

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6113632号
(P6113632)

(45) 発行日 平成29年4月12日 (2017. 4. 12)

(24) 登録日 平成29年3月24日 (2017. 3. 24)

(51) Int. Cl.

F 1

F 2 2 B 31/00 (2006. 01)

F 2 2 B 31/00 A

F 2 2 B 1/18 (2006. 01)

F 2 2 B 1/18 J

F 2 2 G 1/02 (2006. 01)

F 2 2 G 1/02

請求項の数 7 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2013-242305 (P2013-242305)
 (22) 出願日 平成25年11月22日 (2013. 11. 22)
 (65) 公開番号 特開2015-102271 (P2015-102271A)
 (43) 公開日 平成27年6月4日 (2015. 6. 4)
 審査請求日 平成28年2月16日 (2016. 2. 16)

(73) 特許権者 000006208
 三菱重工業株式会社
 東京都港区港南二丁目16番5号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (74) 代理人 100118762
 弁理士 高村 順
 (72) 発明者 森 匡史
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重
 工業株式会社内
 (72) 発明者 松下 浩市
 東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重
 工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ボイラシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第1方向に列状に配置された複数の第1バーナを有する第1バーナユニットと、前記第1バーナの前記第1方向に直交する第2方向に配置された第1過熱器と、を有する第1ボイラと、

前記第1ボイラの前記第1方向に配置され、前記第1方向に列状に配置された複数の第2バーナを有する第2バーナユニットと、前記第2バーナの前記第1方向に直交する前記第2方向に配置された第2過熱器と、を有する第2ボイラと、

前記第1ボイラと前記第2ボイラとの間から、前記第1過熱器と前記第2過熱器とに熱媒を供給する熱媒供給部と、を有し、

前記第1過熱器は、前記第1方向でかつ前記熱媒供給部から離れる方向に前記熱媒を流通させ、

前記第2過熱器は、前記第1方向でかつ前記熱媒供給部から離れる方向に前記熱媒を流通させ、

前記第1バーナユニットは、複数の前記第1バーナのうち少なくとも1つの前記第1バーナによって形成される火炎の前記第1過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第1過熱器の前記熱媒の流れ方向と逆方向であり、

前記第2バーナユニットは、全ての前記第2バーナによって形成される火炎の前記第2過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第2過熱器の前記熱媒の流れ方向と逆方向であることを特徴とするボイラシステム。

【請求項 2】

前記第 1 バーナユニットは、複数の前記第 1 バーナのうち半分以上の前記第 1 バーナによって形成される火炎の前記第 1 過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第 1 過熱器の前記熱媒の流れ方向と逆方向であることを特徴とする請求項 1 に記載のボイラシステム。

【請求項 3】

前記第 1 バーナユニットは、全ての前記第 1 バーナによって形成される火炎の前記第 1 過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第 1 過熱器の前記熱媒の流れ方向と逆方向であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のボイラシステム。

【請求項 4】

第 1 方向に列状に配置された複数の第 1 バーナを有する第 1 バーナユニットと、前記第 1 バーナの前記第 1 方向に直交する第 2 方向に配置された第 1 過熱器と、を有する第 1 ボイラと、

前記第 1 ボイラの前記第 1 方向に配置され、前記第 1 方向に列状に配置された複数の第 2 バーナを有する第 2 バーナユニットと、前記第 2 バーナの前記第 1 方向に直交する前記第 2 方向に配置された第 2 過熱器と、を有する第 2 ボイラと、

前記第 1 ボイラと前記第 2 ボイラとの間から、前記第 1 過熱器と前記第 2 過熱器とに熱媒を供給する熱媒供給部と、を有し、

前記第 1 過熱器は、前記第 1 方向でかつ前記熱媒供給部から離れる方向に前記熱媒を流通させ、

前記第 2 過熱器は、前記第 1 方向でかつ前記熱媒供給部から離れる方向に前記熱媒を流通させ、

前記第 1 バーナユニットは、前記第 1 バーナによって形成される火炎の前記第 1 過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第 1 過熱器の前記熱媒の流れ方向と同じ方向であり、

前記第 2 バーナユニットは、前記第 2 バーナによって形成される火炎の前記第 2 過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第 2 過熱器の前記熱媒の流れ方向と逆方向であり、

前記第 1 過熱器は、前記熱媒を前記第 1 の方向に流通させる複数のパスに分割され、前記パス間で前記熱媒を前記第 2 の方向に流通され、前記パスの境界位置が前記第 1 バーナの群の火炎で形成される温度分布に応じて、調整されていることを特徴とするボイラシステム。

【請求項 5】

前記第 1 過熱器の複数の前記パスのうち、途中の前記パスと前記パスとの間に接続され、過熱された前記熱媒を減温する緩熱器を有することを特徴とする請求項 4 に記載のボイラシステム。

【請求項 6】

前記第 1 過熱器は、前記緩熱器よりも上流側の前記パスの伝熱管の平均本数が、前記緩熱器よりも下流側の前記パスの伝熱管の平均本数よりも少ないことを特徴とする請求項 5 に記載のボイラシステム。

【請求項 7】

前記第 1 過熱器は、前記緩熱器の調整可能な温度範囲が大きくなるように、前記緩熱器よりも上流側の前記パスの伝熱管の平均本数が、前記緩熱器よりも下流側の前記パスの伝熱管の平均本数よりも多く配置されていることを特徴とする請求項 5 に記載のボイラシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、2 つ以上のボイラを有するボイラシステムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

ボイラは、過熱器で蒸気を過熱することで高温の蒸気を生成することができる。過熱器は、上面から見た場合、複数の伝熱管を燃焼ガスの流れに直交する方向に複数のパスに分割し、各パスで燃焼ガスの流れに平行な方向に移動させ、かつ、各パス間で、燃焼ガスの流れに直交する方向に移動させることで、蒸気を過熱している。

【0003】

ここで、バーナで形成される火炎で生じる燃焼ガスは、位置によって温度が変化するため、温度分布が生じる。これに対して、特許文献1には、火炉の炉底部から燃焼用空気の一部をボトム空気として供給するボトム空気ポートを設け、該ボトム空気ポートがバーナ中心線より過熱器側に位置するとともに、ボトム空気の吹出方向を鉛直上向きからバーナ方向へ傾斜する範囲に設定することが記載されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-145013号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ここで、船舶や、発電システム、各種機器の動力源としてのボイラを2つ以上有するボイラシステムがある。ボイラシステムでは、2つのボイラを並列に配置し、2つのボイラに挟まれた位置から対称な方向に蒸気を供給する構成を用いる場合がある。このような構成の場合、2つのボイラの過熱器での蒸気の過熱状態が異なる挙動となり、一方の過熱器の伝熱管の負荷が他方の伝熱管の負荷に比べて、大きくなってしまふ。

