

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁷
F01K 17/00

(45) 공고일자 2003년07월10일

(11) 등록번호 10-0383288

(24) 등록일자 2003년04월25일

(21) 출원번호	10-1996-0702562	(65) 공개번호	특1996-0706010
(22) 출원일자	1996년05월15일	(43) 공개일자	1996년11월08일
번역문제출일자	1996년05월15일		
(86) 국제출원번호	PCT/US1994/13009	(87) 국제공개번호	WO 1995/14850
(86) 국제출원일자	1994년11월14일	(87) 국제공개일자	1995년06월01일
(81) 지정국	국내특허 : 오스트레일리아 바베이도스 불가리아 브라질 캐나다 중국 체코 에스토니아 그루지야 헝가리 일본 대한민국 북한 스리랑카 리 투아니아 라트비아 마다가스카르 몽고 노르웨이 뉴질랜드 폴란드 루 마니아 슬로베니아 슬로바키아 트리니다드토바고 우크라이나 미국 AP ARIP0특허 : 케냐 말라위 EA 유라시아특허 : 아르메니아 벨라루스 키르기즈 카자흐스탄 몰도바 러시아 타지키스탄 EP 유럽특허 : 오스트리아 스위스 독일 덴마크 스페인 핀란드 영국 네덜란드 포르투갈 OA OAPI특허 : 부르키나파소 베냉 중앙아프리카 콩고 코트디부아르 카 메룬 가봉 기네 말리 모리타니 니제르 세네갈 차드 토고		

(30) 우선권 주장 08/152,796 1993년11월15일 미국(US)

(73) 특허권자 에너테크 엔바이론먼트, 인코포레이티드

미국 조지아 30318 애틀란타, 엔.더블유.,트라베르트 애비뉴 739

(72) 발명자 딕킨슨, 노만, 엘.

미합중국 캘리포니아, 몬테 세레노, 그린우드란 16230

(74) 대리인 문기상, 조기호, 문두현

심사관 : 퇴-이학수

(54) 비교적저급의탄질연료의에너지를이용하는연속조작가능한방법

명세서

배경기술

- <1> 본 발명은 저급 유기물로부터 환경을 오염하는 일이 없이 에너지를 회수하는 방법에 관한 것이다.
- <2> 연료(핵연료 제외)는 탄질, 즉 탄소 골조를 갖는 것을 말한다. 유체연료, 즉 기름과 가스는 본질적으로 탄화수소이고, 한편 고체연료는 그 분자구조에 상당한 산소를 함유하고 있다.
- <3> 석탄은 그 지질년대에 따라 "등급화" 된다. 고급(가장 오래된 것)의 석탄은 탄소 함유량이 많고, 산소 함유량이 적으며, 물에 대한 친화력이 거의 없고, 광물성이다. 무연탄과 역청탄은 고급 석탄으로 간주되고 있다. 등급(연대)이 낮은 석탄일수록 탄소의 함유량은 감소하고, 산소의 함유량은 증가하며, 물에 대한 친화력이 증가하면서 섬유질이 많아진다. 아역청탄과 갈탄은 저급탄이다. 이탄은 석탄이라고 할 수는 없으나, 연대, 즉 등급이 낮은 화석연료이다.
- <4> 아역청탄과 이탄은 통상 저렴하게 채광되는 중요한 상업연료이다. (Powder River Basin 역청탄은 다른 매력적인 특징, 즉 황의 함유량이 적은 특징을 가지므로, 이산화황의 방출규제를 통과하는데 어려움을 겪는 사업체로부터의 수요가 많다). 그러나 이들 석탄은 많은 수분을 함유하고, 따라서 발열량이 낮으므로 운반비가 많이 들고 연소가 비효율적이다.
- <5> 발열량은 마치 수분 자체만이 감소요인 것처럼 잘못 알려져 왔다. 수분에 의한 감소 이외에도, 이 수분을 증발시키기 위해서는 추가로 에너지를 소비하여야 하므로, 이 불순물(수분)은 생각보다 훨씬 해로운 영향을 미치며, 특히 운반비가 많이 드는 고체연료의 경우에 특히 그렇다.
- <6> 등급이 더욱 낮은 것으로는 각종 유기 폐기물과 부산물(생물자원 : biomass)이 있으며, 그 총 건조 발열량은 보통 에너지자원으로 간주되고 있지는 않지만 국내 공급용으로 상당한 공헌을 할 수가 있다. 이러한 것들 중에는 도시 고체 폐기물, 산업 폐기물, 건설 및 파괴 폐기물, 제지공장 및 하수관의 슬러지(sludge)등이 있다. 이것들 이외에도 농림 및 공업상의 각종 목질 또는 섬유질 부산물이 있다. 최저급의 화석연료와 비교하더라도, 이들 폐기물이나 부산물은 탄소함량이 적고, 산소함량이 높다. 또한 대부분이 섬유질이고, 통상 상당한 수분이 함유되어 있다.
- <7> 여러 발명인이나 기업인은 가열에 의해 수분이나 산소를 제거하는 각종 탄화방법을 통해 저급탄의 습윤/발열량에 대한 단점에 대처해 왔다. 다시 말해서 탄질 원료의 탄소를 농축하였다. 이렇게 하여

발열량은 개선하였으나, 제품이 분말화(dusting)하거나 자연연소하는 경향은 면하지 못하고 있다. 배합 유기화합물에 의해 심하게 오염된 부산물의 수분을 처리하는 데는 곤란한 문제가 수반된다(미국 특허 5,000,099에 제시). 또한 이것들을 탄화할 경우에는 고체의 운반, 가열, 냉각, 분쇄, 선별등의 일련의 공정을 거쳐 고체로 된 원료 및 제품을 취급, 처리하므로 상당한 비용을 요하며, 오염이나 손실이 생길 기회를 준다.

- <8> 유체연료는 관(pipe)을 통해 국내의 곳곳에 보급할 수 있어서 취급이 용이하고 경제적이며 또 청결한 데 비해, 고체연료는 굴삭기, 컨베이어, 불도저, 분쇄기, 호퍼, 기차, 파일러, 리클레이머, 연마기 등의 노출된 기계를 사용하여야 하므로, 이들 모두는 사람의 노동을 필요로 하고, 소음, 진애, 손실, 오염물 유출을 발생한다. 기존의 고체연료의 이용에 있어서는 상기와 같이 기계를 사용하기 때문에, 연료는 제한된 크기의 덩어리로 만들어야 한다. 제한된 크기로 맞추기 위해 과대한 크기의 물질을 분쇄할 경우에는, 과소하게 분쇄된 것은 상당량이 불합격된다. 이러한 "미립상"은 시장성이 없어서, 자재의 손실이 될 뿐 아니라 환경상의 부담이 된다.
- <9> DOE 및 사기업인들은 유체연료, 즉 기름이나 가스와는 달리 고체연료가 부담해야 할 흔히 간과해 온 고체연료의 형상에 관한 규제의 제안을 시도해 왔다. 이러한 시도의 가장 두드러진 것중의 하나는 석탄을 액체 슬러리연료(liqued slurry fuel)로 변환하는 석탄-수분연료(Coal-Water-Fuel)라 불리우는 기획으로서, 기름용으로 설계된 보일러나 가열로에 이를 적용하여 연소에 성공하였다. 특별히 제조된 CWF를 디젤엔진과 가스터빈 연소기관에서 연소시켜 보았다. 그러나 불행하게도 대부분의 석탄은 다대한 보조부재와 고가의 첨가제를 필요로 하기 때문에 CWF 형태의 에너지 비용은 그 석탄 자체의 생산원가의 약 2배가 되는 결과를 초래한다. 본 발명의 출원 당시에는 국제적으로 유가가 아주 낮아서, 이렇게 기술적으로 가능한 석탄의 대체에 관한 실행은 비경제적인 것으로 되었다.
- <10> 고급탄(무연탄 및 역청탄)은 이를 분쇄하여 유동가능한(pumpable)한 고체농도 50% 이상으로 슬러리화시킬 수가 있다. 등급이 낮게 될수록(아역청탄에서 갈탄으로) 슬러리성의 열화가 생긴다. 저급탄 및 폐기물 연료의 슬러리특성은 그 섬유질과 친수성에 관계가 있다. 그러나 본 발명인은 미국 특허 4,380,960에서 기재한 바와 같이 친수성 연료의 슬러리는 분자의 재배치가 생길 온도까지 가열해서, 농축하여 이산화탄소와 물을 분리시킴으로써, 친수성과 섬유질이 줄어들고 최대 유동농도가 현저히 증가한 연료(탄 : char)를 생성할 수 있다는 것을 제시하였다. 본 발명인은 이 방법을 "슬러리 탄화(Slurry Carbonization)"라 부르기로 한다.
- <11> 미국 노스 다코다 대학의 에너지 및 환경 연구소(EERC: Energy and Environmental Research Center)에서는 노스 다코다산 및 기타 지역 산출의 갈탄의 슬러리 탄화(이들은 이것을 열수처리 또는 열수건조라 부른다)에 대해 광범위하게 검토한 바 있었다. EERC의 상임 연구팀이 DOE와의 계약하에 저회질 아역청탄의 슬러리를 탄화한 후 농축한 것을 제너럴 모터스의 알리슨공장에서 고체연료로서는 처음으로 상업용 가스터빈의 연료에 사용하여 성공을 거두었다.
- <12> 또한 EERC는 톱밥등과 같은 목질의 슬러리 탄화에 대해 검토함으로써 농도(및 에너지밀도)가 약 300%으로 향상된 유동가능한 슬러리를 얻었다.
- <13> 에너지 시장에서의 배합 석탄의 형태에 관한 장해요인은 그 분순물에 있다. 즉 여러가지 회분을 함유하면 운반, 방출방기관리, 유지보수, 처리등의 제반 비용을 제고시킨다. 수분은 운반비를 높이고 보일러 효율을 저하시킨다. 황과 질소를 함유하면 산성비의 원인이 되며, 맑은 공기 규격에 합격하기 위해서는 많은 비용이 든다. 석탄중의 염소는 비싼 보일러관의 부식을 초래하며, 및/또는 고가의 합금관을 필요로 한다. 더구나 염소는 석탄 연소에 의한 공기 방출물내 존재하는 것으로 알려진 추적하여야 할 독성(최악의 것은 디옥신)으로서, 아직 미제정의 규제 목록에 포함되어 있다. 미국 국립 지구화학협회의 국내위원회는 1980년에 석탄의 "환경오염 최대 관심 원소"로서 비소, 붕소, 카드뮴, 납, 수은, 몰리브덴 및 셀렌을 지정하고, "중 관심 원소"로서 바나듐, 크롬, 니켈, 동, 아연 및 불소를 지정하였다.
- <14> 미국 일리노이즈 분지는 역청탄을 산출하는 주요한 자원지대이다. 황이나 염소의 함유량은 광층에 따라 다르나, 양자의 함유량은 비교적 높다. 환경상의 규제가 심해진 후에, 이 지방의 광범위한 광산업이 사업의 상실과 실업자의 발생으로 고통을 받아왔다. 이전의 석탄내의 황 연구센터(CRSC)인 미국 일리노이즈 청정 석탄 연구소(ICC)에서 책정한 많은 연구비에도 불구하고, 상기와 같은 불순물에 대한 경제적인 대책을 마련하지 못하였다. 본 발명인의 미국 특허 4,714,032 및 5,050,375는 특히 일리노이즈 제 6번 석탄의 산화황과 산화질소에 관해 환경상의 건전한 활용을 목표로 하였다. 본 출원의 발명은 상기 이외의 불순물, 특히 염소의 제거방법을 제시하였다.
- <15> MSW를 에너지로 변환하는 것도 불순물에 의해 방해를 받는다. 물의 함유량이 높고, 극히 변화하기가 쉽다. 회분의 함유량도 높다. 미국에서 연간 사용하는 수은의 1000톤의 약 절반의 대부분이 MSW와 관련된 소모성 전지에 소비된다. 폐기한 전지도 또한 카드뮴이나 납이 나오는 주요 원인이 된다. 독성의 납, 카드뮴, 수은등이 배기가스중에 나타나므로 세정기나 필터를 사용하여 제어하여야 한다. PVC(40% 염소)등의 영화 플라스틱에서 생성하는 염소는 평균 0.5%이지만, 1.8%의 범위까지도 높아질 수 있다. 이 염소는 화실을 부식하므로 알칼리 세정기를 필요로 하며, 디옥신, 푸란 및 기타 위험한 공기오염물질을 생성한다. 환경보호 주의자는 특히 배기가스중의 수은증기에 민감하며, 그 메틸렌의 변성 형태가 적절히 해명되고 있는가의 여부가 논란이 되고 있다.
- <16> 한편 바닥 회분(bottom ash)은 미국 환경보호청(EPA)의 TCLP 침출시험 결과에 의거, 위험물질로 분류되고, 비산 회분(fly ash)도 거의 그렇게 단정된다. 회분에 들어 있을 수 있는 독성의 금속으로는 납, 비소, 카드뮴, 셀렌, 크롬, 수은등이 있다. 기술문헌에는 이러한 위험 회분을 그 용점 또는 융점 이상으로 가열하면 TCLP 시험에 합격할 수 있다고 개시되어 있으며, 이러한 방법은 "용고(vitrification)"라고 알려지고 있다.
- <17> 석탄의 연소에 있어서, MSW와 그것으로부터 추출한 연료(RDF)의 황성분이 낮으면 산화황의 방출이 항상 문제가 되므로 연료를 혼합하여, 이 혼합물이 연소할 때 나오는 연료가스(동시연소(co-firing)라 알려져 있는 방식)를 산화황에 대한 규제에 합격시키기 위한 많은 시도가 이루어지고 있다. 그러나 동시연소에 의한 황에 관한 장점은 보일러의 운용상의 문제, 즉 잉여 공기의 필요성, 연소관리의 불량, 슬래

그, 부식의 증가등으로 인하여 가리워져 왔다. 최근에 와서 석탄에서 나오는 산화황은 RDF내의 염소에서 디옥신이 형성되는 것을 억제한다는 입증이었기 때문에 다시 관심을 끌고 있다. 그러나 종래의 건조 RR에 의해 생산된 RDF는 분탄과 동시연소시키기 위한 분쇄가 불가능하므로, 구식이나 소형의 급탄기 및 이동식 화상 보일러등을 사용하는 데 제한을 받는다.

<18> 세계에는 수십년간, 또는 수세기간을 걸친 수많은 쓰레기 수거장이 있다. 비록 쓰레기 수거장이 개선되고 "쓰레기 매립처리(landfilling)"가 이루어지고 있기는 하나, 아직 많은 버려진 폐기물이 부식되고 있어서, 현재는 환경상 불만족스러운 조건에 놓여 있다. 이와 같은 오래된 수거장이나 매립지등의 대체에 대한 공공의 압력이 일고 있으며, 또 증가 일로에 있다. 정치적인 압력과는 별도로, 많은 재생가능 물질이나 잠재 에너지가 매장되는 상태이므로, 회수할 수 있는 경제적 수단이 기대된다.

<19> 많은 제지 공장의 슬러지(많은 수분함유와 회분함유로 규제를 받는 이외에도)도 심각한 양의 염소를 함유하고 있으므로, 부식과 독성의 위험 요인이 되어 MSW로부터의 에너지 회수를 방해한다. 또한 염소의 함유량이 많은 기타의 주요한 생물자원연료로서는 비용을 들 수 있다.

<20> 염소는 많은 주의를 끌고 있지만, MSW(산업용 폐기물 및 건설, 파괴용 폐기물)에는 염소량보다 적지만 할로겐을 함유하고 있다. 특히 불소화(또는 염소화불소화) 중합체로부터 나오는 불소는 독성 및/또는 오염을 발생하는 경우가 있다. 어떤 석탄에는 불소와 브롬을 동시에 함유하는 것도 있다.

<21> 환경보호주의자들은 오래전부터 수목작물, 또는 기타의 생물자원 수확물을 재생사용 가능한 에너지자원(온실의 가스생성 보완용이라기 보다는 이산화탄소의 "재생" 용으로서의 기능을 갖는)으로서 장려해 왔다. 재생가능한 생물자원연료중의 지배적인 불순물은 수분인데, 이 수분은 난방용 보일러 연료의 에너지량을 심하게 감소시키거나, 심지어는 에너지를 무로 한다. 이들 연료중의 회분은 일반적으로 함유량은 적지만, 흔히 나트륨 및/또는 칼륨이 함유된 저융점의 슬래그를 생성하는 심각한 문제를 야기한다.

<22> 발명의 개요

<23> 본 발명의 미국 특허 4,714,032, 4,898,107, 5,000,099 및 5,050,375에 개시한 바와 같이 탄소계 연료의 슬러리 수상(aqueous phase)의 잠재 에너지는 가스터빈과 일체가 된 반응기등에서 보일러 공급수의 반응열의 간접적인 열전도의 유무에 불구하고, 가압하에서 연속적으로 연소 또는 산화시킴으로써 최량으로 실현할 수가 있다. 이 공정의 열효율은 연료의 에너지밀도의 함수가 되고, 슬러리의 Btu/Lb 또는 cal/gr로 표시된다. 건조기준 발열량은 약간 변화하나, 에너지밀도의 주 결정요인은 슬러리중의 고체연료 입자의 농도에 달려있다. 다시 말해서 에너지밀도는 수분의 함유량에 반비례한다. 이 농도는 점도에 의해 제한을 받으며, 이 점도는 슬러리를 유동시켜 가열하고 제어하여, 반응기나 연소기내로 분산시킬 수 있을 만큼 낮아야 한다. 이와 같은 슬러리를 이하 "처리가능한 점도"를 갖는 슬러리라 한다.

<24> 또한 종래의 슬러리 활용시에는 물 이외의 불순물, 특히 황, 염소, 질소 및 나트륨이나 칼륨 같은 슬래그형성 양이온에 의한 장애가 많았다. 황의 영향은 상기에 인용한 특허에 기재된 방법에 의해 개선된다. 본 발명은 또한 황과 질소를 감소시키며, 특히 수분, 염소 및 슬래그형성 양이온의 저감에 기여한다.

<25> 점도의 제한은 고급탄에 대해서는 첨가제를 사용하지 않을 경우에는 50%, 사용할 경우에는 70%까지 허용된다. 등급이 낮아질수록 처리가능한 점도의 슬러리농도나 에너지 밀도가 열화되므로, 종래에는 이와 같은 연료는 사용상의 매력이 극히 적었다.

<26> 본 발명인은 형상, 부피, 위치, 저발열량, 수분, 불량한 슬러리화등으로 인하여 종래에는 연소용 연료로서 매력을 상실한 많은 탄소계 고체 및 폐기물을 유용한 고 에너지밀도의 슬러리연료로 변환하는 방법을 발명하였다. 동시에 본 발명인은 부식, 슬래그형성 및/또는 독성 방출등으로 인하여 활용을 방해당한 나트륨, 칼륨, 칼슘, 황, 질소, 기타 난용성의 불순물등을 일괄해서 현저히 저감시키는 방법도 발명하였다.

