

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-75560

(P2016-75560A)

(43) 公開日 平成28年5月12日(2016.5.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G 2 1 F</b> 9/02 (2006.01)	G 2 1 F 9/02 5 4 1 B	4 G 1 6 9
<b>G 2 1 C</b> 9/04 (2006.01)	G 2 1 C 9/04	
<b>G 2 1 D</b> 3/08 (2006.01)	G 2 1 D 3/08 F	
<b>B O 1 J</b> 35/02 (2006.01)	G 2 1 F 9/02 5 4 1 A	
	B O 1 J 35/02 3 1 1 Z	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2014-205635 (P2014-205635)  
 (22) 出願日 平成26年10月6日 (2014.10.6)

(出願人による申告)平成26年度経済産業省「発電用原子炉等安全対策高度化技術基盤整備事業(水素安全対策高度化)」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 000000974  
 川崎重工業株式会社  
 兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号  
 (71) 出願人 505374783  
 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構  
 茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地1  
 (74) 代理人 100105795  
 弁理士 名塚 聡  
 (74) 代理人 100105131  
 弁理士 井上 満  
 (72) 発明者 毛利 智 聡  
 東京都港区海岸一丁目14番5号 川崎重工業株式会社 東京本社内

最終頁に続く

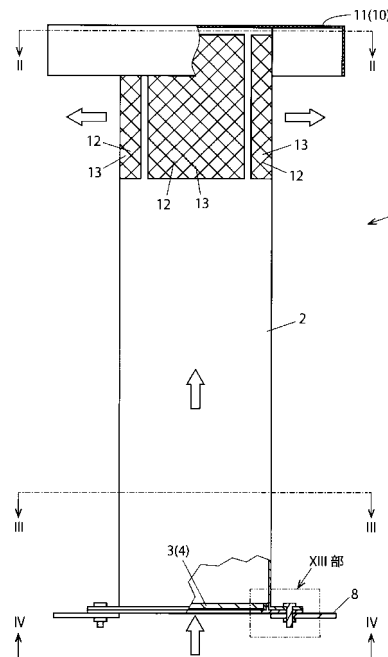
(54) 【発明の名称】再結合装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】装置全体の小型化を図ることができる触媒式の再結合装置を提供する。

【解決手段】水素と酸素を含む処理対象ガスを導入して水素と酸素を再結合する触媒部3と、触媒部3により処理された後の処理対象ガスがその内部を流通する筒状部2とを備える。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

触媒を用いて水素と酸素を結合するための再結合装置であって、  
表面に前記触媒を担持した貫通孔を多数有し、前記水素と前記酸素を含む処理対象ガスを導入して前記水素と前記酸素を再結合する触媒部と、  
前記触媒部により処理された後の前記処理対象ガスがその内部を流通する筒状部と、  
を備える、再結合装置。

**【請求項 2】**

前記触媒部が、お互いに隣り合う貫通孔が薄壁で仕切られて形成されている請求項 1 記載の再結合装置。

**【請求項 3】**

前記貫通孔の断面が、多角形である、請求項 1 または 2 に記載の再結合装置。

**【請求項 4】**

前記触媒部における前記水素と前記酸素の再結合反応により発生した熱に起因するガスの浮力によって、前記貫通孔における流動抵抗に抗して前記貫通孔において前記処理対象ガスの流れが発生するように、前記筒状部の有効長さおよび前記触媒部の高さが設定されている、請求項 1 乃至 3 いずれかに記載の再結合装置。

**【請求項 5】**

前記触媒部の高さは約 5 mm 以下である、請求項 4 記載の再結合装置。

**【請求項 6】**

前記貫通孔の流路相当直径が 1 mm 乃至 1.79 mm である、請求項 4 または 5 に記載の再結合装置。

**【請求項 7】**

前記筒状部の出口側に、前記筒状部内への水や異物の侵入を防止するための侵入防止手段をさらに有する、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の再結合装置。

**【請求項 8】**

前記侵入防止手段は、前記筒状部の上端開口を封止する傘状部材を有し、  
前記筒状部の上端部の側面にガス流出口が形成されている、請求項 7 記載の再結合装置

。

**【請求項 9】**

前記触媒構造体は、前記筒状部の入口部に着脱自在に装着されている、請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の再結合装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、触媒を用いて水素と酸素を結合させるための再結合装置に係わり、特に原子力発電所等の原子力関連設備に設置される再結合装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

原子力発電所において過酷事故（シビアアクシデント）が発生した場合、炉心冷却能力の低下により燃料被覆管が高温となり、被覆管材料として使用されているジルコニウムと冷却材（水）とが反応する水 - ジルコニウム反応、核分裂生成物等からの放射線により水が分解する水の放射性分解などによって、大量の水素が発生する可能性がある。

