

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
F01D 15/00

(45) 공고일자 1999년06월 15일

(11) 등록번호 10-0194555

(24) 등록일자 1999년02월09일

(21) 출원번호 10-1996-0004186

(65) 공개번호 특1997-0063877

(22) 출원일자 1996년02월22일

(43) 공개일자 1997년09월 12일

(73) 특허권자 한국전력공사 이종훈
서울특별시 강남구 삼성동 167번지

(72) 발명자 김종진
대전광역시 중구 오류동 175-1 삼성아파트 16동 1511호
김종영
대전광역시 유성구 전민동 460-1 삼성푸른아파트 108-1305
안달홍
대전광역시 서구 삼천동 991번지 국화동성아파트 104동 806호
박명호
경기도 안양시 호계3동 813번지 주공아파트 6동 410호

(74) 대리인 김영길, 김명섭, 원혜중, 이화익

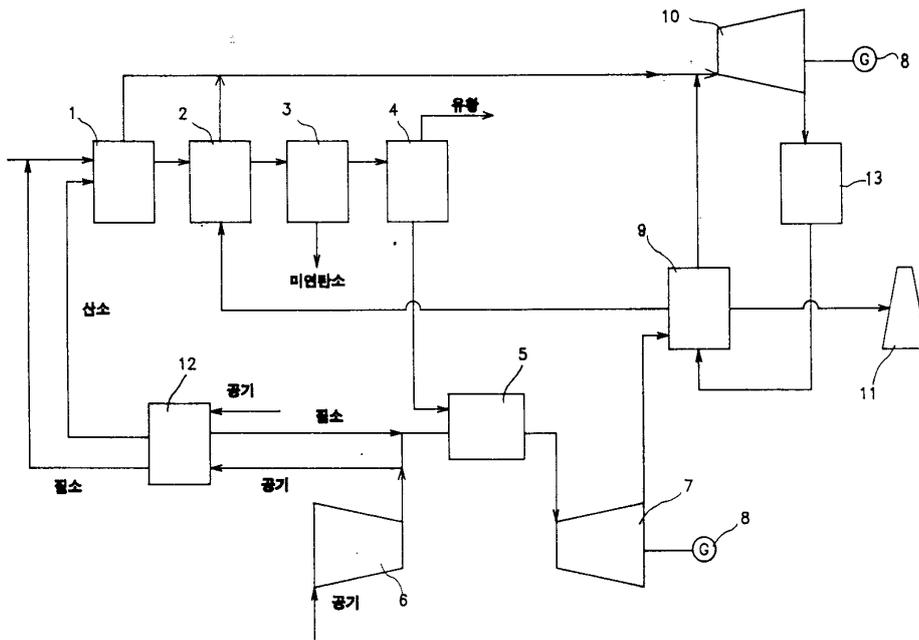
심사관 : 공인복

(54) 고신뢰도 고효율 석탄가스화 복합발전 시스템 및 전력발생방법

요약

본 발명은 고신뢰도 고효율 석탄가스화 복합발전 시스템 및 전력 발생방법에 관한 것이다. 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템은, 외부의 공기를 산소와 질소로 분리하는 산소분리장치(12)와 상기한 산소분리장치(12)로부터 공급된 산소와 슬러리 상태의 석탄을 반응시켜 석탄가스를 생성하며, 생성된 고온의 석탄가스를 중온 가스정제장치(23,24)가 필요로 하는 온도인 300 내지 450℃까지 냉각시키기 위한 가스화기(21)와 상기한 가스화기(21)에서 생성된 석탄가스 중의 미연탄소 및 먼지를 제거하기 위한 중온가스집진장치(23) 및 석탄가스 중의 유황성분을 제거하기 위한 중온 가스탈황장치(24)로 구성된 중온 가스정제장치(23,24)와, 외부공기를 압축하여 가스터빈 연소기(5)가 요구하는 압력까지 압축시키기 위한 공기압축기(6)와, 상기한 중온 가스정제장치(23,24)에서 청정화된 석탄가스를 상기한 산소분리장치(12)에서 공급된 질소 및 상기한 공기압축기(6)에서 공급된 압축공기를 사용하여 연소시키기 위한 가스터빈 연소기(5)와, 상기한 가스터빈 연소기(5)에서 연소된 가스를 이용하여 동력을 발생시켜 발전기(8)를 구동하기 위한 가스터빈(7)과 상기한 가스터빈(7)의 팽창기에서 나오는 가스의 현열을 회수하여 증기터빈(10)의 구동에 필요한 증기를 생성하고, 배기가스를 굴뚝으로 배출시키기 위한 폐수회수보일러(9)와, 상기한 폐수회수보일러(9)에서 생성된 과열증기를 팽창시켜 발전기(8)를 구동하기 위한 증기터빈(10)과, 상기한 증기터빈(10)으로부터 배출된 증기를 응축하여 상기한 폐수회수보일러(9)의 급수로 공급하는 복수기(13)를 포함한다.

대표도



명세서

[발명의 명칭]

고신뢰도 고효율 석탄가스화 복합발전 시스템 및 전력 발생방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 종래기술에 따른 석탄가스화 복합발전 시스템의 일례를 나타낸 개략적인 블록 구성도.

제2도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 석탄가스화 복합발전 시스템의 개략적인 블록 구성도.

제3도는 제2도에 도시된 석탄가스화 복합발전 시스템의 석탄 가스화기 상세도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

1 : 석탄 가스화기	2 : 가스냉각기
3 : 집진장치	4 : 탈황장치
5 : 가스터빈 연소기	6 : 공기압축기
7 : 가스터빈	8 : 발전기
9 : 폐열회수보일러	10 : 증기터빈
11 : 굴뚝	12 : 산소분리장치
13 : 복수기	21 : 석탄 가스화기
23 : 집진장치	24 : 중온 가스탈황장치
31 : 반응기	32 : 원료공급구
33 : 가스배출구	34 : 냉각수 배출구
35 : 내부 실린더	36 : 외부 실린더
37 : 냉각수 공급구	38 : 링형 수분사장치
39 : 수조	40 : 슬래그 배출구

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 고신뢰도 고효율 석탄가스화 복합발전 시스템 및 전력 발생방법에 관한 것이다. 좀더 구체적으로, 본 발명은 수조냉각방식 가스화기와 중온 가스정제장치를 사용하고, 각 장치간의 연계성을 줄임으로써, 시스템의 복잡성을 줄여 시스템의 운전, 유지 및 보수를 용이하게 이룰 수 있고, 경제적으로 시스템을 구성할 수 있으며 시스템의 효율을 증대시킬 수 있는 고신뢰도 고효율 석탄가스화 복합발전 시스템 및

전력 발생방법에 관한 것이다.

석탄가스화 복합발전 시스템은 석탄을 가스화하여 가스터빈과 증기터빈을 가동시킴으로써 전력을 효율적으로 발생시킬 수 있는 발전시스템으로서, 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템은 크게 산소분리장치, 석탄 가스화기, 가스냉각기, 집진장치와 탈황장치로 이루어진 가스정제장치, 가스터빈, 폐열회수보일러 및 증기터빈 등으로 구성된다.

상기한 종래기술에 따른 복합발전 시스템은 시스템의 효율을 증대시키기 위하여 다음과 같은 방법들을 사용하고 있다: 첫째로, 가스화기로부터 생성된 석탄가스의 현열을 회수할 목적으로 복사형 가스냉각기 및 대류형 가스냉각기로 이루어진 가스냉각기 등을 사용하고 있다. 그러나, 이러한 가스냉각기는 매우 고가이며, 고온 및 부식성이 강한 환경에서 운전하므로 신뢰성이 낮고 잦은 보수 및 교체가 필요한 것으로 알려져 있다. 둘째는, 가스터빈, 산소분리장치 및 가스화기를 유기적으로 연계시켜 효율 상승을 도모하고 있는데, 이들은 시스템을 너무 복잡하게 만듦으로써, 운전 및 제어가 어렵고 시스템의 잦은 정지를 초래하는 요인이 되고 있다. 셋째로, 기존의 시스템들이 사용하는 가스정제공정으로는 입구온도가 대략 40℃ 정도인 저온 가스정제공정으로 사용하고 있다. 이러한 가스정제공정은 석탄가스 중의 유해가스를 효율적으로 제거할 수 있지만, 입구의 온도를 40℃로 조정하기 위하여 가스정제공정 이전에 생성가스의 온도를 떨어뜨린 다음, 가스정제공정을 거쳐 배출되는 가스를 다시 가열함으로써, 에너지를 비효율적으로 이용하게 될 뿐만 아니라, 장치가 복잡하고 대형화된다는 단점을 지니고 있었다. 이의 보완책으로 운전온도가 약 450 내지 700℃범위인 고온 가스정제공정에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있으나, 이는 아직 상용화공정에 적용시키기 어려운 단계에 있다. 따라서, 상기한 종래의 복합발전 시스템은 전반적으로 장치의 구성이 너무 복잡하여 시스템의 운전, 유지 및 보수가 어렵고, 투자비가 매우 높아 상업화에 장애가 되고 있는 실정이다.

