



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년05월29일
(11) 등록번호 10-1862248
(24) 등록일자 2018년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01J 5/00 (2006.01) G01H 11/06 (2006.01)
G06F 17/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01J 5/0044 (2013.01)
G01H 11/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0102996
(22) 출원일자 2017년08월14일
심사청구일자 2017년08월14일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020170066090 A
KR101668842 B1
JP2015102481 A

(73) 특허권자
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
이민철
인천광역시 연수구 컨벤시아대로274번길 15, 230
3동 2904호 (송도동, 송도 더샵 마스터뷰)
황 욱
강원도 원주시 섬밭들1길 26-24, 4층 (무실동)
서현정
경기도 부천시 소항로 203, B동 427호 (중동, 메트로폴리스1차)
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 김창주

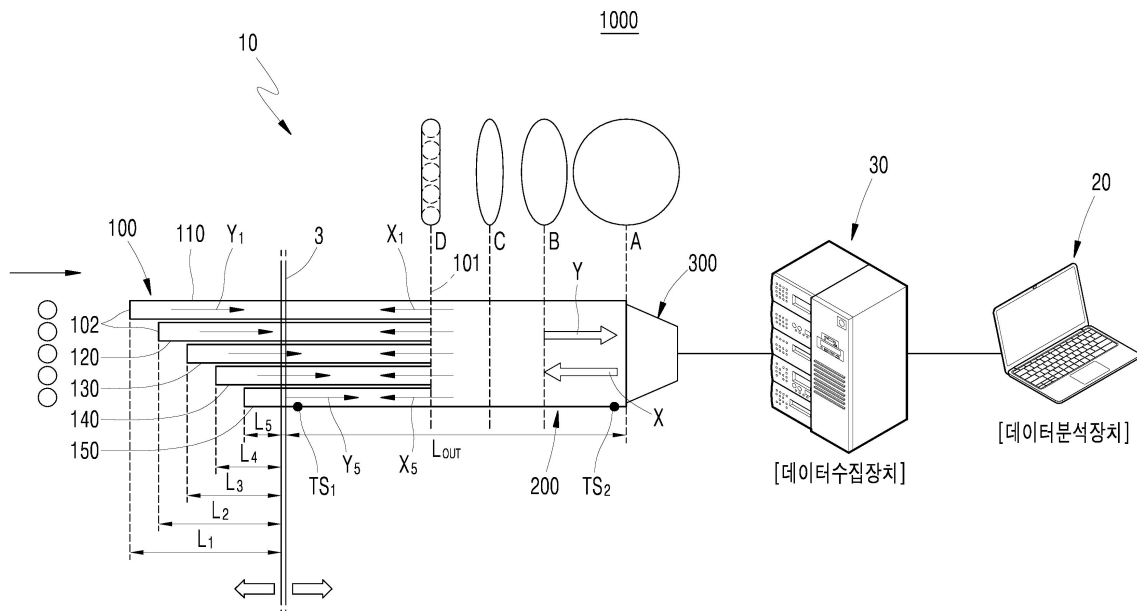
(54) 발명의 명칭 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템

(57) 요약

초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템이 개시된다. 본 발명의 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치는, 각각 연소기의 외부에서는 개방단을 형성하고 연소기의 내부에서는 서로 다른 위치에 폐쇄단을 형성하는 복수의 반사튜브; 복수의 반사튜브의 개방단과 연결되는 단일의 통합튜브; 및 통

(뒷면에 계속)

대표도



합튜브에 설치되고, 복수의 반사튜브의 폐쇄단 쪽으로 초음파를 송신 후 수신하는 단일의 초음파센서를 포함하고, 복수의 반사튜브의 폐쇄단에서 각각 반사된 초음파를 통해 연소기 내부의 다점 온도측정이 가능한 것을 특징으로 한다. 본 발명에 의하면, 복수의 초음파송신기와 초음파수신기를 사용하지 않더라도 다점(multipoint)온도측정이 가능하고, 연소기 내부의 열기 및 화염의 열에너지에 의한 송신기 및 수신기의 파손이 억제되며, 연소기 노후화와 관계없이 정확한 온도측정이 가능하도록 이루어지는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템을 제공할 수 있게 된다.

(52) CPC특허분류

G06F 17/10 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

각각 연소기의 외부에서는 개방단을 형성하고 상기 연소기의 내부에서는 서로 다른 위치에 폐쇄단을 형성하는 복수의 반사튜브;

상기 복수의 반사튜브의 개방단과 연결되는 단일의 통합튜브; 및

상기 통합튜브에 설치되고, 상기 복수의 반사튜브의 폐쇄단 쪽으로 초음파를 송신 후 수신하는 단일의 초음파센서를 포함하고,

상기 복수의 반사튜브의 폐쇄단에서 각각 반사된 초음파를 통해 상기 연소기 내부의 다점 온도측정이 가능한 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 반사튜브는 원형 단면을 형성하고 서로 열전달이 방지되도록 이격된 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 통합튜브는, 상기 초음파센서가 설치된 위치에서 원형 단면을 형성하고, 상기 복수의 반사튜브의 개방단과 연결된 위치로 갈수록 상기 복수의 반사튜브의 공통접선에 수렴하는 단면을 형성하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치.

