

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6472549号
(P6472549)

(45) 発行日 平成31年2月20日(2019.2.20)

(24) 登録日 平成31年2月1日(2019.2.1)

(51) Int.Cl.	F I
GO 1 K 13/02 (2006.01)	GO 1 K 13/02
GO 1 K 11/24 (2006.01)	GO 1 K 11/24
FO 2 C 7/00 (2006.01)	FO 2 C 7/00 A
F 2 3 R 3/00 (2006.01)	F 2 3 R 3/00 E
F 2 3 N 5/02 (2006.01)	F 2 3 N 5/02 3 4 4 Z

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2018-7887 (P2018-7887)
 (22) 出願日 平成30年1月22日(2018.1.22)
 審査請求日 平成30年1月22日(2018.1.22)
 (31) 優先権主張番号 10-2017-0102996
 (32) 優先日 平成29年8月14日(2017.8.14)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(73) 特許権者 516086510
 インチョン ユニバーシティ インダスト
 リー アカデミック コーポレーション
 ファウンデーション
 INCHEON UNIVERSITY
 INDUSTRY ACADEMIC C
 OOPERATION FOUNDATI
 ON
 大韓民国、インチョン、22012、ヨンス
 スク、アカデミーロ、119 (ソンドドン
)
 (Songdo-dong) 119, Ac
 ademy-ro, Yeonsu-gu,
 Incheon, 22012, Repub
 lic of Korea

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

それぞれ燃焼器の外部では開放端を形成し、上記燃焼器の内部では互いに異なる位置に閉鎖端を形成する複数の反射チューブ；

上記複数の反射チューブの開放端と連結される単一の統合チューブ；及び、

上記統合チューブに設けられ、上記複数の反射チューブの閉鎖端側に超音波を送信した後、受信する単一の超音波センサ；を含み、

上記複数の反射チューブの閉鎖端でそれぞれ反射された超音波を通して上記燃焼器の内部の多点温度測定が可能であることを特徴とする

超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置。

【請求項 2】

上記複数の反射チューブは、円形断面を形成し、互いに熱伝達が防止されるように隔離されたことを特徴とする

請求項 1 に記載の超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置。

【請求項 3】

上記統合チューブは、上記超音波センサが設けられた位置で円形断面を形成し、上記複数の反射チューブの開放端と連結された位置に行くほど上記複数の反射チューブの共通接線に収斂する断面を形成することを特徴とする

請求項 2 に記載の超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置。

【請求項 4】

10

20

それぞれ燃焼器の外部では開放端を形成し、上記燃焼器の内部では互いに異なる位置に閉鎖端を形成する複数の反射チューブと、上記複数の反射チューブの開放端と連結される単一の統合チューブと、上記統合チューブに設けられ、上記複数の反射チューブの閉鎖端側に超音波を送信した後、受信する単一の超音波センサとを含む超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置；

上記単一の超音波センサが送信した後、受信した超音波を分析して上記複数の反射チューブそれぞれの閉鎖端の温度を演算するデータ分析装置；及び、

上記多点温度測定装置と上記データ分析装置との間でデータを送受信するデータ収集装置；を含むことを特徴とする

超音波を利用した燃焼室用多点温度測定システム。

10

【請求項 5】

上記燃焼器の外部で上記反射チューブと上記統合チューブの両端部には第 1 温度センサと第 2 温度センサが設けられ、

上記データ分析装置は、下の数式によって上記複数の反射チューブそれぞれの閉鎖端の温度を演算し、

(数式)

【数 1】

$$T_{out} = \frac{T_{out,1} + T_{out,2}}{2}$$

20

$$C_{out} = \frac{L_{out}}{\Delta t_{out}}$$

$$\Delta t_{out} = \frac{L_{out}}{\sqrt{\gamma_{out} R_{out} T_{out}}}$$

30

$$C_i = \frac{2L_i}{\Delta t_i - 2\Delta t_{out}}$$

$$T_{ia} = C_i^2 \gamma_{in} R_{in}$$

$$T_i = 2T_{ia} - T_{out}$$

40

ここで、 T_{out} は燃焼器の外部における複数の反射チューブと統合チューブの平均温度であり、 $T_{out,1}$ は第 1 温度センサの測定値であり、 $T_{out,2}$ は第 2 温度センサの測定値であり、 C_{out} は燃焼器の外部における超音波伝播速度であり、 L_{out} は超音波センサと燃焼器の外表面との間の距離であり、 Δt_{out} は燃焼器の外部における超音波片道移動時間であり、 γ_{out} は燃焼器の外部における統合チューブ内の気体の比熱比であり、 R_{out} は燃焼器の外部における統合チューブ内の気体の気体定数であり、 C_i は燃焼器の内部における複数の反射チューブ内のそれぞれの超音波伝播速度であり、 L_i は複数の反射チューブの閉鎖端と燃焼器の内面との間の距離であり、 Δt_i は超音波センサの超音波送信から受信までの時間であり、 T_{ia} は燃焼器の内部における複数の反射

