



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년06월10일
(11) 등록번호 10-1405015
(24) 등록일자 2014년06월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F23N 3/00 (2006.01) *F23N 5/00* (2006.01)
F24H 9/20 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2012-0100626
(22) 출원일자 2012년09월11일
심사청구일자 2012년09월11일
- (65) 공개번호 10-2014-0033978
(43) 공개일자 2014년03월19일
- (56) 선행기술조사문헌
WO2009110036 A1
KR100397959 B1
JP03453973 B2
JP2010065867 A

전체 청구항 수 : 총 10 항

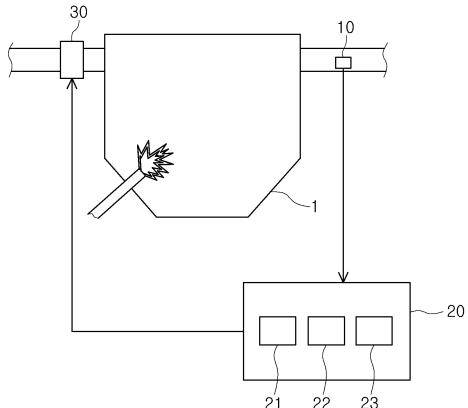
심사관 : 한재섭

(54) 발명의 명칭 연소설비의 공기공급장치 및 공기공급방법

(57) 요 약

본 발명은 연소설비의 공기공급장치 및 공기공급방법에 관한 것으로서, 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치는, 연료의 연소반응이 일어나는 보일러에서 배출되는 연소가스를 분석하여, 상기 연료의 성분에 대한 연소반응 데이터를 생성하는 연소가스분석부; 및 기 설정된 주기마다 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연료의 완전연소에 필요한 공기유량인 공급공기유량 계산하고, 상기 계산된 공급공기유량을 업데이트하는 공기유량설정부를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

연료의 연소반응이 일어나는 보일러에서 배출되는 연소가스를 분석하여, 상기 연료의 성분에 대한 연소반응 데이터를 생성하는 연소가스분석부; 및

기 설정된 주기마다 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연료의 완전연소에 필요한 공기유량인 공급공기유량 계산하고, 상기 계산된 공급공기유량을 업데이트하는 공기유량설정부를 포함하고,

상기 공기유량설정부는

상기 보일러의 동작을 감지하여 상기 보일러의 정상상태(steady state) 또는 과도상태(transient state)를 판별하는 상태판별기;

상기 보일러가 정상상태이면, 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 공급공기유량을 계산하는 공기유량계산기; 및

상기 연료의 연소에 의하여 상기 보일러에 가해진 열입력, 상기 보일러에서 나가는 열출력 및 상기 보일러의 열효율을 이용하여 상기 연소반응 데이터의 유효성을 판별하고, 상기 연소반응 데이터가 유효하면 상기 공급공기유량을 업데이트하는 업데이트 판별기를 포함하는 연소설비의 공기공급장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 연소반응 데이터는

이산화탄소, 수증기, 이산화황, 산소, 및 질소의 단위부피당 함량을 포함하는 연소설비의 공기공급장치.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 공기유량설정부는

상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 계산하고, 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 이용하여 상기 연료에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 질량을 계산한 후, 상기 연료의 완전연소를 위한 공급공기유량을 계산하는 연소설비의 공기공급장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 공기유량설정부는

상기 연료에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 완전 연소를 위해 필요한 화학적 산소요구량을 계산하고, 상기 화학적 산소요구량에, 연소반응을 하지 않고 상기 연소가스에 포함되는 과잉공기량을 더하여 상기 공급공기유량을 계산하는 연소설비의 공기공급장치.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 공기유량계산기는

상기 보일러가 정상상태이고, 상기 연소가스내에 포함된 일산화탄소의 단위부피당 함량이 기준값 미만이면 상기

공급공기유량을 계산하는 연소설비의 공기공급장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 업데이트 판별기는

상기 보일러의 열입력 및 상기 보일러의 열효율을 곱한 값과 상기 보일러의 열출력의 차가 기 설정된 오차범위 내에 포함되면, 상기 연소반응 데이터는 유효한 것으로 판별하는 연소설비의 공기공급장치.

청구항 9

연료의 연소반응이 일어나는 보일러에서 배출되는 연소가스를 기 설정된 주기마다 분석하여, 상기 연료의 성분에 대한 연소반응 데이터를 생성하는 연소가스분석단계;

상기 보일러의 동작을 감지하여 상기 보일러의 정상상태(steady state) 또는 과도상태(transient state)를 판별하는 상태판별단계;

상기 보일러가 상기 정상상태로 판별되면, 기 설정된 주기마다 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연료의 완전연소에 필요한 공기유량인 공급공기유량을 계산하는 공기유량설정단계; 및

상기 보일러에 가해진 열입력, 상기 보일러에서 나가는 열출력 및 상기 보일러의 열효율을 이용하여 상기 연소반응 데이터의 유효성을 판별하고, 상기 연소 반응 데이터가 유효하면 상기 공급공기유량을 업데이트 하는 업데이트 단계를 포함하는 연소설비의 공기공급방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 공기유량설정단계는

상기 보일러가 정상상태이고, 상기 연소가스내에 포함된 일산화탄소의 단위부피당 함량이 기준값 미만이면 상기 공급공기유량을 계산하는 연소설비의 공기공급방법.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 공기유량설정단계는

상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 계산하고, 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 이용하여 상기 연료에 포함된 탄소, 수소 및 황성분의 질량을 계산한 후, 상기 연료의 완전연소를 위한 공급공기유량을 계산하는 연소설비의 공기공급방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 공기유량설정단계는

상기 연료에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 완전 연소를 위해 필요한 화학적 산소요구량을 계산하고, 상기 화학적 산소요구량에, 연소반응을 하지 않고 상기 연소가스에 포함되는 과잉공기량을 더하여 상기 공급공기유량을 계산하는 연소설비의 공기공급방법.