청구항 4

각각 연소기의 외부에서는 개방단을 형성하고 상기 연소기의 내부에서는 서로 다른 위치에 폐쇄단을 형성하는 복수의 반사튜브와, 상기 복수의 반사튜브의 개방단과 연결되는 단일의 통합튜브와, 상기 통합튜브에 설치되고 상기 복수의 반사튜브의 폐쇄단 쪽으로 초음파를 송신 후 수신하는 단일의 초음파센서를 포함하는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치;

상기 단일의 초음파센서가 송신 후 수신한 초음파를 분석하여 상기 복수의 반사튜브 각각의 폐쇄단 온도를 연산하는 데이터분석장치; 및

상기 다점 온도측정장치와 상기 데이터분석장치 간 데이터를 송수신하는 데이터수집장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 연소기 외부에서 상기 반사튜브와 상기 통합튜브의 양단부에는 제1 온도센서와 제2 온도센서가 설치되고,

상기 데이터분석장치는, 아래의 수식에 따라 상기 복수의 반사튜브 각각의 폐쇄단 온도를 연산하며,

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

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

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

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

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

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

여기서, T_{out} 은 연소기 외부에서 복수의 반사튜브와 통합튜브의 평균온도이고, $T_{out,1}$ 은 제1 온도센서의 측정값이며, $T_{out,2}$ 은 제2 온도센서의 측정값이고, c_{out} 은 연소기 외부에서 초음파 전파속도이며, L_{out} 은 초음파센서와 연소기 외면 간 거리이고, Δt_{out} 은 연소기 외부에서 초음파 편도 이동시간이며, γ_{out} 은 연소기 외부에서 통합튜브 내 기체의 비열비이고, R_{out} 은 연소기 외부에서 통합튜브 내 기체의 기체상수이며, c_i 은 연소기 내부에서 복수의 반사튜브 내 각각의 초음파 전파속도이고, L_i 은 복수의 반사튜브의 폐쇄단과 연소기 내면 간 거리이며, Δt_i 은 초음파센서의 초음파 송신 후 수신되는 시간이고, T_{ia} 은 연소기 내부에서 복수의 반사튜브 각각의 평균온도이며, γ_{in} 은 연소기 내부에서 복수의 반사튜브 내 기체의 비열비이고, R_{in} 은 연소기 내부에서 복수의 반사튜브 내 기체의 기체상수이며, T_i 은 복수의 반사튜브 각각의 폐쇄단 온도인 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 복수의 초음파송신기와 초음파수신기를 사용하지 않더라도 다점(multipoint)온도측정이 가능하도록 이루어지는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 발전용 가스터빈에 있어 연소실 내의 공간적, 시간적 온도분포를 측정하는 것은 아래와 같은 점에서 중요하다.

[0003] 첫째, 연소실 내의 공간적, 시간적 온도분포는 연소상태를 진단하는 중요한 단서이다. 둘째, 시간에 따른 온도 변화는 연소불안정의 증폭 또는 감쇄를 판단하는 기준이 될 수 있다. 셋째, 공간에 따른 온도변화는 연소불안정이 생성되는 위치를 파악할 수 있는 주요한 단서가 된다. 넷째, 연소기 후단의 터빈 베인 및 블레이드는 온도의 공간적 구배 및 시간에 따른 온도변화에 매우 민감하고, 온도변화가 클 경우 기계적 수명단축은 물론 소손사고의 원인이 된다. 따라서, 연소실 내의 공간적, 시간적 온도변화에 대한 면밀한 진단이 요구된다.

[0004] 기존 연소실 내의 온도센서로는 주로 열전대(Thermo-couple)가 사용되고 있으나, 열전대는 1초 이하의 빠른 온도변화를 계측하기 어렵고, 이종의 금속이 접합된 부위에서 직접 고온가스를 계측하기 때문에 1500℃ 부근의 고온가스 측정시 센서 오류(Fault)가 자주 일어나는 문제가 있다.

[0005] 또한, 열전대는 발전소와 같이 장시간 안정적인 계측을 요구하는 장소에서 잦은 문제를 일으키고 있다. 따라서 연소실 온도를 대표하는 터빈 입구 온도(Turbine Inlet Temperature)를 직접 계측하지 못하고, 터빈 출구 온도(Turbine Exit Temperature)를 계측한 후 열역학적 가정을 통해 터빈입구온도를 역산하여 유추하게 된다.

[0006] 본 발명의 출원인은 대한민국 공개특허공보 제2017-0066090호 초음파를 이용한 가스터빈 연소상태진단장치를 출원한 바 있다.

