

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6989340号
(P6989340)

(45) 発行日 令和4年1月5日 (2022. 1. 5)

(24) 登録日 令和3年12月6日 (2021. 12. 6)

(51) Int. Cl.	F I
F O 2 K 9/58 (2006. 01)	F O 2 K 9/58
G O 5 D 7/06 (2006. 01)	G O 5 D 7/06 Z
G O 1 F 1/00 (2022. 01)	G O 1 F 1/00 X

請求項の数 10 外国語出願 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2017-200724 (P2017-200724)
(22) 出願日 平成29年10月17日 (2017. 10. 17)
(65) 公開番号 特開2018-119778 (P2018-119778A)
(43) 公開日 平成30年8月2日 (2018. 8. 2)
審査請求日 令和2年10月8日 (2020. 10. 8)
(31) 優先権主張番号 15/351, 062
(32) 優先日 平成28年11月14日 (2016. 11. 14)
(33) 優先権主張国・地域又は機関
米国 (US)

(73) 特許権者 500520743
ザ・ボーイング・カンパニー
The Boeing Company
アメリカ合衆国、60606-2016
イリノイ州、シカゴ、ノース・リバーサイド・プラザ、100
(74) 代理人 110002077
園田・小林特許業務法人
(72) 発明者 スウェンソン、ケヴィン
アメリカ合衆国 イリノイ 60606、
シカゴ、ノース リバーサイド プラ
ザ 100、ザ ボーイング カンパニ
ー

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 導管を通して流れる低温流体を加熱する効率を高めるためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

低温流体 (108) を加熱するためのシステム (100) であって、
導管上流端 (124) 及び導管下流端 (128) を有する流体導管 (120) であって、
前記導管上流端が、前記流体導管を通して下流方向 (138) に前記導管下流端に向か
って流れる低温流体を受けるために、低温流体源 (102) に流体連通されている、流体
導管 (120) と、
前記流体導管の下流部分に位置し、かつ前記低温流体を加熱し、結果的に前記低温流体
の一部を上流方向 (136) に流れる浮力流 (112) に変換するように構成された加熱
機構 (150) と、
前記加熱機構上流の位置で前記流体導管に装着され、前記低温流体の上流バルブ質量流
量を制御するように動作可能な上流バルブ (160) であって、前記上流バルブ質量流量
が、前記上流バルブを通して前記下流方向に流れる低温流体の上流バルブ非浮力質量流量
から、前記上流バルブを通過して前記上流方向に流れる任意の浮力流の上流バルブ浮力質
量流量を減算したものを含み、上流バルブ (160) と、
前記加熱機構の下流に位置し、前記低温流体の下流バルブ質量流量を制御するために動
作可能な下流バルブ (182) と、
上流バルブを狭められた位置 (168) に調節するように構成されたコントローラ (2
00) であって、前記狭められた位置では、
前記上流バルブ非浮力質量流量が、前記下流バルブ質量流量と実質的に一致し、

前記上流バルブは、前記浮力流が前記上流バルブを通過して前記上流方向に流れるのを少なくとも部分的に遮断する、コントローラ（２００）とを備えるシステム。

【請求項２】

前記下流方向（１３８）に沿って、前記上流バルブ（１６０）の上流バルブ開口（１６２）を通過する前記低温流体（１０８）の前記上流バルブ質量流量を測定するための上流の流量計（２０２）と、

前記下流方向に沿って、前記下流バルブ（１８２）の下流バルブ開口（１８４）を通過する前記低温流体の前記下流バルブ質量流量を測定するための下流の流量計（２０４）と、

前記上流バルブ質量流量及び前記下流バルブ質量流量を示すデータを継続的に受信するように構成され、かつ前記上流バルブ非浮力質量流量が前記下流バルブ質量流量と実質的に一致し、前記上流バルブを通過した前記浮力流（１１２）の前記流れが遮断されるように、前記上流バルブ開口を継続的に調節するように構成されたコントローラ（２００）とを更に含む、請求項１に記載のシステム（１００）。

【請求項３】

前記流体導管（１２０）に流体連通され、前記上流バルブ（１６０）と平行なバイパスバルブ（１９６）を含むバイパスレグ（１９０）と、

前記下流バルブ質量流量を示すデータを受信するように構成され、自動的に前記上流バルブを閉鎖し、前記バイパスバルブを開放し、前記低温流体（１０８）が、前記バイパスレグを通して流れ、前記上流バルブの下流に位置する熱伝達ゾーン（１５２）の前記流体導管に流れ込むように構成されたコントローラ（２００）とを更に含む、請求項１又は２に記載のシステム（１００）。

【請求項４】

前記上流バルブ（１６０）及び前記バイパスバルブ（１９６）の少なくとも１つが、完全に開放された位置又は完全に閉鎖された位置のどちらか一方に移動可能であり、かつ狭められた位置（１６８）に調節不能である開閉バルブ（１８０）として構成される、請求項３に記載のシステム（１００）。

【請求項５】

前記加熱機構（１５０）が、前記流体導管（１２０）に装着され、かつ前記流体導管及び／又は前記流体導管を通して流れる前記低温流体（１０８）を能動的に加熱するように構成された、動力加熱装置（１５４）を備える、請求項１から４の何れか一項に記載のシステム（１００）。

【請求項６】

前記上流バルブの上流の前記流体導管の導管外面の大部分が、断熱材で覆われており、前記加熱機構が、少なくとも部分的に断熱材がない状態である、前記上流バルブの下流の前記流体導管の前記導管外面を含む、請求項１から５の何れか一項に記載のシステム。

【請求項７】

低温流体（１０８）を加熱する方法（４００）であって、流体導管（１２０）において、低温流体源（１０２）に流体連通された導管上流端（１２４）で低温流体を受けること（４０２）であって、前記低温流体が、前記流体導管を通過して下流方向（１３８）に導管下流端（１２８）に向かって流れる、受けること（４０２）と、

上流バルブ（１６０）と下流バルブ（１８２）との間の前記流体導管の熱伝達ゾーン（１５２）内に位置する加熱機構（１５０）を使用して、前記低温流体を加熱すること（４０４）と、

前記低温流体を加熱した結果として、前記熱伝達ゾーン内で、前記低温流体の一部を浮力流（１１２）に変換すること（４０６）であって、前記浮力流が上流方向（１３６）に

10

20

30

40

50

流れる、変換すること(406)と、

前記上流バルブを通る前記低温流体の上流バルブ非浮力質量流量が、狭められた位置(168)で、前記下流バルブを通る前記低温流体の下流バルブ質量流量と実質的に一致するまで、コントローラ(200)を使用して、前記上流バルブを調節すること(408)と、

前記低温流体が前記下流方向の前記熱伝達ゾーンに流入する間、前記上流バルブで、前記浮力流の少なくとも一部が、前記上流バルブを通過して前記上流方向に流れるのを防止すること(410)であって、これにより、前記浮力流が前記上流バルブを通過して流れる場合にそうでなければ発生する前記低温流体からの熱損失を低減する、防止すること(410)と

10

を含む方法(400)。

【請求項8】

上流の流量計(202)及び下流の流量計(204)を使用して、前記上流バルブ(160)の上流バルブ開口(162)及び前記下流バルブ(182)の下流バルブ開口(184)をそれぞれ通って前記下流方向(138)に流れる、前記低温流体(108)の前記上流バルブ非浮力質量流量及び前記下流バルブ質量流量それぞれを測定することと、

前記コントローラ(200)で、前記上流バルブ非浮力質量流量及び前記下流バルブ質量流量を示すデータを継続的に受信することと、

前記上流バルブを通過する前記浮力流(112)の前記流れが少なくとも部分的に妨げられるように、前記コントローラを使用して、前記上流バルブ開口を継続的に調節すること(408)と

20

を更に含む、請求項7に記載の方法(400)。

【請求項9】

前記上流バルブ非浮力質量流量が前記下流バルブ質量流量と実質的に一致するまで前記上流バルブ(160)を調節すること(408)、及び前記浮力流(112)の少なくとも一部が前記上流バルブを通過して流れるのを遮断すること(410)が、

前記浮力流が前記上流バルブを通過して流れるのを遮断するために、前記コントローラ(200)を使用して、前記上流バルブを閉鎖することと、

前記コントローラを使用して、前記上流バルブと平行な、前記流体導管に流体連通されたバイパスレグ(190)のバイパスバルブ(196)を開放することと、

30

前記バイパスレグにより前記熱伝達ゾーン(152)内に前記低温流体(108)を送ることと

を含む、請求項7又は8に記載の方法(400)。

【請求項10】

前記上流バルブ(160)及び前記バイパスバルブ(196)の少なくとも1つが、完全に開放された位置又は完全に閉鎖された位置のどちらか一方に移動可能であり、かつ狭められた位置(168)に調節不能である開閉バルブ(180)として構成される、請求項9に記載の方法(400)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

40

【0001】

本開示は、一般に、低温流体に関し、より具体的には、導管を通して流れる低温流体を加熱する効率を高めるためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ある用途では、流体が導管の下流端で構成要素に流入する前に、導管を通して流れる流体を加熱する必要がある。例えば、液体推進材ロケットエンジンを有する打ち上げロケットは、エンジン始動中に点火及び燃焼の質を保証するために、エンジンセクションに流入する直前に、低温酸化剤(例えば、液体酸素- LOX)及び低温燃料(例えば、液体水素- LH_2)を加熱する必要がある。低温促進剤を加熱することは、実際、低温促進剤タン

50

クがエンジン上方に位置することから、複雑である。例えば、L O X は、エンジン上方のかなりの距離（例えば、100フィート以上）に位置するL O X タンクから比較的大きな直径の導管を通して下方に流れることがある。

【0003】

導管の比較的大きな直径とエンジン始動のための最初の低流要件が原因で、L O X は、最初は比較的ゆっくりと導管を移動している。導管外側に位置するヒータによるL O X の加熱中に、導管壁の内面に直接隣接するL O X は、導管内壁に沿って上に向かって移動する比較的低密度の浮力流に変換される一方で、残りの密度の高い加熱されたL O X は、下に向かってエンジンに流入する。導管の比較的大きな直径とL O X の比較的低い流量が原因で、上に向かって移動する浮力流は、加熱されたL O X の一部を導管を通して上方に引き寄せる。

10

【0004】

加熱されたL O X の上に向かう流れの正味の影響は、ヒータ効率の損失であり、エンジン始動のために必要とされる温度までL O X を加熱する手段として、ヒータの電力出力増加及び/又はヒータ量の増加を必要とする。残念ながら、ヒータの電力レベルが増加すると、エンジン始動システムの動作効率が低下する。ヒータの量が増加すると、打ち上げロケットのコスト及び重量が増加する。加えて、ヒータの電力密度は、L O X に追加で熱を加えることができない最大点に到達する可能性がある。更に、導管を通して上方に移動する加熱されたL O X の一部は、L O X タンクに流入し、タンクのバルク液体を加熱し、結果的に、バルク液体の密度を低下させ、これに応じて利用可能な推進剤質量を低下させる。

20

【0005】

ここから分かるように、当該技術分野において、導管を流れる低温流体を加熱する効率を高めるためのシステム及び方法が必要である。

【発明の概要】

【0006】

導管を流れる低温流体を加熱する効率を高めることに関連した上記の必要性は、実施形態で、加熱機構、上流バルブ、下流バルブ、及びコントローラを含むシステムを提供する本開示によって対処され軽減される。加熱機構は、流体導管を通して下流方向に流れる低温流体を加熱し、結果的に低温流体の一部を上流方向に移動させる浮力流に変換する。上流バルブは、加熱機構の上流に位置し、低温流体の上流バルブ質量流量を制御する。上流バルブ質量流量は、上流バルブを通して下流方向に流れる低温流体の上流バルブ非浮力質量流量から、上流バルブを通過して上流方向に流れる任意の浮力流の上流バルブ浮力質量流量を減算したものを含む。下流バルブは、加熱機構の下流に位置し、低温流体の下流バルブ質量流量を制御する。コントローラは、上流バルブを狭められた位置（choked position）に調節し、狭められた位置では、上流バルブ非浮力質量流量が、下流バルブ質量流量と実質的に一致し、上流バルブは、浮力流が上流バルブを通過して上流方向に流れるのを少なくとも部分的に遮断する。

30

【0007】

また、低温タンクと、ロケットエンジンと、低温タンクからロケットエンジンまで下流方向に流れる低温流体を伝達するための流体導管と、低温流体を加熱するためのシステムとを含む宇宙打ち上げロケットが開示される。システムは、流体導管の下流部分に位置し、かつ低温流体を加熱し、結果的に低温流体の一部を上流方向に移動する浮力流に変換する加熱機構を含む。上流バルブは、加熱機構の上流の位置で流体導管に装着され、低温流体の上流バルブ質量流量を制御するように動作可能である。下流バルブは、加熱機構の下流に位置し、低温流体の下流バルブ質量流量を制御するために動作可能である。コントローラは、上流バルブを狭められた位置に調節し、狭められた位置では、上流バルブ非浮力質量流量が、下流バルブ質量流量と実質的に一致し、上流バルブは、浮力流が上流バルブを通過して上流方向に流れるのを少なくとも部分的に遮断する。