<27> 이와 같은 획기적인 개선은 통상 알칼리의 존재하, 가압하에서 상당량의 산소를 이산화탄소로 방출하는 특성을 갖는 주요한 분자 재배치가 생기는 온도까지 슬러리를 가열하여 얻는 슬러리 연료를 제공함으로써 이루어진다. 이 재배치에 필요한 온도는 자원에 따라 다르나, 통상 500° F ~ 650° F이다. 강력히 가수분해하면 염소(PVC등의 안정한 중합체로부터), 황, 기타의 음이온이 유리하여 알칼리와 반응하여 수상에 용해된다. 나트륨, 칼륨등의 이전에 결합되어 있던 양이온도 마찬가지로 수상에 용해될 수 있다. 슬러리의 수상 형태는 그 열처리와 함께 공업화학이나 이론화학분야에 해로운 불순물(아직 미확인의 불순물을 포함해서)을 취급하여야 할 광범위한 경계를 쌓게 한다. 예를 들어 1종 또는 그 이상의 불순물의 추출이나 중화에 유효한 산류, 과산화물류, 금속봉쇄제등의 반응제를 가열하기 전, 도중 또는 후에 첨가한다. 탄소계 기질(carbonaceousmatrix)은 그 섬유질특성의 상당 부분을 상실하여 탄을 보다 작은 입자로 부수어서, 획기적으로 개선된 유동성, 즉 처리가능한 점도에서 대단히 높은 농도(또는 에너지밀도)를 갖는 슬러리를 생성할 수가 있다. 슬러리등의 생물자원중에는 슬러리로서 공급되는 것도 있다. 기타 비료등은 준 고체이며, 물을 첨가하거나 물을 희석하면 슬러리가 된다. 고체일 경우에는 원료 연료를 쪼개고, 조각내고 분쇄 및/또는 펄프화하여 처리가능한 슬러리로 만든다. 슬러리가 상당량의 무기물을 함유하고, 이 무기물이 밀도나 기타 물리적 성질에 의해 분리가능할 경우에는 적절히 분리시킨다(MSW의 경우에는 쪼개고, 슬러리화하고, 밀도 분리하는 것등을 "습윤자원 회수(wet Resource Recovery)"라 부른다). 고체가 미세하게 분할되고 슬러리는 유동성이 있기 때문에 비교적 비중이 높은 독성금속을 거의 완전히 제거할 수가 있다. (필요할 경우에는 분리한 무기물을 정제하여 재생 또는 기타의 활용에 이용한다). 연료가 상당량의 할로겐, 황 또는 기타 산형성 음이온을 함유할 경우에는, 알칼리가 존재해 있지 않으면 알칼리를 첨가한다.

<28> 본 발명은 저급탄을 MSW나 RDF와 공동연소시키는 데 특히 유용하다. 탄화하고 농축한 후의 화석과 생물자원 연료의 슬러리화된 혼합물은 (입자의 2가지 속성때문에) 혼합하지 않은 각기 독자적인 슬러리일 때보다 소정의 점도에서의 에너지밀도가 높을 경우가 많다. 기저연료(base fuel)의 비율은 과대할 슬래그나 부식의 염려가 없이 산화황 및 산화질소의 방출규제에 합격할 수 있도록 조정할 수가 있다. 탄 슬러리연료는 우수한 균일성을 가지므로 공동연소에 필요한 과잉 공기를 최소화할 수 있고, 더욱 정밀하

게 제어할 수가 있다. 또한 슬러리연료는 연료유 및/또는 분쇄탄(PC)용으로 사용된 것과 유사한 버너를 통해 연소시킬 수가 있으므로 급탄기나 이동식 화상 보일러에만 연소가 한정되지 않는다.

- <29> 농후한 무기물은 탄화전 또는 탄화후에 이루어지는 혼합작업 전에 분리시키는 것이 바람직하다. 혼합물상태에서 탄화하면 어떤 저급탄에서는 알칼리가 자연히 발생하므로 알칼리의 첨가를 감소시킬 수 있거나, 아예 불필요해진다. 이러한 방법으로 저급탄을 다른 생물자원과 공동처리하면 유사한 상승작용이 발생한다.
- <30> (종래에는 "공동연소" 는 단순히 석탄과 생물자원을 함께 연소하는 것을 의미하였다. 본 발명에 이 용어를 적용하면 기저연료는 "공동연소" 전에 상승작용하여 탄화되는 경우가 많으므로 오해되기가 쉽다).
- <31> 원료 RDF는 염소(염산을 형성할 수 있는)를 함유하고, 기타의 생물자원 연료는 나트륨 및 칼륨 등의 알칼리원소를 함유하므로, 이들은 자연히 슬러리 탄화를 통해 공동처리하기에 적합해진다. 이 두가지가 균일한 고 에너지밀도의 액체 슬러리연료가 될뿐 아니라 그 화학적 불순물도 서로 중화된다(혼합비에 따라서는 알칼리를 약간 첨가하기도 한다). 당연히 이 저황함유 연료의 혼합물에 비혼합성 화석연료가 함유되도록 공동처리하는 것도 가능해진다.
- <32> 이 처리에서 생성된 탄 슬러리에 위험한 용해 염이 거의 없을 경우에는, 산화나 기타 용도로 충전하기에 적합한 최대 정도로 농축할 수 있다. 한편 상기의 탄 슬러리가 산화작용을 어렵게 하거나, 오염물질을 방출하게 되는 상당량의 용해된 염 및/또는 무기질을 함유할 경우에는 고체탄(solid char)을 수상으로부터 거의 완전히 분리하여 맑은 물에서 최대의 처리가능한 정도로 재슬러리화한다. 재슬러리화전에 습윤탄을 맑은 물로 세정할 필요가 있는 경우도 있다. 농축 또는 재슬러리화한 탄은 귀중한 액체연료이며, 가압 산화함으로써 유용한 에너지로 변환하는 것이 바람직하다.
- <33> 탄화하면 입자의 크기가 획기적으로 감소되어 에너지밀도를 크게 개선할 수 있으나, 분쇄하여 더욱 크기를 줄이면 고체의 장전량과 에너지밀도를 더욱 높일 수가 있다. 탄쪼(2가지 속성종의)를 선택하여 그 크기를 줄이면 더욱 개선시킬 수 있는 경우가 많다. 석탄-수분연료 기술분야에서 알려져 있는 1종 또는 수종의 점도 촉진제를 첨가하는 것도 슬러리제품의 에너지밀도를 최대화할 수 있는 선택방법일 수가 있다.
- <34> 탄 자체, 또는 그 농축된 슬러리는 합성가스를 만드는 가스화공정의 반응물질인 탄소와 수소의 공급원, 메타놀, 초산등의 저분자량의 유기물, 가수분해, 개질, 액화를 위한 접촉 또는 생화학적 반응물질의 공급원, 또는 카본 블랙, 활성탄등의 제조용 원료공급원으로도 사용할 수가 있다. 바람직한 연료의 형태는 고에너지의 슬러리이지만, 고체탄도 탈수하고 건조하여 펠릿화하면 고급의 고체연료가 형성되어, 이러한 형태의 연료를 요구하는 가열 작업이나 원거리 또는 산재된 곳으로 운반하기에 적합하다.
- <35> 본 발명에 의하여 저급탄 및 생물자원으로부터 생산된 탄에는 상기 이외에도 신규하고 주요한 물성이 있다. 즉 이들 탄은 물이나 증기의 존재하에서도 극히 반응하기가 쉽다. 반응도가 좋기 때문에 가압을 하면 종래의 연소에서와 같은 인화와 고온의 화염을 요하지 않고도 그 화학에너지를 자연발생적으로 방출할 수 있게 된다. 본 발명인이 "열산화" 라고 하는 이러한 온도제어 반응은 산화황, 산화질소 및 유기클로로 오염물질의 형성, 독성금속의 휘발 및 부착성 침전물의 형성을 최소화한다. 종래의 대기압하에서의 연소분야에서는 연소 공기를 2단계 이상으로 나누어서 도입하였는 데, 그 주 목적은 산화질소의 형성을 완화하기 위해서였다. 사실상, 제1단계(1차)의 공기는 고체연료(반드시 전체가 아니어도 좋았다)를 연료가스로 변환하고, 2차 및/또는 그 다음 단계인 3차 이상의 공기로 연소를 완료시켰다. 본 발명에 의해 탄 슬러리를 제조하면, 이들 탄은 대단히 반응하기 쉽기 때문에 이론상 완전연소에 필요한 극소량의 산소로, 종래의 일부 또는 완전연소시보다 현저히 낮은 온도인 통상 900. ~ 1600. F의 범위에서, 특히 가압하에, 제1단계, 즉 1차단계에서 거의 모든 탄소를 산화할 수가 있게 된다. 다음에는 가스터빈의 반응기에서 발생할 수 있는 제2단계의 압축 산화체의 조정으로 산화가 완료되기 전에 가스로부터 회분입자를 분리할 수가 있다. 다음에 생선된 열과 압력에너지를 유용한 기계 및/또는 전기에너지로 변환한다.
- <36> 본 출원 명세서에 기재한 실시예의 어느 경우이나 공기 대신에 산소나 농축공기를 사용할 수 있는 데, 산소의 농축을 위해서 1차단계에서 사용되는 분량만을 공기 분리단위로 전환하고, 2차 또는 3차 산화체로 사용되는 분량은 그 자연상태대로 남겨두는 것이 유리하다.
- <37> 습윤자원 회수시에 밀도 분리가 이루어지면 MSW로부터 거의 모든 독성금속이 제거된다. 슬러리 탄화시의 분자의 재배치는 과열된 물(용액 촉진제를 함유할 수 있다)에 남아 있는 독성금속을 용해하거나 현탁시킬 수 있는 제2의 기회를 준다. 본 발명에 의해 산화하면 저온 및 고압(종래의 연소와 비교해서)으로 가능하기 때문에 휘발되는 것을 최소화할 수가 있다. 발생하는 가스는 획기적으로 작은 체적을 갖기 때문에, 그것에 비례해서 독성물질의 용량도 적어진다.
- <38> 그러나 탄 슬러리는 MSW나 하수도 슬러지와 마찬가지로 위험할 정도의 회분을 발생할 독성금속을 함유하므로, 제1의 산화단계에 대한 1차 산화체(공기 및/또는 산소)는 증가하여 흡기영역의 반응온도를 대부분의 회성분의 융점 이상으로 만들어서, 회분입자를 잠시동안 기상으로 현탁을 유지하는 용융입자(슬래그)로 변환한다. 다음에 2차 및/또는 3차 산화체의 급냉류, 증기, 물 및/또는 냉각가스등에 의해 용융입자가 재응고하는 정도로 온도를 강하시킨다. 급냉은 산화의 생성가스로부터 회분입자가 분리하기 전에 일어난다.
- <39> 본 발명의 목적의 하나는 국가의 유류 수입의 의존도를 감소시키기는 데 있다. 다른 목적은 저급탄으로부터의 열 및 동력 취득에 대한 개선방법을 제공하는 데 있다. 또다른 목적은 종래의 방법에 비해 크기가 작은 연료입자의 경제적인 활용방법을 제공하는 데 있다. 또다른 목적은 더러움(fouling)나 슬래그화를 저감하기 위해 연료회분의 연화점을 상승시키는 데 있다. 또다른 목적은 도시 고체폐기물 및 기타의 폐기물의 처리에 대한 개선방법을 제공하는 데 있다. 또다른 목적은 수거한, 오물로 오염된 MSW의 안전하고 경제적인 처리방법을 제공함으로써 기존의 쓰레기 매립장에 대한 대책을 보완하는 데 있다. 또다른 목적은 MSW 또는 RDF등의 균일하지 못한 고체연료를 균일한 고체연료로 변환하는 방법을 제공하는 데 있다. 또다른 목적은 습기나 연소로 오염된 연료에 대한 활용방법을 개선하는 데 있다. 또다른 목적은 유

기 클로로 오염물질과 독성금속의 대기 방출을 개선하는 데 있다. 또다른 목적은 잠재성의 위험 회분을 용고화하는 효과적이고 계속적인 방법을 제공하는 데 있다. 또다른 목적은 가스터빈 구동용의 고온의 청정한 가압가스를 생산하는 경제적 방법을 제공하는데 있다. 상기 이외의 목적에 대해서는 도면과 그에 대한 설명으로 부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

- <40> 제1도는 도시 고체폐기물(MSR)로 예시되는 고체폐기물을 가압 산화에 적합한, 고 에너지밀도이며, 염소함량이 감소된 탄 슬러리로 변환하는 실시예의 개략적인 입면도이다.
- <41> 제2도는 농후한 무기질 불순물을 슬러리화하여 분리하고, 알칼리의 존재하에 가압하, 가열하고, 탄 슬러리를 고에너지밀도로 농축하여, 열회수 증기발생기의 증기주입 가스터빈내에서 열 산화를 통해 전기에너지를 회수하는 공정으로 된, 고체폐기물로부터 전기에너지를 회수하는 실시예의 개략적인 입면도이다.
- <42> 제3도는 가스터빈, 열회수 증기발생기 및 복수 증기터빈 발전기로 된 복합 사이클 에너지변환의 실시예의 개략적인 입면도이다.
- <43> 제4도는 탄 슬러리의 열 산화가 2단계로 수행되어, 그 단계 사이에서 입자의 이동이 이루어지는 복합 사이클 에너지변환의 실시예의 개략적인 입면도이다.
- <44> 제5도는 가압 순환식 유동상 보일러 및 복수 증기터빈 발전기로 된 다른 에너지변환의 실시예의 개략적인 입면도이다.
- <45> 제6도는 고온의 탄 슬러리로부터 간접적인 열교환 표면이 없이 도입되는 탄질의 슬러리로 열을 전도하는 또다른 방법의 개략적인 입면도이다.
- <46> 바람직한 실시예에 대한 설명
- <47> 제1도의 실시예는 물보다 무거운 비연소성 물질과 부식 및/또는 공기오염의 결과를 가져오는 염소 등의 1종 이상의 음이온, 및/또는 산화 또는 연소온도에서 슬래그화에 기여하는 1종 이상의 양이온을 함유한 고체폐기물에 관한 본 발명의 동작을 예시한 것이다. 기존 쓰레기 매립장으로부터 회수할 수 있는, 또는 장외(curbside)에서의 재생에 의해 변형될 수 있는, 및/또는 필요하다면 어떤 조치를 취한 도시 고체폐기물(MSW)을 설명의 편의상 예시한다.
- <48> 운반수단(101)에 의해 폐기물을 장치에 주입한다. 보급수를 관로(line)(102)를 통해 도입한다. MSW를 쪼개어서, 습윤자원 회수(RR)부(103)내에서 Newst, Inc.에 의해 면허된 것과 같은 신선한 재생수와 혼합한다. 습윤 RR내의 부스러기나 오물은 침전되어서 폐기물로 분리되어 도관(conduit)(104)을 통해 배출되고, 철 및 비철금속은 도관(105)을 통해 배출된다. 부스러기나 무거운 금속을 침전한 슬러리는 펄프화되고 희석되어 하이드로클론(hydroclone)등의 일련의 밀도 분류기내에서 선택적으로 밀도 분리가 이루어져서, 용고물이 많이 함유된 습윤고체는 도관(106)을 통해 방출되고, 알루미늄이 많이 함유된 습윤고체는 도관(107)을 통해 방출된다. 또한 습윤 RR(103)내에서는 거의 탄질성분으로 남아 있는 슬러리가 대략 최대 처리가능한 정도로 1차 농축되고, 여기서 분리된 물은 내부적으로 재순환되어 초기 혼합처리단계로 돌아간다.
- <49> 탄질 슬러리는 관로(108)를 통해 습윤 RR(103)를 나와서, 관로(109)로부터 석회 슬러리등의 알칼리 용액 또는 슬러리가 부가된다. 미리 알칼리가 존재하고 있지 않을 경우에는, 적어도 유기 슬러리중의 산형성 음이온의 화학당량과 같은 양의 알칼리를 첨가한다. 알칼리는 산형성 음이온의 방출과 용해를 돕는 우수한 조제이다. 그러나 슬러지형성물이나 잠재성 독성금속을 포함한 양이온의 방출을 우선하는 경우도 있다. 이러한 경우에는 어떤 산, 기타의 요소에 효과가 있는 가용화제나 킬레이트제로 관로(109)에 의한 알칼리 첨가를 보완하거나 대신할 수 있다.
- <50> 관로의 상대적 높이에 따라 탄질 슬러리를 저장탱크(111)에 도입시키기 위해 관로(108)나 관로(109)에 전송펌프(도시하지 않음)를 필요로 하는 수도 있다. 탄질 슬러리가 부식하기 쉬운 것이면 관로(112)를 통해서 저압의 증기를 탄질 슬러리에 주입하여 가열하는 등에 의해 멸균한다. 이 멸균은 탄질 슬러리가 저장탱크(111)에 머무는 동안에 탄 슬러리제품을 연속적으로 생산할 수 있도록 하기 위하여 필요하다. 탱크(111)는 현열을 보존하기 위하여 절연하고, 1대 이상의 혼합기 및/또는 순환펌프(도시하지 않음)를 설치하여 슬러리 물성의 균일화의 유지를 돕게 한다.
- <51> 가압펌프(charge pump)(113)는 탱크(111)로부터 탄질 슬러리를 배출해서 충분한 압력을 가하고, 이어지는 가압기를 통해 이동할 수 있도록 하고, 탄질 슬러리를 거의 액상으로 유지한다. 탄질 슬러리는 펌프(113)로부터 관로(114)를 통해 저온 열교환기(115)의 냉온측으로 흘러서, 그 곳에서 간접적으로 가열되어 관로(125)로부터의 탄 슬러리의 온도에 접근한다. 부분적으로 가열된 탄질 슬러리는 교환기(115)로부터 고온 열교환기(116)의 냉온측에 흘러서, 그 곳에서 간접적으로 가열되어 관로(120)로부터의 탄화된(탄) 슬러리의 온도에 접근하여 관로(117)를 통하여 유출한다.
- <52> 원형 탄질 생물자원 분자와 발생가스(주로 이산화 탄소)를 포함하여 생성된 탄 분자 사이의 자유 에너지의 차는 이 처리가 발열성(exothermic)임을 나타낸다. 이론적으로는 이 열반응은 탄 슬러리를 원료 슬러리보다 고온으로 할 수 있기 때문에, 외부 열원을 요하지 않고도 열교환기(116)의 가동에 필요한 구동력을 부여 할 수 있는 것으로 된다. 그러나 실제면에서는 열손실과 원료의 물성 변화, 열발생의 양과 위치등을 고려하여, 외부로부터 소량의 열을 공급하여 제어된 탄화온도를 확보하는 것이 바람직하다. 이러한 기능은 제1도에 나타난 바와 같이, 고압 증기를 응축시키는 것과 같이 필요한 열을 간접적으로 전도하는 히터(118), Dowtherm등과 같은 열전도유체, 연소 히터, 전기저항소자, 연도가스나, 관련 장치로부터 배출된터빈가스나, 또는 고압 증기로 직접 가열된 코일, 가압 버너로부터의 고온 연도가스 또는 소량의 공기나 산소함유 가스에 의해 달성할 수가 있다.
- <53> 물리적 배치로 인하여 히터(118)와 열교환기의 고온측 흡기구 사이의 배관(piping)은 탄화의 완

료에 필요한 시간을 충분히 줄 수가 있다. 어떤 특수한 탄질 이탄이 소정의 온도에서의 시간보다 더 많은 시간을 요할 경우에는 반응시간을 추가하기 위한 수분간의 시간을 주기 위해, 관(119)의 면적을 확장한 부분이나 코일을 삽입할 수 있다. 탄화반응(또는 가열제에 의해 변형된)에서 발생한 탄 슬러리 및 가스는 점도가 많이 감소되어 관로(120)를 통해 고온 열교환기(116)의 고온측으로 흘러서, 그곳에서 저온 열교환기(115)내에서 부분적으로 가열된 탄질 이탄에 간접적으로 열을 공급한다. 이 탄질 및 가스는 고온 증발 드럼(flash drum)(122)에서 분리된 후, 발생가스가 제어기(123) 및 관로(124)를 통해 가압 산화반응기로 흐르는 데 충분한 압력에 대응하는 온도까지, 고온 열교환기(115)에서 냉온된다.

<54> 탄 슬러리는 드럼(122)의 저부로부터 관로(125)를 거쳐 저온 열교환기(116)의 고온측으로 흘러서, 그 곳에서 상술한 바와 같이 인입하는 탄질 슬러리에 간접적으로 열을 전도한다. 냉각된 탄 슬러리는 그 대기압 비점 가까운 온도에서 드럼(122)의 높이를 소망하는 범위로 유지하기 위해 동작되는 유량 제어기(127)의 제어하에 관로(126)를 통해 흐른다. 가스의 대부분은 드럼 (122)내에서 분리되지만, 탄 슬러리 (주로 이산화탄소)의 용액에 남아있는 소량은 저압 증발 드럼(128)내에서 평형량(equilibrium amount)의 증기와 함께 분리되어 나온다. 이 가스는 관로(129)를 거쳐서 저장탱크(111)로 흘러서 그 곳에서 탄질 슬러리에 대부분이 흡수되거나 또는 처리된다.