20

【0006】

本発明は、上述した課題を解決するものであり、過熱器の伝熱管への負荷を低減しつつ、熱媒を効率よく過熱することができるボイラシステム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】

【0007】

上記の目的を達成するための本発明は、第1方向に列状に配置された複数の第1バーナを有する第1バーナユニットと、前記第1バーナの前記第1方向に直交する第2方向に配置された第1過熱器と、を有する第1ボイラと、前記第1ボイラの前記第1方向に配置され、第2方向に列状に配置された複数の第2バーナを有する第2バーナユニットと、前記第2バーナの前記第1方向に直交する第2方向に配置された第2過熱器と、を有する第2ボイラと、前記第1ボイラと前記第2ボイラとの間から、前記第1過熱器と前記第2過熱器とに熱媒を供給する熱媒供給部と、を有し、前記第1過熱器は、前記第1方向でかつ前記熱媒供給部から離れる方向に前記熱媒を流通させ、前記第2過熱器は、前記第1方向でかつ前記熱媒供給部から離れる方向に前記熱媒を流通させ、前記第1バーナユニットは、複数の前記第1バーナのうち少なくとも1つの前記第1バーナによって形成される火炎の前記第1過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第1過熱器の熱媒の流れ方向と逆方向であり、前記第2バーナユニットは、全ての前記第2バーナによって形成される火炎の前記第2過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第2過熱器の熱媒の流れ方向と逆方向であることを特徴とする。

30

40

【0008】

また、前記第1バーナユニットは、複数の前記第1バーナのうち半分以上の前記第1バーナによって形成される火炎の前記第1過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第1過熱器の熱媒の流れ方向と逆方向であることが好ましい。

【0009】

また、前記第1バーナユニットは、全ての前記第1バーナによって形成される火炎の前記第1過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第1過熱器の熱媒の流れ方向と逆方向であることが好ましい。

【0010】

50

上記の目的を達成するための本発明は、第 1 方向に列状に配置された複数の第 1 バーナを有する第 1 バーナユニットと、前記第 1 バーナの前記第 1 方向に直交する第 2 方向に配置された第 1 過熱器と、を有する第 1 ボイラと、前記第 1 ボイラの前記第 1 方向に配置され、第 2 方向に列状に配置された複数の第 2 バーナを有する第 2 バーナユニットと、前記第 2 バーナの前記第 1 方向に直交する第 2 方向に配置された第 2 過熱器と、を有する第 2 ボイラと、前記第 1 ボイラと前記第 2 ボイラとの間から、前記第 1 過熱器と前記第 2 過熱器とに熱媒を供給する熱媒供給部と、を有し、前記第 1 過熱器は、前記第 1 方向でかつ前記熱媒供給部から離れる方向に前記熱媒を流通させ、前記第 2 過熱器は、前記第 1 方向でかつ前記熱媒供給部から離れる方向に前記熱媒を流通させ、前記第 1 バーナユニットは、前記第 1 バーナによって形成される火炎の前記第 1 過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第 1 過熱器の熱媒の流れ方向と同じ方向であり、前記第 2 バーナユニットは、前記第 2 バーナによって形成される火炎の前記第 2 過熱器と対面する位置での移動方向が、前記第 2 過熱器の熱媒の流れ方向と逆方向であり、前記第 1 過熱器は、前記熱媒を第 1 の方向に流通させる複数のパスに分割され、前記パス間で前記熱媒を前記第 2 の方向に流通され、前記パスの境界位置が前記第 1 バーナの群の火炎で形成される温度分布に応じて、調整されていることを特徴とする。

10

【0011】

また、前記第 1 加熱器の複数の前記パスのうち、途中の前記パスと前記パスとの間に接続され、過熱された熱媒を減温する緩熱器を有することが好ましい。

【0012】

20

また、前記第 1 過熱器は、前記緩熱器よりも上流側の前記パスの伝熱管の平均本数が、前記緩熱器よりも下流側の前記パスの伝熱管の平均本数よりも少ないことが好ましい。

【0013】

また、前記第 1 過熱器は、前記緩熱器の調整可能な温度範囲が大きくなるように、前記緩熱器よりも上流側の前記パスの伝熱管の平均本数が、前記緩熱器よりも下流側の前記パスの伝熱管の平均本数よりも多く配置されていることが好ましい。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、過熱器の伝熱管への負荷を低減しつつ、熱媒を効率よく過熱することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】図 1 は、本発明に係るボイラシステムの概略構成を示す模式図である。

【図 2】図 2 は、図 1 に示すボイラシステムのボイラの一実施形態の概略構成を示す模式図である。

【図 3】図 3 は、バーナユニットと過熱器との概略構成を示す模式図である。

【図 4】図 4 は、過熱器の概略構成を示す模式図である。

【図 5 A】図 5 A は、蒸気の流れ方向と火炎の旋回方向との関係の一例を示す模式図である。

【図 5 B】図 5 B は、蒸気の流れ方向と火炎の旋回方向との関係の基準例を示す模式図である。

40

【図 5 C】図 5 C は、蒸気の流れ方向と火炎の旋回方向との関係の一例を示す模式図である。

【図 5 D】図 5 D は、蒸気の流れ方向と火炎の旋回方向との関係の一例を示す模式図である。

【図 5 E】図 5 E は、蒸気の流れ方向と火炎の旋回方向との関係の一例を示す模式図である。

【図 6】図 6 は、4 番目のパスの出口の温度の計測結果の一例を示すグラフである。

【図 7】図 7 は、各パスの出口での蒸気温度の計測結果の一例を示すグラフである。

【図 8】図 8 は、各パスの伝熱管の本数の一例を示すグラフである。

50

【図 9】図 9 は、基準例における各パスの吸熱量の一例を示すグラフである。

【図 10】図 10 は、実施例における各パスの吸熱量の一例を示すグラフである。

【図 11】図 11 は、各パスの出口での蒸気温度の計測結果の一例を示すグラフである。

【図 12】図 12 は、仕切り板の位置の調整機構の一例を示す模式図である。

【図 13】図 13 は、各パスの伝熱管の本数の設定方法の一例を示すフローチャートである。

【図 14】図 14 は、各パスの伝熱管の本数の設定方法の一例を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下に添付図面を参照して、本発明に係るボイラシステムの好適な実施例を詳細に説明する。なお、この実施例により本発明が限定されるものではなく、また、実施例が複数ある場合には、各実施例を組み合わせるものも含むものである。

