

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4801882号
(P4801882)

(45) 発行日 平成23年10月26日 (2011.10.26)

(24) 登録日 平成23年8月12日 (2011.8.12)

(51) Int.Cl. F I
F O 4 F 5/10 (2006.01) F O 4 F 5/10 A

請求項の数 2 (全 14 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-46322 (P2004-46322) (22) 出願日 平成16年2月23日 (2004.2.23) (65) 公開番号 特開2005-233152 (P2005-233152A) (43) 公開日 平成17年9月2日 (2005.9.2) 審査請求日 平成18年4月24日 (2006.4.24) 審判番号 不服2009-20925 (P2009-20925/J1) 審判請求日 平成21年10月29日 (2009.10.29)</p>	<p>(73) 特許権者 000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号 (73) 特許権者 000213297 中部電力株式会社 愛知県名古屋市東区東新町1番地 (74) 代理人 100078765 弁理士 波多野 久 (74) 代理人 100078802 弁理士 関口 俊三 (72) 発明者 山崎 之崇 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株 式会社東芝 横浜事業所内</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ジェットポンプ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

駆動流体をノズル口から噴射させる駆動ノズルと、

この駆動ノズルから噴射される駆動流体により、巻き込まれる周辺の被駆動流体を案内するベルマウスと、

このベルマウスからの駆動流体と被駆動流体とを混合させるスロートと、

このスロートの下流側に接続され、混合流体を吐出させるディフューザとを備え、

前記駆動ノズルは、ノズル先端部に分岐されたノズル脚部を複数本周方向に離間して備え、各ノズル脚部は平断面外形形状が流線形あるいは砲弾形をなして放射状に配設されたことを特徴とするジェットポンプ。

【請求項2】

前記ベルマウスは駆動ノズルのノズル口に対向する流入口を備え、前記駆動ノズルからの駆動流体の流れ方向にほぼ直交するベルマウスの平面視外形形状が花びら形状に構成されたことを特徴とする請求項1記載のジェットポンプ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、沸騰水型原子炉の冷却材の循環に用いられるジェットポンプに係り、特にポンプ効率を向上させ、再循環ポンプの駆動動力を低減させ得るジェットポンプに関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

沸騰水型原子炉（以下、BWRという。）では原子炉圧力容器内の冷却材の循環はジェットポンプを介して行なわれる。ジェットポンプは原子炉圧力容器のダウンカマ部に設けられ原子炉圧力容器内の一次冷却材を原子炉再循環系の再循環ポンプにより、ジェットポンプを介して炉心に強制循環させ、炉心で発生した熱を取り出すようになっている。

【 0 0 0 3 】

ジェットポンプ1は、図8に示すように構成されており、駆動ノズル2のノズル先端部（ノズル口）2aより高圧（全圧）の駆動流体をベルマウス3に高速で噴出し、その高速流により静圧を低下させてベルマウス3周りの被駆動流体（一次冷却材）をベルマウス3内に吸い込み、駆動流体とともにスロート4に導くようになっている。

10

【 0 0 0 4 】

スロート4は横断面が円形の直管で混合管部を構成しており、このスロート4で駆動流体と被駆動流体の混合が行なわれる。スロート4で混合された流体はディフューザ5を通過してテールパイプ6から炉心下部プレナムに送られる。混合流体がディフューザ5を通過する間に運動エネルギーが圧力エネルギーに変換されてテールパイプ6から、吸込み前の被駆動流体（一次冷却材）の圧力より高い圧力で炉心下部プレナムに吐出される。

【 0 0 0 5 】

図8に示すように、流体の圧力（全圧）をP、流量をQ、添字n, s, dがノズル流（駆動流）、吸込流（被駆動流）、ディフューザ流（吐出流）をそれぞれ示すものとする、ジェットポンプ1のポンプ性能は流量比（以下、M比という。）および圧力比（以下、N比という。）から表わすことができる。

20

【 0 0 0 6 】

[数 1]

流量比： $M \text{ 比} = Q_s / Q_n$

圧力比： $N \text{ 比} = (P_d - P_s) / (P_n - P_d)$

ジェットポンプ効率： $= M \text{ 比} \cdot N \text{ 比} \cdot 100 (\%)$

既存のBWRにおいて、ジェットポンプ1ではM比が約1.2でジェットポンプ最高効率が35%程度のものが使用されている。このため、原子炉圧力容器外の原子炉再循環系25には原子炉圧力容器内の冷却材の循環のために必要な流量の約1/2の流量がジェットポンプ1の駆動流体として流れる。

30

【 0 0 0 7 】

また、駆動ノズル2については、ノズル口2aが1つのものの他に、図9(A)および(B)に示すように、駆動ノズル7のノズル口7aを5本備えたジェットポンプ1Aも知られている（特許文献1）。5本のノズル口7aはいずれの横断面も円形となっている。

【 0 0 0 8 】

これはM比を高めて、原子炉再循環系の流量を低減することができるジェットポンプであり、図10に示す様にノズル口2aが1つでM比を約2以上に高めたジェットポンプと比べてジェットポンプ効率を向上させたものとなっている。このように従来は、5本ノズルとすることでジェットポンプ効率が向上すると考えられていた。

【特許文献1】特開昭49-100604号公報

40

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

既存のBWRでは、原子炉圧力容器内のダウンカマ部に、例えば16台あるいは20台のジェットポンプ1(1A)が設けられる。

【 0 0 1 0 】

しかし、ジェットポンプ1のポンプ効率が比較的低いために、BWRの一次冷却材の循環を行なうために必要な再循環ポンプの駆動動力が原子力発電所の発電量に占める割合が約1~1.5%に相当し、非常に大きい。

