



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) BR 112014031118-8 B1



(22) Data do Depósito: 24/06/2013

(45) Data de Concessão: 10/11/2020

(54) Título: INSTALAÇÃO NUCLEAR COM UM ENVOLTÓRIO DE SEGURANÇA E COM UM SISTEMA DE ALÍVIO DE PRESSÃO

(51) Int.Cl.: G21C 9/004; G21C 9/06; G21C 19/317.

(30) Prioridade Unionista: 09/07/2012 DE 10 2012 211 897.7.

(73) Titular(es): FRAMATOME GMBH.

(72) Inventor(es): SEBASTIAN BUHLMANN; BERND ECKARDT; NORBERT LOSCH.

(86) Pedido PCT: PCT EP2013063100 de 24/06/2013

(87) Publicação PCT: WO 2014/009134 de 16/01/2014

(85) Data do Início da Fase Nacional: 11/12/2014

(57) Resumo: INSTALAÇÃO NUCLEAR COM UM ENVOLTÓRIO DE SEGURANÇA E COM UM SISTEMA DE ALÍVIO DE PRESSÃO. A invenção tem como tarefa, habilitar uma instalação nuclear (2) compreendendo um envoltório de segurança (4) e uma tubulação de alívio de pressão (10) que penetra através de um envoltório de segurança (4), isolável por uma válvula de bloqueio (14), e através da qual durante a operação de alívio de pressão com válvula de bloqueio (14) aberta, pode escoar um fluxo de alívio de pressão, de modo que ela seja projetada para um controle especialmente confiável de cenários críticos, nos quais ocorrem simultaneamente a liberação de hidrogênio (H2) e/ou monóxido de carbono (CO) com um considerável aumento da pressão dentro do envoltório de segurança (4). Com essa finalidade, a respectiva tubulação para alívio da pressão (10) do lado da entrada dentro do envoltório de segurança (4) tem conectado a montante um dispositivo de tratamento do fluxo de gás (24), que apresenta um canal de escoamento (26) em forma de chaminé, envolto por uma superfície de manto (28) lateral, com uma abertura de escoamento de entrada (30) inferior e com uma abertura de escoamento e de entrada superior (32).

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para
**"INSTALAÇÃO NUCLEAR COM UM ENVOLTÓRIO DE
SEGURANÇA E COM UM SISTEMA DE ALÍVIO DE PRESSÃO"**.

Descrição

[0001] A invenção refere-se a uma instalação nuclear com um envoltório de segurança e equipada com pelo menos uma tubulação para alívio de pressão, conduzindo para fora do envoltório de segurança, com uma válvula de bloqueio através da qual pode fluir, durante a operação de alívio com a válvula de bloqueio aberta, um fluxo de alívio de pressão.

[0002] Em situações de anormalidade e situações de acidente em usinas nucleares podem ser liberadas quantidades comparativamente elevadas de hidrogênio e monóxido de carbono, assim como de vapor, na contenção de segurança, também denominado de contenção, confinamento ou envoltório de segurança, o qual isola a atmosfera no interior hermeticamente do ambiente externo.

[0003] Na ausência de contramedidas de segurança, o enriquecimento de gases combustíveis na atmosfera do envoltório de segurança sob certas circunstâncias pode se desenvolver de tal forma que podem se formar misturas capazes detonar. Além disso, especialmente na liberação de vapor do circuito primário de resfriamento, podem ocorrer sobrepressões que excedem a pressão de projeto da contenção de segurança.

[0004] Em numerosas usinas atômicas já estão instalados diversos sistemas para decomposição do hidrogênio e para limitação da sobrepressão e alívio da pressão da contenção, em situações de acidente. Em regra, sistemas deste tipo são projetados, concebidos e controlados durante operação, independentes um do outro.

[0005] Pertencem ao estado da técnica, neste contexto, elementos catalíticos os quais, dependendo da forma de construção, também são

denominados recombinadores catalíticos que recombinam hidrogênio (H_2) com oxigênio (O_2) contidos em um fluxo gasoso no contexto de uma reação exotérmica cataliticamente suportada, sem chamas, formando vapor (d'água) (H_2O). O mesmo vale para a recombinação de monóxido de carbono (CO) com oxigênio (O_2), formando dióxido de carbono (CO_2). Para uma decomposição eficaz de H_2/CO e para evitar concentrações locais críticas inadmissíveis, em regra diversos recombinadores estão dispostos distribuídos por toda a contenção.

[0006] Além disso, são conhecidos os chamados sistemas de ventilação, com os quais as condições de sobrepressão podem ser controladas através de descarga – em regra filtrada - da atmosfera da contenção para o ambiente. Aqui são preferidos os sistemas passivos, que são auto-acionados por meio da sobrepressão presente na contenção. Existem também variantes, nas quais o fluxo de alívio de pressão da contenção é bombeado ou suportado por insufladores acionados eletricamente e semelhantes.

[0007] São comuns às diferentes variantes tubulações de alívio de pressão, que penetram através do envoltório de segurança, e que em uma operação normal da instalação nuclear são fechados por pelo menos uma válvula de bloqueio. Para o alívio de pressão desejado, a válvula de bloqueio correspondente é aberta, de modo que a mistura de gás-vapor em sobrepressão no interior da contenção possa fluir para fora através da tubulação de alívio de pressão, onde normalmente partículas e aerossóis são liberados no meio ambiente, após diversas etapas de filtragem, limpeza e secagem, com a finalidade de retenção de fluidos contaminados radioativamente.

[0008] Em determinados cenários é possível uma elevada ocorrência de H_2 e/ou CO combinada com um relevante aumento de pressão, sendo exigido, portanto um rápido alívio da pressão da contenção. Graças a esse rápido alívio de pressão, é também

concebível que as medidas para redução de H₂/CO na contenção ainda não tenham mostrado sua eficácia.

[0009] Com isso deve-se assumir que, em casos adversos, no fluxo de alívio de pressão, que também é denominado fluxo de gás de ventilação ou fluxo de ventagem ou, abreviadamente, ventagem, está presente na atmosfera de vapor-ar uma concentração de H₂/CO inflamável. Caso este gás de ventilação seja conduzido através de tubulações e dispositivos de filtragem não aquecidos ocorre, através da condensação de vapor, um outro aumento – por exemplo duplicação das concentrações dos gases inflamáveis. Como resultado podem ser formadas misturas inflamáveis até mesmo capazes de serem detonadas e que provocam, em caso de ignição, uma significativa aceleração das chamas, que colocam em perigo a integridade dos dispositivos de drenagem e retenção e com isso, em caso de ocorrência, podem levar a poluições ambientais e contaminações altamente indesejadas.

[00010] Os sistemas de ventilação, portanto, são permanentemente aquecidos, por exemplo, para evitar a condensação de partida ou, então, são projetados apenas para funcionar em um comissionamento, depois que a redução de H₂ na contenção já tiver sido bem-sucedida. Sistemas de recombinadores na contenção são, portanto, em termos de desempenho, de tal forma concebidos que com uma série de recombinadores ocorre uma redução precoce de H₂ e assim, antes do início do alívio da pressão, em uma série de cenários de acidentes imaginários, pode ser conseguida uma atmosfera amplamente livre de H₂. Além disso, os recombinadores foram organizados até agora nos caminhos principais da convecção. Tipicamente é previsto um elevado número de recombinadores, por exemplo de 20 até 100 peças ou mais, o que leva a uma capacidade de fluxo do recombinador integral de por exemplo 0,3 até 0,6 ou mais de todo o volume da atmosfera da

contenção por hora, aqui denominado número de trocas de ar. Por exemplo assim em um volume da contenção de 50.000 até 70.000 m³ é exigida uma capacidade de fluxo do recombinador de 15.000 até 40.000 m³/h ou mais. Apesar disto, nos cenários críticos mencionados, a redução de H₂ não é garantida em todas as circunstâncias a tempo hábil antes do acionamento da ventagem.

[00011] A presente invenção tem como objetivo especificar uma instalação nuclear do tipo mencionado acima, que é bem-sucedida para um controle particularmente confiável de cenários críticos, nos quais a liberação simultânea de hidrogênio e/ou monóxido de carbono dentro do envoltório de segurança produz um elevado aumento de pressão. Assim, em particular, pode-se atuar contra a criação ou acúmulo de misturas gasosas explosivas que podem levar a uma rápida deflagração, ou até mesmo à uma detonação nas tubulações de alívio de pressão que saem através do envoltório de segurança e inclusive até os equipamentos e sistemas auxiliares a elas conectados.

[00012] Essa tarefa é solucionada pelas características da presente invenção.