**【0003】**

この状態を放置しておくと、水素濃度が爆発限界に到達して水素爆発を起こす可能性がある。水素爆発によって原子炉格納容器や原子炉建屋が破損すると、放射性物質が環境中に放出される可能性があるため、過酷事故時における水素爆発を未然に防止するための手段が必要となる。

**【0004】**

10

20

30

40

50

従来、水 - ジルコニウム反応により発生した水素を酸素と再結合させて、格納容器や原子炉建屋内の水素濃度を低下させるための再結合装置が知られている。そのような再結合装置の一つとして、触媒を用いて常温での水素と酸素との再結合を可能とした触媒式再結合装置が開発されている（特許文献 1、2）。

【0005】

原子力施設に使用する触媒式再結合装置においては、運転の確実性を考慮して、電源や外部動力を使用せずに自立動作が可能ながことが要求されるため、触媒反応時に生じる熱に起因する浮力を駆動力として利用している。

【0006】

触媒式再結合装置は、触媒を担持する触媒担体を含む触媒構造体を備えている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献 1】特開 2011 - 174773 号公報

【特許文献 2】特開平 11 - 94992 号公報

【特許文献 3】特開平 10 - 227885 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献 1 の触媒式再結合装置における触媒構造体は、（縦長の）ボックス状のカートリッジに粒状の触媒を充填し、触媒が充填された複数のカートリッジを縦置きに並べて構成されている（ペブル充填型）。

20

【0009】

ペブル充填型触媒式再結合装置では、単位容積当たりの触媒表面積（反応面積）が大きくとれるため、単位容積当たりの反応が大きく、小型化できる可能性がある。しかし、触媒粒子間の空隙の不均一に起因して、反応物の流れの滞留時間分布、偏流、吹抜けなどが生じ、また触媒層の圧力損失が大きくなるという問題が生じる。特に、大きな圧力損失に対して自然対流を確保するためには、大きなチムニー（煙突）効果を得るために、大きなチムニーが必要となり、再結合装置が全体として大型化してしまう。

【0010】

また、特許文献 2 および 3 の触媒式再結合装置における触媒構造体は、複数の触媒を複数のプレート状に成形して縦に並べ、プレート間に被処理ガスを流すようにした構造（プレート型）となっている。

30

【0011】

プレート型触媒式再結合装置では、被処理ガスは、適度の間隔を有して平行に配列されたプレート間を流れるため、反応物の流れの滞留時間分布、偏流、吹抜けなどが生じ、また触媒層の圧力損失などの問題は生じない。しかし、プレート型触媒式再結合装置において、触媒が付着されているのは、プレートの表面のみであるため、単位容積当たりの触媒の表面積は、ペブル充填型より小さくなるため、同一の反応表面積を確保しようとするれば、触媒構造体自体としては大型化することになる。

40

【0012】

また、原子力発電所の過酷事故時において発生した水素が、比較的狭い場所に溜る可能性がある場合には、該狭所に再結合装置を設置して効率的に水素濃度を低減することが望ましい。しかしながら、従来の再結合装置は、上述したように大型であるため、狭い場所への設置が困難若しくは不可能であった。

【0013】

本発明は、上述した従来技術の問題点に鑑みてなされたものであって、装置全体の小型化を図ることができる触媒式の再結合装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0014】

50

上記課題を解決するために、第1の態様による本発明は、触媒を用いて水素と酸素を結合するための再結合装置であって、表面に前記触媒を担持した貫通孔を多数有し、前記水素と前記酸素を含む処理対象ガスを導入して前記水素と前記酸素を再結合する触媒部と、前記触媒部により処理された後の前記処理対象ガスがその内部を流通する筒状部と、を備える、ことを特徴とする。

【0015】

第2の態様による本発明は、第1の態様による本発明において、前記触媒部が、お互いに隣り合う貫通孔が薄壁で仕切られて形成されている、ことを特徴とする。

【0016】

第3の態様による本発明は、第1または第2の態様による本発明において、前記貫通孔の断面が、多角形である、ことを特徴とする。

10

【0017】

第4の態様による本発明は、第1乃至第3のいずれかの態様による本発明において、前記触媒部における前記水素と前記酸素の再結合反応により発生した熱に起因するガスの浮力によって、前記貫通孔における流動抵抗に抗して前記貫通孔において前記処理対象ガスの流れが発生するように、前記筒状部の有効長さおよび前記触媒部の高さが設定されている、ことを特徴とする。