【0017】

図 1 は、本発明に係るボイラシステムの概略構成を示す模式図である。ボイラシステム 1 は、ボイラ 10 A と、ボイラ 10 B と、蒸気供給装置 40 と、を有する。ボイラ 10 A とボイラ 10 B とは、配置位置が異なる点と、一部構成以外は、基本的に同様の構成である。ボイラ 10 A とボイラ 10 B とは、それぞれバーナユニット 12 と、フロントバンクチューブ 16 と、過熱器 (Super Heater: SH) 18 と、蒸発管群 (リアバンクチューブ) 20 と、を有する。ボイラ 10 A のバーナユニット 12 は、バーナ 13 a、13 b、13 c を備えている。ボイラ 10 B のバーナユニット 12 は、バーナ 13 d、13 e、13 f を備えている。ボイラ 10 A とボイラ 10 B とは、隣接し配置されている。ボイラ 10 A とボイラ 10 B とは、バーナ 13 a、13 b、13 c と、バーナ 13 d、13 e、13 f とが、ボイラ 10 A とボイラ 10 B とが並んでいる方向に一直列に配置されている。また、ボイラ 10 A とボイラ 10 B とは、それぞれバーナユニット 12 と、フロントバンクチューブ 16 と、過熱器 (Super Heater: SH) 18 と、蒸発管群 (リアバンクチューブ) 20 と、が、ボイラ 10 A とボイラ 10 B とが並んでいる方向と直交する方向にこの順で配置されている。また、ボイラ 10 A とボイラ 10 B とは、バーナユニット 12 から最も離れた位置にガス出口 24 が設けられている。ボイラ 10 A、10 B の構造については、後述する。

【0018】

蒸気供給装置 40 は、ドラム 41 と、蒸気供給管 42、43 A、43 B と、過熱蒸気排出管 44 A、44 B と、を有する。ドラム 41 は、ボイラ 10 A 及びボイラ 10 B の過熱器 18 に供給する蒸気を貯留している。蒸気供給管 42 は、一方の端部がドラム 41 と接続され、他方の端部が蒸気供給管 43 A 及び蒸気供給管 43 B に接続されている。蒸気供給管 43 A は、ボイラ 10 A の過熱器 18 のボイラ 10 B と対面している側の端部に接続されている。蒸気供給管 43 B は、ボイラ 10 B の過熱器 18 のボイラ 10 A と対面している側の端部に接続されている。過熱蒸気排出管 44 A は、ボイラ 10 A の過熱器 18 の蒸気供給管 43 A の接続部とは反対側に接続されている。過熱蒸気排出管 44 B は、ボイラ 10 B の過熱器 18 の蒸気供給管 43 B の接続部とは反対側に接続されている。蒸気供給装置 40 は、以上のような構成であり、ボイラ 10 A、10 B のそれぞれに、2 つのボイラ 10 A、10 B に挟まれた側の過熱器 18 の端部に蒸気を供給し、2 つのボイラ 10 A、10 B に挟まれた側とは反対側の過熱器 18 の端部から過熱された蒸気を回収する。

【0019】

次に、図 1 に加え、図 2 から図 4 を用いてボイラ 10 A、10 B について説明する。図 2 は、図 1 に示すボイラシステムのボイラの一実施形態の概略構成を示す模式図である。図 3 は、バーナユニットと過熱器との概略構成を示す模式図である。図 4 は、過熱器の概略構成を示す模式図である。上述したようにボイラ 10 A とボイラ 10 B は、基本的に同様の構造であるので、以下代表してボイラ 10 A について説明する。

【0020】

ボイラ１０Ａは、火炉１１と、バーナユニット１２と、フロントバンクチューブ１６と、過熱器（Super Heater：SH）１８と、蒸発管群（リアバンクチューブ）２０と、水ドラム２８と、蒸気ドラム２９と、を有する。

【００２１】

火炉１１は、ボイラ１０Ａの各部が配置された容器である。火炉１１は、燃料が燃焼されることで生成される排ガスを排出するガス出口２４が設けられている。また、火炉１１となる壁面には、ウォールチューブ３４が配置されている。ウォールチューブは火炉１１の熱を回収する熱交換器である。

【００２２】

バーナユニット１２は、火炉１１のガス出口２４とは離れた位置、ガス出口２４が設けられている位置の反対側の面に配置されている。バーナ１２は、空気と燃料とを混合し、混合したガスを噴射口から火炉１１に噴射する。噴射口から噴射された混合ガスは、噴射された後、火炉１１の内部で燃焼され、火炎を形成する。

【００２３】

ボイラ１０Ａは、バーナ１２からガス出口２４に向けて、フロントバンクチューブ１６と、過熱器１８と、蒸発管群２０と、がこの順で配置されている。バーナ１２の噴射口で燃料を燃焼させることで生成される燃焼ガスは、バーナ１２からガス出口２４に向けて移動し、フロントバンクチューブ１６が配置された領域、過熱器１８が配置された領域、蒸発管群２０が配置された領域を順次通過する。フロントバンクチューブ１６と、過熱器１８と、蒸発管群２０とは、それぞれ熱交換器であり、燃焼ガスが通過する際に、燃焼ガスとの間で熱交換を行い、燃焼ガスの熱を回収し、内部に流通する熱媒の温度を上昇させる。

【００２４】

フロントバンクチューブ１６は、火炉１１のバーナ１２側、つまり火炉１１の温度が高い領域に配置されている。フロントバンクチューブ１６は、蒸気ドラム２９及びヘッダ３２と接続されており、内部に熱媒が流通している。フロントバンクチューブ１６は、燃焼ガスと熱媒との熱交換で燃焼ガスの熱を回収し、熱媒の温度を上昇させ、燃焼ガスの温度を低下させる。