한편, 상기한 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템에 있어서, 석탄가스화기는 건조시킨 석탄 또는 물과 혼합된 석탄을 공기 및 산소 등의 산화제를 이용하여 고온 고압의 가스화기 내에서 부분 산화시켜 석탄가스를 생성한다. 일반적인 연소에 비하여 이론 당량비보다 적은 양의 산화제를 가스화기 내로 주입함에 따라, 산화제는 석탄 중의 일부분과 반응을 일으켜 가스화기 내에서 반응에 필요한 열을 공급하고, 나머지 석탄은 산소가 부족한 상태에서 불완전연소, 즉 부분산화반응을 일으켜 연소가능한 일산화탄소(CO), 수소(H₂)등을 생성하게 된다. 이때 가스화기 내의 온도는 약 1,500℃ 정도의 고온이기 때문에, 석탄에 함유된 회(ash) 성분은 용융되어 슬래그의 형태로 가스화기 하부로 흘러내리게 된다.

상기한 가스화기에서 생성된 석탄가스는 가스냉각기를 거치면서 현열을 회수하고, 과열증기를 발생시킨다. 이때, 가스냉각기로는 여러 가지 형태가 사용되고 있지만, 대부분의 시스템에서는 생성가스가 지닌 현열을 최대한 회수하기 위하여 복사열전달의 원리에 의하여 열을 회수하는 복사형 가스냉각기와 대류열전달의 원리에 의하여 열을 회수하는 대류형 가스냉각기를 연결시켜 사용하고 있다. 그러나, 가스냉각기로 유입되는 석탄가스의 온도는 1,500℃ 정도로 아주 고온이며, 황화수소(hydrogen sulfide H₂S) 및 황화카르보닐(carbonyl sulfide: COS)와 같은 유황화합물과 먼지 등이 함유되어 있어 가스냉각기의 부식이 발생하기 용이한 환경에 놓이게 된다. 이로 인하여, 가스냉각기로는 내식성이 강한 고급 재질이 사용이 불가피하므로, 결과적으로 가스냉각기의 투자비용이 매우 커지게 된다.

한편, 폐열회수보일러에서 예열된 급수가 가스냉각기로 유입되어, 가스냉각기 및 드럼을 거치면서 증기로 변환된 후, 다시 폐열회수보일러에서 가열되어 증기터빈으로 공급된다. 그러나, 상기한 가스냉각기와 주변 장치는 고온 및 부식환경에서의 열 회수, 증기사이클과의 연계 등으로 인하여 초기 투자비가 높고, 운전 및 유지보수 등이 어려운 것으로 밝혀지고 있다.

가스냉각기로부터 배출된 석탄가스는 집진장치 및 탈황장치로 구성된 저온 가스정제장치를 거치면서 먼지와 황 및 불순물이 제거된다. 가스냉각기를 나온 석탄가스에는 대략 10,000ppm의 먼지가 함유되어 있는데, 이들이 가스터빈으로 들어가면 마모와 침식을 유발하여 가스터빈의 수명을 단축하므로, 가스터빈의 보호와 수명연장을 위하여 이를 제거해야 한다. 가스터빈에서 규정하는 분진의 일반적인 허용 한계농도는 200ppm 이하이며, 5 μ m 이상의 입자가 10ppm 이하로 유지되어야만 하는데, 분진입자를 더욱 정밀하게 처리함으로써 고가의 가스터빈의 수명을 더욱 연장할 수 있으므로, 될 수 있으면 완벽한 제거가 요구된다. 즉, 석탄가스 중의 분진을 원하는 정도까지 제거하기 위해서는, 집진효율이 99.8% 이상이 되어야만 한다. 가스 중의 먼지를 제거하는 집진장치로는 사이클론, 세정식 집진기, 세라믹 필터, 백 필터 및 전기집진기 등이 있는데, 이들 중에서 적절히 선택함으로써 원하는 집진효율을 얻을 수 있다.

집진장치에서 먼지가 제거된 석탄가스는 H₂S 및 COS와 같이 석탄가스에 함유된 유황화합물을 제거하는 탈황장치로 들어가 황화합물이 제거된 청정한 가스로 된다. 이때, 탈황공정은 저온 탈황공정과 고온 탈황공정으로 크게 나뉘어지는데, 저온 탈황공정은 공정 입구온도가 대략 40℃ 정도이고, 흡수탑에서 물리·화학적 용매를 사용하여 가스 중의 황화합물을 선택적으로 흡수한 후에 재생탑에서 용매를 제거하는 공정으로서, 석유화학공정에서 이미 상용화되어 사용되고 있는 공정이다. 이러한 저온 탈황공정은 운전상의 신뢰성이 높은 반면에, 공정에 대한 투자비가 크고 공정이 복잡해지며, 공정의 입구온도를 맞추기 위하여 가스의 온도를 사전에 낮추어야 하므로, 열손실이 생긴다는 단점을 지니고 있다. 한편, 고온 탈황공정은 상기한 저온 탈황공정의 단점인 열손실 발생을 방지하여 석탄가스화 복합발전 시스템의 효율을 높일 목적으로 450 내지 700℃ 정도의 고온에서 철 및 아연계의 탈황제를 사용하여 황화합물을 제거하는 공정으로서, 이러한 고온 탈황공정은 효율이 높은 반면에, 현재까지 기술개발이 완료되지 않은 공정이다.

탈황장치를 거친 석탄가스는 가스터빈의 공기압축기에서 공급된 압축공기와 질소산화물 저감을 위한 희석제와 더불어, 가스터빈의 연소기로 들어가 연소된다. 이때, 연료의 발열량을 낮춤으로써, 질소산화물 생성을 저감하기 위해 연소기로 공급되는 희석제와 투입방법으로는 산소분리장치에서 생성된 질소를 이용하는 방법, 증기사이클에서 생성된 증기를 연소기로 투입하는 방법, 석탄가스를 수분에 포화시켜 사용하는 방법과 산소분리장치에서 생성된 질소를 포화시켜 사용하는 방법 등이 있다. 가스터빈의 공기압축기는 대기의 공기를 유입하여 가스터빈 연소기가 요구하는 수준까지 공기를 압축시킴과 동시에, 산소분리장치에서 필요로 하는 공기의 일부를 추가하기도 한다. 산소분리공정에 필요로 하는 공기를 추가하는 경우에는 시스템의 효율이 일부 상승하는 반면에, 전체 시스템의 구성이 복잡해서 운전상의 어려움이 따른다는 문

제정이 있다.

상기한 과정에 따라 가스터빈 연소기에서 연소된 가스는 가스터빈에서 팽창되어 터빈축에 연결된 발전기를 통해 전력을 발생시키고, 가스터빈에서 배출된 배기가스는 폐열회수보일러로 유입된다. 배출된 배기가스는 폐열회수보일러에서 증기를 발생시키고 굴뚝으로 배출되며, 가스냉각기와 폐열회수보일러에서 발생된 과열증기는 증기터빈에서 팽창되어 증기터빈을 작동시킴으로써, 동일축에 연결된 발전기를 구동시켜 전력을 생산한다. 또한, 가스냉각기에서 필요로 하는 급수는 폐열회수보일러에서 공급되며, 가스냉각기에서 생성된 증기는 다시 폐열회수보일러로 환류된 후 과열되어 증기터빈으로 들어가게 되는데, 이와 같은 구성에 따라 전체적인 시스템이 복잡해지고 운전상의 어려움이 따르게 된다.

한편, 산소분리장치는 산소분리에 필요한 공기의 전량 또는 일부로 가스터빈의 공기압축기에서 추기된 압축공기를 이용하며, 공기를 산소와 질소로 분리한 다음, 산소는 가스화기로 보내 석탄과 반응하고, 질소의 일부는 석탄을 가스화기로 운송하는 운송가스로 사용하며, 나머지 질소는 질소산화물 저감을 위하여 가스터빈의 연소기로 투입된다. 이와 같이, 공기의 가스터빈과 가스화기, 그리고 산소분리장치간의 연계성으로 인하여 석탄가스 복합발전 시스템은 극도로 복잡하게 되고, 운전이 매우 어려워지며, 부하 변동에 신속하게 대응하기 어렵게 된다.