<55> 탄 슬러리는 관로(130)를 통해 이후의 활용에 있어서 막히는 등의 곤란을 야기할 수 있는 크기의 입자를 분쇄하는 분쇄기(131)로 흘러서, 그 곳으로부터 관로(132)를 거쳐서 수종의 연속 원심분리기 또는 필터중의 하나 또는 1대 이상의 하이드로클론인 고액분리기(133)로 흐른다. 분리기는 고액분리기(133)로부터 관로(134)에 걸쳐 존재하는 고체의 탄입자의 대부분을 수상으로부터 분리한다. 수상의 일부 또는 전부는 재순환펌프(135)에 의해 펌핑되어, 관로(136)를 통해 RR부(103)로 재순환된다. 상기 대신에 이 수상의 일부 또는 전부를 유량제어기(137)를 통해 함께 함으로써 염, 용해된 유기화합물 및/또는 고액분리기(133)에서 분리되지 않은 미세한 고체입자를 정화한 수상으로서 인출할 수도 있다. 이러한 정화는 종래의 폐수처리방법을 이용하거나, 본 발명인의 미국 특허 4,898,107에 기재된 방법중의 하나에 의해 산화된 연소성분으로 실시한다.

<56> 분쇄기(131)는 과대한 크기의 입자를 분리하고, 크기를 줄이는 두가지 기능을 가진 것으로 기재하지만, 이들 기능을 각각 별도로 실행할 수도 있다. 관로(130)내의 탄 슬러리는 먼저 볼 밀(도시하지 않음)등의 분쇄기등과 같은, 과대한 크기의 입자만을 줄이는 스크린등의 크기선별기(sizing device)(도시하지 않음)에 흐른다. 분쇄된 입자는 크기선별기에 재순환되어, 관로(132)를 흐르는 슬러리중에 과대한 크기의 입자가 남아있지 않도록 한다. 상기 대신에 과대한 크기의 선별과 분쇄를 분리기(133) 이전에 하는 대신에 이후에 하는 경우도 있다.

<57> 습윤 RR(103)에서 수행된 밀도 분리로 인해 무기질의 불순물은 이미 낮아졌으나, 탄화반응 및/또는 그 이후의 기계적 분쇄로 인한 획기적인 입자 크기의 감소가 종래에 "조립화(de-gritting)" 에서 사용하였던 형의 하이드로클론 등의 장치(도시하지 않음)에 의해 바람직하기는 분리기(133) 전에 분리할 수 있는(그 밀도에 의해) 무기물을 추가적으로 제거하는 경우도 있다.

<58> 분리기(133)는 습윤탄 고체내의 바람직하지 않은 음이온 및/또는 양이온을 줄이기 위해 정수로 습윤탄 고체를 세정하는 설비를 갖출 수 있다. 이러한 경우에는 재순환 및/또는 정화된 수상을 세정에 이용할 수가 있다. 재순환탱크(도시하지 않음)는 연속적인 가동을 위해 유용하거나 필요하다.

<59> 분리기(133)로부터 방출된 탄 고체는 도관(138)을 통과하여, 혼합기(140)의 도움으로 관로(139)으로부터의 정수중에서 그 이후의 처리에 적합하다고 생각되는 최대의 정도로 재슬러리화되어, 관로(141)를 거쳐 서지탱크(surge tank)로 흘러서, 그 곳에서 고에너지밀도의 염소 함유량이 감소한 탄 슬러리가 집적되고, 관로(143)를 통해서 수송되어 열 및/또는 전기에너지로 변환된다. 탱크(143)는 현열을 보존하기 위해서 절연되며, 슬러리 물성의 균일성 유지에 도움이 되도록 1대 이상의 혼합기 및/또는 순환펌프(도시하지 않음)를 설치한다.

<60> 염소 함유 및/또는 황 및/또는 슬러지형성 회성분으로 인해 저가인 석탄으로부터 에너지를 회수하는 것과 거의 동일한 방법을 활용한다. 그러나 RR부(103) 대신에 종래의 석탄 세정 및 선광처리를 채용하여 무기질 불순물을 최소화하여, 관로(108)나 펌프(113)에 대략 최대 처리가능한 정도의 분탄 슬러리를 공급할 수 있도록 조정할 수 있다. 각종 석탄의 탄화에 대한 반응은 다르나, 대부분의 염소와 상당량의 황은 분리기에서 분리된 수상중으로 추출되고, 바람직하지 못한 양이온도 저장된다.

<61> 펄프 및 제지공업에서와 같이 조각내고, 펄프화하고, 조립화한 임업 및 농업 부산물의 경우에는 원료 탄질 슬러리를 생산하여 관로(108)에 공급한다. 이들 연료는 통상 염소나 황의 함유량이 낮기 때문에 관로(109)를 통한 알칼리의 첨가를 생략해도 좋다. 그러나 원료 연료중의 상당량의 나트륨이나 칼륨은 재순환 및/또는 정화된 수상에 용해시켜 분리함으로써 고 에너지밀도의, 처리가능한 정도를 가진 탄 슬러리를 얻을 수가 있다.

<62> 하수도나 제지공장의 슬래그와 같이 이미 슬러리로 되어 있는 경우에는 무기질 오염물질의 슬러리화나 밀도 분리를 위한 장치, 즉 관로(110)에 선행하는 장치는 생략할 수 있거나, 단순한 조립화를 위한 것에 한정시킬 수 있다. 알칼리 및 가용화제는 원료가 상당량의 산형성 음이온이나 잠재성의 해로운 양이온을 함유하며, 이용할 수 있는 알칼리가 존재하지 않을 경우에만 관로(109)를 통해서 첨가한다. 세균 분해의 위험이 존재하지 않을 경우에는 관로(112)를 통한 증기의 주입은 불필요하다.

<63> 화석연료와 생물자원연료는 어느 단계에서나 공동 연소하여 혼합할 수 있지만, 바람직한 방법으로는 석탄의 슬러리(선광후에)를, 탱크(111)에 저장하기 전에 습윤 RR(103)에서 나온 탄질 슬러리나 펌프(113)에 의해 가압된 탄질 슬러리와 혼합하는 방법이다. 상기에서는 알칼리용액이나 관로(109)를 통해 첨가되는 슬러리를 줄이거나 생략할 수도 있는 경우가 있다. 이미 만족할만한 에너지밀도를 갖는 화석연료와 공동 연소코자 하는 경우에는 탄화처리를 생략하고, 이것을 탱크(142)등에서 생물자원의 탄과 혼합할 수가 있다.

<64> 마찬가지로 생성된 탄 슬러리에 하류 장치에 막힐만한 크기의 입자가 없을 경우에는 분쇄기(131)를 생략할 수가 있다. 원료가 추출할 수 있는 상당량의 양이온이나 음이온을 함유하지 않을 경우에는

탄 슬러리를 분리기(133)내에서 거의 완전하게 분리하여 정수중에서 재슬러리화하는 대신에 단지 최대 처리가능한 점도까지 농축하면 된다. 이러한 경우에는 단일 또는 복수 단계의 하이드로클론(세정수를 역류시킬 수 있는)에 의해 농축할 수가 있다.

- <65> 농축탄 슬러리는 가압 산화시의 연료로서 사용하는 것이 바람직하다. 그러나 이 농축탄 슬러리는 각종의 기압로(atmospheric furnace)나 보일러에서도 연소시킬 수가 있는 데, 이 경우에는 원료 슬러리를 상기와 동일한 장치에서 연소할 때 생길 수 있는 부정적인 열충격을 가함이 없이 부식이 없고, 열 발생에 크게 공헌할 수가 있다. 만일 탄 슬러리가 기압로나 보일러 연소용으로 지정되어 있을 경우에는, 중 무기물의 슬러리화와 분리후의 개략적인 흐름 배치는 열교환기 (115)와 (116)을 통합하고, 증발 드럼(122)을 없애고, 저압 증발 드럼(128)내에서 생성한 가스를 전부 분리하여 적절한 사용처 또는 노나 보일러내의 소각용으로 보내게 간략화할 수 있다.
- <66> 한편 탄 슬러리가 가압 산화 또는 연소용으로 지정되어 있을 경우에는 탄슬러리를 분쇄하고(필요할 경우), 탄을 수상으로부터 분리한 후, 드럼(122)내의 고압 증발과 거의 같은 압력하에서 재슬러리화하면 전반적으로 열효율이 어느 정도 높아져서, 슬러리(가스와 더불어)는 펌핑하지 않아도 산화 또는 연소용 반응기로 흐를 수가 있다. 다음에 이 탄 슬러리는 그 대기압 비점도다 훨씬 높은 포화온도로 공급된다. 그러나 (현재는 역할이 끝난) 저온 열교환기(116)내에서 전에 전도된 열을 보충하기 위하여 히터(118)등에 의해 열을 추가해 주어야 한다.
- <67> 제2도의 실시예는 제1도의 실시예를 구체화한 것으로서, 고 에너지밀도의 탄 슬러리를 주입된 증기의 존재하에서 열 산화하고, 고온가스로부터 회분입자를 분리하고, 그 열 및 압력 에너지를 전기로 변환시킴으로써, 고 에너지밀도의 탄 슬러리를 전기로 변환하는 예를 나타낸 것이다.
- <68> 고체 폐기물 저급 또는 염소 함유 연료, 또는 그 혼합물은 관로(202)로부터의 보급수와 더불어 운반수단(201)을 거쳐, 관로(204)로부터의 재순환수와 더불어 분쇄, 혼합 및 슬러리화 설비(203)로 수송된다. 습윤 RR(제1도와 관련하여 상세히 설명) 및/또는 세정 및 선광장치등의 설비(203)에서 입자의 크기를 감소시키고 중 무기 불순물을 분리하여 수송수단(205)에 의해 배출한다. 대략 최대 처리가능한 점도의 고 탄질 슬러리는 관로(206)를 통해 설비(203)를 떠나서, 관로(207)를 통한 알칼리 용액 또는 슬러리의 주입에 의해 알칼리화된다. 세균 분해가 문제가 될 경우에는 관로(208)를 통해 저압 수증기를 주입하여 슬러리를 멸균한다. 연속적인 가동이 필요할 경우에는 서지탱크(도시하지 않음)를 관로(206)와 탄화가압펌프(209)간에 삽입한다.
- <69> 펌프(209)는 탄질 슬러리에 충분한 압력을 가하여, 탄질 슬러리가 제1도에서 설명한 경우보다 더 강력히 탄화부(210)를 흐르게 하고, 이를 거의 액상으로 유지시킨다. 탄화하는 동안에 발생한 가스는 탄화부(210)내에서 분리되어 제거기(211)에 의한 적절한 처리를 위해 공급된다. 잉여의 수상은 탄화부(210)를 떠나서 관로(204)를 통해 재순환 및/또는 관로(212)를 통해 장치로부터 제거된다. 농축 또는 재슬러리화한 탄 슬러리는 반응기 가압펌프(213)에 의해 탄화부(210)로부터 펌핑되어 관로(214)를 통해 분산 및 혼합기(215)에 공급된다. 관로(214)내의 탄슬러리가 대기압 비점에 가까운 온도이고, 여기에서 폐기되는 처리열을 전도시키는 것이 경제적인 경우에는 관로(214)에 열교환기(도시하지 않음)를 개재시킨다.
- <70> 대기를 종래의 진에 필터(도시하지 않음)가 위치한 도관(216)을 통해 제1단계 공기압축기(216)의 흡기구에 도입하고, 그곳에서 승압된 공기를 연결관(218)을 통해 제2 단계 공기압축기(219)로 공급하고, 그 곳에서 고온 및 더욱 상승된 압력으로 관로(220)에 공급한다(어떤 제조업체의 2단계 가스터빈 압축기 중에는 제1단계와 제2단계 사이에 중간냉각기와 응축액을 해리(disengage)하는 드럼을 개재시킨 것도 있다).
- <71> 관로(214)로부터의 탄슬러리와 관로(220)로부터의 공기(산화제)는 혼합기(215)에서 밀접하게 혼합되거나, 또는 혼합기(215)를 서로 밀착해서 지나간다. 이 공기는 1차 통로와 2차 통로로 갈라질 수 있으며, 혼합기(215)는 과류방지재(swirl baffle) 및/또는 혼합기 기술분야에서 알려져 있는 공기 및/또는 증기 무화를 포함한 버너 및/또는 분무 건조기 설계의 기타 분산 및 혼합수단으로 구성된다. 공기-슬러리 혼합물은 미국 특허 5,050,375의 제1도에 나타난 인터널(internal)(도시하지 않음)을 설치하여도 좋은 연장형 산화반응기(221)의 흡기구 영역으로 유입되게 함으로써, 반응의 진행이 신속히 이루어지는 온도까지 연료-공기 혼합물을 빨리 가열할 목적으로 고온의 산화 생성물의 재순환을 유발시킨다. 2차 및 3차 공기는 연결관(222)등을 통해 내부 순환에 첨가한다.
- <72> 관로(220)내의 공기의 일부 또는 전부는 공기분리부에서 분류(分流)되어 산소가 농축된다. 특히 탄 슬러리와 혼합하는 1차 산화제로 사용되는 산소분도 상기와 같이 농축된다.
- <73> 탄화부(210)에서 발생하며, 제거기(211)를 거쳐 배출하는 가스도 혼합기(215)나 반응기(221)의 흡기구 영역에 도입된다(도시하지 않은 연결관에 의해).
- <74> 반응기(221)의 내경은 고체입자가 기상에 실리어 기상과 함께 흐를 수 있는, 비교적 고속도의 반응영역을 제공할 수 있도록 선택한다. 연료입자는 산소와 반응하여 이산화탄소와 증기를 형성하고, 대응하는 반응열을 방출하여 혼합물의 온도를 높인다. 그러나 산화제/슬러리비를 조정하여 최대온도를 제한한다.
- <75> 확장된 직경의 해리영역(223)에 방출되면 고체입자의 운동에너지는 중력과 더불어 대부분을 가스상 생성물로부터 해리하게 하여 원추형의 저부(224)로 낙하시키고, 그 곳으로부터 주 관주(main standpipe)(225)를 통해 배출한다. 원추형 저부(224)는 고체입자를 자유류 상태(free-flowing condition)로 유지하기 위해 공기 및/또는 증기를 주입시키는 통기 연결관(도시하지 않음)을 구비한다.
- <76> 산화온도의 주된 조절은 연료 슬러리/산화제비로 하지만, 이 온도는 1개 또는 복수의, 관로(226)로 나타낸 바와 같은 연결관등을 통해 고압 증기를 주입함으로써 조절한다.
- <77> 제2도에 나타난 반응기(221)의 흐름방향은 하향이지만, 본 발명용 입자함유 가스류 반응기(entrained flow reactor)는 상향이나 수평방향의 흐름이어도 되며, 생성물의 재순환 통로는 내부이기보다는 외부에 있다. 미국 특허 5,050,375의 제3도는 비교적 짧은 외부 재순환 통로를 허용할 수 있는 U자

형 반응기를 나타낸다. 제2도의 실시예의 반응기는 반드시 입자함유 가스류형 반응기이어야 할 필요는 없으며, "수송" 상태에서도 동작할 수 있는 반응기를 포함해서 제5도에 나타난 바와 같은 순환식 유동상 반응기로 구성할 수도 있다.

- <78> 약간의 미립상 회분입자를 지니는 생성가스는 해리영역(223)으로부터 사이클론 분리기(227)로 토출한다. 사이클론(227)은 원심력을 이용하여 가스와 생성가스에 실린 진애입자를 더욱 분리하고, 이 분리된 것은 중력에 의해 주 관주(225)와 접촉된 관주(228)로 낙하한다. 사이클론(227) 대신에 다단계, 또는 기타 기지의 가스-고체 분리기등을 포함한 다른 구성의 사이클론도 사용할 수가 있다.
- <79> 사이클론(227)에서 미분리된 미립상 진애입자를 아직 지니고 있는 생성가스는 관로(229)를 통해 재열교환기(230)의 고온측에 유입하여, 이 곳에서 청정(세정)된 가스와 간접적인 열교환에 의해 그 노점에 접근하는 온도까지 냉각된다. 다음에 냉각된 생성가스는 관로(231)를 거쳐 가스-고체 접촉기(232)로 유입되어, 그 곳에서 그 노점까지 더욱 냉각되고, 가스 세정조(233)의 저부로부터 흡기관(234), 미세 슬러리펌프(235) 및 재순환관(236)에 의해 재순환된 미세 슬러리와 접촉시킴으로써 생성가스에 실린 진애입자를 습윤시킨다.
- <80> 접촉기(237)내에서 냉각된 생성가스를 미세 슬러리와 접촉시키는 대신에, 가스세정조(233)의 하부에서 슬러리 분무 노즐이나 기타의 증기-액체 접촉수단(도시하지 않음)에 의해 접촉시킬 수도 있다.
- <81> 미세 슬러리의 실 생성물은 펌프(235)에 의해 관로(237)를 통해 방출기(eductor)(238)에 공급되며, 또한 이 방출기(238)는 관주(225, 228)를 거쳐 해리영역(237) 및 사이클론(227)에서 분리된 회분입자를 받는다. 약간의 가스를 수반한 회분입자는 방출기(238)에서 냉각, 습윤, 슬러리화되어, 관로(239)를 통해 액화가스 분리기(240)로 토출한다. 액화가스 분리기(240)에서 액화가스는 회분 슬러리로 부터 해리 분리되어, 평형량의 증기와 함께 관로(241)를 거쳐 가스세정조(233)로 배기된다(관로(241)내의 가스를 수반한 증기의 잠열은 고온의 회분으로부터 회수된 열을 나타낸다). 회분 슬러리는 저부 연결관을 거쳐 관로(242)로 도입되어, 그 곳으로부터 회분 슬러리 급수 열교환기(243)의 고온측으로 흘러서, 이 곳에서 압력제어기(244)를 통해 종래의 슬러리처리시설로 방출하기에 적당한 온도로 냉각된다. 관로(242)의 회분 슬러리중의 열을 급수에 이용하는 대신에, 주입되는 탄 슬러리를 가열하는데 이용하는 경우도 있다.
- <82> 처리된 보일러 급수는 장외 펌프의 압력에 의해 관로(245)를 거쳐 장치에 공급되어, 열교환기(243)내의 회분 슬러리와와의 간접적인 열교환에 의해 예열된다. 예열된 급수는 열교환기(243)로부터 관로(246)를 거쳐 보일러 급수조(247)(적절히 설계된 "탈기기(deaerator)" 이어도 좋다)로 흐른다. 열교환기(243)에서의 가열에 의해 배출된 가스는 급수조(247)의 상부로부터 압력제어기(248)를 통해 대기로 배기된다. 보일러 급수펌프(249)는 급수조(247)로부터 급수를 흡입하여, 이 급수를 관로(250)를 통해 가스세정조(233)의 상부 단면에 걸쳐 배열된 일련의 분무 노즐로 방출한다. 분무 노즐은 복수의 높이 차이를 두어 배치 할 수도 있다. 급수를 가스세정조(233)로부터 상승하는 가스류에 분무하는 목적은 가스류를 그 노정보다 약간 낮게 냉각하여 그것에 함유되어 있는 증기의 소량을 농축시키기 위한 것이다. 진애입자 주위의 물을 농축하면 진애를 효과적으로 습윤시켜서 가스상으로부터 제거시킬 수가 있다. 분무 접촉의 액체/가스비를 증가시키기 위하여 내부 배기펌프(internal sump) 및 순환펌프(도시하지 않음)에 의해 재순환시킬수도 있다. 다른 적당한 원천으로 부터의 물을 보일러 급수로 대신할 수도 있다.
- <83> 청정한 생성가스(상당량의 증기를 함유)는 미스트 추출기(mist extractor)(251)를 통해 가스세정조(233)를 떠나 재열교환기(230)의 냉온측으로 흐르고, 그 곳에서 고온 생성가스에 의해 가열되어, 그 온도에 가까워진다. 재열된 청정 생성가스는 관로(252)를 거쳐 터보기계로 복귀한다.
- <84> 재열교환기(230), 가스세정조(233), 접촉기(232), 미스트 추출기(251) 및 관련 배관으로 된 가스세정 시스템 대신에, 미립상 진애를 증기 가스로부터 분리시키는 다른 방법으로서 복수의 다공질 자기필터 심블(porous ceramic filter thimbles)등과 같은 방법을 채용할 수도 있다.
- <85> 고온의 청정가스는 제1단계 터빈(253)을 통해 일부가 팽창되어, 제2단계 공기압축기(219)에 축마력의 형태로 기계에너지를 공급한다. 터빈(253)의 주요 성분을 안전운전온도 한계내로 유지하기 위하여, 관로(220)로부터의 고압 증기 및/또는 공기를 내부 냉각통로(도시하지 않은 연결관에 의해)로 공급한다.
- <86> 터빈(253)에서 에너지를 전도하고 냉각된 일부 팽창된 가스는 횡단관(crossover)(254)을 거쳐 흘러서 제2단계 터빈(255)에서 더욱 팽창되어, 제1단계 공기압축기(217)에 축마력의 형태로 기계 에너지를 공급한다. 터빈(255)에서 에너지를 전도하고 더욱 냉각된 일부 팽창된 가스는 횡단관(256)을 거쳐 제3단계 터빈(257)에서 다시 팽창된다. 터빈(257)의 구동시의 터빈(255)의 배기의 보충을 위해 과열된 증압 증기를 관로(258)를 통해 합류시킨다. 터빈(257)은 축마력의 형태의 기계에너지를 발전기(또는 교류기)(259)에 공급하고, 이 발전기(259)는 기계에너지를 전기 에너지로 변환한다. 윤활유펌프등(도시하지 않은 도관을 통해)과 같은 소량의 전력발전 내부시설용으로 사용된 전력 이외의 실 발전전력은 도관(260)을 통해 장치로부터 공급된다.
- <87> 증기를 관로(226)를 거쳐 반응기로 주입하는 것과, 관로(258)를 통해 터빈(257)으로 주입되는 가스터빈설비를 "증기 주입 가스터빈" 또는 "STIG" 로 분류한다.
- <88> 제2도의 실시예는 상용적이거나, 상용의 가능성이 있는 가스터빈이 될 수 있는 구조로 하였다. 반응기(221)의 압력은 압축기(219)의 토출압력의 용량에 따라 결정된다. 터빈(253)의 토출압력은 압축기(219)에 의해 소비된 것과 동일한 전력만큼만 발생하도록 조절된다. 마찬가지로 터빈(255)의 토출압력은 압축기(217)에 의해 소비된 것과 동일한 전력만큼만 발생하도록 조절되며, 가스중의 잉여의 위치에너지는 가압 배기의 형태로 터빈(257)에 전도된다.
- <89> 상기에서는 특정 제조업체에 의해 공급된 터보기계에 의해 설명하였으나, 제2도의 실시예는 다른 공기 토출압력을 갖는 기타 제조업체의 터보기계 및/또는 개별 기계의 수나 그 기계간의 관계가 변형된 것도 용이하게 채용할 수가 있다.
- <90> 터빈(257)은 배기가스를 배기 매니폴드(261)에 토출하여, 이곳에서 충분히 팽창된 가스를 열회수 증기발생기(HRSG)(262)에 도입한다. HRSG(262)는 절탄기, 보일러, 과열기등으로 되며, 터빈 배기로부터