【００２５】

過熱器１８は、燃焼ガスと熱媒との熱交換で燃焼ガスの熱を回収し、熱媒の温度を上昇させ、燃焼ガスの温度を低下させる。過熱器１８は、複数の伝熱管１９とヘッダユニット３０とを有する。ヘッダユニット３０は、ヘッダ３０ａとヘッダ３０ｂとを有する。過熱器１８の伝熱管１９は、火炉１１のフロントバンクチューブ１６よりもガス出口２４側に配置されている。過熱器１８の伝熱管１９は、フロントバンクチューブ１６が配置された領域を通過した燃焼ガスが通過する。伝熱管１９は、ガスの流れ方向Ｇに２つの線分が離れ、鉛直方向上側がつながっているＵ字形状である。伝熱管１９は、一方の端部がヘッダ３０ａと接続され、他方の端部がヘッダ３０ｂと接続されており、内部に熱媒（蒸気）が流通している。

【００２６】

ここで、複数の伝熱管１９は、図３及び図４に示すように、ガスの流れ方向Ｇ及びガスの流れ方向Ｇに直交する方向に列状に配置されている。過熱器１８は、複数の伝熱管１９が、ガスの流れ方向Ｇに直交する方向に複数のユニットに分割されており、蒸気供給管４３Ａとの接続部側から過熱蒸気排出管４４Ａとの接続部に向かって、伝熱管ユニット５０、５２、５４、５６、５８、６０の２つに分割されている。

【００２７】

また、ヘッダ３０ａ、３０ｂは、伝熱管ユニット５０、５２、５４、５６、５８、６０の分割位置に合わせて仕切り板７２Ａ、７２Ｂ、７２Ｃ、７２Ｄ、７２Ｅ、７２Ｆ、７２Ｇ、７２Ｈが設けられている。具体的には、仕切り板７２Ａは、ヘッダ３０ｂの伝熱管ユニット５０の蒸気供給管４３Ａ側に配置されている。仕切り板７２Ｂは、ヘッダ３０ａの伝熱管ユニット５０と伝熱管ユニット５２との境界に配置されている。仕切り板７２Ｃは

10

20

30

40

50

、ヘッダ 30 b の伝熱管ユニット 5 2 と伝熱管ユニット 5 4 との境界に配置されている。仕切り板 7 2 D は、ヘッダ 30 a の伝熱管ユニット 5 4 と伝熱管ユニット 5 6 との境界に配置されている。仕切り板 7 2 E は、ヘッダ 30 b の伝熱管ユニット 5 6 と伝熱管ユニット 5 8 との境界に配置されている。仕切り板 7 2 F は、ヘッダ 30 a の伝熱管ユニット 5 6 と伝熱管ユニット 5 8 との境界に配置されている。仕切り板 7 2 G は、ヘッダ 30 a の伝熱管ユニット 5 8 と伝熱管ユニット 6 0 との境界に配置されている。仕切り板 7 2 H は、ヘッダ 30 b の伝熱管ユニット 6 0 の過熱蒸気排出管 4 4 A 側の端部に配置されている。

【 0 0 2 8 】

過熱器 1 8 は、伝熱管ユニット 5 0、5 2、5 4、5 6、5 8、6 0 が接続されたヘッダ 30 a、30 b が仕切り板 7 2 A、7 2 B、7 2 C、7 2 D、7 2 E、7 2 F、7 2 G、7 2 H によって分割されることで、伝熱管ユニット 5 0、5 2、5 4、5 6、5 8、6 0 がそれぞれパス P a 1、P a 2、P a 3、P a 4、P a 5、P a 6 となり、パスごとに蒸気の流れ方向が反転する。具体的にはパス P a 1、P a 3、P a 5 の伝熱管 1 9 は、ガスの流れ方向 G と逆方向が蒸気の流れる蒸気の流れ方向 S t となり、パス P a 2、P a 4、P a 6 の伝熱管 1 9 は、ガスの流れ方向 G と同じ方向が蒸気の流れる蒸気の流れ方向 S t となる。また、パス P a 1、P a 2、P a 3、P a 4、P a 5、P a 6 の間では、蒸気供給管 4 3 A から過熱蒸気排出管 4 4 A に向かう方向に流れている。

【 0 0 2 9 】

ここで、過熱器 1 8 は、パス P a 4 とパス P a 5 との間は、ヘッダ 30 a に仕切り板 7 2 F が配置され、ヘッダ 30 b に仕切り板 7 2 E が配置されている。ボイラ 10 A は、過熱器 1 8 のパス P a 4 とパス P a 5 との間に緩熱器 6 2 が接続されている。緩熱器 6 2 は、CDSH (control desuper heater) に用いる装置であり、過熱器 1 8 で生成された蒸気の蒸気温度をコントロールする。緩熱器 6 2 は、過熱器 1 8 の蒸気の一部を過熱器 1 8 の途中で抜き出し、熱交換して蒸気を減温する。

【 0 0 3 0 】

過熱器 1 8 は、以上のような構成であり、蒸気供給管 4 3 A から供給された蒸気を、パス P a 1、P a 2、P a 3、P a 4 の順で通過させた後、緩熱器 6 2 を通過させ、その後、パス P a 5、P a 6 を通過させて、過熱蒸気排出管 4 4 A に排出する。過熱器 1 8 は、各パス P a 1、P a 2、P a 3、P a 4、P a 5、P a 6 を通過する蒸気を燃焼ガスとの間で熱交換を行い蒸気の温度を上昇させる。

【 0 0 3 1 】

蒸発管群 20 は、複数の伝熱管を有し、火炉 11 のバーナ 12 とガス出口 24 との間より、具体的には、過熱器 18 よりもガス出口 24 側に配置されている。蒸発管群 20 は、過熱器 18 が配置された領域を通過した燃焼ガスが通過する。水ドラム 28 は、熱媒を貯留するドラムであり、蒸発管群 20 の鉛直方向下側に接続されている。蒸気ドラム 29 は、加熱された熱媒である蒸気を貯留するドラムであり、蒸発管群 20 の鉛直方向上側に接続されている。このように、蒸発管群 20 は、複数の伝熱管の鉛直方向下側の端部が水ドラム 28 と接続され、鉛直方向上側の端部が蒸気ドラム 29 に接続され、内部に熱媒が流通した状態となる。蒸発管群 20 は、バーナ 12 で生成され、フロントバンクチューブ 16 が配置された領域及び過熱器 18 が配置された領域を通過した燃焼ガスが通過する。蒸発管群 20 は、燃焼ガスと熱媒との熱交換で燃焼ガスの熱を回収し、熱媒の温度を上昇させ、燃焼ガスの温度を低下させる。ボイラ 10 A は、蒸発管群 20 を通過した燃焼ガスが排ガスとしてガス出口 24 から排出される。