명세서

기술 분야

- [0001] 본 발명은 연소설비의 공기공급장치 및 공기공급방법에 관한 것으로서, 특히 탄성분의 변화에도 불구하고, 보일러의 열손실을 최소화하는 공급공기량을 설정할 수 있는 연소설비의 공기공급장치 및 공기공급방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 석탄 화력발전소는 화학 에너지를 가지고 있는 석탄 등의 화석연료를 보일러에서 연소시켜 열 에너지로 변환하고, 상기 열에너지를 이용하여 기계설비와 연결된 전기설비를 회전함으로써 전기 에너지를 생산한다.

- [0003] 상기 석탄 화력발전소의 경우, 보일러에 유입되는 공급공기유량에 따라, 상기 공급공기유량이 적으면 보일러 내부가 불안정해지고, 반대로 공기의 유량이 지나치게 많으면 연소가스의 유량이 많아져 불필요한 열손실이 발생하는 등의 문제를 가지고 있었다. 따라서, 보일러 내부의 안정성을 유지하면서, 보일러의 효율을 높이기 위해서는 상기 보일러에 공급하는 공급공기유량의 설정이 중요하다.

- [0004] 하지만, 최근 석탄 산업의 침체화로 수급의 안정성, 발전 원가 절감 등의 이유로, 특정지역에서 생산되는 동일한 성분의 연료를 지속적으로 공급받기 어려워졌으며, 기존 보일러 설계시 고려하였던 석탄(설계탄)의 열량에 못 미치는 저열탄이나 혼소탄의 사용이 불가피해졌다.

- [0005] 연소하는 석탄의 종류에 따라 완전연소를 위해 필요한 공급공기유량이 상이하므로, 종래의 설계탄에 대하여 설정한 공급공기유량을 이용하는 경우에는 상기 보일러 내부의 안정성이나 보일러 효율의 면에서 문제가 발생할 수 있다. 또한, 상기 공급공기유량을 재설정하는 경우에도, 저열량탄, 혼소탄 사용으로 탄성분이 불균일하거나 탄종 변동이 심한 경우에는, 별도의 성분분석을 통하여 공급공기유량을 재설정하는 데에도 어려움이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본 발명은 탄성분의 변화에 불구하고, 보일러의 열손실을 최소화하는 공급공기량을 설정할 수 있는 연소설비의 공기공급장치 및 공기공급방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0007] 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치는, 연료의 연소반응이 일어나는 보일러에서 배출되는 연소가스를 분석하여, 상기 연료의 성분에 대한 연소반응 데이터를 생성하는 연소가스분석부; 및 기 설정된 주기마다 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연료의 완전연소에 필요한 공기유량인 공급공기유량 계산하고, 상기 계산된 공급공기유량을 업데이트하는 공기유량설정부를 포함할 수 있다.

- [0008] 여기서 상기 연소반응 데이터는, 이산화탄소, 수증기, 이산화황, 산소 및 질소의 단위부피당 함량을 포함할 수 있다.

- [0009] 여기서 상기 공기유량설정부는, 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 계산하고, 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 이용하여 상기 연료에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 질량을 계산한 후, 상기 연료의 완전연소를 공급공기유량을 계산할 수 있다.

- [0010] 여기서 상기 공기유량설정부는, 상기 화학적 산소요구량에, 연소반응을 하지 않고 상기 연소가스에 포함되는 과잉공기량을 더하여 상기 공급공기유량을 계산할 수 있다.

- [0011] 여기서 상기 공기유량설정부는, 상기 연소반응 데이터를 분석하여 상기 보일러의 정상상태(steady state) 또는 과도상태(transient state)를 판별하는 상태판별기; 및 상기 보일러가 정상상태이면, 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 공급공기유량을 계산하는 공기유량계산기를 포함할 수 있다.

- [0012] 여기서 상기 공기유량계산기는, 상기 보일러가 정상상태이고, 상기 연소가스내에 포함된 일산화탄소의 단위부피당 함량이 기준값 미만이면 상기 공급공기유량을 계산할 수 있다.

- [0013] 여기서 상기 공기유량설정부는, 상기 연료의 연소에 의하여 상기 보일러에 가해진 열입력, 상기 보일러에서 나

가는 열출력 및 상기 보일러의 열효율을 이용하여 상기 연소반응 데이터의 유효성을 판별하고, 상기 연소반응 데이터가 유효하면 상기 공급공기유량을 업데이트하는 업데이트 판별기를 더 포함할 수 있다.

[0014] 여기서 상기 업데이트 판별기는, 상기 보일러의 열입력 및 상기 보일러의 열효율을 곱한 값과 상기 보일러의 열출력의 차가 기 설정된 오차범위 내에 포함되면, 상기 연소반응 데이터는 유효한 것으로 판별할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급방법은, 연료의 연소반응이 일어나는 보일러에서 배출되는 연소가스를 기 설정된 주기마다 분석하여, 상기 연료의 성분에 대한 연소반응 데이터를 생성하는 연소가스분석단계; 상기 연소반응 데이터를 분석하여 상기 보일러의 정상상태(steady state) 또는 과도상태(transient state)를 판별하는 상태판별단계; 상기 보일러가 상기 정상상태로 판별되면, 기 설정된 주기마다 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연료의 완전연소에 필요한 공기유량인 공급공기유량을 계산하는 공기유량설정단계; 및 상기 보일러에 가해진 열입력, 상기 보일러에서 나가는 열출력 및 상기 보일러의 열효율을 이용하여 상기 연소반응 데이터의 유효성을 판별하고, 상기 연소 반응 데이터가 유효하면 상기 공급공기유량을 업데이트 하는 업데이트 단계를 포함할 수 있다.

[0016] 여기서 상기 공기유량설정단계는, 상기 보일러가 정상상태이고, 상기 연소가스내에 포함된 일산화탄소의 단위부피당 함량이 기준값 미만이면 상기 공급공기유량을 계산할 수 있다.