열을 회수하기 위해 설계되고, 몇몇 제조업체로부터 공급되는 얼마간 표준화된 설비이다. 본 실시예의 구성과 같이 이 설비는 절탄기, 저압, 중압, 고압의 보일러 및 중압 증기용 과열기로 이루어진다. 기타의 여러 구성, 특히 증기 압력과 절탄기 및 과열기의 배치에 관한 변형례도 적용 가능하다.

- <91> 경제적으로 유용한 열을 회수하였던 배기는 배기구(263)를 통해 대기로 방출된다. 보일러 급수는 펌프(249)에 의해 관로(264)를 거쳐 HRSG(262)에 공급된다. 저압 증기는 관로(265)를 통해, 관로(208)에 의한 원료 슬러리(필요하다면)의 열교환, 추운 날씨의 건물 난방용등의 장외용으로 공급된다. 중압 증기는 파열되어 관로(258)를 통해 터빈(257)의 흡기구로 공급된다. 고압 증기는 관로(226)를 통해 공기-슬러리 혼합기(215) 및/또는 반응기(221)로 공급된다. 중압 증기중의 일부는 관로(266)를 통해 장외용으로 공급된다. 고압 증기는 통상은 과열하지 않지만, 실용상은 약간 과열해주어서 배관내에서의 좋지 못한 응축을 최소화하는 것이 바람직하다. 블로다운(blowdown)은 고압 보일러로부터 중압 보일러를 거쳐 저압 보일러로 폭류하여 HRSG(262)로부터 제어기(267)를 통해 배출된다. 장외에서의 저압 증기에 대한 수요는 간헐적이기 때문에 HRSG(262)에 급수배관 연결관과 밸브를 설치하여, 열전도면이 저압 보일러로부터 절탄기 코일 및 중압 보일러로 전환되도록 한다.
- <92> HRSG(262)에는 연소용으로 보충 연료(즉 "덕트 버너(duct burner)")를 구비하고, 탄질 슬러리를 탄화온도까지 가열시키는 코일을 내장한다.
- <93> 제2도의 실시예는 습윤공기 터빈(HAT) 사이클(Humid Air Turbine cycle)의 변형에도 채용할 수 있는데, 이는 포화기(saturator)를 관로(252)내에 삽입하고, 여기에 HRSG(262)의 절탄기부에서 예열한 후의 관로(264)내의 적어도 일부의 "보일러 급수" 를 도입한다. 배기가스중의 일부는 증기 발생기(및 관로(226)을 거친 증기의 주입)로부터 분류하여 포화기로 흐르는 물을 예열한다.
- <94> 만일 슬러리화 설비(203)에서의 밀도 분리와 탄화부(210)에서의 추출에도 불구하고, 반응기(221)에 토출되는 탄 슬러리가 위험할 정도의 회분을 발생할 독성 금속을 함유할 경우에는 혼합기(215)에서 슬러리와 혼합되는 1차 산화제의 양 및/또는 그 산소농도를 증가시켜, 반응기(221)의 상부에 도달한 온도가 대부분의 회성분의 용점을 초과시키도록 한다. 그렇게 되면 현탁된 회분입자는 용융 슬랙의 소구립(globule)이 된다. 이어서 증기를 관로(226) 및/또는 관로(222)를 통해 2차 또는 3차 산화제(산화에 위한 것 이외의)를 도입하면 혼합온도를 회분의 용점 이하로 급냉하여, 회분을 해리영역(223)에서 생성가스로부터 분리하고, 사이클론(227)을 대략적인 소구체(globule)의 비점착성 입자로 만든다.
- <95> 또한 고온 가스-슬랙 소구체 혼합물의 일부 또는 전부를 가스세정조(233)의 상부로부터 관로(268), 가스 순환기(269) 및 급냉관로(270)에 의해 재순환된 냉각된 청정 생성가스로 급냉할 수도 있다. 상기 대신에 해리영역(223) 위로 주입된 물로 급냉할 수도 있다(도시하지 않은 관로에 의해). 이들 2종 또는 2종을 조합한 기타 방법에 의한 급냉은 해리영역(223)의 생성가스의 온도를 조절하기 위해 필요한 잉여 공기의 양을 감소시킴으로써, 탄 슬러리의 추가적인 산화를 가능하게 한다.
- <96> 재순환된 청정 생성가스로 급냉하면, 그 후에 해리영역(223), 사이클론(227), 재열교환기(230)의 고온측 및 가스세정조(233)를 통한 재순환을 수반하게 된다. 재열교환기(230)의 냉온측의 실 청정 생성가스의 열용량은 상기의 부담에 불충분하다. 따라서 이 추가적인 부담을 관로(236)에 개재한 교환기(도시하지 않지만 제5도의 교환기(545)와 유사한 것)에 분담시켜, 탄 슬러리나 보일러 급수를 예열한다. 그러나 재열교환기(230)와 병렬 또는 직렬로 다른 열교환기 또는 폐열 보일러(도시하지 않음)를 설치하고, 냉각열의 일부를 보일러 급수등에 전도하여, 그와 같은 고온 생성 가스의 냉각부담을 보충할 필요도 있다.
- <97> 도면에는 단선 연결로 도시하고 있지만, 실제로는 증기, 공기, 냉각가스 및/또는 물은 그 주변에, 그리고 1개 이상의 편면에 위치한 복수의 연결관을 통해 주입된다.
- <98> 제2도에는 냉각시동(cold start)으로 장치에 유입시키는 등에 필요한 보조 시스템 및 장치, 보조 연료 및 전력, 블로다운 및 압력제거 시스템등은 도시하지 않았다.
- <99> 제3도는 제1도를 구체화한 것으로서, 고 에너지밀도의 탄 슬러리를 열 산화하고, 고온가스로부터 회분입자를 분리하고, 그 열 및 압력 에너지를 가스터빈 발전기에 의해 전기로 변환시킴으로써, 고 에너지밀도의 탄 슬러리를 전기로 변환하는 예를 나타낸 것이다. 터빈의 배기에 남아 있는 열은 증기로 변환되어 압축 증기터빈 발생기(condensing steam turbine generator)를 통해 팽창되어 추가로 전기를 발생한다.
- <100> 농축 또는 재슬러리화된 탄 슬러리는, 바람직하기는 그것이 생성된 온도에서 관로(301)를 통해 장치에 도입되고, 반응기 가압펌프(302)에 의해 가압되어, 관로(303)를 통해 분산 및 혼합기(304)로 공급된다. 관로(303)의 탄 슬러리가 그 대기압 비점에 가까운 온도이고, 폐기될 처리열을 탄 슬러리에 전도하는 것이 경제적인 경우에는, 위 열교환기(도시하지 않음)를 관로(303)에 개재시킨다.
- <101> 대기를 종래의 진에필터(도시하지 않음)가 위치한 도관(305)을 통해 제1단계 공기압축기(306)의 흡기구로 도입하고, 그 곳에서 승압된 공기를 연결관(307)을 통해 제2단계 공기압축기(308)에 공급하고, 그 곳에서 고온 및 더욱 상승된 압력으로 관로(303)에 공급한다. (어떤 제조업체의 2단계 가스터빈 압축기중에는 중간 냉각기 및 응축물을 해리하는 드럼을 제1 및 제2단계간에 개재한 것도 있다).
- <102> 관로(304)로부터의 탄 슬러리와 관로(304)로부터의 공기는 혼합기(304)에서 밀접하게 혼합되거나, 또는 혼합기(215)를 서로 밀착해서 지나간다. 이 공기는 1차 통로와 2차 통로로 갈라질 수 있으며, 혼합기(304)는 과류방지재 및/또는 혼합기 기술분야에서 알려지고 있는 공기 및/또는 증기 무화를 포함한 버너 및/또는 분무건조기 설계의, 기타 분산 및 혼합수단으로 구성된다. 공기-슬러리 혼합물은 미국 특허 5,050,375의 제1도에 나타난 인터널(도시하지 않음)을 설치하여도 좋은 연장형 산화반응기(310)의 흡기구 영역으로 유입되게 함으로써, 반응의 진행이 신속히 이루어지는 온도까지 연료-공기 혼합물을 빨리 가열할 목적으로 고온의 산화 생성물의 재순환을 유발시킨다. 관로(309)내의 공기는 일부가 2차 및 3차 공기가 되어 연결관(311, 312)등을 통해 혼합기(304)의 혼합반응 하류측으로 분류된다.
- <103> 제1도에 나타난 관로(124)를 거쳐 배출되는 것과 같은 탄화부에 발생한 가스는 혼합기(304) 또는

반응기(310)의 흡기구영역으로도 도입한다(도시하지 않은 연결관에 의해).

- <104> 반응기(310)의 내경은 고체입자가 기상에 실리어 기상과 함께 흐를 수 있는, 비교적 고속도의 반응영역을 제공할 수 있도록 선택한다. 연료입자는 산소와 반응하여 이산화탄소와 증기를 형성하고, 대응하는 반응열을 방출하여 혼합물의 온도를 높인다. 그러나 공기/슬러리비를 조정하여 최대온도를 제한한다.
- <105> 확장된 직경의 해리영역(313)에 방출되던 고체입자의 운동에너지는 중력과 더불어 대부분을 가스상 생성물로부터 해리하게 하여 원추형의 저부(314)로 낙하시키고, 그 곳으로부터 주 관주(315)를 통해 배출한다. 원추형 저부(314)는 고체입자를 자유류 상태로 유지하기 위해 공기 및/또는 증기를 주입시키는 통기 연결관(도시하지 않음)을 구비한다.
- <106> 제3도에 나타난 반응기(310)의 흐름방향은 하향이지만, 본 발명용 입자함유 가스류 반응기는 상향이나 수평방향의 흐름이어도 되며, 생성물의 재순환 통로는 내부이기보다는 외부에 있다. 미국 특허 5,050,375의 제3도는 비교적 짧은 외부 재순환 통로를 허용할 수 있는 U자형 반응기를 나타낸다. 제3도의 실시예의 반응기는 반드시 입자함유 가스류형 반응기이어야 할 필요는 없으며, "수송" 상태에서도 동작할 수 있는 반응기를 포함해서 제5도에 나타난 바와 같은 순환식 유동상 반응기로 구성할 수도 있다.
- <107> 약간의 미립상 회분입자를 지니는 생성가스는 해리영역(313)으로부터 사이클론 분리기(316)로 토출한다. 사이클론(316)은 원심력을 이용하여 가스와 생성가스에 실린 진애입자를 더욱 분리하고, 이 분리된 것은 중력에 의해 주 관주(315)와 접촉된 관주(317)로 낙하한다. 사이클론(316) 대신에 다단계, 또는 기타 기지의 가스-고체 분리기등을 포함한 다른 구성의 사이클론도 사용할 수가 있다.
- <108> 사이클론(316)에서 미분리된 미립상 진애입자를 아직 지니고 있는 생성가스는 관로(318)를 통해 재열교환기(319)의 고온측에 유입하여, 이 곳에서 청정(세정)된 가스와 간접적인 열교환에 의해 그 노점에 접근하는 온도까지 냉각된다. 다음에 냉각된 생성가스는 관로(320)를 거쳐 접촉기(321)로 유입되어, 그 곳에서 그 노점까지 더욱 냉각되고, 가스 세정조(322)의 저부로부터 흡기관(323), 미세 슬러리펌프(324) 및 재순환관(325)에 의해 재순환된 미세 슬러리와 접촉시킴으로써 생성가스에 실린 진애입자를 흡윤시킨다.
- <109> 접촉기(321)내에서 냉각된 생성가스를 미세 슬러리와 접촉시키는 대신에, 가스세정조(322)의 하부에서 슬러리 분무 노즐이나 기타의 증기-액체 접촉수단(도시하지 않음)에 의해 접촉시킬 수도 있다.
- <110> 미세 슬러리의 실 생성물은 펌프(324)에 의해 관로(326)를 통해 방출기(327)에 공급되며, 또한 이 방출기(327)는 관주(315, 317)를 거쳐 해리영역(313) 및 사이클론(316)에서 분리된 회분입자를 받는다. 약간의 가스를 수반한 회분입자는 방출기(327)에서 냉각, 습윤, 슬러리화되어, 관로(328)를 통해 액화가스 분리기(329)로 토출한다. 액화가스 분리기(329)에서 액화가스는 회분 슬러리로부터 해리, 분리되어, 평형량의 증기와 함께 관로(330)를 거쳐 가스세정조(322)로 배기된다. (관로(330)내의 가스를 수반한 증기의 잠열은 고온의 회분으로부터 회수된 열을 나타낸다). 회분 슬러리는 저부 연결관을 거쳐 관로(331)로 도입되어, 그 곳으로부터 회분 슬러리 급수 열교환기(332)의 고온측으로 흘러서, 이곳에서 압력 제어기(333)를 통해 종래의 슬러리처리시설로 토출하기에 적당한 온도로 냉각된다. 분리기(329)의 회분 슬러리중의 열을 급수에 이용하는 대신에, 주입되는 탄 슬러리를 가열하는 데 이용하는 경우도 있다.
- <111> 처리된 보일러 급수는 장외 펌프의 압력에 의해 관로(334)를 거쳐 장치에 공급되어, 열교환기(332)내의 회분 슬러리와와의 간접적인 열교환에 의해 예열된다. 예열된 급수는 열교환기(332)로부터 관로(335)를 거쳐 보일러 급수조(336)(적절히 설계된 "탈기기" 이어도 좋다)로 흐른다. 열교환기(332)에서의 가열에 의해 유리된 가스는 급수조(336)의 상부로부터 압력제어기(337)를 통해 대기로 배기된다. 보일러 급수펌프(338)는 급수조(336)로부터 급수를 흡입하여, 이 급수를 관로(339)를 통해 가스세정조(233)의 상부 단면에 걸쳐 배열된 일련의 분무 노즐에 방출한다. 분무 노즐은 복수의 높이 차이를 두어 배치할 수도 있다. 급수를 가스세정조(322)로부터 상승하는 가스류에 분무하는 목적은 가스류를 그 노점보다 약간 낮게 냉각하여 그것에 함유되어 있는 증기의 소량을 농축시키기 위한 것이다. 진애입자 주위의 물을 농축하면 진애를 효과적으로 습윤시켜서 가스상으로부터 제거시킬 수가 있다. 분무 접촉의 액체/가스비를 증가시키기 위하여 내부 배기펌프 및 순환펌프(도시하지 않음)에 의해 재순환시킬 수도 있다. 다른 적당한 원천으로부터의 물을 보일러 급수로 대신 할 수도 있다.
- <112> 청정한 생성가스는 미스트 추출기(340)를 통해 가스세정조(322)를 떠나 재열교환기(319)의 냉온측으로 흐르고, 그 곳에서 고온 생성가스에 의해 가열되어, 그 온도에 가까워진다. 재열된 청정 생성가스는 관로(341)를 거쳐 터보기계로 복귀한다.
- <113> 재열교환기(319), 가스세정조(322), 접촉기(321), 미스트 추출기(340) 및 관련 배관으로 된 가스세정 시스템 대신에, 미립상 진애를 증기 가스로부터 분리시키는 다른 방법으로서 복수의 다공질 자기필터 심블등과 같은 방법을 채용할 수도 있다.
- <114> 고온의 청정가스는 제1단계 터빈(342)을 통해 일부가 팽창되어, 제2단계 공기압축기(308)에 축마력의 형태로 기계에너지를 공급한다. 터빈(342)의 주요 성분을 안전운전온도 한계내로 유지하기 위하여, 압축기(308)로부터 토출된 고압 증기 및/또는 공기를 내부 냉각통로(도시하지 않은 연결관을 통해)로 공급한다.
- <115> 터빈(342)에서 에너지를 전도하고 냉각된 일부 팽창된 가스는 횡단관(343)을 거쳐 흘러서 제2단계 터빈(344)에서 더욱 팽창되어, 제1단계 공기압축기(306)에 축마력의 형태로 기계에너지를 공급한다. 터빈(344)에서 에너지를 전도하고 더욱 냉각된 일부 팽창된 가스는 횡단관(345)을 거쳐 제3단계 터빈(346)에서 다시 팽창되어, 발전기(또는 교류기)(347)에 축마력의 형태로 기계에너지를 공급하고, 발전기(347)는 이를 전기에너지로 변환하여 도관(348)을 통해 공급한다.
- <116> 반응기(310)의 압력은 압축기(308)의 토출압력의 용량에 따라 결정된다. 터빈(342)의 토출압력은 압축기(308)에 의해 소비된 것과 동일한 전력만큼만 발생하도록 조절된다. 마찬가지로 터빈(344)의 토출압력은 압축기(306)에 의해 소비된 것과 동일한 전력만큼만 발생하도록 조절되며, 가스중의 잉여의 위치

에너지는 가압 배기의 형태로 터빈(346)에 전도된다.

