximadamente 10 m por encima del punto de salida 56 del conducto de despresurización 6 del confinamiento 2. Por lo tanto, por la sola presión geodésica en la columna de agua en el conducto de realimentación 52, a modo de un sistema pasivo, queda garantizada una presión de realimentación suficiente para el líquido de lavado W al interior del confinamiento 2.

Alternativamente, también puede estar prevista una realimentación cíclica mediante el cierre de la valvulería de salida en caso de una sobrepresión en el confinamiento o el uso de un conducto pequeño separado de sección transversal pequeña, subcrítica, y la admisión correspondiente con bombas, por ejemplo una bomba de membrana de aire comprimido o una bomba centrífuga. Los componentes necesarios para ello, por ejemplo un depósito de aire comprimido 58, están representados esquemáticamente en la figura 1.

Para una retención fiable de yodo, el pH en el líquido de lavado W dentro del contenedor 14 está ajustado a un valor alcalino, especialmente a un valor superior a 9. Para ello, se realiza una adición dosificada, en caso de necesidad, de NaOH, otras lejías y/o tiosulfato sódico por succión a través de una bomba inyectora situada en la corriente de agua fresca.

Lista de signos de referencia

- 1 Instalación nuclear
- 2 Confinamiento
- 3 Sistema de despresurización y de retención de actividades
- 6 Conducto de despresurización

	8 Chimenea de purga
	10 Lavador húmedo
	12 Lavador Venturi
	14 Contenedor
5	16 Tubos Venturi
	18 Salida
	20 Nivel teórico
	22 Cámara de gas
	24 Dispositivo de estrangulación
10	26 Dispositivo filtrante
	28 Filtro de fibras metálicas
	30 Válvula de estrangulación intermedia
	32 Tamiz molecular
	40 Sistema de suministro
15	42 Zona de entrada
	44 Punto de estrechamiento
	46 Tubo de salida
	48 Conducto de alimentación
	50 Depósito de líquido de lavado
20	52 Conducto de realimentación
	54 Línea discontinua
	56 Punto de salida
	58 Depósito de aire comprimido
	W Líquido de lavado
25	

REIVINDICACIONES

1. Instalación nuclear (1) con un confinamiento (2) al que está conectado un conducto de despresurización (6) en el que están conectados en serie un lavador Venturi (12) dispuesto en un contenedor (14) con un líquido de lavado (W), así como un dispositivo de estrangulación (24), en la cual el lavador Venturi (12) presenta una pluralidad de tubos Venturi (16) que en caso de despresurización, son atravesados por una mezcla de aire y vapor que circula por el conducto de despresurización (6), y que presentan respectivamente un punto de estrechamiento (44) denominado garganta y un orificio de entrada (42) para líquido de lavado (W), dispuesto en la zona del punto de estrechamiento (44), **caracterizada porque** el tubo Venturi (16) presenta respectivamente una relación inferior a 10:1 entre su superficie de sección transversal de garganta con respecto a la superficie de entrada para el líquido de lavado (W), de modo que en caso de una distensión crítica de la mezcla de aire y vapor en el dispositivo de estrangulación (24), en el punto de estrechamiento (44) del tubo Venturi (16) correspondiente se ajusta una velocidad de circulación de la mezcla de aire y vapor superior a 150 m/seg.
2. Instalación nuclear (1) según la reivindicación 1, en la que el lavador Venturi (12) comprende una pluralidad de tubos Venturi (16), de los que una primera parte están dispuestos con sus salidas (18) por encima del nivel teórico (20) previsto del líquido de lavado (W), y de los que una parte más pequeña en comparación con la primera parte, preferentemente hasta el 10% aproximadamente, están dispuestos con sus salidas (18) por debajo del nivel teórico (18) con el sentido de salida orientado hacia abajo.
3. Instalación nuclear (1) según una de las reivindicaciones 1 a 2, en la que los tubos Venturi (16) del lavador Venturi (12) están realizados como tubos Venturi redondos con un ancho de garganta inferior a aproximadamente 80 mm, preferentemente inferior a aproximadamente 40 mm, o como tubos Venturi planos con un ancho de garganta inferior a aproximadamente 100 mm.
4. Instalación nuclear (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en la que los tubos Venturi (16) del lavador Venturi (12) presentan una relación entre la altura y el ancho de garganta superior a 5, preferentemente superior a 10.
5. Instalación nuclear (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, cuyo contenedor (14) está conectado, en el lado del líquido de lavado, con un depósito de líquido de lavado (50).
6. Instalación nuclear (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, cuyo contenedor (14) está conectado, en el lado del líquido de lavado, con el espacio interior del confinamiento (2), a través de un conducto de realimentación (52).
7. Instalación nuclear (1) según la reivindicación 6, cuyo conducto de realimentación (52) está conectado con el espacio interior del confinamiento (2), a través del conducto de despresurización (6).
8. Instalación nuclear (1) según la reivindicación 7, cuyo contenedor (14) está dispuesto a una altura geodésica al menos aproximadamente 5 m, preferentemente al menos 10 m más alta que el punto de salida (56) del conducto de despresurización (6) del confinamiento (2).
9. Instalación nuclear (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, en cuyo contenedor (14) está almacenado un líquido de lavado (W) con un pH de al menos 9.
10. Instalación nuclear (1) según una de las reivindicaciones 1 a 9, a continuación de cuyo lavador Venturi (12) está conectado un separador doble de gotas por fuerza gravitacional con reconducción de gotas y/o un filtro de fibras metálicas (28) realizado como separador de fibras, preferentemente con fibras < 50 μm con grosores de fibras decrecientes.
11. Instalación nuclear (1) según la reivindicación 10, en la que el filtro de fibras metálicas (28) está configurado como filtro con fibras con un grosor de fibras de hasta 5 μm , preferentemente de fibras de acero inoxidable o filtros de fibras sinterizadas con diámetros de poros o de fibras < 5 μm .
12. Instalación nuclear (1) según una de las reivindicaciones 1 a 11, a continuación de cuyo lavador Venturi (12) está conectado un tamiz molecular (32) revestido de compuestos de plata.
13. Instalación nuclear (1) según una de las reivindicaciones 1 a 12, en la que el dispositivo de estrangulación (24) está integrado en el contenedor (14).