【 0 0 3 2 】

ボイラ 10 A は、バーナ 12 で燃料を燃焼して燃焼ガスを発生させ、フロントバンクチューブ 16 と過熱器 18 と蒸発管群 20 とで燃焼ガスと熱媒の熱交換を行い、熱媒の温度を上昇させ、熱媒を蒸気とし、当該蒸気を蒸気ドラム 29 に貯留する。ボイラ 10 A は、蒸気ドラム 29 に貯留した蒸気を例えば、タービンに供給することで、タービンを回転させ、発電機で発電することができる。なお、ボイラ 10 A が蒸気を供給する機器は、ター

10

20

30

40

50

ピンに限定されず、蒸気を熱源や駆動源として利用する各種機器に供給することができる。

【 0 0 3 3 】

本実施形態に示すボイラシステム 1 は、図 1 に示すように、ボイラ 1 0 A のバーナ 1 3 a、1 3 b、1 3 c が左旋回で火炎を形成し、ボイラ 1 0 B のバーナ 1 3 d、1 3 e、1 3 f が右旋回で火炎を形成する。つまり、ボイラ 1 0 A は、バーナ 1 3 a、1 3 b、1 3 c によって形成される火炎の過熱器 1 8 と対面する位置での移動方向が、過熱器 1 8 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向である。また、ボイラ 1 0 B は、バーナ 1 3 d、1 3 e、1 3 f によって形成される火炎の過熱器 1 8 と対面する位置での移動方向が、過熱器 1 8 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向である。なお、バーナ 1 3 a、1 3 b、1 3 c、1 3 d、1 3 e、1 3 f が火炎を旋回させる方向は、バーナ 1 3 a、1 3 b、1 3 c、1 3 d、1 3 e、1 3 f に設けるスワラの構造によって任意の方向とすることができる。

10

【 0 0 3 4 】

ボイラシステム 1 は、2 つのボイラ 1 0 A 及びボイラ 1 0 B を並列して設け、蒸気を対面している側から供給した構造としても、いずれのボイラ 1 0 A 及び 1 0 B でもバーナが形成する火炎の旋回方向を、過熱器 1 8 と対面する位置での移動方向が、過熱器 1 8 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向となる方向とすることで、過熱器 1 8 の蒸気の流れに対する火炉 1 1 内の燃焼ガスの温度のアンバランスの関係を改善し、伝熱管のメタル温度が高温となり、腐食トラブルの原因となることを抑制することができる。これにより、過熱器の伝熱管への負荷を低減しつつ、熱媒を効率よく過熱することができる。また、本実施形態のように、緩熱器 6 2 に接続する場合、緩熱器 6 2 の上流側のパス、本実施形態では、パス P a 4 における蒸気の温度を低減することが可能となり、伝熱管のメタル温度が高温となることを抑制することができる。

20

【 0 0 3 5 】

次に、図 5 A は、蒸気の流れ方向と火炎の旋回方向との関係の一例を示す模式図である。図 5 B は、蒸気の流れ方向と火炎の旋回方向との関係の基準例を示す模式図である。図 5 C から図 5 E は、それぞれ蒸気の流れ方向と火炎の旋回方向との関係の一例を示す模式図である。本実施形態では、図 5 A に示すボイラ 1 0 A (実施例 1 のボイラ 1 0 A) のように、バーナ 1 3 a、1 3 b、1 3 c によって形成される火炎の過熱器 1 8 と対面する位置での移動方向が、過熱器 1 8 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向となる構造としたが、これに限定されない。

30

【 0 0 3 6 】

図 5 B に示す基準例のボイラ 1 0 C は、バーナ 1 3 a、1 3 b、1 3 c によって形成される火炎の過熱器 1 8 と対面する位置での移動方向が、過熱器 1 8 の蒸気の流れ方向 S t と同じ方向となる。ボイラ 1 0 C は、バーナ 1 3 a、1 3 b、1 3 c のうち少なくとも 1 つのバーナ 1 3 a、1 3 b、1 3 c によって形成される火炎の過熱器 1 8 と対面する位置での移動方向が、過熱器 1 8 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向とすることで、基準例のボイラ 1 0 C よりも伝熱管の各パス間での過熱状態のアンバランスを低減することができ、過熱器の伝熱管への負荷を低減しつつ、熱媒を効率よく過熱することができる。また、ボイラは、バーナ 1 3 a、1 3 b、1 3 c のうち半分以上のバーナ 1 3 a、1 3 b、1 3 c によって形成される火炎の過熱器 1 8 と対面する位置での移動方向が、過熱器 1 8 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向とすることで、基準例のボイラ 1 0 C よりも伝熱管の各パス間での過熱状態のアンバランスをより低減することができ、過熱器の伝熱管への負荷をより低減しつつ、熱媒を効率よく過熱することができる。なお、実施例 1 のようにすべてのバーナによって形成される火炎の過熱器 1 8 と対面する位置での移動方向が、過熱器 1 8 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向とすることで上記効果をより大きく得ることができる。

40

【 0 0 3 7 】

例えば、図 5 C に示す実施例 2 のボイラ 1 0 D のように、バーナ 1 3 a、1 3 b によって形成される火炎の過熱器 1 8 と対面する位置での移動方向が、過熱器 1 8 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向となり、バーナ 1 3 c によって形成される火炎の過熱器 1 8 と対面する

50

位置での移動方向が、過熱器 18 の蒸気の流れ方向 S t と同じ方向となるようにしてもよい。

【 0 0 3 8 】

図 5 D に示す実施例 3 のボイラ 10 E のように、バーナ 13 b、13 c によって形成される火炎の過熱器 18 と対面する位置での移動方向が、過熱器 18 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向となり、バーナ 13 a によって形成される火炎の過熱器 18 と対面する位置での移動方向が、過熱器 18 の蒸気の流れ方向 S t と同じ方向となるようにしてもよい。図 5 E に示す実施例 4 のボイラ 10 F のように、バーナ 13 b によって形成される火炎の過熱器 18 と対面する位置での移動方向が、過熱器 18 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向となり、バーナ 13 a、13 c によって形成される火炎の過熱器 18 と対面する位置での移動方向が、過熱器 18 の蒸気の流れ方向 S t と同じ方向となるようにしてもよい。

10

【 0 0 3 9 】

図 6 は、4 番目のパスの出口の温度の計測結果の一例を示すグラフである。図 7 は、各パスの出口での蒸気温度の計測結果の一例を示すグラフである。図 6 は、基準例、実施例 1 から実施例 4 としたそれぞれの場合について出口の蒸気温度（パス P a 4 の出口の蒸気温度）を計測した結果を示している。また、図 7 は、基準例のように火炎を右旋回とした場合と、実施例 1 のように火炎を左旋回とした場合とした場合の過熱器の各パスの出口における蒸気温度の計測結果である。