- <117> 제3도는 특정 제조업자에 의해 공급된 터보기계에 의해 설명하였으나, 다른 공기 토출압력을 갖는 기타 제조업자의 터보기계 및/또는 개별 기계의 수나 그 기계간의 관계가 변형된 것도 용이하게 채용할 수가 있다.
- <118> 터빈(346)은 배기가스를 배기 매니폴드(349)에 토출하여, 이곳에서 충분히 팽창된 가스를 열회수 증기발생기(HRSG)(350)에 도입한다. HRSG(350)는 절탄기, 보일러, 과열기등으로 되며, 터빈배기로부터 열을 회수하기 위해 설계되고, 몇몇 제조업체로부터 공급되는 얼마간 표준화된 설비이다. 본 실시예의 구성과 같이 HRSG(350)는 절탄기, 저압, 중압, 고압의 보일러 및 고압 및 중압 증기용 과열기로 이루어진다. 기타의 여러 구성, 특히 증기 압력과 절탄기 및 과열기의 배치에 관한 변형례도 적용 가능하다.
- <119> 경제적으로 유용한 열을 회수하였던 배기는 배기구(351)를 통해 대기로 방출된다. 보일러 급수는 펌프(338)에 의해 관로(352)를 거쳐 HRSG(350)에 공급된다. 고압 급수 가압펌프(도시하지 않음)는 고압 보일러를 충전시키기 위해 필요할 수도 있다. 저압 증기는 관로(353)를 통해, 관로(208)를 통해 주로 원료 슬러리(필요하다면)의 열균용, 추운 날씨의 건물 난방용등의 장외용으로 공급된다. 과열된 고압 증기는 관로(354)를 거쳐 압축 증기터빈(355)에 공급된다. 과열된 중압 증기는 관로(356)를 거쳐 그 압력에 적합한 터빈(355)의 중간단계로 흐른다. 터빈(355)에서 고압 및 중압 증기의 팽창에 의해 생성된 에너지는 발전기(또는 교류기)(357)에 축마력으로 전도되어, 발전기(357)를 이를 전기로 변환하여 도관(358)을 거쳐 도관(348)의 전기와 합류된다. 소량의 전력을 유틸리티펌프(도시하지 않은 도관을 통해)등의 내부 설비용으로 돌린 후에, 전기의 실 발생량은 장치로부터 도관(359)를 통해 공급된다. 장내의 다른 시설이 포화된 및/또는 과열된 중압 증기를 필요로 할 경우에는 터빈(355)으로부터 일정량의 증기를 1개 또는 복수의 관로(도시하지 않음)를 통해 분류시킨다. 저압 증기에 대한 수요는 간헐적이므로 연결관(도시하지 않음)을 설치하여 잉여의 저압 증기를 터빈(355)의 적절한 단계로 공급하도록 한다. 블로다운은 고압 보일러로부터 중압 보일러를 거쳐 저압 보일러로 폭류하여 HRSG(350)로부터 제어기(357)를 통해 배출된다. HRSG(350)에는 연소용으로 보충 연료(즉 "덕트 버너")를 구비하고, 탄질 슬러리를 탄화온도까지 가열시키는 코일을 내장한다.
- <120> 충분히 팽창된 증기는 터빈(355)을 떠나서 진공관로(361)를 통해서 진공 표면응축기(362)에 공급된다. 도면에 나타낸 바와 같이 증기를 농축하여 진공을 만드는 데 소비된 열은 간접적으로 관로(363)에 의해 응축기(362)의 냉온축의 냉각수에 전도되고, 이 냉각수는 관로(364)를 통해 장외의 냉각탑으로 복귀한다. 한편 물 냉각의 응축기(362) 대신에 공기 냉각의 응축기를 사용할 수도 있다. 증기 응축물은 응축기(362)의 저부에 집적되어, 이곳으로부터 중력에 의해 관로(365)를 통해 응축물 수용조(366)로 배출된다. 터빈(355)에서 배기된 증기와 함께 응축기(362)에 들어오는 모든 비응축성 가스를 대기로 배기하기 위하여, 진공펌프 또는 증기식 공기추출기등의 진공배기장치(367)를 수용조(366)의 상부에 연결한다. 증기 응축물은 수용조(366)로부터 관로(368)를 거쳐 복수펌프(369)로 흘러서, 충분한 압력을 얻고 급수조(336)로 토출한다.
- <121> 제3도의 실시예는 습윤공기 터빈(HAT) 사이클의 변형예도 채용할 수 있는 데, 이는 포화기를 관로(341)내에 삽입하고, 여기에 HRSG(262)의 절탄기부에서 예열한 후의 관로(352)내의 적어도 일부의 "보일러 급수" 를 도입한다. 배기가스중의 일부는 증기 발생기로부터 분류하여 포화기로 흐르는 물을 예열한다.
- <122> 만일 준비화과정에서의 밀도 분리와 추출에도 불구하고, 반응기(310)에 토출되는 탄 슬러리가 위험할 정도의 회분을 발생할 독성 금속을 함유할 경우에는 혼합기(304)에서 슬러리와 혼합되는 1차 산화체의 양 및/또는 그 산소농도를 증가시켜, 반응기(310)의 상부에 도달한 온도가 대부분의 회성분의 융점을 초과시키도록 한다. 그렇게 되면 현탁된 회분입자는 용융 슬래크의 소구립이 된다. 이어서 관로(311, 312)를 통해 2차 또는 3차 산화제(산화를 위한 것 이외의)를 도입하면 혼합온도를 회분의 융점 이하로 급냉하여, 해리영역(313) 및 사이클론(316)에서 생성가스로부터 분리된 회분을 대략적인 소구체의 비접착성 입자로 만든다.
- <123> 또한 고온 가스-슬래크 소구체 혼합물의 일부 또는 전부를 가스세정조(322)의 상부로부터 관로(370), 가스 순환기(371) 및 급냉관로(372)에 의해 재순환된 냉각된 생성가스로 급냉할 수도 있다. 상기 대신에 해리영역(313) 위로 주입된 물로 급냉할 수도 있다(도시하지 않은 관로에 의해). 이들 2중 또는 2중을 조합한 기타 방법에 의한 급냉은 관로(318)의 생성가스의 온도를 조절하기 위해 필요한 잉여 공기의 양을 감소시킴으로써, 탄 슬러리의 추가적인 산화를 가능하게 한다.
- <124> 재순환된 청정 생성가스로 급냉하면, 그 후에 해리영역(313), 사이클론(316), 재열교환기(319)의 고온측 및 가스세정조(322)를 통한 재순환을 수반하게 된다. 재열교환기(319)의 냉온측의 실 청정 생성가스의 열용량은 상기의 부담에 불충분하다. 따라서 이 추가적인 부담을 관로(325)에 개재한 교환기(도시하지 않지만, 제5도의 교환기(545)와 유사한 것)에 분담시켜, 탄 슬러리나 보일러 급수를 예열한다. 그러나 재열교환기(319)와 병렬 또는 직렬로 다른 열교환기 또는 폐열 보일러(도시하지 않음)를 설치하고, 냉각열의 일부를 보일러 급수등에 전도하여, 그와 같은 고온 생성가스의 냉각부담을 보충할 필요도 있다.
- <125> 도면에는 단선 연결로 도시하고 있지만, 실제로는 공기, 냉각가스 또는 물은 그 주변에, 그리고 1개 이상의 편면에 위치한 복수의 연결관을 통해 주입된다.
- <126> 제3도에는 냉각 시동으로 장치에 유입시키는 등에 필요한 보조 시스템 및 장치, 보조연료 및 전력, 블로다운 및 압력제거 시스템등은 도시하지 않았다.
- <127> 제4도는 제1도를 구체화한 것으로서, 고 에너지 밀도의 탄 슬러리를 2단계로 열 산화하고, 제1단계 가스로부터 회분입자를 분리하고, 그 화학, 열 및 압력 에너지를 가스터빈 발전기에 의해 전기로 변환시킴으로써, 고 에너지밀도의 탄 슬러리를 전기로 변환하는 예를 나타낸 것이다. 터빈의 배기에 남아 있는 열은 증기로 변환되어 압축 증기터빈 발생기를 통해 팽창되어 전기를 추가로 발생한다.
- <128> 농축 또는 재슬러리화된 탄 슬러리는 바람직하기는 그것이 생성된 온도에서 관로(401)를 통해 장

치에 도입되고, 반응기 가압펌프(402)에 의해 가압되어, 관로(403)를 통해 분산 및 혼합기(404)로 공급된다. 관로(403)의 탄 슬러리가 그 대기압 비점에 가까운 온도이고, 폐기될 처리열을 탄 슬러리에 전도하는 것이 경제적인 경우에는, 열교환기(도시하지 않음)를 관로(403)에 개재시킨다.

- <129> 대기를 종래의 진애피터(도시하지 않음)가 위치한 도관(405)을 통해 제1단계 공기압축기(406)의 흡기구로 도입하고, 그 곳에서, 승압된 공기를 연결관(407)을 통해 제2단계 공기압축기(408)에 공급하고, 그 곳에서 고온의 압축공기의 일부를 더욱 상승된 압력으로 관로(409)에 공급한다. (어떤 제조업자의 2단계 가스터빈 압축기 중에는 중간냉각기 및 응축물을 해리하는 드럼을 제1 및 제2단계간에 개재한 것도 있다).
- <130> 관로(409)의 공기의 일부 또는 전부는 공기 분리부(도시하지 않음)에서 분류시켜 혼합기(404)로 도입되는 산소농도를 보통의 공기보다 높게 할 수 있다.
- <131> 관로(403)로부터의 탄 슬러리와 관로(409)로부터의 압축 산화체는 혼합기 (215)에서 밀접하게 혼합되거나, 또는 혼합기(215)를 서로 밀착해서 지나간다. 이 산화체는 1차 통로와 2차 통로로 갈라질 수 있으며, 혼합기(404)는 과유방지재 및/또는 혼합기 기술 분야에서 알려져 있는 공기 및/또는 증기 무화를 포함한 버너 및/또는 분무건조기 설계의, 기타 분산 및 혼합수단으로 구성된다. 산화체-슬러리 혼합물은 미국 특허 5,050,375의 제1도에 나타난 인터널(도시하지 않음)을 설치하여도 좋은 연장형 산화반응기(410)의 흡기구 영역으로 유입되게 함으로써, 반응의 진행이 신속히 이루어지는 온도까지 슬러리-산화체 혼합물을 빨리 가열할 목적으로 고온의 산화 생성물의 재순환을 유발시킨다.
- <132> 제1도에 나타난 관로(124)를 거쳐 배출되는 것과 같은 탄화부에 발생한 가스는 혼합기(404) 또는 반응기(410)의 흡기구영역으로도 도입할 수도 있다(도시하지 않은 연결관에 의해).
- <133> 반응기(410)의 내경은 고체입자가 기상에 실리어 기상과 함께 흐를 수 있는, 비교적 고속도의 반응영역을 제공할 수 있도록 선택한다. 탄 입자는 산소와 반응하여 일산화탄소와 이산화탄소 및 수소를 형성하고, 대응하는 반응열을 방출하여 혼합물의 온도를 높여서, 탄 입자로부터 약간의 경 탄화수소 가스를 발생시켜서 연료 가스로 형성시킨다. 그러나 산화체/슬러리를 조정하여 최대온도를 제한한다.
- <134> 확장된 직경의 해리영역(413)에 방출되면 고체입자의 운동에너지는 중력과 더불어 대부분을 연료 가스로부터 해리하게 하여 원추형의 저부(414)로 낙하시키고, 그 곳으로부터 주 관주(415)를 통해 배출한다. 원추형 저부(414)는 고체입자를 자유류 상태로 유지하기 위해 증기 및/또는 냉각가스를 주입시키는 통기 연결관(도시하지 않음)을 구비한다.
- <135> 제4도에 나타난 반응기(410)의 흐름방향은 하향이지만, 본 발명용 입자함유 가스류 반응기는 상향이나 수평방향의 흐름이어도 되며, 생성물의 재순환 통로는 내부이기보다는 외부 또는 측방향에 있다. 미국 특허 5,050,375의 제3도는 비교적 짧은 외부 재순환 통로를 허용할 수 있는 U자형 반응기를 나타낸다. 제4도의 실시예의 반응기는 반드시 입자함유 가스류형 반응기이어야 할 필요는 없으며, "수송" 상태에서 동작할 수 있는 반응기를 포함해서 제5도에 나타난 바와 같은 순환식 유동상 반응기로 구성할 수도 있다.
- <136> 약간의 미립상 회분입자를 지니는 고온 연료가스는 해리영역(413)으로부터 사이클론 분리기(416)로 토출한다. 사이클론(416)은 원심력을 이용하여 가스와 생성가스에 실린 진애입자를 더욱 분리하고, 이 분리된 것은 중력에 의해 중력에 의해 주 관주(415)와 접속된 관주(417)로 낙하한다. 사이클론(416) 대신에 다단계, 또는 기타 기지의 가스-고체 분리기등을 포함한 다른 구성의 사이클론도 사용할 수가 있다.
- <137> 사이클론(416)에서 미분리된 미립상 진애입자를 아직 지니고 있는 고온 연료가스는 관로(418)를 통해 재열교환기(419)의 고온측에 유입하여, 이 곳에서 세정된 가스와 간접적인 열교환에 의해 그 노점에 접근하는 온도까지 냉각된다. 다음에 냉각된 연료가스는 관로(420)를 거쳐 접촉기(421)로 유입되어, 그 곳에서 그 노점까지 더욱 냉각되고, 가스 세정조(422)의 저부로부터 흡기관(423), 미세 슬러리펌프(424) 및 재순환관(425)에 의해 재순환된 미세 슬러리와 접촉시킴으로써 연료가스에 실린 진애입자를 습윤시킨다.
- <138> 접촉기(421)내에서 냉각된 생성가스를 미세 슬러리와 접촉시키는 대신에, 가스세정조(422)의 하부에서 슬러리 분무 노즐이나 기타의 증기-액체 접촉수단(도시하지 않음)에 의해 접촉시킬 수도 있다.
- <139> 미세 슬러리의 실 생성물은 펌프(424)에 의해 관로(426)를 통해 방출기(427)에 공급되며, 또한 이 방출기(427)는 관주(415, 417)를 거쳐 해리영역(413) 및 사이클론(416)에서 분리된 회분입자를 받는다. 약간의 가스를 수반한 회분입자는 방출기(427)에서 냉각, 습윤, 슬러리화되어, 관로(428)를 통해 액화가스 분리기(429)로 토출한다. 액화가스 분리기(429)에서 액화가스는 회분 슬러리로부터 해리, 분리되어, 평형량의 증기와 함께 관로(430)를 거쳐 가스세정조(422)로 배기된다. (관로(430)내의 가스를 수반한 증기의 잠열은 고온의 회분으로부터 회수된 열을 나타낸다). 회분 슬러리는 저부 연결관을 거쳐 관로(431)로 도입되어, 그 곳으로부터 회분 슬러리 급수 열교환기(432)의 고온측으로 흘러서, 이곳에서 압력 제어기(433)를 통해 종래의 슬러리처리시설로 토출하기에 적당한 온도로 냉각된다.
- <140> 처리된 보일러 급수는 장외 펌프의 압력에 의해 관로(434)를 거쳐 장치에 공급되어, 열교환기(432)내의 회분 슬러리와 간접적인 열교환에 의해 예열된다. 예열된 급수는 열교환기(432)로부터 관로(435)를 거쳐 보일러 급수조(436)(적절히 설계된 "탈기" 이어도 좋다)로 흐른다. 열교환기(432)에서의 가열에 의해 해방된 가스는 급수조(436)의 상부로부터 압력제어기(437)를 통해 대기로 배기된다. 보일러 급수펌프(438)는 급수조(336)로부터 급수를 흡입하여, 이 급수를 관로(439)를 통해 가스세정조(422)의 상부 단면에 걸쳐 배열된 일련의 분무 노즐에 방출한다. 분무 노즐은 복수의 높이 차이를 두어 배치할 수도 있다. 급수를 가스세정조(422)로부터 상승하는 가스류에 분무하는 목적은 가스류를 그 노점보다 약간 낮게 냉각하여 그것에 함유되어 있는 증기의 소량을 응축시키기 위한 것이다. 진애입자 주위의 물을 응축하면 진애를 효과적으로 습윤시켜서 가스상으로부터 제거시킬 수가 있다. 분무 접촉의 액체/가스비를 증가시키기 위하여 내부 배기펌프 및 순환펌프(도시하지 않음)에 의해 재순환시킬 수도 있다. 다른 적당한 원

천으로부터의 물을 보일러 급수로 대신 할 수도 있다.

- <141> 재열교환기(419), 가스세정조(422), 접촉기(421), 급수분무관로(439), 미스트 추출기(440), 및 그에 관련되는 배관으로 되는 가스세정 시스템 대신에, 미립상 진애를 분리하는 다른 방법으로서 복수의 자기필터 심볼등과 같은 방법을 채용할 수도 있다.
- <142> 청정 연료가스는 미스트 추출기(440)를 통해 가스세정조(422)를 떠나 재열교환기(419)의 냉온측으로 흐르고, 그 곳에서 고온 연료가스에 의해 가열되어, 그 온도에 가까워진다. 재열된 가스는 관로(441)를 거쳐 제2단계 산화 반응기(442)로 흐르고, 그곳에서 압축기(408)로부터 관로(443)를 토출된 평형량의 공기와 합류하여 혼합된다. 터빈 제조업자가 천연가스연료용으로 공급하는 반응기의 단순한 1변형에 지나지 않은 반응기(442)에서 충분한 잉여 공기의 존재하에 터빈 규격에 합격할수 있는 온도로 억제하여 산화를 완료한다. 다음에 고온의 청정 생성물은 도관(444)에 의해 가스터빈의 흡입구에 공급된다.
- <143> 제1도에 나타난 관로(124)를 거쳐 배출되는 것과 같은 탄화부에 발생한 가스는 혼합기(404) 및 반응기(410)를 거치지 않고 반응기(442)로 향하는 청정 연료가스에 합류할 수도 있다(도시하지 않은 연결관에 의해),
- <144> 고온 생성가스는 제1단계 터빈(445)을 통해 일부가 팽창되어 제2단계 공기압축기(408)에 축마력의 형태로 기계에너지를 공급한다. 터빈(445)의 주요 성분을 안전온전온도 한계내로 유지하기 위하여, 압축기(408)로부터 토출된 고압 증기 및/또는 공기를 내부 냉각통로(도시하지 않은 연결관을 통해)로 공급한다.
- <145> 터빈(445)에서 에너지를 전도하고 냉각된 일부 팽창된 가스는 횡단관(446)을 거쳐 흘러서 제2단계 터빈(447)에서 더욱 팽창되어, 제1단계 공기압축기(406)에 축마력의 형태로 기계에너지를 공급한다, 터빈(447)에서 에너지를 전도하고 더욱 냉각된 일부 팽창된 가스는 횡단관(448)을 거쳐 제3단계 터빈(449)에서 다시 팽창되어, 발전기(또는 교류기)(450)에 축마력의 형태로 기계에너지를 공급하고, 발전기(450)는 이를 전기에너지로 변환하여 도관(451)을 통해 공급한다.
- <146> 반응기(410)의 압력은 압축기(408)의 토출압력의 용량에 따라 결정된다. 터빈(455)의 토출압력은 압축기(408)에 의해 소비된 것과 동일한 전력만큼만 발생하도록 조절된다. 마찬가지로 터빈(447)의 토출압력은 압축기(406)에 의해 소비된 것과 동일한 전력만큼만 발생하도록 조절되며, 가스중의 잉여의 위치에너지는 가압 배기의 형태로 터빈(449)에 전도된다.
- <147> 제4도는 특정 제조업자에 의해 공급된 터보기계에 의해 설명하였으나, 다른 공기 토출압력을 갖는 기타 제조업자의 터보기계 및/또는 개별 기계의 수나 그 기계간의 관계가 변형된 것도 용이하게 채용할 수가 있다.
- <148> 터빈(449)은 배기가스를 배기 매니폴드(452)에 토출하여, 이곳에서 충분히 팽창된 가스를 열회수 증기발생기(HRSG)(453)에 도입한다. HRSG(453)는 절단기, 보일러, 과열기등으로 되며, 터빈 배기로부터 열을 회수하기 위해 설계되고, 몇몇 제조업체로부터 공급되는 얼마간 표준화된 설비이다. 본 실시예의 구성과 같이 HRSG(453)는 절단기, 저압, 중압, 고압의 보일러 및 고압 및 중압 증기용 과열기로 이루어진다. 기타의 여러 구성, 특히 증기 압력과 절단기 및 과열기의 배치에 관한 변형례도 적용 가능하다.
- <149> 경제적으로 유용한 열을 회수하였던 배기는 배기구(454)를 통해 대기로 방출된다. 보일러 급수는 펌프(438)에 의해 관로(455)를 거쳐 HRSG(453)에 공급된다. 저압 증기는 관로(456)를 거쳐 장외용으로 공급된다. 과열된 고압 증기는 관로(459)를 거쳐 터빈(458)의 그 압력에 적절한 중간단계로 공급된다. 저압 증기에 대한 수요는 간헐적이므로 연결관(도시하지 않음)을 설치하여 잉여의 저압 증기를 터빈(458)의 적절한 단계로 공급하도록 한다. 터빈(458)에서 고압 및 중압 증기의 팽창에 의해 생성된 에너지는 발전기(또는 교류기)(460)에 축마력으로서 전도되어, 발전기(460)는 이를 전기로 변환하여 도관(461)을 거쳐 도관(451)의 전기와 합류된다. 소량의 전력을 유탕유펌프(도시하지 않은 도관을 통해)등의 내부 설비용으로 돌린 후에, 전기의 실 발생량은 장치로부터 도관(462)을 통해 공급된다.
- <150> 충분히 팽창된 증기는 터빈(458)을 떠나서 진공관로(463)를 통해서 진공 표면응축기(465)에 공급된다. 도면에 나타난 바와같이 증기를 응축하여 진공을 만드는 데 소비된 열은 간접적으로 관로(465)에 의해 응축기(464)의 냉온측의 냉각수에 전도되고, 이 냉각수는 관로(466)를 통해 장외의 냉각탑으로 복귀한다. 한편 물 냉각의 응축기(362) 대신에 공기 냉각의 응축기를 사용할 수도 있다. 증기 응축물은 응축기(464)의 저부에 집적되어, 이곳으로부터 중력에 의해 관로(467)를 통해 응축물 수용조(468)로 배출된다. 터빈(458)에서 배기된 증기와 함께 응축기(464)에 들어오는 모든 비응축성 가스를 대기로 배기하기 위하여, 진공펌프 또는 증기식 공기추출기등의 진공배기장치(469)를 수용조(468)의 상부에 연결한다. 증기 응축물은 수용조(468)로부터 관로(470)를 거쳐 응축펌프(471)로 흘러서, 충분한 압력을 얻고 급수조(436)로 토출한다.
- <151> 블로다운은 고압 보일러로부터 중압 보일러를 거쳐 저압 보일러로 폭류하여 HRSG(453)로부터 제어기(472)를 통해 배출된다. HRSG(453)에는 연소용으로 보충 연료(즉 "덕트 버너" 를 구비하고, 탄질 슬러리를 탄화온도까지 가열시키는 코일을 내장한다.
- <152> 제4도의 실시예는 습윤공기 터빈(HAT) 사이클의 변형에도 채용할 수 있는 데, 이는 포화기를 관로(409) 및/또는 관로(443)내에 삽입하고, 여기에 HRSG(453)의 절단기부에서 예열한 후의 관로(455)내의 적어도 일부의 "보일러 급수" 를 도입한다. 배기가스 중의 일부는 증기 발생기로부터 분류하여 포화기로 흐르는 물을 예열한다.
- <153> 만일 준비과정에서의 밀도 분리와 추출에도 불구하고, 반응기(410)에 토출되는 탄 슬러리가 위험할 정도의 회분을 발생할 독성 금속을 함유할 경우에는 혼합기(404)에서 슬러리와 혼합되는 1차 산화체의 양 및/또는 그 산소농도를 증가시켜, 반응기(410)의 상부에 도달한 온도가 대부분의 회성분의 융점을 초과시키도록 한다. 그렇게 되면 현탁된 회분입자는 용융 슬래크의 소구립이 된다. 이어서 관로(473), 순환기(474) 및 급냉관(475)에 의해 가스 세정조(422)의 상부로부터 냉각된 청정가스를 주입하면, 혼합온도를