【 0 0 1 1 】

50

既存のBWRにおいて、ジェットポンプ1のポンプ効率を向上させると、再循環ポンプの駆動動力が低減され、原子力発電プラントの運転費を大幅に削減することができることが知られており、経済的メリットが大きい。

【0012】

逆に、ジェットポンプ1のポンプ効率の向上により、再循環ポンプの最大駆動動力時の達成可能な冷却材循環流量を増加させることができる。将来、BWRの炉心変更などによって冷却材循環流量の増加が必要になった場合、直ちに対応させることができる。

【0013】

尚、ジェットポンプ1を用いた既存のBWRでは比較的効率の良いジェットポンプ1Aに交換することが考えられるが、ジェットポンプ全体の形状がお互いに異なっており、
10
タールパイプ6の様に原子炉圧力容器内部に溶接されて接合されている箇所
の交換が必要となり、切断並びに溶接作業など多大な工事を必要し、作業は容易ではない。また、ジェットポンプ1AのM比(約2.2)に適合する原子炉再循環ポンプと組み合わせる必要があり、多大な作業量と費用を要することとなる。

【0014】

本発明は、上述した事情を考慮してなされたもので、切断作業や溶接作業、原子炉再循環ポンプの交換の多大な工事及び費用が不要であり、また原子力発電プラントの経済性および達成可能な冷却材循環流量を向上させるためのジェットポンプを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0017】

このジェットポンプは、上述した構成により、被駆動流体の流路面積を増大させ、その流体速度を減少させることで、スロートの上端側で流体がスロート直管部の内周面から剥離する領域を小さくすることができ、その分、剥離領域の壁面から離反する厚さ(半径方向内方の高さ)を低減できる。このジェットポンプにおいては、スロート直管部で流速の速い流れと流速の遅い流れの界面形状の口径を大きくすることができ、界面に大きなくびれ現象を生じさせないので、スロートの圧力損失を低減させることができる。

【0018】

また、駆動ノズルはノズル口が1つであり、スロートは少なくともその下流側にディフューザより小さな拡がり角度を有するテーパ管部を備えることで、駆動流体と被駆動流体との混合機能を維持しつつ、圧力損失を低減させることができるので、ジェットポンプのポンプ効率を向上させることができる。

30

【0021】

本発明に係るジェットポンプは、上述した課題を解決するために、請求項1に記載したように、駆動流体をノズル口から噴射させる駆動ノズルと、この駆動ノズルから噴射される駆動流体により、巻き込まれる周辺の被駆動流体を案内するベルマウスと、このベルマウスからの駆動流体と被駆動流体とを混合させるスロートと、このスロートの下流側に接続され、混合流体を吐出させるディフューザとを備え、前記駆動ノズルは、ノズル先端部に分岐されたノズル脚部を複数本周方向に離間して備え、各ノズル脚部は平断面外形形状が流線形あるいは砲弾形をなして放射状に配設されたものである。

40

【0022】

また、上述した課題を解決するために、本発明に係るジェットポンプは、請求項2に記載したように、前記ベルマウスは駆動ノズルのノズル口に対向する流入口を備え、前記駆動ノズルからの駆動流体の流れ方向にほぼ直交するベルマウスの平面視外形形状が花びら形状に構成されたものである。

【発明の効果】

【0023】

本発明に係るジェットポンプは、ポンプ効率を向上させることができるので、外部ポンプの駆動動力を低減させることができ、この駆動動力を低減させても冷却材循環流量を十分に確保でき、原子力発電プラントの運転費を削減して経済性を向上させることができる

50

【 0 0 2 4 】

また、交換に際しては切断作業や溶接作業、原子炉再循環ポンプの交換といった多大な工事及び費用を不要として、簡素化かつ短時間で行なうことができる。

【 0 0 2 5 】

さらに、本発明に係わるジェットポンプは流量比が約 1 . 2 と比較的小さな既存の原子力発電プラントのジェットポンプの効率を向上させ、外部ポンプの駆動動力を低減させることに好適である。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 6 】

本発明に係るジェットポンプの実施形態について、添付図面を参照して説明する。

【 0 0 2 7 】

〔 第 1 実施形態 〕

図 1 は本発明に係るジェットポンプを備えた沸騰水型原子炉 (B W R) 1 0 を示す縦断面図であり、図 2 は、BWR 1 0 のダウンカマ部 1 1 に設けられるジェットポンプアッセンブリ 1 2 の斜視図を示すものである。

【 0 0 2 8 】

BWR 1 0 は、原子炉圧力容器 1 3 内に炉心 1 5 が設けられ、この炉心 1 5 を囲む炉心シュラウド 1 6 と原子炉圧力容器 1 3 との間にスリーブ状あるいは環状のダウンカマ部 1 1 が形成される。このダウンカマ部 1 1 には複数台、例えば 1 0 台あるいは 8 台のジェットポンプアッセンブリ 1 2 が設けられ、このジェットポンプアッセンブリ 1 2 により原子炉圧力容器 1 3 内の一次冷却材を炉心下部プレナム 1 7 から炉心 1 5 内に強制循環させるようになっている。

【 0 0 2 9 】

炉心 1 5 の上方には炉心上部プレナム 1 8 を覆うシュラウドヘッド 2 0 が設けられ、シュラウドヘッド 2 0 の上方に気水分離器 2 1 がスタンドパイプ 2 2 を介して設けられる。気水分離器 2 1 の上方には蒸気乾燥器 2 3 が設けられ、気水分離器 2 1 で気水分離された蒸気を乾燥させ、この蒸気を主蒸気として主蒸気系を通して図示しない蒸気タービンに供給し、蒸気タービンを駆動させている。