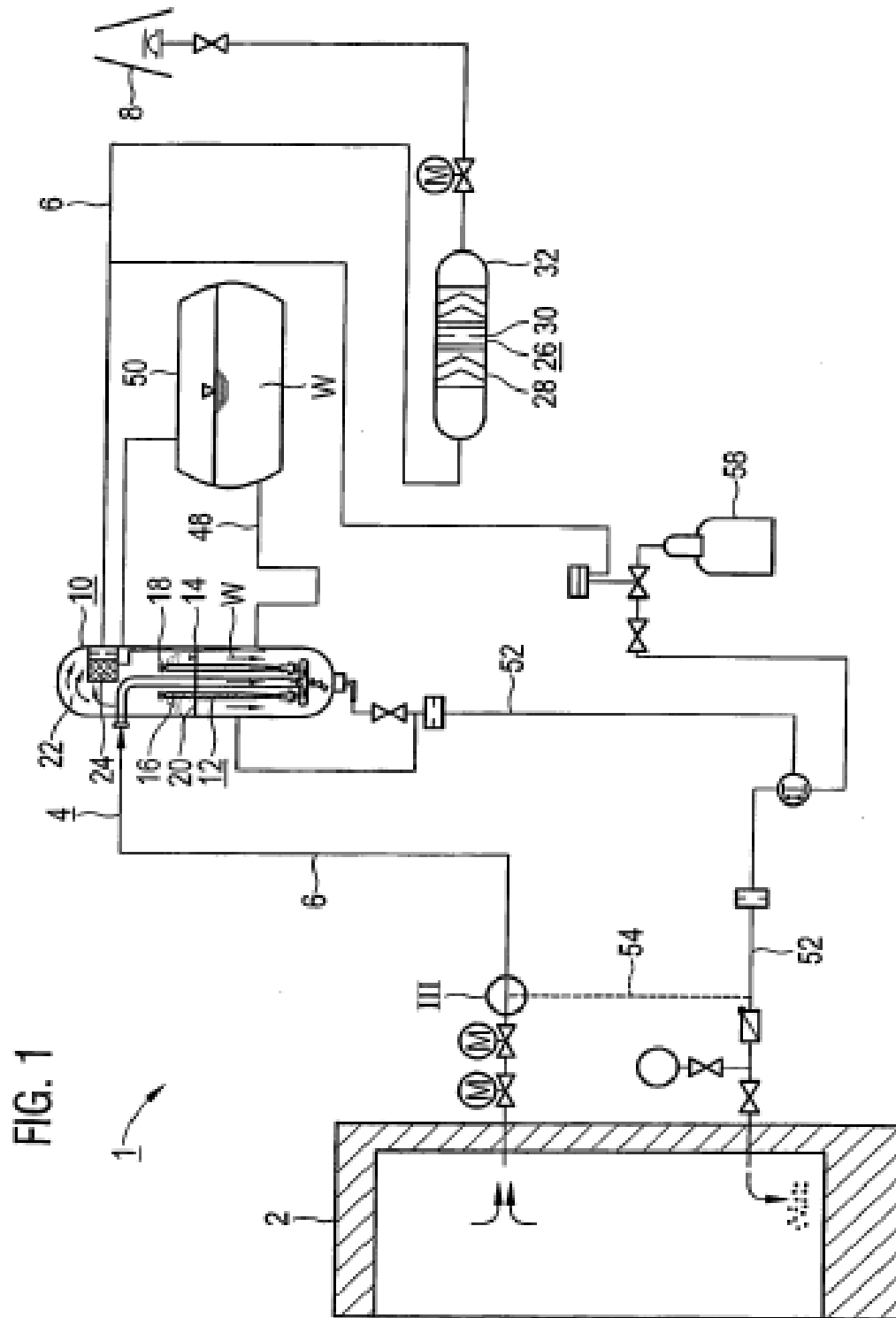


FIG. 2