40

【0008】

50

加えて、低温流体を加熱する方法が開示される。方法は、流体導管において、低温流体源に流体連通された導管上流端で低温流体を受けることを含む。低温流体は、流体導管を
通って、下流方向に導管下流端に向かって流れる。方法は、加えて、上流バルブと下流バルブとの間の流体導管の熱伝達ゾーン内に位置する加熱機構を使用して、低温流体を加熱
することを含む。方法はまた、低温流体を加熱した結果として、熱伝達ゾーン内で、低温
流体の一部を浮力流に変換することを含む。浮力流は、上流方向に移動する。方法は、上
流バルブを通る低温流体の上流バルブ非浮力質量流量が、狭められた位置で下流バルブを
通る低温流体の下流バルブ質量流量と実質的に一致するまで、コントローラを使用して、
上流バルブを調節することを更に含む。加えて、低温流体が下流方向の熱伝達ゾーンに流
入する間、上流バルブで、浮力流の少なくとも一部が、上流バルブを通過して上流方向に
流れるのを防止することであって、これにより、浮力流が上流バルブを通過して移動する
場合にそうでなければ発生する低温流体からの熱損失を低減する、防止することを含む
。

10

【0009】

本明細書に記載された特徴、機能及び利点は、本開示のさまざまな実施形態において独立して達成可能であり、又は、以下の説明及び図面を参照して更なる詳細が理解可能である更に他の実施形態において組み合わせられてもよい。

【0010】

本発明の開示のこれらの特徴及び他の特徴は、図面を参照すればより明確となり、これらの図面全体を通して、類似の番号は類似の部品を指す。

20

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】低温流体源に流体連結された流体導管の実施例の図であり、流体導管の下部は、上流バルブと、下流バルブと、導管の下流端を出る前に流体導管を通して流れる低温流体を加熱するための加熱機構とを備える本開示のシステムを含む。

【図2】上流バルブ、下流バルブ、及び上流バルブと下流バルブとの間の熱伝達ゾーン内で低温流体を加熱するための一又は複数の動力加熱装置からなる加熱機構を制御するためのコントローラを示す流体導管の下部の拡大図である。

【図3】加熱機構が熱伝達ゾーン内の流体導管の少なくとも一部に断熱材の欠如を含む、流体導管の例の概略図である。

30

【図4】流体導管の直径にわたって延びる回転軸周囲を回転可能なディスクを有するバタフライバルブとして構成されたバルブ（例えば、上流バルブ、下流バルブ）の例の断面図である。

【図5】図4の線5に沿ったバタフライバルブであって、完全に開放された位置にあるバタフライバルブを示す側断面図である。

【図6】図5の線6に沿ったバタフライバルブであって、完全に開放された位置にあるバタフライバルブを示す上断面図である。

【図7】狭められた位置に示された図5のバタフライバルブの上断面図である。

【図8】完全に閉鎖された位置に示された図5のバタフライバルブの上断面図である。

【図9】流体導管の直径にわたって延びる回転軸周囲を回転可能なバイザー要素を有するバイザーバルブとして構成されたバルブ（例えば、上流バルブ、下流バルブ）の例の断面図である。

40

【図10】図9の線10に沿ったバイザーバルブであって、完全に開放された位置にあるバイザーバルブを示す側断面図である。

【図11】図10の線11に沿ったバイザーバルブであって、完全に開放された位置にあるバイザーバルブを示す上断面図である。

【図12】狭められた位置に示された図10のバイザーバルブの上断面図である。

【図13】完全に閉鎖された位置に示された図10のバイザーバルブの上断面図である。

【図14】完全に開放された位置に示されたアイリスダイヤフラムバルブとして構成されたバルブ（例えば、上流バルブ、下流バルブ）の例の断面図である。

50

【図 1 5】狭められた位置に示された図 1 4 のアイリスダイヤフラムバルブの断面図である。

【図 1 6】完全に閉鎖された位置に示された図 1 4 のアイリスダイヤフラムバルブの断面図である。

【図 1 7】完全に開放された位置に示された可変開口ノズルとして構成されたバルブの断面図である。

【図 1 8】完全に開放された位置に示された図 1 7 の可変開口ノズルの側断面図である。

【図 1 9】狭められた位置に示された図 1 7 の可変開口ノズルの断面図である。

【図 2 0】狭められた位置に示された図 1 9 の可変開口ノズルの側断面図である。

【図 2 1】本開示のシステムが、上流バルブと平行なバイパスレグに装着されたバイパスバルブを更に含む、流体導管の例の概略図である。

10

【図 2 2】流体導管によってロケットエンジンに各々流体連通された低温推進剤タンクを有する打ち上げロケットの例の図である。

【図 2 3】上流バルブ、下流バルブ、及びロケットエンジン流入前に低温流体を加熱する効率を高める方法でコントローラによって制御される加熱機構を図示する図 2 2 の打ち上げロケットのエンジンセクションの拡大図である。

【図 2 4】流体導管を通して流れる低温流体を加熱する効率を高める方法に含まれうる一又は複数の工程を有するフローチャートである。

【図 2 5】加熱機構が一又は複数の動力加熱装置から成る、流体導管の例の概略図であり、完全に開放された位置にある上流バルブ、狭められた位置にある下流バルブ、及び動作停止状態の加熱装置を更に示している。

20

【図 2 6】低温流体を加熱するために作動する加熱装置、更には上流バルブを通る低温流体の上流バルブ非浮力質量流量が、下流バルブを通して低温流体の下流バルブ質量流量に実質的に一致するように、狭められた位置に調節された上流バルブを示す、図 2 5 の流体導管の概略図である。

【図 2 7】低温流体が所望の下流低温流体温度に達すると動作が停止する加熱装置、更には低温流体の質量流量の増加を促進するために、完全に開放された位置に移動した上流バルブ及び下流バルブを示す、図 2 5 の流体導管の概略図である。

【図 2 8】完全に閉鎖された位置のバイパスバルブ、及び完全に開放された位置の上流バルブを示す図 2 1 の流体導管の概略図である。

30

【図 2 9】低温流体を加熱するために作動する加熱装置、更には上流バルブが上流方向に流れる低温流体の浮力流を遮断できるようにする完全に開放された位置にあるバイパスバルブ及び完全に閉鎖された位置にある上流バルブを示す、図 2 8 の流体導管の概略図である。

【図 3 0】低温流体が所望の下流低温流体温度に達すると動作が停止する加熱装置、更には低温流体の質量流量の増加を収容するための、完全に閉鎖された位置にあるバイパスバルブ並びに各々が完全に開放された位置にある上流バルブ及び下流バルブを示す、図 2 8 の流体導管の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

40

ここから本開示の好適な種々の実施形態を図示するための図面を参照することになり、図 1 には、低温流体源 102 から低温流体受け入れ構成要素 114 まで低温流体 108 を移送するための流体導管 120 の例が示されている。流体導管 120 の下部は、上流バルブ 160、下流バルブ 182、及び上流バルブ 160 と下流バルブ 182 との間を延びる熱伝達ゾーン 152 内に位置する加熱機構 150 を含む。以下により詳しく記載されるように、上流バルブ 160、下流バルブ 182、及び加熱機構 150 は、低温流体 108 が導管下流端 128 を出て低温流体受け入れ構成要素 114 内を流れる前に、熱伝達ゾーン 152 内で低温流体 108 を効率的に加熱する方法で、上流バルブ 160、下流バルブ 182、及び加熱機構 150 を制御するためのコントローラ 200 (図 2) を含むシステム 100 の一部である。

50

【 0 0 1 3 】

図 1 及び図 2 を参照すると、上流バルブ 1 6 0、下流バルブ 1 8 2、及び加熱機構 1 5 0 は、低温流体 1 0 8 の加熱中に熱伝達ゾーン 1 5 2 内の導管壁 1 3 0 に沿って形成される低温流体 1 0 8 の浮力流 1 1 2 からの熱損失を低減又は防止するように操作される。これに関し、加熱中に、導管内面 1 3 2 に最も近い低温流体 1 0 8 は、流体導管 1 2 0 の中心に向かって位置する低温流体 1 0 8 の下流移動主流 1 1 0 より温かい。導管内面 1 3 2 に対する低温流体 1 0 8 の加熱により、以下により詳しく記載されるように、低温流体 1 0 8 が、浮力流 1 1 2 と下流方向 1 3 8 に移動する低温流体 1 0 8 のより冷たい主流 1 1 0 との間の温度誘導による密度差に起因して上流方向 1 3 6 に移動する浮力流 1 1 2 に自然に分離するようになる。本開示のシステム 1 0 0 において有利には、上流バルブ 1 6 0 は、浮力流 1 1 2 が上流バルブ 1 6 0 を通過して移動するのを防止又は遮断し、これにより下流方向 1 3 8 に移動する低温流体 1 0 8 の主流 1 1 0 からの熱損失を低減又は遮断し、結果的に低温流体 1 0 8 が加熱される効率を高めるように操作される。

10

【 0 0 1 4 】

図 1 において、流体導管 1 2 0 は、導管上流端 1 2 4 で終端する上流部分 1 2 2 と、導管下流端 1 2 8 で終端する下流部分 1 2 6 と、導管内面 1 3 2 (図 2) 及び導管外面 1 3 4 (図 2) を有する導管壁 1 3 0 とを有する。導管上流端 1 2 4 は、低温流体 1 0 8 を含む低温流体源 1 0 2 に流体連結されている。低温流体 1 0 8 は、沸点が比較的低い(例えば、1 2 0 度 K 未満)任意の種類の流体を含みうる。幾つかの例では、低温流体 1 0 8 は、液体酸素 (LOX)、液体水素 (LH₂)、液体メタン若しくは液化天然ガス (LNG)、又は打ち上げロケット 3 0 0 用のロケットエンジン 3 1 0 (図 2 2) 又は低温流体 1 0 8 を使用する任意の他の用途の低温推進剤として使用されうる、任意の他の種類の液化酸化剤及び/又は液化燃料などの液化ガスを含むがこれらに限定されない低温推進剤を含みうる。低温流体源 1 0 2 は、導管上流端 1 2 4 に連結されたタンク出口 1 0 6 (図 2 2) を有する推進剤タンク 3 0 4 (図 2 2) などの低温タンク 1 0 4 でありうる。

20

【 0 0 1 5 】

導管上流端 1 2 4 は、惑星体(例えば、地球)の重力などの加速力 1 4 0、又は低温流体 1 0 8 を流体導管 1 2 0 を通って下流方向 1 3 8 に流す任意の他の種類の加速力 1 4 0 の下、流体導管 1 2 0 を通って流れる低温流体 1 0 8 を受ける。微小重力又はゼロ重力の環境における宇宙船の例では、加速力 1 4 0 は、流体導管 1 2 0 の下流方向 1 3 8 に一般に平行な方向に、宇宙船の一又は複数のスラスタ(図示されず)を点火することによって、生成されうる。スラスタは、宇宙船の主エンジンを始動させる前の期間に点火されうる。スラスタの点火により、低温流体 1 0 8 は、下流方向 1 3 8 に沿って流体導管 1 2 0 を通って流されうる。

30

【 0 0 1 6 】

流体導管 1 2 0 は、低温流体源 1 0 2 と低温流体受け入れ構成要素 1 1 4 との間で流体導管 1 2 0 の長さ方向に沿って、一又は複数の回転 (turn) 若しくは屈曲 (bend) を有しうる。幾つかの例では、流体導管 1 2 0 の少なくとも一部は、加速力 1 4 0 の方向に一般に平行に配向されうる。幾つかの例では、流体導管 1 2 0 の少なくとも一部は、流体導管 1 2 0 の少なくとも一部が重力に平行であるという意味では、垂直に配向されうる(例えば、図 2 2)。流体導管 1 2 0 は、加速力 1 4 0 (例えば、重力)の方向のおよそ 8 0 度の範囲に配向されうる。発射台上の垂直離陸打ち上げロケット 3 0 0 (例えば、図 2 2) について、流体導管 1 2 0 の少なくとも一部は、およそ垂直に(例えば、± 1 0 度)、かつ水平よりおよそ 1 0 度以上に配向されうる。

40

【 0 0 1 7 】

打ち上げロケット 3 0 0 の例では、流体導管 1 2 0 は、低温推進剤を運ぶための推進剤供給ラインとして機能しうる。例えば、流体導管 1 2 0 は、酸化剤供給ライン又は燃料供給ラインでありうる。流体導管 1 2 0 は、円形の断面を有し、又は流体導管 1 2 0 の断面は、様々な非円形形状のうちの任意の 1 つを有し、様々なサイズの任意の 1 つで提供され