【 0 0 3 0 】

一方、原子炉圧力容器 1 3 の外側には原子炉再循環系 2 5 が 2 系統設けられており、この原子炉再循環系 2 5 は、原子炉圧力容器 1 3 内の一次冷却材を、外部ポンプである原子炉再循環ポンプ 2 6 によりジェットポンプ 2 7 を介して炉心 1 5 へ強制循環させ、炉心 1 5 で発生した熱を取り出すようになっている。原子炉再循環系 2 5 は原子炉再循環ポンプ 2 6 のポンプ速度を制御して炉心 1 5 への冷却材供給流量を変化させ、炉熱出力 (発生蒸気量) を制御している。

【 0 0 3 1 】

ジェットポンプ 2 7 は、原子炉圧力容器 1 3 内のダウンカマ部 1 1 に複数台、例えば 1 6 台あるいは 2 0 台配置される。ジェットポンプ 2 7 を炉心 1 5 の外側に周方向に沿って複数台配置することで、原子炉圧力容器 1 3 内の冷却材を強制循環させている。

【 0 0 3 2 】

ジェットポンプ 2 7 の駆動流体は、外部ポンプとしての再循環ポンプ 2 6 の吐出流である。この駆動流体は、原子炉圧力容器 1 3 内下方のダウンカマ部 1 1 から吸込管 2 8 を経て原子炉再循環ポンプ 2 6 に導かれ、昇圧される。原子炉再循環ポンプ 2 6 で昇圧された駆動流体は吐出管 2 9 を通りヘッダ配管 3 0 で複数に分岐され、各ジェットポンプアッセンブリ 1 2 に導かれる。

【 0 0 3 3 】

BWR 1 0 に備えられるジェットポンプアッセンブリ 1 2 は、図 2 に示すように、再循環入口ノズル 3 1 からダウンカマ部 1 1 を立ち上がるライザ管 3 2 と、このライザ管 3 2 の頂部に設けられた 1 8 0 度ベンド 3 3 と、このベンド 3 3 を介して接続されるジェット

10

20

30

40

50

ポンプ 27 から構成される。BWR 10 では、ライザ管 32 に 180 度ベント 33 を介してジェットポンプ 27 が接続される。180 度ベント 33 はライザ管 32 を上昇する駆動流体を左右両側に分岐させ、駆動ノズル 35 に案内している。

【0034】

他方、ジェットポンプ 27 は、180 度ベント 33 に接続される駆動ノズル 35 と、この駆動ノズル 35 から噴射される駆動流体により巻き込まれる被駆動流体を案内するベルマウス 36 と、このベルマウス 36 からの駆動流体と被駆動流体を混合させるスロート 37 と、このスロート 37 の下流側に接続されるディフューザ 38 と、ディフューザ 38 の下端部に設けられるテールパイプ 39 とを備える。

【0035】

ジェットポンプアセンブリ 12 の 180 度ベント 33 の入口部およびディフューザ 38 には機械的嵌め合い部 40, 41 が設けられ、この嵌め合い部 40, 41 により 180 度ベント 33 および駆動ノズル 35、スロート 37、ディフューザ 38 の一部を取外し可能な構成となっている。

【0036】

一方、ディフューザ 38 の機械的嵌め合い部 41 からテールパイプ 39 までは、原子炉圧力容器 13 に溶接によって接合され、固定される。

【0037】

図 3 (A) に示されたジェットポンプ 27 は、駆動ノズル 35 のノズル口 35a が 1 つの場合で、駆動ノズル 35 によりノズル口 35a から駆動流体をベルマウス 36 に噴出させ、このベルマウス 36 周りの被駆動流体 (一次冷却材) をベルマウス 36 側に巻き込んで吸い込み、駆動流体とともにスリーブ状部材であるスロート 37 に案内している。ベルマウス 36 はスロート 37 の頂部に接合される一方、スロート 37 はディフューザ 38 の頂部に着脱可能に接合される。

【0038】

スロート 37 は直管部である上流側の混合管部 44 と下流側のテーパ管部 45 とを有し、スロート 37 に導かれた流体は、混合管部 44 で駆動流体と被駆動流体とを混合させつつ、被駆動流体に初期加速力が付与される。混合管部 44 は、流体混合機構を維持しつつ、被駆動流体に必要な初期加速力を付与させる上で有効な軸方向長さを有し、この直管部である混合管部 44 の軸方向長さは、スロート口径の数倍から十倍程度、好ましくは 5 倍以下で 3 倍程度に形成される。混合管部 (直管部) 44 の軸方向長さを数倍程度とすることにより、スロート口径の 10 ~ 12 倍程度の混合管部を有する従来のジェットポンプより、短くすることができる。

【0039】

スロート 37 の直管部 44 の下流側には、流体の圧力損失を減少させるテーパ管部 45 を有する。テーパ管部 45 は下方に向かってテーパ状に拡開するが、その拡がり角度 t は、ディフューザ 38 の拡がり角度 d より大幅に小さく、数度以下に設定される。ディフューザ 38 の拡がり角度 d は 7 ~ 8 度程度存在するが、テーパ管部 45 の拡がり角度 t は、例えば 2 度以下、好ましくは 1 度程度に形成される。

【0040】

ジェットポンプ 27 は、スロート 37 上流側を直管部 (混合管部) 44 に、スロート下流側を僅かな拡がり角度 t を有するテーパ管部 45 に構成することで、直管部 44 より下流側では、駆動流体と被駆動流体の混合流体の平均流速が流れ方向に徐々に減少せしめられる。混合流体の圧力損失は、平均流速の 2 乗に比例するので、混合流体の圧力損失を数分の 1 程度に大幅に低減させることができ、ジェットポンプ 27 のポンプ効率を向上させることができる。

