

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2022-0069683
(43) 공개일자 2022년05월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F02C 3/20 (2006.01) F01K 25/10 (2006.01)

F02C 7/141 (2006.01) F02C 7/22 (2006.01)

F23R 3/16 (2006.01)

(52) CPC특허분류

F02C 3/20 (2013.01)

F01K 25/103 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0157058

(22) 출원일자 2020년11월20일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국전력공사

전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)

한화파워시스템 주식회사

경상남도 창원시 성산구 창원대로 1204 (성주동)

(뒷면에 계속)

(72) 발명자

장성호

대전광역시 유성구 문지로 105

이상민

대전광역시 유성구 문지로 105

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

유미특허법인

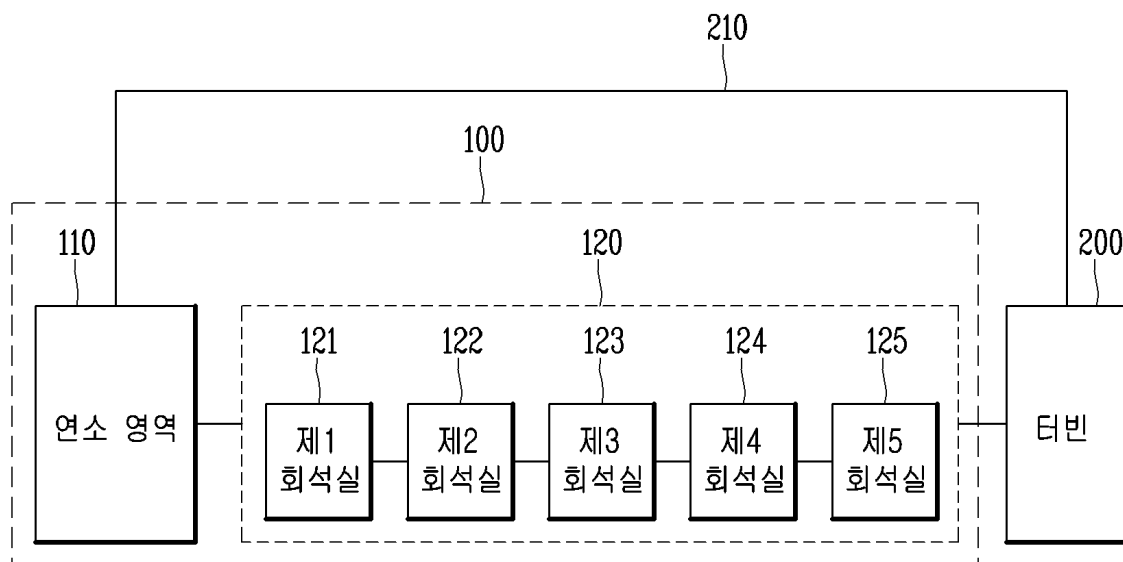
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 가스 터빈 연소 장치

(57) 요약

본 발명은 산소와 초임계 이산화탄소를 이용한 연소동작으로 생성된 배출가스를 터빈으로 공급하는 가스 터빈 연소 장치에 관한 것으로, 산소 및 상기 터빈을 통과한 순환가스를 연소시켜 화염 및 상기 배출가스가 발생하는 연소영역; 및 상기 배출가스가 유입되어 상기 배출가스에 포함된 불완전 연소가스를 회석하고, 상기 배출가스의 온도를 상기 터빈의 작동 온도로 냉각시키는 회석영역을 포함한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

F02C 7/141 (2013.01)

F02C 7/22 (2013.01)

F23R 3/16 (2013.01)

F05D 2220/32 (2013.01)

F05D 2240/35 (2013.01)

(71) 출원인

한국중부발전(주)

충청남도 보령시 보령북로 160 (대천동, 한국중부발전(주))

한국서부발전 주식회사

충청남도 태안군 태안읍 중앙로 285

한국남부발전 주식회사

부산광역시 남구 문현금융로 40, 30층, 31층, 32층, 33층, 34층, 35층 (문현동, 부산국제금융센터)

한국동서발전(주)

울산광역시 중구 중가로 395(북정동)