50

うる。例えば、打ち上げロケット300において、LOX用の流体導管120は、およそ12インチ以上の内径を有し得る。流体導管120の直径は、打ち上げロケット300(図22)の例におけるロケットエンジン310などの下流低温流体受け入れ構成要素114の必要な質量流量により決定されうる。

【0018】

図2は、上流バルブ160、下流バルブ182、及び加熱機構150に通信可能に接続されたコントローラ200を含む本開示のシステム100を図示する、流体導管120の下部の拡大図である。加熱機構150は、流体導管120の熱伝達ゾーン152に位置し、低温流体108を加熱するように構成されており、熱伝達ゾーン152を通過する低温流体108の増加温度に対応する徐々に濃くなる矢印として図示されている。幾つかの例では、加熱機構150は、導管壁130を加熱し、結果的に導管内面132に直接隣接する低温流体108の層が、浮力流112に変換され、上記のように、上流方向136に移動する。低温流体108の残りの部分(即ち、主流110)は、熱伝達ゾーン152を通過して、導管下流端128に向かって下流方向138に流れる。

10

【0019】

図2では、加熱機構150は、流体導管120の熱伝達ゾーン152を通過する低温流体108を能動的に加熱するための一又は複数の動力加熱装置154として構成されうる。図2に示された動力加熱装置154は、熱伝達ゾーン152の導管外面134に関連付けられ、連結され、装着され、及び/又はその周囲に位置付けられうる。1つの例では、動力加熱装置154は、流体導管120周囲で周方向に間隔が空けられ、かつ熱伝達ゾーン152の縦方向部分に沿って間隔が空けられ、又は熱伝達装置は、上流バルブ160から下流バルブ182まで熱伝達ゾーン152の全長さに沿って間隔が空けられうる。加熱装置154の総量及び各加熱装置154の熱出力能力は、低温流体108の組成、流体導管120を通る低温流体108の最大質量流量、低温流体108が熱伝達ゾーン152に沿って通過するに際し、低温流体108の温度が上昇するに違いない量、及び他の要因に依存しうる。

20

【0020】

1つの例では、加熱装置154は、導管外面134に巻かれた又は流体導管120を加熱するための導管壁130に組み込まれた一又は複数の抵抗線(図示されず)として提供されうる。別の例では、加熱装置154は、熱伝達ゾーン152に沿って導管外面134に締結された一又は複数の金属締結ヒータ(図示されず)として提供されうる。更に別の例では、加熱装置154は、赤外線加熱装置などの複数の放射加熱装置として提供されうる。放射加熱装置は、様々な構成のうちの任意の一又は複数の構成で提供されうる。1つの例では、加熱装置154は、核沸騰により低温流体108を加熱するように構成されうる。

30

【0021】

図3では、熱伝達ゾーン152の外側のセクションで断熱材156で覆われた流体導管120の例が示される。流体導管120は、熱伝達ゾーン152内で断熱材156が低減されているか、断熱材156を有していないかである。断熱材156は、導管外面134を覆うポリマースプレー式発砲体などの発砲断熱材を含みうる。代替的には又は追加的には、断熱材156は、真空ジャケット、多層断熱材、及び/又は任意の他の種類の断熱材156でありうる。熱伝達ゾーン152内で、流体導管120は、断熱材156を少なくとも部分的に欠いている、及び/又は熱伝達ゾーン内の断熱材156は、断熱材156の厚さが低減されたため及び/又は断熱材156の断熱能力が低減されたために効率が低減しうる。熱伝達ゾーン152から断熱材156を低減又は省略することによって、受動加熱機構150が提供され、導管壁130の環境加熱159が可能になり、結果的に熱伝達ゾーン152を通過する低温流体108の伝導加熱がもたらされる。

40

【0022】

なおも図3を参照すると、露出された流体導管120(例えば、非断熱)又は断熱材が

50

低減された流体導管 120 の環境加熱 159 は、周囲空気加熱、太陽放射加熱、及び / 又は熱伝達ゾーン 152 に近接して位置する構造からの放射加熱を含むがこれらに限定されない任意の数の環境加熱源（図示されず）によって提供されうる。例えば、放射加熱は、導管支持構造、タンク支持構造、ロケットエンジン 310、及び / 又は関連するエンジン構成要素によって放出されうる。断熱材 156 は、熱伝達ゾーン 152 の外側の断熱された流体導管 120 の環境加熱 159 の量に対して、熱伝達ゾーン 152 内の流体導管 120 の環境加熱 159 を増加させるように、熱伝達ゾーン 152 から局部的に低減されてもよく、又はまとめて省略されてもよい。図示されていないが、受動加熱機構 150 は、断熱材が低減されたか断熱材を含まない熱伝達ゾーン 152 が環境加熱 159 から遮蔽される遮蔽位置と、断熱材が低減されたか断熱材を含まない熱伝達ゾーン 152 が環境加熱 159 に露出される非遮蔽位置との間で熱遮蔽を移動させるためにコントローラ 200 によって制御されうる一又は複数の可動熱遮蔽をオプションで含みうる。

10

【0023】

再び図 2 を参照すると、システム 100 は、加熱機構 150 のすぐ上流の流体導管 120 に連結又は統合される上流バルブ 160 を含む。上流バルブ 160 は、上流バルブ 160 を通って下流方向 138 に流れる低温流体 108 の上流バルブ質量流量を制御するために操作される。上流バルブ質量流量は、上流バルブ 160 を通って下流方向 138 に流れる低温流体 108 の上流バルブ非浮力質量流量から、上流バルブ 160 を通過して上流方向 136 に流れる任意の浮力流 112 の上流バルブ浮力質量流量を減算したものを含む。本開示のシステム 100 及び方法において、上流バルブ 160 は、浮力流 112 が上流バルブ 160 を通過して上流方向 136 に沿って移動するのを制限、低減、又は防止するように操作される。

20

【0024】

加えて、システム 100 は、加熱機構 150 の下流に位置する下流バルブ 182 を含む。図 1 から図 3 に示される幾つかの実施形態において、下流バルブ 182 は、加熱機構 150 のすぐ下流の流体導管 120 に連結又は統合されうる。図示されない他の例では、下流バルブ 182 は、低温流体受け入れ構成要素 114 の一又は複数のバルブ、及び / 又は低温流体受け入れ構成要素 114 の下流に位置する一又は複数のバルブを含みうる。例えば、低温流体受け入れ構成要素 114 が打ち上げロケット（図 22）のロケットエンジン 310（図 22 及び図 23）である実施形態において、下流バルブ 182 は、エンジン 310 の一又は複数のバルブ（図示されず）、及び / 又はロケットエンジン 310 の下流に位置する接地システム（図示されず）の一又は複数のバルブの組み合わせを含みうる。実施形態において、下流バルブ 182 は、接地システムのエンジンブリードシステムバルブ（図示されず）を含み、エンジン点火前に低温推進剤のエンジンブリード流を管理するように操作されうる。位置に関わらず、本開示のシステム 100 の下流バルブ 182 は、下流バルブ 182 を通って下流方向 138 に流れる低温流体 108 の下流バルブ質量流量を制御するように構成される。

30

【0025】

幾つかの例では、上流バルブ 160 及び / 又は下流バルブ 182 は、可変開口バルブ 164 でありうる。可変開口バルブ 164 は、完全に開放された位置 166、完全に閉鎖された位置 170、及び完全に開放された位置 166 と完全に閉鎖された位置 170 との間の無限に多様な狭められた位置 168（例えば、部分的に開放された位置）のうちの任意の 1 つ間で調節可能である。完全に開放された位置 166 では、低温流体 108 は、可変開口バルブ 164 を通してスムーズに流れる。完全に閉鎖された位置 170 では、低温流体 108 は、可変開口バルブ 164 を通しての流れが防止される。可変開口バルブ 164 のバルブ開口は、様々な異なる開口サイズ（例えば、開口幅又は有効な開口直径）の任意の 1 つに調節されると、流体導管 120 の断面中心に対して中心に置かれた状態を維持しうる。代替的には、図 21 に示され以下に記載される本開示のシステム 100 の別の例では、上流バルブ 160 は、完全に開放された位置 166 か完全に閉鎖された位置 170 のどちらかに移動可能である、又は狭められた位置 168（例えば、部分的に開放された位

40

50

置)に調節不能である開閉バルブ180でありうる。開閉バルブ180は、あまり複雑ではなく、したがって、可変開口バルブ164よりコストがかからず、動作が簡単でありうる。

【0026】

図4から図8は、可変開口バルブ164か開閉バルブ180かのどちらかとして操作されうるバタフライバルブ210として構成されるバルブ(例えば、上流バルブ160、下流バルブ182)の例を示す。図4は、バタフライバルブ210の直径方向に対向する側面の間を延びるシャフト214に連結されうるディスク212を含むバタフライバルブ210の断面図である。バタフライバルブ210は、シャフト214を回転させるためのアクチュエータ224を含みうる。ディスク212は、実質的に流体導管120の導管内面132の直径に相当するバルブ本体(図示されず)の内径に補完的にサイズ決定及び構成されうる。バタフライバルブ210が完全に閉鎖された位置170にある場合(図8)、ディスク212のエッジは、バルブ内面(図示されず)に対して密閉され、これにより低温流体108のバタフライバルブ210を通る流れが防止される。

10

【0027】

図5は、完全に開放された位置166にあるバタフライバルブ210の側断面図であり、図示された例では円形を有するディスク212の外形が示されている。シャフト214は、流体導管120の直径方向に対向する側面に位置する一対の軸受によって支持される。図6は、一般に、低温流体108がバタフライバルブ210を通して無制限に流れることができるようにする、完全に開放された位置166にあるバタフライバルブ210を示す。図7は、狭められた位置168にあるバタフライバルブ210を示しており、ディスク212は、バタフライバルブ210の軸に対して非平行かつ非垂直に配向されており、これにより、バタフライバルブ210を通る低温流体108の流れが少なくとも部分的に遮断される。図8は、完全に閉鎖された位置170にあるバタフライバルブ210を示し、ここではバタフライバルブ210を通る低温流体108の流れが完全に遮断されている。アクチュエータ224は、シャフト214を旋回軸216周囲で回転させ、完全に開放された位置166、完全に閉鎖された位置170、又は無限に多様な狭められた位置168の任意の1つの間でディスク212の配向を変更するようコントローラによって命令されうる。

20

30

【0028】

図9から図13は、可変開口バルブ164か開閉バルブ180かのどちらかとして操作されうるバイザーバルブ218として構成されるバルブ(例えば、上流バルブ160、下流バルブ182)の例を示す。図9は、バイザー要素220を含みうるバイザーバルブ218の断面図である。一対のバイザー装着アーム222は、バイザー要素220を、バイザーバルブ218の直径にわたって延びるシャフト214に連結させうる。バイザーバルブ218は、コントローラ200からの命令に応じて、バイザー要素220の配向を変更するためにシャフト214を回転させるためのアクチュエータ224を更に含みうる。これについて、バイザー要素220は、完全に開放された位置166、完全に閉鎖された位置170、又は無限に多様な狭められた位置168の任意の1つの間を移動し得る。

40

【0029】

図10は、完全に開放された位置166にあるバイザーバルブ218の側断面図であり、シャフト214に装着されたバイザー要素220を更に示している。図11は、アーチ形のバイザー要素220の例を示すバイザーバルブ218の上断面図である。バイザー要素220が完全に開放された位置166にあるとき、バイザー要素220は、回転してバルブハウジング226の空洞に入り、低温流体108は、バイザーバルブ218を通して無制限に流れることができるようになる。図12は、狭められた位置168にあるバイザーバルブ218を示し、この場合、バイザーバルブ218を通る低温流体108の流れは、部分的に防止又は遮断されている。図13は、完全に閉鎖された位置170にあるバイ

50

ザーバルブ 218 を示しており、この場合、バイザー要素 220 は、低温流体 108 のバイザーバルブ 218 を通る流れを防止するように、バイザーバルブ 218 に密閉されている。

【0030】

図 4 から図 13 は、様々なバルブ構成の任意の 1 つについての 2 つの例を示しており、その中で、バルブ開口は、狭められた位置 168 (例えば、部分的に開放された位置)にあるときには中心に置かれておらず、狭められた位置 168 に対するサイズ及びバルブ開口の調節中に中心に置かれていない状態が維持される。例えば、図 4 から図 8 に示される上記バタフライバルブ 210 は、ディスク 212 が図 7 に示されるように狭められた位置 168 にあるとき、ディスク 212 の直径方向に対向する側面に開口を提供する。同様に、図 9 から図 13 に示される上記バイザーバルブ 218 は、バイザー要素 220 が図 12 に示されるように狭められた位置 168 にあるとき、中心に置かれていない開口を有する。しかしながら、上流バルブ 160 の中心に置かれていない開口は、浮力流 112 の少なくとも一部を防止又は遮断しうる。例えば、バタフライバルブ 210 又はバイザーバルブ 218 が狭められた位置 168 にあるとき、ディスク 212 (図 7) 又はバイザー要素 220 (図 12) のそれぞれの少なくとも一部は、バルブ内面 (図示されず) に近接するか直接的に接触し、これにより、周囲に位置する浮力流 112 の少なくとも一部を遮断しうる。これに関し、中心に置かれていない開口は、浮力流 112 を直接、物理的に遮断することはないが、狭められた位置 168 は、結果的に上流バルブ 160 を通して断面流面積を低減し、上流バルブ 160 を通って下流方向 138 に移動する速度の増した低温流体 108 が、周囲に位置する浮力流 112 と混合又は相互作用し、これによって浮力流 112 が上流バルブ 160 の上流を通過するのを克服及び/又は防止する点まで、低温流体 108 の速度を増加させうる。