회분의 응고점 이하로 급냉하여 해리영역(413) 및 사이클론(416)에서 가스로부터 분리된 회분은 대략 소구체의 비점착성 입자가 된다.

- <154> 교환기(419)의 튜브를 자기보다 금속으로 만들기 위해서는 연료가스를 슬래그의 소구체로 응고시키는 데 요하는 것보다 더 낮은 온도, 통상 1800° F 이하로 급냉할 필요가 있으므로, 해리영역(413), 사이클론(416), 교환기(419)의 고온측 및 가스 세정조(422)를 통한 많은 재순환이 뒤따르게 된다. 교환기(419)의 냉온측의 실 청정 연료가스의 열용량으로는 이와 같은 부담에 불충분하다. 따라서 이 추가적인 부담을 관로(425)에 개재한 교환기(도시하지 않지만 제5도의 교환기(545)와 유사한 것)에 분담시켜, 탄 슬러리나 보일러 급수를 예열한다. 그러나 교환기(419)와 병렬 또는 직렬로 다른 교환기나 폐열 보일러(도시하지 않음)를 설치하여, 냉각열의 일부를 보일러 급수등에 전도하여 그와 같은 고온 연료가스의 냉각부담을 보충할 필요도 있다.
- <155> 또한 가스-슬래크 소구체 혼합물의 일부 또는 전부를 해리영역(413) 위로 주입된(도시하지 않은 관로에 의해) 물로 급냉할 수도 있다.
- <156> 가압 공기압축기를 자체 보유하고 있는 공기 분리부로부터 산소 또는 농축 공기가 혼합기(404)로 공급될 경우에는, 관로(409)를 없애고 압축기로부터 토출되는 모든 공기는 관로(443) 및 제2단계 반응기(442)로 공급하도록 한다.
- <157> 도면에는 단선 연결로 도시하고 있지만, 실제로는 냉각가스(물)은 그 주변에, 그리고 1개 이상의 편면에 위치한 복수의 연결관을 통해 주입된다.
- <158> 제4도에는 냉각 시동으로 장치에 유입시키는 등에 필요한 보조 시스템 및 장치, 보조연료 및 전력, 블로다운 및 압력제거 시스템 등은 도시하지 않았다.
- <159> 제5도는 제1도를 구체화한 것으로서, 고 에너지밀도의 탄 슬러리를 고압 과열 및 중압 증기로 변환하고, 이 증기를 전기로 변환하여 장치의 종래의 복수식 터보발전기에서 전기로 변환 및/또는 기타의 장내용으로 사용한다. 슬러리수는 자연히 증류되어 유용한 부산물이 된다. 농축 또는 재슬러리화한 탄 슬러리는 바람직하기는 그것이 생성시의 온도 그대로 관로(501)를 통해 장치에 들어간다. 이 탄 슬러리는 반응기 토출펌프(502)에 의해, 관로(503)를 통해 회분 슬러리-탄 슬러리 열교환기(504)의 냉온측으로 흘러서, 관로(505)를 통해 순환식 유동상 반응기(506)로 흐를 수 있을만큼 충분한 압력이 주어진다.
- <160> 제1도에 나타난 관로(124)를 거쳐 존재하는 것과 같은 탄화부에서 발생한 가스는 반응기(506)의 하부에도 도입된다(도시하지 않은 연결관에 의해). 대기를 종래의 진에필터(도시하지 않음)가 위치한 도관(507)을 통해 제1단계 공기압축기(508)의 흡기구로 도입하고, 그 곳에서 고온 및 승압된 압력으로 관로(509)를 통해 중간냉각기(510)에 공급하고, 그 곳에서 고압 보일러 급수와 간접적으로 열교환하여 냉각된다. 대기는 여러가지 양의 수증기(수분)를 함유한다. 공기에 의해 담지되는 대부분의 수증기는 중간냉각기(510)에서 물로 응축되어, 냉각공기와 함께 관로(511)로 토출된다. 이 물은 제2단계 압축기 흡입드럼(512) 및 미스트 추출기(513)에서 공기로부터 분리되어 레벨 제거기(514)를 통해 장치로부터 배출된다.
- <161> 일부가 압축된 공기는 미스트 추출기(513)로부터 제2단계 압축기(516)의 흡입구에 흘러서, 그 곳에서 고온 및 더욱 상승된 압력으로 관로(517)로 공급된다. 관로(517)는 1차 공기를 관로(518)를 통해 반응기(506)의 피부로 공급한다. 단계식 도입은 산화질소의 형성을 최소화하는 기지의 방법이므로, 1차 공기는 토출된 탄 슬러리중의 탄의 완전한 산화에 요구되는 이론적 양보다도 훨씬 적으며, 압축기(516)에 의해 토출된 나머지 공기는 반응기 연결관을 통해 관로(519)로 나타난 바와 같이 상당한 높이로 첨가된다.
- <162> 반응기의 입구영역의 온도는 연료 슬러리가 즉시 기화하여, 탄입자와 회분입자가 고온의 재순환 고체의 상당량과 함께 상향으로 흐르는 공기와 수증기에 실릴 수 있는 온도이다. 탄입자의 산화가 개시되면, 가스-고체 혼합물이 비교적 고속도의 난류로 반응기(506)를 통해 흘러서 신속하게 산화가 진행된다. 산화시에 발생한 열은 온도를 상승시키나, 반응기(506)의 주위의 내측에 환상으로 배열된 수직형 보일러 튜브내의 보일러 급수에 간접적으로 전도한 열과 순환하는 고체의 열용량에 의해 상기의 온도상승을 제한하여 소정의 최대온도를 초과하지 않도록 한다.
- <163> 보일러 튜브(도시하지 않음)는 급수 매니폴드(520)에 의해 고온의 급수를 공급하고, 급수와 증기를 출구 매니폴드(521)로 토출한다.
- <164> 대부분의 탄소가 산화된 가스-고체 혼합물이 반응기의 상부에 달하면, 횡단관(522)을 통해 고온의 사이클론 분리기(523)로 배출된다. 사이클론(523)에서 대부분의 고체입자는 원심력에 의해 가스상 생성물로부터 분리되어 중력에 의해 관주(524)로 낙하한다. 이 고체는 관주(524)를 비교적 농후한 상태로 낙하하여, 그 중량에 의해 반응기(506)의 같은 높이에 존재한 압력보다 약간 높은 압력을 발생한다. 이 압력 차이가 고체입자의 전부 또는 주요 부분을 실(seal) 또는 트랩(trap)(525)를 거쳐 고온의 재순환 고체로서 반응기(506)의 입구영역에 흐르도록 만들고, 그 곳에서 도입되는 공기 및 탄 슬러리와 혼합, 가열한다. 관주(524)와 실(525)에는 통기 연결관(도시하지 않음)을 설치할 수 있다.
- <165> 본 실시예에서는 도시하지 않았지만, 산화 공기 및/또는 기화하는 슬러리수의 운동에너지를 이용하여 배기부에 의해 고체 순환을 보조할 수도 있으며, 그 방법이 미국 특허 4,714,032의 제2도에 도시되어 있다. 순환식 유동상 원리의 다른 변형레도 채용할 수가 있으며, 그 예로서 사이클론 분리기 및 관주를 거쳐 재순환된 농후한 고체로부터 열을 추출하는 방법을 들 수 있다.
- <166> 본 발명에서 개시한 탄중에는 반응기(506)에 재순환 고체를 집적하기에 불충분한 회분을 함유하거나 부족분이 사이클론(523)에 남아 있을만큼 회분이 미립상이거나 마모되는 경우가 있다. 이와 같은 경우에는 적당한 크기의 내마모성 불활성 입자를 외부로부터 보충하여 순환 고체를 증가시켜 주어도 된다. 여하간에 이와 같은 물질을 초기 충전단계에서 보충하면 재순환의 개시에 있어서 충분한 재고의 순환 고체를 확보할 수 있어서 유리하다.
- <167> 출구 매니폴드(521)로부터의 고압 증기 및 급수는 고압 증기 드럼(526)에 흘러서, 그 곳에서 물

이 분리하여 증력에 의해 하강관(downcomer)(527)을 통해 재순환 급수로서 입구 매치폴드(520)로 흐른다. 분리된 증기는 상방으로 흘러서 미스트 추출기(528)를 통해 드럼(526)을 나와서, 증기 과열교환기(529)로 계속 흐르고, 그 곳에서 주 에너지 생성물로서 관로(530)를 통해 장치로부터 공급되는 온도로 과열된다.

- <168> 사이클론(523)에서 미분리된 미립상 고체입자를 담지하는 생성가스는 가스로부터 미립상 고체를 분리하는 제2단계 사이클론, 다공질 자기필터 또는 기타 기기(도시하지 않음)로 구성된 반응 시스템을 매니폴드(531)를 통해 배출된다. 매니폴드(531)는 고온 가스를 가열매체로서 관로(532)를 거쳐 증기 과열교환기(529)로, 관로(533)를 거쳐 2차 제1단계 연도가스 재열교환기(535)로, 관로(534)를 거쳐 제2단계 연도가스 재열교환기(536)로 공급한다. 교환기(529, 535, 536)에서 간접적인 열교환으로 일부가 냉각된 생성가스는 매니폴드(537)에서 재조합되어 1차 제1단계 연도가스 재열교환기(538)로 흘러서 그 곳에서 그 노점에 가까운 온도까지 냉각된다.
- <169> 개별적인 열균형에 따라서는 반응 시스템을 고온 생성가스중에는 교환기(529, 535, 536)의 적절한 기능에 요구되는 열보다도 현열이 존재할 수 있다. 이와 같은 경우에는 폐열조절 보일러(trim waste heat boiler)를 관로(531)나 매니폴드(537)에 삽입하여, 고압 또는 중압 증기의 생성량을 보충한다.
- <170> 냉각된 생성가스는 관로(539)를 거쳐 접촉기(540)로 흘러서, 그 곳에서 노점까지 냉각되어, 배기 가스 탈수탑(541)의 저부로부터 관로(542), 미립상 슬러리펌프(543), 재순환관로(544), 미립상 슬러리-급수 교환기(545) 및 복귀관로(546)에 의해 재순환된 미립상 슬러리와 접촉하여 습윤된 진애입자를 실른다. 접촉기(540)는 탈수탑(541)의 유출영역(flash zone)(547)에 진애입자를 실은 냉각된 생성가스를 토출하여, 그 곳에서 상방으로 흐르는 생성가스와 탈수탑(541)의 저부로 낙하하는 슬러리로 분리하는 처리가 이루어진다.
- <171> 접촉기(540)내에서 냉각된 생성가스와 미립상 슬러리를 접촉시키는 대신에 탈수탑(541)의 하부에서 슬러리분무 노즐 또는 기타의 증기-액체 연결요소(도시하지 않음)의 도움으로 분리시키는 방법도 있다.
- <172> 펌프(543)는 미립상 슬러리의 실 생산분을 관로(548)를 통해, 반응기(506)로부터 저부의 관주(550)를 거쳐 들어오는 회분입자의 실 생산분을 받는 회분 방출기(549)로도 공급한다. 방출기(549)에서 약간의 가스를 수반한 회분입자는 냉각, 습윤, 슬러리화되어 관로(551)를 통해 액화가스 분리기(552)로 토출된다. 분리기(552)에서 액화가스는 회분 슬러리로부터 해리, 분리되어, 증기의 평형량과 함께 관로(553)를 거쳐 탈수탑(541)으로 배기된다. (관로(553)내의 가스를 수반한 증기의 잠열은 고온의 회분으로부터 회수한 열에 해당한다). 회분 슬러리는 저부 연결관을 거쳐 관로(554)로 도입되어, 그 곳으로부터 회분 슬러리-탄 슬러리 열교환기(504)의 고온측으로 흐르고, 그 곳에서 압력제어기(555)를 통해 종래의 회분 슬러리 처분시설로 토출하기에 알맞는 온도로 냉각된다. 장치에 충전되는 탄 슬러리가 회분 슬러리를 적절히 냉각시키기에는 너무 고온일 경우에는 열교환기(도시하지 않음)에서 보일러 급수와 열교환시킴으로써 냉각을 보완할 수가 있다.
- <173> 유출영역(547)으로부터 상방으로 흐르는 가스가 배기펌프(557)의 축방향 통로를 통해 상승하기 전에 세정수를 유동제어기(558)를 통해 증기-액체 접촉부(556)에 공급하여, 1개 이상의 역류 증기-액체 접촉부(556)에서 가스에 실려있는 진애입자를 씻어내고, 온수를 배기펌프(557)에 의해 순환펌프(559)에 공급하여, 그곳으로부터 폐열 보일러(560)의 고온측으로 토출하여 간접적으로 냉각하고, 관로(561)를 통해 순환 환류(reflecting reflux)로서 탈수탑(541)의 중간부에 있는 복수의 역류 증기-액체 접촉부(562)의 최상부에 복귀시킨다. 접촉부(562)를 통해 하방으로 흐르는 일부가 냉각된 물은 상방으로 흐르는 가스를 냉각하여 그 증기를 응축하고, 배기펌프(557)에 의해 모아지기 전의 처리중에 재열된다.
- <174> 보일러(560)에서 순환 온수로부터 전도된 열은 보일러(560)의 냉온측에 관로(563)에 의해 공급된 급수의 일부를 기화한다. 증기와 물은 보일러(560)의 고온측으로부터 배출되어 중압 증기드럼(565)에서 그들 각각의 상으로 분리되며, 기화되지 않은 급수는 증기드럼(565)의 저부로부터 관로(566)를 통해 재순환되고, 미스트 추출기(567)를 통해 배출되어 2차 에너지 생성물로서 관로(568)를 거쳐 장치를 떠난다.
- <175> 증기는 탈수탑(541)의 중간부에 있는 가스류로부터 응축되므로, 물의 실 생산분은 레벨 제어기(569)를 통해 탈수탑(541)의 상부에 있는 동일한 순환 시스템내로 토출한다. 가스는 탈수탑(541)의 중간부에 있는 순환부에 의해 일부가 냉각되고 탈수되어, 이전에 지닌 증기 함유물의 상당량을 아직 담지한 채로, 상부의 배기펌프(570)의 축방향 통로를 통해 상승하여, 온수를 순환펌프(571)에 공급하고, 그 곳으로부터 급수 예열교환기(572)의 고온측으로 토출하여 냉각하고, 관로(573)를 통해 순환 환류로서 탈수탑(541)의 상부에 있는 복수의 역류 증기-액체 접촉부(574)의 최상부에 복귀시킨다. 접촉부(575)를 통해 하방으로 흐르는 냉각된 물은 상방으로 흐르는 가스를 더욱 냉각하여 상부로부터 들어올 때 함유한 증기의 대부분을 응축한다. 탈수탑(541)의 중간부 및 상부에서 응축된 실 수는 본 실시예의 생산물로서 레벨 제어기(575)를 통해 토출된다. 본 생성물은 미량의 용융된 가스를 제외하고는 고체의 용해도가 낮은 고품질의 물이다.
- <176> 교환기(572)에서 순환 온수로부터 전도된 열은 장치로부터 관로(576)를 거쳐 장치로 들어오는 중압 보일러 급수를 예열하고, 이 급수를 중압 관로(577)를 통해 급수조(578)(적절히 설계된 "탈기" 이어도 줄다)로 흐른다. 교환기(572)에서의 가열에 의해 해방된 가스는 급수조(578)에서 분리되어 제어기(579)를 토출된다. 급수조(578)로부터 탈기된 중압 급수는 관로(580)를 거쳐 중압 보일러 급수펌프(581)의 흡입구로 흘러서, 그 곳으로부터 보급수로서 보일러(560)의 순환 시스템으로 토출된다.
- <177> 상기에서 설명한 바와 같이 배기가스 탈수탑(541)은 3개 구획을 갖는다. 개별적인 열균형과 경제적 요소에 따라서는 1개 이상의 추가적인 구획을 두어, 온도손실을 적게 하면서 현열과 잠열을 회수할 수 있도록 한다. 이 추가적인 구획을 순환하는 물의 열은, 예를 들어 다른 압력 레벨의 압력을 발생하거나, 보일러 급수의 예열을 증가시키는 데 이용한다.
- <178> 고압 보일러 급수는 장치 펌프에 의해 관로(582)를 거쳐 장치로 들어와서, 중간 냉각기(510)의 냉온측에 도입되어 고온의 압축공기에 의해 간접적으로 가열된다. 관로(583)를 통해 중간 냉각기(510)를 떠난 일부가 가열된 급수는 미립상 슬러리-급수 열교환기(545)의 냉온측으로 흘러서, 고온의 미립상 슬러

리에 의해 간접적으로 가열된다. 가열된 급수는 관로(584)를 거쳐 고압 보일러 급수조(585)로 계속 흐른다(적격히 설계된 "탈기" 어도 좋다). 교환기(510, 545)에 의해 가열에 의해 유리된 가스는 급수조(585)에서 분리되어, 제어기(586)으로 토출된다. 급수조(585)로 부터 탈기된 고압 급수는 관로(587)를 거쳐 고압 보일러 급수펌프(588)의 흡입구에 흘러서, 그 곳으로부터 보급수로서 고압 보일러 루프의 순환 시스템으로 토출한다.