서울대학교산학협력단

서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

강성원

서울특별시 마포구 백범로 35

도형록

서울특별시 관악구 관악로 1

박규상

대전광역시 유성구 문지로 105

박호열

경기도 성남시 분당구 판교로319번길 6

방명환

대전광역시 유성구 문지로 105

진유인

경기도 성남시 분당구 판교로319번길 6

박유찬

서울특별시 관악구 관악로 1

금정찬

서울특별시 마포구 백범로 35

서천민

서울특별시 마포구 백범로 35

오정훈

서울특별시 마포구 백범로 35

명세서

청구범위

청구항 1

산소와 초임계 이산화탄소를 이용한 연소동작으로 생성된 배출가스를 터빈으로 공급하는 연소 장치에 있어서,
 산소 및 상기 터빈을 통과한 순환가스를 연소시켜 화염 및 상기 배출가스가 발생하는 연소영역; 및
 상기 배출가스가 유입되어 상기 배출가스에 포함된 불완전 연소가스를 회석하고, 상기 배출가스의 온도를 상기 터빈의 작동 온도로 냉각시키는 회석영역
 을 포함하고,
 상기 순환가스는, 상기 초임계 이산화탄소이며,
 상기 불완전 연소가스는 소정 온도에서 화학반응에 의해 고착되는 가스이고,
 상기 회석영역은 상기 불완전 연소가스를 회석하는 회석가스가 유입되어 상기 화학반응을 저지하는, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 회석영역은
 상기 배출가스가 유입되는 복수의 회석실을 포함하고,
 상기 복수의 회석실은 유입되는 상기 회석가스의 비율이 다른, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,
 상기 복수의 회석실은 제1 내지 제5 회석실로 구분되고,
 상기 제1 내지 제5 회석실은 상기 회석가스가 5단계로 분배되어 주입되는, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,
 상기 회석가스는
 상기 회석영역으로 유입되는 상기 배출가스의 유량에 따라 상기 회석영역으로 유입되는 전체 양이 달라지고,
 상기 배출가스의 유량에 따라 상기 제1 내지 제5 회석실로 유입되는 비율이 서로 다른, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,
 상기 제1 내지 제5 회석실은
 회석가스 공급라인과 결합되는 복수의 결합홀이 형성되는, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,
 상기 제1 내지 제5 회석실은

상기 배출가스의 유량에 따라 상기 복수의 결합홀의 크기가 다르게 형성되는, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제1 내지 제5 회석실은

상기 배출가스의 유량에 따라 상기 복수의 결합홀의 개수가 다르게 형성되는, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 회석영역의 온도는, 1500K 내지 1700K인, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 9

제2항에 있어서,

상기 회석영역을 통과한 상기 배출가스는 900K 내지 1000K의 온도로 냉각되어 상기 터빈으로 공급되는, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 10

제2항에 있어서,

상기 회석영역의 압력은 270bar 인, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 불완전 연소가스는, 일산화탄소이고,

상기 회석가스는, CH₄O₂ 및 CO₂가 혼합된 가스인, 가스 터빈 연소 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 회석가스는,

100 중량부에 대하여, 상기 CH₄O₂가 5 내지 6 중량부를 차지하고, 상기 CO₂가 94 내지 95 중량부를 차지하는, 가스 터빈 연소 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 터빈으로 가스를 공급하는 가스 터빈 연소 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 순산소 연소 기술은 기존 발전 기술과는 달리 순수 산소를 사용한다.

[0003] 순산소 연소 기술은 이론적으로 연소 배가스(burnt gas) 중 이산화탄소와 수증기(H₂O)만 생성되며 미세먼지의 주범인 질소산화물(NO_x)이 발생하지 않는다.

[0004] 또한, 수증기 응축을 통해 고농도의 이산화탄소를 쉽게 회수할 수 있으므로 이산화탄소 감축 기법과 결합에 유리하다.

[0005] 초임계 이산화탄소를 작동 유체로 하는 발전 사이클은 질량 유량 대비 체적 유량이 작기 때문에, 기존 증기 발전 방식에 비해 시스템의 크기를 대폭 축소할 수 있는 장점이 있다.