【0031】

図 14 から図 16 は、可変開口バルブ 164 か開閉バルブ 180 かのどちらかとして操作されうるアイリスダイヤフラムバルブ 172 として構成された可変開口バルブ 164 の例を示す。図示された例において、アイリスダイヤフラムバルブ 172 は、流体導管 120 の導管軸 (図示されず) に対して横に配向された平面 (図示されず) 内で各々が旋回可能である一組の重なるリーフ 174 を有している。図 14 は、完全に開放された位置 166 にあるアイリスダイヤフラムバルブ 172 を示す。図 15 は、狭められた位置 168 (例えば、部分的に開放された位置)にあるアイリスダイヤフラムバルブ 172 を示す。図 16 は、完全に閉鎖された位置 170 にあるアイリスダイヤフラムバルブ 172 を示す。アイリスダイヤフラムバルブ 172 が、コントローラ 200 によってバルブ開口のサイズを変更するように命令されると、アイリスダイヤフラムバルブ 172 のリーフ 174 は、同じ量だけ各々が旋回し、よってバルブ開口は、有利には、バルブ開口のサイズに関わらず、流体導管 120 の断面中心に対して中心に置かれた状態を維持する。

【0032】

図 17 から図 19 は、また可変開口バルブ 164 か開閉バルブ 180 かのどちらかとして操作されうる可変開口ノズル 176 として構成された可変開口バルブ 164 の例を示す。図示された例では、可変開口ノズル 176 は、流体導管 120 の導管軸に対して横に配向された平面に入射する軸周囲を各々が旋回可能である一組の重なるペタル 178 を有している。図 17 は、完全に開放された位置 166 にある可変開口ノズル 176 を示す。図 18 は、完全に開放された位置 166 にある可変開口ノズル 176 の側断面図である。図 19 は、狭められた位置 168 にある可変開口ノズル 176 を示す。図 20 は、狭められた位置 168 にある可変開口ノズル 176 の側断面図である。可変開口ノズル 176 が、コントローラ 200 によってバルブ開口のサイズを変更するように命令されると、可変開口ノズル 176 のペタル 178 は、同じ量だけ各々が旋回し、よってバルブ開口は、有利には、バルブ開口のサイズに関わらず、導管の断面中心に対して中心に置かれた状態を維持する。

【 0 0 3 3 】

図 1 4 から図 2 0 は、バルブ開口が、バルブ開口のサイズに関わらず、流体導管 1 2 0 内で中心に置かれた状態を維持する様々なバルブ構成の 2 つの例を示す。上流バルブ 1 6 0 が狭められた位置 1 6 8 にあるとき、上流バルブ開口 1 6 2 を中心に維持することにより、上流バルブ 1 6 0 を通る低温流体 1 0 8 の流れが流体導管 1 2 0 内で中心に置かれる一方で、上流バルブ 1 6 0 は、同時に、周辺に位置する浮力流 1 1 2 の上流バルブ 1 6 0 を通過して上流方向 1 3 6 への移動を防止又は遮断し、これにより、熱伝達ゾーン 1 5 2 内の低温流体 1 0 8 からの熱損失を回避し、加熱機構 1 5 0 の加熱効率を高める。

【 0 0 3 4 】

図 2 を再び参照すると、システム 1 0 0 は、上流バルブ 1 6 0、下流バルブ 1 8 2 に通信可能に接続され、加えて加熱機構 1 5 0 に通信可能に接続されうるコントローラ 2 0 0 を含む。コントローラ 2 0 0 は、人が介入又は監視することなく、上流バルブ 1 6 0、下流バルブ 1 8 2、及び加熱機構 1 5 0 を制御するように構成されたコンピュータシステム（例えば、地上ベース又は車両ベース）の一部でありうる。実施形態では、コントローラ 2 0 0 は、上流バルブ 1 6 0 を狭められた位置 1 6 8 に調節するように構成されており、狭められた位置で、（ 1 ）上流バルブ非浮力質量流量は、下流バルブ質量流量と実質的に一致し、（ 2 ）上流バルブ 1 6 0 は、浮力流 1 1 2 が上流バルブ 1 6 0 を通過して上流方向 1 3 6 に流れるのを少なくとも部分的に防止、遮断、又は阻止する。狭められた位置 1 6 8 の上流バルブ 1 6 0 による浮力流 1 1 2 の部分的遮断は、上流バルブ 1 6 0 が存在しなければ、熱伝達ゾーン 1 5 2 から外へ、可能であれば導管上流端 1 2 4 から外へ流れるだろう浮力流 1 1 2 の量に対して、上流バルブ 1 6 0 を通過して熱伝達ゾーン 1 5 2 から外へ移動する浮力流 1 1 2 の量を低減すること（例えば、少なくとも 5 0 パーセント）を含みうる。上記のように、狭められた位置 1 6 8 の上流バルブ 1 6 0 は、有利には、浮力流 1 1 2 が、低温流体 1 0 8 の加熱された主流 1 1 0 の一部を上流バルブ 1 6 0 を通過して上流方向 1 3 6 に引き寄せるのを低減又は防止し、不所望にも、加熱機構 1 5 0 の加熱効率を低減することになるだろう。

【 0 0 3 5 】

図 2 及び図 3 を参照すると、システム 1 0 0 は、上流の流量計 2 0 2、下流の流量計 2 0 4、及び / 又は温度センサ 2 0 6 を含みうる。上流の流量計 2 0 2 は、上流バルブ 1 6 0 の上流バルブ開口 1 6 2 を通って下流方向 1 3 8 を通過する低温流体 1 0 8 の上流バルブ非浮力質量流量を測定するように構成されうる。下流の流量計 2 0 4 は、下流バルブ 1 8 2 の下流バルブ開口 1 8 4 を通って下流方向 1 3 8 を通過する低温流体 1 0 8 の下流バルブ質量流量を測定するように構成されうる。上流の流量計 2 0 2 及び / 又は下流の流量計 2 0 4 は、ベンチュリ流量計、タービン流量計、超音波流量計、差圧流量計、又は様々な他の種類の質量流量計のうちの任意のものとして構成されうる。

【 0 0 3 6 】

コントローラ 2 0 0 は、低温流体 1 0 8 の上流バルブ質量流量及び下流バルブ質量流量それぞれを示す上流の流量計 2 0 2 及び下流の流量計 2 0 4 からデータを受信しうる。上記のように、下流バルブ質量流量は、下流バルブ 1 8 2 を通過する低温流体 1 0 8 の質量流量を示しうる。代替的には、下流バルブ質量流量は、導管下流端 1 2 8 から出る低温流体 1 0 8 の質量流量、又は下流バルブ 1 8 2 と導管下流端 1 2 8 との間の流体導管 1 2 0 の下流部分 1 2 6 の任意の位置における低温流体 1 0 8 の質量流量を示しうる。更なる実施形態では、下流バルブ質量流量は、導管下流端 1 2 8 の下流の任意の位置を含む、下流バルブ 1 8 2 の下流の任意の位置における低温流体 1 0 8 の質量流量を示しうる。下流バルブ質量流量を示すデータの受信に応じて、コントローラ 2 0 0 は、上流バルブ 1 6 0 が存在しなければ、導管上流端 1 2 4 から外へ（例えば、同伴主流 1 1 0 と共に）流れるだろう浮力流 1 1 2 に対して、上流バルブ 1 6 0 を通過して浮力流 1 1 2 の移動が防止されるように、上流バルブ 1 6 0 を（例えば、狭められた位置 1 6 8 に）自動的に（例えば、人が介入せずに）調節しうる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

これに関し、コントローラ 2 0 0 は、完全に開放された位置 1 6 6 から、低温流体 1 0 8 の最初の低い質量流量の部分的に開放された位置と説明される狭められた位置 1 6 8 まで、上流バルブ開口 1 6 2 のサイズを最初に調節しうる。以下でより詳しく記載される打ち上げロケット 3 0 0 (図 2 2 及び図 2 3) の例では、外部システム (図示されず) からの命令に応じて、コントローラ 2 0 0 は、エンジン始動ボックス要件に基づき、上流バルブ開口 1 6 2 及び下流バルブ開口 1 8 4 のサイズを調節しうる。以下に記載されるように、実際の低温流体温度がエンジン始動ボックス要件毎に所望の低温流体温度まで加熱されるとき、下流バルブ 1 8 2 及び上流バルブ 1 6 0 は各々、低温流体 1 0 8 のロケットエンジン 3 1 0 への質量流量増加を促進するために、狭められた位置 1 6 8 から完全に開放された位置 1 6 6 まで移動する。上流バルブ 1 6 0 及び下流バルブ 1 8 2 が完全に開放された位置 1 6 6 にあると、最初に低い質量流量下の浮力流 1 1 2 により上流に引き寄せられるだろう任意の温められた低温流体 1 0 8 は、増加した質量流量下の下流移動低温流体 1 0 8 と同伴又は混合されるようになり、よって上流バルブ 1 6 0 を狭められた位置 1 6 8 に維持し、浮力流 1 1 2 を遮断することは、もはや不要となる。

10

【 0 0 3 8 】

温度センサ 2 0 6 は、下流バルブ 1 8 2 又は導管下流端 1 2 8 などの流体導管 1 2 0 の下流部分 1 2 6 で、低温流体 1 0 8 の実際の低温流体温度を測定するように構成されうる。温度センサ 2 0 6 は、低温流体 1 0 8 の実際の低温流体温度を測定し、実際の低温流体温度を示すデータをコントローラ 2 0 0 に送信することができるように、流体導管 1 2 0 に装着、連結、配置、又は関連付けられうる。コントローラ 2 0 0 は、実際の低温流体温度を示すデータを受信し、温度データに基づき、実際の低温流体温度を、実質的に所望の低温流体温度の所定の範囲内 (例えば、2 0 % 以内) に維持するように、加熱機構 1 5 0 の熱 1 5 8 出力を制御するように構成される。ロケットエンジン 3 1 0 の例では、実際の低温流体温度が、エンジン始動ボックス要件毎に、所望の低温流体温度の所望の範囲 (例えば、 ± 2 度 R) 内に維持されるように、コントローラ 2 0 0 は、加熱機構 1 5 0 の熱 1 5 8 出力を調節するよう構成されうる。始動ボックス要件は、エンジン始動用推進剤の温度及び圧力の範囲 (例えば、最大値及び最小値) として記載されうる。

20

【 0 0 3 9 】

代替的には、加熱機構 1 5 0 が断熱材 1 5 6 (図 3) が低減されたり断熱材 1 5 6 を含まない熱伝達ゾーン 1 5 2 の流体導管 1 2 0 の縦方向セクションの環境加熱 1 5 9 (図 3) を含む場合のシステム 1 0 0 の構成について、コントローラ 2 0 0 は、上流バルブ 1 6 0 を狭められた位置 1 6 8 に調節し、結果的に、環境加熱 1 5 9 が、実際の低温流体温度を実質的に所望の低温流体温度に維持できるようにする上流バルブ質量流量をもたらす。例えば、実際の低温流体温度 (例えば、温度センサ 2 0 6 により測定される) が所望の低温流体温度より上昇する場合、コントローラ 2 0 0 は、より多くの浮力流 1 1 2 が、上流バルブ 1 6 0 を通過して上流方向 1 3 6 に逃げられるような効果を有する上流バルブ開口 1 6 2 のサイズを増加させ、下流方向 1 3 8 の低温流体 1 0 8 に混合される熱量を低下させ、よって温度センサ 2 0 6 により測定される低温流体 1 0 8 の温度を低下させうる。逆に、実際の低温流体温度が所望の低温流体温度より下降する場合、コントローラ 2 0 0 は、上流バルブ 1 6 0 を通過して上流方向 1 3 6 に逃げる浮力流 1 1 2 の量を低下させる効果を有する上流バルブ開口 1 6 2 のサイズを縮小し、下流方向 1 3 8 の低温流体 1 0 8 に混合される熱量を増加させ、よって温度センサ 2 0 6 により測定される低温流体 1 0 8 の温度を増加させうる。