50

チューブそれぞれの平均温度であり、 γ_{in} は燃焼器の内部における複数の反射チューブ内の気体の比熱比であり、 R_{in} は燃焼器の内部における複数の反射チューブ内の気体の気体定数であり、 T_i は複数の反射チューブそれぞれの閉鎖端の温度であることを特徴とする

請求項4に記載の超音波を利用した燃焼室用多点温度測定システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システム(MULTIPOINT TEMPERATURE SENSING DEVICE USING ULTRA SONIC WAVES AND MULTIPOINT TEMPERATURE SENSING SYSTEM HAVING THE SAME)に関し、より詳しくは、複数の超音波送信機と超音波受信機を使わなくても多点(multipoint)温度測定が可能となるようにされる超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

発電用ガスタービンにおいて燃焼室内の空間的、時間的温度分布を測定することは、下のようない点で重要である。

【0003】

第一に、燃焼室内の空間的、時間的温度分布は、燃焼状態を診断する重要な端緒である。第二に、時間による温度変化は、燃焼不安定の増減を判断する基準となり得る。第三に、空間による温度変化は、燃焼不安定が生成される位置を把握できる主な端緒になる。第四に、燃焼器の後端のタービンベーン及びブレードは、温度の空間的勾配及び時間による温度変化に非常に敏感であり、温度変化が大きい場合、機械的寿命の短縮はもちろんのこと、焼損事故の原因になる。従って、燃焼室内の空間的、時間的温度変化に対する綿密な診断が求められる。

20

【0004】

既存の燃焼室内の温度センサとしては、主に熱電対(Thermo-couple)が使われているが、熱電対は1秒以下の早い温度変化の計測が難しく、異種の金属が接合された部位で直接高温ガスを計測するため、1500℃付近の高温ガスを測定するとき、センサ不良(Fault)がよく起きる問題がある。

30

【0005】

また、熱電対は、発電所のように長期間安定的な計測を要求する場所で頻繁に問題を起こしている。従って、燃焼室温度を代表するタービン入口温度(Turbine Inlet Temperature)を直接計測できず、タービン出口温度(Turbine Exit Temperature)を計測した後、熱力学的仮定を通してタービン入口温度を逆算して類推することになる。

【0006】

本発明の出願人は、韓国公開特許公報第2017-0066090号の超音波を利用したガスタービン燃焼状態診断装置を出願したことがある。

40

【0007】

韓国公開特許公報第2017-0066090号は、一端部に開口部が備えられてガスタービン用燃焼器の内側空間と連通され、他端部は外側に突出形成されてなる燃焼診断チューブ；燃焼診断チューブの他端部に備えられ、燃焼診断チューブを通して燃焼器側に送信超音波を発生させる超音波送信機；燃焼診断チューブの内部に備えられ、送信超音波を受信して第1受信信号を生成し、送信超音波のうち燃焼器の内側の反射面により戻ってくる反射波を受信して第2受信信号を生成する超音波受信機；及び、超音波送信機及び超音波受信機と連結されて制御し、第1、2受信信号及び超音波受信機と反射面の間の離隔距離に基づいて燃焼器内の火炎温度を測定する制御部；を含むことを特徴とする。

【0008】

50

韓国公開特許公報第2017-0066090号は、燃焼器内の火炎側に直接向かって送信超音波を送出する一つの超音波送信機と、送信超音波及び燃焼器内の火炎を横切って通過した反射波をそれぞれ受信する最大2個の超音波受信機とを活用するアルゴリズムを通して燃焼器内の火炎温度をより直接的に測定できるようになることで、温度測定の精密性乃至正確性を高めることができるとの利点がある。