[00013] Por conseguinte é previsto que a respectiva tubulação de alívio de pressão, do lado da admissão, é precedida de um dispositivo de tratamento de fluxo gasoso que se encontra dentro do envoltório de segurança, que apresenta, envolvido por uma superfície de manto lateral, um canal de escoamento tipo chaminé com uma abertura inferior de fluxo de entrada e uma abertura superior de fluxo de entrada e de saída, sendo que acima ou na área da abertura inferior de fluxo de entrada está disposto um primeiro grupo de elementos ou recombinadores catalíticos para a decomposição de hidrogênio e/ou monóxido de carbono no canal de escoamento, e sendo que a tubulação de alívio de pressão apresenta um bocal de admissão, que está disposto acima do primeiro grupo de elementos catalíticos e

abaixo da abertura superior de fluxo de entrada e de saída na superfície lateral, de modo que em caso de anormalidade com liberação de hidrogênio e/ou monóxido de carbono dentro do envoltório de segurança, em uma operação de convecção no canal de escoamento, que precede uma operação de alívio de pressão com a válvula de bloqueio fechada, uma mistura gasosa presente no envoltório de segurança segundo o princípio da convecção natural de baixo para cima, e na operação de alívio de pressão a mistura gasosa escoar segundo o princípio do fluxo forçado de baixo, e de preferência também de cima, no canal de escoamento e escoar como fluxo de alívio de pressão através da tubulação de alívio de pressão.

[00014] Os termos fluxo gasoso e mistura gasosa incluem também o caso em que frações significativas de vapor ou de líquidos estão contidas neles, compreendem, portanto, abreviadamente o caso mais geral de uma mistura gás-vapor ou um fluxo de fluidos. Essa convenção também se aplica à descrição seguinte. O termo válvula de bloqueio é representativo de dispositivos de bloqueio de todos os tipos.

[00015] A invenção parte da consideração, de impedir de forma consistente a criação ou acúmulo de misturas gasosas explosivas na tubulação de alívio de pressão e nos equipamentos a ela conectados, o mais cedo possível. Para poder abrir mão de uma aparelhagem cara de aquecimento, necessária para atuar contra a formação de condensado causadora de acidentes nesses componentes do sistema, já deveriam estar presentes, na área do bocal de entrada da tubulação de alívio da pressão, concentrações correspondentemente baixas de H_2 e CO no fluxo de alívio de pressão (no fluxo de ventagem), e o mais possível já no início da operação de alívio de pressão. Isto é conseguido de modo surpreendentemente simples, instalando-se recombinadores projetados para decomposição catalítica de

hidrogênio e/ou monóxido de carbono, em particular os chamados recombinadores autocataliticamente passivos (PAR), da maneira mencionada imediatamente antes do bocal de entrada da tubulação de alívio de pressão, também denominado de conexão de extração.

[00016] Através da disposição e da forma do canal de escoamento a montante do bocal de entrada da tubulação de alívio da pressão, dois modos de funcionamento diferentes e a transição entre esses modos são assim suportados, de maneira particularmente vantajosa: durante a fase de operação, que precede imediatamente a operação de despressurização, ajusta-se um fluxo de convecção natural no canal de escoamento, com a tubulação de alívio de pressão ainda fechada, orientado de baixo para cima –impulsionado pela tiragem da chaminé e pelas elevadas temperaturas do catalisador devidas à reação de recombinação exotérmica na extremidade inferior da chaminé – com uma concentração crescente de H_2/CO . Desse modo os recombinadores são préaquecidos até as suas temperaturas de operação desejadas na operação de alívio de pressão subsequente. Além disso, a circulação das atmosferas é suportada por convecção dentro da zona de instalação – da mesma forma também o é a remoção local de H_2 . A operação de alívio de pressão é iniciada com a abertura da válvula de bloqueio na tubulação de alívio de pressão. Graças ao gradiente de pressão existente do interior da contenção para o ambiente externo, a mistura gasosa presente escoar então graças ao gradiente de pressão existente no interior da contenção para fora do ambiente e tipicamente segundo o tipo de um fluxo forçado de ambas as extremidades da chaminé – portanto de cima e de baixo – para o canal de escoamento e de lá para a tubulação de alívio de pressão. Aqui o revestimento lateral da chaminé forma uma barreira contra "ventos" escoando de modo inclinado de cima e horizontalmente dentro da contenção com uma elevada concentração de H_2/CO , que dessa

forma são impedidas de entrar diretamente no bocal de entrada da tubulação de alívio de pressão.

[00017] Em um caso especial de projeto, as condições de escoamento na operação de despressurização poderiam ser balanceadas de tal forma que, apesar da abertura superior de alimentação do canal de escoamento em forma de chaminé ser aberta, o escoamento de entrada na tubulação de alívio de pressão essencialmente ocorre apenas por baixo através da abertura de alimentação inferior graças à contrapressão que se forma na região superior. Via de regra, entretanto, na operação de despressurização, parcelas escoam de ambas as extremidades para a tubulação de alívio de pressão.

[00018] No total, uma concentração crítica de gases capazes de explodir na tubulação de alívio de pressão e também nos dispositivos conectados de retenção e purificação é evitada com segurança através das medidas descritas, de maneira passiva e automática – portanto sem o fornecimento de energia externa ou de energia auxiliar e sem medidas custosas de controle - em caso de remoção brusca e liberação de gás do envoltório de segurança, também durante a fase transiente de partida. A alteração espontânea de escoamento, causada pela remoção, no canal tipo chaminé, de operação de convecção para operação com escoamento forçado não tem mais nenhuma influência sobre a eficiência do catalisador, visto que os catalisadores na chaminé já se encontram na temperatura ótima de operação, graças à operação de potência antecipada na fase anterior à operação.

[00019] Em uma primeira variante vantajosa do conceito de acordo com a invenção, acima do bocal de entrada da tubulação de alívio de pressão e abaixo ou na região da abertura superior de escoamento de entrada e de saída do canal de escoamento está disposto um segundo

grupo de elementos catalisadores para redução de hidrogênio e/ou monóxido de carbono no canal de escoamento. Em outras palavras, uma outra zona de elementos catalíticos está disposta acima da conexão de remoção de atmosfera da contenção próximo à saída superior da chaminé. Com isso consegue-se, durante a operação de despressurização com escoamento forçado, que os gases que entram no duto da chaminé em ambos os lados – por cima e por baixo – são submetidos a um tratamento por recombinadores catalíticos dispostos respectivamente antes da entrada da tubulação de alívio da pressão, com o que é assegurado um empobrecimento especialmente eficaz dos componentes inflamáveis. Além disso esta disposição, na operação de convecção precedente, leva a um reforço do fluxo de convecção e a uma redução de H₂/CO especialmente eficaz (menos deslizamento) no dispositivo de tratamento do fluxo gasoso.

[00020] Em uma segunda variante vantajosa estão presentes limitadores de escoamento na tubulação de alívio de pressão, os quais tendo em vista a capacidade de combinação dos recombinadores catalíticos, são ajustados de tal forma que, na operação de despressurização, a concentração de hidrogênio e/ou monóxido de carbono na região do bocal de entrada da tubulação de alívio de pressão se situa abaixo de 50%, de preferência abaixo de 30%, da respectiva concentração na região da abertura inferior do fluxo de entrada do canal de escoamento. Alternativamente a concentração na abertura superior de escoamento de entrada e de saída do canal de escoamento pode também ser empregada como grandeza de referência, entretanto pode-se pressupor por aproximação que para uma altura de extensão vantajosa do canal de escoamento de aproximadamente 1 até 2 m, ambas as concentrações têm aproximadamente o mesmo valor e, portanto, não existe nenhuma diferença essencial.

[00021] Essa segunda variante pode ser combinada com a primeira variante, mas é especialmente adequada também no caso de nenhum recombinador adicional estar presente na extremidade superior do canal de escoamento para impedir, na operação de alívio da pressão, um retroescoamento excessivo de atmosfera ambiental rica em H_2/CO pela abertura superior de escoamento de entrada e de saída do canal de escoamento no bocal de entrada da tubulação de alívio de pressão.

[00022] Então o amplo empobrecimento de H_2/CO no gás de ventagem para menos do que 50%, de preferência menos do que 30% da concentração na entrada, evita, mesmo nas partidas a frio dos dispositivos de filtragem/lavagem colocados fora da contenção de segurança, que possa ocorrer, na condensação de gases, concentrações críticas de H_2/CO , que poderiam colocar em perigo a integridade do sistema dos dispositivos de filtragem/dispositivos de lavagem. Isto é de significado essencial para prevenção contra explosões na partida, mas também na operação contínua.

