



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년11월29일  
 (11) 등록번호 10-1334848  
 (24) 등록일자 2013년11월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 F02C 3/28 (2006.01) F02B 45/08 (2006.01)  
 F02C 6/18 (2006.01) B01J 19/08 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2012-0013940  
 (22) 출원일자 2012년02월10일  
 심사청구일자 2012년02월10일  
 (65) 공개번호 10-2013-0092294  
 (43) 공개일자 2013년08월20일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101069233 B1\*  
 KR1020100100885 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 한국기초과학지원연구원  
 대전광역시 유성구 과학로 169-148 (어은동)  
 (72) 발명자  
 홍용철  
 대전광역시 유성구 과학로 113  
 이봉주  
 대전광역시 유성구 과학로 113  
 (뒀면에 계속)  
 (74) 대리인  
 장한특허법인

전체 청구항 수 : 총 6 항

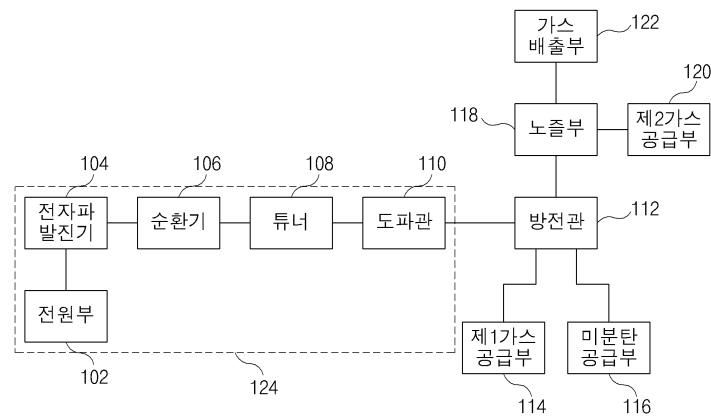
심사관 : 이택상

(54) 발명의 명칭 **플라즈마 가스화기**

**(57) 요약**

본 발명에 따르면, 기 설정된 주파수의 전자파를 발진하는 전자파 공급부(124); 상기 전자파 및 보조가스로부터 플라즈마를 생성시키는 방전관(112); 상기 방전관(112)의 내부로 제1보조가스를 소용돌이 형태로 주입하는 제1가스공급부(114); 상기 방전관(112) 내부에서 생성된 상기 플라즈마에 미분탄을 공급하는 미분탄공급부(116); 상기 방전관(112)의 상부에 형성되고, 상기 제1보조가스가 소용돌이 형태에서 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향의 직선운동 형태로 변화되도록 상기 제1보조가스의 흐름을 제어하며, 상기 플라즈마 및 상기 미분탄과의 반응에 의하여 합성가스가 생성되는 노즐부(118); 및 상기 노즐부(118)의 내벽을 따라 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향으로 흐르는 제2보조가스를 주입하는 제2가스공급부(120);를 포함하는 플라즈마 가스화기를 개시한다.

**대표도** - 도1



(72) 발명자  
**김예진**  
대전광역시 유성구 과학로 113  
**이상주**  
대전광역시 유성구 과학로 113  
**마속활**  
대전광역시 유성구 과학로 113

**신동훈**  
대전광역시 유성구 과학로 113  
**조창현**  
대전광역시 유성구 과학로 113

이 발명을 지원한 국가연구개발사업  
    과제고유번호     PG1011  
    부처명           교육과학기술부  
    연구사업명       협동연구개발과제  
    연구과제명       스팀 플라즈마를 이용한 탄화소소체 복합가스화기 원천기술개발을 통한 Poly-generation System 구현  
    기 여 율           1/1  
    주관기관          국가핵융합연구소  
    연구기간          2010.09.01 ~ 2011.12.31