[0017] 여기서 상기 공기유량설정단계는, 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 계산하고, 상기 연소기스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 이용하여 상기 연료에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 질량을 계산한 후, 상기 연료의 완전연소를 위한 공급공기유량을 계산할 수 있다.

[0018] 여기서 상기 공기유량설정단계는, 상기 화학적 산소요구량에, 연소반응을 하지 않고 상기 연소가스에 포함되는 과잉공기량을 더하여 상기 공급공기유량을 계산할 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치 및 공기공급방법에 의하면, 연소가스에 대한 성분분석을 통하여, 연소되는 연료의 완전연소를 위해 필요한 공급공기유량을 설정할 수 있다. 따라서, 혼소탄이나 저열탄과 같이, 연료의 종류나 성분을 모르는 경우에도 보일러 내부의 안정성을 유지하는 동시에 높은 보일러 효율을 유지할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치 및 공기공급방법에 의하면, 보일러가 정상상태(steady state)인지 여부를 감지할 수 있으며, 상기 정상상태에서 측정한 연소반응데이터를 이용하여 보일러에 공급하는 공급공기유량을 설정할 수 있다. 따라서, 측정한 연소반응데이터의 유효성을 보장할 수 있으며, 설정된 공급공기유량의 신뢰도를 높일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치 및 공기공급방법에 의하면, 보일러에 가해진 열입력, 보일러에서 나가는 열출력 및 보일러의 열효율을 이용하여 설정된 공급공기유량의 적합성을 검증할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도1은 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치를 나타내는 개략도이다.

도2는 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급방법을 나타내는 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다.

[0024] 몇붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 '연결'되어 있다고 할 때, 이는 '직접적으로 연결'되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 '간접적으로 연결'되어 있는 경우도 포함한다. 또한,

어떤 구성요소를 '포함'한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

- [0025] 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치 및 공기공급방법은, 석탄화력발전소의 보일러에 공급하는 공기의 유량을 설정하는데 활용될 수 있다. 상기 석탄 화력발전소에서는 석탄을 분쇄한 미분탄을 연소하므로, 상기 미분탄이 완전연소하지 않고 보일러 내부에 남아있으면 상기 미분탄이 갑작스럽게 폭발하는 등의 안전문제가 발생할 수 있다. 따라서, 상기 석탄 화력발전소의 경우에는 보일러의 효율보다 상기 보일러 내부의 안정성이 우선적으로 고려될 수 있다. 하지만, 보일러의 효율을 일정한 수준에서 유지하는 것도 중요하므로, 보일러의 손실은 최소화하면서 보일러 내 불완전 연소를 막을 수 있는 공급공기유량을 설정하는 것이 중요하다.
- [0026] 일반적인 석탄화력발전소에서는, 설계시 고려한 석탄인 설계탄에 대한 연료분석을 통하여, 상기 설계탄의 완전연소에 필요한 이론적 공기유량을 구하고, 여기에 적정량의 과잉공기 유량을 추가하여 상기 공급공기유량을 설정할 수 있다. 즉, 이론적 공기요구량에 추가적인 과잉공기량을 더 공급하여 상기 석탄의 완전연소를 보장하도록 할 수 있다.
- [0027] 다만, 최근에는 보일러의 설계시 기준이 되었던 설계탄이 아닌 저열량의 석탄(저열탄)의 사용도 불가피해졌으며, 기준보다 품질이 덜어지는 연료를 혼합한 혼소탄을 사용해야하는 경우도 빈번해졌다. 이 경우, 상기 저열탄이나 혼소탄의 완전연소를 위해 필요한 산소의 양 즉, 화학적 산소요구량을 파악하기 위해서는 각각의 석탄의 연료 성분이 달라질 때마다 성분 분석을 해야하는 번거로움이 있다. 또한, 설계탄을 기준으로 설정된 공급공기유량을 보정하지 않으면 보일러의 열손실이 발생하거나 보일러 내부의 연소가 불안정하게 되는 등의 문제가 발생하게 된다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치 및 공기공급방법에 의하면, 별도의 연소실험 등에 의한 연료 성분분석없이, 보일러 연소반응결과로 발생하는 연소가스의 성분 분석을 통하여 현재 보일러에 공급되고 있는 연료의 단위 질량당 공급공기의 최적값을 설정할 수 있다. 따라서, 상기의 문제점들을 해결할 수 있으며, 혼소탄이나 저열탄을 사용하는 경우에도 설계탄을 사용할 때와 같이 높은 보일러 효율을 유지할 수 있다.
- [0029] 도1은 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치를 나타내는 개략도이다.
- [0030] 도1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치는, 연소가스분석부(10), 공기유량설정부(20) 및 압입통풍기(30)를 포함할 수 있다. 추가적으로, 상기 공기유량설정부(20)는 상태판별기(21), 공기유량계산기(22) 및 업데이트 판별기(23)를 더 포함할 수 있다.
- [0031] 이하, 도1을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급장치를 설명한다.
- [0032] 연소가스분석부(10)는, 연료의 연소반응이 일어나는 보일러(1)에서 배출되는 연소가스를 분석하여, 상기 연료의 성분에 대한 연소반응 데이터를 생성할 수 있다. 여기서, 상기 연료는 석탄일 수 있으며, 상기 보일러(1)의 설계시에 사용할 것으로 예상한 설계탄 이외에, 저열탄이나 혼소탄 등이 포함될 수 있다. 여기서, 상기 설계탄의 경우에는 연료 성분 등에 대하여 미리 알 수 있으나, 저열탄이나 혼소탄 등에 대하여는 연료 성분 등에 대한 정보를 미리 알지 못할 수 있다. 따라서, 상기 보일러(1)에서 연소되는 석탄의 종류를 알지 못하는 경우에도, 상기 연소가스분석부(10)를 이용하여 연소가스를 분석함으로써, 상기 보일러(1)에서 연소되는 석탄의 연료성분을 추정할 수 있다.
- [0033] 구체적으로, 상기 연소가스분석부(10)는 보일러(1)의 연소가스에 포함된 성분을 검출할 수 있는 측정센서 등을 포함할 수 있으며, 상기 측정센서는 적어도 상기 연소가스에 포함된 이산화탄소(CO_2), 수증기(H_2O), 이산화황(SO_2), 산소(O_2), 질소(N_2) 등의 단위부피당 함량을 측정할 수 있는 것일 수 있다. 추가적으로 상기 연소가스에 포함된 일산화탄소(CO)의 단위부피당 함량을 측정하는 것도 가능하다.
- [0034] 여기서, 상기 이산화탄소는 상기 연료에 포함된 탄소 성분의 연소에 기인한 것이며, 수증기는 상기 석탄에 포함된 수소성분, 이산화황은 석탄에 포함된 황 성분의 연소에 기인한 것이다. 따라서, 이후 상기 연소가스에 포함된 이산화탄소, 수증기, 이산화황의 단위부피당 함량을 이용하여 상기 보일러(1)에서 연소되고 있는 석탄의 연료성분을 추정할 수 있다. 또한, 상기 석탄의 연료성분을 알면, 상기 석탄의 완전연소를 위하여 필요한 공급공