【0009】

しかし、韓国公開特許公報第2017-0066090号は、一つの超音波送信機と受信機を通して超音波の移動距離及び移動時間から超音波の速度を計測し温度を逆算して算出しているため、N個の位置で温度を測定しようとする場合、測定位置の個数だけ送信機－受信機－信号線－分析機などの温度センサセットがN個備えられる必要があるという構成の複雑性を甘受しなければならなかった。

10

【0010】

また、韓国公開特許公報第2017-0066090号は、燃焼診断チューブと燃焼器の内部が相互連結されるため、燃焼器内部の熱気及び火炎が燃焼診断チューブに流入して送信機と受信機が過度な熱エネルギーに露出する問題があった。

【0011】

また、韓国公開特許公報第2017-0066090号は、超音波送信機から送信された超音波が燃焼器の内面（反射面）で反射された後、超音波受信機で受信される構造を形成するため、燃焼器の使用日数が増加したとき、内面の老朽化が不可避であり、これによる超音波反射率の減少による超音波受信率の低下及び燃焼状態診断の信頼性の減少を甘受せざるを得なかった。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0012】

【特許文献1】韓国公開特許公報第2017-0066090号（公開日：2017.06.14.）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明の目的は、複数の超音波送信機と超音波受信機を使わなくても多点（multipoint）温度測定が可能であり、燃焼器の内部の熱気及び火炎の熱エネルギーによる送信機及び受信機の破損が抑制され、燃焼器の老朽化にかかわらず正確な温度測定が可能になされる超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システムを提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記目的は、本発明により、それぞれ燃焼器の外部では開放端を形成し、上記燃焼器の内部では互いに異なる位置に閉鎖端を形成する複数の反射チューブ；上記複数の反射チューブの開放端と連結される単一の統合チューブ；及び、上記統合チューブに設けられ、上記複数の反射チューブの閉鎖端側に超音波を送信した後、受信する単一の超音波センサ；を含み、上記複数の反射チューブの閉鎖端でそれぞれ反射された超音波を通して上記燃焼器の内部の多点温度測定が可能であることを特徴とする超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置により達成される。

40

【0015】

上記複数の反射チューブは、円形断面を形成し、互いに熱伝達が防止されるように隔離されることができる。

【0016】

上記統合チューブは、上記超音波センサが設けられた位置で円形断面を形成し、上記複数の反射チューブの開放端と連結された位置に行くほど上記複数の反射チューブの共通接線に収斂する断面を形成するようになされることができる。

50

【0017】

上記目的は、本発明によって、それぞれ燃焼器の外部では開放端を形成し、上記燃焼器の内部では互いに異なる位置に閉鎖端を形成する複数の反射チューブと、上記複数の反射チューブの開放端と連結される単一の統合チューブと、上記統合チューブに設けられ、上記複数の反射チューブの閉鎖端側に超音波を送信した後、受信する単一の超音波センサを含む超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置；上記単一の超音波センサが送信した後、受信した超音波を分析して上記複数の反射チューブそれぞれの閉鎖端の温度を演算するデータ分析装置；及び、上記多点温度測定装置と上記データ分析装置との間でデータを送受信するデータ収集装置；を含むことを特徴とする超音波を利用した燃焼室用多点温度測定システムにより達成される。

10

【0018】

上記燃焼器の外部で上記反射チューブと上記統合チューブの両端部には第1温度センサと第2温度センサが設けられ、上記データ分析装置は、下の数式によって上記第1反射チューブ及び上記第2反射チューブそれぞれの閉鎖端の温度を演算し、

【0019】

【数1】

$$T_{out} = \frac{T_{out,1} + T_{out,2}}{2}$$

20

$$C_{out} = \frac{L_{out}}{\Delta t_{out}}$$

$$\Delta t_{out} = \frac{L_{out}}{\sqrt{\gamma_{out} R_{out} T_{out}}}$$

$$C_i = \frac{2L_i}{\Delta t_i - 2\Delta t_{out}}$$

30

$$T_{ia} = C_i^2 \gamma_{in} R_{in}$$

$$T_i = 2T_{ia} - T_{out}$$

40

【0020】

ここで、 T_{out} は燃焼器の外部における複数の反射チューブと統合チューブの平均温度であり、 $T_{out,1}$ は第1温度センサの測定値であり、 $T_{out,2}$ は第2温度センサの測定値であり、 C_{out} は燃焼器の外部における超音波伝播速度であり、 L_{out} は超音波センサと燃焼器の外表面との間の距離であり、 Δt_{out} は燃焼器の外部における超音波片道移動時間であり、 γ_{out} は燃焼器の外部における統合チューブ内の気体の比熱比であり、 R_{out} は燃焼器の外部における統合チューブ内の気体の気体定数であり、 C_i は燃焼器の内部における複数の反射チューブ内のそれぞれの超音波伝播速度であり、 L_i は複数の反射チューブの閉鎖端と燃焼器の内面との間の距離であり、 Δt_i は超音波センサの超音波送信から受信までの時間であり、 T_{ia} は燃焼器の内部における複数の反射