<179> 탈수된 청정한 생성가스는 미스트 추출기(590)를 통해 탈수탑(541)을 떠나서, 교환기(538)에서 일부가 냉각된 생성가스에 의해 간접적으로 재열된 다음, 관로(591)를 거쳐 교환기(545)의 냉온측에 진행하여, 그 곳에서 고온 생성가스에 의해 간접적으로 가열되어, 고온 생성가스의 온도에 가까워진다. 다음에 충분히 재열된 탈기된 청정가스는 관로(592)를 거쳐 제1단계 가스터빈(593)의 흡입구에 도입되어, 그 곳에서 에너지를 축마력의 형태로 제2단계 공기압축기(516)으로 공급된다. 터빈(593)에서 에너지를 전달하고 냉각된 일부가 팽창된 가스는 관로(594)를 거쳐 교환기(536)의 냉온측에 흘러서, 관로(534)로 부터의 고온 생성가스의 평행류(parallel stream)에 의해 간접적으로 재열되어, 평행류의 온도에 가까워진다. 다음에 재열된 청정가스는 관로(595)를 거쳐 제2단계 터빈(596)을 통해 충분히 팽창되어, 그 곳에서 기계 에너지를 축마력의 형태로 제1단계 공기압축기(508)로 공급한다. 터빈(596)에서 에너지를 전달하고 냉각된 충분히 팽창된 가스는 배기관로(597)를 통해 대기로 토출된다. 터빈(596)으로부터 토출된 가스중에 남아 있는 현열은 배기관로(597)에 절탄기를 설치하여 중압 또는 고압 급수를 예열하는 경우도 있다.

<180> 처리장치의 설계에 경험이 있는 기술자라면 냉각을 요하는 흐름으로부터의 열을 회수된 열을 이용할 수 있는 흐름으로 전도하는 교환기를 배치하는 다른 방법도 있다는 것을 이해할 것이다. 최적의 열 효율 및/또는 이점을 줄 수 있는 배열은 상황에 따라 변화할 수 있으므로, 이와 같은 변화를 고려할 필요가 있다.

<181> 제2도~제4도는 팽창되는 가스는 공기를 압축하는 데 필요한 것 이상의 잉여 마력을 발생하여, 이 잉여 마력을 전력으로 변환하는 실시예를 나타낸 것에 비해, 제5도는 탈수된 가스가 팽창에 의해 공기압축기를 구동하는 데 충분한 마력을 공급할 수 있는 온도까지만 재열되는 한정된 경우를 예시하고 있다. 제5도의 실시예는 제2도~제4도의 실시예와 같은 잉여 가스터빈 마력을 발생할 수는 없으나, 제5도중의 1개 터빈 또는 양 터빈에서 전기로 변환할 수 있는 적당량의 잉여 가스를 발생시킬 수 있는 경우도 있다.

<182> 결과적으로 말해서, 제5도의 터빈과 압축기는 전체적인 처리과정의 경제성을 토대로 반응기(506)의 압력 레벨을 선택할 수 있는 장점을 지닌 분리가능하게 배열된 주문 제조기계이다. 이와 같은 기계 중에는 반드시 회전속도가 같은 것을 구할 수 있는 것은 아니므로, 1개 또는 양 기계의 축에 기어를 끼워 속도조정을 하는 것도 허용된다. 한편 이 압력을 카탈로그상의 터보기계 및/또는 가스터빈의 능력에 맞추는 경우도 있다.

<183> 제5도에서는 제1단계 압축기를 구동하는 제1단계 터빈과 제2 단계 압축기를 구동하는 제2단계 터빈을 나타내고 있으나, 제1단계 및 제2단계 터빈의 역할을 가역시킬 수도 있다.

<184> 제5도에는 냉각 시동으로 장치에 유입시키는 등에 필요한 보조 시스템 및 장치, 보조연료 및 전력, 블로다운 및 압력제거 시스템등은 도시하지 않았다.

<185> 제6도는 탄화된 고온 탄 슬러리와 충전되는 원료 탄질 슬러리간의 열교환에 대한 혁신적인 방법을 나타낸다. 이 열교환의 부담은 슬러리농도의 역함수가 된다. 한편 제1도의 115와 116등과 같은 간접식 열교환기의 크기와 비용은 농도(점도)의 정함수이다. 간접적인 열교환을 없애면 탄화를 위해 더욱 농축된 슬러리를 충전할 수 있으므로, 페이스트나 슬러지의 점도가 적당해진다. 제6도의 실시예에서는 고온 탄 슬러리의 압력이 단계적으로 감소되어, 이 고온 탄 슬러리로부터 상당히 낮은 압력의 증기가 증발된다. 각 압력 레벨의 증발된 증기는 가압되는 원료 슬러리와 혼합되어(약간 낮은 압력으로), 증기의 잠열에 의해 원료 슬러리의 온도가 상승된다.

<186> 제6도에서, 제1도의 펌프(113)에 의해 충전되는 경우보다 상당히 더 농축된 RDF의 슬러리는 도관(601)을 거쳐 펌프나 추출기(602)등의 압력기의 흡입구측에 수송되고, 이 압력기에서 관로(603)내의 제3 단계 증발 증기보다 약간 낮은 압력이 주어진다. 도관(601)내의 흐름은 스크루 컨베이어(도시하지 않음)에 의해 보강된다. 증기는 제1단계 혼합기(604)에서 슬러리와 혼합된다. 제3단계 증발 증기의 응축에 의해 가열, 희석된 슬러리는 제2단계 펌프(605)의 흡입구로 흘러서, 관로(606)내의 제2단계 증발 증기보다 약간 낮은 압력이 주어진다. 이 증기는 제2단계 혼합기(607)에서 슬러리와 결합된다. 제2단계 증발 증기의 응축에 의해 더욱 가압, 희석된 슬러리는 제3단계 펌프(608)의 흡입구로 흘러서, 관로(609)내의 제1단계 증발 증기보다 약간 낮은 압력이 주어진다. 이 증기는 제3단계 혼합기(610)에서 슬러리와 결합된다. 제1단계 증발 증기의 응축에 의해 더욱 가열, 희석된 슬러리는 제4단계 펌프(611)의 흡입구로 흘러서, 제1도의 118로 나타낸 바와 같은 기능과 종류의 히터(612)를 통해 흐르면서 거의 액체를 유지할 수 있는 압력이 주어진다.

<187> 물리적 배열에 의해 탄화를 완료하기에 충분한 시간을 줄 수 있도록 히터(612)와 사이클론 분리기(614)간의 배관을 구성할 수 있다. 특정의 탄질 슬러리가 일정 온도에서 주어진 시간보다 더 많은 시간을 요할 경우에는 몇분간의 반응시간 여유를 주기 위해 관(613)에 확장부나 코일을 삽입할 수 있다.

<188> 응축되어 증발된 증기와 이전에 원료 슬러리에 함유된 물의 응축에 의해 가열, 희석되어 점도가 많이 낮아진 탄화(탄) 슬러리는 반응시에 유리된 가스와 함께 사이클론(614)으로 흐른다. 그곳에서 가스는 액체로부터 분리되어 압력제어기(615)를 거쳐, 관로(634)를 통해 대기압 연소실 또는 기타 처리장치로 흐른다. 사이클론(614)과 압력제어기(615)간의 관로에는 사이클론(614)을 떠나는 가스내의 증기의 잠열을 회수하기 위해 열교환기(도시하지 않음)를 설치할 수 있다. 탄 슬러리는 중력에 의해 흡입관(tail pipe)을 통해 실 포트(seal pot)(617)으로 낙하하고, 그 곳의 액체높이(level)는 유동제어기(618)에 의해 유지된다.

<189> 유동제어기(618)에서 압력이 낮아지면 고온 슬러리수의 일부를 기화시킨다. 증기와, 일부가 냉각되어 농축된 슬러리는 함께 제1단계 사이클론 분리기(619)로 흘러서 분리되고, 증기는 관로(609)를 통해 흘러 나간다. 탄 슬러리는 중력에 의해 흡입관(620)을 통해 실 포트(621)으로 낙하하고, 그 곳의 액체 높이

는 유동제어기(622)에 의해 유지된다. 유동제어기(622)에서 압력이 낮아지면 남아있는 슬러리수의 일부를 기화시킨다. 증기와, 더욱 냉각되어 농축된 슬러리는 함께 제2단계 사이클론 분리기(623)로 흘러서 분리되고, 증기는 관로(606)를 통해 흘러 나간다. 탄 슬러리는 중력에 의해 흡입관(624)을 통해 실 풋(625)으로 낙하하고, 그 곳의 액체 높이는 유동제어기(626)에 의해 유지된다.

<190>

유동제어기(626)에서 압력이 낮아지면 남아있는 슬러리수의 일부를 기화시킨다. 증기와 더욱 냉각되어 농축된 슬러리는 함께 제3단계 사이클론 분리기(627)로 흘러서 분리되고, 증기는 관로(603)를 통해 흘러 나간다. 탄 슬러리는 중력에 의해 흡입관(628)을 통해 실 풋(629)으로 낙하하고, 그 곳의 액체 높이는 유동제어기(630)에 의해 유지된다.

<191>

탄 슬러리는 유동제어기(630)로부터 대기압보다 근소한 높이의 압력으로 유지된 서지드럼(631)으로 흐른다. 유동제어기(630)에서의 압력 저하에 의해 생성된 소량의 증기는 서지드럼(631)을 떠나서 관로(632)를 거쳐 소규모의 가열용으로 이용되거나, 제1도의 탱크(111)등과 같은 원료 슬러리 저장장소로 투입된다. 냉각되어 감압된 탄 슬러리는 서지드럼(631)을 떠나서 관로(633)를 거쳐 제1도의 서지드럼(128)을 떠난 탄 슬러리에 대해 설명한 바와 같이 그 이후의 처리를 위해 공급된다.

<192>

탄화처리시에 생성된 가스는 이산화탄소의 비교적 가용성인 화합물이 압도적이다. 온도의 상승에도 불구하고, 사이클론(614)에서 분리된 액체 슬러리에 남아서 용해되어 있는 상기의 가스도 있다. 유동제어기(618)에 이어지는 감압에 의해 많은 양의 용해 가스는 증기와 더불어 기화되어, 사이클론(619)과 혼합기(610)를 거쳐 재순환된다. 소량의 용해 가스는 유동제어기(622)에 들어가는 액체 슬러리중에 남아 있다가 증발되어 혼합기(607)를 거쳐 재순환된다. 이산화탄소의 재순환에 대한 구체적인 설계는 고려해야 하나, 이것들이 본 실시예에서 설명한 동작에 주요한 영향을 미치는 것은 아니다.

<193>

제6도에서는 도시와 설명의 간략화를 위해 감압에 관한 3단계만을 설명하고 있다. 전체의 감압을 더 많은 단계로 나누면, 이상적(가역적)인 열교환 시스템에 가까워져서, 비효율분을 히터(612)에 의한 외부열로 보충하는 일이 적어진다. 최적의 단계수는 각각의 경우의 경제성에 따라 다르나, 3단계 이상인 경우가 많다.

<194>

제6도의 실시예에서는 냉각된 슬러리로부터 사이클론 분리기에서 원심력의 도움으로 증기가 분리, 증발되는 것으로 나타내었으나, 그 대신에 단순한 드럼등과 같은 다른 종류의 분리기에서 중력에 의해 분리하는 방법도 이용할 수가 있다.

<195>

제6도에서 나타난 부호의 펌프는 반드시 왕복식이 아니어도 좋은, 특히 대단히 고 점도의 펌핑에 적합한 어떠한 종류의 펌프라도 상관없다. 도면에서는 개별적으로 나타내었으나, 수개의 작동 요소를 단일 전원으로 구동할 수도 있다.

<196>

발명의 요약

<197>

저급탄으로부터 농후한 무기 불순물을 물리적으로 분리하는 것은 통상 주지의 방법에 의해 실행된다. 예를 들어 유압식 석탄세정 및 포말 부선법(floath flotation)등을 포함한 선광에 대한 광범위한 기술이 있다. MSW의 경우에는 미국 특허 4,624,417(Gangi)에 탄질 슬러리를 적당한 정도로 예비 농축하는 방법을 포함해서, 부스러기, 철, 유리 및 배철금속을 슬러리화해서 분리하는(습윤자원 회수) 방법이 기재되어 있다. 한편 종래의 건조자원 회수에서의 건조 RDF를 본 발명의 원조로 사용하기 위해서는, 이를 분쇄하고 슬러리화하면 된다.

<198>

1983년 제2기분의 Illinois Clean Coal Institute(ICCI)에 제출한 기술보고서 "Behavior of Sulfur and Chlorine in Coal During Combustion and Boiler Corrosion" 에서 저자가 ICCI에 보고하기를, 건조기준으로 염소를 0.42% 함유한 석탄의 시료에서는 "대부분의 염소는 기공의 내벽에 흡수된 염소이온으로서 발생한다" 하였으며, "Characterization of Available Coals from Illinois Mines" 에서는 약 0.12%만이 물, 암모니아 및 가성소다로 추출되었다고 하고 있다. 슬러리의 탄화를 위해 여기에서 제안한 조건하에서 발생하는 구조적 배열은 대기압하 추출로는 불가능하였던 염소의 거의 전부를 유리시킬 수 있는 것으로 기대된다(동시에 펌핑가능한 에너지밀도를 증가하고, 기타의 가용성 또는 난용성 불순물의 함량을 감소한다).

<199>

RDF와 갈탄(자체적으로 연소하여, 1990년 미국 청정공기법 개정판에 불합격인)의 50-50 혼합물 공동 연소의 개선방법에 대해 실험용 가압 유동상 연소기에서 시험하였다. 원료 및 개별적으로 탄화된 연고의 물성(건조기준)은 하기와 같다:

	<u>RDF</u>		<u>갈 탄</u>	
	<u>원료</u>	<u>탄소</u>	<u>원료</u>	<u>탄소</u>
근 성분석치, wt %				
회 발 분	81.8	58.3	48.0	45.5
고 정 탄 소	11.6	30.3	41.8	45.1
회 분	6.7	11.4	10.1	9.4
원 성분석치, wt %				
탄 소	47.6	67.4	61.9	68.8
수 소	6.6	6.0	4.5	4.4
질 소	0.2	0.6	0.9	0.9
황	0.2	0.1	1.8	1.3
산 소	38.7	14.5	20.8	15.1
Htg. Val., Btu/Lb	8650	13000	10940	11730
회 분 연 화 점, F	2214	>2800	2334	2469

<201>

본 발명에 의해 갈탄 50%를 RDF 50%와 탄화전에 혼합하였을 경우에는 탄화된 연료는 하기의 물성 (건조 기준)을 나타내었다:

근 성분석치, wt %

휘발분	49.2
-----	------

고정 탄소	40.9
-------	------

회분	9.9
----	-----

원 성분석치, wt. %

탄소	67.4
----	------

수소	5.8
----	-----

질소	0.8
----	-----

황	1.1
---	-----

산소	15.0
----	------

Htg. Val., Btu/Lb	12670
-------------------	-------

회분연화점, F	2302
----------	------

<204>

원료 및 탄화 연료의 유동시험을 보완하여 실시한 결과는 하기와 같이 요약된다 :

	<u>RDF</u>		<u>갈탄</u>	
	<u>원료</u>	<u>탄화</u>	<u>원료</u>	<u>탄화</u>
Wt.% 고체@700	9.8	47.2	36.3	55.6
Cp & 100헤르쓰				
(감소)				
Htg. Val., Btu/Lb	980	6480	3930	6490
(습윤)				

50-50 혼합물

	<u>탄화</u>
Wt.% 고체@700 Cp & 100헤르쓰(감소)	56.7
Htg. Val., Btu/Lb(습윤)	7180

<207> 고체의 장전량과 발열량을 증가시키면, 각 성분을 독자적으로 처리하는 데 비해 "쌍봉(bimodal)" 슬러리, 즉 명백히 다른 입자 크기의 분포의 2성분으로 된 1개의 슬러리를 얻을 수 있다는 것을 확인할 수 있다. (분쇄한 습윤 RDF탄의 효과를 평가하기 위한 별도의 시험에서, 원래의 생성물을 재슬러리화하여 습윤발열량이 5960Btu/Lb인 42% 농도(@700 Cp)로 하는 데 비해, 분쇄를 할 경우에는 동일한 점도에서 47%의 장전량을 허용할 수 있으며, 발열량은 6670Btu/Lb로 증가한다).

<208> 50-50 혼합물로부터의 탄중의 염소 함유량은 원료 혼합물의 4%에 불과하다. (알칼리를 첨가한 별도의 실험에서는 99%의 염소추출이 얻어졌다).

<209> 슬러리화한 갈탄/RDF탄 혼합물은 압력 약 150Psi 및 온도 약 1600° F의 실험실 PFBC에서 양호한 연소상태를 보였다. 탄소연소율은 99.5%이고, 회분중의 황의 보유량은 85%이었다. 평균 방출량과 도시 폐기물 연소기용으로 제안된 규제량과를 비교하면 하기와 같다(단위 : PPM):

	<u>시료</u>	<u>규제</u>
SO ₂	39.2	30
NO _x	49.7	180
CO	3.2	150

<211> 측정된 SO₂는 도시 폐기물 연소기용으로 제안된 것보다 약간 초과하고 있으나, 개정 청정공기법에 의해 석탄연소 보일러에 허용된 농도와 미차에 불과하다.

(57) 청구의 범위**청구항 1**

연료치를 갖는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법에 있어서,
상기 연료를 슬러리 형태로 공급하는 단계;
상기 슬러리를 가압하여 실질적으로 액체상태로 유지하는 단계;

상기 가압된 슬러리를 탄질연료의 분자에 화학적으로 결합된 상당량의 산소가 이산화탄소로 분해할 수 있는 온도까지 가열하여, 연료로부터 파생한 탄입자와 발생 가스를 함유한 탄 슬러리를 형성하는 단계;

상기 탄 슬러리중의 상기 탄입자를 산소 함유 가스와 반응시켜, 상기 슬러리의 상기 탄입자의 연료치를 열에너지로 변환하는 단계; 및

상기 열에너지를 이용하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 공급 단계는, 고체 폐기물을 공급하는 단계; 상기 폐기물을 조각내는 단계; 상기 폐기물을 물과 혼합하여 폐기물 슬러리를 형성하는 단계; 상기 폐기물 슬러리를 펄프화하는 단계; 상기 폐기물 슬러리를 밀도 분리하여 상기 폐기물 슬러리 부스러기로부터 상기 폐기물 슬러리 내에 존재할 수 있는 금속 및 유리를 제거하는 단계; 및 그 후 상기 폐기물 슬러리로부터 물의 일부를 제거하여 탄질 연료 슬러리를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 공급 단계는, 고체 화석 연료를 공급하는 단계, 상기 고체 화석 연료를 분쇄하는 단계, 상기 고체 화석 연료를 선광(beneficiation)하여 그로부터 불연성 물질을 제거하는 단계, 및 상기 고체 화석 연료로 상기 슬러리를 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 공급 단계는, 양이온 함유의 저급 탄질연료를 공급하는 단계, 상기 연료를 물에 혼입하여 슬러리를 형성하는 단계, 및 양이온의 용해를 촉진하는 약제를 상기 슬러리에 공급하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 반응 단계는, 가압 반응기 내에서 탄입자를 반응시켜 고온 생성 가스를 생성하는 단계, 및 상기 고온 생성 가스로부터 미립상 고체를 포함하는 고체를 제거하는 단계를 포함하며,

상기 이용 단계는, 가스 터빈에서 고온 생성 가스를 이용하여 기계적 에너지를 생성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 탄입자를 반응시키는 단계는, 상기 슬러리와 혼합되는 산소를 함유한 상기 가스 중에서 산소의 양을 조정하여 고온 연료가스에 형성하는 다음 단계가 상기 고온 연료가스에 혼입된 대부분의 고체입자의 용점온도 이상의 온도에서 이루어지도록 하여 상기 혼입된 입자를 용융하는 단계; 및 그 후에 용융된 입자의 온도를 그 입자의 응고온도 이하로 낮추어서 상기 고온 연료가스중의 상기 입자가 용고물 형태로 상기 고온 연료가스에 혼입되도록 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 반응 단계는 상기 슬러리와 상기 산소 함유 가스의 일부를 혼합하는 단계를 포함하고,

상기 혼합 단계는, 상기 슬러리와 혼합되는 상기 산소 함유 가스의 양을 조정하여 고온 연료가스가 혼입된 대부분의 고체 입자의 용점 이상의 온도가 되어 상기 입자를 용융하는 단계; 및 용융된 입자의 온도를 그 응고온도 이하로 낮추어서 상기 고온 연료가스에 용고질 고체입자를 혼입하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 탄입자를 반응시키는 단계는, 상기 탄 슬러리를 1차 반응단에서 탄 슬러리를, 고온 생성 가스의 온도가 생성 가스 내의 대부분의 고체의 용점을 초과하도록 선택된 양의 산소 함유 가스와 반응시켜, 고체를 용융 소구체로서 생성 가스에 혼입하는 단계, 및 그 후 고온 생성 가스의 온도를 상기 소구체의 응고 온도 이하로 낮추도록 산소 함유 가스의 잔량을 첨가하여 상기 소구체를 용고질 입자로 응고시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법.