기유량을 설정하는 것이 가능하다.

[0035] 공기유량설정부(20)는, 기 설정된 주기마다 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연료의 완전연소에 필요한 공기유량인 공급공기유량을 계산하고, 상기 계산된 공급공기유량을 업데이트 할 수 있다. 구체적으로 공기유량 설정부(20)는, 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 계산할 수 있으며, 상기 탄소, 수소 및 황 성분의 완전연소를 위해 필요한 공기량을 계산하여 상기 보일러(1)의 공급공기유량으로 설정할 수 있다. 앞서 살핀 바와 같이, 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분은 상기 보일러(1)에서 연소된 석탄으로부터 기인하는 것으로 볼 수 있다. 따라서, 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량의 완전연소를 위한 공기량을 계산하여, 상기 보일러(1)에 공급할 공급공기유량을 얻을 수 있다.

[0036] 여기서, 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량의 완전연소를 위한 공기량을 계산하는 것은, 상기 석탄의 완전연소를 위한 이론적 계산값이다. 상기 이론적 계산값은 상기 석탄의 완전연소를 위하여 필요한 최소한의 값이므로, 실제 완전연소를 위해서는 상기 이론적 계산값을 초과하는 더 많은 양의 공기가 필요할 수 있다. 즉, 상기 석탄의 완전연소를 보장하기 위하여 상기 이론적 계산값에 추가적으로 과잉공기량을 더 포함하여 공급할 수 있다. 일반적으로 상기 과잉공기량은 발전소에 걸리는 부하가 저부하일 때 더 많은 과잉공기량이 요구되므로, 상기 과잉공기량은 발전소의 부하에 반비례할 수 있다.

[0037] 여기서, 상기 공기유량설정부(20)는, 상기 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 계산하는 것을 예시하였으나, 이외에도 상기 연소되는 석탄에 포함될 수 있는 다양한 종류의 성분에 대한 단위부피당 질량을 계산하고 이를 바탕으로 공급공기유량을 계산하는 것도 가능하다.

[0038] 구체적으로, 상기 공기유량설정부(20)는, 상태판별기(21), 공기유량계산기(22) 및 업데이트 판별기(23)를 더 포함할 수 있다.

[0039] 상태판별기(21)는, 상기 보일러(1)의 동작을 감지하여 상기 보일러(1)의 정상상태(steady state) 또는 과도상태(transient state)를 판별할 수 있다. 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 공급공기유량을 설정하기 위해서는, 상기 보일러(1)가 정상상태(steady state)에 있는 것이 전제되어야 한다. 이는, 상기 보일러(1)가 과도상태에 있는 동안에는 여러 변수가 발생할 수 있으므로, 상기 연소반응 데이터의 신뢰성에 문제가 있을 수 있기 때문이다. 따라서, 상기 상태판별기(21)를 이용하여 상기 보일러(1)가 정상상태에 있는지 여부를 먼저 확인하고, 상기 보일러(1)가 정상상태에 있는 경우에 한하여 상기 연소반응 데이터를 취득하여 상기 공급공기유량을 계산할 수 있다.

[0040] 구체적으로, 상기 상태판별기(21)는, 상기 보일러(1)의 운전부하, 급수량, 연료량, 증기 유량 및 압력 등 상기 보일러(1)의 운전에 관련된 변수가 안정화되었을 때, 상기 연소반응 데이터를 취득하도록 할 수 있다. 따라서, 각각의 운전변수가 안정적으로 일정하게 유지되는 구간은 정상상태이므로 상기 연소반응 데이터를 취득하고, 상기 운전변수가 증가하거나 감소하는 구간은 과도상태에 해당하므로 상기 연소반응 데이터를 취득하지 않을 수 있다. 여기서, 상기 정상상태 및 과도상태의 구분은, 상기 보일러(1)의 운전에 관련된 변수의 시간에 따른 변화율을 기 설정된 기울기값과 비교하는 방식으로 할 수 있다.

[0041] 공기유량계산기(22)는, 상기 보일러(1)가 정상상태이면, 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 공급공기유량을 계산할 수 있다. 구체적으로, 석탄 연료 중에서 연소에 참여하여 열을 발생시키는 연료성분은 대표적으로 탄소(C), 수소(H), 황(S) 세가지로 볼 수 있으므로, 적어도 상기 세가지 성분의 연소에 대하여 고려하여 상기 공급공기유량을 계산할 수 있다. 따라서, 상기 탄소, 수소, 황 이외에 상기 석탄 연료에 포함될 수 있는 다양한 종류의 성분을 더 고려하여 상기 공급공기유량을 계산하는 것도 가능하다.

[0042] 먼저, 수소의 연소반응에 대한 열화학반응식은, 아래의 표1과 같이 구할 수 있다. 여기서 H_u 는 반응열을 의미한다.

