

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7594982号
(P7594982)

(45)発行日 令和6年12月5日(2024.12.5)

(24)登録日 令和6年11月27日(2024.11.27)

(51)国際特許分類

F I

G 2 1 C 15/16 (2006.01)

G 2 1 C 15/16

G 2 1 C 13/00 (2006.01)

G 2 1 C 13/00

1 0 0

請求項の数 10 (全17頁)

| | | | |
|----------|-----------------------------|----------|--------------------|
| (21)出願番号 | 特願2021-123601(P2021-123601) | (73)特許権者 | 507250427 |
| (22)出願日 | 令和3年7月28日(2021.7.28) | | 日立GEニュークリア・エナジー株式会 |
| (65)公開番号 | 特開2023-19115(P2023-19115A) | | 社 |
| (43)公開日 | 令和5年2月9日(2023.2.9) | | 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 |
| 審査請求日 | 令和6年2月1日(2024.2.1) | (74)代理人 | 110001829 |
| | | | 弁理士法人開知 |
| | | (72)発明者 | 古市 肇 |
| | | | 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 |
| | | | 株式会社日立製作所内 |
| | | (72)発明者 | 上遠野 健一 |
| | | | 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 |
| | | | 株式会社日立製作所内 |
| | | (72)発明者 | 石田 直行 |
| | | | 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 |
| | | | 株式会社日立製作所内 |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 蒸気乾燥器

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

間隔を介して屹立する少なくとも2枚の板の間に形成されたドレン流路と、
前記少なくとも2枚の板のいずれかに設けられ前記ドレン流路を蒸気流路と連通するスリットと、

前記少なくとも2枚の板の間に架け渡され、前記ドレン流路において前記スリットに近い領域を上下に分割する横板と、

前記横板において前記スリットの反対側に位置する端部から、当該端部を上端として下方に延びるとともに前記少なくとも2枚の板の間に架け渡され、前記ドレン流路を分割する縦板とを備えることを特徴とする蒸気乾燥器。

10

【請求項2】

請求項1に記載の蒸気乾燥器であって、
前記横板は、上下方向に間隔を介して設けられた複数の横板であり、
前記縦板は、前記複数の横板において前記スリットの反対側に位置する端部のそれぞれから、当該端部を上端として下方に延びる複数の縦板であることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項3】

請求項2に記載の蒸気乾燥器であって、
前記複数の横板は、上方に位置する横板ほど前記スリットから前記端部までの長さが長いことを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項4】

20

請求項 1 に記載の蒸気乾燥器であって、

前記少なくとも 2 枚の板には、横断面において凸部と凹部が交互に配列された第 1 の補助板が含まれ、

前記蒸気流路は、前記第 1 の補助板に対して所定の間隔を隔てて配列される第 2 の補助板と、前記第 1 の補助板との間に形成されていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の蒸気乾燥器であって、

前記少なくとも 2 枚の板には、さらに、前記第 1 の補助板における前記凹部が接合する凹部と、前記第 1 の補助板における前記凸部が間隔を隔てて配置される凸部とを有する波板が含まれ、

前記ドレン流路は、前記第 1 の補助板における前記凸部と、前記波板における前記凸部との間に形成され、

前記スリットが、前記第 1 の補助板における前記凸部の前記蒸気流路の蒸気流通方向における上流側に形成されていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の蒸気乾燥器であって、

前記スリットが、前記第 1 の補助板の上端から下端にわたって設けられていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の蒸気乾燥器であって、

前記縦板により分割された複数のドレン流路の各々から降下する液体の流量が略均一となるように、前記縦板により分割された複数のドレン流路の各々の断面積が設計されていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の蒸気乾燥器であって、

前記横板は、複数の横板であり、

前記縦板は、複数の縦板であり、

前記スリットと前記スリットに近い領域とは、前記複数の横板により上下に複数の開口部と領域とに分割され、

前記ドレン流路は、前記複数の縦板により複数のドレン流路に分離されていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の蒸気乾燥器であって、

前記複数のドレン流路の各々を降下する液体の流量の平均値に対する前記複数のドレン流路のいずれか 1 つを降下する液体の流量の標準偏差が、前記複数のドレン流路のいずれか 1 つに連通するスリットの開口部に流れ込む蒸気の流量の誤差より小さくなるように前記複数のドレン流路の横断面積が設計されていることを特徴とする蒸気乾燥器。

【請求項 10】

請求項 9 に記載の蒸気乾燥器であって、

前記複数のドレン流路のいずれか 1 つに連通するスリットの開口部に流れ込む蒸気の流量の誤差が、前記複数のドレン流路のいずれか 1 つに連通するスリットの開口部の上端と下端を流れる湿り蒸気の流速により算出されることを特徴とする蒸気乾燥器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は蒸気乾燥器に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、沸騰水型原子炉の気水分離システムは、炉心で発生した蒸気と液体の混合流から、蒸気と液体を分離する気液分離器と、気液分離器で分離された湿り蒸気から液滴を除

10

20

30

40

50

去する蒸気乾燥器とを備える。蒸気乾燥器を通過し液滴を除去された蒸気は、原子炉内から管路を介して蒸気タービンに送られ、タービンブレードを回転させる。

【0003】

蒸気乾燥器は、気液分離器から放出され液滴を含む湿り蒸気をフードプレートにより誘導し多孔板で流量を配分した後、複数の波板の隣合う2枚の波板の間に形成された蒸気流路で湿り蒸気に含まれる液滴を分離する。

【0004】

蒸気流路では、湿り蒸気に含まれる液滴が、波板に取り付けられた補助板に張り付き液膜となった後、重力や蒸気流により発生するせん断力によって、補助板に形成されたスリットに流れ込む。スリットに流れ込んだ液滴は、補助板と波板により形成されたドレン流路（液膜排出流路）内を液体となって降下し、湿り蒸気から分離される（例えば、特許文献1）。

10

【0005】

この蒸気乾燥器は、横断面の形状が上下で大きく変わらず、短尺化しても基本構造への影響が小さい。そのため、蒸気乾燥器を短尺化して、圧力容器を小型化し、原子炉の製造コストを低減させることが考えられている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【文献】特開2004-205302号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、蒸気乾燥器を短尺化すると蒸気流路やドレン流路も短尺化されるため、液滴を分離する性能が低下する懸念がある。即ち、気水分離器から放出される蒸気の質量流量が短尺化前と変わらない場合、蒸気乾燥器の蒸気流路を通過する単位高さあたりの蒸気の質量流量は短尺化前に比べて相対的に増加する。そのため、単位高さあたりのスリットに流入する液滴の量は相対的に増加し、単位高さあたりのドレン流路を降下する液体が相対的に増加する。

【0008】

30

一方、ドレン流路の短尺化により、一旦ドレン流路内に収容され降下した液体が、ドレン流路の下部でスリットから蒸気流路に溢れ、蒸気流によって液滴になって蒸気流路内に再飛散し、蒸気乾燥器から蒸気タービンへ送出される蒸気の湿分が増加する可能性がある。