[0007] 공개특허공보 제2017-0066090호는 일단부에 개구부가 마련되어 가스터빈용 연소기 내측 공간과 연통되고, 타단

부는 외측으로 돌출형성되어 이루어지는 연소진단튜브; 연소진단튜브 타단부에 구비되어 연소진단튜브를 통해 연소기 쪽으로 송신초음파를 발생시키는 초음파송신기; 연소진단튜브 내부에서 구비되어, 송신초음파를 수신하여 제1 수신신호를 생성하고, 송신초음파 중 연소기 내측 반사면에 의해 되돌아오는 반사파를 수신하여 제2 수신신호를 생성하는 초음파수신기; 및 초음파송신기 및 초음파수신기와 연결되어 제어하고, 제1,2 수신신호 및 초음파수신기와 반사면 간의 이격거리에 기초하여 연소기 내의 화염 온도를 측정하는 제어부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 공개특허공보 제2017-0066090호는 연소기 내의 화염 쪽을 직접 지향하여 송신초음파를 송출하는 하나의 초음파 송신기와, 송신초음파 및 연소기 내의 화염을 가로질러 통과한 반사파를 각각 수신하는 최대 2개의 초음파수신기를 활용하는 알고리즘을 통해 연소기 내의 화염 온도를 보다 직접적으로 측정할 수 있게 됨에 따라 온도 측정의 정밀성 내지 정확성을 증대할 수 있는 이점이 있다.

[0009] 그러나 공개특허공보 제2017-0066090호는, 하나의 초음파 송신기와 수신기를 통해 초음파의 이동거리 및 이동시간으로부터 초음파의 속도를 계측하여 온도를 역산하여 내고 있으므로, N개의 위치에서 온도를 측정하고자 할 경우 측정위치의 개수만큼 송신기-수신기-신호선-분석기 등의 온도센서세트가 N개 구비되어야 하는 구성의 복잡성을 감수해야만 했다.

[0010] 또한, 공개특허공보 제2017-0066090호는, 연소진단튜브와 연소기의 내부가 서로 연결되므로, 연소기 내부의 열기 및 화염이 연소진단튜브로 유입되어 송신기와 수신기가 과도한 열에너지에 노출되는 문제가 있었다.

[0011] 아울러, 공개특허공보 제2017-0066090호는, 초음파송신기에서 송신된 초음파가 연소기 내면(반사면)에 반사된 후 초음파수신기로 수신되는 구조를 형성하므로, 연소기 사용일수의 증가시 내면의 노후화를 피할 수 없어, 이에 따른 초음파 반사율의 감소에 의한 초음파 수신율 저하 및 연소상태진단의 신뢰성 감소를 감수할 수밖에 없었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제2017-0066090호 (공개일: 2017.06.14)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명의 목적은, 복수의 초음파송신기와 초음파수신기를 사용하지 않더라도 다점(multipoint)온도측정이 가능하고, 연소기 내부의 열기 및 화염의 열에너지에 의한 송신기 및 수신기의 파손이 억제되며, 연소기 노후화와 관계없이 정확한 온도측정이 가능하도록 이루어지는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기 목적은, 본 발명에 따라, 각각 연소기의 외부에서는 개방단을 형성하고 상기 연소기의 내부에서는 서로 다른 위치에 폐쇄단을 형성하는 복수의 반사튜브; 상기 복수의 반사튜브의 개방단과 연결되는 단일의 통합튜브; 및 상기 통합튜브에 설치되고, 상기 복수의 반사튜브의 폐쇄단 쪽으로 초음파를 송신 후 수신하는 단일의 초음파센서를 포함하고, 상기 복수의 반사튜브의 폐쇄단에서 각각 반사된 초음파를 통해 상기 연소기 내부의 다점 온도측정이 가능한 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치에 의하여 달성된다.

[0015] 상기 복수의 반사튜브는 원형 단면을 형성하고 서로 열전달이 방지되도록 이격될 수 있다.

[0016] 상기 통합튜브는, 상기 초음파센서가 설치된 위치에서 원형 단면을 형성하고, 상기 복수의 반사튜브의 개방단과 연결된 위치로 갈수록 상기 복수의 반사튜브의 공통접선에 수렴하는 단면을 형성하도록 이루어질 수 있다.

[0017] 상기 목적은, 본 발명에 따라, 각각 연소기의 외부에서는 개방단을 형성하고 상기 연소기의 내부에서는 서로 다른 위치에 폐쇄단을 형성하는 복수의 반사튜브와, 상기 복수의 반사튜브의 개방단과 연결되는 단일의 통합튜브와, 상기 통합튜브에 설치되고 상기 복수의 반사튜브의 폐쇄단 쪽으로 초음파를 송신 후 수신하는 단일의 초음

파센서를 포함하는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치; 상기 단일의 초음파센서가 송신 후 수신한 초음파를 분석하여 상기 복수의 반사튜브 각각의 폐쇄단 온도를 연산하는 데이터분석장치; 및 상기 다점 온도측정장치와 상기 데이터분석장치 간 데이터를 송수신하는 데이터수집장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정시스템에 의하여 달성된다.