30

40

【 0 0 4 0 】

図 2 を参照すると、上記のように、コントローラ 2 0 0 は、下流バルブ 1 8 2 を自動的に制御し、低温流体 1 0 8 の所望の下流バルブ質量流量を満たし、熱伝達ゾーン 1 5 2 を通って低温流体 1 0 8 の速度を結果的に増加させる狭められた位置 1 6 8 に、下流バルブ開口 1 8 4 のサイズを調節する (例えば、縮小する) ように構成されうる。加えて、上流

50

バルブ 160 は、低温流体 108 を一般に中心に置かれた主流 110 として熱伝達ゾーン 152 内に及び / 又は熱伝達ゾーン 152 を通って流す、中心に位置する上流バルブ開口 162 を有する可変開口バルブ 164 でありうる。一般に中心に位置する主流 110 の増加速度により、周囲に位置しゆっくり移動する浮力流 112 は、主流 110 内に同伴又は混合されるようになり、低温流体 108 の温度を増加させ、これにより、加熱機構 150 が低温流体 108 を加熱する効率が高まりうる。増加した熱効率により、コントローラ 200 は、加熱機構 150 の熱 158 出力を低減することができ、及び / 又は加熱装置 154 の量及び / 又は熱出力定格 (heat - output - rating) を低減することができる。

【0041】

所望の低温流体温度 (例えば、ロケットエンジン 310 のエンジンインターフェース 312 での始動ボックス温度) にいったん到達すると、コントローラ 200 が、流量を増加するよう命令されると (例えば、事前のプログラミングを介して、又は外部命令システムからの手動命令を介して)、コントローラ 200 は、加熱機構 150 を動作停止し、下流バルブ 182 及び上流バルブ 160 を完全に開放された位置 166 に調節しうる。加熱機構 150 が動作停止されるため、かつ流量が増加するため、そうでなければその代わりに浮力流 112 内に向きを変えるだろう任意の温かい低温流体 108 は、下流方向 138 に移動するより速く移動している主流 110 内に同伴されるようになり、よって上流バルブ 160 が浮力流 112 の流れを遮断することは、もはや不要になる。上流バルブ 160 及び下流バルブ 182 は、完全に開放された位置 166 に移動し、低温流体 108 がロケットエンジン 310 に完全に流れるようにする一方で、加熱機構 150 は、動作が停止された状態を維持するか、又は低温流体 108 に熱 158 がほとんど又は全く印加されないように操作される。

【0042】

図 21 は、本開示のシステム 100 の例の概略図であり、流体導管 120 は、上流バルブ 160 に平行に配置されたバイパスレグ 190 に装着されたバイパスバルブ 196 を含む。バイパスレグ 190 は、バイパスレグ上流端 192 及びバイパスレグ下流端 194 を有している。バイパスレグ上流端 192 は、上流バルブ 160 のすぐ上流の位置で、流体導管 120 に流体連通されている。バイパスレグ下流端 194 は、上流バルブ 160 のすぐ下流の位置で、流体導管 120 に流体連通されている。上流バルブ 160 及び / 又はバイパスレグ 190 は、完全に開放された位置 166 か完全に閉鎖された位置 170 かのどちらかに移動可能であり、狭められた位置 168 に対して調節不能である開閉バルブ 180 として構成されうる。上記のように、開閉バルブ 180 は、あまり複雑ではなく、したがって、可変開口バルブ 164 よりコストがかからず、動作が簡単でありうる。代替的には、上流バルブ 160 及び / 又はバイパスバルブ 196 は、開閉バルブ 180 として操作される可変開口バルブ 164 として提供され、可変開口バルブ 164 は、完全に開放された位置 166 か完全に閉鎖された位置 170 かのどちらかに移動可能である。

【0043】

図 21 のシステム 100 の実施形態では、コントローラ 200 は、下流バルブ質量流量を示すデータを受信し、上流バルブ 160 を完全に閉鎖された位置 170 に自動的に調節し、バイパスバルブ 196 を完全に開放された位置 166 に調節し、上流バルブ 160 の上流の低温流体 108 をバイパスレグ 190 内に迂回させ、上流バルブ 160 のすぐ下流の流体導管 120 に再び流れ込むようにする。有利には、完全に閉鎖された上流バルブ 160 は、熱伝達ゾーン 152 内に形成される任意の浮力流 112 にバリアを形成し、これにより、そうでなければ、浮力流 112 が上流バルブ 160 を通過して移動することができた場合に発生するだろう熱損失を防止する。

【0044】

図 21 では、幾つかの実施例において、バイパスレグ 190 は、最初の低い質量流に

10

20

30

40

50

対して必要な下流バルブ質量流量を補完するようにサイズ決定される断面積を有しうる。例えば、以下に記載される打ち上げロケット300（図22及び図23）の例では、バイパスレグ190の断面積は、エンジン始動前にエンジンの熱的調整に対して必要な下流バルブ質量流量に基づいてもよい。エンジン点火の直前に、バイパスバルブ196は完全に閉鎖された位置170に移動し、下流バルブ182及び上流バルブ160は、完全に開放された位置166に移動し、質量流量の増加が促進され、低温促進剤をロケットエンジン310に完全に流すことができる。上流バルブ160及び下流バルブ182が完全に開放された位置166にあり、低温流体108が増加した質量流量で流れている際に、そうでなければ最初に低い質量流量で上流に移動するだろう任意の温められた低温流体108は、ここで速度が増加した下流に移動する低温流体108と混合され、よって浮力流112を遮断する目的で上流バルブ160を閉鎖位置に維持することは、もはや不要である。

10

【0045】

図22は、ペイロード302を地球周回軌道などの宇宙に打ち上げるための打ち上げロケット300の例を示す。打ち上げロケット300は、燃焼チャンバ314及びエンジンノズル316を有する液体推進剤ロケットエンジン310を含むエンジンセクションを有している。加えて、打ち上げロケット300は、燃料タンク308及び酸化剤タンク306を含む一対の低温推進剤タンク304を有している。燃料タンク308は、液体水素（ LH_2 ）などの低温燃料を包含しうる。酸化剤タンク306は、液体酸素（ LOX ）などの酸化剤を包含しうる。流体導管120は、酸化剤タンク306をロケットエンジン310のエンジンセクションに流体連通させ、別の流体導管120は、燃料タンク308をロケットエンジン310のエンジンセクションに流体連通させる。

20

【0046】

図23には、上流バルブ160と熱伝達ゾーン152内に位置する加熱機構150とを含む流体導管120の各々の下流部分126が示されている。図23は、加熱機構150のすぐ下流の流体導管に装着された下流バルブ182を示しているが、下流バルブ182は、導管下流端128の下流に位置する一又は複数のバルブ（図示されず）を含みうる。例えば、下流バルブ182は、上記のように、ロケットエンジン310のバルブ（図示されず）、及び/又は接地システムのエンジンブリードシステムバルブ（図示されず）などのロケットエンジン310の下流に位置する一又は複数のバルブ（図示されず）の組み合わせを含みうる。

30

【0047】

図23の例では、各流体導管120の下流部分126は、ロケットエンジン310のエンジンセクションに流体連通されている。例えば、導管下流端128は、ターボポンプなどのポンプ（図示されず）、燃焼チャンバ314若しくは事前燃焼チャンバ、又は別のエンジン構成要素に流体連通されうる。加熱機構150は、低温流体108が熱伝達ゾーン152を流れる際に、低温流体108（例えば、 LH_2 、 LOX ）を加熱するように構成される。例えば、酸化剤タンク306から流れる LOX は、最初に163Rの温度でエンジンセクションに流入し、 $21bm/s$ のエンジンブリード質量流量で流れうる。しかしながら、エンジン始動ボックス要件は、 LOX が168Rの温度でエンジンセクションに流入することを必要とする。163Rから168Rまでの5Rだけ LOX の温度を増加させるために、 $5BTU/s$ の熱を LOX に印加しなければならない。熱158は、熱伝達ゾーン152に沿って位置する外部の加熱装置154を使用して印加されうる。加熱装置154は、エンジン始動前に一定期間（例えば、およそ1時間）作動しうる。

40

【0048】

加熱装置154が熱伝達ゾーン152内の導管内面132と接触する LOX の層を温めると、 LOX の温められた層は、浮力流112として上流に移動する傾向がある。加熱された LOX の残りの部分又は主流110は、エンジンブリード流に起因し、エンジンセクション内に引き下げられる。浮力流112のため主流110からの熱損失を防止すること

50

なく、加熱装置 154 は、加熱装置 154 の電力 (power) によって分割されるエンジンブリード質量流量の比率に基づき、約 20 ~ 80 % の加熱非効率を有し得る。5R だけ LOX の温度を増加させるために 5 BTU / s が必要とされる上記例について、20 ~ 80 パーセントの加熱非効率は、流体導管 120 に印加しなければならない 6 . 25 ~ 25 BTU / s の総電力に相当する。言い換えれば、そうでなければ、浮力流 112 のため熱損失が存在しなかった場合に必要とされるだろうよりも 1 . 25 ~ 5 倍多い電力が、LOX を加熱するのに必要とされる。上記のように、浮力流 112 に起因する熱損失により、不所望にも、酸化剤タンク 306 のバルク LOX の密度を低下させることもあり、結果的に、打ち上げロケット 300 に対して利用可能な推進剤質量を低下させ、軌道内に打ち上げることができるペイロード 302 の量もそれに応じて低下する。

10

【 0049 】

有利には、本開示のシステム 100 は、加熱機構 150 のすぐ上流に位置する上流バルブ 160 を使用して浮力流 112 を遮断することによって、LOX からの熱損失を低減又は防止する。例えば、本開示のシステム 100 は、各々が最初に完全に開放された位置 166 にある、上流バルブ 160 及び下流バルブ 182 を含む。LOX の加熱を開始するために加熱装置 154 を作動させると、コントローラ 200 はまた、下流バルブ 182 に、完全に開放された位置 166 から、エンジンブリード質量流量に対応する狭められた位置 168 まで移動するように命令する。加えて、コントローラ 200 は、上流バルブ 160 に、完全に開放された位置 166 から、上流バルブ非浮力質量流量が下流バルブ質量流量に実質的に一致する (例えば、30 パーセント以内) 狭められた位置 168 まで移動するように命令する。

20

【 0050 】

上流バルブ 160 を狭められた位置 168 に調節することにより、上流バルブ 160 を通って流れる LOX の速度を増加させる。LOX の速度増加により、浮力流 112 が上流バルブ 160 を通過して移動するのを低減又は防止し、加熱装置 154 の加熱効率が著しく高められる。加えて、部分的に開放された上流バルブ 160 の下面は、浮力流 112 の少なくとも一部の上流への移動を防止又は遮断しうる。質量流量が許容される例では、上流バルブ 160 は、上記例において、加熱効率を 1 . 25 ~ 5 倍ほど増加させるだろうすべての浮力流 112 を完全に遮断する狭められた位置 168 に調節されうる。更に、環境源からの LOX の加熱 (例えば、近接する構成要素からの放射加熱) は、そうでなければ浮力流 112 のため失われるのだが、熱伝達ゾーン 152 内で捕捉され、加熱効率を更に高めるだろう。加熱効率の全体的な向上により、加熱装置 154 の電力出力が低下することで、LOX の 5R の温度増加が実現可能となり、同一の電力出力を使用する加熱装置 154 は僅かである。

30

【 0051 】

図 24、加えて図 25 から図 27 を参照すると、流体導管 120 を通って流れる低温流体 108 を加熱する効率を高める方法 400 に含まれうる一又は複数の工程を有するフローチャートが図 24 に示される。方法 400 は、ロケット打ち上げの用途 (例えば、図 22 及び図 23) に照らして、より具体的には、コントローラ 200 (例えば、図 2)、上流バルブ 160、下流バルブ 182、及び上流バルブ 160 と下流バルブ 182 との間の熱伝達ゾーン 152 内に位置する加熱機構 150 を含む本開示のシステム 100 を使用してロケットエンジン 310 を始動させる準備に向け、低温流体 108 (例えば、低温酸化剤又は低温燃料) を加熱することに照らして、説明される。図 25 は、複数の動力加熱装置 154 から成る加熱機構 150 の例を示す。図 24 の方法 400 において、上流バルブ 160 (図 25) は、最初は完全に開放された位置 166 にありうる。下流バルブ 182 (図 25) は、コントローラ 200 によって、下流バルブ 182 を通る低温流体 108 の所望の下流バルブ質量流量を満たす狭められた位置 168 に自動的に調節されうる。幾つかの例では、コントローラ 200 は、事前にプログラムされた打ち上げ手順の打ち上げ段階に基づき、下流バルブ 182 を調節しうる。他の例では、コントローラ 200 は、下流バルブ 182 を狭められた位置 168 に調節するように手動で命令されてもよい。下流バ

40

50

ルブ１８２の狭められた位置１６８は、下流バルブ質量流量が実質的にエンジンブリード流に相当するようなものであってもよい。加熱機構１５０（図２５）は、加熱機構１５０によって熱伝達ゾーン１５２を通過する低温流体１０８に、熱１５８がほとんど又は全く供給されないような状態（例えば、動作停止状態）にあってもよい。