【0009】

蒸気乾燥器から送出された蒸気が流入する蒸気タービンは、流入する蒸気の湿分が上限（要求値）より高いとタービンブレードにエロージョン（磨耗的腐食）が発生し、蒸気タービンの健全性を維持することが困難になる。

【0010】

本発明の目的は、短尺化された蒸気乾燥器において、蒸気流路内からスリットを介してドレン流路に流入し液体となって降下する液滴が、スリットから蒸気流路内に再飛散することを抑制できる蒸気乾燥器を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的を達成するために、本発明は、間隔を介して屹立する少なくとも2枚の板の間に形成されたドレン流路と、前記少なくとも2枚の板のいずれかに設けられ前記ドレン流路を蒸気流路と連通するスリットと、前記少なくとも2枚の板の間に架け渡され、前記ドレン流路において前記スリットに近い領域を上下に分割する横板と、前記横板において前記スリットの反対側に位置する端部から、当該端部を上端として下方に延びるとともに前記少なくとも2枚の板の間に架け渡され、前記ドレン流路を分割する縦板とを備える。

【発明の効果】

50

【 0 0 1 2 】

本発明によれば、ドレン流路内を横板と縦板で区切ることによってドレン流路内を液体となって降下する液滴が、蒸気流路に再飛散することを抑制でき、蒸気乾燥器を短尺化しても蒸気乾燥器から放出される蒸気の湿分の増加を抑制できる。上記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】本発明の第 1 実施形態に係る蒸気乾燥器が組み込まれた沸騰水型原子炉の原子炉内構造を示す縦断面図である。

【図 2】本発明の第 1 実施形態に係る蒸気乾燥器の配置と構造を詳細に示すために一部を断面にした斜視図である。

10

【図 3】本発明の第 1 実施形態に係る蒸気乾燥器が有する複数の蒸気乾燥器ユニットの 1 列の構造を詳細に示すために一部を断面にした斜視図である。

【図 4】本発明の第 1 実施形態に係る蒸気乾燥器の蒸気乾燥器ユニットに備わる蒸気流路の一部分を示す拡大斜視図である。

【図 5】図 4 の A - A 矢視図である。

【図 6】図 4 の B - B 矢視図である。

【図 7】図 5 の C - C 矢視図である。

【図 8】本発明の第 1 実施形態に係る蒸気乾燥器の蒸気乾燥器ユニットで湿り蒸気から液滴が分離される状態を模式的に示す拡大斜視図である。

20

【図 9】蒸気乾燥器において、出口における蒸気の湿分が蒸気タービンの要求値を満たすために必要な入口における蒸気の流速と湿分を示すグラフである。

【図 10】本発明の第 2 実施形態に係る蒸気乾燥器の蒸気乾燥器ユニットに備わる蒸気流路の一部分を示す拡大斜視図である。

【図 11】図 10 の A 1 - A 1 矢視図である。

【図 12】図 10 の A 2 - A 2 矢視図である。

【図 13】図 10 の A 3 - A 3 矢視図である。

【図 14】図 10 の B - B 矢視図である。

【図 15】図 11 の C - C 矢視図である。

【図 16】本発明の第 2 実施形態に係る蒸気乾燥器の蒸気乾燥器ユニットの縦断面の模式図 (A) と、蒸気流路の入口の高さと湿り蒸気の流速との関係を示すグラフ (B) である。

30

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

以下、図面を用いて、本発明の第 1、第 2 の実施形態による蒸気乾燥器の構成及び動作について説明する。なお、各図において、同一符号は同一部分を示す。

【 0 0 1 5 】

(第 1 実施形態)

図 1 は、本実施形態に係る蒸気乾燥器が組み込まれた沸騰水型原子炉の原子炉内構造を示す縦断面図である。

【 0 0 1 6 】

40

本実施形態に係る蒸気乾燥器 10 を有する沸騰水型原子炉 100 は、原子炉圧力容器 110 内の原子炉内の冷却水 (炉水) を原子炉炉心 120 とダウンカマ 130 との間でインターナルポンプ 140 により循環させている。

【 0 0 1 7 】

その循環の途中で、炉水が原子炉炉心 120 で加熱され、水と蒸気との混合流体となる。その混合流体は、原子炉炉心 120 の真上に配備されている気水分離器 150 に流入し、水と湿り蒸気とに遠心分離される。

【 0 0 1 8 】

気水分離器 150 で分離された湿り蒸気は気水分離器 150 の上方に配備された蒸気乾燥器 10 へ放出される。また、気水分離器 150 で分離された水は気水分離器 150 から

50

排出されダウンカメラ 130 に降下し、再度、原子炉炉心 120 を循環する炉水となる。気水分離器 150 で水が分離された湿り蒸気は、蒸気乾燥器 10 で液滴が分離される。

【0019】

図 2 は、本実施形態に係る蒸気乾燥器 10 の構造を詳細に示すために一部を断面にした斜視図である。

【0020】

蒸気乾燥器 10 は、気水分離器 150 の側面を覆う円筒状のスカーツ 11 と、スカーツ 11 に載置され気水分離器 150 の上方を覆う円板状の隔離壁 12 と、隔離壁 12 に載置され隔離壁 12 の開口を介してスカーツ 11 の内側に下端が連通する複数（本実施形態では 6 列）の蒸気乾燥器ユニット 13 とを有する。

10

【0021】

スカーツ 11 と隔離壁 12 とにより、気水分離器 150 から排出される湿り蒸気は効率よく蒸気乾燥器ユニット 13 に導かれる。

【0022】

図 3 は、本実施形態に係る蒸気乾燥器 10 が有する複数の蒸気乾燥器ユニット 13 の 1 列の構造を詳細に示すために一部を断面にした斜視図である。

【0023】

蒸気乾燥器ユニット 13 は、気水分離器 150 から放出された液滴を含む湿り蒸気 WS を導入するフードプレート 1 と、フードプレート 1 内に導入された湿り蒸気の流量を配分する多孔板 2 と、多孔板 2 に対して垂直方向に配列された複数の波板 3 とを有しており、複数の波板 3 の隣合う 2 枚の波板 3 の間の間隙が、蒸气流路 4 になっている。

20

【0024】

また、蒸気乾燥器ユニット 13 の下部には、蒸気乾燥器ユニット 13 から降下する液体を収集するドレン樋 14 と、ドレン樋 14 に収集された液体をダウンカメラ 130 に導くドレンダクト 15 が設けられている。

【0025】

図 4 は、本実施形態に係る蒸気乾燥器 10 の蒸気乾燥器ユニット 13 に備わる蒸气流路 4 の一部分を示す拡大斜視図であり、図 5 は、図 4 の A - A 矢視図であり、図 6 は、図 4 の B - B 矢視図であり、図 7 は、図 5 の C - C 矢視図である。なお、図 7 におけるスリット 7 は矢視とは反対側の補助板 5 に設けられているため、2 点鎖線で示す。