[00023] De acordo com as bases do projeto anteriormente descritas, os meios limitadores de escoamento são vantajosamente ajustados de tal modo que a geometria do canal de escoamento é selecionada de modo que o fluxo de massa presente na tubulação de alívio da pressão na operação de despressurização (alívio de pressão) é no máximo 100%, de preferência menor do que 80% do fluxo de massa presente na operação de convecção no canal de escoamento. Essas medidas também servem para evitar uma retroaspiração de atmosfera ambiente rica em H_2/CO na tubulação de alívio de pressão, que de outra forma poderia ocorrer devido a um fluxo através dos catalisadores superior à sua capacidade de recombinação máxima possível.

[00024] Em um modo de realização mais vantajoso são desta forma ajustados, a partir do motivo já mencionado, o meio limitador de

escoamento e a geometria do canal de escoamento, tal que a velocidade de afluxo nos elementos ou recombinaidores catalíticos na operação de alívio é menor do que 5 m/s, de preferência menor do que 3 m/s.

[00025] Para limitação do escoamento pode estar presente em particular pelo menos uma válvula de borboleta na tubulação de alívio de pressão. A válvula de borboleta também pode estar disposta diretamente ou imediatamente antes do bocal de entrada da tubulação de alívio de pressão. Adicionalmente ou alternativamente, os componentes conectados à tubulação de alívio de pressão, tais como dispositivos de filtragem, dispositivos de lavagem, válvulas de bloqueio, ou seções de linhas individuais, podem contribuir ou gerar a eficácia desejada de estrangulamento.

[00026] O fluxo no canal de escoamento (chaminé) a montante pode ser influenciado por seus parâmetros geométricos, tais como altura, área da seção transversal, tamanho e disposição das aberturas de entrada e de saída, assim como por peças agregadas condutoras de fluxo ou influenciadoras de fluxo e semelhantes, tendo em vista os objetivos do projeto mencionados.

[00027] As peças internas, sua geometria e disposição, afetam o fluxo de convecção e o escoamento forçado no canal de escoamento, incluindo em particular os elementos catalíticos que são tipicamente formados por diversos elementos em placa. Os elementos catalíticos são de preferência abertos para a atmosfera, alinhados principalmente verticalmente, em grande parte paralelos e dispostos em diferentes alturas (escalonados) para produzir, entre os elementos e as faixas de elementos, um empuxo. Além disso, ajusta-se de preferência uma distância > 5 mm entre os elementos que sofrem escoamento, a uma altura > 10 vezes a distância e uma proporção de abertura $> 50\%$. A proporção da abertura designa aqui a proporção da área da superfície

transversal livremente escoável entre os elementos, para a área de superfície transversal totalmente coberta pelos elementos no canal de escoamento. Em uma possível variante os elementos catalíticos estão dispostos diretamente em/sobre a abertura de escoamento de entrada e de saída do canal de escoamento.

[00028] O canal de escoamento do tipo chaminé também pode ser distribuído perifericamente em uma versão semelhante a uma tubulação, podendo ser realizado com zonas catalíticas abertas para a atmosfera. Assim podem ser fornecidas diversas linhas de tubulação com linhas paralelas.

[00029] O bocal de entrada também denominado de porta de extração atmosférica da tubulação de alívio de pressão é de preferência diferentemente posicionado no canal de escoamento, dependendo da disposição dos recombinaidores catalíticos. Assim, no caso de haver somente uma zona ou seção catalítica situada abaixo da porta de extração, é apropriado que o bocal se situe de preferência na parte inferior do canal de escoamento – entretanto acima da seção catalítica inferior, para, através da via de escoamento superior comparativamente mais longa, dificultar um afluxo de uma mistura gasosa superior rica em H_2/CO pela abertura de escoamento superior do canal de escoamento para a tubulação de alívio de pressão. Em instalações com duas seções catalíticas, a saber uma situada no fundo e uma seção catalítica situada no alto, a porta de extração deve ser colocada de preferência no meio ou na parte inferior do canal de escoamento.

[00030] Em geral na operação – devido à reação exotérmica – são visadas e também atingidas temperaturas de catalisador permanentemente elevadas, de preferência com mais do que $100^\circ C$ até $900^\circ C$. Em um modo de execução vantajoso, os recombinaidores catalíticos, tendo em vista sua temperatura de operação na operação

de alívio de pressão, são de tal forma projetados que eles atuam como um dispositivo de ignição a uma concentração de hidrogênio da mistura gasosa que aflui de mais que 7% em volume. Isto é, ocorre uma ignição preventiva da mistura gasosa que aflui, quando ocorrem concentrações inflamáveis, por exemplo com um teor 7 até 10% vol de H₂, devido às elevadas temperaturas de superfícies – de preferência maiores do que 700°C – dos elementos catalíticos. A vantagem da ignição preventiva é que a ignição e a subsequente combustão são comparativamente controladas e, segundo o tipo, funcionam moderadamente como uma deflagração com pequenas acelerações de chamas e movimentações de volume em comparação com uma detonação. Através da ignição no elemento catalisador, antes do afluxo no próprio sistema de alívio de pressão, também na fase de operação com uma alta concentração de gases combustíveis inflamáveis na contenção, é atingida uma limitação da concentração eficaz no sistema de ventagem, de modo que a segurança então é garantida, de maneira confiável, em todos os casos de funcionamento no sistema de ventagem.

[00031] Vantajosamente, os respectivos dispositivos de tratamento de fluxo de gás e conexão de extração de gás de ventagem, com relação à altura total do envoltório de segurança, estão instalados na terça parte inferior, de preferência na quarta parte inferior, e com isso abaixo da via de convecção principal no envoltório de segurança.

[00032] É particularmente vantajoso quando diversos – cerca de 5 ou mais - dos dispositivos de tratamento do fluxo gasoso, para o fluxo de alívio da pressão, assim como, outros sobrejacentes, que não atuam diretamente no fluxo de alívio da pressão, recombinadores catalíticos adicionais para a decomposição de hidrogênio e/ou monóxido de carbono em relação à altura total do envoltório de segurança, estão dispostos na terça parte inferior ou na quarta parte

inferior sendo que os recombinadores catalíticos dos dispositivos de tratamento do fluxo gasoso, que atuam diretamente com o sistema de ventagem, juntos perfazem menos do que 20% da capacidade total de recombinação disponível. Os recombinadores catalíticos adicionais por sua vez são, de preferência, distribuídos de tal forma que, na metade superior do envoltório de segurança, são fornecidos pelo menos 70% da capacidade total de recombinação disponível.

[00033] Através dessa colocação e distribuição dos dispositivos de tratamento do fluxo gasoso na contenção – especialmente também nas salas de instalação que se situam nas laterais da via de convecção principal – é possibilitada vantajosamente, por utilização da estratificação auto-ajustável do hidrogênio sobre a altura da contenção, uma limitação sistemática adicional da concentração de hidrogênio no fluxo gasoso da ventagem menor do que $1/4$ até no máximo $1/2$ da concentração média na contenção de segurança.

[00034] A colocação dos dispositivos de tratamento do fluxo de gás ocorre de preferência em porções do espaço da contenção, que estão a montante das vias de convecção principais. Em particular são apropriadas as salas de instalação, no terço inferior da contenção, que apresentam tetos parcialmente fechados e/ou pisos (em particular sem grade de luz) e paredes, e idealmente são projetados em um tipo de espaço cego. Através de uma tal escolha do local de instalação, idealmente ocorre a estratificação antecipada do hidrogênio dentro das seções superiores da contenção (a saber nos dois terços superiores da altura da contenção) é utilizada, de modo que é possibilitada uma limitação adicional sistemática da concentração de hidrogênio no fluxo do gás, menor do que $1/4$ até no máximo $1/2$ da concentração média no envoltório de segurança.

[00035] Além disso, ocorre uma redução de H_2/CO com os outros recombinadores catalíticos, que são distribuídos através da contenção,

então, de preferência acumulados na terça parte média – em altura (p. ex. > 50% do número total) e também estão dispostos no terço superior da contenção. Através dessa colocação nas vias principais de convecção e nos locais com maior concentração (estratificação), o desempenho de redução de H₂ por recombinador é ainda mais elevado.