상기한 석탄가스화 복합발전 시스템은 석탄의 직접연소시 발생하는 환경적인 문제점을 해결하기 위해 석탄을 사용하여 먼저 청정 석탄가스를 생성한 후, 가스터빈 및 증기터빈을 동시에 구동하는 복합사이클 발전시스템을 채용함으로써, 효율이 높고 환경적으로 안정하여 많이 사용되고 있다.

그러나, 상기한 석탄가스화 복합발전 시스템의 기술개발자들은 개발의 방향을 발전 시스템이 동력적이고 및 효율 극대화에 중점을 두어, 시스템의 효율은 어느 정도 상승하였으나, 이로 인해 석탄가스화 복합발전 시스템의 투자비가 대폭적으로 상승하게 되고, 시스템이 복잡해져 상업용으로 설치시 경제성이 떨어지며, 설치후 운전시에도 기능제어가 어렵게 된다는 문제점을 지니고 있었다.

이상에서 설명한 종래의 복합발전 시스템 중에서 가장 발전된 형태의 석탄가스화 석탄가스화 복합발전 시스템에 대한 일례를 제1도에 나타내었다. 이하에서는, 제1도를 참조하여 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템을 더욱 상세히 설명하겠다.

제1도에 도시된 바와 같이, 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템에서는 석탄을 잘게 부순 미분탄과 산소분리장치(12)에서 생성된 산소를 가스화기(1)에서 반응시켜 석탄가스를 생성한다. 이때, 석탄은 10 내지 150 μ m 정도까지 잘게 부순 다음, 건조시켜 이송용 가스인 질소를 이용하여 가스화기(1) 내부로 공급한다. 또한, 산소분리장치(12)에서 생성된 고순도의 산소를 석탄에 대하여 중량비로 0.28 내지 1.17 정도의 비율로 투입한다. 또한, 가스냉각기(2)에서 생성된 증기의 일부를 가스화기(1)로 공급하는데, 그 양은 석탄에 비하여 대략 0.1 내지 1.20의 비율이다. 가스화기(1) 내부로 투입된 석탄, 산소 및 수증기 등 반응물은 1 내지 300atm, 900 내지 2,230 $^{\circ}$ C의 범위에서 반응하여 석탄가스를 생성하게 되며, 석탄 중에 함유된 휘분은 고온의 가스화기(1)에서 용융되어 슬래그로 변한 다음, 가스화기(1)의 하부로 내려와 수조에 담기면서 고형화된다. 가스화기(1)에서 생성된 고온의 석탄가스는 폐열회수보일러(9)로부터 가스냉각기(2)로 유입되는 고온수로부터 과열증기를 발생시키고, 냉각되어 집진장치(3)로 유입된다.

상기한 가스화기(1)를 빠져 나온 약 1,500 $^{\circ}$ C 정도의 고온의 석탄가스 중에 함유된 현열을 회수하기 위하여 가스냉각기(2)를 사용하는데, 고온의 석탄가스는 가스화기(1)와 연결된 복사형 가스냉각기에서 1차로 대략 800 $^{\circ}$ C 정도까지 냉각된 후, 복사형 가스냉각기 후단에 연결된 대류형 가스냉각기에서 230 내지 300 $^{\circ}$ C 정도까지 냉각되면서 열이 회수된다. 이때, 폐열회수보일러(9)에서 예열된 후 가스화기(2)로 유입된 급수는 가스냉각기(2)에 의해 가열되어 가스냉각기(2) 상부의 증기드럼에서 증기로 변환된 후, 일부는 가스화기(1)로 투입되어 가스화반응에 사용되고, 나머지는 다시 폐열회수보일러(9)로 되돌려져 과열기에서 가열되어 과열증기로 된 후, 증기터빈(10)을 구동하는데 사용된다.

상기한 석탄 가스화기(1)에서 발생하는 석탄가스에는 공해물질인 먼지, H₂S 및 COS와 같은 유해화합물 및 이산화탄소(CO₂)와 미량의 불순물 등이 다량 함유되어 있기 때문에, 발전용 연료로 사용하기 전에 이를 제거해야 한다. 이러한 불순물과 산성가스 등을 제거하기 위한 저온 가스정제장치(3,4)는 가스화기(1)에서 생성된 먼지를 제거하기 위한 집진장치(3)와 유황 화합물을 제거하기 위한 탈황장치(4)로 나뉘어진다. 일반적으로 가스정제장치는 저온 정제장치와 고온 정제장치로 분류할 수 있는데, 저온 정제장치는 현재 상용화되어 널리 사용되어지고 있으며, 보통 40 $^{\circ}$ C 이하에서 운전되며 불순물을 제거하기 위해 물이나 다른 액상의 용매를 사용한다. 저온 가스정제장치에서 집진장치는 가스냉각기를 거친 가스를 원심력을 이용한 집진기를 사용하여 비산회 등의 먼지를 일차로 제거한다. 일반적으로, 석탄가스중에서 황화 카르보닐과 이산화탄소가 차지하는 비율이 낮으므로, 탈황장치에서는 황화수소를 제거하는 것이 주목적이다. 이러한 탈황공정은 용매를 사용하여 산성가스를 흡착, 제거하는 역할을 수행하며, 황회수장치에서는 제거된 산성가스를 원소 황으로 변환 회수하고, 이곳에서 완전히 처리하지 못한 잔류가스는 잔류가스 처리장치로 보내져 재처리된다. 상기한 저온 가스 정제장치의 장점은 산성가스 및 불순물 등을 아주 낮은 수준까지 제거할 수 있는 반면에, 발생가스의 온도를 상당한 수준까지 낮추어야 하므로, 열교환 장치에 투자비가 증가하게 되고 열손실이 수반되어 시스템의 효율을 감소시킨다는 단점을 지니고 있다.

상기한 저온 가스정제공정에 대하여 자세히 살펴보면 다음과 같다:

일차로 집진장치(3)에서 먼지가 제거된 석탄가스 중에는 염화수소산(hydrochloride: HCl)이 함유되어 있으므로, 이를 제거하기 위하여 냉각수분사에 의한 습식세정법과, 건식세정법 등을 사용하는데 이 중에서 건식세정법은 고온 정제공정에서 사용된다. 한편, 습식세정법은 석탄가스에 냉각수를 직접 분사하는 방법으로서 염화수소산을 제거할 수 있는 반면에, 시안화수소(hydrogen cyanide: HCN)가 용해되는 단점이 있으며, 황화 카르보닐 제거를 위해 석탄가스를 재가열시켜야 한다는 문제점이 있기 때문에, 이 방법은 석탄가스중에 미량의 염화물이 존재하는 경우에 바람직하다.

염화수소산이 제거된 석탄가스에는 시안화수소/황화 카르보닐 등이 존재하게 되는데, 시안화수소는 산성가스 제거공정에 사용되는 용매의 기능을 저하시키며 하부 공정의 암모니아 스트리퍼(stripper) 및 산성

가스 스트리퍼를 부식시키므로, 가수분해시켜 제거할 필요가 있다. 또한, 황화 카르보닐은 산성가스 제거 용매에 흡착이 어려우며, 제거되지 않은 경우 가스터빈에서 연소된 후, 이산화황(SO₂) 배출량을 증가시키므로 사전에 촉매를 이용하여 가수분해시켜 흡착, 제거가 용이한 황화수소로 변환시킨 후, 산성가스 제거 공정으로 보내 황화수소를 용매에 흡착, 제거시킨다.

이때, 산성가스 제거장치는 흡수탑과 재생탑으로 구성되며, 산성가스 용매가 순환하면서 석탄가스 중인 산성가스를 제거한 후, 깨끗한 연료가스를 가스터빈(7)으로 공급한다. 이와 같이, 산성가스를 제거함으로써, 황산화물의 배출을 방지하게 되며, 이로 인하여 가스터빈 배기가스의 노점온도를 낮춤으로써, 폐열회수보일러(9)에서의 열 회수를 증가시키는 역할을 수행한다.