30

【0026】

蒸气流路 4 を挟む 2 枚の波板 3（第 1 波板 3 a と第 2 波板 3 b）の各々は、上下に延伸する屈曲部 3 1 と平面部 3 2 を複数有している。屈曲部 3 1 は、蒸气流路 4 に対して突出する凸部 3 1 a と、蒸气流路 4 に対してへこむ凹部 3 1 b とを有し、凸部 3 1 a と凹部 3 1 b は平面部 3 2 を挟んで交互に配列されている。

【0027】

また、蒸气流路 4 を挟む 2 枚の波板 3 の各々の間には、横断面において凸部 5 1 と凹部 5 2 が交互に配列された 2 枚の補助板 5（第 1 補助板 5 a と第 2 補助板 5 b）が設けられている。そのため、蒸气流路 4 は、詳細には第 1 補助板 5 a に対して所定の間隔を隔てて配列される第 2 補助板 5 b と、第 1 補助板 5 a との間に形成されている。

40

【0028】

また、第 1 補助板 5 a における凹部 5 2 は第 1 波板 3 a における凹部 3 1 b に接合し、第 1 補助板 5 a における凸部 5 1 は第 1 波板 3 a における凸部 3 1 a に間隔を隔てて配置される。そして、ドレン流路 6 は、第 1 補助板 5 a における凸部 5 1 と、第 1 波板 3 a における凸部 3 1 a との間に形成される。

【0029】

また、蒸气流路 4 とドレン流路 6 を連通するスリット 7 が、例えば、第 1 補助板 5 a における凸部 5 1 の蒸气流路 4 の蒸気流通方向（湿り蒸気 WS の矢印方向）における上流側に、第 1 補助板 5 a の上端から下端にわたって形成されている。そのため、第 1 補助板 5 a は複数のスリット 7 の各々により複数の板に分割されている。

50

【 0 0 3 0 】

なお、スリット 7 は、図 4 に示すように、第 1 補助板 5 a の蒸気流路 4 の蒸気流通方向（湿り蒸気 W S の矢印方向）における上流側の先端 5 3 と、第 1 波板 3 a の凸部 3 1 a との間にも形成されている。

【 0 0 3 1 】

また、第 2 補助板 5 b における凹部 5 2 は第 2 波板 3 b における凹部 3 1 b に接合し、第 2 補助板 5 b における凸部 5 1 は第 2 波板 3 b における凸部 3 1 a に間隔を隔てて配置される。そして、ドレン流路 6 は、第 2 補助板 5 b における凸部 5 1 と、第 2 波板 3 b における凸部 3 1 a との間に形成される。

【 0 0 3 2 】

また、第 2 補助板 5 b における凸部 5 1 の蒸気流路 4 の蒸気流通方向における上流側に、蒸気流路 4 とドレン流路 6 を連通するスリット 7 が第 2 補助板 5 b の上端から下端にわたって形成されている。そのため、第 2 補助板 5 b は複数のスリット 7 の各々により複数の板に分割されている。

【 0 0 3 3 】

ドレン流路 6 は、図 5 , 6 に示すように、湿り蒸気 W S に対して上流方向に備わる上流領域 6 a と下流方向に備わる下流領域 6 b とを有し、上流領域 6 a はスリット 7 に近い領域となる。上流領域 6 a には、図 5 , 7 に示すように、少なくとも 2 枚の板（波板 3 と補助板 5）の間に架け渡され、ドレン流路 6 においてスリット 7 に近い領域（上流領域 6 a）を上下（上側領域 6 a a と下側領域 6 a b）に分割する横板（止め板）8 が設けられている。

【 0 0 3 4 】

また、横板 8 より下側のドレン流路 6 には、図 5 , 7 に示すように、横板 8 においてスリット 7 の反対側（上流領域 6 a と下流領域 6 b の境目）に位置する端部 8 1 から、下方に延びるとともに少なくとも 2 枚の板（波板 3 と補助板 5）の間に架け渡され（図 6 参照）、ドレン流路 6 を分割する縦板（仕切り板）9 が設けられている。

【 0 0 3 5 】

縦板 9 は、図 7 に示すように、上流領域 6 a の下側領域 6 a b と、下流領域 6 b の下側領域 6 b b とを分割する。これにより、下流領域 6 b の下側領域 6 b b は、波板 3 と補助板 5 と縦板 9 により前後左右を囲まれている。

【 0 0 3 6 】

図 8 は、本実施形態に係る蒸気乾燥器 1 0 の蒸気乾燥器ユニット 1 3 で湿り蒸気 W S から液滴 D が分離される状態を模式的に示す拡大斜視図である。蒸気流路 4 を通過する湿り蒸気 W S に含まれる液滴 D は、遠心力により蒸気 W S から分離し、補助板 5 の凹部 5 2 における蒸気流路 4 の蒸気流通方向（湿り蒸気 W S の矢印方向）における下流側に張り付き液膜 L F となる。

【 0 0 3 7 】

液膜 L F は、蒸気 W S の圧力による剪断力と重力とにより、補助板 5 の表面を流れ落ち、スリット 7 から液滴 D となってドレン流路 6 に流入する。

【 0 0 3 8 】

ドレン流路 6 は、上流領域 6 a が横板 8 により上下の領域（上側領域 6 a a と下側領域 6 a b）に分割され、上流領域 6 a の下側領域 6 a b と下流領域 6 b の下側領域 6 b b とが縦板 9 により分割されている。

【 0 0 3 9 】

スリット 7 から上流領域 6 a の上側領域 6 a a に流入した液滴 D a は、横板 8 により上流領域 6 a の下側領域 6 a b に降下できず、下流領域 6 b の上側領域 6 b a に流入し、上側領域 6 b a から液体 L a となって下側領域 6 b b に降下する。そして、液体 L a はドレン樋 1 4 に降下する。また、スリット 7 から上流領域 6 a の下側領域 6 a b に流入した液滴 D b は、縦板 9 により下流領域 6 b の下側領域 6 b b に流入できず液体 L b となってドレン樋 1 4 に降下する。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 0 】

〔 効果 〕

本実施形態の蒸気乾燥器 10 は、上記のように下流領域 6 b の下側領域 6 b b が、波板 3 と補助板 5 と縦板 9 により周囲を囲まれている。そのため、下流領域 6 b の下側領域 6 b b を降下する液体 L 1 は、スリット 7 から上流領域 6 a の下側領域 6 a b に流入する湿り蒸気 W S と接しない。したがって、下流領域 6 b の下側領域 6 b b を降下する液体 L 1 は、湿り蒸気 W S の圧力によって下流領域 6 b の下側領域 6 b b 内から吹き飛ばされない。よって、液体 L 1 がスリット 7 から蒸気流路 4 に液滴となって再飛散することを抑制し、蒸気乾燥器 10 から送出される蒸気の湿分の増加を抑制できる。

【 0 0 4 1 】

また、蒸気乾燥器 10 を短尺化することにより、ドレン流路 6 を降下する液体 L の流量が増加し、ドレン流路 6 の下部で液体 L がオーバーフローしてスリット 7 から溢れ、蒸気流によって液滴となって蒸気流路 4 に再飛散する可能性がある。しかし、本実施形態の蒸気乾燥器 10 は、下流領域 6 b の下側領域 6 b b が波板 3 と補助板 5 と縦板 9 により前後左右を囲まれているため、液体 L がスリット 7 から溢れること抑制し、蒸気流路 4 に液滴となって再飛散することを抑制できる。