50

チューブそれぞれの平均温度であり、 γ_{in} は燃焼器の内部における複数の反射チューブ内の気体の比熱比であり、 R_{in} は燃焼器の内部における複数の反射チューブ内の気体の気体定数であり、 T_i は複数の反射チューブそれぞれの閉鎖端の温度であり得る。

【発明の効果】

【0021】

本発明によれば、複数の反射チューブの閉鎖端でそれぞれ反射された超音波を通して燃焼器の内部の多点温度測定が可能であることにより、複数の超音波送信機と超音波受信機を使わなくても多点(multipoint)温度測定が可能であり、燃焼器の内部の熱気及び火炎の熱エネルギーによる送信機及び受信機の破損が抑制され、燃焼器の老朽化にかかわらず正確な温度測定が可能になされる超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを

10

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】ガスタービンを示した図である。

【図2】本発明の一実施例による超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システムを示した図である。

【図3】図2の超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システムの超音波センサで受信した複数の超音波反射信号を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0023】

20

以下、添付図面を参照して本発明の望ましい実施例を詳しく説明すれば、次の通りである。但し、本発明の説明にあたって、既に公知の機能或いは構成に関する説明は、本発明の要旨を明瞭にするために省略することにする。

【0024】

本発明の超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システムは、複数の超音波送信機と超音波受信機を使わなくても多点(multipoint)温度測定が可能であり、燃焼器の内部の熱気及び火炎の熱エネルギーによる送信機及び受信機の破損が抑制され、燃焼器の老朽化にかかわらず正確な温度測定が可能になされる。

【0025】

図1はガスタービンを示した図であり、図2は本発明の一実施例による超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システムを示した図であり、図3は図2の超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システムの超音波センサで受信した複数の超音波反射信号を示した図である。

30

【0026】

図2及び図3に示されているように、本発明の超音波を利用した燃焼室用多点温度測定システム1000は、複数の超音波送信機と超音波受信機を使わなくても多点(multipoint)温度測定が可能になされ、多点温度測定装置10、データ分析装置20及びデータ収集装置30を含んで構成される。

【0027】

本発明の超音波を利用した燃焼室用多点温度測定システム1000は、ガスタービン1の燃焼室内の空間的、時間的温度分布を測定するのに使用されることができる。燃焼室は、火炎が発生する燃焼器3の内部を意味する。

40

【0028】

ガスタービン1に関して簡略に考察すると、図1に示されているように、圧縮機2、燃焼器3、タービン4及び排気口5などを含んで構成される。ガスタービン1の作動は、圧縮機2を通して圧縮された空気が燃焼器3に流入して噴射された燃料と共に燃焼され、このとき、発生した高温高压のガスが早く流動しタービン4を回転させた後、排気口5を通して排気ガスが外部に排出される方式でなされる。

【0029】

図2に示されているように、多点温度測定装置10は、燃焼器3の内部の多点に超音波

50

を送受信する構成であり、ガスタービン用燃焼器 3 内の火炎状態を診断するために燃焼器 3 の一側に備えられる。多点温度測定装置 10 は、複数の反射チューブ 100、統合チューブ 200 及び超音波センサ 300 を含んで構成される。

【0030】

複数の反射チューブ 100 は、燃焼器 3 を貫通して超音波が反射される経路を形成する構成であり、それぞれ燃焼器 3 の外部では開放端 101 を形成し、燃焼器 3 の内部では互いに異なる位置に閉鎖端 102 を形成する。

【0031】

以下で、超音波の送信方向は超音波センサ 300 から閉鎖端 102 に向かう方向（図 2 基準左側）を意味し、超音波の受信方向は閉鎖端 102 から超音波センサ 300 に向かう方向（図 2 基準右側）を意味するものと理解されなければならない。