상기 연소기 외부에서 상기 반사튜브와 상기 통합튜브의 양단부에는 제1 온도센서와 제2 온도센서가 설치되고, 상기 데이터분석장치는, 아래의 수식에 따라 상기 제1 반사튜브 및 상기 제2 반사튜브 각각의 폐쇄단 온도를 연산하며,

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

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

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

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

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

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

여기서, T_{out} 은 연소기 외부에서 복수의 반사튜브와 통합튜브의 평균온도이고, $T_{out,1}$ 은 제1 온도센서의 측정값이며, $T_{out,2}$ 은 제2 온도센서의 측정값이고, c_{out} 은 연소기 외부에서 초음파 전파속도이며, L_{out} 은 초음파센서와 연소기 외면 간 거리이고, Δt_{out} 은 연소기 외부에서 초음파 편도 이동시간이며, γ_{out} 은 연소기 외부에서 통합튜브 내 기체의 비열비이고, R_{out} 은 연소기 외부에서 통합튜브 내 기체의 기체상수이며, c_i 은 연소기 내부에서 복수의 반사튜브 내 각각의 초음파 전파속도이고, L_i 은 복수의 반사튜브의 폐쇄단과 연소기 내면 간 거리이며, Δt_i 은 초음파센서의 초음파 송신 후 수신되는 시간이고, T_{ia} 은 연소기 내부에서 복수의 반사튜브 각각의 평균온도이며, γ_{in} 은 연소기 내부에서 복수의 반사튜브 내 기체의 비열비이고, R_{in} 은 연소기 내부에서 복수의 반사튜브 내 기체의 기체상수이며, T_i 은 복수의 반사튜브 각각의 폐쇄단 온도일 수 있다.

발명의 효과

본 발명에 의하면, 복수의 반사튜브의 폐쇄단에서 각각 반사된 초음파를 통해 연소기 내부의 다점 온도측정이 가능함으로써, 복수의 초음파송신기와 초음파수신기를 사용하지 않더라도 다점(multipoint)온도측정이 가능하고, 연소기 내부의 열기 및 화염의 열에너지에 의한 송신기 및 수신기의 파손이 억제되며, 연소기 노후화와 관계없이 정확한 온도측정이 가능하도록 이루어지는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템을 제공할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

도 1은 가스터빈을 나타내는 그림.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템을 나타내는 도면.