【００５２】

方法４００のステップ４０２は、流体導管１２０において、低温推進剤タンク３０４などの低温流体源１０２に流体連結された導管上流端１２４で、低温流体１０８を受けることを含む。図２５に示されるように、低温流体１０８は、加速力１４０（例えば、重力）下で、流体導管１２０を通り、導管下流端１２８に向かって下流方向１３８に、ロケットエンジン３１０（図２３）のエンジンセクションなどの低温流体受け入れ構成要素１１４

10

【００５３】

方法４００のステップ４０４は、熱伝達ゾーン１５２内に位置する加熱機構１５０を使用して、低温流体１０８を加熱することを含む。低温流体１０８を加熱することは、上記のように、流体導管１２０に近接して装着又は配置される一又は複数の動力加熱装置１５４を使用して、低温流体１０８を加熱することを含みうる。図２６は、流体導管１２０の導管壁１３０に熱１５８を放出、放射、又は印加し、結果的に低温流体１０８を加熱する複数の加熱装置１５４を示す。しかしながら、能動加熱の代わりに又はそれに加えて、低温流体１０８の加熱は、放射加熱、周囲空気加熱、又は任意の他の種類の受動加熱を含む環境加熱１５９を使用して、受動的に実行されてもよい。例えば、上記のように、熱伝達ゾーン１５２に沿った導管外面１３４の受動的加熱は、熱伝達ゾーン１５２内の導管外面１３４で断熱材１５６が低減されるか存在しないために起こりうる。熱伝達ゾーン１５２の外側の流体導管１２０の残りの部分は、上流バルブ１６０の上流の低温流体１０８の環境加熱１５９を低減又は防止するために、断熱材１５６によって少なくとも部分的に覆われ、これにより上流バルブ１６０の上流での浮力流１１２の発生が低減又は防止される。

20

【００５４】

方法４００のステップ４０６は、熱伝達ゾーン１５２内で低温流体１０８を加熱した結果として、熱伝達ゾーン１５２内において、低温流体１０８の一部を浮力流１１２に変換することを含む。図２６は、上記のように、導管内面１３２に極隣接した低温流体１０８加熱のため、熱伝達ゾーン１５２内の導管壁１３０の導管内面１３２に沿って自然に形成される浮力流１１２を示す。流体導管１２０の中心に最も近い低温流体１０８の冷たい主流１１０の密度に対して温かい浮力流１１２の密度が低下するため、浮力流１１２は、導管内面１３２に沿って、上流バルブ１６０に向かって上流方向１３６に移動する。低温流体１０８の主流１１０は、導管下流端１２８に向かって下流方向１３８に移動する。

30

【００５５】

方法４００のステップ４０８は、コントローラ２００を使用して、上流バルブ１６０を通る低温流体１０８の上流バルブ非浮力質量流量が下流バルブ１８２を通る低温流体１０８の下流バルブ質量流量と実質的に一致する狭められた位置１６８に、上流バルブ１６０を調節することを含む。図２５から図２７において、上流バルブ１６０及び下流バルブ１８２は各々、完全に開放された位置１６６、完全に閉鎖された位置１７０、及び狭められた位置１６８（例えば、図２６）の間で調節可能な上流バルブ開口１６２並びに下流バルブ開口１８４それぞれを有する可変開口バルブ１６４として構成される。コントローラ２００は、加熱機構１５０の起動又は電源入力と実質的に同時に、又は加熱機構１５０の起動前後数分以内に、上流バルブ１６０を狭められた位置１６８に調節するようプログラムされうる。

40

【００５６】

方法４００は、加えて、上流の流量計２０２及び下流の流量計２０４を使用して、上流バルブ１６０の上流バルブ開口１６２及び下流バルブ１８２の下流バルブ開口１８４それぞれを流れて下流方向１３８に流れる低温流体１０８の上流バルブ質量流量及び下流バルブ質量流量それぞれを測定することを含みうる。上記のように、上流バルブ非浮力質量流

50

量が下流バルブ質量流量と実質的に一致し、狭められた位置 1 6 8 の上流バルブ 1 6 0 により、結果的に、浮力流 1 1 2 の少なくとも一部が、上流バルブ 1 6 0 を通過して上流方向 1 3 6 に流れるのを遮断するために、上流の流量計 2 0 2 及び下流の流量計 2 0 4 は各々、上流バルブ質量流量及び下流バルブ質量流量を示すデータを、上流バルブ開口 1 6 2 のサイズを調節するためにそのデータを使用するコントローラ 2 0 0 に送信する。

【 0 0 5 7 】

方法 4 0 0 のステップ 4 1 0 は、低温流体 1 0 8 の主流 1 1 0 が、下流方向 1 3 8 に、狭められた上流バルブ 1 6 0 を通って熱伝達ゾーン 1 5 2 に流入する間、浮力流 1 1 2 の少なくとも一部が上流バルブ 1 6 0 を通過して上流方向 1 3 6 に移動するのを、上流バルブ 1 6 0 を使用して防止、阻止、又は遮断することを含む。図 2 6 は、加熱装置 1 5 4 が熱 1 5 8 を低温流体 1 0 8 に印加し続ける間、浮力流 1 1 2 を少なくとも部分的に遮断する上流バルブ 1 6 0 を示す。方法 4 0 0 は、狭められた上流バルブ 1 6 0 の環状下流側（図示されず）が浮力流 1 1 2 を少なくとも部分的に遮断するように、上流バルブ開口 1 6 2 が流体導管 1 2 0 内で中心に置かれた状態を維持することを含みうる。加えて、狭められた位置 1 6 8 にある上流バルブ 1 6 0 を通過する低温流体 1 0 8 は、上流バルブ 1 6 0 が完全に開放された位置にあるときの低温流体 1 0 8 の速度に対して増加した速度で移動することがある。低温流体 1 0 8 の速度が増加することにより、温かい浮力流 1 1 2 の、熱伝達ゾーンに流入する冷たい低温流体 1 0 8 への同伴又は混合を促進し、浮力流 1 1 2 が 1 8 0 度方向変換し、低温流体 1 0 8 を加熱するだけではなく、下流方向 1 3 8 に沿って流れ始めることがある。幾つかの例では、コントローラ 2 0 0 は、閉ループ式に動作し、上流の流量計 2 0 2 及び下流の流量計 2 0 4 それぞれから、上流バルブ質量流量及び下流バルブ質量流量を示すデータを継続的に受信し、上流バルブ非浮力質量流量が実質的に下流バルブ質量流量に相当するように、上流バルブ開口 1 6 2 のサイズを継続的に調節する。

【 0 0 5 8 】

方法 4 0 0 は、加えて、温度センサ 2 0 6 を使用して、低温流体 1 0 8 の実際の低温流体温度を監視又は測定することを含みうる。例えば、温度センサ 2 0 6 は、下流バルブ 1 8 2 のすぐ下流、又は導管下流端 1 2 8 における実際の低温流体温度を測定するように構成されうる。温度センサ 2 0 6 は、実際の低温流体温度を示すデータをコントローラ 2 0 0 に送信しうる。コントローラ 2 0 0 は、実際の低温流体温度を示すデータを受信し、所望の低温流体温度に達するまで低温流体 1 0 8 の温度を増加させるように、加熱機構 1 5 0 の熱 1 5 8 出力を制御しうる。所望の低温流体温度は、低温流体 1 0 8 のエンジン始動温度であってもよい。低温流体 1 0 8 が所望の低温流体温度に到達すると、コントローラ 2 0 0 は、温度センサ 2 0 6 から温度データを受信し続け、実際の低温流体温度が、実質的に所望の低温流体温度（例えば、 $\pm R$ 以内）における温度に維持されるように、コントローラが、加熱機構 1 5 0 を管理し、加熱機構 1 5 0 の熱 1 5 8 出力を調節することができるようになる。代替的には、加熱機構 1 5 0 が、加熱装置 1 5 4（図 2）を使用した能動的加熱とは対照的に、流体導管 1 2 0 の環境加熱 1 5 9（図 3）を含む上記システム 1 0 0 の構成について、上流バルブ質量流量によって、環境加熱 1 5 9 が、実際の低温流体温度を実質的に所望の低温流体温度（例えば、20% 以内）に維持できるように、コントローラ 2 0 0 が、上流バルブ 1 6 0 の狭められた位置 1 6 8 を調節しうる。

【 0 0 5 9 】

ロケットエンジン 3 1 0 の例では、低温流体 1 0 8 がターゲットエンジン始動温度に達すると、ロケットエンジン 3 1 0 が始動し、コントローラ 2 0 0 は、熱 1 5 8 の出力を停止するために、加熱機構 1 5 0 の動作を停止しうる。加えて、コントローラ 2 0 0 は、エンジンへの低温流体 1 0 8 の増加した又は全ての質量流量を収容するために、上流バルブ 1 6 0 及び下流バルブ 1 8 2 を完全に開放された位置 1 6 6 まで移動させうる。図 2 7 は、低温流体 1 0 8 が所望の下流低温流体温度に達すると動作が停止する加熱機構 1 5 0、更には完全に開放された位置 1 6 6 に調節され、低温流体 1 0 8 の質量流量の増加を実現する、上流バルブ 1 6 0 及び下流バルブ 1 8 2 を示す、図 2 5 の流体導管 1 2 0 の概略図

10

20

30

40

50

である。

【 0 0 6 0 】

図 1 8 から図 2 0 は、図 2 1 を参照して先ほど説明された、バイパスバルブ 1 9 6 を有するシステム 1 0 0 の実施形態の工程を示す。図 2 8 は、低温流体 1 0 8 が流体導管 1 2 0 で受けられ、加熱機構 1 5 0 の作動前にオブションで存在しうる上記ステップ 4 0 2 に類似した、最初に完全に閉鎖された位置 1 7 0 にあるバイパスバルブ 1 9 6、完全に開放された位置 1 6 6 にある上流バルブ 1 6 0、及び狭められた位置 1 6 8 にある下流バルブ 1 8 2 を示す。上流バルブ 1 6 0 及び / 又はバイパスレグ 1 9 0 は、完全に開放された位置 1 6 6 か完全に閉鎖された位置 1 7 0 かのどちらかに移動可能であり、狭められた位置 1 6 8 に対して調節不能である上記開閉バルブ 1 8 0 として構成されうる。しかしながら、上流バルブ 1 6 0、下流バルブ 1 8 2、及び / 又はバイパスバルブ 1 9 6 は、完全に開閉された位置 1 6 6 と完全に閉鎖された位置 1 7 0 との間で移動可能である、開閉バルブ 1 8 0 として操作される可変開口バルブ 1 6 4 として提供されうる。

10

【 0 0 6 1 】

図 2 9 は、完全に開放された位置 1 6 6 にあるバイパスバルブ 1 9 6、及び完全に閉鎖された位置 1 7 0 にある上流バルブ 1 6 0 を示す。加熱機構 1 5 0 の作動と同時に又はそれよりわずかに前後に（例えば、数分以内に）、完全に開放された位置 1 6 6 にあるバイパスレグ 1 9 0 及びバイパスバルブ 1 9 6 が、狭められた位置 1 6 8 の下流バルブ開口 1 8 4 の断面積と実質的に一致する断面積を有し、よってバイパスバルブ 1 9 6 の開口サイズを調節する必要がなくなることを除き、上記ステップ 4 0 8 と類似した工程において、コントローラ 2 0 0 は、バイパスバルブ 1 9 6 を完全に開放された位置 1 6 6 に移動させ、上流バルブ 1 6 0 を完全に閉鎖された位置 1 7 0 に移動させるようプログラムされうる。そのような配置において、方法は、上流バルブ 1 6 0 を閉鎖して、浮力流 1 1 2 が上流バルブ 1 6 0 を通過して移動するのを遮断し、バイパスバルブ 1 9 6 を開放するためにコントローラ 2 0 0 を使用することと、これにより、低温流体 1 0 8 をバイパスレグ 1 9 0 を通って熱伝達ゾーン 1 5 2 内に送ることとを含みうる。加熱機構 1 5 0 は、低温流体 1 0 8 の加熱を引き起こす上記ステップ 4 0 4 に類似した方法で作動され、上記ステップ 4 0 6 に類似した方法で、結果的に低温流体 1 0 8 の一部を浮力流 1 1 2 に変換する。上記ステップ 4 1 0 同様に、上流バルブ 1 6 0 の閉鎖により、浮力流 1 1 2 が上流バルブ 1 6 0 を通過して移動するのを遮断し、結果的に、バイパスレグ 1 9 0 から熱伝達ゾーン 1 5 2 に流入する低温流体と混合される浮力流 1 1 2 が遮断されうる。