- [0006] 또한, 비압축성 특성이 강하기 때문에 기존 증기 발전에 비해 압축에 필요한 일이 크게 감소하여 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0007] 도 1을 참조하면, 순산소 연소 기술은 순산소 연소의 높은 단열화염온도를 억제하고자 희석기체로 이산화탄소(또는 H₂O)를 함께 공급한다.
- [0008] 특히, 이산화탄소의 임계점은 상온에 가까운 31 ℃, 7.37 MPa 으로 임계점보다 높은 온도와 압력에서 초임계 상태로 존재한다.
- [0009] 초임계 이산화탄소는 액체와 같은 높은 밀도를 가지고 있지만 기체와 가까운 낮은 점도나 높은 확산 계수로 인하여 자유표면을 갖지 않는 특징을 가진다.
- [0010] 발전 시스템의 최저 작동 압력을 임계 조건 이상으로 유지하면, 전체 사이클을 임계압력이상에서 구성할 수 있다.
- [0011] 종래의 초임계 순산소 발전 사이클은 고압의 운전 조건을 유지하기 위해 주로 폐회로(closed loop) 사이클을 구성하며 이러한 특성 때문에 사이클 내부에서 불완전 연소 생성물 생성될 경우 지속적으로 축적되어 가스터빈의 성능에 큰 저하를 야기한다.
- [0012] 문제가 되는 주요 불완전 연소 생성물로는 대표적으로 일산화탄소가 있고, 일산화탄소는 연소영역에서 CO₂+H₂↔CO+OH 반응으로 생성되며, 희석영역에서 급격하게 냉각되면서 약 900K 이하의 온도에서 고착화된다.
- [0013] 이러한 경우, 불완전 연소로 인한 연소 효율 감소와 함께 고착화된 불완전 연소 생성물 제거를 위한 추가 과정에 의한 비용이 발생되므로, 연소실(combustion chamber) 내부에서의 불완전 연소생성물을 최소화하는 기술이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0014] 본 발명의 목적은 배출가스의 유량에 따라 복수의 연소실에 공급되는 희석가스의 비율을 변화하여 불완전 연소 가스를 제거하는 가스 터빈 연소 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기한 본 발명의 목적을 실현하기 위한 하나의 특징에 따른 가스 터빈 연소 장치는, 산소와 초임계 이산화탄소를 이용한 연소동작으로 생성된 배출가스를 터빈으로 공급하는 연소 장치에 있어서, 산소 및 상기 터빈을 통과한 순환가스를 연소시켜 화염 및 상기 배출가스가 발생하는 연소영역; 및 상기 배출가스가 유입되어 상기 배출가스에 포함된 불완전 연소가스를 희석하고, 상기 배출가스의 온도를 상기 터빈의 작동 온도로 냉각시키는 희석영역을 포함하고,
- [0016] 상기 순환가스는, 상기 초임계 이산화탄소이며, 상기 불완전 연소가스는 소정 온도에서 화학반응에 의해 고착되는 가스이고, 상기 희석영역은 상기 불완전 연소가스를 희석하는 희석가스가 유입되어 상기 화학반응을 저지한다.
- [0017] 그리고, 상기 희석영역은 상기 연소가스가 유입되는 복수의 희석실을 포함하고, 상기 복수의 희석실은 유입되는 상기 희석가스의 비율이 다르다.
- [0018] 또한, 상기 복수의 희석실은 제1 내지 제5 희석실로 구분되고, 상기 제1 내지 제5 희석실은 상기 희석가스가 5 단계로 분배되어 주입된다.
- [0019] 또한, 상기 희석가스는 상기 희석영역으로 유입되는 상기 배출가스의 유량에 따라 상기 희석영역으로 유입되는 전체 양이 달라지고, 상기 배출가스의 유량에 따라 상기 제1 내지 제5 희석실로 유입되는 비율이 서로 다르다.
- [0020] 또한, 상기 제1 내지 제5 희석실은 희석가스 공급라인과 결합되는 복수의 결합홀이 형성된다.
- [0021] 그리고, 상기 제1 내지 제5 희석실은 상기 배출가스의 유량에 따라 상기 복수의 결합홀의 크기가 다르게 형성된다.
- [0022] 또한, 상기 제1 내지 제5 희석실은 상기 배출가스의 유량에 따라 상기 복수의 결합홀의 개수가 다르게

형성된다.

[0023] 그리고, 상기 회석영역의 온도는, 1500K 내지 1700K이다.

[0024] 또한, 상기 회석영역을 통과한 상기 배출가스는 900K 내지 1000K의 온도로 냉각되어 상기 터빈으로 공급된다.

[0025] 그리고, 상기 회석영역의 압력은 270bar이다.