【0018】

第5の態様による本発明は、第4の態様による本発明において、前記触媒部の高さは約5mm以下である、ことを特徴とする。

20

【0019】

第6の態様による本発明は、第4または第5の態様による本発明において、前記貫通孔の流路相当直径が1mm乃至1.79mmである、ことを特徴とする。

【0020】

第7の態様による本発明は、第1乃至第6のいずれかの態様による本発明において、前記筒状部の出口側に、前記筒状部内への水や異物の侵入を防止するための侵入防止手段をさらに有する、ことを特徴とする。

【0021】

第8の態様による本発明は、第7の態様による本発明において、前記侵入防止手段は、前記筒状部の上端開口を封止する傘状部材を有し、前記筒状部の上端部の側面にガス流出口が形成されている、ことを特徴とする。

30

【0022】

第9の態様による本発明は、第1乃至第8のいずれかの態様による本発明において、前記触媒構造体は、前記筒状部の入口部に着脱自在に装着されている、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0023】

本発明による再結合装置によれば、触媒部分の構造を小型化することにより、装置全体の小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

40

【図1】本発明の一実施形態による触媒式の再結合装置の概略構成図。

【図2】図1のII-II線に沿った矢視図。

【図3】図1のIII-III線に沿った矢視図。

【図4】図1のIV-IV線に沿った矢視図。

【図5】図1に示した再結合装置の触媒支持部材を拡大して示した上面図。

【図6】図5に示した触媒支持部材の縦断面図。

【図7】図5に示した触媒支持部材の底面図。

【図8】図1に示した再結合装置の触媒ホルダーを拡大して示した上面図。

【図9】図8に示した触媒ホルダーの縦断面図。

【図10】図8に示した触媒ホルダーの底面図。

50

【図 1 1】図 1 に示した再結合装置の触媒部の構造を説明するための図であり、( a ) は触媒部を模式的に示した平面図、( b ) は( a ) の A - A 断面図。

【図 1 2】( a ) は図 1 1 ( a ) の XIIa 部を拡大して示した平面図、( b ) は図 1 1 ( b ) の XIIb 部を拡大して示した縦断面図。

【図 1 3】図 1 の XIII 部を拡大して示した縦断面図。

【図 1 4】触媒部の厚さと水素処理量との関係を示したグラフ。

【図 1 5】図 1 に示した再結合装置の流路構成モデルを示した模式図。

【図 1 6】図 1 に示した再結合装置の最適範囲を示したグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の一実施形態による触媒式の再結合装置について、図面を参照して説明する。

【0026】

本実施形態による再結合装置は、触媒を用いて水素と酸素を結合するための装置であり、原子力発電所等の原子力関連設備に設置される。

【0027】

図 1 乃至図 4 に示したように、本実施形態による再結合装置 1 は、水素および酸素を含む処理対象ガスがその内部を流通する筒状部 2 を有する。筒状部 2 は、円筒状の部材で構成されている。但し、筒状部 2 を構成する部材は円筒状部材に限られず、例えば方形断面の筒状部材を用いることもできる。

【0028】

筒状部 2 の下端には、表面に触媒を担持した貫通孔（流路）を多数有する触媒部 3 を含む触媒構造体 4 が設けられている。触媒構造体 4 は、円盤状又は円筒状の外形をしており、図 5 乃至図 7 に示した構造体支持部材 5 の上面の円周状突起の内周側に嵌合され、構造体支持部材 5 と共に筒状部 2 の下端開口に装着される。

【0029】

触媒構造体 4 は、図 8 乃至図 10 に示した触媒ホルダー 6 と、図 1 1 に示した触媒部 3 とを有する。触媒ホルダー 6 は、触媒部 3 の周縁部を保持する略円環状の枠状保持部材から成り、円盤状又は円筒状の触媒部 3 は、触媒ホルダー 6 の凹部に嵌合される。触媒ホルダー 6 は、例えばステンレス材料で形成することができる。

【0030】

触媒部 3 に設けられた多数の貫通孔（流路）は、その断面が三角形、四角形、五角形又は六角形などの多角形であって、お互いに隣接する流路が薄壁で仕切られて形成されている（ハニカム構造）。触媒部は、多孔質なセラミックやステンレス鋼などを支持体としている。すなわち、触媒部 3 には、図 1 2 に示したように多数の貫通孔 7 が形成されている。貫通孔 7 は、筒状部 2 への処理対象ガスの導入方向（本例においては、筒状部 2 の軸線方向）に沿って延在しており、その内部を処理対象ガス（水素と酸素を含む）が流通する。

【0031】

触媒部 3 には、少なくとも各貫通孔 7 の内周面に触媒が付与されている。ハニカム構造を採用することによって、触媒部 3 の比表面積（単位体積当たりの表面積）を増大させることができるので、処理対象ガスと触媒との接触効率を大幅に高めることができる。