【 0 0 4 2 】

また、凸部 5 1 と凹部 5 2 を有する第 1 補助板 5 a と第 2 補助板 5 b との間に蒸気流路 4 が形成されているため、湿り蒸気 W S が蒸気流路 4 の凹部 5 2 から凸部 5 1 に向かって流れる際に遠心力が働き、質量の大きい液滴 D は湿り蒸気 W S から分離される。したがって、湿り蒸気 W S から液滴 D を容易に分離することができる。

【 0 0 4 3 】

また、ドレン流路 6 が、第 1 補助板 5 a における凸部 5 1 と、波板 3 における凸部 3 1 a との間に形成され、スリット 7 が、第 1 補助板 5 a における凸部 5 1 の蒸気流路 4 の蒸気流通方向における上流側に形成されている。そのため、湿り蒸気 W S から遠心力により分離された液滴 D を上流側に形成されたスリット 7 により効率よくドレン流路 6 に誘導することができる。

【 0 0 4 4 】

また、スリット 7 が、補助板 5 の上端から下端にわたって設けられているため、湿り蒸気 W S から液滴 D を上下方向の広範囲に分離しドレン流路 6 に誘導することができる。

【 0 0 4 5 】

図 9 は、蒸気乾燥器 10 において、出口における蒸気の湿分が蒸気タービンの要求値を満たすために必要な入口における蒸気の流速と湿分を示すグラフである。

【 0 0 4 6 】

上述のとおり、本実施形態に係る蒸気乾燥器 10 は、出口における蒸気の湿分の増加を抑制できる。したがって、図 9 に示す運転可能領域の減少を抑制することができる。

【 0 0 4 7 】

(第 2 実施形態)

図 10 は、本発明の第 2 実施形態に係る蒸気乾燥器 10 の蒸気乾燥器ユニット 13 に備わる蒸気流路 4 の一部分を示す拡大斜視図である。また、図 11 は、図 10 の A 1 - A 1 矢視図であり、図 12 は、図 10 の A 2 - A 2 矢視図であり、図 13 は、図 10 の A 3 - A 3 矢視図であり、図 14 は、図 10 の B - B 矢視図であり、図 15 は、図 11 の C - C 矢視図である。なお、図 15 におけるスリット 7 は矢視とは反対側の補助板 5 に設けられているため、2 点鎖線で示す。

【 0 0 4 8 】

本実施形態に係る蒸気乾燥器 10 が第 1 実施形態に係る蒸気乾燥器と異なる点は、図 10 に示すように、1 つのドレン流路 6 に、複数の横板 8 (本実施形態では第 1 横板 8 a と第 2 横板 8 b と第 3 横板 8 c) と複数の縦板 9 (本実施形態では第 1 縦板 9 a と第 2 縦板 9 b と第 3 縦板 9 c) が設けられている点である。

【 0 0 4 9 】

第1横板8aは、図10, 15に示すように、複数の横板8のうち、最も上方に位置し蒸気流路4の蒸気流方向に最も長い横板8で、ドレン流路6（蒸気流路4）の下端から第1横板8aの上面までの距離はhbとなっている。第1横板8aは、図11に示すように、少なくとも2枚の板（波板3と補助板5）の間に架け渡され、ドレン流路6のスリット7側の領域（第1領域6a1）を図15に示すように上下に分割する。また、スリット7は、図15に示すように第1横板8aにより分割され、第1横板8aの上方には第1開口部7aが形成される。

【0050】

第1横板8aのスリット7の反対側に位置する端部8a1から下方に、ドレン流路6の下端まで延びる第1縦板9aが設けられている（図15参照）。第1縦板9aは、図12～14に示すように、少なくとも2枚の板（波板3と補助板5）の間に架け渡され、ドレン流路6から第1流路6b1を分割する。第1流路6b1は、波板3と補助板5と第1縦板9aにより前後左右を囲まれている。

10

【0051】

第2横板8bは、図10, 15に示すように、複数の横板8のうち、第1横板8aと第3横板8cの間に位置し、蒸気流路4の蒸気流方向に第1横板8aより短く第3横板8cより長い横板8で、ドレン流路6の下端から第2横板8bの上面までの距離がhcとなっている。

【0052】

第2横板8bは、図12に示すように、少なくとも2枚の板（波板3と補助板5）の間に架け渡され、第1縦板9aによって分割されたドレン流路6のスリット7側の領域（図12に示す第2領域6a2）を上下に分割する。また、スリット7は、図15に示すように、第2横板8bにより分割され、第1横板8aと第2横板8bの間には第2開口部7bが形成される。

20

【0053】

第2横板8bのスリット7の反対側に位置する端部8b1から、下方にドレン流路6の下端まで延びる第2縦板9bが設けられている（図15参照）。第2縦板9bは、図13, 14に示すように、少なくとも2枚の板（波板3と補助板5）の間に架け渡され、第1縦板9aによって第1流路6b1が分割されたドレン流路6から、第2流路6b2を分割する。第2流路6b2は、波板3と補助板5と第1縦板9aと第2縦板9bにより前後左右を囲まれる。

30

【0054】

第3横板8cは、図10, 15に示すように、複数の横板8のうち最も下方に位置し蒸気流路4の蒸気流方向に最も短い横板8で、ドレン流路6の下端から第3横板8cの上面までの距離がhdとなっている。

【0055】

第3横板8cは、図13に示すように、少なくとも2枚の板（波板3と補助板5）の間に架け渡され、第1縦板9aと第2縦板9bによって第1流路6b1と第2流路6b2とが分割されたドレン流路6のスリット7側の領域（図13に示す第3領域6a3）を上下に分割する。また、スリット7は、図15に示すように第3横板8cにより分割され、第2横板8bと第3横板8cの間には第3開口部7cが形成され、第3横板8cの下方には第4開口部7dが形成される。

40

【0056】

第3横板8cのスリット7の反対側に位置する端部8c1から、下方にドレン流路6（蒸気流路4）の下端まで延びる第3縦板9cが設けられている（図15参照）。

【0057】

第3縦板9cは、図14に示すように、少なくとも2枚の板（波板3と補助板5）の間に架け渡され、第1縦板9aと第2縦板9bによって第1流路6b1と第2流路6b2とが分割されたドレン流路6を、第3流路6b3と第4流路6b4に分割する。第3流路6b3は、波板3と補助板5と第2縦板9bと第3縦板9cにより前後左右を囲まれ、第4

50

流路 6 b 4 は、第 4 開口部 7 d により蒸気流路 4 と連通する。

【 0 0 5 8 】

したがって、本実施形態に係る蒸気乾燥器 1 0 では、複数の横板 8 (第 1 横板 8 a ~ 第 3 横板 8 c) は、上方に位置する横板 8 ほどスリット 7 から端部 8 1 (端部 8 a 1 ~ 8 c 1) までの長さが長い。