---

**특허청구의 범위**

**청구항 1**

기 설정된 주파수의 전자파를 발진하는 전자파 공급부(124);  
 상기 전자파 및 보조가스로부터 플라즈마를 생성시키는 방전관(112);  
 상기 방전관(112)의 내부로 제1보조가스를 소용돌이 형태로 주입하는 제1가스공급부(114);  
 상기 방전관(112) 내부에서 생성된 상기 플라즈마에 미분탄을 공급하는 미분탄공급부(116);  
 상기 방전관(112)의 상부에 형성되고, 상기 제1보조가스가 소용돌이 형태에서 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향의 직선운동 형태로 변화되도록 상기 제1보조가스의 흐름을 제어하며, 상기 플라즈마 및 상기 미분탄과의 반응에 의하여 합성가스가 생성되는 노즐부(118); 및  
 상기 노즐부(118)의 내벽을 따라 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향으로 흐르는 제2보조가스를 주입하는 제2가스공급부(120);를 포함하되,  
 상기 노즐부(118)는,  
 원통 형상으로 형성되어 상기 원통의 내부로 상기 플라즈마가 관통하도록 구성되는 주실린더(400) 및,  
 상기 주실린더(400)의 내주면에서 주실린더(400)의 연장된 길이방향을 따라 형성되는 하나 이상의 가이드홈(402)을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 가스화기.

**청구항 2**

제 1항에 있어서,  
 상기 제1보조가스는,  
 산소, 스팀 또는, 산소와 스팀의 혼합가스 중 어느 하나 인것을 특징으로 하는 플라즈마 가스화기.

**청구항 3**

제 1항에 있어서,  
 상기 제2가스공급부(120)에서 공급되는 단위 시간당 제2보조가스 공급량과 상기 제1가스공급부(114)에서 공급되는 단위 시간당 제1보조가스 공급량 비는 2:1 내지 4:1 사이인 것을 특징으로 하는 플라즈마 가스화기.

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

제 1항에 있어서,  
 상기 가이드홈(402)은, 상기 주실린더(400)의 내주면에 동일간격으로 배치되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 가스화기.

**청구항 6**

제 1항에 있어서,

상기 주실린더(400)의 내경(R) 및 상기 가이드홈(402)의 내경(R')의 비는 1:0.1 내지 1:1 사이인 것을 특징으로 하는 플라즈마 가스화기.

**청구항 7**

제 1항에 있어서,

상기 제2가스공급부(120)는,

상기 노즐부(118)의 하부에 형성되고, 상기 노즐부(118)의 내주면과 연결되는 끝단(120a)이 상기 가이드홈(402)의 내부에서 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행하도록 형성되어 상기 가이드홈(402)을 따라 상기 제2보조가스가 배출되도록 형성되는 복수 개의 가스공급관을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 가스화기.

**명세서**

**기술분야**

[0001] 본 발명은 플라즈마 가스화기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 석탄 가스화 복합 발전에서 석탄을 가스화하는 공정에 적용되며 플라즈마를 이용하여 석탄입자로 이루어진 미분탄으로부터 합성가스를 생성하기 위한 플라즈마 가스화기에 관한 것이다.

**배경기술**

[0002] 석탄 가스화 복합 발전(IGCC; Integrated Gasification Combined Cycle)이란, 석탄을 수소(H<sub>2</sub>)와 일산화탄소(CO)를 주성분으로 한 합성가스로 전환한 뒤 이 가스로 가스터빈을 돌리는 방식으로 전기를 생산하는 형태의 발전을 의미한다.

[0003] 석탄 가스화 복합 발전을 이용할 경우 전세계적으로 매장량이 풍부한 석탄 자원을 이용하여 발전을 할 수 있다는 점에서 가장 큰 장점이 있다. 또한 석탄 가스화 복합 발전의 경우 열효율이 높아 단위 발전전력량당 이산화탄소, 황산화물, 질소산화물, 분진의 발생량을 절감할 수 있으며, 플랜트 출력에 대한 증기터빈 출력의 비가 낮아 온배수의 발생량을 절감할 수 있는 등 환경성이 매우 우수한 기술로 평가받고 있다. 또한 이산화탄소 분리저장기술, 수소생산기술, 연료전지와 연계한 시스템 등에 응용이 가능한 미래형 발전의 중추적인 기술로 주목을 받고 있다.