【0041】

また、図 3 (A) に示されたジェットポンプ 27 の合計軸方向長さは、従来のジェットポンプの合計軸方向長さと同じ寸法に製作されることで、既設のジェットポンプの機械的嵌め合い部にて 180 度ベント 33 および駆動ノズル 35、スロート 37、ディフューザ

10

20

30

40

50

38の一部を取り外して、新しいジェットポンプ27と取り替えることができる。ジェットポンプ27の取替作業に、切断作業や溶接作業などの多大な工事が不要となり、簡素化かつ短時間でこなうことができる。

【0042】

なお、図2において、符号46はプレート状の支持部材であり、この支持部材46により、駆動ノズル35とベルマウス36は接合され、一体化される。

【0043】

このジェットポンプ27によれば、駆動流体と被駆動流体とを混合させる混合室としての機能をスロート37で維持しつつ、スロート37のテーパ管状部45で圧力損失を大幅に低減させることができるので、ジェットポンプ27のポンプ効率を高めることができる。ジェットポンプ27のポンプ効率の向上により、原子炉再循環系25に取り出される冷却材流量を少なくすることができ、原子炉再循環ポンプ26のポンプ駆動動力を小さくすることができる。

10

【0044】

また、駆動ノズル35は、図3(B)に示されるようにノズル口35aはベルマウス36から上方に離間して設けたものであり、駆動ノズル35のノズル軸方向長さを減少させることで、ノズル本体47下流側のノズル先端部48とベルマウス36との間に、間隔Hを形成している。この間隔Hは、ジェットポンプの中心軸線CL上でゼロを含まず、駆動ノズル35のノズル口径の1/2程度迄の範囲の中から設定される。好ましくはノズル口径の1/10程度の間隔Hが選択される。

20

【0045】

この実施形態に示されたジェットポンプ27では、駆動ノズル35のノズル口35aをベルマウス36の入口面より間隔Hだけ、例えばノズル口径の1/10程度離間させることで、被駆動流体の流路が拡大し、被駆動流体の速度を減少させることができる。

【0046】

被駆動流体の流路面積を増大させ、その流体速度を減少させることで、スロート37の上端側で流体がスロート直管部44の内周面から剥離する領域Aを小さくすることができ、その分、剥離領域Aの壁面から離反する厚さ(半径方向内方の高さ)Wを低減できる。

【0047】

このジェットポンプ27においては、スロート直管部44で流速の速い流れと流速の遅い流れの界面形状の口径を大きくすることができ、界面に大きなくびれ現象を生じさせないので、スロート37の圧力損失を低減させることができ、ジェットポンプ27のポンプ効率を向上させることができる。

30

【0048】

図10に示すように従来のジェットポンプではノズル本数を5本ノズルと増加することでジェットポンプ効率 η が向上すると考えられていたが、ジェットポンプ1のようにM比が約1.2と低いジェットポンプについては、図4に示すように既存のノズル口が1本のジェットポンプよりもジェットポンプ1のノズル口を5本とした場合、並びに本第1実施形態にてジェットポンプ27のノズル口を5本とした場合のいずれについても、ポンプ効率 η が低下することが実験によって明らかになった。本発明に係るジェットポンプ27は、ポンプ効率 η の低下を防止し、改善するものである。ジェットポンプ27はノズル口が1本の場合でも、ノズル口とベルマウスとの間隔調整により、M比が低い領域においてポンプ効率 η が向上することを実験によって確認することができた。

40

なお、本第1実施形態のジェットポンプ27でノズル口が5本の場合は、従来のジェットポンプのノズル口が5本の場合に較べ、ポンプ効率は向上しているが、ジェットポンプとしての有効性を示す比較例に過ぎず、流量比(M比)が低い領域では5本のノズル口を有するジェットポンプは使用されない。

【0049】

図5(A)および(B)は、本発明に係るジェットポンプの第2実施形態を示すものである。

【0050】

この実施形態に示されたジェットポンプ27Aは、駆動ノズル50のノズル先端部形状が、第1実施形態に示された駆動ノズル35のノズル先端部形状と異にしたものである。他の構成および作用は、第1実施形態に示されたジェットポンプ27と実質的に異なるないので重複する説明を省略する。

【0051】

第2実施形態に示されたジェットポンプ27Aは、駆動ノズル50のノズル先端部51がノズル本体52からノズル口53に向かって先細となるテーパ形状に構成される一方、ノズル口53およびその周辺は、駆動流体の流れ方向に直交する断面形状が花びら形状あるいはスプライン形状に形成されたものである。

10

【0052】

駆動ノズル50のノズル先端部51は、ノズルテーパ部54の先細側が絞り込まれて周方向に波状に凹凸成形され、複数枚、例えば5枚の花びら形状に形成される。ノズルテーパ部54の先細外周部に形成される凹部55はノズル口53に向かって湾曲溝の深さが軸方向に順次深くなるように絞り成形される。

【0053】

駆動ノズル50のノズル先端部51の形状が、ノズルテーパ部54のノズル先端に向けて5枚の花びら形状に絞り成形されることで、ノズル口53から噴射される駆動流体とこの駆動流体の噴射流により巻き込まれる被駆動流体の接触面積を大きくとることができ、駆動流体と被駆動流体の混合が促進され、ジェットポンプ27Aのポンプ効率を大幅に高めることができる。

20

【0054】

第2実施形態では、第1実施形態のジェットポンプ27とノズル先端部形状を異にした例を示したが、既存のジェットポンプ1においても、駆動ノズルについてのみ図5に示された形状としてもよい。