【0032】

図 1 3 に示したように、筒状部 2 の下端部には鐳状部 2 A が形成されている。筒状部 2 の鐳状部 2 A と外部支持片 8 との間に構造体支持部材 5 の周縁部 5 A が配置され、ボルト 9 によってこれらの部材が積層状態で固定されている。

【0033】

図 1 に示したように、筒状部 2 の出口側（上端側）には、筒状部 2 内への水や異物の侵入を防止するための侵入防止手段 10 が設けられている。侵入防止手段 10 は、筒状部 2 の上端開口を封止する傘状部材 11 を含む。原子力発電所における事故時対応として、原

10

20

30

40

50

子炉格納容器の内部にスプレー水が噴霧される場合があるが、傘状部材 1 1 によって、スプレー水の筒状部 2 内への侵入を防止することができる。これにより、触媒に水が付着することにより基礎反応が阻害されることを防止できる。

【 0 0 3 4 】

筒状部 2 の上端側の側面には、ガス流出口 1 2 が形成されており、筒状部 2 内を流通するガスは、ガス流出口 1 2 を介して側方に放出される。ガス流出口 1 2 には、網状部材 1 3 が設けられており、網状部材 1 3 は、筒状部 2 内への異物（飛来物）の侵入を防止する侵入防止手段 1 0 として機能する。

【 0 0 3 5 】

本実施形態による再結合装置 1 は、その稼働に際して電源を必要とせず、筒状部 2 内の自然対流を駆動力として利用するものである。すなわち、触媒構造体 4 における水素と酸素の再結合反応により発生した熱に起因するガスの浮力によって、触媒部 3 の複数の貫通孔 7 における流動抵抗に抗して筒状部 2 内で自然対流が発生するように、筒状部 2 の有効長さ（自然対流の発生に寄与する部分の長さ）および触媒部 3 の高さが設定されている。

10

【 0 0 3 6 】

すなわち、再結合装置 1 の処理対象ガスは、筒状部 2 の下端入口から流入し、触媒構造体 4 を通過する際に、水素と酸素の再結合反応によって水蒸気が生じる。なお、触媒の存在下においては、再結合反応は常温でも生じる。再結合反応により発生した熱によりガスが加熱されて密度差による浮力が生じ、これを駆動力として自然対流が生じる（チムニー効果）。生成された水蒸気を含む処理後のガスは、筒状部 2 の上部側面のガス流出口 1 2 から外部へ放出される。

20

【 0 0 3 7 】

図 1 4 は、触媒高さ（触媒部 3 の高さ）と水素処理量との関係を、水素濃度 4vol%、反応率 100%、自然対流の場合について示している。水素処理量は、再結合装置 1 への処理対象ガスの単位流入面積当たりの処理量（kg/h）を示している。

【 0 0 3 8 】

図 1 4 から分かるように、触媒高さ（触媒部 3 の高さ）が大きくなるにつれて、水素処理量は小さくなっている。水素と酸素との反応は非常に早いので、処理対象ガスが触媒部 3 に導入された直後に反応が実質的に完了する。このため、触媒高さを大きくしても、反応促進への寄与はほとんど無い。むしろ、触媒部 3 における流動抵抗が大きくなるので、処理対象ガスの流量が低下し、その結果、水素処理量が低下してしまう。したがって、触媒部の高さを 5 mm より大きくしても、水素処理能力は低下する一方再結合装置が大型化するのに対して、触媒部の高さを 5 mm より小さくすると、水素処理能力が向上し、かつ再結合装置が小型できることがわかる。

30

【 0 0 3 9 】

次に、本実施形態における結合装置として実用上望ましい範囲（主要部寸法）について検討する。

【 0 0 4 0 】

図 1 5 は、本実施形態による再結合装置の流路構成モデルを示している。

40

【 0 0 4 1 】

水素と酸素の触媒反応による発熱に伴う浮力は、流れが層流域にある場合は以下の式（1）で表される。

【 0 0 4 2 】

$$P_A = \quad \times g \times h_2 \quad \cdot \cdot \cdot (1)$$

ここで、

$P_A$  : 触媒反応による発熱に伴う浮力 [ N / m<sup>2</sup> ]

: 密度差  $I_N - O_U T$  [ k g / m<sup>3</sup> ]

$I_N$  : 入口側気体密度 [ k g / m<sup>3</sup> ]

$O_U T$  : 出口側気体密度 [ k g / m<sup>3</sup> ]

50

$g$  : 重力加速度 [  $m / s^2$  ]