[0004] 석탄 가스화 복합 발전의 경우 종래의 석탄을 이용한 화력발전보다 효율 및 환경 오염 면에서 장점이 있을 뿐 아니라 다양한 분야와 결합이 가능한 장점이 있다. 그러나 종래의 석탄 가스화 복합 발전의 경우 석탄의 가스화 공정에 있어 고온로의 복사열에 의하여 석탄을 가스화하게 되므로 가스화기의 가동을 위하여 섭씨 1300~1500도 정도의 예열이 필요하므로, 가스화기의 예열을 위한 시간 및 비용이 많이 소요되게 된다. 또한 가스화를 위하여 25기압 이상의 고압을 요하게 되므로 가스화기 자체의 소형화가 매우 어렵고 가스화기의 제어 또한 어려운 문제점이 있었다.

[0005] 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 플라즈마 가스화기를 이용한 석탄의 가스화 기술이 제안되었다. 플라즈마를 이용할 경우 종래에 비해 저압(1기압) 공정으로 석탄의 가스화가 가능하며 가스화기 자체의 소형화가 가능하다는 장점이 있다.

[0006] 플라즈마 가스화기의 경우 안정적으로 플라즈마를 발생시키기 위하여 스팀 등의 보조가스를 소용돌이 형태로 도파관 내에 주입하는 것이 일반적이다. 그러나 이와 같이 소용돌이 형태의 보조 가스(스웰 가스)를 주입할 경우 스웰 가스의 원심력에 의하여 주입된 석탄 입자들이 플라즈마를 벗어나게 됨으로써 가스화 효율이 낮아지는 문제점이 있었다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

[0007] (특허문헌 0001) 한국 공개특허공보 제2011-0012175(2011.02.09), 석탄가스화복합발전용 플라즈마 가스화기

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0008] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로, 본 발명의 목적은 플라즈마를 이용한 플라즈마 가스화기에 있어 스윙가스의 원심력에 의해 플라즈마로부터 외측으로 벗어나는 미분탄을 플라즈마의 중심부로 집중시킴으로써 가스화 효율을 향상시킨 플라즈마 가스화기를 제공하는 데 그 목적이 있다.

**과제의 해결 수단**

[0009] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 플라즈마 가스화기는, 기 설정된 주파수의 전자파를 발진하는 전자파 공급부(124); 상기 전자파 및 보조가스로부터 플라즈마를 생성시키는 방전관(112); 상기 방전관(112)의 내부로 제1보조가스를 소용돌이 형태로 주입하는 제1가스공급부(114); 상기 방전관(112) 내부에서 생성된 상기 플라즈마에 미분탄을 공급하는 미분탄공급부(116); 상기 방전관(112)의 상부에 형성되고, 상기 제1보조가스가 소용돌이 형태에서 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향의 직선운동 형태로 변화되도록 상기 제1보조가스의 흐름을 제어하며, 상기 플라즈마 및 상기 미분탄과의 반응에 의하여 합성가스가 생성되는 노즐부(118); 및 상기 노즐부(118)의 내벽을 따라 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향으로 흐르는 제2보조가스를 주입하는 제2가스공급부(120);를 포함한다.