[00036] Através dessa nova disposição, em combinação com a função de remoção da ventagem, a capacidade de recombinação total a ser instalada pode ser então surpreendentemente reduzida também com as taxas de escoamento do recombinador de previamente 15.000 até 40.000 m³/h ou mais e com números de troca de ar de previamente $L > 0,3$ h até 0,6 h ou mais, para $2/3$ até $1/2$ da massa atualmente considerada como necessária, de acordo com um número agora realizável de trocas de ar na contenção de $L < 0,3$ h até 0,1 h ou menos. Isto também é conseguido, só que então mais fortemente na região de alta concentração situada no alto, onde a redução de H₂, na maior parte em atmosfera inertizada a vapor, ocorre muito eficazmente. Ao mesmo tempo, a área do fundo no caso de ventagem é tão protegida pelas novas instalações e sua disposição em termos de concentração, que uma redução da concentração anteriormente à operação de ventagem - para possibilitar uma ventagem mais segura se de todo - não é mais exigida.

[00037] Em um outro modo de execução vantajoso, na tubulação de alívio da pressão, pelo menos um dispositivo de resfriamento que se encontra dentro do envoltório de segurança é acionado para o fluxo de alívio da pressão.

[00038] Neste caso também pode ser prevista uma ramificação do fluxo de ventagem em diversos fluxos parciais paralelos, dentre os quais pelo menos uma parte é resfriada.

[00039] Através da combinação do dispositivo de extração por

ventagem com um resfriamento por sua vez operado de forma passiva, a jusante, a temperatura do gás de ventagem aquecido pela reação catalítica é reduzida, por exemplo, de 400 até 500°C para cerca de 150 até 300°C. Com isso na região das tubulações que atravessam a contenção e das instalações subsequentes, pode-se então evitar também uma carga de temperatura inadmissível acima da temperatura de projeto.

[00040] O dispositivo de resfriamento é instalado de preferência primariamente dentro do envoltório de segurança na direção do escoamento diretamente antes do duto de passagem da contenção ou na região do filtro interno. O dispositivo de resfriamento é de preferência resfriado por convecção com o auxílio da atmosfera da contenção ambiente ou por vaporização de um fluido. Em outras palavras: O dispositivo de resfriamento é projetado de preferência para um retrorresfriamento por convecção pela mistura gasosa que se encontra dentro do envólucro de segurança e/ou por resfriamento por evaporação/vaporização.

[00041] Através da disposição dos elementos de resfriamento na região de fosso ou no campo de estruturas de concreto maciças, a remoção de calor pode ser intensificada por contato direto ou indireto com essas massas (meio de resfriamento ou concreto etc.), e com isso pode ocorrer uma redução do dispositivo para uma mesma capacidade de resfriamento. Graças à umectação passiva das superfícies de resfriamento por condensado que escoam da contenção, é atingida uma purificação e concomitante elevação da eficácia do dispositivo de resfriamento. Através da execução das superfícies de resfriamento como superfícies lisas, repelentes de sujeira com camadas de revestimento resistentes a radiação ou também como superfícies lisas de aço inoxidável, que se apropriado são tratadas com aditivos (por exemplo polidas, eletropolidas, etc.), é possibilitada uma transferência

de calor efetiva e duradoura também no caso de acidentes severos. Adicionalmente a segurança da operação pode ser decisivamente aumentada pela disposição atrás de paredes de proteção contra destroços.

[00042] Na região do duto de passagem da contenção, a tubulação de alívio de pressão é de preferência provida de preferência com um isolamento térmico do tipo de um revestimento de proteção térmica, de modo que aqui também são possíveis temperaturas de gás de ventagem acima das temperaturas de projeto dos dutos de passagem de 150 até 200°C ou mais. Isto resulta em uma redução decisiva do dispositivo de resfriamento.

[00043] O respectivo dispositivo de resfriamento abrange de preferência uma parte de trocador de calor por radiação aberta para a contenção e uma parte de trocador de calor por convecção.

[00044] A transferência de calor do fluxo de alívio de pressão para o meio de resfriamento circundante pode ocorrer, por exemplo, através de

- Elementos de placas de resfriamento com canais abertos de resfriamento por ar
- Elementos tubulares de resfriamento, se apropriado com tubos aletados
- Elementos de resfriamento de galeria, que podem ser ajustados a estruturas de concreto em sua forma de maneira particularmente barata e/ou
- Outras formas de construção de trocadores de calor.

[00045] Basicamente são preferidas aqui construções de câmara plana abertas, sem pressão, para minimizar o dispêndio de construção. Aqui também é possível uma construção modular por acréscimos de inúmeros módulos pré-fabricados. Particularmente vantajosa é uma construção, na qual o canal de escoamento do tipo chaminé com os recombinaidores catalíticos forma um primeiro

módulo, e o dispositivo de resfriamento forma um segundo módulo, sendo que ambos os módulos são de preferência instalados diretamente um ao lado do outro – em particular parede a parede.

[00046] Adicionalmente, a via de escoamento do gás de ventagem no interior do dispositivo de resfriamento pode ser favoravelmente fechada ainda com filmes de ruptura, em um estado de prontidão prévio à operação de alívio de pressão, os quais se abrem (passivamente) após a abertura da válvula de bloqueio na tubulação de alívio de pressão graças à diferença de pressão que então ocorre.

[00047] Os elementos catalíticos dos recombinadores são de preferência construídos com o emprego dos metais nobres ativos catalíticos paládio (Pd) e/ou platina (Pt) e/ou vanádio (V) em carreadores cerâmicos ou carreadores metálicos com revestimento cerâmico (coating). Podem ser empregados materiais básicos monometálicos ou também misturas desses metais nobres, que se apropriado são dotados de outros metais, assim como cobre (Cu) ou níquel (Ni).

[00048] Para poder operar com segurança sob as mais severas condições de acidente são previstos – baseado em todos os catalisadores inclusive elementos carreadores – altos teores de metais nobres de > 0,2% em peso do carreador cerâmico, de preferência > 0,5% em peso do carreador cerâmico.

[00049] Os elementos catalíticos podem estar dispostos por exemplo

- em carreadores metálicos ou cerâmicos
- como enchimento dentro de carreadores abertos e/ou
- como grade ou colméia e semelhantes,

e também em construções em sanduiche.

[00050] É ajustada aqui, de preferência, uma estrutura de poros abertos com uma proporção de abertura > 50%, de preferência > 90%, para que possa ser evitado com segurança um bloqueio com aerossóis.

[00051] Através dessa combinação os efeitos de envelhecimento (aging) causados pelo emprego na atmosfera da contenção, tal como por exemplo por sorção de hidrocarbonetos e suores de vapor, carga de aerossol, etc. podem ser compensados durante períodos de operação de muitos anos (> 5 anos, de preferência > 10 anos) sem a perda da importante função de segurança de auto-partida, que ocorreria de outro modo após um curto tempo em standby, e com isso a segurança é decisivamente aumentada e ao mesmo tempo os custos são reduzidos, já que pode ser evitada uma troca cíclica no contexto do trabalho de manutenção e de revisão.

[00052] Finalmente, filtros e/ou lavadores para limpeza do fluxo de alívio de pressão e para a retenção da atividade estão instalados, em uma disposição oportuna, em uma seção da tubulação de alívio de pressão que se encontra fora do envoltório de segurança. Em particular podem assim ser empregados os conhecidos lavadores úmidos do tipo lavadores Venturi, que possibilitam uma retenção de aerossol particularmente eficaz para velocidades de escoamento apropriadamente ajustadas, em particular com respeito a partículas contendo iodo.

[00053] As vantagens alcançadas com a invenção consistem em particular de que, através da combinação adequada de elementos catalíticos e recombinadores com um dispositivo para remoção de um fluxo de gás de ventagem, no sentido de uma correlação espacial e de escoamento precisamente ajustada, em particular no caso de ajuste apropriado das velocidades de escoamento e das vazões mássicas, apesar de relevantes concentrações de H_2/CO é possibilitado um alívio de pressão precoce (ventagem) da contenção, sem que ocorra um prejuízo dos filtros e dispositivos de purificação a jusante, e além disso também a potência do recombinador a ser instalado na contenção pode ser reduzida. O sistema de alívio de pressão completo – com

exceção das válvulas de bloqueio – trabalha de forma inteiramente passiva, sem necessidade de fornecimento de energia elétrica auxiliar e essencialmente sem peças móveis. Com isso pode ser alcançada uma elevação essencial da segurança em usinas nucleares em situações de acidentes severos.