$h_2$  : チムニー高さ [  $m$  ]

なお、チムニー高さとは、筒状部 2 の内部でチムニー効果が生じる部分に対応する有効高さである。

【 0 0 4 3 】

触媒部 3 における流動抵抗は、以下の式 ( 2 ) で表される。

【 0 0 4 4 】

$$P_B = 32 \times \mu \times h_1 \times V_{IN} / d_1^2 \quad \dots (2)$$

ここで、

$P_B$  : 流動抵抗 [  $N / m^2$  ]

$\mu$  : 粘性係数 [  $Pa \cdot s$  ]

$h_1$  : 触媒高さ [  $m$  ]

$V_{IN}$  : 入口流速 [  $m / s$  ]

$d_1$  : 触媒流路相当直径 [  $m$  ]

触媒による発熱に伴う浮力  $P_A$  と触媒部 3 における流動抵抗  $P_B$  とが釣り合う ( $P_A = P_B$ ) と仮定すると、式 ( 1 ) と式 ( 2 ) より、以下となる。

【 0 0 4 5 】

$$h_2 / h_1 = 32 \times \mu \times V_{IN} / d_1^2 / ( \quad \times g ) \quad \dots (3)$$

また、 $H = h_1 + h_2$  とすると、以下となる。

【 0 0 4 6 】

$$H / h_1 = 32 \times \mu \times V_{IN} / d_1^2 / ( \quad \times g ) + 1 \quad \dots (4)$$

図 1 6 は、式 ( 4 ) を基に作成した本実施形態による再結合装置として実用上望ましい範囲 ( グラフ中の黒塗部分 ) を示している。

【 0 0 4 7 】

$H$  の上限を再結合装置の小型化のため 300 mm、 $h_1$  の下限を製作上の制限から 3 mm としたため、図 1 6 において、 $H / h_1$  は、上限については 100、下限については、 $H = h_1$  ( $h_2 = 0$  mm) の場合であることから 1 としている。また、 $V_{IN}$  の下限は、既往の再結合装置の水素処理量を考慮して 0.3 m/s としている。 $d_1$  の上限は、製作可能な触媒部を基に 1.79 mm としている。

【 0 0 4 8 】

以上述べたように、本実施形態による触媒式の再結合装置 1 によれば、触媒部 3 は、筒状部 2 への処理対象ガスの導入方向に沿って多数の断面が微小な貫通孔 7 が形成され、かつ高さが小さいので、大きな触媒面積確保による小型でかつ高い処理能力を確保できるとともに、触媒層における圧力損失の低減が実現できる。触媒層の圧力損失の提言は、比較的小さな筒状部であっても、チムニー効果による自然対流を確保できるため、従来の再結合装置に比べて、触媒の単位体積当たりの水素処理量を大幅に増大させることができる。

【 0 0 4 9 】

以上の検討結果を踏まえた本実施形態による再結合装置 1 においては、既往の再結合装置の水素処理量を考慮して、触媒高さ ( 触媒部 3 の厚さ ) を 5 mm に設定すると、触媒部 3 の直径は 93 mm であり、装置全体の概略寸法は、直径 105 mm、高さ 420 mm で、重量は約 2 kg である。これは、既往の再結合装置の寸法・重量に比べて、大幅に小型化されている。

【 0 0 5 0 】

但し、本発明による再結合装置における触媒部の厚さや装置全体の寸法は、これらの数値に限定されるものではなく、例えば、前記で説明したような実用上望ましい範囲で適宜選択して設定することができる。その結果、触媒部 3 を含む触媒構造体 4 のみでなく、筒状部を含む再結合装置全体の寸法を、従来の触媒式再結合装置の場合に比して大幅に小さくすることができる。これにより、装置全体の小型化および軽量化を図ることができる。

。

10

20

30

40

50

## 【0051】

再結合装置1の小型・軽量化により、装置の据付け・取外し作業が容易となり、また、作業時間の短縮による作業員の被ばく量の低減も可能となる。

## 【0052】

また、再結合装置1の小型・軽量化は、水素が溜る可能性のある狭い場所への再結合装置1の設置を可能とし、或いは、必要な水素処理量に応じて多くの基数を容易に設置することが可能となる。

## 【0053】

また、本実施形態による再結合装置1によれば、触媒構造体4が筒状部2の下端部にボルト9で着脱自在に装着されているので、ボルト9を外して筒状部2から触媒構造体4を取り外すことにより、触媒の交換を容易に行なうことができる。