표 1

H_2	+	$1/2 O_2$	\rightarrow	H_2O	+	H_u
$1Kmol$		$1/2Kmol$		$1Kmol$		$241MJ/Kmol$
$2.02kg$		$16kg$		$18.02kg$		$120.6MJ/kg$
$22.4Nm^3$		$11.2Nm^3$		$22.4Nm^3$		$10.76MJ/Nm^3$

따라서 $1kg H_2 + 7.94kg O_2 \rightarrow 8.921kg H_2O + 120.6MJ/kg$

[0043]

마찬가지로, 탄소 및 황의 연소반응에 대한 열화학반응식을 아래의 표2 및 표3과 같이 구할 수 있다.

표 2

C	+	O_2	\rightarrow	CO_2	+	H_u
$1Kmol$		$1Kmol$		$1Kmol$		$407MJ/Kmol$
$12.01kg$		$32kg$		$44.01kg$		$33.9MJ/kg$
-		$22.4Nm^3$		$22.4Nm^3$		-

따라서 $1kg C + 2.664kg O_2 \rightarrow 3.664kg CO_2 + 33.9MJ/Kmol$

[0045]

$1kg C + 1.865Nm^3 O_2 \rightarrow 1.865Nm^3 CO_2 + 10.76MJ/kg$

표 3

S	+	O_2	\rightarrow	SO_2	+	H_u
$1Kmol$		$1Kmol$		$1Kmol$		$297MJ/Kmol$
$32.06kg$		$32kg$		$64.06kg$		$4.64MJ/kg$
-		$22.4Nm^3$		$22.4Nm^3$		-

따라서 $1kg S + 1kg O_2 \rightarrow 2kg SO_2 + 9.28MJ/Kmol$

[0046]

$1kg S + 0.7Nm^3 O_2 \rightarrow 0.7Nm^3 SO_2 + 9.28MJ/kg$

[0047]

상기 수소, 탄소 및 황의 연소반응에 대한 열화학반응식에 의하면, 수소 $1kg$ 연소를 위하여 $\{(1/2)/(2.02)\} * (22.4) = 5.545Nm^3$ 의 산소가 필요하고, 탄소 $1kg$ 연소를 위하여 $1.865Nm^3$ 의 산소가 필요하다. 또한, 황 $1kg$ 의 연소를 위하여 $0.7Nm^3$ 의 산소가 필요하다.

[0048]

탄소가스, 아르곤 등의 미소성분을 무시한 대기의 공기 조성의 몰(mol), 질량 분율은 아래의 표4에 나타난 바와 같다.

표 4

	mol, vol%	mass%
O_2	21	23.2
N_2	79	76.8

[0049]

[0050] 따라서, 보일러(1)에서 연소되는 석탄 1kg 중에 수소 h, 탄소 c, 황 s, 산소 o kg이 함유되어 있다면 상기 석탄 1kg이 완전연소하기 위한 이론적 산소요구량은 $O_{\text{required}} = 5.545h + 1.865c + 0.7(s-o) \text{ Nm}^3/\text{kg}$ 를 이용하여 구할 수 있다. 나아가, 전체 공기 중에 산소의 체적분율은 표4에 나타난 바와 같이, 약 21%이므로, 석탄1kg의 완전연소를 위하여 요구되는 이론적인 공기요구량 즉, 화학적 공기 요구량은, $A_{\text{Required}} = O_{\text{Required}} / (0.21) = 26.405h + 8.881c + 3.333(s-o) \text{ Nm}^3/\text{kg}$ 을 이용하여 구할 수 있다.

[0051]

여기서, 상기 h, c, s, o의 값은 상기 연소반응 데이터를 이용하여 구할 수 있다. 구체적으로, 상기 연소가스 분석부(10)를 이용하면 연소가스 내에 포함된 이산화탄소(CO_2), 수증기(H_2O), 이산화황(SO_2), 산소(O_2) 및 질소(N_2)의 단위부피당 함량을 얻을 수 있다. 여기서, 상기 이산화탄소의 단위부피당 함량(%)은 $CO_2\%$, 수증기의 단위부피당 함량은 $H_2O\%$, 이산화황의 단위부피당 함량은 $SO_2\%$, 산소의 단위부피당 함량은 $O_2\%$, 질소의 단위부피당 함량은 $N_2\%$ 로 정의할 수 있다.

표 5

	체적 ($Nm^3/Nm^3\%$)	몰중량 (kg/mol)	단위부피당 질량 (kg/Nm^3)
CO_2	$CO_2\%$	44.01	1.965
H_2O	$H_2O\%$	18.02	0.804
SO_2	$SO_2\%$	64.06	2.86
O_2	$O_2\%$	32	1.429
N_2	$N_2\%$	28.01	1.25
합계	100%	186.1	8.31

[0052]

[0053] 상기 표5를 참조하면, 연소가스의 단위부피에 포함된 탄소 성분의 질량(C_{gas}), 수소성분 질량(H_{gas}), 황성분 질량(S_{gas})는,

$$C_{\text{gas}} = CO_2\% \times \frac{1.965}{8.31} \times \frac{12.01}{44} (\text{kg})$$

$$H_{\text{gas}} = H_2O\% \times \frac{0.804}{8.31} \times \frac{32.06}{64.06} (\text{kg})$$

[0054]

[0055]

[0056] $S_{gas} = SO_{2\%} \times \frac{2.86}{8.31} \times \frac{12.01}{44} \text{ (kg)}$ 에 의하여 계산될 수 있다.

[0057] 여기서, 보일러(1)에서 연소된 석탄이, 탄소, 수소 및 황으로 구성되는 것으로 가정하면, 상기 석탄 1kg에 포함된 탄소 성분의 질량(C_{calc}), 수소 성분의 질량(H_{calc}) 및 황 성분의 질량(S_{calc})은 다음과 같이 추정할 수 있다.