**발명의 효과**

[0010] 본 발명에 따른 플라즈마 가스화기에 의하면, 노즐부 내부에서 스윙형태로 공급되는 보조가스의 흐름을 직선 형태로 변화시킴으로써 스윙가스의 원심력에 의해 플라즈마로부터 외측으로 벗어나는 미분탄을 플라즈마의 중심부로 집중시킬 수 있게 되어 플라즈마에 의한 합성가스 생성효율을 극대화시킬 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0011] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마 가스화기의 구성을 나타낸 블록도,  
 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마 가스화기의 도파관과 방전관이 연결되는 부분을 도시한 수직단면도,  
 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 제1가스공급부의 구성 및 제1보조가스가 스윙형태로 배출되는 동작원리를 나타낸 수평단면도,  
 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈의 구성을 나타낸 도 2의 A-A'를 절단한 수평단면도,  
 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈의 구성에 의해 노즐부 내부 위치별 제1보조가스의 이동속도가 변환된 상태를 나타낸 그래프,  
 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈에 의해 미분탄 입자들이 플라즈마가 형성되는 중심부에 집중되어 배출되는 상태를 나타낸 사진,  
 도 7은 상기 가이드홈이 구비되지 않은 상태에서 미분탄 입자들이 방사형으로 퍼지며 배출되는 상태를 나타낸 사진,  
 도 8은 상기 가이드홈이 구비되지 않은 상태에서 생성되는 합성가스의 조성을 나타낸 그래프,  
 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈이 구비된 상태에서 생성되는 합성가스의 조성을 나타낸 그

래프,

도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 제2가스공급부의 구성을 나타낸 도 2의 B-B'를 절단한 수평단면도,

도 11은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 제2보조가스의 주입량별로 구분하여 배출되는 미분탄 입자의 흐름을 나타낸 사진,

도 12는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈 및 제2가스공급부에 의해 주입된 미분탄이 중심부의 플라즈마로 집중되는 동작원리를 나타낸 단면도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0012] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0013] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0014] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마 가스화기의 구성을 나타낸 블록도이다. 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마 가스화기(100)는 전원부(102), 전자파 발진기(104), 순환기(106), 튜너(108), 도파관(110), 방전관(112), 제1가스공급부(114), 미분탄공급부(116), 노즐부(118), 제2가스공급부(120) 및 가스배출부(122)를 포함한다.
- [0015] 먼저, 상기 전원부(102)는, 외부로부터 구동전력을 인가받아 플라즈마 가스화기(100)의 구동에 필요한 전력을 공급한다.
- [0016] 상기 전자파 발진기(104)는, 전원부(102)와 연결되며, 전원부(102)로부터 전력을 공급받아 전자파를 발진한다. 본 실시예에서는 상용주파수의 전자파 발진기(마그네트론)를 이용한다. 예를 들어 2.45GHz의 주파수를 갖는 전자파 발진기, 또는 902~928MHz(915MHz 마그네트론) 또는 886~896MHz(896MHz 마그네트론)의 주파수 범위를 갖는 전자파를 발진하는 전자파 발진기를 사용할 수 있다.
- [0017] 상기 순환기(106)는, 상기 전자파 발진기(104)와 연결되며, 전자파 발진기(104)에서 발진된 전자파를 출력함과 동시에 임피던스 부정합으로 반사되는 전자파 에너지를 소멸시켜 전자파 발진기(104)를 보호한다.
- [0018] 상기 튜너(108)는, 순환기(106)로부터 출력된 전자파의 입사파와 반사파의 세기를 조절하여 임피던스 정합을 유도함으로써 상기 전자파로 유도된 전기장이 방전관(112) 내에서 최대가 되도록 한다.
- [0019] 상기 도파관(110)은, 상기 튜너(108)와 방전관(112) 사이에 연결되며, 튜너(108)로부터 입력되는 전자파를 방전관(112)으로 전송한다.
- [0020] 전술한 전원부(102), 전자파 발진기(104), 순환기(106), 튜너(108), 및 도파관(110)은 본 발명에서 전자파 공급부(124)를 구성한다. 즉, 상기 전자파 공급부(124)는 기 설정된 주파수의 전자파를 발생시켜 방전관(112)으로 공급하는 역할을 수행한다.
- [0021] 상기 방전관(112)은, 전자파 공급부(120)로부터 공급된 상기 전자파 및 제1보조가스로부터 플라즈마를 생성하며, 생성된 플라즈마를 이용하여 미분탄을 가스화함으로써 합성가스(Syn-gas)를 생성한다. 상기 합성가스는 주로 일산화탄소(CO)와 수소(H<sub>2</sub>)로 구성되며, 그 외에 황화합물 등의 불순물을 포함한다.
- [0022] 상기 제1가스공급부(114)는, 방전관(112)의 내부에 상기 제1보조가스를 소용돌이 형태로 주입한다. 상기 제1보조가스는 산소, 스팀 또는 산소와 스팀의 혼합가스 중 어느 하나로 구성될 수 있다. 이와 같이 제1가스공급부(114)를 통하여 방전관(112) 내부에 주입된 제1보조가스는 방전관(112) 내에 소용돌이(스윙; Swirl)를 형성함으로써 생성된 플라즈마를 안정화시킴과 동시에 고온의 플라즈마 화염으로부터 방전관(112)의 내벽을 보호하게 된다.
- [0023] 한편, 상기 제1보조가스에 포함된 스팀(H<sub>2</sub>O)과 산소(O<sub>2</sub>)의 혼합 비율을 제어함으로써 생성되는 합성가스(Syn-gas)의 조성비율을 제어하는 것 또한 가능하다. 예를 들어, 제1보조가스로 순수한 스팀(H<sub>2</sub>O)을 사용할 경우, 플