청구항 9

연료치를 갖는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법에 있어서,

상기 연료를 물에 현탁하여 슬러리를 형성하는 단계;

상기 슬러리의 알칼리 함유량을 조정하여 슬러리중의 할로겐 함유량의 화학당량과 적어도 같게 하는 단계;

상기 슬러리를 가압하여 실질적으로 액체상태로 유지하는 단계;

상기 슬러리가 가압되는 동안에 탄질연료의 분자에 화학적으로 결합된 상당량의 산소가 이산화탄소로 분해할 수 있는 온도까지 가열하여, 탄입자와 용해된 할로겐염을 함유한 슬러리를 형성하는 단계;

상기 슬러리와 그것에 용해된 상기 할로겐염으로부터 탄입자를 분리하는 단계;

상기 탄입자에 거의 할로겐이 없는 물의 소정량을 첨가하여 비교적 고 에너지 밀도의 할로겐이 감소된 탄 슬러리를 형성하는 단계;

상기 탄 슬러리 중의 상기 탄입자를 산소함유 가스와 초기에는 상기 탄입자의 인화점온도보다 낮은 온도에서 반응시킴으로써, 상기 탄 슬러리의 연료치를 열에너지로 변환하는 단계; 및

상기 열에너지를 이용하는 단계

를 포함하는 것을 특징으로 하는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법.

청구항 10

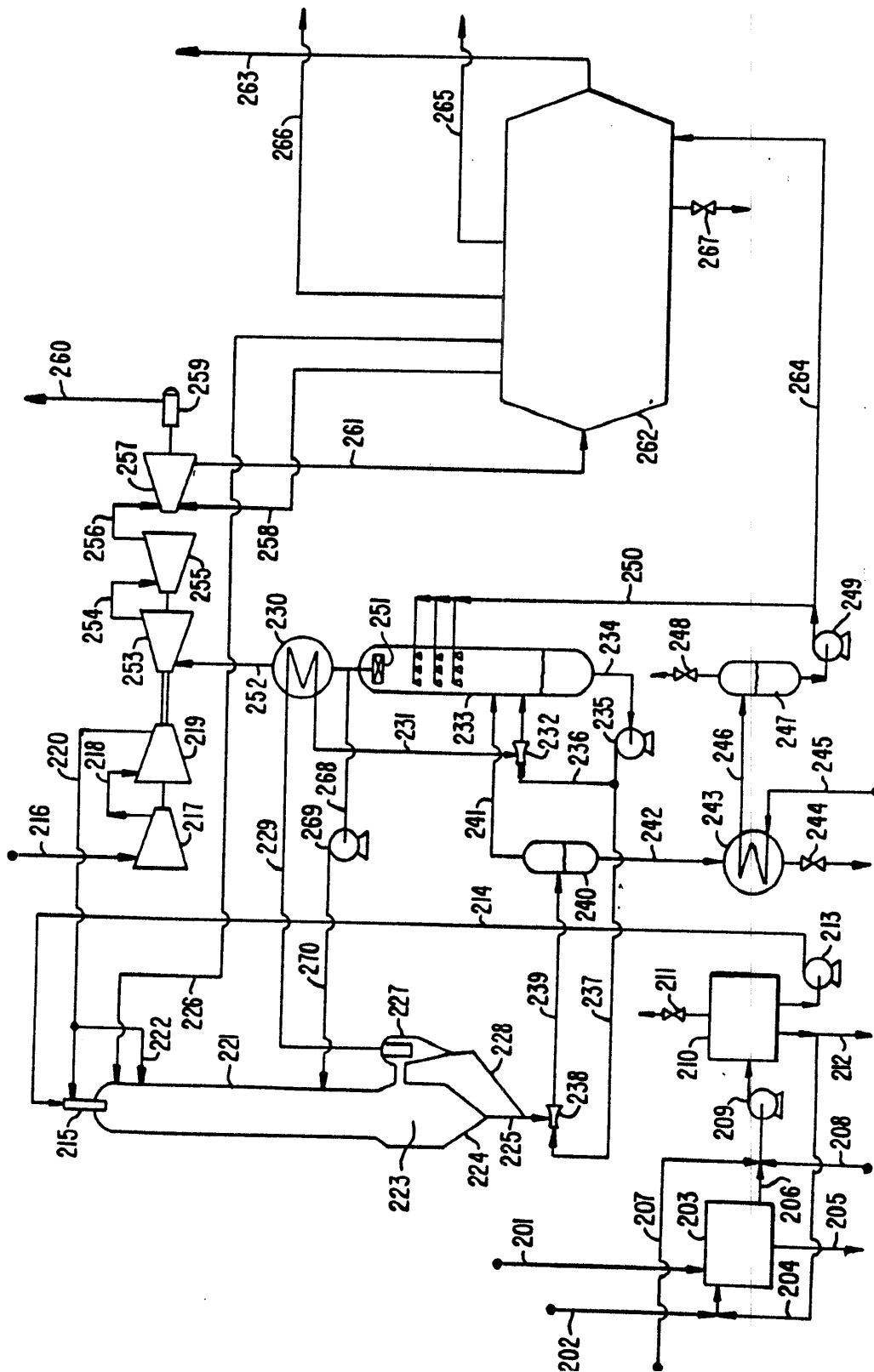
제1항에 있어서, 상기 가열 단계는, 고온의 탄슬러리를 점진적으로 감압하여, 복수의 감압 단계에서 증기를 발생시키고, 최소 압력에서 발생된 증기를 흐르게 하여 연료 슬러리와 혼합시킨 후에, 연료 슬러리를 점진적으로 가압하여, 압력이 상승하는 각 단계마다 발생 증기를 흐르게 하여 연료 슬러리와 혼합시킨 후에, 상기 연료 슬러리를 더 가압하고 연료 슬러리에 충분한 열을 외부 열원으로부터 전도하여 필요한 반응온도에 달하게 하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 비교적 저급의 탄질연료의 에너지를 이용하는 연속 조작 가능한 방법.

요약

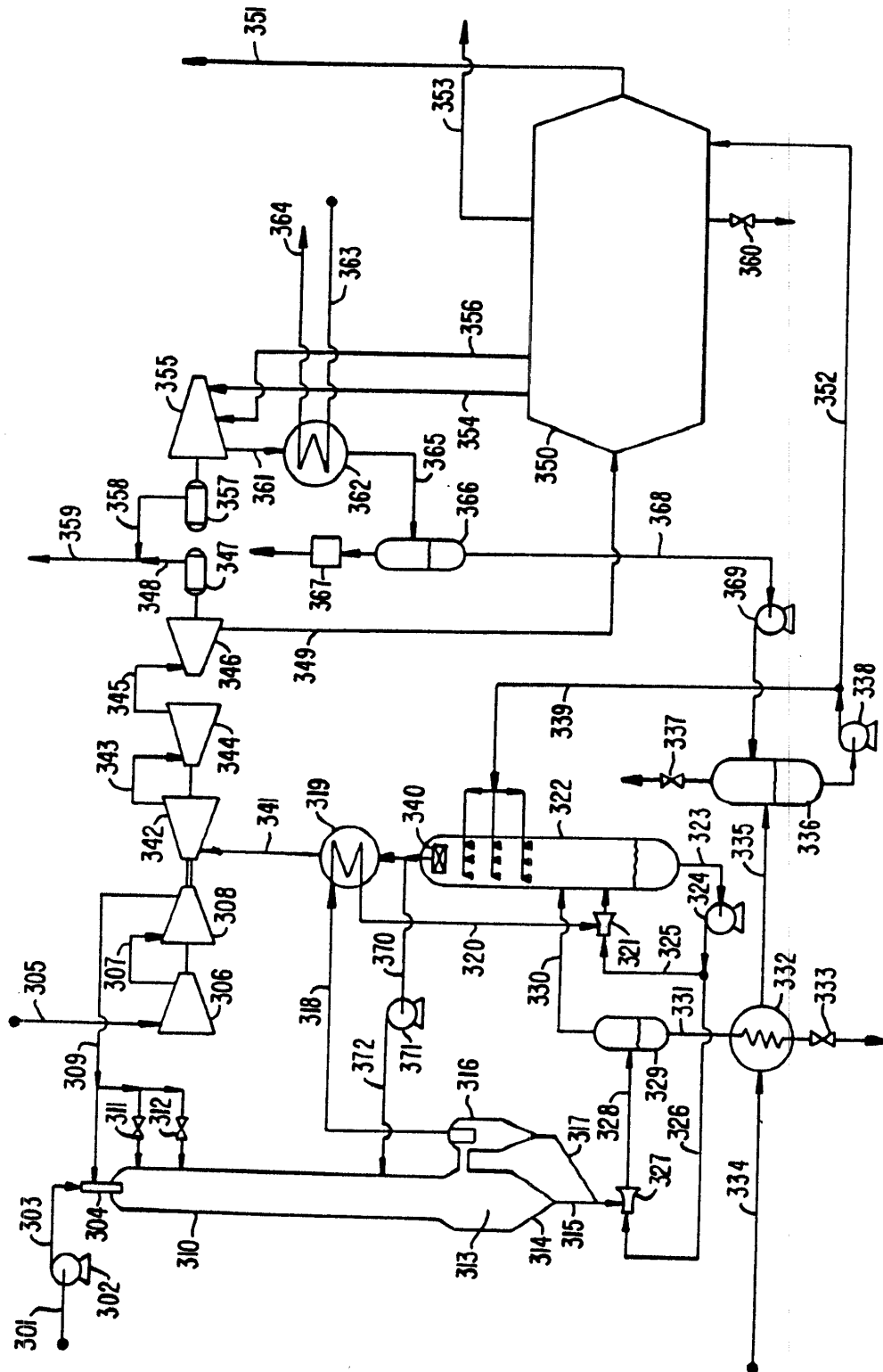
공업, 도시, 농업 폐기물등의 저급연 및 입자를 분쇄하며, 소립자로 만들어서 물로 슬러리화 할 수 있는 갈탄 및 유사한 고체연료등의 저급탄질연료로부터 에너지를 회수하는 방법과 시스템을 개시한다. 슬러리의 알칼리 함유량을 슬러리 중의 할로겐 함유량과 적어도 등가가 될 정도로 조정하고, 슬러리를 가압한 후에 충분히 가열하여 연료중에 화학적으로 결합되어 있는 산소의 상당 부분이 이산화 탄소로서 분해되어 탄입자와 할로겐염등이 용해된 불순물로 된 슬러리를 일탈도록 한다. 탄입자를 슬러리로부터 인출하고, 할로겐이 없는 물의 적당량으로 재슬러리함으로서, 그 에너지 밀도를 최대화하기 위해 필요로 하는 점도를 슬러리에 공급한다. 다음에 이 탄슬러리를 그 인화점 이하의 온도에서 공기와 반응시켜서 저급연료의 연료치를 열에너지로 변환하고, 다음에 이 에너지를 터빈(253, 255, 257)등의 구동용으로 사용한다.

도면

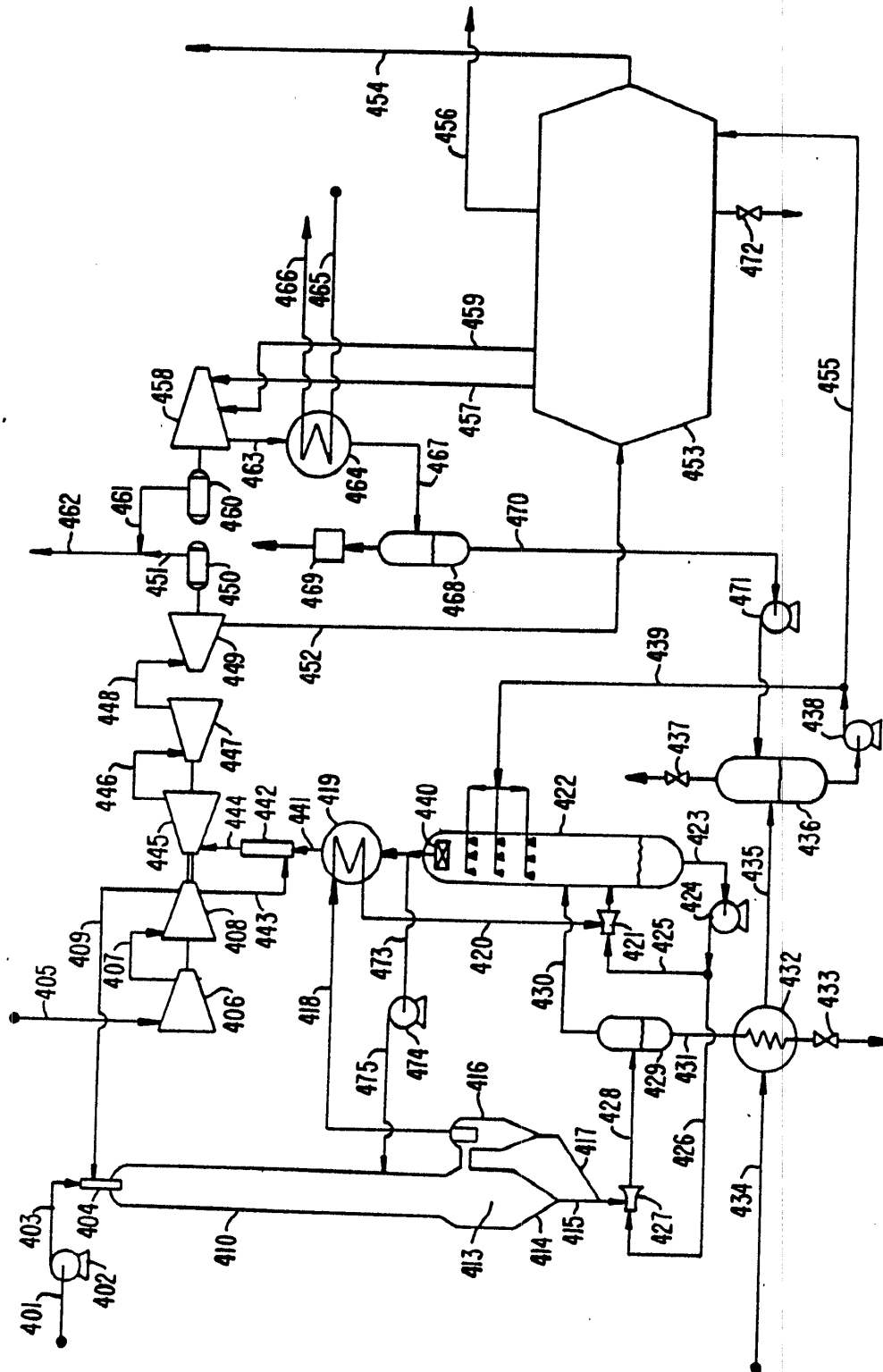
도면2



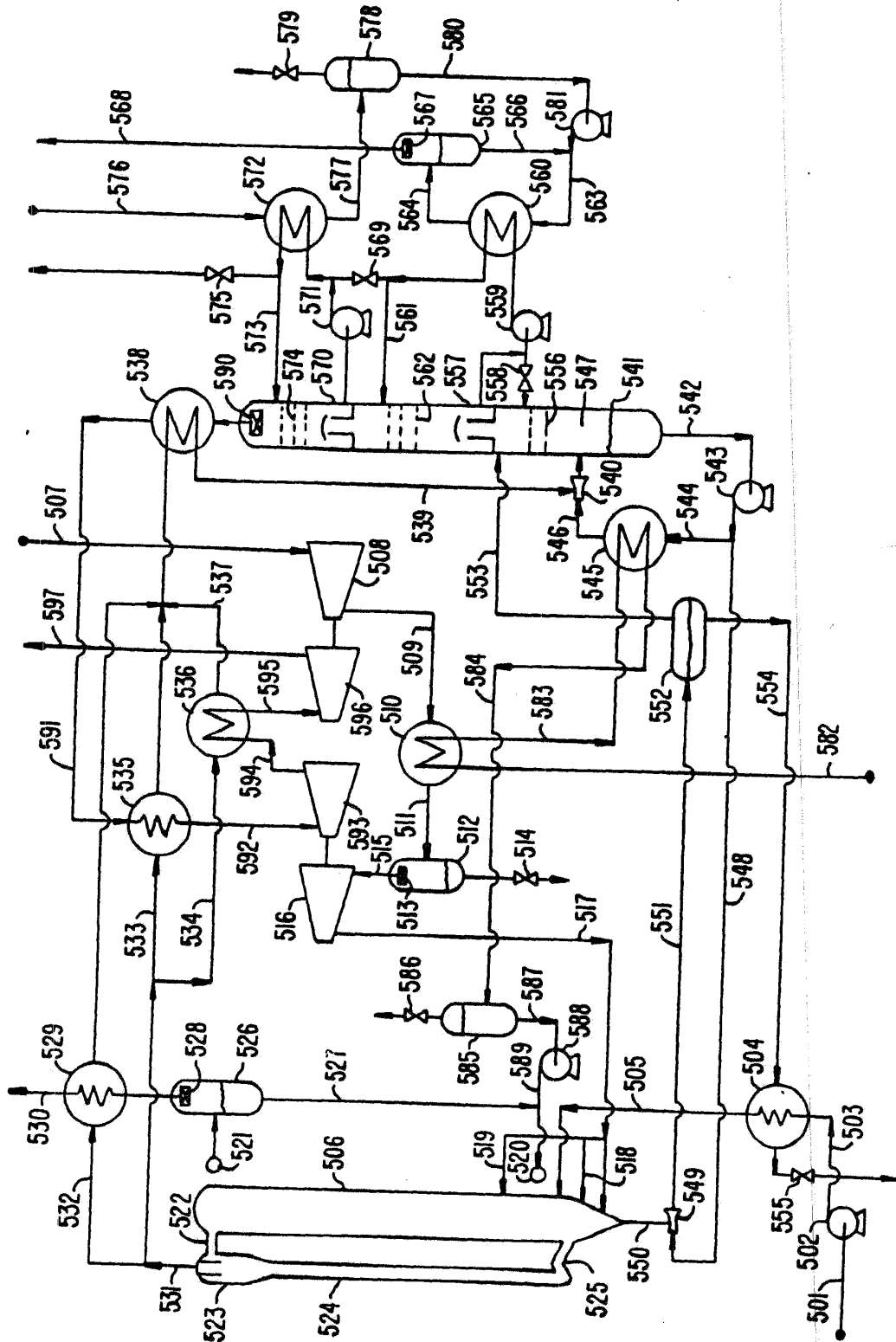
도면3



도면4



도면5



도면6