10

【0032】

図 2 に示されているように、複数の反射チューブ 100 は、超音波の送信方向（又は受信方向）に長いチューブ形態で形成される。そして、複数の反射チューブ 100 は、超音波の送信方向（又は受信方向）に対して直角方向に切った断面が円形を示す。複数の反射チューブ 100 は、互いに熱伝達が防止されるように超音波の送信方向（又は受信方向）に対して直角方向に互いに離隔される。

【0033】

複数の反射チューブ 100 は、燃焼器 3 の外面から同一の距離に開放端 101 をそれぞれ形成し、燃焼器 3 の内面から互いに異なる距離に閉鎖端 102 をそれぞれ形成する。

20

【0034】

燃焼器 3 の内部の多点温度測定において‘多点’の個数は反射チューブ 100 の個数に対応して決まる。すなわち、図 2 に示されているように、反射チューブ 100 が第 1 反射チューブ 110、第 2 反射チューブ 120、第 3 反射チューブ 130、第 4 反射チューブ 140 及び第 5 反射チューブ 150 を含んで構成される場合、‘多点’は 5 個の‘地点’を意味する。ここで‘地点’は反射チューブ 100 の閉鎖端 102 の位置を意味する。

【0035】

図 2 に示されているように、統合チューブ 200 は、燃焼器 3 の外部で超音波が送信された後、受信される経路を形成する構成であり、超音波の送信方向（又は受信方向）に長いチューブ形態で形成される。

30

【0036】

図 2 を基準として統合チューブ 200 の左側端部、すなわち、超音波の送信方向端部は、複数の反射チューブ 100 の開放端 101、すなわち、第 1 反射チューブ 110、第 2 反射チューブ 120、第 3 反射チューブ 130、第 4 反射チューブ 140 及び第 5 反射チューブ 150 の開放端 101 と連結される。燃焼器 3 の外部で反射チューブ 100 と統合チューブ 200 の両端部には第 1 温度センサ TS1 と第 2 温度センサ TS2 が互いに反対側に設けられる。

【0037】

統合チューブ 200 の右側端部、すなわち、超音波の受信方向端部には超音波センサ 300 が設けられる。超音波センサ 300 は、超音波送信機と受信機とが一体型になった超音波センサ 300 からなる。超音波送信機受信機一体型の超音波センサ 300 は、公知の技術として詳しい説明は省略することにする。

40

【0038】

図 2 に示されているように、統合チューブ 200 は、超音波センサ 300 が設けられた A 位置で円形断面を形成し、複数の反射チューブ 100 の開放端 101 と連結された位置に行くほど複数の反射チューブ 100 の共通接線に収斂する形態の断面を形成する（B 位置、C 位置及び D 位置の形態変化参照）。

【0039】

よって、超音波センサ 300 から送信された超音波は、複数の反射チューブ 100 の開放端 101 に収斂して複数の反射チューブ 100 の内側にそれぞれ進入することになる。

50

以後、複数の反射チューブ１００の内側にそれぞれ進入した超音波は、複数の反射チューブ１００の閉鎖端１０２で反射された後、再び複数の反射チューブ１００の開放端１０１を通過して統合チューブ２００に進入し超音波センサ３００で受信される。

【００４０】

図２で未説明の符号Ｘは超音波センサ３００から送信された超音波を意味し、未説明の符号 X_1 は超音波センサ３００から送信された超音波のうち第１反射チューブ１１０に進入した超音波を意味し、 X_5 は超音波センサ３００から送信された超音波のうち第５反射チューブ１５０に進入した超音波を意味する。

【００４１】

図２で未説明の符号Ｙは超音波センサ３００が受信する超音波を意味し、未説明の符号 Y_1 は第１反射チューブ１１０の閉鎖端１０２で反射された超音波を意味し、 Y_5 は第５反射チューブ１５０の閉鎖端１０２で反射された超音波を意味する。

10

【００４２】

データ分析装置２０は、単一の超音波センサ３００が送信した後、受信した超音波を分析して複数の反射チューブ１００それぞれの閉鎖端１０２の温度を演算する装置である。

【００４３】

データ収集装置３０は、多点温度測定装置１０とデータ分析装置２０との間でデータを送受信する装置であり、超音波センサ３００から発振する超音波周波数のパルス型関数発生を制御する。

【００４４】

20

超音波センサ３００の入出力信号を制御及び分析するデータ分析装置２０とデータ収集装置３０は、超音波センサ３００を利用した温度測定装置分野で公知の技術であり、詳しい説明は省略することにする。