라즈마에 의하여 OH, H, O가 생성되며, 이 중 우세한(dominant) 종들은 OH와 H이다. 그러므로, 순수한 스팀 플라즈마에서 석탄을 가스화할 경우, 석탄과 스팀 플라즈마의 반응으로부터 수소의 생성량이 일산화탄소보다 많음을 예측할 수 있다.

- [0024] 그러나, 스팀과 산소의 혼합가스로부터 석탄을 가스화할 경우, 산소의 몰분율(Mole Fraction, %)을 0으로부터 100까지 서서히 증가하면 산소원자의 발생량이 스팀으로부터 발생하는 수소원자의 양보다 점점 많아지게 된다. 즉, 제1보조가스에서 산소의 혼합율이 증가할수록 수소보다 일산화탄소의 발생량이 많아지게 되며, 이로부터 스팀과 산소의 혼합율을 제어함으로써 석탄 가스화로부터의 합성가스의 조성을 변화시킬 수 있다.
- [0025] 상기 플라즈마에 의하여 상기 방전관(112) 내부에서는 다음과 같은 반응이 일어나게 된다.
- [0026] (1) 산소에 의한 연소(산화반응) :  $C + O_2 \rightarrow CO_2$
- [0027] - 본 반응은 발열반응이며 매우 빠르게 일어난다. 이 반응을 통하여 석탄의 가스화에 필요한 열을 공급받을 수 있다.
- [0028] (2) 산소에 의한 가스화(부분산화반응) :  $C + 1/2 O_2 \rightarrow CO$
- [0029] - 본 반응 또한 발열반응이며 매우 빠르게 일어난다.
- [0030] (3) 이산화탄소에 의한 가스화(Boudouard 반응) :  $C + CO_2 \rightarrow 2CO$
- [0031] - 본 반응은 흡열반응이며 상기 산화반응보다 느린 반응이다.
- [0032] (4) 스팀에 의한 가스화 :  $C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2$
- [0033] - 흡열반응이며 상기 산화반응보다 느린 반응이다. 높은 온도와 저압에서 선호되는 반응이다.
- [0034] (5) 수소에 의한 가스화 :  $C + 2H_2 \leftrightarrow CH_4$
- [0035] - 발열반응이며 느린 반응이다. 다만 고압일 경우 예외적으로 반응 속도가 빨라진다.
- [0036] (6) 물-가스 이동 반응 (Water gas shift (WGS) reaction : Dussan reaction) :  $CO + H_2O \leftrightarrow H_2 + CO_2$
- [0037] - 다소 흡열반응이며 빠른 반응이다. 합성가스의 H<sub>2</sub> : CO 비율은 본 반응에 의해 영향을 받게 된다.
- [0038] (7) 메탄 생성 반응 :  $CO + 3H_2 \leftrightarrow CH_4$
- [0039] - 발열반응이며 매우 느린 반응이다.
- [0040] 상기 미분탄공급부(116)는, 방전관(112) 하부에 배치되어 방전관(112) 내부에서 생성된 상기 플라즈마에 합성가스 생성을 위한 원료가 되는 석탄입자로 이루어진 미분탄을 공급한다.
- [0041] 상기 노즐부(118)는, 상기 방전관(112)의 상부에 형성되고, 상기 제1보조가스가 소용돌이 상태에서 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향의 직선운동 형태로 변화되도록 상기 제1보조가스의 흐름을 제어하며, 상기 플라즈마 및 미분탄과의 반응에 의하여 합성가스를 생성시킨다.
- [0042] 상기 제2가스공급부(120)는 노즐부(118)의 내벽을 따라 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향으로 흐르는 제2보조가스를 주입한다. 상기 제2보조가스는 스팀(H<sub>2</sub>O), 산소(O<sub>2</sub>), 공기(Air), 또는 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 중 하나 이상을 포함하여 구성될 수 있다. 이와 같은 제2가스공급부(120)의 상세구성에 대해서는 이하에서 상세히 설명한다.
- [0043] 상기 가스배출부(122:도 1 참조)는, 방전관(112)의 상단에 구비되며, 플라즈마에 의하여 생성된 합성가스를 외부로 배출한다. 가스배출부(122)를 통하여 배출된 합성가스는 가스 정제 과정을 거쳐 전력을 생성하거나 액화연료, 화학연료 등을 생산하는 데 사용된다.
- [0044] 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 플라즈마 가스화기의 도파관(110)과 방전관(112)이 연결되는 부분을 도시한 수직단면도이다. 도시된 바와 같이, 방전관(112)은 도파관(110)과 연결되어 도파관(110)을 통해 입력되