20

30

【 0 0 6 2 】

方法は、温度センサ 2 0 6 の位置次第で、下流バルブ 1 8 2 又は導管下流端 1 2 8 で実際の低温流体温度を監視することと、温度データをコントローラ 2 0 0 に送信することとを含みうる。上記のように、低温流体 1 0 8 が、加熱機構 1 5 0 によって印加される熱から所望の低温流体温度にいったん達すると、エンジンが始動され、その時点で、コントローラ 2 0 0 が、加熱機構 1 5 0 の動作を停止し、バイパスバルブ 1 9 6 を完全に閉鎖された位置 1 7 0 に移動させ、図 3 0 に示されるように、上流バルブ 1 6 0 及び下流バルブ 1 8 2 の両方を完全に開放された位置 1 6 6 に移動させ、低温流体 1 0 8 の増加した質量流量を収容し、これにより低温流体 1 0 8（例えば、低温酸化剤、低温燃料）のすべてをエンジン 3 1 0 に流すことが可能になる。

40

【 0 0 6 3 】

更に、本開示は下記の条項による実施形態を含む。

条項 1 . 低温流体を加熱するためのシステムであって、

導管上流端及び導管下流端を有する流体導管であって、導管上流端が、流体導管を通じて下流方向に導管下流端に向かって流れる低温流体を受けるために低温流体源に流体連通されている、流体導管と、

流体導管の下流部分に位置し、かつ低温流体を加熱し、結果的に低温流体の一部を上流方向に流れる浮力流に変換するように構成された加熱機構と、

加熱機構上流の位置で流体導管に装着され、低温流体の上流バルブ質量流量を制御する

50

ように動作可能な上流バルブであって、上流バルブ質量流量が、上流バルブを通過して下流方向に流れる低温流体の上流バルブ非浮力質量流量から、上流バルブを通過して上流方向に流れる任意の浮力流の上流バルブ浮力質量流量を減算したものを含む、上流バルブと、加熱機構の下流に位置し、低温流体の下流バルブ質量流量を制御するために動作可能な下流バルブと、

上流バルブを狭められた位置に調節するように構成されたコントローラであって、狭められた位置では、

上流バルブ非浮力質量流量が、下流バルブ質量流量と実質的に一致し、

上流バルブは、浮力流が上流バルブを通過して上流方向に流れるのを少なくとも部分的に遮断する、コントローラとを備えるシステム。

10

条項 2 . 下流方向に沿って、上流バルブの上流バルブ開口を通過する低温流体の上流バルブ質量流量を測定するための上流の流量計と、

下流方向に沿って、下流バルブの下流バルブ開口を通過する低温流体の下流バルブ質量流量を測定するための下流の流量計と、

上流バルブ質量流量及び下流バルブ質量流量を示すデータを継続的に受信するように構成され、かつ上流バルブ非浮力質量流量が下流バルブ質量流量と実質的に一致し、上流バルブを通過した浮力流の流れが遮断されるように、上流バルブ開口を継続的に調節するように構成されたコントローラと

を更に含む、条項 1 に記載のシステム。

20

条項 3 . 上流バルブが、上流バルブ開口の調節中に流体導管の中心に対して中心に置かれていない上流バルブ開口を有する、条項 1 に記載のシステム。

条項 4 . 上流バルブが、上流バルブ開口の調節中に流体導管の中心に対して中心に置かれた状態である上流バルブ開口を有する、条項 1 に記載のシステム。

条項 5 . 上流バルブ及び下流バルブの少なくとも 1 つが、完全に開放された位置、完全に閉鎖された位置、及び完全に開放された位置と完全に閉鎖された位置との間の少なくとも 1 つの狭められた位置の間で調節可能な上流バルブ開口及び下流バルブ開口それぞれを有する可変開口バルブとして構成されている、条項 1 に記載のシステム。

条項 6 . 上流バルブ及び下流バルブの少なくとも 1 つが、

バタフライバルブ、

バイザーバルブ、

アイリスダイヤフラムバルブ、及び

可変開口ノズル

のうちの 1 つとして構成される、条項 1 に記載のシステム。

30

条項 7 . 流体導管に流体連通され、上流バルブと平行なバイパスバルブを含むバイパスレグと、

下流バルブ質量流量を示すデータを受信するように構成され、自動的に上流バルブを閉鎖し、バイパスバルブを開放し、低温流体を、バイパスレグを通過して流れ、上流バルブの下流に位置する熱伝達ゾーンの流体導管に流れ込むように構成されたコントローラとを更に含む、条項 1 に記載のシステム。

40

条項 8 . 上流バルブ及びバイパスバルブの少なくとも 1 つが、完全に開放された位置又は完全に閉鎖された位置のどちらか一方に移動可能であり、かつ狭められた位置に調節不能である開閉バルブとして構成される、条項 3 に記載のシステム。

条項 9 . 加熱機構が、流体導管に装着され、かつ流体導管及び / 又は流体導管を通過して流れる低温流体を能動的に加熱するように構成された、動力加熱装置を備える、条項 1 に記載のシステム。

条項 10 . 上流バルブ上流の流体導管の導管外面の大部分が、断熱材で覆われており、加熱機構が、少なくとも部分的に断熱材がない状態である、上流バルブの下流の流体導管の導管外面を含む、条項 1 に記載のシステム。

条項 11 . 流体導管の下流部分に位置し、低温流体の実際の低温流体温度を測定する

50

ように構成された温度センサと、

コントローラであって、実際の低温流体温度を示すデータを受信し、実際の低温流体温度を実質的に所望の低温流体温度で維持する方法で、加熱機構を制御すること、及び上流バルブを狭められた位置に調節し、結果的として、加熱機構が実際の低温流体温度を実質的に所望の低温流体温度で維持する上流バルブ質量流量をもたらすことの少なくとも1つを実行するように構成されたコントローラとを更に含む、条項1に記載のシステム。

条項12. 低温タンクと、

ロケットエンジンと、

低温タンクからロケットエンジンまで下流方向に流れる低温流体を含むように構成された流体導管と、

低温流体を加熱するためのシステムであって、

流体導管の下流部分に位置し、低温流体を加熱し、結果的に低温流体の一部を上流方向に移動する浮力流に変換する加熱機構と、

加熱機構上流の位置で流体導管に装着され、低温流体の上流バルブ質量流量を制御するように動作可能な上流バルブであって、上流バルブ質量流量は、上流バルブを通過して下流方向に流れる低温流体の上流バルブ非浮力質量流量から、上流バルブを通過して上流方向に流れる任意の浮力流の上流バルブ浮力質量流量を減算したものを含む、上流バルブと、

加熱機構の下流に位置し、低温流体の下流バルブ質量流量を制御するために動作可能な下流バルブと、

上流バルブを狭められた位置に調節するように構成されたコントローラであって、狭められた位置では、前記上流バルブ非浮力質量流量が、前記下流バルブ質量流量と実質的に一致し、前記上流バルブは、前記浮力流が前記上流バルブを通過して前記上流方向に流れるのを少なくとも部分的に遮断する、コントローラとを備えるシステムとを備える打ち上げロケット。

条項13. 低温流体を加熱する方法であって、

流体導管において、低温流体源に流体連通された導管上流端で低温流体を受けることであって、低温流体が、流体導管を通過して下流方向に導管下流端に向かって流れる、受けることと、

上流バルブと下流バルブとの間の流体導管の熱伝達ゾーン内に位置する加熱機構を使用して、低温流体を加熱することと、

低温流体を加熱した結果として、熱伝達ゾーン内で、低温流体の一部を浮力流に変換することであって、浮力流が上流方向に流れる、変換することと、

上流バルブを通る低温流体の上流バルブ非浮力質量流量が、狭められた位置で下流バルブを通る低温流体の下流バルブ質量流量と実質的に一致するまで、コントローラを使用して、上流バルブを調節することと、

低温流体が下流方向の熱伝達ゾーンに流入する間、上流バルブで、浮力流の少なくとも一部が、上流バルブを通過して上流方向に流れるのを防止することであって、これにより、浮力流が上流バルブを通過して流れる場合にそうでなければ発生する低温流体からの熱損失を低減する、防止することを含む低温流体を加熱する方法。

条項14. 上流の流量計及び下流の流量計を使用して、上流バルブの上流バルブ開口及び下流バルブの下流バルブ開口それぞれを通過して、下流方向に流れる低温流体の上流バルブ質量流量及び下流バルブ質量流量それぞれを測定することと、

コントローラで、上流バルブ質量流量及び下流バルブ質量流量を示すデータを継続的に受信することと、

上流バルブを通過する浮力流の流れが少なくとも部分的に妨げられるように、コントローラを使用して、上流バルブ開口を継続的に調節することと

10

20

30

40

50

を更に含む、条項 13 に記載の方法。

条項 15 . 上流バルブが、狭められた位置にあるとき、流体導管の中心に対して中心に置かれていない上流バルブ開口を有する、条項 13 に記載の方法。

条項 16 . 上流バルブが、上流バルブ開口サイズの調節中に流体導管の中心に対して中心に置かれた上流バルブ開口を維持する、条項 13 に記載の方法。

条項 17 . 上流バルブ及び下流バルブの少なくとも 1 つが、完全に開放された位置、完全に閉鎖された位置、及び完全に開放された位置と完全に閉鎖された位置との間の少なくとも 1 つの狭められた位置との間で調節可能な上流バルブ開口及び下流バルブ開口それぞれを有する可変開口バルブとして構成され、

低温流体が、完全に開放された位置の可変開口バルブを通して妨害されずに流れ、

10

低温流体が、完全に閉鎖された位置の可変開口バルブを通して流れるのを阻止される、
条項 13 に記載の方法。

条項 18 . 上流バルブ非浮力質量流量が下流バルブ質量流量と実質的に一致するまで上流バルブを調節すること、及び浮力流の少なくとも一部が上流バルブを通過して流れるのを遮断することが、

浮力流が上流バルブを通過して流れるのを遮断するために、コントローラを使用して、上流バルブを閉鎖することと、

コントローラを使用して、上流バルブと平行な流体導管に流体連通されたバイパスレグのバイパスバルブを開放することと、

バイパスレグにより熱伝達ゾーン内に低温流体を送ることと
を含む、条項 13 に記載の方法。

20

条項 19 . 上流バルブ及びバイパスバルブの少なくとも 1 つが、完全に開放された位置又は完全に閉鎖された位置のどちらか一方に移動可能であり、かつ狭められた位置に調節不能である開閉バルブとして構成される、条項 13 に記載の方法。

条項 20 . 加熱機構を使用して低温流体を加熱することが、流体導管に装着された、動力加熱装置を使用して、低温流体を能動的に加熱することを含む、条項 13 に記載の方法。

条項 21 . 熱伝達ゾーン外側の流体導管には、断熱材が少なくとも部分的になく、加熱機構を使用して低温流体を加熱することが、放射加熱及び周囲空気加熱の少なくとも 1 つを含む環境加熱を使用して、流体導管を能動的に加熱することを含む、条項 13 に記載の方法。

30

条項 22 . 流体導管の下流部分に位置する温度センサを使用して、低温流体の実際の低温流体温度を測定することと、

コントローラで、実際の低温流体温度を示すデータを受信することと、

コントローラを使用して、実際の低温流体温度を実質的に所望の低温流体温度で維持する方法で、加熱機構の熱出力を制御すること、及び上流バルブを狭められた位置に調節し、結果的として、加熱機構が実際の低温流体温度を実質的に所望の低温流体温度で維持可能となる上流バルブ質量流量をもたらすこと

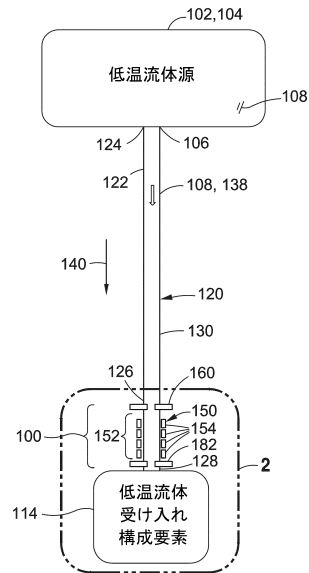
の少なくとも 1 つを実行することと

を更に含む、条項 13 に記載の方法。

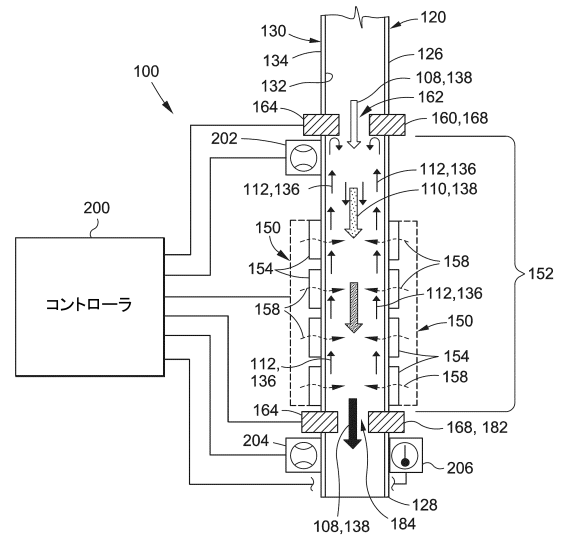
40

前述の説明及び関連図面に提示した教示内容の利点を有する、この開示に関連する技術分野の当業者には、本開示の多数の変形例及びその他の構成が想起されよう。本書に記載の構成は、例示のためのものであり、限定的であることも、網羅的であることも意図されていない。本書では特定の用語が用いられているが、それらは、一般的かつ説明的な意味にのみ使用されており、限定を目的とするものではない。