【００４５】

以下では、超音波を利用した燃焼室用多点温度測定システム１０００の使用状態を説明する。多点温度測定装置１０、データ分析装置２０及びデータ収集装置３０は、多点温度測定システム１０００の使用状態の説明を通してより詳しく理解されることができはすである。

【００４６】

先ず、超音波センサ３００がパルス型の超音波を送信する。パルス型の超音波は、統合チューブ２００を経て第１反射チューブ１１０、第２反射チューブ１２０、第３反射チューブ１３０、第４反射チューブ１４０及び第５反射チューブ１５０の内部にそれぞれ進入した後、複数の反射チューブ１００の閉鎖端１０２で反射されて再び送信機受信機一体型の超音波センサ３００で受信される。

30

【００４７】

図３に示されているように、超音波センサ３００で受信されたパルス型超音波信号は、複数の反射チューブ１００の個数に比例する個数に区分される。超音波センサ３００で受信されたパルス型超音波信号は、燃焼器３の内面から閉鎖端１０２までの距離に大体比例する時間によって区分される。

【００４８】

40

以後、超音波センサ３００を通して受信されたパルス型超音波信号は、伝送線を通してデータ収集装置３０に伝送される。データ収集装置３０は、パルス型超音波のアナログ信号をデジタル信号に変換して燃焼器３の内側の高温部の温度分布を下のようなアルゴリズムによって演算する。

【００４９】

ここで、‘高温部’は、燃焼器３の内側における複数の反射チューブ１００の内部を意味する。また、以下で‘低温部’は、燃焼器３の外側における複数の反射チューブ１００と統合チューブ２００の内部を意味する。

【００５０】

[STEP1]

50

図2に示されているように、送信機受信機一体型の超音波センサ300によって超音波信号が送信されてから受信されるのにかかる時間（ Δt_1 、 Δt_2 、 Δt_3 、 Δt_4 、 Δt_5 ）をそれぞれ測定する。

【0051】

ここで、 Δt_1 は第1反射チューブ110の閉鎖端102で反射された超音波信号が送信されてから受信されるのにかかる時間、 Δt_2 は第2反射チューブ120の閉鎖端102で反射された超音波信号が送信されてから受信されるのにかかる時間、 Δt_3 は第3反射チューブ130の閉鎖端102で反射された超音波信号が送信されてから受信されるのにかかる時間を意味する。

【0052】

そして、 Δt_4 は第4反射チューブ140の閉鎖端102で反射された超音波信号が送信されてから受信されるのにかかる時間、 Δt_5 は第5反射チューブ150の閉鎖端102で反射された超音波信号が送信されてから受信されるのにかかる時間を意味する。

【0053】

[STEP2]

第1温度センサTS1と第2温度センサTS2を通して低温部の両端部の温度 $T_{out,1}$ 、 $T_{out,2}$ を測定し、（数式1）のように低温部の平均温度 T_{out} を測定する。

【0054】

【数2】

$$T_{out} = \frac{T_{out,1} + T_{out,2}}{2} \quad \text{(数式1)}$$

[STEP3]

低温部の平均温度 T_{out} 及び超音波センサ300と燃焼器3の外面との間の距離 L_{out} を通して低温部の超音波伝播速度 C_{out} と低温部の超音波片道移動時間 Δt_{out} を（数式2）と（数式3）のように求める。

【0055】

【数3】

$$C_{out} = \frac{L_{out}}{\Delta t_{out}} \quad \text{(数式2)}$$

【0056】

【数4】

$$\Delta t_{out} = \frac{L_{out}}{\sqrt{\gamma_{out} R_{out} T_{out}}} \quad \text{(数式3)}$$

【0057】

ここで、 γ_{out} は低温部の比熱比、 R_{out} は低温部の気体定数を意味する。低温部の比熱比 γ_{out} と低温部の気体定数 R_{out} は、反射チューブ100及び統合チューブ200の内部に満たされたガスの種類及び状態（温度、圧力）に依存する値であり、データ分析装置20に別途入力される。

[STEP4]