【 0 0 5 9 】

また、スリット 7 が上下方向に複数の開口部 7 i (第 1 開口部 7 a ~ 第 4 開口部 7 d) に分割され、複数の開口部 7 i の各々に分割された複数のドレン流路 6 (第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 、以下、複数の分割流路 6 i) が連通する。

【 0 0 6 0 】

即ち、図 1 5 に示すように、第 1 横板 8 a より上方を流れる湿り蒸気 W S に含まれる液滴 D 1 は、第 1 開口部 7 a に流入し第 1 流路 6 b 1 を液体 L 1 となって降下する。第 1 横板 8 a と第 2 横板 8 b の間を流れる湿り蒸気 W S に含まれる液滴 D 2 は、第 2 開口部 7 b に流入し、第 2 流路 6 b 2 を液体 L 2 となって降下する。第 2 横板 8 b と第 3 横板 8 c の間を流れる湿り蒸気 W S に含まれる液滴 D 3 は、第 3 開口部 7 c に流入し、第 3 流路 6 b 3 を液体 L 3 となって降下する。第 3 横板 8 c より下方を流れる湿り蒸気 W S に含まれる液滴 D 4 は、第 4 開口部 7 d に流入し、第 4 流路 6 b 4 を液体 L 4 となって降下する。

【 0 0 6 1 】

また、本実施形態のドレン流路 6 は、第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 (の各々を降下する液体 L の流量 Q_L が略均一となるように横断面積 $A_a \sim A_d$ が設計されている。なお、横断面積 $A_a \sim A_d$ は、第 1 横板 8 a ~ 第 3 横板 8 c と第 1 縦板 9 a ~ 第 3 縦板 9 c の大きさや幅によって変更可能である。

【 0 0 6 2 】

具体的には、第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々を降下する液体 L の流速を $V_{L i}$ ($i = a, b, c, d$)、第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々の横断面積を A_i ($i = a, b, c, d$) とすると、第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々を降下する液体 L の流量 $Q_{L i}$ ($i = a, b, c, d$) は、下記の式 (1) で表すことができる。

【 0 0 6 3 】

【数 1】

$$Q_{di} = V_{di} \times A_i \quad (i = a, b, c, d) \quad \cdots (1)$$

【 0 0 6 4 】

第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々を降下する液体 L の流量 $Q_{L i}$ を均一にするためには、下記の式 (2) を満たすように横断面積 A_i を決定すればよい。

【 0 0 6 5 】

【数 2】

$$V_{da} \times A_a = V_{db} \times A_b = V_{dc} \times A_c = V_{dd} \times A_d \quad \cdots (2)$$

【 0 0 6 6 】

一方、第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々を降下する液体 L の流速 $V_{L i}$ は、第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々に連通する第 1 開口部 7 a ~ 第 4 開口部 7 d を流れる湿り蒸気 W S の流速 $V_{s i}$ と比例関係にあると考えられ、液体 L の流速 $V_{L i}$ は下記の式 (3) で表すことができる。

【 0 0 6 7 】

【数 3】

$$V_{di} = \alpha V_{si} \quad (\alpha : \text{定数}, i = a, b, c, d) \quad \cdots (3)$$

10

20

30

40

50

【 0 0 6 8 】

図 1 6 は、本実施形態に係る蒸気乾燥器 1 0 の蒸気乾燥器ユニット 1 3 の縦断面の模式図 (A) と、蒸気流路 4 の入口の高さ H と湿り蒸気 W S の流速 V_s との関係を示すグラフ (B) である。

【 0 0 6 9 】

気水分離器 1 5 0 から放出された液滴を含む湿り蒸気 W S は、図 1 6 (A) に示すように、縦断面が曲線となっているフードプレート 1 により進行方向が上向きから横向きに変えられる。そのため、湿り蒸気 W S には遠心力が作用し、多孔板 2 を通過しても蒸気流路 4 の入口では、図 1 6 (B) に示すように、湿り蒸気 W S の流速 V_s は、蒸気流路 4 の入口の高さ H が高いほど速くなっていると考えられる。したがって、第 1 開口部 7 a ~ 第 4 開口部 7 d を流れる湿り蒸気 W S の流速 V_{si} は、第 1 開口部 7 a ~ 第 4 開口部 7 d の各々の上端と下端で異なると考えられる。

10

【 0 0 7 0 】

そのため、湿り蒸気 W S の流速 V_{si} により算出した第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々を降下する液体 L の流量 Q_{Li} は、誤差 Q_{Li} を有する。例えば、第 1 開口部 7 a では、上端の高さ h_a における流速は V_{sa} であるのに対し、下端の高さ h_b における流速は V_{sb} である。そのため、第 1 流路 6 b 1 を降下する液体 L の流量 Q_{La} の誤差 Q_{La} は下記の式 (4) で表せる。

【 0 0 7 1 】

【数 4】

20

$$\Delta Q_{da} = \alpha A_a \times |V_{sa} - V_{sb}| \quad \dots (4)$$

【 0 0 7 2 】

また、第 1 開口部 7 a ~ 第 4 開口部 7 d の各々を降下する液体 L の流量 Q_{Li} の標準偏差 s は下記の式 (5) で表せる。

【 0 0 7 3 】

【数 5】

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=a}^n (Q_i - Q_m)^2} \quad (i = a, b, c, d) \quad \dots (5)$$

30

【 0 0 7 4 】

ここで、 n は、分割流路 6 i の数 (本実施形態では $n = 4$)、 Q_i は、第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々を降下する液体 L の流量、 Q_m は、第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々を降下する液体 L の流量 Q_i の平均値である。

【 0 0 7 5 】

40

この標準偏差 s が誤差 Q_{Li} より小さくなるように、第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々の横断面積 A_i を設計することにより、第 1 流路 6 b 1 ~ 第 4 流路 6 b 4 の各々を降下する液体 L の流量 Q_L は略均一となる。

【 0 0 7 6 】

なお、湿り蒸気の流速 V_{si} が図 1 6 (B) のように蒸気流路 4 の高さと同比例関係にあり、第 1 開口部 7 a ~ 第 4 開口部 7 d の各々の上下方向の幅が同一である場合、第 2 開口部 7 b ~ 第 4 開口部 7 d における誤差 Q_{Li} は、(4) 式に示す第 1 流路 6 b 1 を降下する液体 L の流量 Q_{La} の誤差 Q_{La} と略同一値となると考えられる。したがって、標準偏差 s は次式で表すことができる。

【 0 0 7 7 】

50

【数 6】

$$s < \Delta Q a \quad \cdots (6)$$

【0078】

〔効果〕

本実施形態に係る蒸気乾燥器 10 では、複数の横板 8（第 1 横板 8 a ～ 第 3 横板 8 c）は、上方に位置する横板 8 ほど蒸気流路 4 の蒸気流方向に長く、スリット 7 から端部 8 1（端部 8 a 1 ～ 8 c 1）までの距離が長い。そのため、上方の開口部 7 i に連通する分割流路 6 i はスリット 7 から離れた位置に設けられ、蒸気流路 4 の上方で湿り蒸気 W S の流速が早い場合でも、液滴 D はスリット 7 から離れた分割流路 6 i に流れ込み、湿り蒸気 W S の圧力によってスリットから再飛散することが抑止される。