[0058] $C_{calc} = \frac{C_{gas}}{C_{gas} + H_{gas} + S_{gas}}, H_{calc} = \frac{H_{gas}}{C_{gas} + H_{gas} + S_{gas}}, S_{calc} = \frac{S_{gas}}{C_{gas} + H_{gas} + S_{gas}}$

[0059] 따라서, 연소중인 석탄 1kg을 완전연소하기 위한 이론적 공기요구량은

[0060] $A_{Required} = 26.405 H_{calc} + 8.881 C_{calc} + 3.333 (S_{calc} - O_{const}) \text{ Nm}^3/\text{kg}$ 을 이용하여 계산할 수 있다. 여기서, 상기 O_{const} 는 상수로서 사용자가 미리 지정해 둘 수 있다. (예를들어, 0.07로 설정할 수 있다.) 상기 수식을 이용하여 상기 연료의 완전연소를 위한 이론적 공기요구량($A_{Required}$)이 구해지면, 여기에 과잉공기 유량을 추가하여 공급공기유량을 설정할 수 있다.

[0061] 다만, 상기 계산된 이론적 공기요구량을 매순간마다 업데이트하여 상기 보일러(1)에 공급하는 공급공기유량을 변경하면, 상기 보일러(1)에 대한 제어에 이상이 발생할 수 있으며 성능저하가 초래될 수 있다. 따라서, 상기 공급공기유량을 기 설정된 주기마다 업데이트하도록 할 수 있으며, 이때, 상기 공기유량계산기(22)는 상기 기 설정된 주기동안에 계산된 이론적 공기요구량의 평균값을 업데이트 하도록 할 수 있다.

[0062] 구체적으로, 상기 기 설정된 주기동안 계산된 이론적 공기요구량의 평균값은, $(A_{Required})_{avg} = \int [26.405 H_{calc} + 8.881 C_{calc} + 3.333 (S_{calc} - O_{const})] dt / \Delta t \text{ Nm}^3/\text{kg}$ 일 수 있다. 여기서, Δt 는 상기 업데이트 주기를 나타낸다.

[0063] 추가적으로, 상기 공기유량계산기(22)는 보일러(1) 내부의 일산화탄소의 양을 이용하여 상기 보일러(1)가 정상적으로 동작하는지 여부 즉, 완전연소가 이루어지는지 여부를 판별할 수 있다. 이론적으로 보일러에서 완전연소가 된다면 연소가스에는 일산화탄소가 포함되지 않지만, 실제 연소상황에서는 미분탄이 공기와 완벽하게 접촉하지 못하여 불완전 연소의 산물인 일산화탄소가 발생하게 된다. 따라서, 일반적으로 정상 연소동작에서도 일산화탄소가 200 ~ 400 ppm 정도 포함될 수 있다. 하지만, 상기 연소가스 내부에 포함된 일산화탄소의 함량이 기준값 이상 즉, 400 ppm 이상이 되면, 보일러 내부의 연소반응 이상이나 보일러의 오동작 등 연소가 정상상태가 아닌 것으로 판단할 수 있다. 이 경우, 상기 공기유량계산기(22)는 상기 공급공기유량의 계산을 중단할 수 있다.

[0064] 앞서 살핀바와 같이, 상기 공기유량설정부(20)는 업데이트 판별기(23)를 더 포함할 수 있다. 상기 업데이트 판별기(23)는, 상기 연료의 연소에 의하여 상기 보일러(1)에 가해진 열입력, 상기 보일러(1)에서 나가는 열출력 및 상기 보일러(1)의 열효율을 이용하여 상기 연소반응 데이터의 유효성을 판별하고, 상기 연소반응 데이터가 유효하면 상기 공급공기유량을 업데이트 할 수 있다. 즉, 상기 연소반응 데이터에는, 측정센서의 오동작 또는 동작 오류로 인한 오차, 인지하지 못한 외부환경 및 설비 이상(예를들면, 공기누설, 대기조건의 급격한 변화 등) 등에 의한 오차 등이 포함될 수 있다. 따라서, 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 공급공기유량을 설정하기에 앞서, 상기 연소반응 데이터가 타당한 값인지 여부를 검증할 필요가 있다.

[0065] 구체적으로 상기 업데이트 판별기(23)는, 상기 보일러(1)에서 연소되는 석탄에 의하여 발생하는 열량을 분석하여, 상기 연소반응 데이터의 유효성을 판단할 수 있다. 즉, 상기 업데이트 판별기(23)는 상기 보일러(1)의 열입력 및 상기 보일러(1)의 열효율을 곱한 값과 상기 보일러(1)의 열출력의 차가 기 설정된 오차범위 내에 포함되면, 상기 연소반응 데이터는 유효한 것으로 판별할 수 있다.

[0066] 아래의 표6은 석탄연료의 주성분의 연소시에 발생되는 열의 고위 발열량을 나타낸 것이다.

표 6

	고위 발열량(HHV)					
	$MJ/kmol$	$kcal/kmol$	MJ/kg	$kcal/kg$	MJ/Nm^3	$kcal/Nm^3$
$C + O_2 \rightarrow CO_2$	407	97200	33.9	8100	-	-
$C + 0.5O_2 \rightarrow CO$	123	29400	10.3	2450	-	-
$S + O_2 \rightarrow SO_2$	297	70860	9.28	2210	-	-
$CO + 0.5O_2 \rightarrow CO_2$	284	67800	10.1	2420	12.6	3020
$H_2 + 0.5O_2 \rightarrow H_2O$	286	68350	143	34180	12.8	3050

[0067]

[0068] 따라서, 상기 연산을 통하여 구한 C_{calc} , H_{calc} , S_{calc} 와 각 원소의 연소반응시 고위 발열량 분석을 통하여 다음의 식이 성립해야 한다.

$$8100 C_{calc} + 34180 H_{calc} + 2210 S_{calc} (kcal/kg)$$

\rightleftharpoons 보일러에 가해진 열입력

\rightleftharpoons 보일러에서 나가는 열출력/보일러 효율(η)

[0069]

[0070] 여기서, 상기 보일러(1)에서 나가는 열 출력은 다음과 같이 정리될 수 있다.