低温部における超音波片道移動時間 Δt_{out} 、超音波センサ300によって超音波信

10

20

30

40

50

号が送信されてから受信されるのにかかる時間 Δt_i ($i = 1 \sim 5$)、反射チューブ 100 の閉鎖端 102 と燃焼器 3 の内面との間の距離 L_i ($i = 1 \sim 5$) を通して高温部内での超音波伝播速度 C_i ($i = 1 \sim 5$) を (数式 4) のように求めた後、(数式 5) によって高温部内での反射チューブ 100 それぞれの平均温度 T_{ia} ($i = 1 \sim 5$) を求める。

【0058】

【数 5】

$$C_i = \frac{2L_i}{\Delta t_i - 2\Delta t_{out}} \quad (\text{数式4})$$

10

【0059】

【数 6】

$$T_{ia} = C_i^2 \gamma_{in} R_{in} \quad (\text{数式5})$$

【0060】

ここで、 γ_{in} は高温部の比熱比、 R_{in} は高温部の気体定数を意味する。高温部の比熱比 γ_{in} と高温部の気体定数 R_{in} は、反射チューブ 100 及び統合チューブ 200 の内部に満たされたガスの種類及び状態 (温度、圧力) に依存する値であり、データ分析装置 20 に別途入力される。

20

【0061】

[STEP 5]

以後、第 1 温度センサ TS1 を通して測定された低温部の一端部の温度 $T_{out,1}$ と高温部内での反射チューブ 100 それぞれの平均温度 T_{ia} ($i = 1 \sim 5$) から (数式 6) のように複数の反射チューブ 100 の閉鎖端 102 の温度 T_i ($i = 1 \sim 5$) を算出する。

【0062】

【数 7】

$$T_i = 2T_{ia} - T_{out} \quad (\text{数式6})$$

30

【0063】

また、複数の反射チューブ 100 の閉鎖端 102 の温度 T_i ($i = 1 \sim 5$) を通して高温部の平均温度と温度の標準偏差を求めることができるため、下のように燃焼室内の燃焼状態診断のために使うことができる。

【0064】

窒素酸化物 (NO_x) と一酸化炭素 (CO) の排出特性が火炎の温度によって変わるため、平均温度が $1300^\circ C$ 以下と測定される場合、一酸化炭素 (CO) の発生危険を警告し、 $1600^\circ C$ 以上と測定される場合、窒素酸化物 (NO_x) の発生危険を使用者に警告することにより、有害排気ガスの排出を防止できる。

40

【0065】

また、別途の測定装置を通して有害排気ガスの排出を測定し、演算された複数の反射チューブ 100 の閉鎖端 102 の温度 T_i ($i = 1 \sim 5$) を通して有害排気ガスの排出原因を診断することができる。

【0066】

標準偏差が大きいほど燃焼室内の火炎発生が不安定な状態である。火炎発生の不安定はタービン 4 及びブレードの寿命減少及び熱疲労破壊を誘発し得るため、標準偏差が大きく

50

計算された場合、燃料や空気などを調整する燃焼調整 (Combustion Tuning) を行うようにする。

【0067】

そして、別途の映像出力装置を通して燃焼室内の閉鎖端 102 の位置と複数の反射チューブ 100 の閉鎖端 102 の温度 T_i ($i = 1 \sim 5$) を温度により色を変えて示した 3 次元グラフィックで出力することにより、燃焼状態点検時に温度異常位置及び異常温度の程度を容易に把握できるようにする。

【0068】

本発明によれば、複数の反射チューブの閉鎖端でそれぞれ反射された超音波を通して燃焼器内部の多点温度測定が可能であることにより、複数の超音波送信機と超音波受信機を使わなくても多点 (multipoint) 温度測定が可能であり、燃焼器内部の熱気及び火炎の熱エネルギーによる送信機及び受信機の破損が抑制され、燃焼器の老朽化にかかわらず正確な温度測定が可能になされる超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システムを提供することができるようになる。

【0069】

先に、本発明の特定の実施例が説明及び図示されているが、本発明は記載の実施例に限定されるものではなく、本発明の思想及び範囲を逸脱しない範囲で多様な修正及び変形が可能であることは、本技術の分野において通常の知識を有する者にとって自明なことである。従って、かかる修正例又は変形例は、本発明の技術的思想や観点から個別的に理解されてはならず、変形された実施例は本発明の特許請求の範囲に属するものとしなければならない。