도 3은 도 2의 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템의 초음파센서에서 수신한 복수의 초음파 반사신호를 나타내는 그림.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세하게 설명하면 다음과 같다. 다만, 본 발명을 설명함에 있어서, 이미 공지된 기능 혹은 구성에 대한 설명은, 본 발명의 요지를 명료하게 하기 위하여 생략하기로 한다.
- [0029] 본 발명의 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템은, 복수의 초음파송신기와 초음파수신기를 사용하지 않더라도 다점(multipoint)온도측정이 가능하고, 연소기 내부의 열기 및 화염의 열에너지에 의한 송신기 및 수신기의 파손이 억제되며, 연소기 노후화와 관계없이 정확한 온도측정이 가능하도록 이루어진다.
- [0031] 도 1은 가스터빈을 나타내는 그림이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템을 나타내는 도면이며, 도 3은 도 2의 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템의 초음파센서에서 수신한 복수의 초음파 반사신호를 나타내는 그림이다.
- [0032] 도 2 및 도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명의 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정시스템(1000)은, 복수의 초음파송신기와 초음파수신기를 사용하지 않더라도 다점(multipoint)온도측정이 가능하도록 이루어지며, 다점 온도측정장치(10), 데이터분석장치(20) 및 데이터수집장치(30)를 포함하여 구성된다.
- [0033] 본 발명의 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정시스템(1000)은 가스터빈(1)의 연소실 내의 공간적, 시간적 온도분포를 측정하는데에 사용될 수 있다. 연소실은 화염이 발생하는 연소기(3) 내부를 의미한다.
- [0034] 가스터빈(1)에 대하여 간략하게 살펴보면, 도 1에 도시된 바와 같이, 압축기(2), 연소기(3), 터빈(4) 및 배기구(5) 등을 포함하여 구성된다. 가스터빈(1)의 작동은, 압축기(2)를 통해 압축된 공기가 연소기(3)로 유입되어 분사된 연료와 함께 연소되고, 이때, 발생된 고온 고압의 가스가 빠르게 유동하며 터빈(4)을 회전시킨 후 배기구(5)를 통해 배기가스가 외부로 배출되는 방식으로 이루어지게 된다.
- [0035] 도 2에 도시된 바와 같이, 다점 온도측정장치(10)는 연소기(3) 내부의 다점으로 초음파를 송수신하는 구성으로서, 가스터빈용 연소기(3) 내의 화염 상태를 진단하기 위해 연소기(3) 일측에 구비된다. 다점 온도측정장치(10)는 복수의 반사튜브(100), 통합튜브(200) 및 초음파센서(300)를 포함하여 구성된다.
- [0036] 복수의 반사튜브(100)는 연소기(3)를 관통하여 초음파가 반사되는 경로를 형성하는 구성으로서, 각각 연소기(3) 외부에서는 개방단(101)을 형성하고 연소기(3) 내부에서는 서로 다른 위치에 폐쇄단(102)을 형성하게 된다.
- [0037] 이하에서 초음파의 송신방향은 초음파센서(300)에서 폐쇄단(102)을 향하는 방향(도 2 기준 왼쪽)을 의미하고, 초음파의 수신방향은 폐쇄단(102)에서 초음파센서(300)를 향하는 방향(도 2 기준 오른쪽)을 의미하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0038] 도 2에 도시된 바와 같이, 복수의 반사튜브(100)는 초음파의 송신방향(또는 수신방향)으로 긴 튜브형태로 형성된다. 그리고 복수의 반사튜브(100)는 초음파의 송신방향(또는 수신방향)과 직각방향으로 자른 단면이 원형을 나타낸다. 복수의 반사튜브(100)는 서로 열전달이 방지되도록 초음파의 송신방향(또는 수신방향)과 직각방향으로 서로 이격된다.
- [0039] 복수의 반사튜브(100)는 연소기(3)의 외면으로부터 동일한 거리에 개방단(101)을 각각 형성하고, 연소기(3)의 내면으로부터 서로 다른 거리에 폐쇄단(102)을 각각 형성한다.
- [0040] 연소기(3) 내부의 다점 온도측정에서 '다점'의 개수는 반사튜브(100)의 개수에 대응하여 결정된다. 즉, 도 2에 도시된 바와 같이, 반사튜브(100)가 제1 반사튜브(110), 제2 반사튜브(120), 제3 반사튜브(130), 제4 반사튜브(140) 및 제5 반사튜브(150)를 포함하여 구성되는 경우, '다점'은 5개의 '지점'을 의미한다. 여기서 '지점'은 반사튜브(100)의 폐쇄단(102) 위치를 의미한다.
- [0041] 도 2에 도시된 바와 같이, 통합튜브(200)는 연소기(3)의 외부에서 초음파가 송신된 후 수신되는 경로를 형성하는 구성으로서, 초음파의 송신방향(또는 수신방향)으로 긴 튜브형태로 형성된다.
- [0042] 도 2를 기준으로 통합튜브(200)의 왼쪽 단부 즉, 초음파의 송신방향 단부는 복수의 반사튜브(100)의 개방단

(101) 즉, 제1 반사튜브(110), 제2 반사튜브(120), 제3 반사튜브(130), 제4 반사튜브(140) 및 제5 반사튜브(150)의 개방단(101)과 연결된다. 연소기(3) 외부에서 반사튜브(100)와 통합튜브(200)의 양단부에는 제1 온도센서(TS1)와 제2 온도센서(TS2)가 서로 반대편에 설치된다.

[0043] 통합튜브(200)의 오른쪽 단부 즉, 초음파의 수신방향 단부에는 초음파센서(300)가 설치된다. 초음파센서(300)는 초음파 송신기-수신기 일체형의 초음파센서(300)로 이루어진다. 초음파 송신기-수신기 일체형의 초음파센서(300)는 공지된 기술로서 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0044] 도 2에 도시된 바와 같이, 통합튜브(200)는, 초음파센서(300)가 설치된 A 위치에서 원형 단면을 형성하고, 복수의 반사튜브(100)의 개방단(101)과 연결된 위치로 갈수록 복수의 반사튜브(100)의 공통접선에 수렴하는 형태의 단면을 형성한다.(B 위치, C 위치 및 D 위치의 형태 변화 참조)

[0045] 따라서, 초음파센서(300)로부터 송신된 초음파는 복수의 반사튜브(100)의 개방단(101)으로 수렴하여 복수의 반사튜브(100)의 안쪽으로 각각 진입하게 된다. 이후 복수의 반사튜브(100)의 안쪽으로 각각 진입한 초음파는 복수의 반사튜브(100)의 폐쇄단(102)에서 반사된 후 다시 복수의 반사튜브(100)의 개방단(101)을 통해 통합튜브(200)로 진입하여 초음파센서(300)로 수신된다.

[0046] 도 2에서 미설명된 부호 X는 초음파센서(300)에서 송신된 초음파를 의미하고, 미설명된 부호 X_1 은 초음파센서(300)에서 송신된 초음파 중 제1 반사튜브(110)로 진입한 초음파를 의미하며, X_5 는 초음파센서(300)에서 송신된 초음파 중 제5 반사튜브(150)로 진입한 초음파를 의미한다.