【 0 0 4 0 】

図 6 に示すように、実施例 1 から実施例 4 のように、バーナ 13 a、13 b、13 c のうち少なくとも 1 つのバーナ 13 a、13 b、13 c によって形成される火炎の過熱器 18 と対面する位置での移動方向が、過熱器 18 の蒸気の流れ方向 S t と逆方向とすることで、基準例よりも温度が最も高くなるパス P a 4 の出口での蒸気温度を低くできることがわかる。また、実施例 4 よりも実施例 1、2、3 の方が大きく温度を低下でき、実施例 2、3 よりも実施例 1 の方が大きく温度を低下できることがわかる。また、図 7 に示すように、火炎の旋回方向を切り換えた場合も過熱器の出口での温度を同じ温度とすることができる。以上より、過熱器 18 による過熱の性能を維持しつつ、伝熱管への負担を小さくできることがわかる。

20

【 0 0 4 1 】

次に、上記実施形態のボイラシステムは、バーナの火炎の旋回方向を適宜設定することで伝熱管への負荷を小さくしたがこれに限定されない。ボイラシステムは、各パス間の伝熱管ユニットの伝熱管の本数のバランスを調整することでも伝熱管への負担を小さくすることができる。

30

【 0 0 4 2 】

図 8 は、各パスの伝熱管の本数の一例を示すグラフである。図 9 は、基準例における各パスの吸熱量の一例を示すグラフである。図 10 は、実施例における各パスの吸熱量の一例を示すグラフである。図 11 は、各パスの出口での蒸気温度の計測結果の一例を示すグラフである。

【 0 0 4 3 】

図 8 は、基準例の伝熱管の各パスの本数と、実施例、つまり本数を調整した後の伝熱管の各パスの本数とを示している。ここで、基準例は、ボイラ 10 B の各パスと同じ本数で各パスの本数を設定している。ボイラシステムは、図 8 に示すように、各パスの伝熱管の本数を基準例に対して調整することで吸熱量を平滑化することができる。具体的には、図 9 に示す基準例のように、上流側のパスでの吸熱量が多く、下流側の吸熱量が少なく、かつ、その差が大きい状態から、図 10 に示す実施例のように、各パスでの吸熱量を平滑化することができる。これにより、図 11 に示すように、緩熱器の上流側の、パス P a 4 の出口側での温度が高くなることを抑制することができ、伝熱管への負担を小さくすることができる。以上より、バーナ 13 a、13 b、13 c によって形成される火炎の過熱器 18 と対面する位置での移動方向が、過熱器 18 の蒸気の流れ方向 S t と同じ方向である場合でも、各パス間の伝熱管ユニットの伝熱管の本数のバランスを調整することでも伝熱管

40

50

への負担を小さくすることができる。

【0044】

ここで、過熱器は、中央よりも下流側のパスの伝熱管の本数を、中央よりも上流側のパスの伝熱管の本数よりも多くすることが好ましい。これにより、下流側での吸熱量の割合を、上流側での吸熱量の割合よりも多くすることができ、蒸気の温度が途中で高くなることを抑制できる。ここで、パスが複数ある場合、複数のパスの伝熱管の本数の平均値を用いればよい。また、過熱器は、緩熱器よりも下流側のパスの伝熱管の本数を、緩熱器よりも上流側のパスの伝熱管の本数よりも多くすることが好ましい。これにより、緩熱器よりも下流側での吸熱量の割合を、緩熱器よりも上流側での吸熱量の割合よりも多くすることができ、緩熱器に流入する蒸気の温度を高くすることができる。

10

【0045】

図12は、仕切り板の位置の調整機構の一例を示す模式図である。図12に示す過熱器はヘッダ30aの仕切り板72Bと仕切り板72Dとの間に棒状の固定治具80が設置されている。また仕切り板72Bと仕切り板72Dには、固定治具80が挿入される固定部82が設けられている。また、仕切り板72B、72Dには、メンテナンス時などにヘッダ30a内を加工したり、視認したりするための穴（ハンドホール）84が形成されている。

【0046】

仕切り板72Bと仕切り板72Dは、固定治具80が固定部82に挿入されることで、仕切り板72Bと仕切り板72Dとの相対位置が所定の位置に固定される。ヘッダ30a、30bに設けられた仕切り板と仕切り板の間には同様の固定治具が設けられている。これにより、各パスの境界となる仕切り板の位置が所定位置に固定される。ここで、図12に示す過熱器は、固定治具80の長さを変えることで、仕切り板間の相対位置を調整することができ、各パスに含まれる伝熱管の本数を調整することができる。なお、固定治具80は、棒と棒に挿入された摺動可能な筒と、棒に対して筒を締結する機構とを組み合わせた構造とし、伸縮可能な構造とすることが好ましい。なお、パスの伝熱管の本数を調整する機構はこれに限定されない。

20

【0047】

次に、各パスの伝熱管の本数の設定方法について説明する。図13は、各パスの伝熱管の本数の設定方法の一例を示すフローチャートである。設定方法は、火炎を形成することで生じる温度分布を算出する（ステップS20）。具体的には、バーナで形成される火炎の位置や大きさに基づいて、各位置の伝熱管に付与される熱を算出する。設定方法は、温度分布に基づいて、各パスの伝熱管の本数を決定し（ステップS22）、決定した本数に基づいて、決定した位置に仕切り板を配置し（ステップS24）、本処理を終了する。

30

【0048】

このように、計算で求めた温度分布に基づいて、各パスの伝熱管の本数を設定することで、つまり、事前にCFDなどにより火炉内の燃焼ガス温度アンバランスを評価しておき、その火炉内のガス顕熱量アンバランスに応じて各パスの伝熱管本数を選定する事で各パスの吸熱量を平準化することができる。これにより、過熱器18による過熱の性能を維持しつつ、伝熱管への負担を小さくできる。

40

【0049】

図13では数値計算を用いたがこれに限定されない。図14は、各パスの伝熱管の本数の設定方法の一例を示すフローチャートである。設定方法は、まず仕切り板を仮設置する（ステップS30）。仕切り板を仮設置した状態で、ボイラを稼働させて各パスでの蒸気の温度を計測し（ステップS32）、温度バランスが適切であるかを判定する（ステップS34）。具体的には、各パスの出口の蒸気温度を計測し、その温度が許容範囲であるかを判定する。