$$Heat Out = mSH_{out} * (hSH_{out} - hFW) \\ + mRH_{out} * (hRH_{out} - hRH_{in}) \\ + mSH_{op} * (hFW - hSH_{op}) + mRH_{op} * (hRH_{in} - hRH_{op}) + Q_{Aux}$$

[0071]

여기서 mSH_{out} : 과열기 출구 증기 유량 , hSH_{out} : 과열기 출구 증기 엔탈피

hFW : 급수 엔탈피

mRH_{out} : 재열기 출구 증기 유량 , hRH_{out} : 재열기 출구 증기 엔탈피

hRH_{in} : 재열기 입구 증기 엔탈피

mSH_{op} : 과열저감 스프레이 유량 , hSH_{op} : 과열저감 스프레이 엔탈피

mRH_{in} : 재열기 입구 증기 유량 , hRH_{in} : 재열기 입구 증기 엔탈피

Q_{Aux} : 보조증기 열량

[0072]

[0073] 상기 보일러에서 나가는 열 출력을 구하기 위한 변수들은 모두 측정 또는 계산을 통하여 구할 수 있는 값이므로, 보일러 설계상의 효율(η)를 사용하여 연료성분 계산의 적합성을 판별할 수 있다.

[0074]

다시말해,

$$|(8100 C_{calc} + 34180 H_{calc} + 2210 S_{calc})|$$

[0075] – 보일러에서 나가는 열출력/보일러 효율(η) $\leq e_a$ 을 만족하는 경우에는 상기 H_{calc} , C_{calc} , S_{calc} 를 설정 값으로 사용할 수 있다. 여기서, 상기 e_a 는 허용오차로서, 사용자가 임의로 설정할 수 있다.

[0076] 압입통풍기(Forced Draft Fan, 30)는, 상기 업데이트된 공급공기유량만큼 상기 보일러(1) 내부로 공기를 유입할 수 있다. 상기 압입통풍기(30)은, 블레이드의 개도량이 조절되는 것일 수 있으며, 상기 블레이드의 개도량에 따라 상기 보일러(1) 내부로 유입되는 공기의 양이 달라질 수 있다. 따라서, 상기 압입통풍기(30)의 블레이드를 개도량 또는 회전속도를 조절하여, 상기 공기유량설정부(20)에서 설정한 공급공기유량만큼 상기 보일러에 공기를 공급할 수 있다.

[0077] 도2는, 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급방법을 나타내는 순서도이다.

[0078] 도2를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급방법은, 연소가스분석단계(S10), 상태판별단계(S20), 공기유량설정단계(S30), 업데이트 단계(S40) 및 공기유입단계(S50)를 포함할 수 있다.

[0079] 이하, 도2를 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 의한 연소설비의 공기공급방법을 설명한다.

[0080] 연소가스분석단계(S10)는, 연료의 연소반응이 일어나는 보일러에서 배출되는 연소가스를 기 설정된 주기마다 분석하여, 상기 연료의 성분에 대한 연소반응 데이터를 생성할 수 있다. 여기서, 상기 연료는 석탄일 수 있으며, 상기 보일러의 설계시에 사용할 것으로 예상한 설계탄 이외에, 저열탄이나 혼소탄 등이 포함될 수 있다. 다만, 상기 보일러에서 사용되는 연료의 성분이나 종류를 미리 알 수 없으므로, 상기 연료를 완전연소시키기 위하여 필요한 공급공기의 유량도 미리 알 수 없다. 따라서, 상기 연소가스분석단계(S10)를 통하여 상기 보일러에서 연소되는 석탄의 연료성분을 추정할 수 있으며, 이후 상기 연소가스분석단계(S10)에서 추정한 상기 석탄의 연료성분을 이용하여 공급공기유량을 설정할 수 있다.

[0081] 구체적으로, 상기 연소가스분석단계(S10)에서는 측정센서 등을 이용하여 상기 보일러의 연소가스에 포함된 성분을 검출할 수 있으며, 적어도 상기 연소가스에 포함된 이산화탄소(CO_2), 수증기(H_2O), 이산화황(SO_2), 산소(O_2), 질소(N_2), 일산화탄소(CO) 등의 단위부피당 함량을 측정할 수 있다. 여기서, 상기 이산화탄소는 상기 연료에 포함된 탄소 성분의 연소에 기인하는 것이며, 수증기는 상기 연료에 포함된 수소성분, 이산화황은 상기 석탄에 포함된 황 성분의 연소에 기인하는 것일 수 있다. 따라서, 상기 연소가스에 포함된 이산화탄소, 수증기, 이산화황의 단위부피당 함량을 측정함으로써, 상기 보일러에서 연소되고 있는 석탄의 연료성분을 추정하는 것이 가능하다.

[0082] 상태판별단계(S20)는, 상기 보일러의 동작을 감지하여 상기 보일러의 정상상태(steady state) 또는 과도상태(transient state)를 판별할 수 있다. 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 공급공기유량을 설정하기 위해서는, 상기 보일러가 정상상태에 있다는 것이 전제되어야 한다. 상기 보일러가 과도상태인 경우에 측정된 상기 연소반응 데이터에는 여러 종류의 오차를 포함할 수 있으므로, 상기 연소반응 데이터를 신뢰하기 어렵다. 따라서, 먼저 상기 보일러가 정상상태에 도달하였는지 여부를 확인한 이후에 상기 연소반응데이터를 취득하도록 할 수 있다. 구체적으로, 상기 보일러의 운전부하, 급수량, 연료량, 증기 유량 및 압력 등 보일러의 운전에 관련된 변수의 시간에 따른 변화를 감지한 후, 상기 보일러의 운전이 안정된 경우에만 상기 연소반응 데이터를 취득할 수 있다.

[0083] 공기유량설정단계(S30)는, 상기 보일러가 상기 정상상태로 판별되면, 기 설정된 주기마다 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연료의 완전연소에 필요한 공기유량인 공급공기유량을 계산할 수 있다.