[0047] 도 2에서 미설명된 부호 Y는 초음파센서(300)가 수신하는 초음파를 의미하고, 미설명된 부호 Y_1 은 제1 반사튜브(110)의 폐쇄단(102)에서 반사된 초음파를 의미하며, Y_5 는 제5 반사튜브(150)의 폐쇄단(102)에서 반사된 초음파를 의미한다.

[0048] 데이터분석장치(20)는 단일의 초음파센서(300)가 송신 후 수신한 초음파를 분석하여 복수의 반사튜브(100) 각각의 폐쇄단(102) 온도를 연산하는 장치이다.

[0049] 데이터수집장치(30)는 다점 온도측정장치(10)와 데이터분석장치(20) 간 데이터를 송수신하는 장치로서, 초음파센서(300)에서 발진하는 초음파 주파수의 펄스형 함수발생을 제어하게 된다.

[0050] 초음파센서(300)의 입출력신호를 제어 및 분석하는 데이터분석장치(20)와 데이터수집장치(30)는 초음파센서(300)를 이용한 온도측정장치 분야에서 공지된 기술로서 자세한 설명은 생략하기로 한다.

[0052] 이하에서는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정시스템(1000)의 사용상태를 설명하고자 한다. 다점 온도측정장치(10), 데이터분석장치(20) 및 데이터수집장치(30)는 다점 온도측정시스템(1000)의 사용상태의 설명을 통해 보다 자세하게 이해될 수 있을 것이다.

[0053] 먼저, 초음파센서(300)가 펄스형의 초음파를 송신한다. 펄스형 초음파는 통합튜브(200)를 거쳐 제1 반사튜브(110), 제2 반사튜브(120), 제3 반사튜브(130), 제4 반사튜브(140) 및 제5 반사튜브(150) 내부로 각각 진입한 후, 복수의 반사튜브(100)의 폐쇄단(102)에서 반사되어 다시 송신기-수신기 일체형 초음파센서(300)로 수신된다.

[0054] 도 3에 도시된 바와 같이, 초음파센서(300)에서 수신된 펄스형 초음파 신호는 복수의 반사튜브(100)의 개수에 비례하는 개수로 구분된다. 초음파센서(300)에서 수신된 펄스형 초음파 신호는 연소기(3) 내면으로부터 폐쇄단(102)까지의 거리에 대체로 비례하는 시간에 의해 구분된다.

[0055] 이후, 초음파센서(300)를 통해 수신된 펄스형 초음파 신호는 전송선을 통해 데이터수집장치(30)로 전송된다. 데이터수집장치(30)는 펄스형 초음파의 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 연소기(3) 안쪽 고온부의 온도 분포를 아래와 같은 알고리즘에 따라 연산하게 된다.

[0056] 여기서, '고온부'는 연소기(3) 내측에서 복수의 반사튜브(100) 내부를 의미한다. 그리고 이하에서 '저온부'는 연소기(3) 외측에서 복수의 반사튜브(100)와 통합튜브(200)의 내부를 의미한다.

[0057] [STEP 1]

[0058] 도 2에 도시된 바와 같이, 송신기-수신기 일체형 초음파센서(300)에 의해 초음파 신호가 송신된 후 수신되는데에 걸리는 시간(Δt_1 , Δt_2 , Δt_3 , Δt_4 , Δt_5)을 각각 측정한다.

[0059] 여기서 Δt_1 은 제1 반사튜브(110)의 폐쇄단(102)에서 반사된 초음파 신호가 송신된 후 수신되는데에 걸리는 시간, Δt_2 는 제2 반사튜브(120)의 폐쇄단(102)에서 반사된 초음파 신호가 송신된 후 수신되는데에 걸리는 시간, Δt_3 는 제3 반사튜브(130)의 폐쇄단(102)에서 반사된 초음파 신호가 송신된 후 수신되는데에 걸리는 시간을 의미한다.

[0060] 그리고 Δt_4 는 제4 반사튜브(140)의 폐쇄단(102)에서 반사된 초음파 신호가 송신된 후 수신되는데에 걸리는 시간, Δt_5 는 제5 반사튜브(150)의 폐쇄단(102)에서 반사된 초음파 신호가 송신된 후 수신되는데에 걸리는 시간을 의미한다.

[0061] [STEP 2]

[0062] 제1 온도센서(TS1)와 제2 온도센서(TS2)를 통해 저온부의 양단부 온도($T_{out,1}$, $T_{out,2}$)를 측정하고, [수학식 1]과 같이 저온부의 평균온도(T_{out})를 측정한다.

수학식 1

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

[0063]

[0064] [STEP 3]

[0065] 저온부의 평균온도(T_{out})와 초음파센서(300)와 연소기(3) 외면 간 거리(L_{out})를 통해 저온부에서 초음파 전파속도(C_{out})와 저온부에서 초음파 편도 이동시간(Δt_{out})을 [수학식 2]와 [수학식 3]과 같이 구한다.