【0055】

この場合においても、図5に示されたジェットポンプ27Aは、既設のジェットポンプ1の機械的嵌め合い部にて180度ベント33および駆動ノズル35、スロート37、ディフューザ38の一部を取り外して、新しいジェットポンプ27と取り替えることができ、また、流量比Mが同等のままポンプ効率 η が向上できるので、ジェットポンプの取替作業に、切断作業や溶接作業、原子炉再循環ポンプの交換などの多大な工事が不要となり、簡素化かつ短時間で済ませることができる。

30

【0056】

[第3の実施形態]

図6は、本発明に係るジェットポンプの第3実施形態を示すものである。

【0057】

第3実施形態に示されたジェットポンプ27Bは、第1および第2実施形態に示されたジェットポンプ27とは駆動ノズルのノズル先端部の構成を基本的に異にし、他の構成および作用は実質的に異なるないので、同じ構成に同一符号を付して重複説明を省略する。

40

【0058】

この第3実施形態に示されたジェットポンプ27Bは、駆動ノズル60のノズル先端部61の形状構造に特徴を有する。駆動ノズル60はノズル先端部61がノズル本体62の下流側に一体に形成され、このノズル先端部61はノズル本体62からノズル口63に向かって先細形状のノズルテーパ部64を有し、このノズルテーパ部64の外周面先細先端部側に複数の切欠溝65が形成される。切欠溝65はノズルテーパ部64外周面の途中からノズル先端側に向かって軸方向に切欠き、しかも切欠溝65の切欠深さがノズル先端部に向かって深くなるように形成される。

50

【 0 0 5 9 】

切欠溝 6 5 をノズル先端部 6 1 の外周面に周方向に沿って複数個かつノズル先端に向かって徐々に深くなる溝を形成することで、駆動ノズル 6 0 はノズル先端部 6 1 にノズル先端側に上記溝に続く鋸歯状の切欠が構成される。

【 0 0 6 0 】

駆動ノズル 6 0 のノズル先端部 6 1 の外周面に鋸歯状の切欠を形成することで、駆動流体と被駆動流体の接触面積を大きくとることができ、両流体の混合が促進される。駆動流体と被駆動流体の混合が促進されることから、ジェットポンプ 2 7 B のポンプ効率を大幅に高めることができる。

【 0 0 6 1 】

この実施形態に示されたジェットポンプ 2 7 B では、駆動ノズル 6 0 のノズル先端部 6 1 の外周面に鋸歯状の切欠を、ノズル先端に向かって切欠深さが徐々に深くなる溝形状に形成したので、駆動流体と被駆動流体の混合が促進され、ジェットポンプ 2 7 B のポンプ効率を大幅に高めることができる。

【 0 0 6 2 】

第 3 実施形態では、第 1 実施形態のジェットポンプ 2 7 とノズル先端部の形状を異にした例を示したが、既存のジェットポンプ 1 において、駆動ノズルについてのみ図 6 に示された形状としてもよい。

【 0 0 6 3 】

この場合においても、図 6 に示されたジェットポンプ 2 7 B は、既設のジェットポンプ 1 の機械的嵌め合い部にて 1 8 0 度ベント 3 3 および駆動ノズル 3 5、スロート 3 7、ディフューザ 3 8 の一部を取り外して、新しいジェットポンプ 2 7 B と取り替えることができ、また流量比が同等のままポンプ効率 が向上できるので、ジェットポンプの取替作業に、切断作業や溶接作業、原子炉再循環ポンプの交換などの多大な工事が不要となり、簡素化かつ短時間で行なうことができる。

【 0 0 6 4 】

[第 4 の実施形態]

図 7 (A) および (B) は、本発明に係るジェットポンプの第 4 実施形態を示すものである。

【 0 0 6 5 】

この実施形態に示されたジェットポンプ 2 7 C は、駆動ノズル 8 0 とベルマウス 8 5 を改良したものであり、駆動ノズル 8 0 は複数、例えば 5 つのノズル口を備えており、他の構成および作用は、第 1 実施形態に示されたジェットポンプ 2 7 と実質的に異ならないので、共通部分には同じ符号を付して重複説明を省略する。

【 0 0 6 6 】

図 7 に示されたジェットポンプ 2 7 C は、駆動ノズル 8 0 が複数、例えば 5 つのノズル口 8 1 を備えたものである。各ノズル口 8 1 はノズル本体 8 2 の下流側に備えられるノズル先端部 8 3 の先端側に周方向に間隔を置いて形成される。駆動ノズル 8 0 のノズル先端部 8 3 は全体としてノズル先端に向かって先細のテーパ状に形成される。ノズル先端部 8 3 は途中から複数本のノズル脚部 8 4 に分岐され、各ノズル脚部 8 4 の先端にノズル口 8 1 がそれぞれ形成される。各ノズル口 8 1 はノズル先端部 8 3 の周方向に間隔を置いて配設される。

【 0 0 6 7 】

従来、図 9 に示すように、ノズル口を 5 本としたジェットポンプ 1 A は、駆動流体と被駆動流体の混合に要する流路面積が増加し、両流体の混合を促進させることができるので、図 8 に示すノズル口が 1 本のジェットポンプ 1 よりもポンプ効率 が高いと考えられていた。しかし、図 4 に示すように M 比が約 1 . 2 と低いジェットポンプについては、ノズル口を 5 本としたジェットポンプは、既存のノズル口が 1 本のジェットポンプよりも効率が低下することが実験によって確認された。これは M 比を約 1 . 2 とするために、従来の