상기한 산성가스 제거공정에서 산성가스가 제거된 석탄가스는 가스터빈의 연소기(5)로 공급되며, 산성가스는 황 회수공정으로 들어간다. 황회수공정으로서는 석탄가스로부터 제거된 황화수소에서 순수 유향을 생성하는 공정인 클라우스(Claus) 공정을 주로 사용하며, 가스를 연소시켜 황화수소(H₂S)를 이산화황(SO₂)으로 전환한 후에, 촉매를 이용하여 원소 황으로 변환시키는 5개의 주요 반응으로 구성된다. 그러나, 상기한 공정에 의해서는 전체 처리가스의 약 5%는 완전히 처리할 수 없으므로, 추가로 설치되는 잔류가스 처리공정에서 나머지가 탈황처리된다. 이때, 황 회수공정에서 완전히 처리하지 못한 잔류 유향가스를 처리하는 공정으로는 셸(Shell)사가 개발한 SCOT(Shell Clause Off-gas Treating) 공정이 널리 사용되고 있는데, 이 공정은 잔류가스 중의 황화수소, 이산화황, 황화 카르보닐 등을 촉매를 이용하여 황화수소로 전환한 후, 황 회수공정으로 재순환시켜 황 제거과정을 반복한다. 이러한 저온 정제장치의 낮은 열효율과 투자비 증가에 따른 손실을 방지하기 위하여, 고온 정제장치에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 현재까지 상용화에는 이르지 못하고 있는 실정이다.

한편, 저온 가스정제장치(3,4)를 거쳐 배출된 정제가스는 재가열되어 가스터빈 연소기(5)로 투입되며, 공기압축기(6)로부터 공급된 압축공기와 함께 연소된다. 이때, 가스터빈의 공기압축기(6)는 외기의 공기를 취입하여, 가스터빈 연소기(5)가 요구하는 압력까지 공기를 압축하게 된다. 석탄가스화 복합발전 시스템의 경우에는 가스터빈의 공기압축기(6)에서 압축된 공기의 일부를 산소분리장치(12)에 공급하는 시스템이 많이 적용되고 있는데, 이러한 시스템은 산소분리장치(12)의 공기압축기 규모를 줄임으로써, 전체 공정의 효율을 상승시키는 효과가 있는 반면에, 공정의 복잡성이 증대하고 투자비가 증대하여 운전상의 어려움이 큰 것으로 밝혀지고 있다. 상기한 가스터빈 연소기(5)에는 연소시 발생하는 질소산화물의 저감을 위하여 여러 가지 방법들이 적용되고 있는데, 가장 널리 사용되고 있는 방법으로는 산소분리장치에서 공급되는 질소를 희석제로서 연소기에 투입하는 방법, 증기 및 물을 연소기로 분사하는 방법과 석탄가스를 수분에 포화시켜 연소기에 투입하는 방법 등이 고려되어지고 있다.

산소분리장치(12)에서는 공기를 분리하여 산소는 가스화기(1)로 공급하고, 질소의 일부는 미분탄의 수송용으로 사용하며, 나머지 질소는 가스터빈 연소기(5)에서 질소산화물의 생성을 낮추기 위해 공급된다. 석탄가스화기의 산소분리장치(12)에 대한 산소분리공정으로는 공기냉각 액화분리공정(cryogenic air separation)이 상업적으로 널리 사용되고 있는데, 이러한 공정에서는 공기를 액화 및 정화(rectification)시키는 물리적 과정을 통하여 산소와 질소의 비등점 차이(질소 비등점 온도: -195.8℃: 산소 비등점 온도: -183℃)로 분리탑에서 분리한다. 이와 같은 산소분리공정은 공기 중의 불순물을 제거하는 방법에 따라 가역 열교환기(reversible heat exchanger: RHX)를 사용하는 방법과, 재래식의 분자체(molecular sieve)를 사용하는 흡착정제(adsorption prepurifier)방법이 존재하는데, 석탄가스화 공정에서와 같이 다량의 공정용 산소가 필요한 경우에는 분자체법이 선호된다. 이와 같은 분자체법을 이용한 산소분리장치(12)는 4개의 주요설비로 이루어지는데, 공기압축기, 공기냉각 및 정제장치, 저온분리탑, 산소압축기 등으로 나뉘어진다. 공기는 공기압축기에 의해 약 5.3bar로 압축되며 1차로 냉각된 후, 분자체에 의해 수분, 이산화탄소, 탄화수소 등의 불순물들이 제거된다.

이와 같이 불순물이 제거된 공기는 저온의 열교환기에서 -168℃로 냉각되어 액체상태로 일부는 고압분리탑의 하부로 투입되고, 일부는 팽창기에서 -187℃로 팽창되어 저압분리탑의 중간 단으로 공급된다. 분리탑은 산소와 질소를 분리시키며, 상부분리탑은 약 1.2 내지 1.8bar의 저압으로, 하부분리탑은 약 5bar의 고압으로 운전되며, 재열기/응축기로 연결된다. 고압분리탑으로 이송된 액체공기는 비등점이 낮은 질소가 먼저 증발함으로써, 하부에는 산소가 다량 함유된 액체(약 35% 산소)로, 상부에는 질소가스(약 94% 질소)로 각각 분리된다. 하부에 모인 산소함량이 많은 액체는 질소과열기에서 열교환되어 과냉된 후, 다시 저압분리탑 중간단으로 보내져 고순도 산소와 질소로 분리된다. 고압분리탑 상부로 분리된 질소가스의 대부분은 재열기/응축기에서 응축하여 액체질소로서 질소과열기에서 과냉되어 저압분리탑 상부로 보내진다. 이때, 재열기에서 발생한 응축열은 저압분리탑 하부의 액체 산소를 증발시키는 역할을 하며, 고순도 질소가스(상부배출, 99% 질소, -191℃)와 고순도 액체산소(하부저장, 95% 산소)로 분리시킨다.

한편, 상기한 가스터빈 연소기(5)에서 연소된 고온의 석탄가스는 가스터빈(7)으로 공급되어 팽창되면서 가스터빈(7)을 작동시켜, 동일축에 연결된 발전기(8)를 구동시켜 전력을 생산하게 된다.

또한, 가스터빈(7)의 배기가스는 폐열회수보일러(9)로 유입되어 과열증기를 발생시키며, 발생한 증기를 이용하여 증기터빈(10)을 작동시킴으로써, 동일축에 연결된 발전기(8)를 가동시킨다. 폐열회수보일러(9)에서는 가스냉각기(2) 등에서 생성된 증기를 가열하여 증기터빈(10)에 공급하는 동시에, 가스화 시스템과 가스정제 공정 등에 필요한 증기 및 온수를 공급한다.

일반적으로, 석탄가스화 복합발전 시스템은 일반적인 발전시스템과 달리, 공정 내에 연계성이 많기 때문에, 폐열회수보일러(9)에서 연계성을 어떻게 추구하느냐에 따라 시스템의 전체적인 효율이 달라지게 된다.

상기한 폐수회수보일러(9)에서 증기를 발생시킨 후 가스터빈(7)의 배기가스는 굴뚝(11)으로 배출되며, 증기터빈(10)을 구동시킨 증기는 복수기(13)에서 응축되어 폐수회수보일러(9)의 급수로 공급된다. 이때, 폐수회수보일러(9)의 배기가스 온도는 황산가스 노점을 고려하여 결정되어야 한다.

이상에서 설명한 바와 같이, 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템은 전체적인 장치 구성이 매우 복잡하고, 각 장치가 상호연계되어 초기 투자비가 높으며, 운전상의 많은 복잡성을 내포하고 있기 때문에, 상업화에

큰 문제점으로 대두되고 있다. 또한, 상기한 종래의 복합발전 시스템은 운전신뢰도가 낮고, 시스템의 작은 개·보수 및 교체가 요구된다는 문제점을 지니고 있다.

결국, 본 발명은 상기한 종래기술에 따른 석탄가스화 복합발전 시스템이 지닌 문제점인 높은 투자비와 설비 및 운전의 복잡성 등을 해소하기 위한 것으로, 본 발명의 주된 목적은 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템 중에서 큰 투자비를 차지하면서 구성이 복잡하여 상용화에 큰 걸림돌로 작용하고 있는 가스냉각기를 제거하고, 40℃ 내외에서 가동하던 종래의 저온 가스정제장치 대신 300 내지 450℃에서 운전가능한 중온 가스정제장치를 사용하여 시스템의 효율상승을 제고하며, 집진장치에서 포집된 미연탄소를 가스화기로 재순환시켜 석탄가스화 복합발전 시스템의 효율을 높이는 동시에, 각 장치간의 연계성을 최소화하여 장치를 간소화함으로써, 투자비를 저감시키며 운전이 간편하고 시스템의 신뢰성을 한층 높일 수 있는 석탄가스화 복합발전 시스템을 제공함에 있다.