【符号の説明】

【0070】

- 1 : ガスタービン
- 2 : 圧縮機
- 3 : 燃焼器
- 4 : タービン
- 5 : 排気口
- 1000 : 多点温度測定システム
- 10 : 多点温度測定装置
- 20 : データ分析装置
- 30 : データ収集装置
- 100 : 反射チューブ
- 110 : 第 1 反射チューブ
- 120 : 第 2 反射チューブ
- 130 : 第 3 反射チューブ
- 140 : 第 4 反射チューブ
- 150 : 第 5 反射チューブ
- 101 : 開放端
- 102 : 閉鎖端
- 200 : 統合チューブ
- TS1 : 第 1 温度センサ
- TS2 : 第 2 温度センサ
- 300 : 超音波センサ

【要約】 (修正有)

【課題】 複数の超音波送信機と超音波受信機を使わなくても多点 (multipoint) 温度測定が可能であり、超音波を利用した燃焼室用多点温度測定装置及びこれを用いた温度測定システムを提供する。

【解決手段】 それぞれ燃焼器 3 の外部では開放端 101 を形成し、上記燃焼器の内部では互いに異なる位置に閉鎖端 102 を形成する複数の反射チューブ 100、上記複数の反射

10

20

30

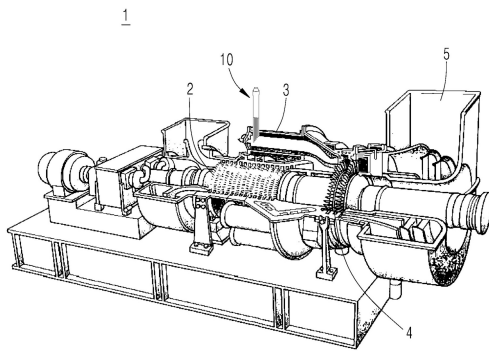
40

50

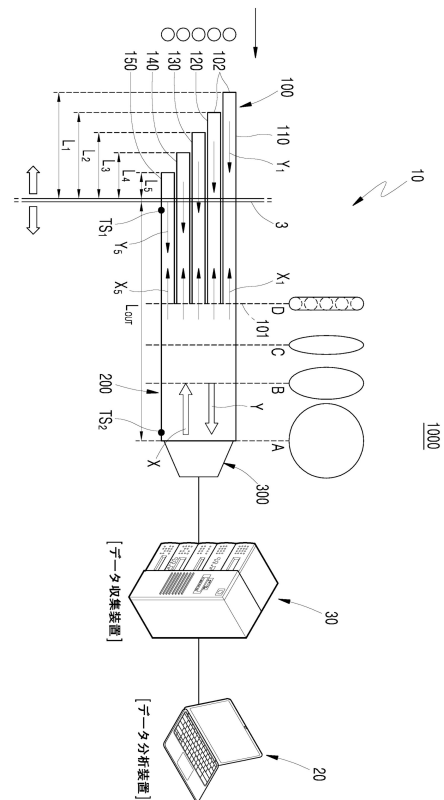
チューブの開放端と連結される単一の統合チューブ 200 及び、上記統合チューブに設けられ、上記複数の反射チューブの閉鎖端側に超音波を送信した後、受信する単一の超音波センサ 300 を含み、上記複数の反射チューブの閉鎖端でそれぞれ反射された超音波を通して上記燃焼器の内部の多点温度測定を可能とする。

【選択図】 図 2

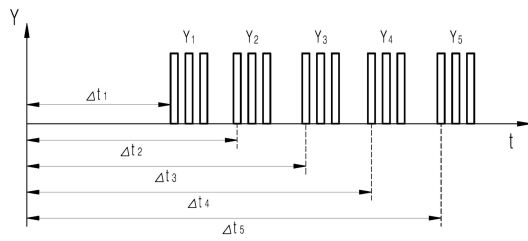
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

(74)代理人 100125450

弁理士 河野 広明

(72)発明者 イ・ミン チョル

大韓民国、インチョン、22009、ヨンスク、コンベンシアデーロ 274ボンギル、15、2303-2904

(72)発明者 ファン・ウク

大韓民国、カンウォンド、26385、ウォンジュシ、ソンバドウル 1-ギル、26-24、4F1.

(72)発明者 ソ・ヒュンジョン

大韓民国、キョンギド、14548、プチョンシ、ソヒャンロ、203、B-427

審査官 深田 高義

(56)参考文献 特表2018-507377 (JP, A)

特表2008-513753 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01K 13/02

F02C 7/00

F23N 5/02

F23R 3/00

G01K 11/24