[0026] 상기 불완전 연소가스는, 일산화탄소이고, 상기 회석가스는, CH_4O_2 및 CO_2 가 혼합된 가스이다.

[0027] 여기서, 상기 회석가스는, 100 중량부에 대하여, 상기 CH_4O_2 가 5 내지 6 중량부를 차지하고, 상기 CO_2 가 94 내지 95 중량부를 차지한다.

발명의 효과

[0028] 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 연소 장치에 따르면,

[0029] 첫째, 배출가스의 유량에 따라 복수의 연소실에 공급되는 회석가스의 비율을 변화하여 불완전 연소가스의 제거를 최대화할 수 있다.

[0030] 둘째, 제1 내지 제4 회석부에 상대적으로 낮은 비율의 회석가스를 공급하여 온도를 1500K 내지 1700K로 유지함으로써, 일산화탄소의 산화반응을 촉진할 수 있다.

[0031] 셋째, 제5 회석부에 상대적으로 높은 비율의 회석가스를 공급하여 터빈 입구 온도로 냉각할 수 있다.

[0032] 넷째, 복수의 결합홀의 크기 또는 개수를 조절하여 유입되는 회석가스의 양을 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 종래의 가스 터빈 연소 장치를 개략적으로 나타낸 개념도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 연소 장리를 개략적으로 나타낸 개념도이다.

도 3은 도 2에 도시된 회석영역을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

도 4는 제1 실시예에 따른 회석가스 분배비율을 나타낸 단면도이다.

도 5는 제2 실시예에 따른 회석가스 분배비율을 나타낸 단면도이다.

도 6은 유동 위치에 따른 일산화탄소의 물분율을 나타낸 그래프이다.

도 7은 유동 위치에 따른 온도 분포를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명한다. 이때, 첨부된 도면에서 동일한 구성 요소는 가능한 동일한 부호로 나타내고 있음에 유의한다. 또한, 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략할 것이다. 마찬가지로 이유로 첨부 도면에 있어서 일부 구성 요소는 과장되거나 생략되거나 개략적으로 도시되었다.

[0035] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 가스 터빈 연소 장리를 개략적으로 나타낸 개념도이고, 도 3은 도 2에 도시된 회석영역을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

[0036] 도 4는 제1 실시예에 따른 회석가스 분배비율을 나타낸 단면도이고, 도 5는 제2 실시예에 따른 회석가스 분배비율을 나타낸 단면도이다.

[0037] 도 2 및 도 3을 참조하면, 본 발명은 산소와 초임계 이산화탄소를 이용한 연소동작으로 생성된 배출가스를 터빈(200)으로 공급하는 가스 터빈 연소 장치(100)이다.

[0038] 본 발명의 가스 터빈 연소 장치(100)는 캔 형 연소실(can-type combustion chamber)로 가스 터빈 연소 장치(100)는 연소영역(primary reaction zone)(110)과 회석영역(dilution zone)(120)으로 구분된다.

[0039] 연소영역(110)은 산소 및 터빈(200)을 통과한 순환가스를 연소시켜 화염 및 배출가스가 발생하고, 연료와 산화제가 선회기를 거쳐 부분적 예혼합되고 회석기체의 일부가 함께 주입되며, 적절한 기체의 재순환을 통해 안정적

인 화염을 형성한다.