[0084] 상기 공급공기유량을 계산하기 위하여, 먼저 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 계산할 수 있다. 상기 연소가스에 포함된 탄소, 수소 및 황 성분은, 상기

연료로부터 기인하는 것이므로, 상기 연소가스에 포함된 탄소, 산소 및 황 성분의 단위부피당 질량을 통하여 상기 연료에 포함된 탄소, 수소 및 황의 양을 추정할 수 있다. 여기서, 상기 석탄 연료에는 상기 세가지 성분 이외에 다른 성분이 더 포함될 수 있으나, 연소에 참여하여 열을 발생시키는 것은 대표적으로 상기 탄소, 수소, 황으로 볼 수 있으므로, 상기 세가지 성분에 대하여만 고려할 수 있다.

[0085] 이후, 상기 석탄 연료에 포함된 것으로 추정된 탄소, 수소 및 황 성분의 완전연소를 위해 필요한 화학적 산소요구량을 계산할 수 있다. 상기 탄소, 수소 및 황 성분의 완전연소를 위해 필요한 화학적 산소요구량은, 각각의 성분에 대한 열화학반응식을 이용하여 구할 수 있다. 상기 화학적 산소요구량을 계산한 후에는, 추가적인 과잉 공기량을 상기 화학적 산소요구량에 더하여 상기 석탄 연료의 완전연소를 보장하도록 할 수 있다. 즉, 상기 화학적 산소요구량에 연소반응을 하지 않고 상기 연소가스에 포함되는 과잉공기량을 더 하여 상기 공급공기유량을 계산할 수 있다.

[0086] 추가적으로 상기 공기유량설정단계(S30)는, 상기 보일러가 정상상태이고, 상기 연소가스내에 포함된 일산화탄소의 단위부피당 함량이 기준값 미만인 경우에 상기 공급공기유량을 계산할 수 있다. 상기 보일러가 정상상태에 해당한다고 하여도, 상기 연소가스 내에 일산화탄소의 함량이 기준값 이상 존재하는 경우에는 상기 보일러 내부의 연소반응 이상이나 보일러 오작동 등의 문제가 발생한 것으로 볼 수 있다. 따라서, 상기 일산화탄소의 함량이 기준값 이상인 경우에 생성된 상기 연소반응 데이터의 값은 신뢰할 수 없으며, 상기 연소반응 데이터로는 상기 공급공기유량을 계산하지 않을 수 있다.

[0087] 업데이트 단계(S40)는, 상기 보일러에 가해진 열입력, 상기 보일러에서 나가는 열출력 및 상기 보일러의 열효율을 이용하여 상기 연소반응 데이터의 유효성을 판별하고, 상기 연소 반응 데이터가 유효하면 상기 공급공기유량을 업데이트 할 수 있다. 상기 연소반응 데이터에는 측정센서의 오동작 또는 동작 오류로 인한 오차나, 인지하지 못한 외부환경 및 설비 이상 등에 의한 오차 등이 포함될 수 있다. 따라서, 상기 연소반응 데이터를 이용하여 상기 공급공기유량을 설정하기에 앞서, 상기 연소반응 데이터가 타당한 값인지 여부를 검증할 필요가 있다. 구체적으로, 상기 보일러에서 연소되는 석탄에 의하여 발생하는 열량을 분석하여, 상기 연소반응 데이터의 유효성을 판단할 수 있다. 즉, 상기 보일러의 열입력 및 상기 보일러의 열효율을 곱한 값과 상기 보일러의 열출력의 차가 기 설정된 오차범위 내에 포함되면, 상기 연소반응 데이터는 유효한 것으로 판별할 수 있다.

[0088] 공기유입단계(S50)는, 상기 보일러에 공기를 공급하는 압입통풍기를 제어하여, 상기 업데이트된 공급공기유량만큼 상기 보일러 내부로 공기를 유입할 수 있다. 구체적으로는, 상기 압입통풍기의 블레이드 개도량을 조절하여 상기 보일러에 공급하는 공기의 유량을 조절할 수 있다.

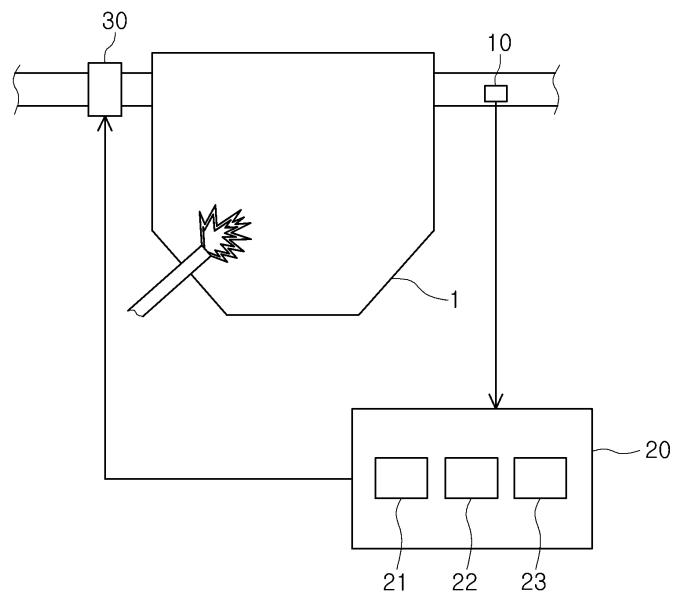
[0089] 본 발명은 상술한 실시형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되지 아니한다. 첨부된 청구범위에 의해 권리범위를 한정하고자 하며, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

부호의 설명

- | | |
|---------------|-------------|
| 1: 보일러 | 2: 연료 |
| 10: 연소가스분석부 | 20: 공기유량설정부 |
| 30: 압입통풍기 | |
| S10: 연소가스분석단계 | S20: 상태판별단계 |
| S30: 공기유량설정단계 | S40: 업데이트단계 |
| S50: 공기유입단계 | |

도면

도면1



도면2