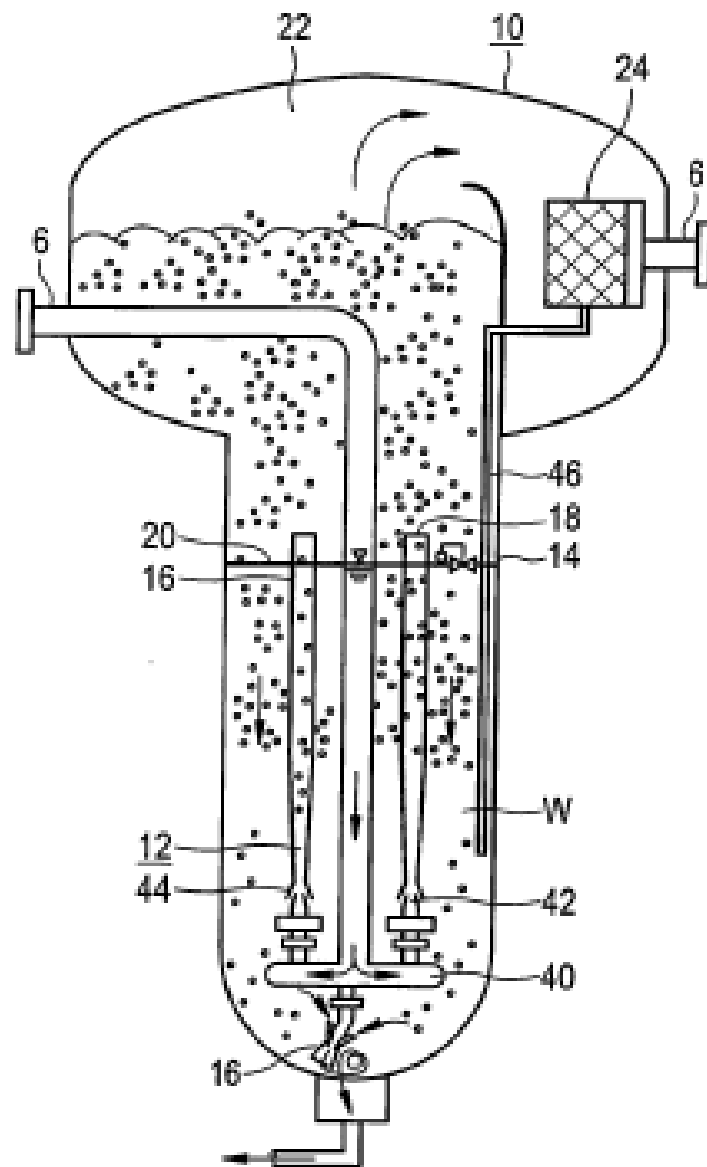


FIG. 3