10

【0079】

本実施形態の蒸気乾燥器 10 は、縦板 9 により分割された複数の分割流路 6 i（第 1 流路 6 b 1 ～ 第 4 流路 6 b 4）の各々から降下する液体 L の流量 Q_L が略均一となるように、複数の分割流路 6 i の各々の断面積 A_i が設計されている。

【0080】

そのため、降下する液体 L の流量に対して分割流路 6 i の断面が広く、流路スペースに無駄ができることを抑制できる。また、降下する液体 L の流量に対して分割流路 6 i が狭く、分割流路 6 i から液体 L がオーバーフローし、スリット 7 の開口部 7 i から蒸気流路 4 に溢れ、湿り蒸気流によって再飛散することを抑制できる。

20

【0081】

また、本実施形態の蒸気乾燥器 10 は、横板 8 は、複数の横板 8（第 1 横板 8 a と第 2 横板 8 b と第 3 横板 8 c）であり、縦板 9 は、複数の縦板 9（第 1 縦板 9 a と第 2 縦板 9 b と第 3 縦板 9 c）であり、スリット 7 に近い領域 6 a は、複数の横板 8 により上下に複数の分割され、ドレン流路 6 は、複数の縦板 9 により複数の分割流路 6 i（第 1 流路 6 b 1 ～ 第 4 流路 6 b 4）に分離されている。そのため、複数の分割流路 6 i のうち最もスリット側の分割流路 6 i 以外の分割流路 6 i は、複数の縦板 9 の各々によってスリット 7 から分離されている。

【0082】

30

また、複数の分割流路 6 i の各々を降下する液体 L の流量 Q_L が略均一である。そのため、スリット側の分割流路 6 i を降下する液体 L の流量を少なくすることができ、液体 L がスリット 7 から溢れ蒸気流路 4 に再飛散することを抑制し、蒸気乾燥器 10 から放出される蒸気の湿分の増加を抑制できる。

【0083】

また、本実施形態の蒸気乾燥器 10 は、複数の分割流路 6 i の各々を降下する液体 L の流量 Q_L の平均値に対する複数の分割流路 6 i のいずれか 1 つの液体 L の流量 Q_{Li} の標準偏差が、複数の分割流路 6 i のいずれか 1 つに連通するスリット 7 の開口部 7 i に流れ込む蒸気の流量 Q_s の誤差 Q_s より小さくなるように複数の分割流路 6 i の横断面積が設計されている。

40

【0084】

これにより、蒸気流路 4 を流れる湿り蒸気 W S の流速が上下方向に異なる場合でも、複数の分割流路 6 i の各々から排出される液体 L の流量 Q_L が略均一になるように複数の分割流路 6 i の横断面積を設計することができる。

【0085】

そのため、降下する液体 L の流量に対して分割流路 6 i の断面が広く、流路スペースに無駄ができることを抑制できる。また、降下する液体 L の流量に対して分割流路 6 i が狭く、分割流路 6 i から液体 L がオーバーフローし、スリット 7 の開口部から蒸気流路に溢れ、湿り蒸気流によって液滴として再飛散することを抑制できる。

【0086】

50

また、本実施形態の蒸気乾燥器 10 は、複数の分割流路 6 i のいずれか 1 つに連通するスリット 7 の開口部 7 i (第 1 開口部 7 a ~ 第 4 開口部 7 d) に流れ込む蒸気の流量 Q_s の誤差 Q_s が、スリット 7 の開口部 7 i の上端と下端を流れる湿り蒸気の流速により算出する。これは、湿り蒸気の流速 V_{si} が図 15 (B) のように蒸气流路 4 の高さと同比例関係にある場合に、容易かつ正確に複数の分割流路 6 i の各々から降下する液体 L の流量 Q_L が略均一になる断面積 A_i を算出することができる。

【0087】

なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上述した実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施形態の構成に他の実施形態の構成を加えることも可能である。また、各実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

10

【0088】

なお、本発明の実施形態は、以下の態様であってもよい。スリット 7 が第 1 補助板 5 a に形成されている実施形態を示したが、第 1 補助板 5 a と波板 3 との間に形成させてもよい。

【符号の説明】

【0089】

3, 3 a, 3 b ... 波板、3 1 a ... 凸部、3 1 b ... 凹部、4 ... 蒸气流路、5, 5 a, 5 b ... 補助板、5 1 ... 凸部、5 2 ... 凹部、6 ... ドレン流路、6 a ... 上流領域、6 b 1 ... 第 1 流路、6 b 2 ... 第 2 流路、6 b 3 ... 第 3 流路、6 a 4 ... 第 4 流路、6 i ... 分割流路、7 ... スリット、7 a ... 第 1 開口部、7 b ... 第 2 開口部、7 c ... 第 3 開口部、7 d ... 第 4 開口部、7 i ... 開口部、8 ... 横板、8 a ... 第 1 横板、8 b ... 第 2 横板、8 c ... 第 3 横板、8 1, 8 a 1, 8 b 1, 8 c 1 ... 端部、9 ... 縦板、9 a ... 第 1 縦板、9 b ... 第 2 縦板、9 c ... 第 3 縦板、10 ... 蒸気乾燥器