【0050】

設定方法は、温度バランスが適切ではない（ステップS34でNo）と判定した場合、仕切り板の位置を調整する（ステップS36）。具体的には、許容範囲より温度が高いパ

50

スの伝熱管の本数を減らし、許容範囲より温度が低いパスの伝熱管の本数を増加させる。設定方法は、仕切り板の位置を調整したら、ステップ S 3 2 に戻り、ボイラを稼働させて、温度のバランスを計測する。

【 0 0 5 1 】

設定方法は、温度バランスが適切である（ステップ S 3 4 で Y e s ）と判定したら、仕切り板を固定し（ステップ S 3 8 ）、本処理を終了する。このように、実際の蒸気の温度を計測し、その結果に基づいて仕切り板の位置を調整することでも、各パスの吸熱量を平準化することができる。過熱器 1 8 による過熱の性能を維持しつつ、伝熱管への負担を小さくできる。

【 0 0 5 2 】

なお、上記実施形態では、一部の伝熱管への負荷の集中を抑制できるように各パスの伝熱管の本数を調整したが、緩熱器での調整可能な温度範囲をより大きくするため、緩熱器よりも上流側での吸熱量の割合を、緩熱器よりも下流側での吸熱量の割合よりも多くしてもよい。これにより、広い負荷範囲での運転を可能とする。例えば、現状ではボイラの運転負荷が 6 5 % 以上の範囲で蒸気温度制御が可能であるものが、ボイラの運転負荷が 5 0 % 以上の範囲での蒸気温度制御が可能となり、より広い範囲での運転制御が可能となる。この場合は、緩熱器よりも上流側のパスの伝熱管の本数を、緩熱器よりも下流側のパスの伝熱管の本数よりも多くすることが好ましい。また、緩熱器の直前のパスの伝熱管の本数を他のパスよりも多くすることが好ましい。これにより、緩熱器よりも上流側での吸熱量の割合を、緩熱器よりも下流側での吸熱量の割合を多くすることができ、緩熱器に流入する蒸気の温度を高くすることができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 3 】

- 1 ボイラシステム
- 1 0 A、1 0 B、1 0 C、1 0 D、1 0 E、1 0 F ボイラ
- 1 1 火炉
- 1 2 バーナユニット
- 1 3 a、1 3 b、1 3 c、1 3 d、1 3 e、1 3 f バーナ
- 1 6 フロントバンクチューブ
- 1 8 過熱器（ S H ）
- 1 9 伝熱管
- 2 0 蒸発管群（リアバンクチューブ）
- 2 4 ガス出口
- 2 8 水ドラム
- 2 9 蒸気ドラム
- 3 0 a、3 0 b、3 2 ヘッダ
- 3 4 ウォールチューブ
- 4 0 蒸気供給装置
- 4 1 ドラム
- 4 2、4 3 A、4 3 B 蒸気供給管
- 4 4 A、4 4 B 過熱蒸気排出管
- 5 0、5 2、5 4、5 6、5 8、6 0 伝熱管ユニット
- 6 2 緩熱器
- 7 2 A、7 2 B、7 2 C、7 2 D、7 2 E、7 2 F、7 2 G、7 2 H 仕切り板
- G ガスの流れ方向
- P a 1、P a 2、P a 3、P a 4、P a 5、P a 6 パス
- S t 蒸気の流れ方向