[00054] Diversos exemplos de execução da invenção são minuciosamente esclarecidos a seguir por meio de desenhos. As figuras abaixo mostram de forma fortemente simplificada e esquemática

[00055] FIGURA 1 um corte de uma instalação nuclear com um envoltório de segurança e com um sistema de alívio de pressão para o envoltório de segurança em um primeiro estado de operação,

[00056] FIGURA 2 o corte de acordo com a FIGURA 1 para um segundo estado de operação do sistema de alívio de pressão, e

[00057] FIGURA 3 uma vista em perspectiva de um corte parcial de um dispositivo de tratamento equipado com recombinaidores catalíticos e um dispositivo de resfriamento conectado a jusante para um fluxo de alívio de pressão como parte de um sistema de alívio de pressão de acordo com as FIGURA 1 e 2.

[00058] Peças iguais ou com atuação similar são designadas com os mesmos algarismos em todas as figuras.

[00059] A instalação nuclear 2 apresentada em forma de corte na FIGURA 1 trata-se de uma usina nuclear, por exemplo do tipo reator a água pressurizada ou reator a água fervente. A instalação nuclear 2 apresenta também um envoltório de segurança 4 designado de contenção, aqui na forma de uma manta de aço em forma de cúpula visível apenas em corte. Os componentes nucleares e não nucleares do sistema no espaço interno 6 são blindados hermeticamente do ambiente no espaço externo 8 pelo envoltório de segurança 4.

[00060] A fim de poder reduzir a sobrepressão que ocorre em uma

situação de acidente por causa de liberação de vapor e de gás no espaço interno 6, uma tubulação de alívio de pressão 10 é conduzida através do envoltório de segurança 4. A tubulação de alívio de pressão 10 forma uma parte de um sistema de alívio de pressão 12. Durante a operação normal da instalação nuclear 2, a tubulação de alívio de pressão 10 é fechada por duas válvulas de bloqueio 14 instaladas em série, instaladas fora do envoltório de segurança 4. Para iniciação da despressurização as duas válvulas de bloqueio 14 são abertas, de modo que um fluxo de alívio de pressão pode escoar graças à queda de pressão entre a extremidade da entrada da tubulação de alívio de pressão 10 dentro do envoltório de segurança 4 para a extremidade de saída fora do envoltório de segurança 4 para uma chaminé 16. Com isso efetua-se a redução de pressão desejada no espaço interno 6 do envoltório de segurança 4.

[00061] A fim de manter, durante a operação de despressurização, a carga no meio ambiente com produtos de decomposição radioativa em limites permitidos, ocorre uma filtração e limpeza do fluxo de alívio de pressão com o auxílio dos respectivos dispositivos de filtração e/ou limpeza 18, os quais estão conectados na tubulação de alívio de pressão 10 a jusante das válvulas de bloqueio 14 fora do envoltório de segurança 4. Por exemplo podem ser previstos lavadores úmidos do tipo lavadores Venturi, que efetuam uma retenção altamente eficaz de carreadores de atividade arrastados pelo fluxo de alívio de pressão, na forma de partículas e aerossóis. Além disso, também podem estar presentes filtros secos e dispositivos de purificação catalíticos ou semelhantes.

[00062] O sistema de alívio de pressão 12 é dimensionado para controlar acidentes críticos, nos quais ocorre simultaneamente uma elevação de pressão maciça e uma liberação notável de hidrogênio H_2 e/ou monóxido de carbono CO no espaço interno, de modo que, sem a

introdução de contramedidas, poderiam ocorrer misturas gasosas locais ou até mesmo globais inflamáveis/explosivas.

[00063] Para evitar isso, recombinaidores catalíticos 20 estão instalados de forma distribuída de maneira conhecida no espaço interno 6 do envoltório de segurança 4, os quais, durante o escoamento da atmosfera circundante, recombina o hidrogênio H_2 nela contido com o oxigênio O_2 sem chamas para formar água (-vapor) H_2O , e/ou correspondentemente monóxido de carbono CO com oxigênio O_2 para formar dióxido de carbono CO_2 , o que atua com efeito inertizador dentro do envoltório de segurança 4.

[00064] Além disso via de regra após uma anormalidade ou um acidente crítico (inclusive cenários de derretimento do núcleo) transcorre muito pouco tempo até que os recombinaidores 20 atinjam sua temperatura de operação prevista e um tempo considerável até que, através do desempenho de recombinação, uma redução da concentração de H_2 substancial possa ser alcançada. Pode então ocorrer o problema de que, no caso de uma forte elevação de pressão simultânea no envoltório de segurança 4, se torne necessário um alívio de pressão, também denominado de ventagem, em um tempo comparativamente curto do decorrer do acidente, com o que os recombinaidores catalíticos 20 distribuídos no edifício ainda não teriam atingido sua eficácia total.

[00065] No caso desses cenários poderia ocorrer um fluxo de entrada de misturas de gases e vapor inflamáveis e explosivos na tubulação de alívio de pressão 10. Através de uma condensação pelo menos parcial do vapor contido nas seções de tubulação inicialmente comparativamente frias no espaço exterior 8, as concentrações dos componentes hidrogênio H_2 e monóxido de carbono CO críticos para a segurança poderia se elevar ainda mais ao longo da via de transporte. Com isso, em casos desfavoráveis, o limite para a capacidade de

detonação poderia ser ultrapassado, com consequências desvantajosas para a integridade dos dispositivos de filtração e/ou limpeza 18. Caso se queira excluir com segurança a destruição destes no caso desses acontecimentos, seria necessária uma forma de construção segura, e correspondentemente dispendiosa e maciça.

[00066] Para evitar isso, no sistema de alívio de pressão 12 de acordo com a FIGURA 1, o bocal de entrada 22 também denominado conexão de alimentação da tubulação de alívio de pressão 10 é assegurado com medidas especiais contra valores críticos de concentração de hidrogênio H_2 e/ou monóxido de carbono CO no fluxo gasoso que escoar para dentro. Com essa finalidade um dispositivo de tratamento de fluxo gasoso 24 é conectado a montante, no sentido do escoamento, do bocal de entrada 22, com o que a mistura gasosa que entra é apropriadamente tratada quanto à sua composição.

[00067] O dispositivo de tratamento de fluxo gasoso 24 abrange para isso um canal de escoamento 26 construído em forma de chaminé, essencialmente orientado verticalmente, que é limitado lateralmente por uma superfície de manto 28 formada por exemplo por elementos de parede ou por outros componentes de sistema e essencialmente é impenetrável para o gás escoante. O canal de escoamento 26 possui na extremidade inferior uma abertura de entrada 30 – aqui no exemplo disposta no lado frontal – e na extremidade superior está prevista uma abertura de entrada e de saída 32 correspondente. O bocal de alimentação 22 da tubulação de alívio de pressão 10 está disposto aproximadamente no meio da superfície lateral 28 relativamente à altura total do canal de escoamento 26. No local de um bocal de alimentação 22 quase pontual, pode também estar prevista como entrada da tubulação de alívio de pressão 10 uma geometria anelar com fendas em torno do perímetro da superfície lateral 28 ou pelo menos uma parte dele. Também quanto à sua

própria extensão vertical o bocal de alimentação 22 diferentemente do mostrado na Figura 1 pode ser executado de forma mais expandida, desde que seja garantido que o fluxo gasoso que entra tenha passado anteriormente pelas zonas cataliticamente eficazes (ver abaixo).

[00068] Um pouco acima da abertura de entrada 30 e abaixo do bocal de alimentação 22 da tubulação de alívio de pressão 10 estão dispostos diversos elementos catalíticos e recombinadores 34 para recombinação de hidrogênio H_2 com oxigênio O_2 para formar água (vapor d'água) H_2O e/ou de monóxido de carbono CO e oxigênio O_2 para formar dióxido de carbono CO_2 distribuídos na seção do canal de escoamento 26 e/ou nas margens ao longo do perímetro interno da superfície lateral 28. Esses elementos, por exemplo, em forma de placas e dispostos paralelamente entre si na forma vertical formam em conjunto uma primeira zona catalítica 36 (inferior) na extremidade inferior do canal de escoamento 26. Uma segunda zona catalítica 38 (superior) deste tipo está disposta na extremidade superior do canal de escoamento 26, pouco abaixo da abertura de entrada e de saída 32 e acima do bocal de entrada 22 da tubulação de alívio de pressão 10, e abrange os recombinadores catalíticos 40.

[00069] Em uma variante alternativa não mostrada aqui está prevista apenas a zona catalítica 36 inferior. O bocal de entrada 22 da tubulação de alívio de pressão 10 é então de preferência disposto mais abaixo na região inferior do canal de escoamento 26, entretanto deve ser posicionado ainda acima dos recombinadores catalíticos 34.