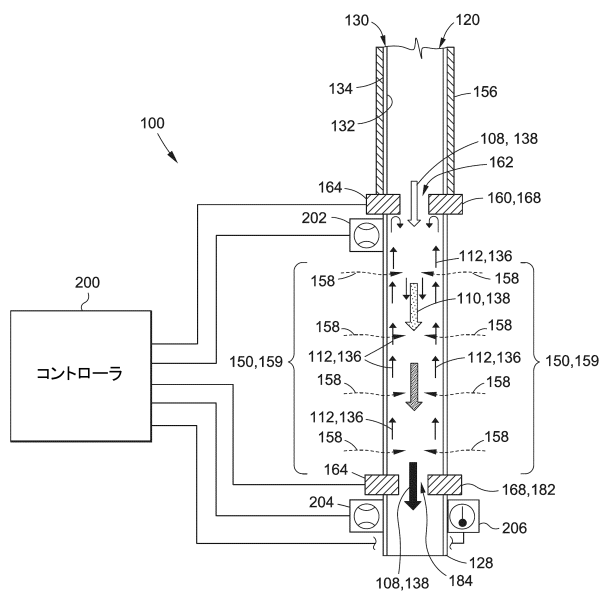
【図 1】



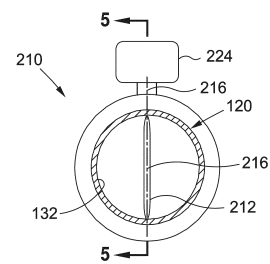
【図 2】



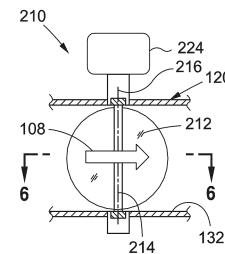
【図 3】



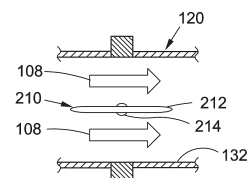
【図 4】



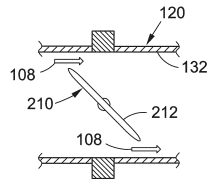
【図 5】



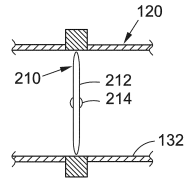
【図 6】



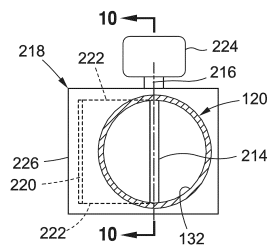
【図 7】



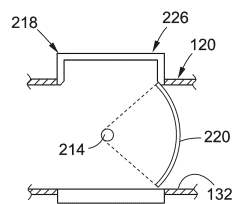
【図 8】



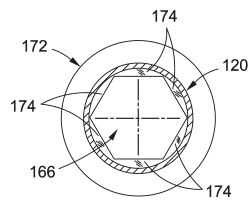
【図 9】



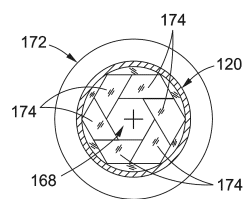
【図 13】



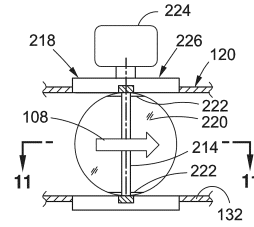
【図 14】



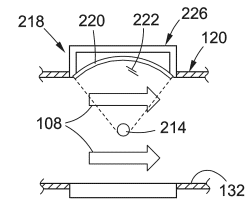
【図 15】



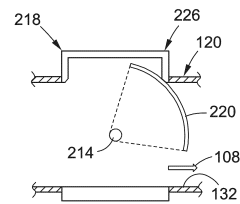
【図 10】



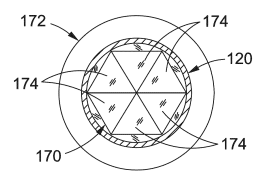
【図 11】



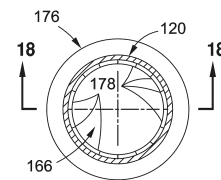
【図 12】



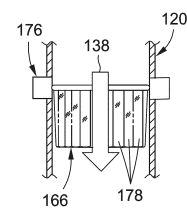
【図 16】



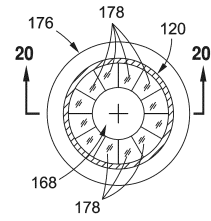
【図 17】



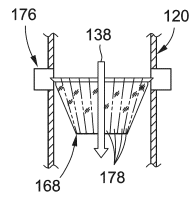
【図 18】



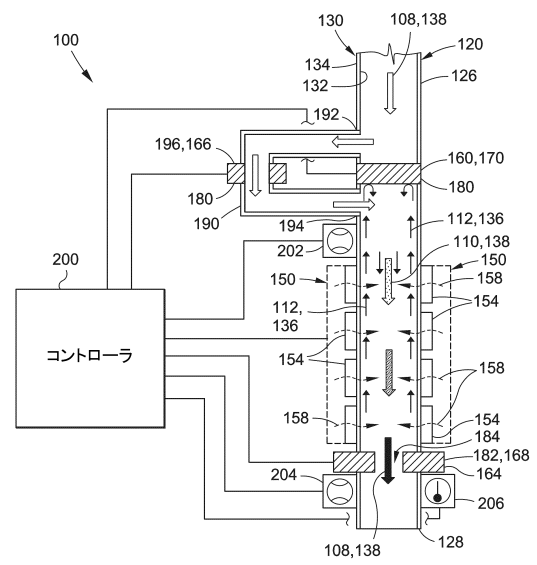
【図 19】



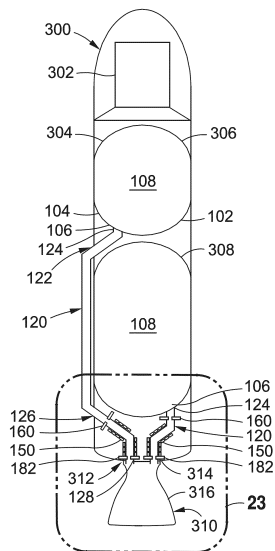
【図 20】



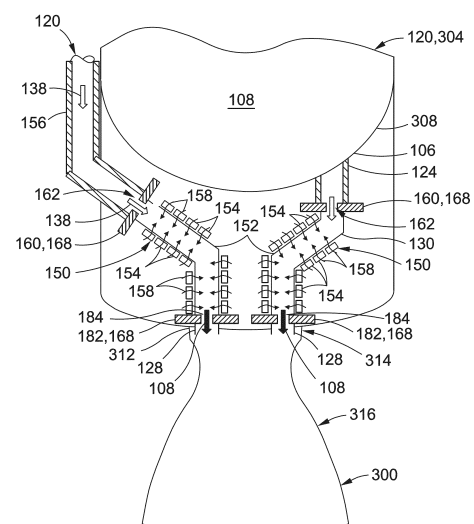
【図 21】



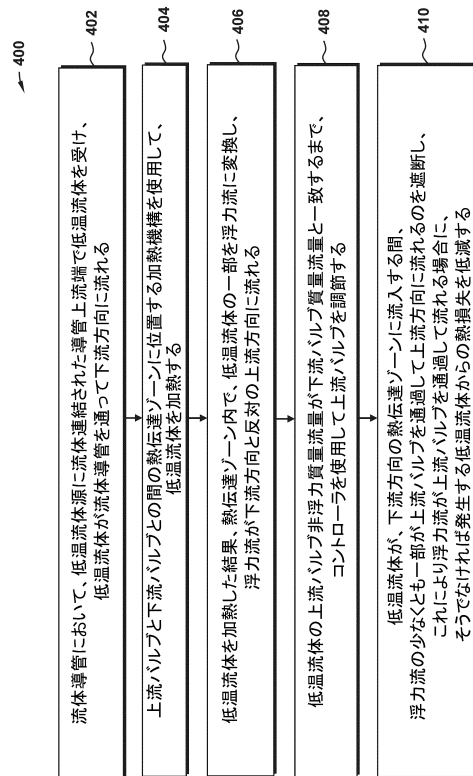
【図 22】



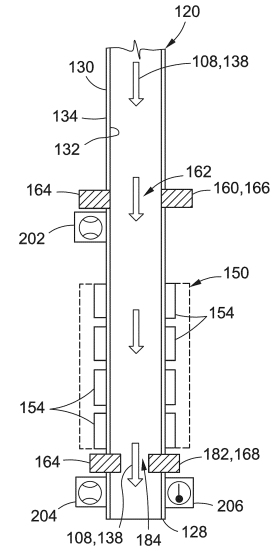
【図 23】



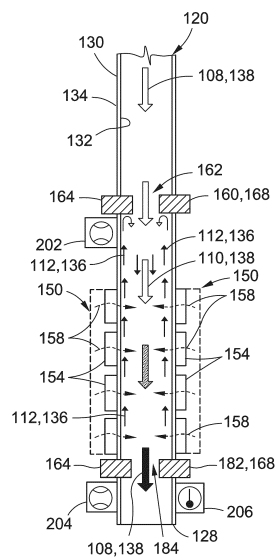
【図 2 4】



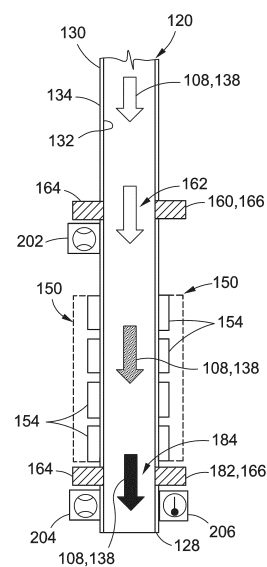
【図 2 5】



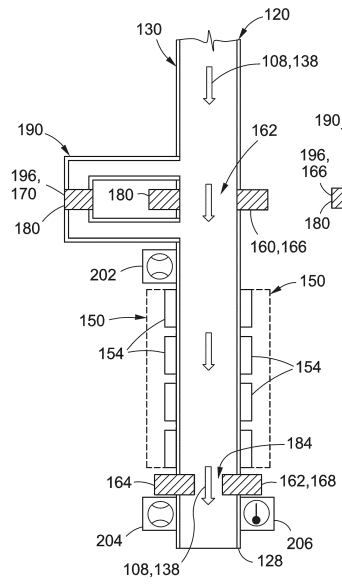
【図 2 6】



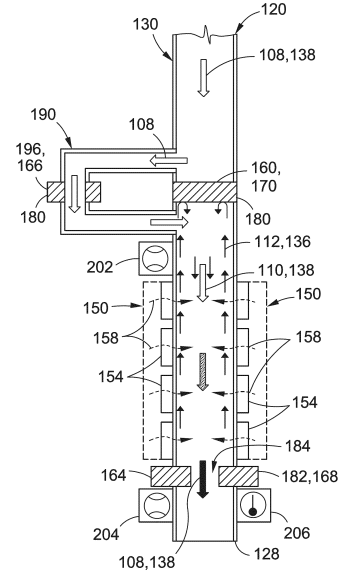
【図 2 7】



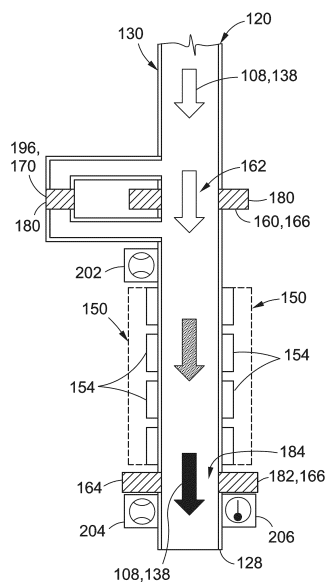
【図 28】



【図 29】



【図 30】



フロントページの続き

(72)発明者 ヴァニマン, ブライアン
アメリカ合衆国 イリノイ 60606, シカゴ, ノース リバーサイド プラザ 100,
ザ ボーイング カンパニー

審査官 小岩 智明

(56)参考文献 米国特許第5373702(US, A)
米国特許第6769242(US, B1)
米国特許出願公開第2010/0024386(US, A1)
米国特許出願公開第2015/0060713(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F02K 9/00 - 9/97
G05D 7/00 - 7/06
G01F 1/00 - 1/90
F24H 1/00 - 1/52