10

20

30

40

50

M比が2.2のものよりもスロート断面積に対するノズル出口の総面積の比率が高まるために、各ノズル脚部が、その間を通過する被駆動流体にとって流動抵抗となっていることが大きな要因である。

【0068】

これに対し、図7に示された駆動ノズル80のノズル脚部84は、周囲の被駆動流体（一次冷却材）をベルマウス85にスムーズかつ円滑に案内できるように、ノズル脚部84の外表面は横断面流線形あるいは砲弾形で、駆動流体の流れに直交する面に放射状に配置される。ノズル先端部83の各ノズル脚部84をその基部からノズル先端に至るまで順次先細テーパ形状で、横断面流線形あるいは砲弾形に形成することでノズル脚部84を通る被駆動流体をベルマウス85に流路抵抗が少なく、スムーズに導くことができる。

10

【0069】

一方、スロート37に備えられるベルマウス85は、図7(B)に示すように平面視の外周縁が花びら形状に凹凸一体成形され、ノズル脚部84と同数の花びら状ガイド85aが対応して設けられる。各ノズル脚部84の先端側外接円あるいは各ノズル口81の外側を結ぶ外接円は、スロート37の口径より小さく形成される。

【0070】

駆動ノズル80の各ノズル口81は周方向に間隔を置いて設けられ、各ノズル脚部84は平断面外形形状が流線形あるいは砲弾形をなして放射状に配設されており、さらに、各ノズル口81がスロート37の口径内を臨むように駆動流体が噴射される。しかも、駆動流体の各ノズル口81からの噴射により、周辺の被駆動流体を巻き込み、巻き込まれた被駆動流体は、ノズル先端部83の各ノズル脚部84間やベルマウス85の花びら状ガイド85aに案内されて、ベルマウス85からスロート37に導かれる。

20

【0071】

このため、駆動ノズル80の各ノズル口81から噴射される駆動流体と各ノズル口81周辺から巻き込まれる被駆動流体との接触面積が増加して混合が促進される。したがって、ジェットポンプ80のポンプ効率を向上させることができる。また、被駆動流体の流路を形成する各ノズル脚部84の平断面外形形状が流線形あるいは砲弾形に形成されるので、さらに、ベルマウス85を平面視花びら形状とすることで、被駆動流体の流路面積を増加することで、低M比のジェットポンプにおいても、ノズル脚部ひいてはノズル本数の増加に伴う圧力損失の増加を軽減させることができる。

30

【0072】

駆動ノズル80の各ノズル口（ノズル本数）81の増加に伴う圧力損失の増加は、各ノズル脚部84のノズル外面を流線形に、かつベルマウス85を平面視花びら形状とすることで軽減でき、さらに、駆動ノズル80の各ノズル口81をベルマウス85の入口面から間隙Gを持たせて設けることで、駆動流体と被駆動流体の混合に要する流路面積が増加し、両流体の混合を促進させることができ、ジェットポンプ27Cのポンプ効率を向上させることができる。

【0073】

なお、符号86はベルマウス85と駆動ノズル80とを接合する支持部材であり、この支持部材86はベルマウス85の花びらガイド85a部を利用して設けられ、駆動ノズル80に一体的に取り付けられる。

40

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】本発明に係るジェットポンプを備えた沸騰水型原子炉を示す断面図。

【図2】本発明に係るジェットポンプを原子炉圧力容器内のダウンカマ部に配置する設置状態を示す斜視図。

【図3】(A)は本発明に係るジェットポンプの第1実施形態を示す簡略的な側面図、(B)は第1実施形態を示す部分的な側面図。

【図4】低流量比ジェットポンプの特性を示す図。

【図5】(A)は本発明に係るジェットポンプの第2実施形態を示す部分的な側面図、(

50

B) は図 5 (A) の V - V 線に沿う図。

【図 6】本発明に係るジェットポンプの第 3 実施形態を示す部分的な側面図。

【図 7】(A) は本発明に係るジェットポンプの第 4 実施形態を示す部分的な側面図、(B) は図 7 (A) の V I I - V I I 線に沿う平断面図。