[00070] A montante do bocal de entrada 22, fora do canal de escoamento 26 e ainda dentro do envoltório de segurança 4, é conectado um dispositivo de resfriamento 42 para o fluxo de alívio de pressão que se forma na operação de despressurização na tubulação de alívio de pressão 10. O dispositivo de resfriamento 42 é projetado para um retrorresfriamento preponderantemente por convecção por

meio da atmosfera presente no envoltório de segurança 4 e é suportado se apropriado por resfriamento por vaporização e/ou por transmissão de calor por radiação para o ambiente.

[00071] O dispositivo de resfriamento 42 forma com isso um canal de escoamento 44 de preferência igualmente em forma de chaminé, em oposição do canal de escoamento 26, dispositivo de tratamento de fluxo gasoso 24 também parcialmente aberto para o ambiente através do qual pelo menos uma seção da tubulação da tubulação de alívio de pressão 10 é conduzida com a finalidade de transmissão de calor para a atmosfera que circula ao redor. Diferentemente da representação esquemática da FIGURA 1 dentro do dispositivo de resfriamento 42 ou ainda mais a montante pode ser realizada uma ramificação da tubulação de alívio de pressão 10 em diversas tubulações parciais ou de escoamento parciais, as quais, entretanto, são novamente reunidas oportunamente antes do duto de passagem 46 através do envoltório de segurança 4. Para realização do resfriamento por vaporização pode estar previsto um dispositivo de borrifo de fluidos aqui não mostrado, com uma conexão para escoamento em um poço de coleta de condensado ou semelhante.

[00072] No âmbito do duto de passagem 46 até a primeira válvula de bloqueio 14, a tubulação de alívio de pressão 10 no exemplo de execução é equipada com um revestimento com proteção térmica 48 na forma de um manto externo.

[00073] Além disso, na tubulação de alívio de pressão 10 estão instalados um ou mais elementos fixos, ou opcionalmente ajustáveis, ou reguláveis, para restringir o escoamento (limitação de quantidade) do fluxo de ventagem. Aqui no exemplo de execução esses são particularmente uma primeira válvula de borboleta 50 na seção de tubulação entre o dispositivo de refrigeração 42 e o duto de passagem 46 através do envoltório de segurança 4 e uma segunda válvula de

borboleta 52 na seção de tubulação entre a segunda válvula de bloqueio 14 e os dispositivos de filtração e/ou de limpeza 18 dispostos a jusante. A princípio uma restrição de escoamento deste tipo, porém também pode ser formada em um outro local da tubulação de alívio de pressão 10, por exemplo, por design apropriado dos componentes orientadores de fluxo já existentes, ou acontecer por atuação em conjunto de diversos componentes.

[00074] O modo de operação do sistema de alívio de pressão 12 é o seguinte:

[00075] Na operação normal da instalação nuclear 2 ambas as válvulas de bloqueio 14 na tubulação de alívio de pressão 10 estão fechadas, de modo que não pode vazar nenhum fluxo de alívio de pressão – todavia uma quantidade muito pequena de gás pode escoar na seção inicial da tubulação de alívio de pressão 10, até que a pressão de retorno impeça outros afluxos. Com exceção de uma convecção natural que se instala no envoltório de segurança 4, devido à distribuição de temperatura, não ocorre nenhum escoamento mencionável no dispositivo de tratamento de fluxo gasoso 24.

[00076] Isto se modifica no caso de um incidente com liberação de hidrogênio H_2 e/ou monóxido de carbono CO no envoltório de segurança 4. Devido aos elementos catalíticos ou recombinadores 34, 40 e à sua atividade de absorção, da primeira zona (inferior) e se apropriado da segunda zona (superior), e graças ao aumento da temperatura local assim resultante, o efeito de chaminé no canal de escoamento 26 é suportado, e a convecção natural lá tendencialmente existente é reforçada. Isto é, o canal de escoamento 26 é escoado de baixo para cima por um fluxo de gás que se aquece, sendo que simultaneamente ocorre a reação de recombinação descrita e os recombinadores catalíticos 34, 40 assumem sua temperatura de operação ótima dentro de o menor intervalo de tempo. Esse estado

está mostrado na FIGURA 1, sendo que as condições de escoamento estão indicadas por setas de escoamento correspondentes.

[00077] Caso então seja formada, ao mesmo tempo, uma forte sobrepressão no espaço interno 6, a redução da sobrepressão pode ser iniciada, após apenas uma curta fase de convecção natural com pré-aquecimento dos recombinaidores 34, 40 de por exemplo < 20 minutos, por meio da abertura das válvulas de bloqueio 14 na tubulação de alívio de pressão 10. Essa operação de alívio de pressão (ventagem) é ilustrada na FIGURA 2 tendo em vista as condições de escoamento reinantes. Através do influxo do fluxo gasoso na tubulação de alívio da pressão 10 e o subsequente escape através da chaminé 16 ajustam-se, em comparação com a convecção natural precedente, condições de escoamento modificadas, que podem ser caracterizadas grosso modo como escoamento forçado. Tanto de baixo, como também de cima, escoam atmosfera de contenção para dentro do canal de escoamento 26, e na zona catalítica inferior 36 existente e – desde que existente – na zona catalítica superior 38, o constituinte hidrogênio H_2 e monóxido de carbono CO têm suas concentrações reduzidas e entram então dessa forma pré-tratada através do bocal de entrada 22 na tubulação de alívio de pressão 10.

[00078] No dispositivo de resfriamento 42 disposto a jusante, o fluxo de alívio de pressão, aquecido graças à reação de recombinação nos recombinaidores catalíticos 34, 40, é em seguida resfriado da forma descrita por transferência de calor preponderantemente convectiva para a atmosfera da contenção, de por exemplo 400 até 500°C no lado da entrada para 150 até 300°C no lado da saída. Esse processo leva por sua vez a uma recirculação por convecção natural, suportada pela tração da chaminé, da atmosfera de contenção na região externa do dispositivo de resfriamento 42, mostrada na FIGURA 2 igualmente por setas de escoamento.

[00079] Através das válvulas de borboleta 50, 52 a vazão mássica através da tubulação de alívio de pressão 10 é de tal forma limitada, que ela é de preferência menor do que 80% da vazão mássica no canal de escoamento 26 presente na operação de convecção natural de acordo com a FIGURA 1. Ao mesmo tempo a velocidade de escoamento do fluxo gasoso nos recombinadores catalíticos 34, 40 da zona catalítica inferior 36 e - desde que presente - da zona catalítica superior 38, é ajustada por projeto de contorno adequado das vias de escoamento a menos do que 5 m/s. Com isso consegue-se que a concentração de hidrogênio H_2 e/ou monóxido de carbono CO na região do bocal de entrada 22 da tubulação de alívio de pressão 10 seja menor do que 50%, de preferência menor do que 30% da concentração correspondente na região da abertura de entrada inferior 30 do canal de escoamento 26 – medido no sentido do escoamento ainda antes dos recombinadores catalíticos 34. Através dessas medidas, apesar do resfriamento do fluxo de alívio de pressão no dispositivo de resfriamento 42 e nos componentes de sistema conectados a jusante, e apesar da condensação parcial possivelmente ligada de partículas de vapor contidas, é evitado que se acumulem misturas gasosas inflamáveis e críticas explosivas nas seções a jusante da tubulação de alívio de pressão 10. Com isso consegue-se evitar em particular colocar em perigo a integridade dos dispositivos de filtração e limpeza 18 dispostos fora do envoltório de segurança.

[00080] Uma diversidade de dispositivos de tratamento de fluxo gasoso 24 e tubulações de alívio de pressão 10 pertinentes do sistema de alívio de pressão 12 é instalada de preferência na terça parte inferior da altura total do envoltório de segurança 4. Diversas tubulações de alívio de pressão 10 podem, como mostrado esquematicamente na FIGURA 1 e 2, ser reunidas ainda dentro do envoltório de segurança 4, a fim de manter o número de duto de passagem 46 baixo. Os

recombinadores catalíticos 20 adicionais, que não atuam imediatamente sobre o fluxo de alívio de pressão, são de preferência instalados em altura mais elevada dentro do envoltório de segurança 4, em particular na terça parte do meio ou na terça parte superior.