- [0040] 회석영역(120)은 연소영역(110)에서 생성된 배출가스가 유입되고, 배출가스에 포함된 불완전 연소가스를 회석하며, 배출가스의 온도를 터빈(200)의 작동 온도로 냉각시킨다.
- [0041] 또한, 회석영역(120)은 연소영역(110)에서 발생한 고온의 화염과 배출가스로부터 가스 터빈 연소 장치(100)를 보호하고, 바이패스(bypass) 된 회석가스의 혼합을 통해 배출가스를 터빈입구온도(turbine inlet temperature; TIT)까지 냉각시켜 가스 터빈 연소 장치(100)의 출구 온도 분포를 균일하게 만든다.
- [0042] 그리고, 연소영역(110)에서 발생한 각종 오염물질을 반응시켜 오염물질 배출 저감에 기여한다.
- [0043] 여기서, 순환가스는 초임계 이산화탄소로서, 터빈(200)을 통과하여 순환라인(210)을 통해 연소영역(110)에 포함된 예혼합부로 공급된다.
- [0044] 불완전 연소가스는, 소정 온도에서 화학반응에 의해 고착되는 가스이고, 대표적인 예로 일산화탄소가 있다.
- [0045] 그리고, 회석영역(120)은 불완전 연소가스를 회석하는 회석가스가 유입되어 불완전 연소가스의 화학반응을 저지한다.
- [0046] 여기서, 회석영역(120)의 압력은 270bar 이고, 회석가스는 CH_4O_2 및 CO_2 의 혼합가스이며, 회석가스는 100 중량부에 대하여, CH_4O_2 가 5 내지 6 중량부를 차지하고, CO_2 가 94 내지 95 중량부를 차지한다.
- [0047] 또한, 회석영역(120)의 온도는 1500K 내지 1700K를 유지한다.
- [0048] 회석영역(120)은 배출가스가 유입되는 복수의 회석실(121, 122, 123, 124, 125)을 포함하고, 복수의 회석실(121, 122, 123, 124, 125)은 회석가스의 비율이 다르게 유입된다.
- [0049] 복수의 회석실(121, 122, 123, 124, 125)은 제1 내지 제5 회석실(121, 122, 123, 124, 125)로 구분되고, 제1 내지 제5 회석실(121, 122, 123, 124, 125)에는 회석가스가 5단계로 분배되어 주입된다.
- [0050] 회석가스는 회석영역(120)으로 유입되는 상기 배출가스의 유량에 따라 회석영역(120)으로 유입되는 전체 양이 달라지고, 배출가스의 유량에 따라 제1 내지 제5 회석실(121, 122, 123, 124, 125)로 유입되는 비율이 서로 다르다.
- [0051] 또한, 제1 내지 제5 회석실(121, 122, 123, 124, 125)에는 회석가스 공급라인(미도시)과 결합되는 복수의 결합홀(126)이 형성된다.
- [0052] 여기서, 제1 내지 제5 회석실(121, 122, 123, 124, 125)에 형성된 복수의 결합홀(126)은 회석영역(120)으로 유입되는 배출가스의 유량에 따라 크기가 다르게 형성된다.
- [0053] 또한, 제1 내지 제5 회석실(121, 122, 123, 124, 125)에 형성된 복수의 결합홀(126)은 회석영역(120)으로 유입되는 배출가스의 유량에 따라 개수가 다르게 형성된다.
- [0054] 도 4 및 도 5를 참조하여 를 참조하여, 배출가스 유입량에 따른 회석가스 분배비율에 대해 설명한다.
- [0055] 도 4를 참조하여 제1 실시예에 따른 회석가스 분배비율을 설명한다.
- [0056] 제1 실시예는 배출가스의 유입량이 0.792kg/s 일때, 제1 내지 제5 회석실(121, 122, 123, 124, 125)에 분배되는 회석가스의 비율이다.
- [0057] 이 경우, 회석영역(120)에 유입되는 회석가스의 양 100%에 대하여, 제1 회석부(121)에는 30%가 유입되고, 제2 회석부(122)에는 10%가, 제3 회석부(123) 및 제4 회석부(124)에는 각각 5%가, 제5 회석부(125)에는 50%가 분배되어 유입된다.
- [0058] 제1 실시예의 경우, 유입되는 배출가스가 일산화탄소의 산화반응이 활발한 온도인 1500K ~ 1700K로 냉각된 후 1500K ~ 1700K의 온도에서 최대한 노출될 수 있도록 제1 내지 제4 회석부(121, 122, 123, 124)에 회석가스의 주입을 최소화 한다.
- [0059] 그리고, 제5 회석부(125)에서 나머지 회석가스를 주입하여 터빈입구온도에 도달할 수 있도록 냉각한다.
- [0060] 도 5를 참조하여 제2 실시예에 따른 회석가스 분배비율을 설명한다.
- [0061] 제1 실시예는 배출가스의 유입량이 0.410kg/s 일때, 제1 내지 제5 회석실(121, 122, 123, 124, 125)에 분배되

는 회석가스의 비율이다.