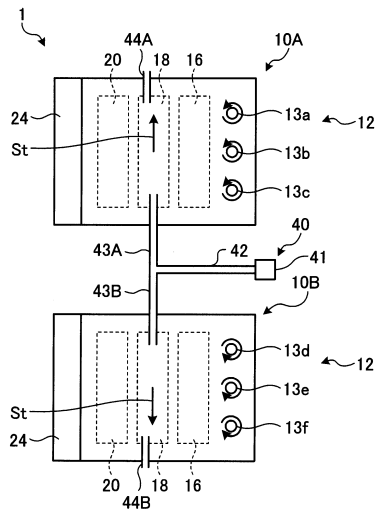
10

20

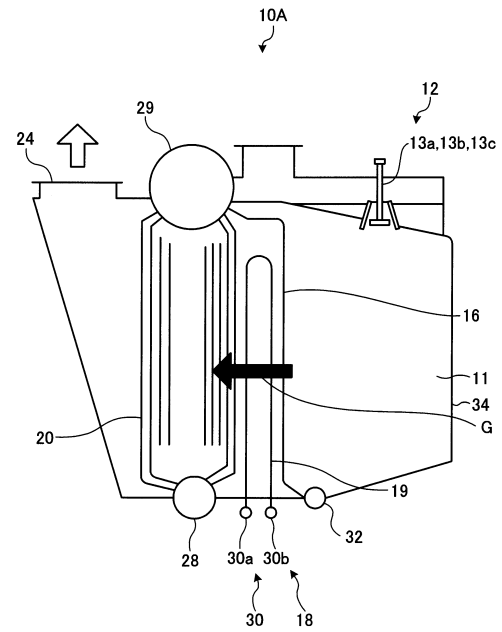
30

40

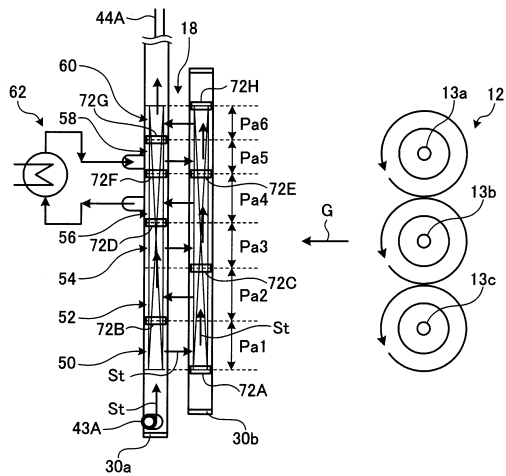
【図 1】



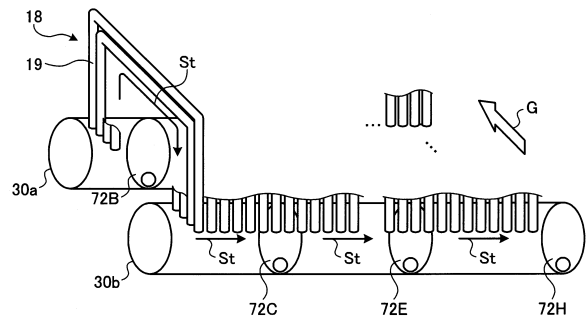
【図 2】



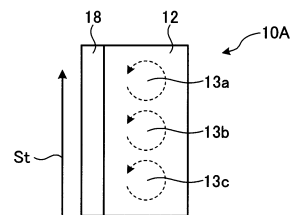
【図 3】



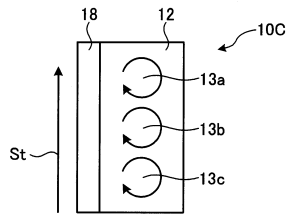
【図 4】



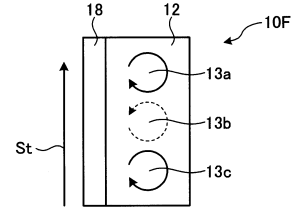
【図 5 A】



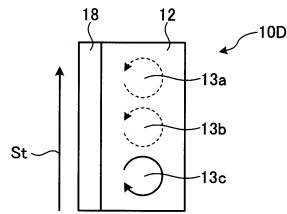
【図 5 B】



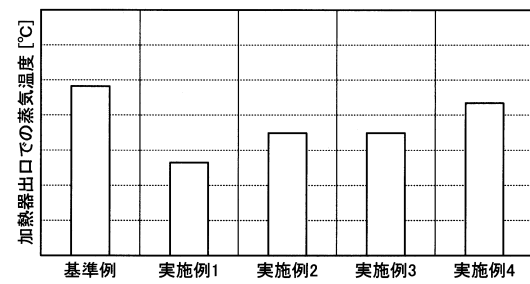
【図 5 E】



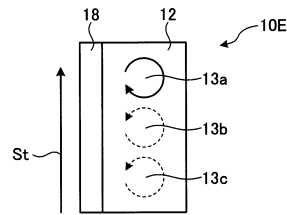
【図 5 C】



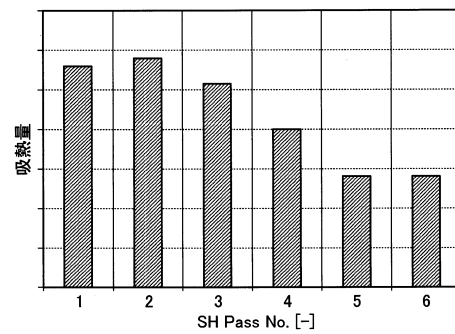
【図 6】



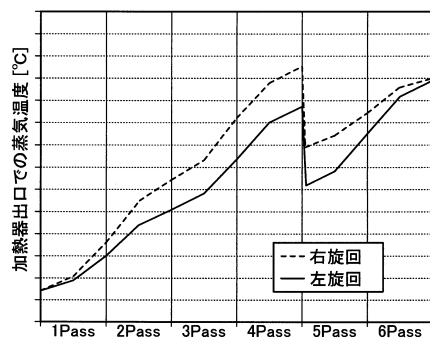
【図 5 D】



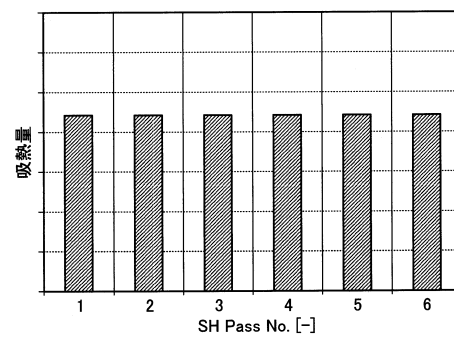
【図 9】



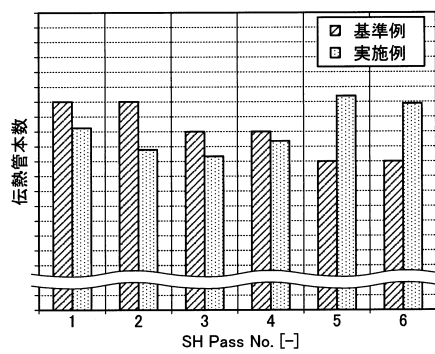
【図 7】



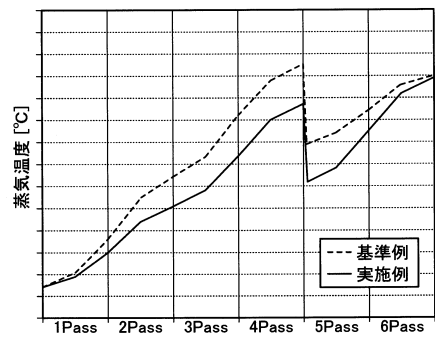
【図 10】



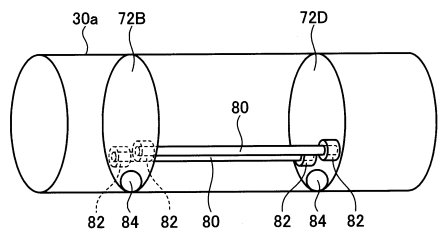
【図 8】



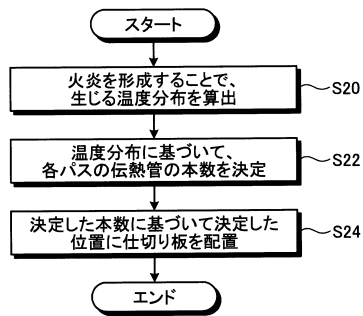
【図 1 1】



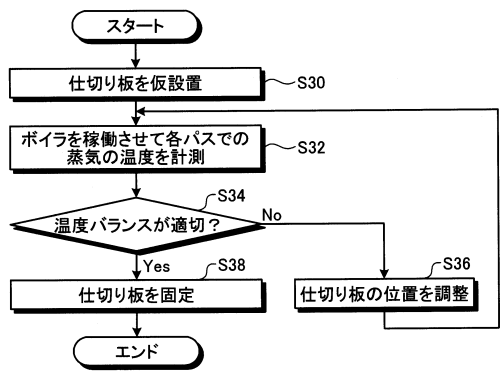
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



フロントページの続き

(72)発明者 中村 龍太
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 渡邊 洋

(56)参考文献 特開2011-094847(JP,A)
特開2000-337604(JP,A)
特公昭46-041961(JP,B1)
実開昭54-015101(JP,U)
実開昭61-023041(JP,U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
F22B31/00-31/08
F22B 1/00- 1/30
F22G 1/02