[00081] Na FIGURA 2 é mostrada uma variante de dispositivo de tratamento de fluxo gasoso 24 em conjunto com dispositivo de resfriamento 42, que é realizada em forma de construção modular em caixas. As setas de escoamento desenhadas caracterizam o campo de escoamento na operação de alívio de pressão. Entre ambos os módulos se encontra um coletor de entrada 54 em forma de caixa que distribui fluxo, através do bocal de entrada 22 do canal de escoamento 26 com os recombinadores catalíticos 34, 40, com respeito à mistura gasosa empobrecida, em termos de concentração de H_2/CO , para as tubulações 55 conectadas em paralelo do dispositivo de resfriamento 42. As tubulações 55 podem ser projetadas como tubos aletados ou ser providas por elementos em placa escoáveis ou similares, como indicado pelos exemplos em detalhe rodeados por uma linha curva. Correspondentemente, os fluxos parciais paralelos são em seguida reunidos em um coletor de saída 56 em forma de caixa. Um campo de irradiação de calor que se forma na região superior do dispositivo de resfriamento 42, através do qual – ao lado do transporte de calor por convecção através da atmosfera da contenção – igualmente calor do fluxo de alívio de pressão conduzido pelas tubulações 55 é transferido, é indicado por setas tortuosas. Uma limitação de vazão através da tubulação de alívio de pressão indicada totalmente por 10 é realizada aqui, por exemplo, por uma válvula de borboleta 50 projetada como abertura de anel 58, que está instalada na transição do coletor de saída 56 para a parte da tubulação de saída que conduz através da contenção.

Listagem Numérica de Referência

2 Instalação nuclear	CO	Monóxido de carbono
4 Envoltório de segurança	CO ₂	Dióxido de carbono
6 Espaço interno	H ₂	Hidrogênio
8 Espaço externo	H ₂ O	Água
10 Tubulação de alívio de pressão	O ₂	Oxigênio
12 Sistema de alívio de pressão		
14 Válvula de bloqueio		
16 Chaminé		
18 Dispositivo de filtração e dispositivo de limpeza		
20 Recombinador catalítico		
22 Bocal de entrada		
24 Dispositivo de tratamento de fluxo gasoso		
26 Canal de escoamento		
28 Superfície lateral		
30 Abertura de entrada		
32 Abertura de entrada e de saída		
34 Elemento catalítico		
36 Zona catalítica inferior		
38 Zona catalítica superior		
40 Elemento catalítico		
42 Dispositivo de resfriamento		
44 Canal de escoamento		
46 Penetração através do envoltório de segurança		
48 Revestimento com proteção térmica		
50 Válvula borboleta		
52 Válvula borboleta		
54 Coletor de entrada		
55 Tubulação		
56 Coletor de saída		
58 Abertura do anel		

REIVINDICAÇÕES

1. Instalação nuclear (2), caracterizada pelo fato de que compreende um envoltório de contenção (4) e com pelo menos uma tubulação de alívio de pressão (10) que sai para fora do envoltório de segurança (4) e que pode ser fechada com uma válvula de bloqueio (14), através da qual, durante a operação de despressurização com a válvula de bloqueio (14) aberta, pode escoar um fluxo de alívio de pressão, sendo que a montante da entrada da respectiva tubulação de alívio de pressão (10) está disposto um dispositivo de tratamento de fluxo gasoso (24), que se encontra dentro do envoltório de segurança (4), que apresenta um canal de escoamento (26) em forma de chaminé envolto por uma superfície lateral (28), com uma abertura de entrada inferior (30) e com uma abertura de entrada e de saída superior (32), sendo que acima ou na região da abertura de entrada inferior (30) está disposto um primeiro grupo de elementos catalíticos (34) para a redução de hidrogênio (H₂) e/ou monóxido de carbono (CO) no canal de escoamento (26), e sendo que a tubulação de alívio de pressão (10) apresenta um bocal de entrada (22), que está disposto acima do primeiro grupo de elementos catalíticos (34) e abaixo da abertura de entrada e de saída superior (32) na superfície lateral (28), de modo que, em caso de anormalidade crítica ou de acidente com liberação de hidrogênio (H₂) e/ou monóxido de carbono (CO) no envoltório de segurança (4), em uma operação de convecção que precede a operação de alívio de pressão, com a válvula de bloqueio (14) fechada, uma mistura gasosa presente no envoltório de segurança (4) flui através do canal de escoamento (26) de baixo para cima segundo o princípio de convecção natural, e na operação de alívio de pressão, a mistura gasosa escoar, segundo o princípio do escoamento forçado, de baixo assim como de preferência também de cima para dentro do canal de escoamento (26) e escoar como fluxo de

alívio de pressão para fora através da tubulação de alívio de pressão (10).

2. Instalação nuclear (2) de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de que acima do bocal de entrada (22) da tubulação de alívio de pressão (10) e abaixo ou na região da abertura de entrada e saída superior (32) do canal de escoamento (10) está disposto um segundo grupo de elementos catalíticos (40) para redução de hidrogênio (H_2) e/ou monóxido de carbono (CO) no canal de escoamento (26).

3. Instalação nuclear (2) de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizada pelo fato de que limitadores de escoamento (50, 52) estão presentes na tubulação de alívio de pressão (10), os quais com relação ao desempenho dos elementos catalíticos (34, 40) estão ajustados de tal forma que, durante a operação de alívio de pressão, a concentração de hidrogênio (H_2) e/ou monóxido de carbono (CO) na região do bocal de entrada (22) da tubulação de alívio de pressão (10) é menor do que 50%, de preferência menor do que 30%, da concentração correspondente na região da abertura de entrada inferior (30) do canal de escoamento (26).

4. Instalação nuclear (2) de acordo com a reivindicação 3, caracterizada pelo fato de que os limitadores de escoamento (50, 52) estão ajustados de tal forma, e a geometria do canal de escoamento (26) é selecionada de tal forma que a vazão mássica presente na tubulação de alívio de pressão (10) na operação de alívio de pressão é no máximo 100%, de preferência menos do que 80%, da vazão mássica presente na operação de convecção natural no canal de escoamento (26).

5. Instalação nuclear (2) de acordo com a reivindicação 3 ou 4, caracterizada pelo fato de que os limitadores de escoamento (50, 52) estão ajustados de tal forma, e a geometria do canal de escoamento (26) é selecionada de tal forma, que a velocidade de

escoamento para os elementos catalíticos (34, 40) durante a operação de alívio de pressão é menor do que 5 m/s, de preferência menor do que 3 m/s.

6. Instalação nuclear (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de que os elementos catalíticos (34, 40), com referência à sua temperatura de operação durante a operação de alívio de pressão, são de tal forma projetados, que eles atuam como ignitores em uma concentração de hidrogênio da mistura gasosa de entrada de mais do que 7% em volume.

7. Instalação nuclear (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada pelo fato de que o respectivo dispositivo de tratamento de fluxo gasoso (24), com respeito à altura total do envoltório de segurança (4), está disposto na terça parte inferior, de preferência na quarta parte inferior.

8. Instalação nuclear (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de que o respectivo dispositivo de tratamento de fluxo gasoso (24) está disposto afastado do caminho principal de convecção na região de baixas concentrações de hidrogênio em salas parcialmente fechadas.

9. Instalação nuclear (2) de acordo com a reivindicação 7 ou 8, caracterizada pelo fato de que estão disponíveis diversos dispositivos de tratamento de fluxo gasoso (24) dispostos no terço inferior em relação à altura total do envoltório de segurança (4), para o fluxo de alívio de pressão, assim como diversos recombinadores (20) catalíticos adicionais, dispostos sobre eles, não atuando diretamente no escoamento de alívio de pressão, para redução de hidrogênio (H₂) e/ou monóxido de carbono (CO), e sendo que os dispositivos de tratamento de fluxo gasoso (24) juntos fornecem menos do que 20% da capacidade total de recombinação disponível.

10. Instalação nuclear (2) de acordo com qualquer uma das

reivindicações 1 a 9, caracterizada pelo fato de que é realizável na operação de convecção um número de trocas de ar no envoltório de segurança (4) de $L < 0,3$ h, de preferência $L < 0,1$ h.

11. Instalação nuclear (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizada pelo fato de que, na tubulação de alívio de pressão (10), está ligado um dispositivo de resfriamento (42) que se encontra dentro do envoltório de segurança (4) para o fluxo de alívio de pressão.

12. Instalação nuclear (2) de acordo com a reivindicação 11, caracterizada pelo fato de que o dispositivo de resfriamento (42) é projetado para um retrorresfriamento convectivo através da mistura gasosa que se encontra no envoltório de segurança (4) e/ou resfriamento por evaporação.

13. Instalação nuclear (2) de acordo com a reivindicação 11 ou 12, caracterizada pelo fato de que o dispositivo de resfriamento (42), no que se refere à sua capacidade de resfriamento, é concebido para resfriar o fluxo de alívio da pressão de uma temperatura inicial entre $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, para uma temperatura de saída na região entre $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $300\text{ }^{\circ}\text{C}$.

14. Instalação nuclear (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 13, caracterizada pelo fato de que a tubulação de alívio de pressão (10) é equipada, na região do duto de passagem através do envoltório de segurança (4), com um revestimento de proteção térmica (48).