10

## 【符号の説明】

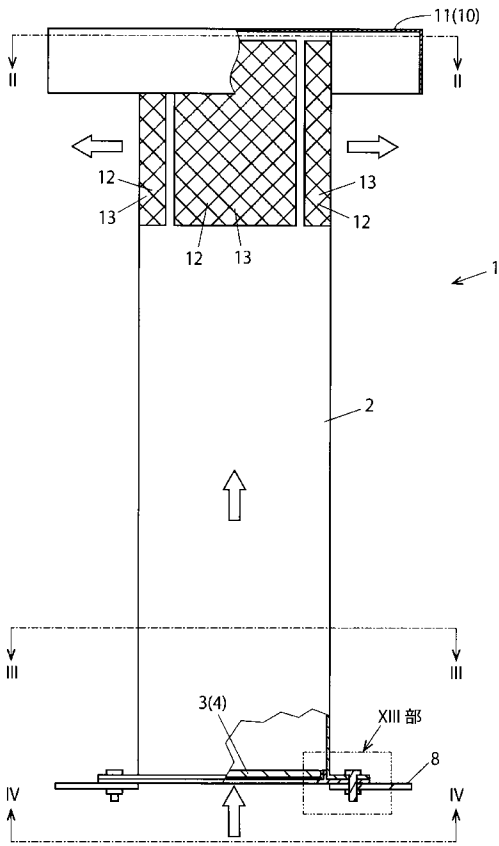
## 【0054】

- 1 再結合装置
- 2 筒状部
- 2 A 筒状部下端の鐳状部
- 3 触媒部（有孔板状部材）
- 4 触媒構造体
- 5 構造体支持部材
- 5 A 構造体支持部材の周縁部
- 6 触媒ホルダー
- 7 触媒部の貫通孔
- 8 外部支持片
- 9 ボルト
- 10 侵入防止手段
- 11 傘状部材
- 12 ガス流出口
- 13 網状部材