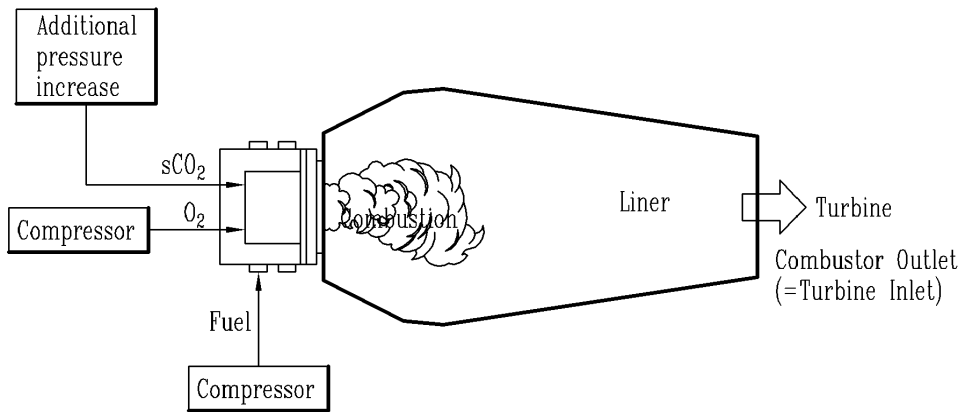
- [0062] 이 경우, 회석영역(120)에 유입되는 회석가스의 전체 양 100%에 대하여, 제1 회석부(121)에는 10%가 유입되고, 제2 회석부(122)에도 10%가, 제3 회석부(123) 및 제4 회석부(124)에는 각각 5%가, 제5 회석부(125)에는 70%가 분배되어 유입된다.
- [0063] 제2 실시예의 경우도 제1 실시예와 마찬가지로, 배출가스를 1500K ~ 1700K의 온도에서 최대한 노출될 수 있도록 제1 내지 제4 회석부(121, 122, 123, 124)에 회석가스의 주입을 최소화하고, 제5 회석부(125)에서 나머지 회석가스를 주입하여 터빈입구온도에 도달할 수 있도록 배출가스를 냉각한다.
- [0064] 도 6은 유동 위치에 따른 일산화탄소의 물분율을 나타낸 그래프이고, 도 7은 유동 위치에 따른 온도 분포를 나타낸 그래프이다.
- [0065] 도 6 및 도 7을 참조하여, 본 발명의 가스 터빈 연소 장치(100)의 동작에 따른 불완전 연소가스의 회석반응을 설명한다.
- [0066] 도 6 및 도 7의 결과는 plug flow reactor 기반 chemical reactor network 모델과 detailed chemistry 시뮬레이션 결과이고, 상세화학반응 메커니즘은 Reduced ITV mechanism이 활용되었다.
- [0067] 회석가스가 한번에 주입되는 경우, 일산화탄소가 평형상태에 도달하여 더이상 반응하지 않으면서 고착화된 상태로 터빈으로 배출된다.
- [0068] 이는 폐회로로 구성된 시스템의 특성에서 지속적으로 축적되어 시스템의 효율에 큰 저하를 초래할 수 있다.
- [0069] 회석영역(120)의 제1 내지 제4 회석실(121, 122, 123, 124)에서 소량의 회석기체를 주입함으로써 약 1600K의 온도를 유지함으로써 많은 일산화탄소를 빠르게 반응시키고, 제5 회석실(125)에서 많은 양의 회석가스를 주입하여 점차적인 냉각을 통해 소량의 잔류하고 있던 일산화탄소를 산화시킴으로써 종래 대비 80% 이상 저감할 수 있다.
- [0070] 도 6 및 도 7에 도시된 것처럼, 일산화탄소 배출량을 최소화 하기 위해서는 제1 내지 제5 회석실(121, 122, 123, 124, 125)에 적절한 비율로 회석가스를 분배하여 주입하는 것이 중요성을 도출할 수 있다.
- [0071] 따라서, 본 발명의 가스 터빈 연소 장치(100)는 회석영역(120) 내부를 일산화탄소의 산화반응에 대한 최적의 반응 온도를 유지함으로써 일산화탄소 산화 반응을 최대화할 수 있다.
- [0072] 이상 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