15. Instalação nuclear (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 14, caracterizada pelo fato de que os elementos catalíticos (34, 40) à base dos metais nobres paládio e/ou platina e/ou vanádio são construídos em carreadores cerâmicos e/ou em carreadores metálicos com revestimento cerâmico e apresentam mais do que 0,2% em peso, de preferência mais do que 0,5% em peso de

uma fração de metal nobre em relação ao carreador.

16. Instalação nuclear (2) de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 15, caracterizada pelo fato de que estão dispostos filtros e/ou lavadoras (18) para limpeza do fluxo de alívio de pressão e para retenção de atividade, em uma seção da tubulação de alívio de pressão (10) que se encontra fora do envoltório de segurança (4).

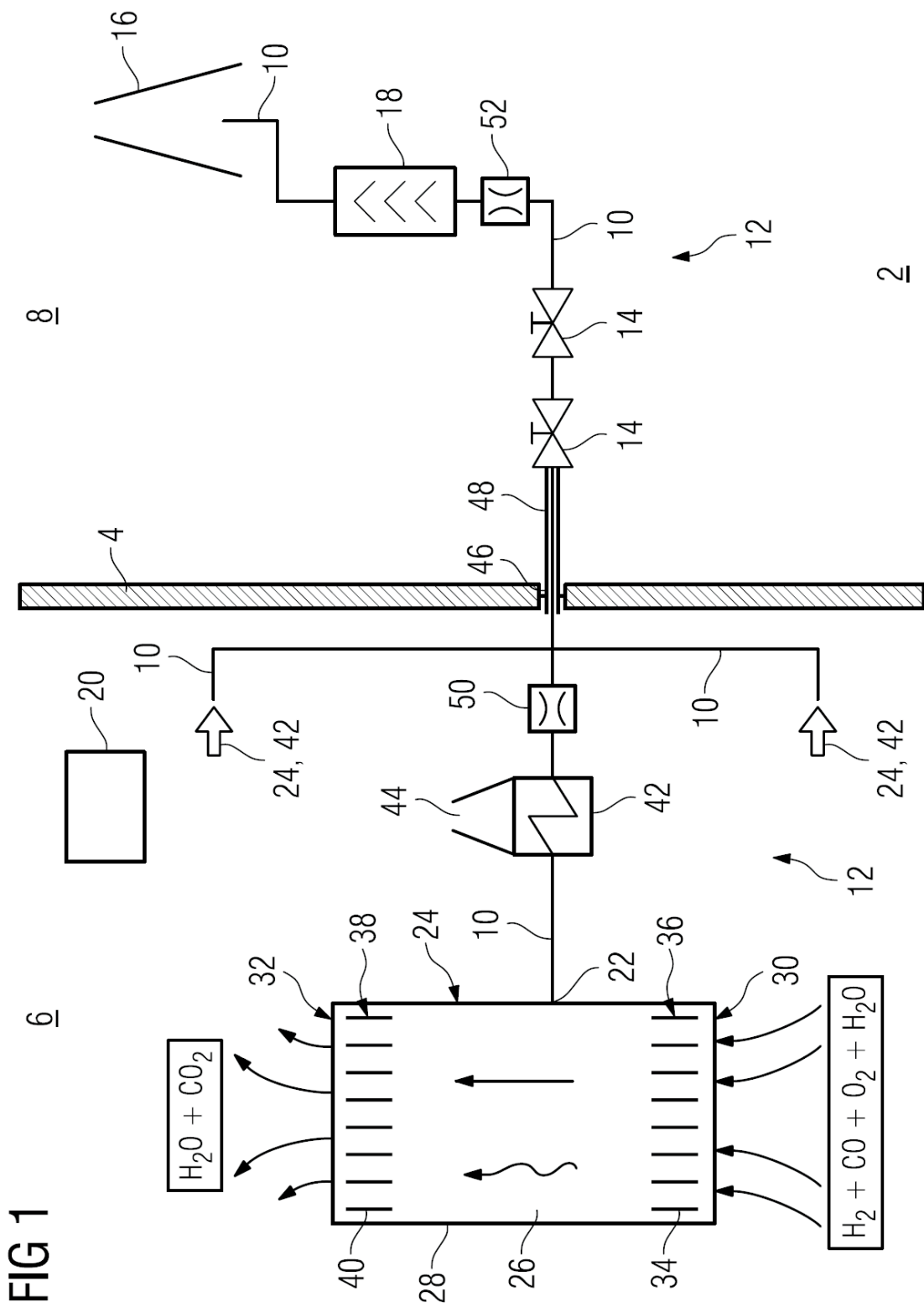


FIG 1

6

8

2

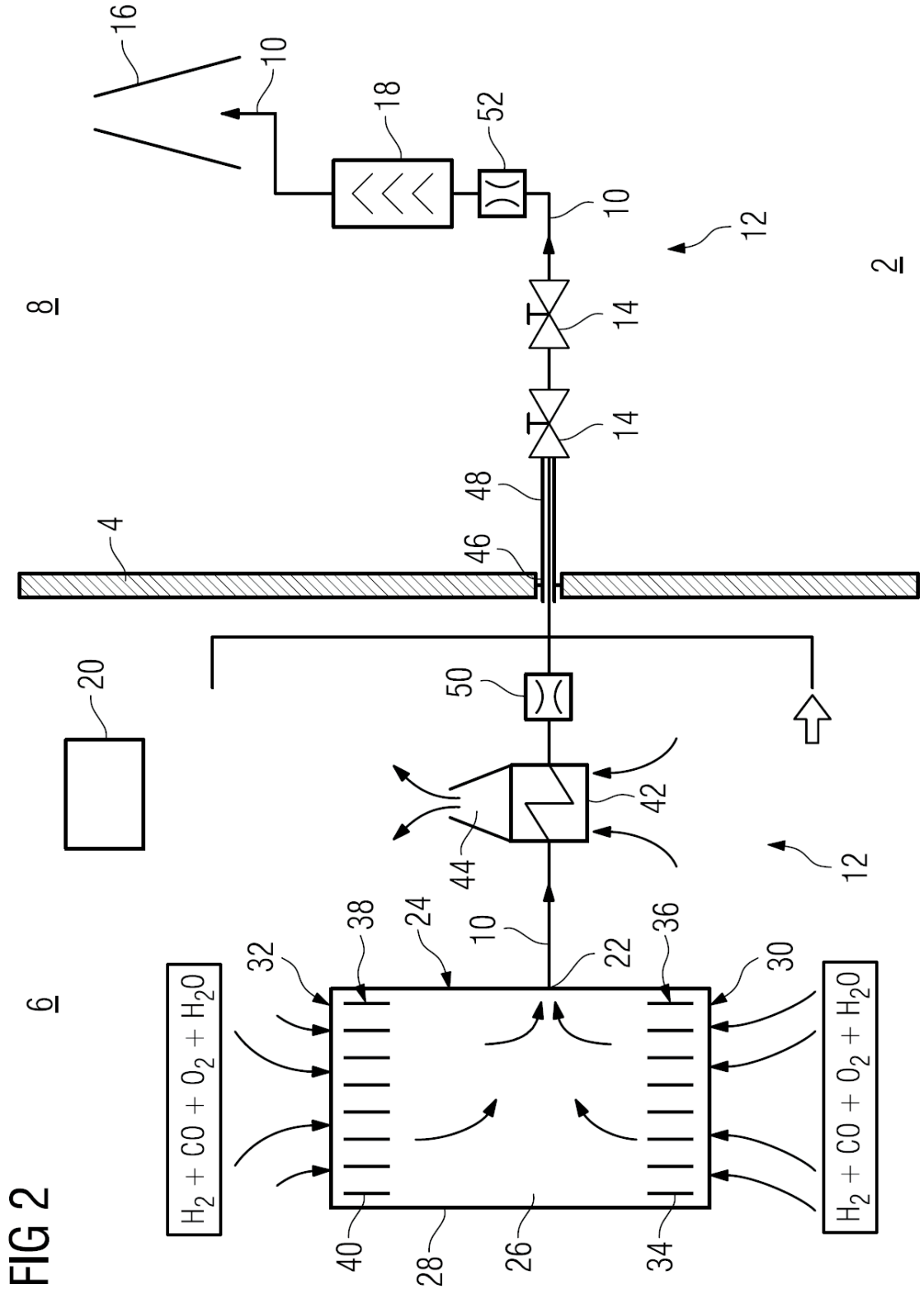


FIG 2

6

8

2

FIG 3