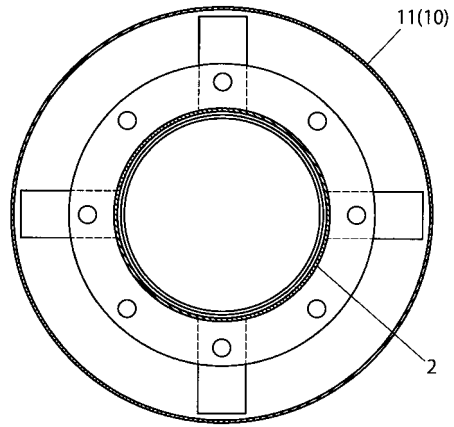
20



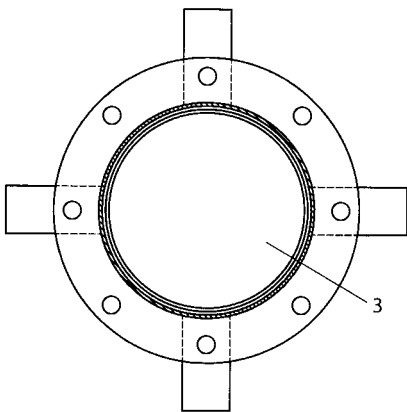
【 図 1 】



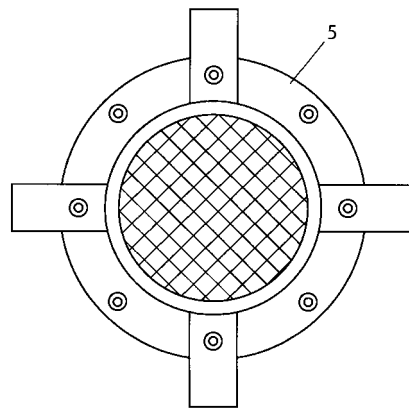
【 図 2 】



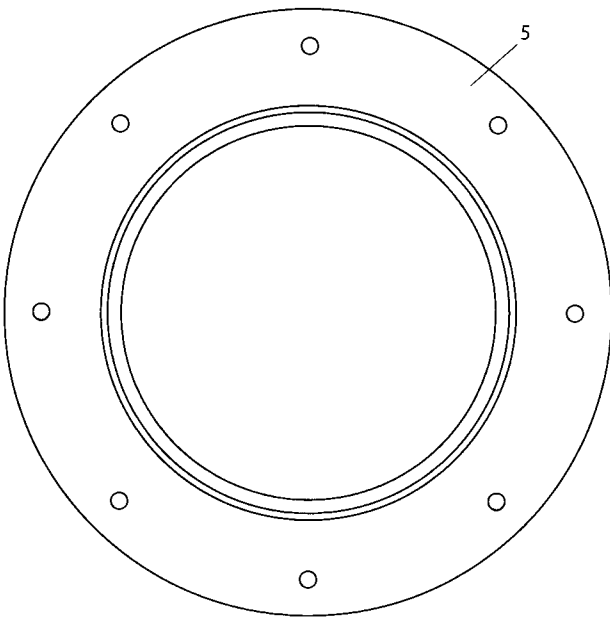
【 図 3 】



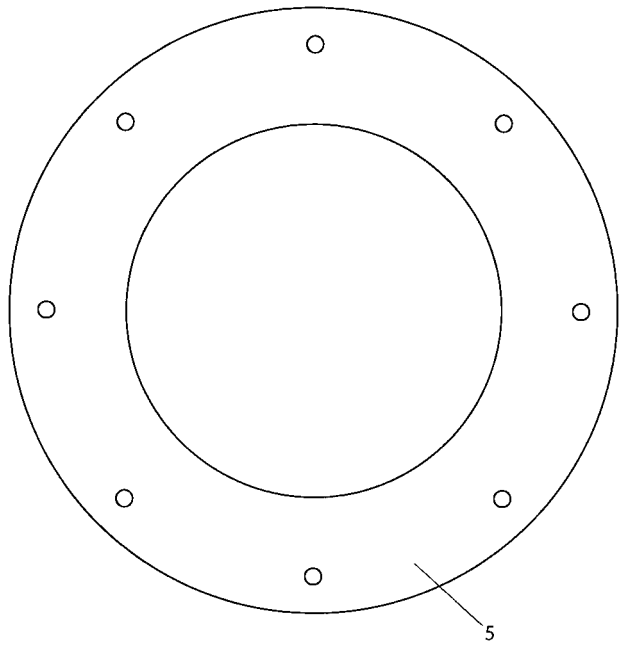
【 図 4 】



【 図 5 】



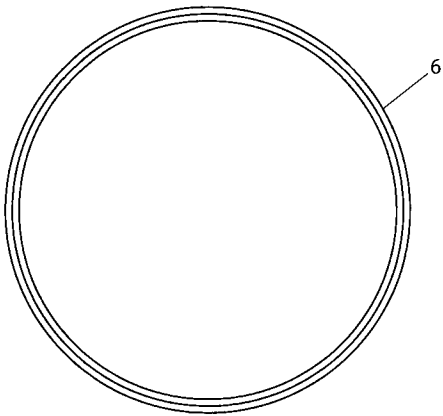
【 図 7 】



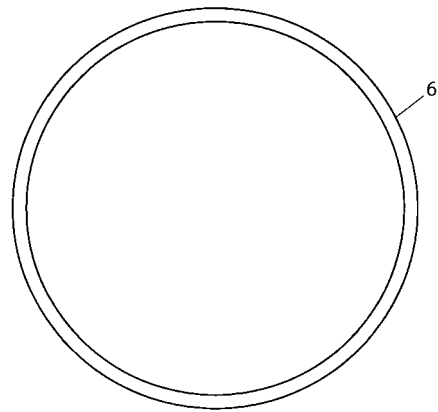
【 図 6 】



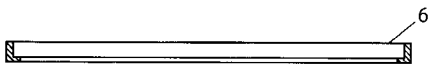
【 図 8 】



【 図 10 】

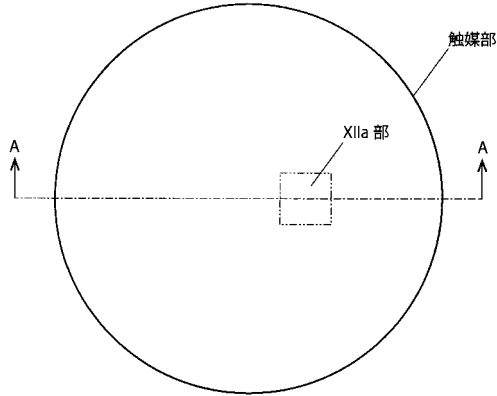


【 図 9 】

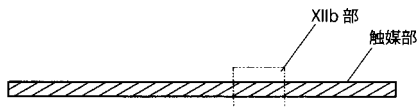


【 図 1 1 】

(a) 平面図

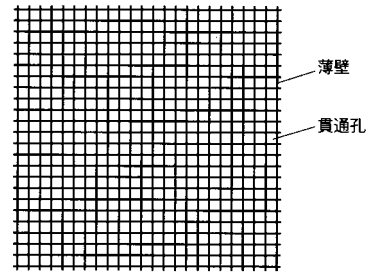


(b) 縦断面図 ((a) 図の A-A 断面)