수학식 2

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

[0066]

수학식 3

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

[0067]

[0068] 여기서, γ_{out} 은 저온부 비열비, R_{out} 은 저온부 기체상수를 의미한다. 저온부 비열비(γ_{out})와 저온부 기체상수(R_{out})는 반사튜브(100) 및 통합튜브(200) 내부에 채워진 가스의 종류 및 상태(온도, 압력)에 의존하는 값으로 데이터분석장치(20)에 별도 입력된다.

[0069] [STEP 4]

[0070] 저온부에서 초음파 편도 이동시간(Δt_{out}), 초음파센서(300)에 의해 초음파 신호가 송신된 후 수신되는데에 걸리는 시간(Δt_i , $i=1\sim5$), 반사튜브(100)의 폐쇄단(102)과 연소기(3) 내면 간 거리(L_i , $i=1\sim5$)를 통해 고온부 내에서의 초음파 전파속도(c_i , $i=1\sim5$)를 [수학식 4]와 같이 구한 후, [수학식 5]에 의해 고온부 내에서의 반사튜브(100) 각각의 평균온도(T_{ia} , $i=1\sim5$)를 구한다.

수학식 4

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

[0071]

수학식 5

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

[0072]

[0073] 여기서, γ_{in} 은 고온부 비열비, R_{in} 은 고온부 기체상수를 의미한다. 고온부 비열비(γ_{in})와 고온부 기체상수(R_{in})는 반사튜브(100) 및 통합튜브(200) 내부에 채워진 가스의 종류 및 상태(온도, 압력)에 의존하는 값으로 데이터 분석장치(20)에 별도 입력된다.

[0074]

[STEP 5]

[0075] 이후 제1 온도센서(TS1)를 통해 측정된 저온부의 일단부 온도($T_{out,1}$)와 고온부 내에서의 반사튜브(100) 각각의 평균온도(T_{ia} , $i=1\sim5$)로부터 [수학식 6]과 같이 복수의 반사튜브(100)의 폐쇄단(102) 온도(T_i , $i=1\sim5$)를 산출해 낸다.

수학식 6

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

[0076]

[0078] 또한, 복수의 반사튜브(100)의 폐쇄단(102) 온도(T_i , $i=1\sim5$)를 통해 고온부의 평균온도와 온도의 표준편차를 구할 수 있으므로, 아래와 같이 연소실 내 연소상태 진단을 위해 사용할 수 있다.

[0079] 질소산화물(NO_x)과 일산화탄소(CO)의 배출특성이 화염의 온도에 따라 달라지므로, 평균온도가 1300℃ 이하로 측정될 경우 일산화탄소(CO)의 발생위험을 경고하고, 1600℃ 이상으로 측정될 경우 질소산화물(NO_x)의 발생위험을 사용자에게 경고함으로써 유해 배기가스의 배출을 방지할 수 있다.

[0080] 또한, 별도의 측정장비를 통해 유해 배기가스의 배출을 측정하여, 연산된 복수의 반사튜브(100)의 폐쇄단(102) 온도(T_i , $i=1\sim5$)를 통해 유해 배기가스의 배출원인을 진단할 수 있다.

[0081] 표준편차가 클수록 연소실 내 화염 발생이 불안정한 상태이다. 화염 발생의 불안정은 터빈(4) 및 블레이드의 수명감소 및 열 피로파괴를 유발할 수 있으므로, 표준편차가 크게 계산된 경우 연료나 공기 등을 조정하는 연소조정(Combustion Tuning)을 실시하도록 한다.

[0082] 그리고 별도의 영상출력장비를 통해 연소실 내 폐쇄단(102)의 위치와 복수의 반사튜브(100)의 폐쇄단(102) 온도(T_i , $i=1\sim5$)를 온도에 따른 색깔을 달리한 3차원 그래픽으로 출력함으로써, 연소상태 점검시 온도이상 위치 및 이상온도의 정도를 쉽게 파악할 수 있도록 한다.

[0084] 본 발명에 의하면, 복수의 반사튜브의 폐쇄단에서 각각 반사된 초음파를 통해 연소기 내부의 다점 온도측정이 가능함으로써, 복수의 초음파송신기와 초음파수신기를 사용하지 않더라도 다점(multipoint)온도측정이 가능하고, 연소기 내부의 열기 및 화염의 열에너지에 의한 송신기 및 수신기의 파손이 억제되며, 연소기 노후화와 관계없이 정확한 온도측정이 가능하도록 이루어지는 초음파를 이용한 연소실용 다점 온도측정장치 및 이를 사용한 온도측정시스템을 제공할 수 있게 된다.

[0086] 앞에서, 본 발명의 특정한 실시예가 설명되고 도시되었지만 본 발명은 기재된 실시예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형할 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식

을 가진 자에게 자명한 일이다. 따라서, 그러한 수정예 또는 변형예들은 본 발명의 기술적 사상이나 관점으로부터 개별적으로 이해되어서는 안되며, 변형된 실시예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이다.