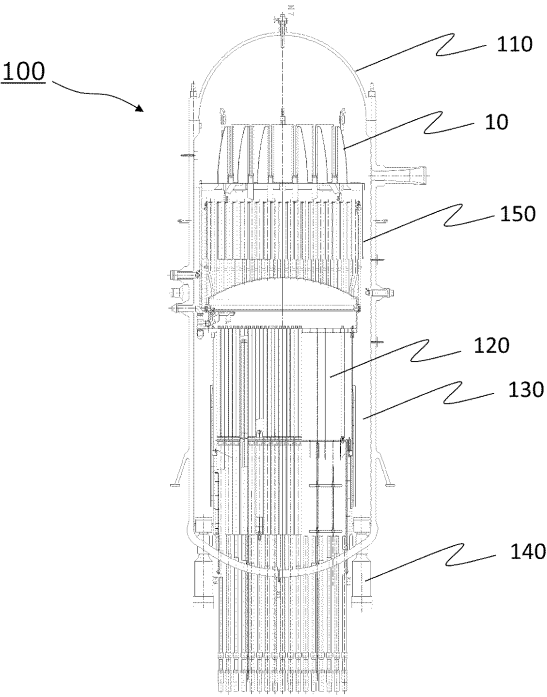
20

30

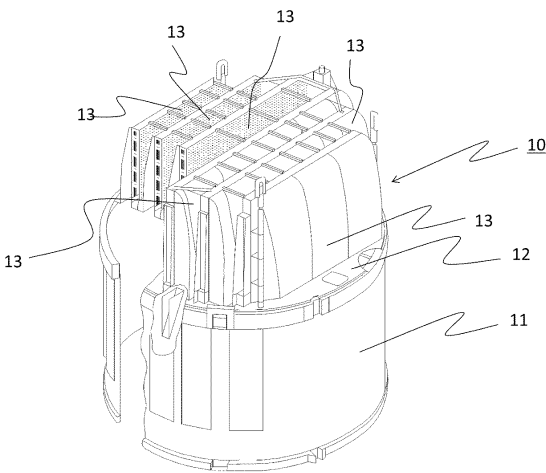
40

50

【図面】
【図 1】



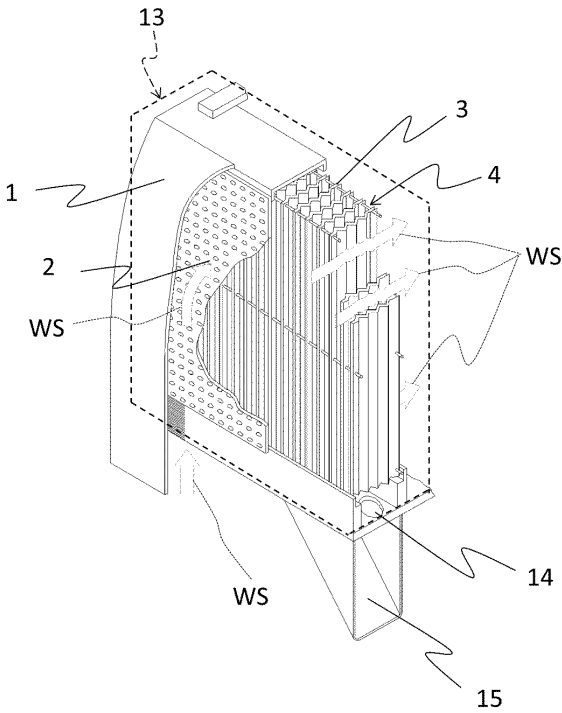
【図 2】



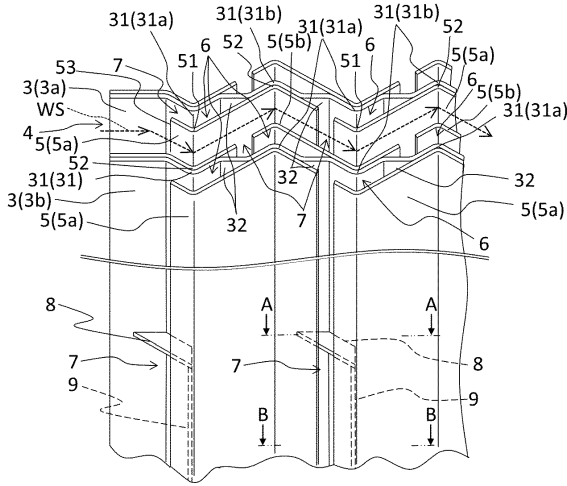
10

20

【図 3】



【図 4】

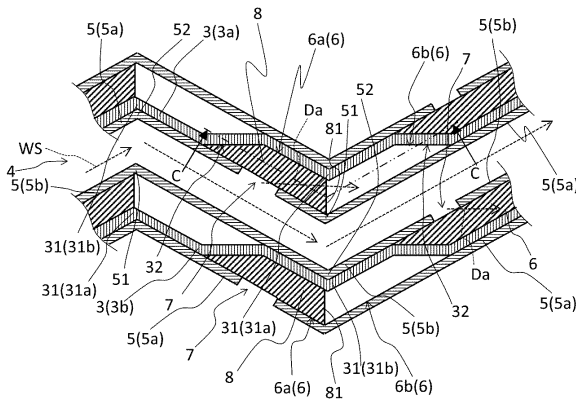


30

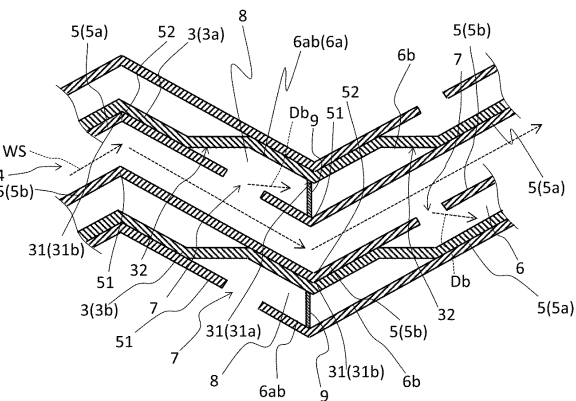
40

50

【 図 5 】

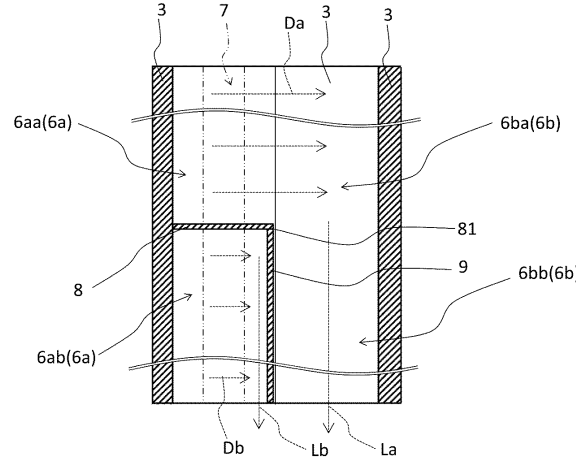


【 図 6 】

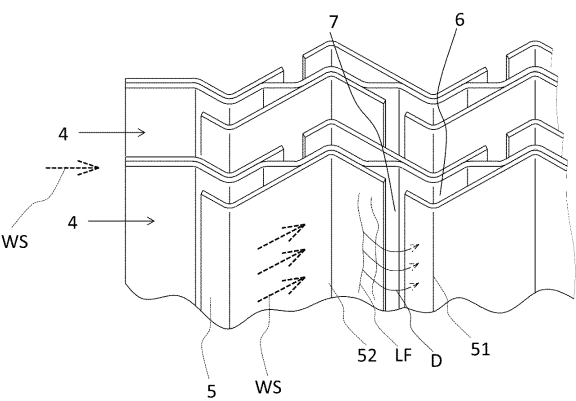


10

【 図 7 】



【 図 8 】



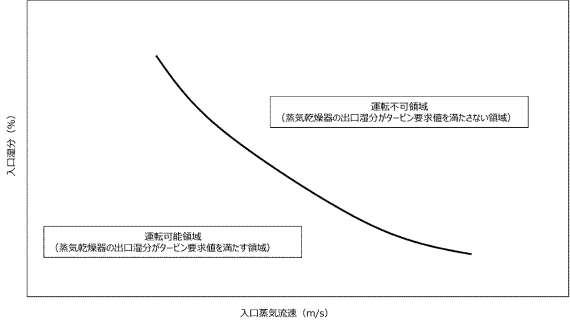
20

30

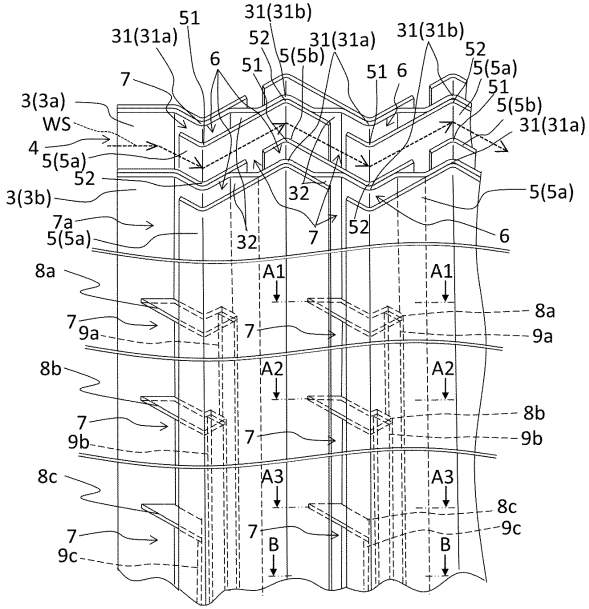
40

50

【図 9】



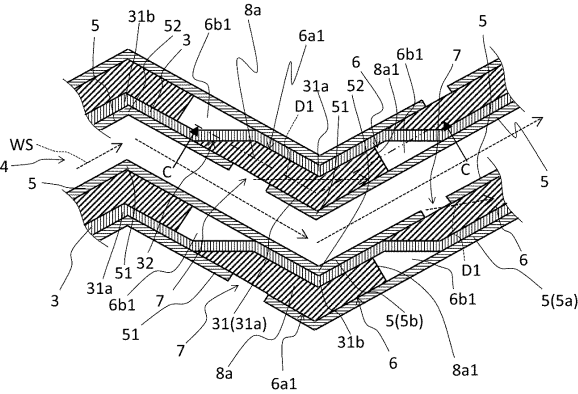
【図 10】



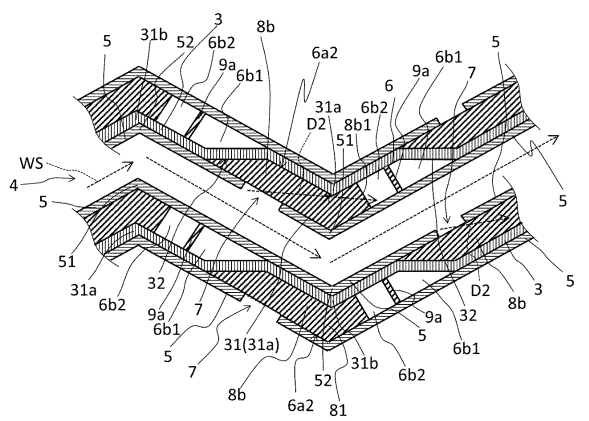