아울러, 본 발명의 또 다른 목적은 상기한 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템을 사용하여 고신뢰도 및 고효율로 전력을 발생시킬 수 있는 전력 발생방법을 제공함에 있다.

상기한 목적을 달성하는 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템은, 외부의 공기를 산소와 질소로 분리하는 산소분리장치와, 상기한 산소분리장치로부터 공급된 산소와 슬러리 상태의 석탄을 반응시켜 석탄가스를 생성하며, 생성된 고온의 석탄가스를 중온 가스정제장치가 필요로 하는 온도인 300 내지 450℃까지 냉각시키기 위한 가스화기와, 상기한 가스화기에서 생성된 석탄가스 중의 미연탄소 및 먼지를 제거하기 위한 중온 가스집진장치 및 석탄가스 중의 유황성분을 제거하기 위한 중온 가스탈황장치로 구성된 중온 가스정제장치와, 외부공기를 압축하여 가스터빈 연소기가 요구하는 압력까지 압축시키기 위한 공기압축기와, 상기한 중온 가스정제장치에서 청정화된 석탄가스를 상기한 산소분리장치에서 공급된 질소 및 상기한 공기압축기에서 공급된 압축공기를 사용하여 연소시키기 위한 가스터빈 연소기와, 상기한 가스터빈 연소기에서 연소된 가스를 이용하여 동력을 발생시켜 발전기를 구동하기 위한 가스터빈과, 상기한 가스터빈의 팽창기에서 나오는 가스의 현열을 회수하여 증기터빈의 구동에 필요한 증기를 생성하고 배기 가스를 굴뚝으로 배출시키기 위한 폐열회수보일러와, 상기한 폐수회수보일러에서 생성된 과열증기를 팽창시켜 발전기를 구동하기 위한 증기터빈과, 상기한 증기터빈으로부터 배출된 증기를 응축하여 상기한 폐수회수보일러의 급수로 공급하는 복수기를 포함한다.

이때, 석탄의 완전연소를 유도하여 석탄가스화 복합발전 시스템의 효율을 상승시킬 수 있도록, 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템에는 상기한 중온가스집진장치에서 제거된 미연탄소를 상기한 가스화기로 재순환시키기 위한 미연탄소분 재순환장치가 추가로 포함될 수 있다.

또한, 상기한 가스화기는, 상기한 산소분리장치로부터 공급된 산소와 슬러리 상태의 석탄이 투입되는 원료공급구, 석탄가스를 배출시키기 위한 가스배출구, 석탄 중의 회분이 용융된 슬래그를 배출시키기 위한 슬래그 배출구, 냉각수가 공급되는 냉각수 공급구, 및 냉각수를 배출시키기 위한 냉각수 배출구가 구비된 본체와, 상기한 본체의 상부에 형성되고 상기한 원료공급구를 통해 공급된 석탄을 1,200 내지 1,500℃에서 석탄가스화 반응시켜 석탄가스를 생성하기 위한 반응기와, 상기한 본체의 하부에 형성되고 상기한 반응기에서 생성된 석탄가스를 1차 냉각시키기 위한 수조와, 상기한 반응기 출구 및 수조를 연결하여 반응기로부터의 석탄가스가 수조 내부의 냉각수를 통과하도록 경로를 제공하는 내부 실린더와, 상기한 수조의 냉각수를 통과하여 상승하는 석탄가스의 이동경로를 제공하기 위한 외부 실린더와, 상기한 외부 실린더의 상단과 일정간격 상부에 이격형성되어 상기한 외부 실린더를 통해 상승된 석탄가스에 냉각수를 분사하여 석탄가스의 온도를 300 내지 450℃로 2차 냉각시키기 위한 링(ring)형 수분사장치로 구성하는 것이 바람직하다.

또한, 상기한 중온 가스집진장치는 300 내지 450℃의 온도에서 석탄가스 중의 먼지 및 미연탄소를 제거할 수 있는 세라믹 필터로 구성하는 것이 바람직하다.

아울러, 상기한 중온 가스탈황장치는, 석탄가스 중의 염화수소산, 염화암모늄, 알칼리 및 암모니아 등의 불순물을 제거하기 위한 스크러버(scrubber)를 포함하는 수세정장치와, 석탄가스 중의 시안화수소를 촉매를 이용하여 전산화시켜 제거하기 위한 고정층 반응기와, 흡착제를 사용하여 석탄가스 중의 황 화합물을 제거하기 위한 흡수탑과, 흡착제를 재생하며 원소 황을 생성하기 위한 재생탑이 구비된 유동층 탈황 반응기로 구성하는 것이 바람직하다.

한편, 상기한 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템을 사용하여 고신뢰도 및 고효율로 전력을 발생시킬 수 있는 본 발명의 전력 발생방법은, 석탄과 물에 소량의 계면활성제를 첨가 및 혼합하여 가스화기에 주입이 용이하도록 슬러리(slurry)로 제조하는 단계와, 대기 중의 공기를 압축 및 냉각 후 재가열하여 비등점 차이를 이용하여 질소와 산소를 분리하는 단계와, 상기 단계에서 제조된 석탄 슬러리와 산소를 가스화기에서 당량비 이하로 반응시켜 가연성가스인 일산화탄소 및 수소가 주성분인 석탄가스를 생성하고 생성된 석탄가스를 수중통과 및 수분사시켜 중온 가스정제장치의 요구온도인 300 내지 450℃ 냉각하는 단계와, 상기 단계에서 냉각된 석탄가스를 중온 집진장치를 사용하여 석탄가스 중의 미연탄소 및 먼지를 가스터빈의 가동에 요구되는 일정 수준까지 제거하는 단계와, 상기 단계에서 먼지가 제거된 석탄가스를 중온 가스탈황장치를 사용하여 석탄가스 중의 유황성분을 제거하고 청정 석탄가스를 생성하며, 제거된 유황성분 가스를 순수 유황으로 회수하는 단계와, 상기 단계에서 얻어진 청정가스와 공기압축기로부터 공급된 공기 및 산소분리장치로부터 공급된 질소를 가스터빈 연소기에서 혼합 및 연소하여 고온의 연소가스를 생성하는 단계와, 상기 단계에서 얻어진 고온의 연소가스를 가스터빈에서 팽창시켜 열에너지를 일 및 전기에너지로 변환시키는 단계와, 상기 단계에서 팽창된 후의 배기 가스를 폐수회수보일러에 통과시켜 배기 가스가 보유한 폐열을 이용하여 증기를 생성하는 단계와, 상기 단계에서 생성된 과열증기를 증기터빈에서 팽창시켜 열에너지를 일 및 전기에너지로 변환시키는 단계를 포함한다.

이때, 석탄가스화 복합발전 시스템의 전체 효율을 높이기 위하여, 상기한 미연탄소 및 먼지 제거단계에서 제거된 미연탄소를 집진장치 하부에서 질소를 작동매체로 하는 에젝터(ejector) 방식으로 수송하고, 노즐을 통해 가스화기로 유입시켜 연소되지 않는 미연탄소를 전량 가스화하는 미연탄소 재순환단계가 추가로 포함될 수 있다.

이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 고신뢰도 고효율 석탄가스화 복합발전 시스템 및 전력 발생방법

을 첨부도면을 참조하여 보다 상세히 설명한다.

제2도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 석탄가스화 복합발전 시스템의 개략적인 블록 구성도로서, 제1도에 도시된 부분과 동일한 부분에 대하여는 동일한 도면부호를 사용하였다.

제2도에 도시된 바와 같이, 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템은 산소분리장치(12)에서 분리된 산소와 습식 연료공급장치(미도시)에 의해 공급되는 슬러리 상태의 석탄과 집진장치(23)에서 재순환된 미연탄소가 반응하여 석탄가스를 발생시키게 되며, 발생한 석탄가스를 원하는 온도까지 물에 의해 냉각시킴과 동시에, 불순물의 일부를 제거하면서 용융 슬래그를 배출시키는 장치를 보유한 가스화기(21)를 구비한다.