【図 8】従来のジェットポンプを示す簡略的な側面図。

【図 9】(A) は従来のジェットポンプの他の例を示す部分的な側面図、(B) は図 8 (A) の I X - I X 線に沿う平断面図。

【図 10】高流量比ジェットポンプの特性を示す図。

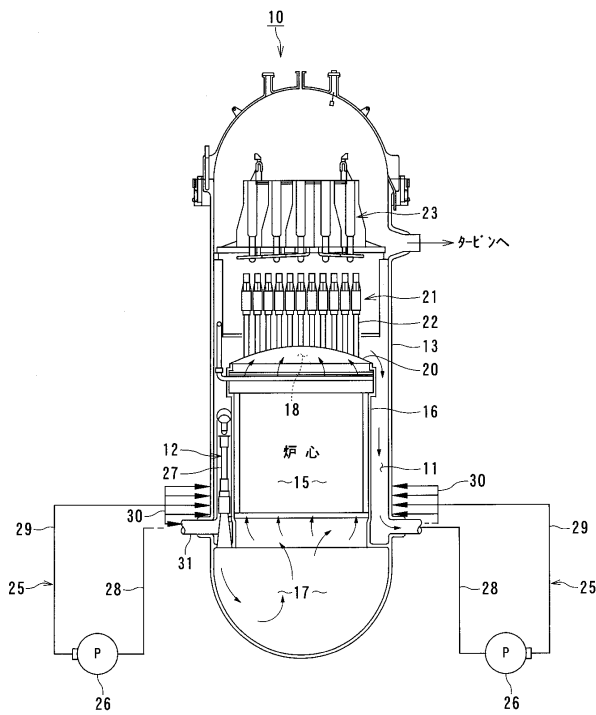
【符号の説明】

【 0 0 7 5 】

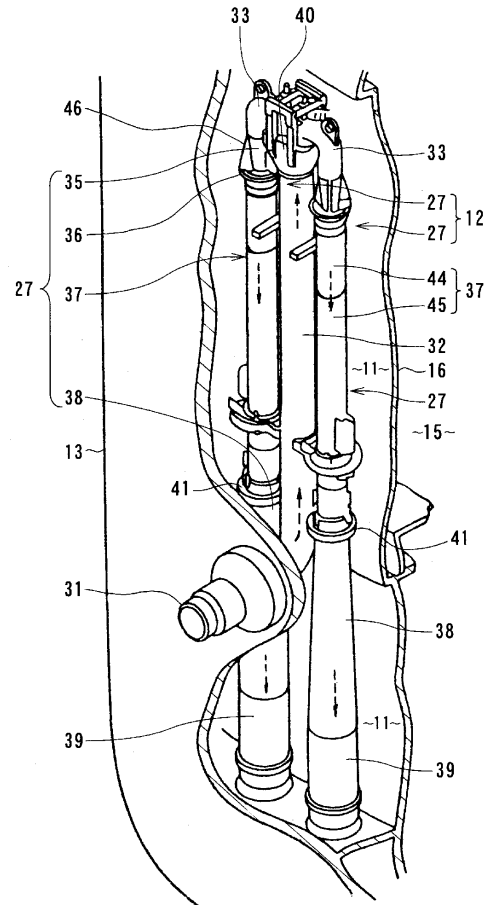
1 0	沸騰水型原子炉	10
1 1	ダウンカマ部	
1 2	ジェットポンプアセンブリ	
1 3	原子炉圧力容器	
1 5	炉心	
1 6	炉心シュラウド	
1 7	炉心下部プレナム	
1 8	炉心上部プレナム	
2 0	シュラウドヘッド	
2 1	気水分離器	20
2 2	スタンドパイプ	
2 3	蒸気乾燥器	
2 5	原子炉再循環系	
2 6	原子炉再循環ポンプ	
2 7 , 2 7 A , 2 7 B , 2 7 C	ジェットポンプ	
2 8	吸込管	
2 9	吐出管	
3 0	ヘッダ配管	
3 1	再循環入口ノズル	
3 2	ライザ管	30
3 3	1 8 0 度ベント	
3 5	駆動ノズル	
3 5 a	ノズル口	
3 6	ベルマウス	
3 7	スロート	
3 8	ディフューザ	
3 9	テールパイプ	
4 0 , 4 1	機械的嵌め合い部	
4 4	混合管部 (直管部)	
4 5	テーパ管部	40
4 6	支持部材	
4 7	ノズル本体	
4 8	ノズル先端部	
5 0	駆動ノズル	
5 1	ノズル先端部	
5 2	ノズル本体	
5 3	ノズル口	
5 4	ノズルテーパ部	
5 5	凹部	
6 0	駆動ノズル	50

- 6 1 ノズル先端部
- 6 2 ノズル本体
- 6 3 ノズル口
- 6 4 ノズルテーパ部
- 6 5 切欠溝
- 8 0 駆動ノズル
- 8 1 ノズル口
- 8 2 ノズル本体
- 8 3 ノズル先端部
- 8 4 ノズル脚部
- 8 5 ベルマウス
- 8 5 a 花びらガイド
- 8 6 支持部材