부호의 설명

[0087]

1000 : 다점 온도측정시스템

10 : 다점 온도측정장치

20 : 데이터분석장치

100 : 반사튜브

30 : 데이터수집장치

110 : 제1 반사튜브

1 : 가스터빈

120 : 제2 반사튜브

2 : 압축기

130 : 제3 반사튜브

3 : 연소기

140 : 제4 반사튜브

4 : 터빈

150 : 제5 반사튜브

5 : 배기구

101 : 개방단

102 : 폐쇄단

200 : 통합튜브

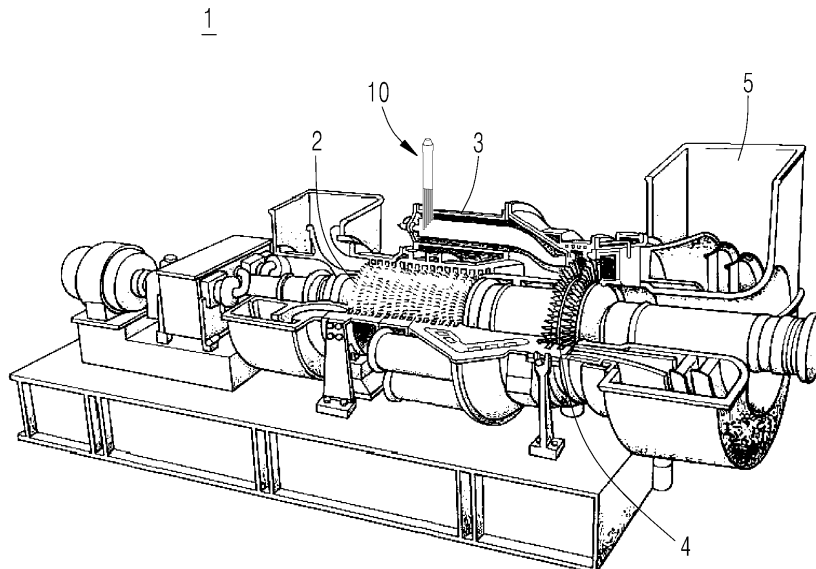
TS1 : 제1 온도센서

TS2 : 제2 온도센서

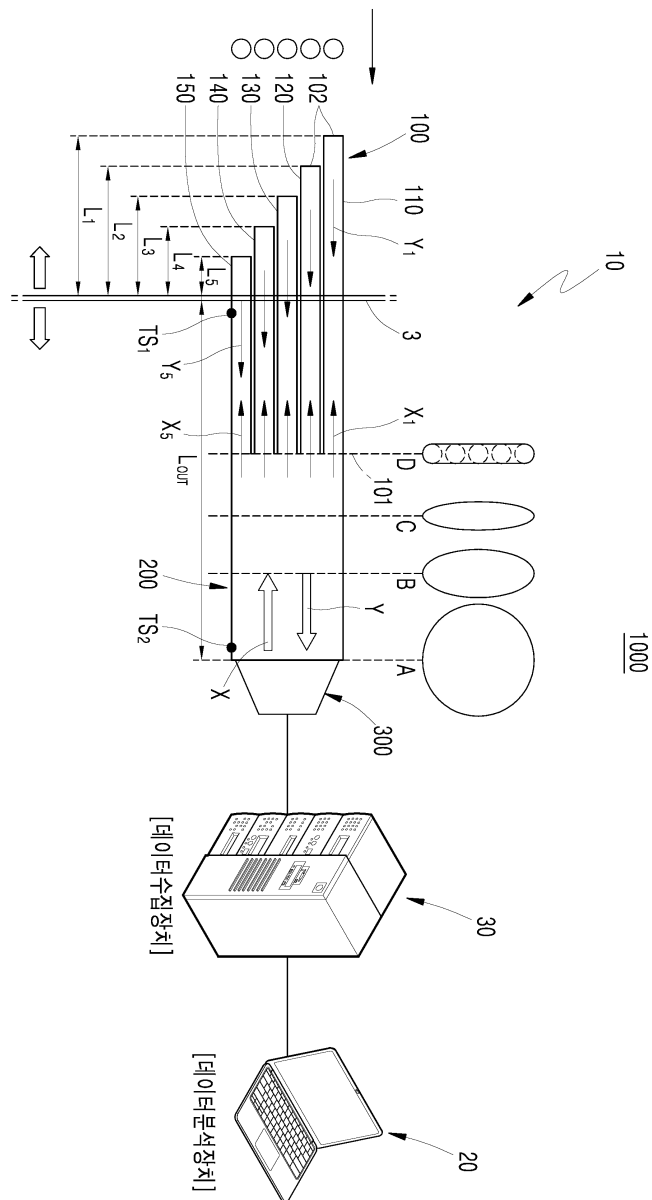
300 : 초음파센서

도면

도면1



도면2



도면3