제3도는 상기한 석탄 가스화기의 상세도로서, 도시된 바와 같이, 가스화기(21)는, 상기한 산소분리장치(12)로부터 공급된 산소와 슬러리 상태의 석탄이 투입되는 원료공급구(32), 석탄가스를 배출시키기 위한 가스배출구(33), 석탄 중의 회분이 용융된 슬래그를 배출시키기 위한 슬래그 배출구(40), 냉각수가 공급되는 냉각수 공급구(quench water inlet)(37), 냉각수가 배출되는 냉각수 배출구(34)가 구비된 본체와, 상기한 본체의 상부에 형성되고 상기한 원료공급구(32)를 통해 공급된 석탄을 1,200 내지 1,500°C에서 석탄가스화 반응시켜 석탄가스를 생성하기 위한 반응기(31)와, 상기한 본체의 하부에 형성되고 상기한 반응기(31)에서 생성된 석탄가스를 1차 냉각시키기 위한 수조(39)와, 상기한 반응기(31) 출구 및 수조(39)를 연결하여 석탄가스가 수조(39) 내부의 냉각수를 통과하도록 경로를 제공하는 내부 실린더(35)와, 상기한 수조(39)의 냉각수를 통과하여 상승하는 석탄가스의 이동경로를 제공하기 위한 외부 실린더(36)와, 상기한 외부 실린더(36)의 상단과 일정간격 상부로 이격형성되어 상기한 외부 실린더(36)를 통해 상승된 석탄가스에 냉각수를 분사하여 석탄가스의 온도를 300 내지 450°C로 2차 냉각시키기 위한 링형 수분사장치(38)로 구성된다.

본 발명에서는 제1도에서 사용된 방법인 석탄을 잘게 부순 후에 건조시켜 가스화기(1)로 공급하는 건조석탄 공급시스템이 장치구성이 복잡하고 투자비가 크며, 가스화기(1) 내로 석탄을 유입하기 위하여 이송용 가스를 사용해야 하고, 가스화기(1) 내에서 반응을 적절히 유지하기 위하여 증기를 가스화기(1)로 분사해야 하는 단점을 없애기 위하여, 석탄을 물과 혼합한 슬러리 형태로 제3도에 도시된 바와 같은 가스화기(21)에 주입함으로써, 이송용 가스가 별도로 요구되지 않고 증기를 가스화기(21) 내로 분사할 필요가 없을 뿐 아니라, 장치를 간소화시켜 운전이 용이하며 투자비를 대폭적으로 저감할 수 있다.

또한, 본 발명의 가스화기(21)는 하부 수조(39)에 물이 담겨 있어 가스화반응에 의하여 생성된 약 1,500°C 가량의 고온의 석탄가스를 가스정제에 용이한 온도인 300 내지 450°C로 냉각시키며, 석탄 중의 회분이 용융하며 생성된 슬래그를 배출시킨다. 아울러, 상기한 수중통과 방식의 채용에 의해 반응기에서 발생된 석탄가스와 함께 빠져나오는 입자 중의 일부도 물에 의해 제거할 수 있는 장점을 지니고 있다. 이로 인하여, 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템에서 투자비에 큰 영향을 미치며 운전이 대단히 어렵고 장치를 복잡하게 하는 가스냉각기(2)의 사용이 필요없게 되므로, 투자비를 대폭 저감할 수 있으며 석탄가스화 복합발전 시스템의 운전 신뢰성 및 유지 보수성을 향상시킬 수 있다.

한편, 산소분리장치(12)는 대기의 공기를 압축하여 액체공기로 만든 후, 산소와 질소의 비등점 차이를 이용하여 산소와 질소를 분리하며, 산소는 가스화기(21)로 공급하여 석탄의 가스화반응에 산화제로 사용되고, 질소는 가스터빈 연소기(5)로 공급되어 질소산화물의 저감과 유압증대로 인한 가스터빈의 출력향상에 사용된다. 이와 반면에, 제1도에 도시된 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템에 사용된 산소분리장치(12)는 가스터빈의 공기압축기(6)로부터 압축공기를 공급받아 산소와 질소를 분리한 다음, 산소는 가스화기(1)에서 산화제로 사용하며, 질소의 일부는 건조석탄을 가스화기(1)로 이송하는 매체로 사용하고, 나머지 질소는 가스터빈 연소기(5)로 보내 질소산화물의 저감에 사용한다. 이에 비하여, 본 발명의 산소분리장치(12)는 대기의 공기를 사용하고, 가스화기(21)로 질소를 이송할 필요가 없기 때문에, 종래의 시스템에 비하여 장치의 구성이 매우 간단해짐은 물론, 종래의 시스템에서 석탄가스를 이송하는데 사용되던 질소를 모두 가스터빈 연소기(5)로 보낼 수 있으므로, 질소산화물의 저감을 더욱 더 효과적으로 이룰 수 있으며 가스터빈의 출력 역시 대폭적으로 증가하게 된다.

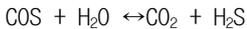
가스화기(21)를 빠져나온 석탄가스는 집진장치(23)에 의해 가스터빈(7)이 요구하는 수준까지 미연탄소 및 입자를 제거한다. 종래의 시스템이 가스화기에서 가스냉각기를 거쳐 나온 가스 중의 먼지를 건식으로 제거한 후, 다시 수세성 등의 방법에 의해 습식제거하는데 반하여, 본 발명의 집진장치(23)는 가스화기(21)를 빠져 나오는 가스 중의 먼지를 세라믹 필터에 의하여 직접 제거한다. 이를 이용하면, 종래의 시스템에서의 단계적 제거방법에 비하여 장치의 구성을 단순화할 수 있고, 미연탄소 및 먼지를 용이하게 제거할 수 있다. 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템에서는 집진장치(23)에 의해 제거된 미연탄소를 가스화기(21)로 재순환시키는 재순환 시스템을 구비하여, 석탄의 완전연소를 가능토록 한다. 이러한 미연탄소분의 재순환은 석탄의 완전연소를 유도하여 효율을 높이기 때문에, 제1도에 도시된 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템에 비하여 석탄의 연소효율을 향상시킬 수 있다.

집진장치(23)를 빠져 나온 석탄가스는 300 내지 450°C 정도의 온도에서 중온 가스탈황장치(24)로 들어가 석탄가스 중에 함유된 황 및 불순물을 제거한 다음, 가스터빈 연소기(5)로 들어간다.

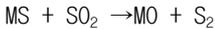
이때, 본 발명의 중온 가스탈황장치(24)는 염화수소산(HCl), 염화암모늄(NH₄Cl), 알칼리 및 암모니아(NH₃) 등의 불순물을 제거하기 위해 수세정시스템을 채용하고 있으며, 이 시스템은 스크러버와 흡수탑을 이용하여 불순물을 제거한 후에 수처리시스템을 이용하여 불순물을 처리한다. 이러한 수세정시스템에서는 시안화수소(HCN)를 제거하지 못하는데, 시안화수소는 가스터빈에서 질소산화물로 쉽게 변환되기 때문에, 본 발명의 중온 가스탈황장치(24)에서는 촉매를 이용하여 시안화수소를 전환시키는 고정층 반응기를 적용하여 시안화수소를 제거한다.

시안화수소가 제거된 후에는, 생성가스 중에 황화수소(H₂S), 황화카르보닐(COS) 등의 황 화합물만 남게 되는데, 이들은 탈황공정에 의하여 제거된다. 본 발명의 탈황공정과 유황 회수공정에서는 유동층 반응기를 채택하였으며, 석탄가스 중의 유황이 제거되고 부산물로 순수 유황을 얻는다. 이때, 부산물은 액상의 유황으로서 대기압에서 공정으로부터 제거된다. 이러한 탈황공정과 황회수공정은 다음과 같은 세 개의 주요 부분으로 나뉘어진다.: 첫째는, 흡수탑인데, 석탄가스를 탈황하기 위해 흡착제를 사용하여 전체 황 함량을

20ppmv 이하로 낮춘다. 둘째는, 재생탑으로서 흡착제가 재생되며 원소황을 생성하게 된다. 셋째는, 황 응축기로서 원소 황을 응축시켜 액체유황으로 변환시킨다. 이때, 연속적인 탈황공정을 위하여 2개의 유동층 반응기가 적용되는데, 하나는 흡수탑의 역할을 하게 되며, 또 다른 하나는 재생탑의 역할을 하게 되는데, 흡착제는 이들 두 개의 반응기 사이에서 연속적으로 작용하게 된다. 상기한 흡수탑에서는 흡착제로는 금속산화물(MO)을 사용하며, 약 22bar의 압력 및 350℃의 온도에서 하기 반응들이 일어나서, COS와 H₂S가 제거된다.