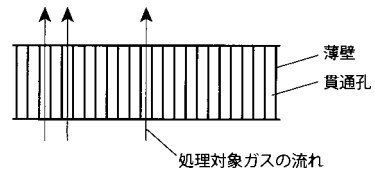


【 図 1 2 】

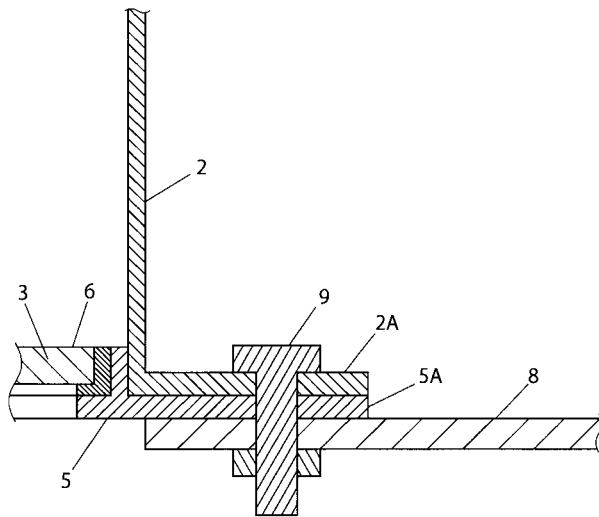
(a) 図 11(a) の XIIa 部詳細



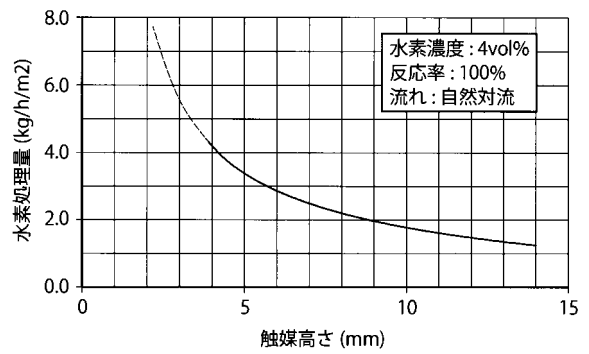
(b) 図 11(b) の XIIb 部詳細



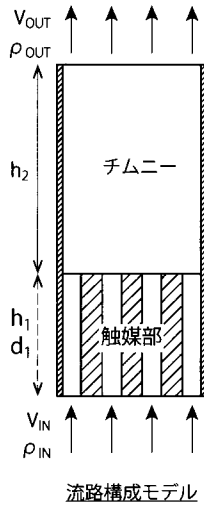
【 図 1 3 】



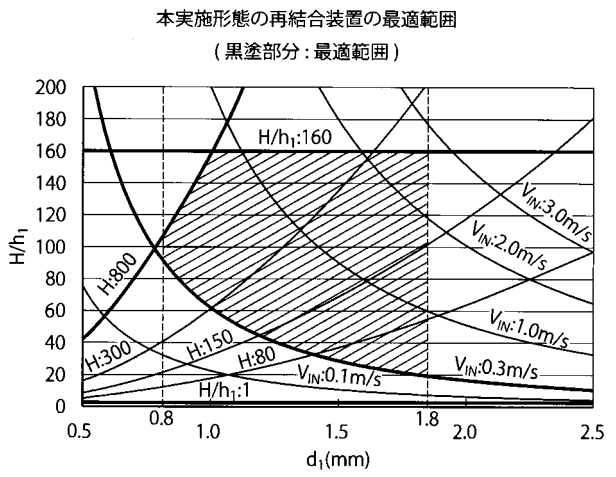
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



(記号説明)

- $d_1$ : 触媒流路相当直径 (mm)
- $h_1$ : 触媒高さ (mm)
- $H$ : 全高さ (触媒高さ + チムニー高さ) (mm)
- $V_{IN}$ : 入口流速 (m/s)

## フロントページの続き

- (72)発明者 平田 慎吾  
東京都港区海岸一丁目14番5号 川崎重工業株式会社 東京本社内
- (72)発明者 五十嵐 実  
東京都港区海岸一丁目14番5号 川崎重工業株式会社 東京本社内
- (72)発明者 佐藤 学  
東京都港区海岸一丁目14番5号 川崎重工業株式会社 東京本社内
- (72)発明者 日野 竜太郎  
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター内
- (72)発明者 上地 優  
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター内
- (72)発明者 寺田 敦彦  
茨城県東茨城郡大洗町成田町4002番地 独立行政法人日本原子力研究開発機構 大洗研究開発センター内
- (72)発明者 西畑 保雄  
兵庫県佐用郡佐用町光都1丁目1番地1号 独立行政法人日本原子力研究開発機構 関西光科学研究所内

Fターム(参考) 4G169 AA03 BA13A BA17 CA07 CA11 DA05 EA11 EA18 EB07