부호의 설명

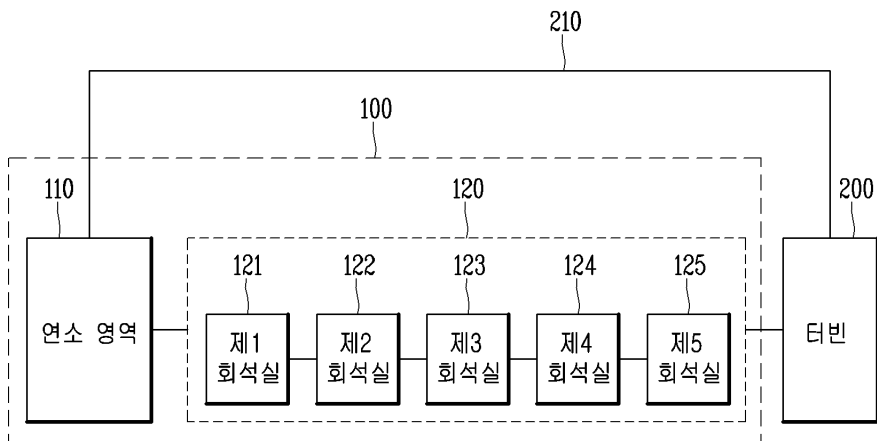
- [0073] 110...연소영역 120...회석영역
- 121...제1 회석실 122...제2 회석실
- 123...제3 회석실 124...제4 회석실
- 125...제5 회석실 126...결합홀
- 200...터빈 210...순환라인

도면

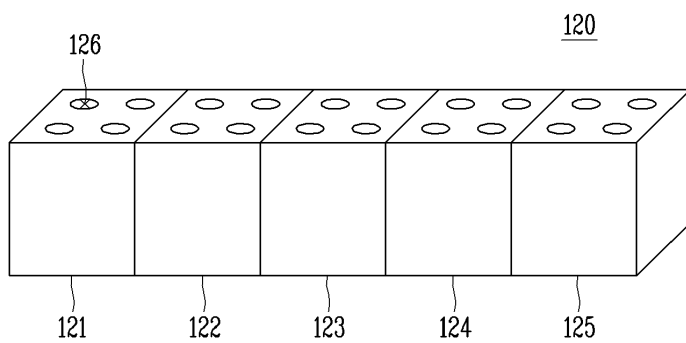
도면1



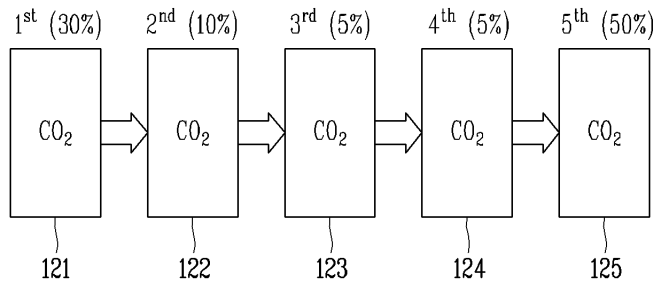
도면2



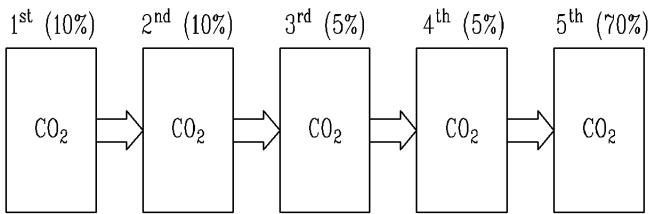
도면3



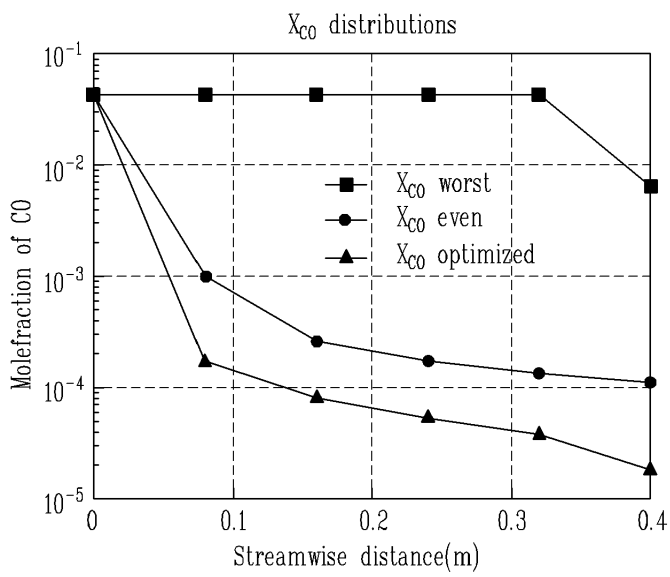
도면4



도면5



도면6



도면7