흡수탑을 나오는 석탄가스는 곧바로 가스터빈 연소기(5)로 투입되며, 금속산화물에 흡착된 황은 재생탑으로 이동한다. 재생탑은 22bar 및 550 내지 600℃ 정도에서 운전되며, 하기 반응물에 의하여 흡착제를 재생하고, 황을 분리한다.



이때, 재생탑에서 나오는 흡착제는 흡수탑으로 재순환되며, 황은 황 응축기에서 응축되어 액체 황으로 변환된 후 외부로 빠져나온다.

종래의 석탄가스화 복합발전 시스템은 230 내지 300℃에서 가동되는 저온 가스집진장치(3)와 약 40℃에서 가동되는 저온 가스탈황장치(4)로 구성된 저온 가스정제장치(3,4)를 사용하기 때문에, 저온 가스탈황장치(4)에서 필요로 하는 온도인 40℃ 정도까지 생성가스를 냉각하여 공급해야 하며, 저온 가스탈황장치(4)를 거쳐 배출된 낮은 온도의 생성가스를 가스터빈 연소기(5)에 주입하기 위해서는 별도의 가열장치가 요구되므로, 열이 이중으로 낭비되어 비효율적이라는 문제가 있다. 이는 석탄가스화 복합발전 시스템의 효율을 떨어뜨리는 원인이 되고 있으며, 저온 가스정제장치(3)의 특성상 높은 투자비와 복잡한 장치를 요구한다. 종래의 저온 가스정제장치가 지닌 이러한 단점을 보완하기 위하여, 450 내지 700℃에서 운전되는 고온 가스정제장치의 연구가 활발히 진행되고 있으나, 고온 가스정제장치는 유황화합물을 제거하는 부분에서는 효율증대, 장치의 크기 감소 및 투자비 감소 등의 효과를 지니고 있다고 하나 석탄화, 염화수소산(HCl), 황화수소(H₂S), 황화 카르보닐(COS), 염화암모늄(NH₄Cl), 알칼리 및 암모니아 등을 연속적으로 제거하기 위하여는 투자비가 과다하게 소요되고 장치 또한 복잡해지며, 상용화공정에 적용하기에는 많은 부분에서 개선이 필요하다. 이러한 이유로, 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템에서는 300 내지 450℃의 온도범위에서 가동되는 중온 가스정제장치(23,24)를 도입하여 기존의 석탄가스화 복합발전 시스템에서의 저온 가스정제장치와 고온 가스정제장치의 단점을 크게 개선하였다.

상기한 본 발명의 중온 가스정제장치(23,24)는 300 내지 450℃에서 촉매를 이용하여 황을 제거하면서, 단일공정으로써 황을 부산물로 생산하는 시스템이므로, 기존의 저온 가스정제공정(3,4)에 비하여, 투자비를 대폭 감소시킬 수 있고, 냉각 및 재가열 등이 필요없으므로 효율이 상승하게 된다.

중온 가스정제장치(23,24)를 거쳐 나온 석탄가스는 가스터빈 연소기(5)에서 공기압축기(6)로부터 공급된 압축공기와 산소분리장치(12)에서 유입되는 질소와 함께 연소되어 가스터빈(7)으로 들어가 팽창됨으로써, 가스터빈(7)을 작동시켜 발전기(8)를 구동하여 전력을 발생시킨다.

본 발명의 가스터빈 시스템에서는 제1도에, 도시된 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템의 가스터빈 공기압축기(6)로부터 공기를 추가하여 산소분리공정에 공급하는 과정이 생략되므로, 시스템을 더욱 단순화할 수 있어 시스템의 운전 및 유지관리에 더욱 효과적이다.

또한, 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템에서는 산소분리공정(12)에서 생성된 질소의 일부가 석탄을 가스화기(1)로 공급하는 운송수단으로 사용되는데 비해, 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템에서는 질소가 전량 가스터빈 연소기(5)로 투입되어, 질소산화물의 저감과 가스터빈 출력증대에 기여함으로써, 더욱 많은 전력을 생산함과 동시에 질소산화물의 저감에도 크게 기여한다.

가스터빈(7)에서 배출된 배기가스는 폐수회수보일러(9)로 유입되어 증기터빈(10)의 구동에 필요한 증기를 생산하며, 굴뚝(11)을 통해 외부로 배출된다. 종래의 석탄가스화 복합발전 시스템의 폐수회수보일러(9)에서는 고압수의 일부를 분리하여 가스화공정의 가스냉각기(2)에서 증기를 생성한 다음, 재순환시켜 폐수회수보일러(9)에서 과열시킨 후 증기터빈을 구동하기 때문에, 장치의 구성이 복잡해지는 반면에, 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템에서는 운전 및 유지보수가 어렵고 투자비가 큰 가스냉각기(2)가 없으므로, 폐수회수보일러(9)와 증기사이클의 구성이 단순해져서, 운전 및 유지보수가 편리하고 투자비가 감소하며, 복합사이클 만의 단독운전 역시 가능하게 된다.

또한, 종래의 건식석탄공급 가스화기(1)에서는 석탄을 건조시키기 위하여 폐수회수보일러(9)에서 생성된 증기를 사용하는데 비하여, 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템은 습식으로 석탄을 가스화기(21)에 공급함으로써, 건조의 필요성이 없어져 폐열회수보일러(9)에서 생성된 증기를 전량 동력을 사용하는데 이용함으로써, 더욱 더 많은 전력을 생산할 수 있다는 잇점이 있다.

이상에서 상세히 설명한 바와 같이, 본 발명의 석탄가스화 복합발전 시스템은 석탄가스화 복합발전 시스템의 효율을 대폭적으로 높일 수 있는 동시에, 각 장치간의 연계성을 최소화하여 장치를 간소화함으로써 투자비를 저감시킬 수 있고 운전 및 유지 보수를 간편하게 수행할 수 있으며 시스템의 신뢰성을 한층 높일 수 있다는 것이 밝혀졌다. 또한, 본 발명의 전력 발생 방법에 의해, 고신뢰도 및 고효율로 전력을 발생시킬 수 있다는 것이 밝혀졌다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

외부의 공기를 산소와 질소로 분리하는 산소분리장치(12)와, 상기한 산소분리장치(12)로부터 공급된 산소와 슬러리 상태와 석탄을 반응시켜 석탄가스를 생성하며, 생성된 고온의 석탄가스를 중온 가스정제장치(23,24)가 필요로 하는 온도인 300 내지 450℃까지 냉각시키기 위한 가스화기(21)와, 상기한 가스화기(21)에서 생성된 석탄가스 중의 미연탄소 및 먼지를 제거하기 위한 중온 가스집진장치(23) 및 석탄가스 중의 유황성분을 제거하기 위한 중온 가스탈황장치(24)로 구성된 중온 가스정제장치(23,24)와, 외부공기를 압축하여 가스터빈 연소기(5)가 요구하는 압력까지 압축시키기 위한 공기압축기(6)와, 상기한 중온 가스정제장치(23,24)에서 정제화된 석탄가스 상기한 산소분리장치(12)에서 공급된 질소 및 상기한 공기압축기(6)에서 공급된 압축공기를 사용하여 연소시키기 위한 가스터빈 연소기(5)와, 상기한 가스터빈 연소기(5)에서 연소된 가스를 이용하여 동력을 발생시켜 발전기(8)를 구동하기 위한 가스터빈(7)과, 상기한 가스터빈(7)의 팽창기에서 나오는 가스의 현열을 회수하여 증기터빈(10)의 구동에 필요한 증기를 생성하고 배기가스를 굴뚝으로 배출시키기 위한 폐수회수보일러(9)와, 상기한 폐수회수보일러(9)에서 생성된 과열증기를 팽창시켜 발전기(8)를 구동하기 위한 증기터빈(10)과, 상기한 증기터빈(10)으로부터 배출된 증기를 응축하여 상기한 폐열회수보일러(9)의 급수로 공급하는 복수기(13)를 포함하는 석탄가스화 복합발전 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기한 중온 가스집진장치(23)에서 제거된 미연탄소를 상기한 가스화기(21)로 재순환시키기 위한 미연탄소분 재순환장치를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 석탄가스화 복합발전 시스템.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기한 가스화기(21)는, 상기한 산소분리장치(12)로부터 공급된 산소와 슬러리 상태의 석탄이 투입되는 원료공급구(32), 석탄가스를 배출시키기 위한 가스배출구(33), 석탄 중의 회분이 용융된 슬래그를 배출시키기 위한 슬래그 배출구(40), 냉각수가 공급된 냉각수 공급구(37), 냉각수가 배출되는 냉각수 배출구(34)가 구비된 본체와, 상기한 본체의 상부에 형성되고 상기한 원료공급구(32)를 통해 공급된 석탄을 1,200 내지 1,500℃에서 석탄가스화 반응시켜 석탄가스를 생성하기 위한 반응기(31)와, 상기한 본체의 하부에 형성되고 상기한 반응기(31)에서 생성된 석탄가스를 1차 냉각시키기 위한 수조(39)와, 상기한 반응기(31) 출구 및 수조(39)를 연결하여 석탄가스가 수조(39) 내부의 냉각수를 통과하도록 경로를 제공하는 내부 실린더(35)와, 상기한 수조(39)의 냉각수를 통과하여 상승하는 석탄가스의 이동경로를 제공하는 외부 실린더(36)와, 상기한 외부 실린더(36)의 상단과 일정간격 상부로 이격형성되어 상기한 외부 실린더(36)를 통해 상승된 석탄가스에 냉각수를 분사하여 석탄가스의 온도를 300 내지 450℃로 2차 냉각시키기 위한 링형 수분사장치(38)로 구성된 것을 특징으로 하는 석탄가스화 복합발전 시스템.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기한 중온 가스집진장치는 300 내지 450℃의 온도에서 석탄가스 중의 먼지 및 미연탄소를 제거할 수 있는 세라믹 필터로 구성된 것을 특징으로 하는 석탄가스화 복합발전 시스템.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기한 중온 가스탈황장치는 석탄가스중의 염화수소산, 염화암모늄, 알칼리 및 암모니아 등의 불순물을 제거하기 위한 스크러버를 포함하는 수세정장치와, 석탄가스 중의 시안화수소를 촉매를 이용하여 전환시켜 제거하기 위한 고정층 반응기와, 흡착제를 사용하여 석탄가스 중의 황 화합물을 제거하기 위한 흡수탑과, 흡착제를 재생하며 원소 황을 생성하기 위한 재생탑이 구비된 유동층 탈황 반응기로 구성된 것을 특징으로 하는 석탄가스화 복합발전 시스템.