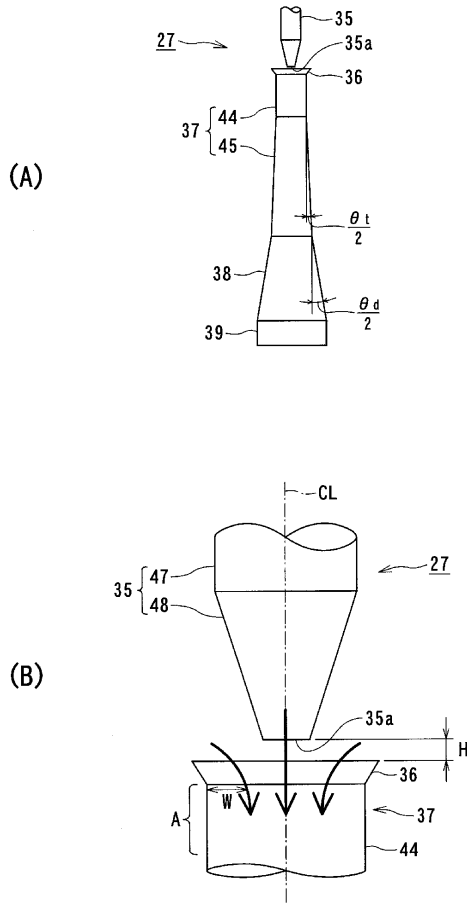
【図 1】



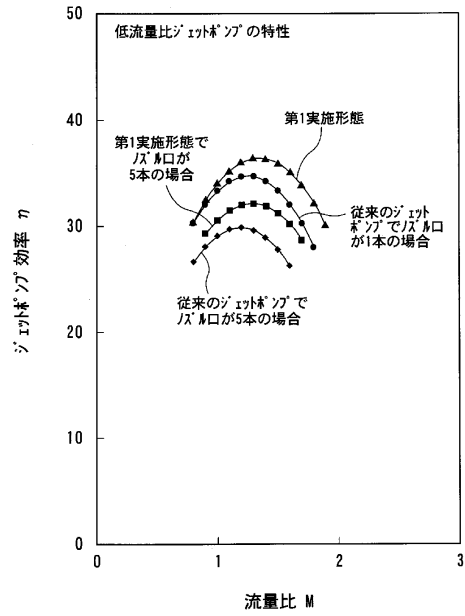
【図 2】



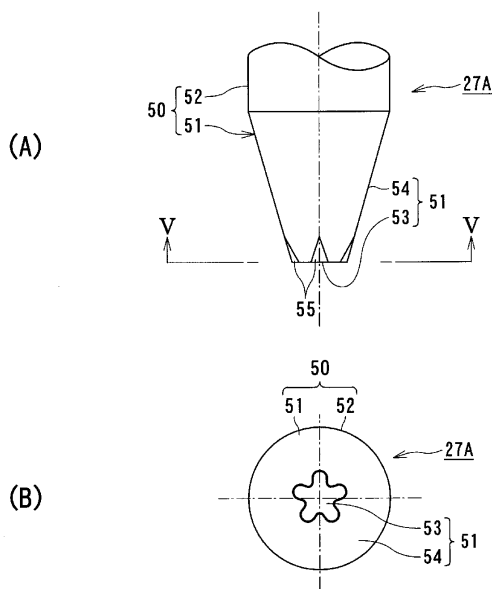
【 図 3 】



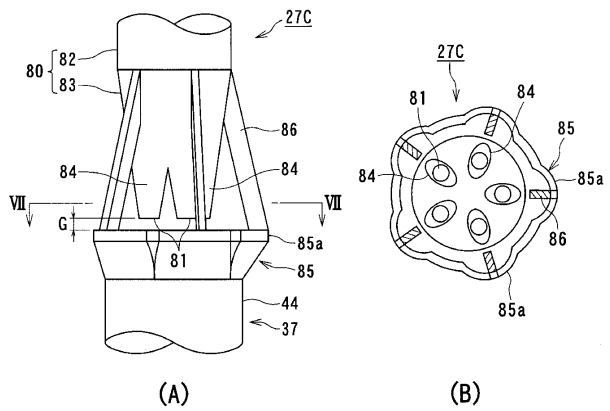
【 図 4 】



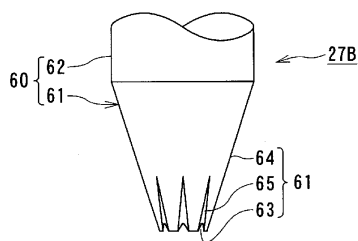
【 図 5 】



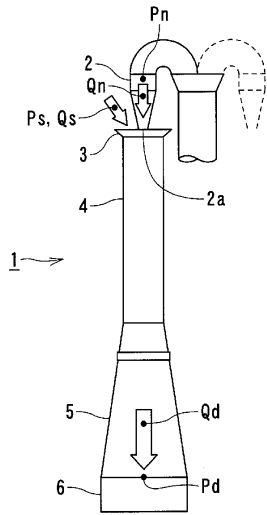
【 図 7 】



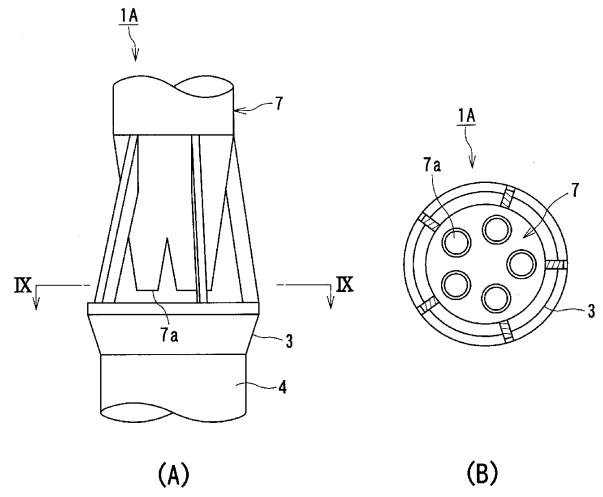
【 図 6 】



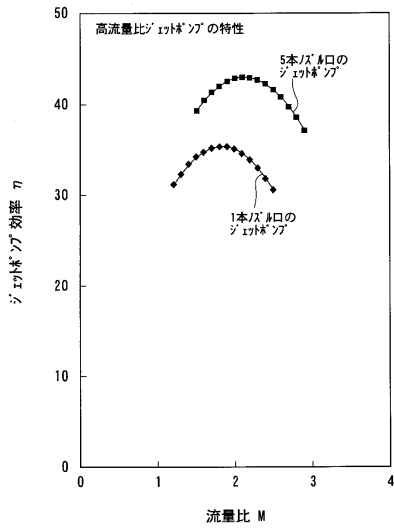
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (72)発明者 近藤 隆久
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業所内
- (72)発明者 奈良林 直
神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝 横浜事業所内
- (72)発明者 小林 秀壽
愛知県名古屋市東区東新町 1 番地 中部電力株式会社内
- (72)発明者 社河内 敏彦
三重県津市南が丘 4 丁目 1 2 の 2

合議体

- 審判長 大河原 裕
審判官 藤井 昇
審判官 神山 茂樹

- (56)参考文献 特開昭 4 9 - 1 0 0 6 0 4 (J P , A)
特開 2 0 0 2 - 3 1 1 0 0 (J P , A)
特開平 5 - 7 9 4 9 9 (J P , A)
実公昭 3 9 - 2 5 0 6 3 (J P , Y 1)
特開平 7 - 1 1 9 7 0 0 (J P , A)
特開昭 5 2 - 2 0 4 0 8 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

F04F5/10
F04F5/44-5/46