10

20

【図 11】



【図 12】

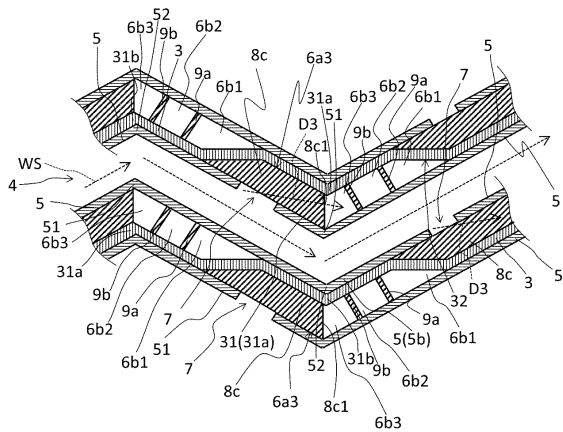


30

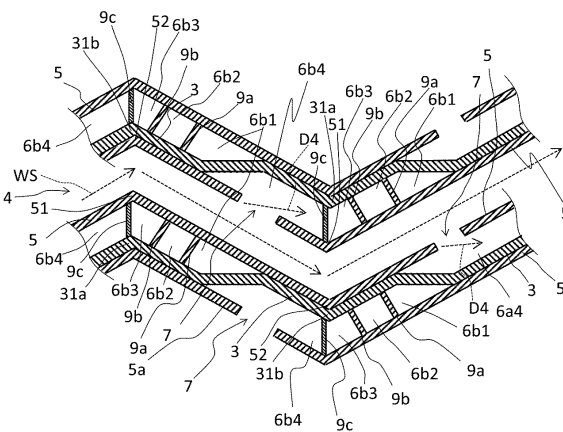
40

50

【図 1 3】

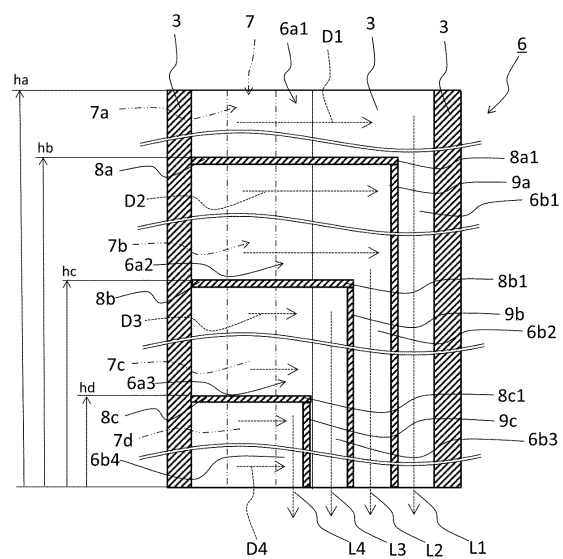


【図 1 4】

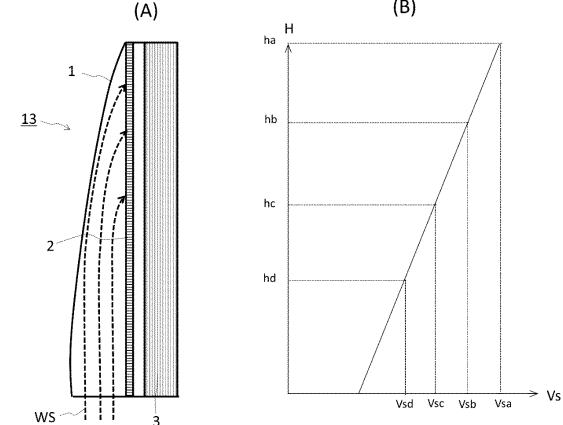


10

【図 1 5】



【図 1 6】



20

30

40

50

フロントページの続き

審査官 中尾 太郎

(56)参考文献 特開平 0 9 - 0 7 9 5 0 2 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 2 0 5 3 0 2 (J P , A)
特開 2 0 1 0 - 0 3 8 5 4 8 (J P , A)
特開 2 0 1 2 - 1 2 5 7 5 7 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 0 9 2 2 1 8 (U S , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
G 2 1 C 1 5 / 1 6
G 2 1 C 1 3 / 0 0