청구항 6

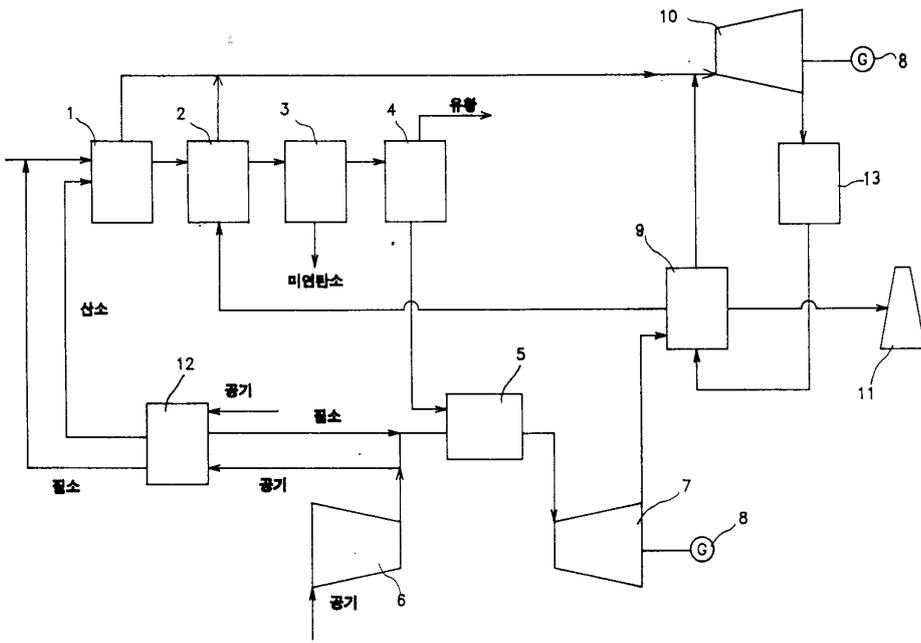
석탄과 물에 소량의 계면활성제를 첨가 및 혼합하여 가스화기(21)에 주입이 용이하도록 슬러리로 제조하는 단계와, 대기 중의 공기를 압축 및 냉각 후 재가열하여 비등점 차이를 이용하여 질소와 산소를 분리하는 단계와, 상기 단계에서 제조된 석탄 슬러리와 산소를 가스화기(21)에서 당량비 이하로 반응시켜 가연성가스인 일산화탄소 및 수소가 주성분인 석탄가스를 생성하고 생성된 석탄가스를 수중통과 및 수분사시켜 중온 가스정제장치(23,24)의 요구온도인 300 내지 450℃까지 냉각하는 단계와, 상기 단계에서 냉각된 석탄가스를 중온 가스집진장치(23,24)를 사용하여 석탄가스 중의 미연탄소 및 먼지를 가스터빈(7)의 가동에 요구되는 일정 수준까지 제거하는 단계와, 상기 단계에서 먼지가 제거된 석탄가스 중온 가스탈황장치(23,24)를 사용하여 석탄가스 중의 유황성분을 제거하고 청정 석탄가스를 생성하며, 제거된 유황성분 가스를 순수 유황으로 회수하는 단계와, 상기 단계에서 얻어진 청정가스와 공기압축기(6)로부터 공급된 공기를 가스터빈 연소기(5)에서 혼합 및 연소하여 고온의 연소가스를 생성하는 단계와 상기 단계에서 얻어진 고온의 연소가스를 가스터빈(7)에서 팽창시켜 열 에너지를 일 및 전기에너지로 변환시키는 단계와, 상기 단계에서 팽창된 후의 배기가스를 폐수회수보일러(9)에 통과시켜 배기가스가 보유한 폐열을 이용하여 증기를 생성하는 단계와, 상기 단계에서 생성된 과열증기를 증기터빈(10)에서 팽창시켜 열 에너지를 일 및 전기에너지로 변환시키는 단계를 포함하는 전력 발생방법.

청구항 7

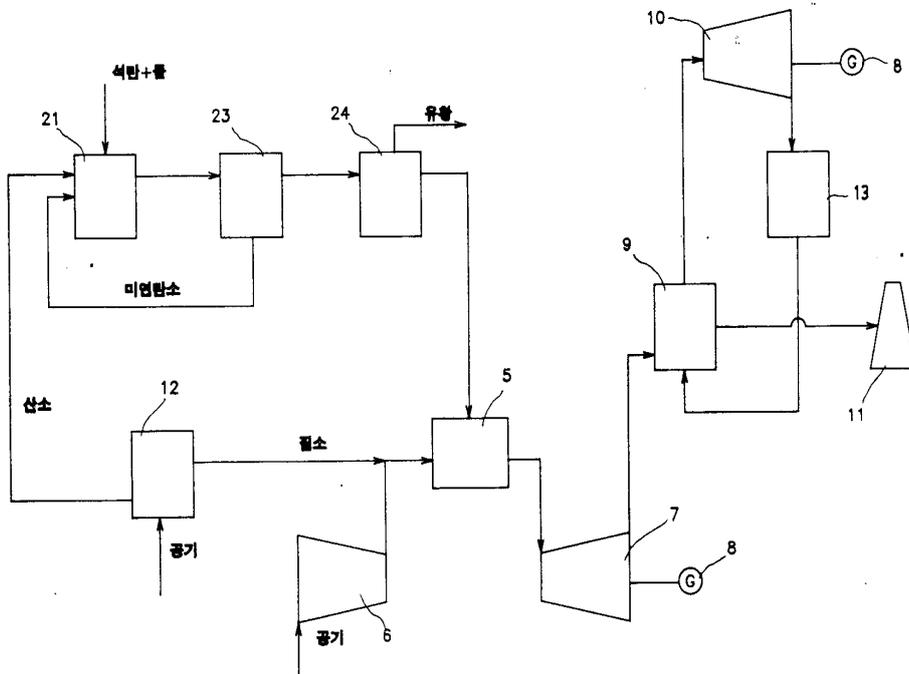
제6항에 있어서, 상기한 미연탄소 및 먼지 제거단계에서 제거된 미연탄소를 집진장치(23) 하부에서 질소를 작동매체로 하는 에젝터 방식으로 수송하고, 노즐을 통해 가스화기(21)로 유입시켜 연소되지 않는 미연탄소를 전량 가스화하는 미연탄소 재순환단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 전력 발생방법.

도면

도면1



도면2



도면3