는 전자파에 의해 플라즈마가 생성되는 공간(200)을 제공한다.

- [0045] 상기 방전관(112)은, 원통형으로 형성되어 도파관(110)의 종단으로부터 도파관(110) 내파장의 1/8 내지 1/2 사이, 바람직하게는 1/4에 해당하는 지점에서 도파관(110)을 수직하게 관통하도록 설치되며, 전자파의 용이한 투과를 위해 석영, 알루미늄, 또는 세라믹으로 구성될 수 있다. 도파관(110)의 외부면에서 도파관(110)을 감싸도록 형성된 방전관 지지체(202)는 방전관(112)이 안정적으로 도파관(110) 내부에 삽입되어 고정되도록 방전관(112)을 지지한다.
- [0046] 상기 노즐부(118)는, 방전관(112)의 상단에 형성되며, 방전관(112)과 동일한 직경을 가지는 원통형으로 형성된다.
- [0047] 상기 제1가스공급부(114)는, 방전관(112)의 하단부에 형성되며, 미분탄공급부(116)는 노즐부(118)의 하단부에 형성된다. 도 3에 도시된 바와 같이, 제1가스공급부(114)는 등간격으로 배열되며, 방전관(112)의 내부로 제1보조가스를 공급하는 하나 이상의 제1가스공급관(300)을 포함할 수 있다.
- [0048] 이와 같은 제1가스공급관(300)은, 공급되는 제1보조가스가 방전관(112)의 내주면을 따라 소용돌이 형태로 회전하도록 방전관(112)으로 공급된다. 도시된 바와 같이 제1가스공급관(300)은 방전관(112) 내부로 배출되는 제1보조가스가 방전관(112)의 내주면을 따라 즉, 내주면과 평행하게 배출되도록 방전관(112)의 내부와 연결된다.
- [0049] 이를 위하여, 제1가스공급관(300)이 방전관(112)과 연결되는 일단 부근에서는 제1가스공급관(300)의 진행 방향이 방전관(112)의 내주면과 평행하도록 구성되며, 이에 따라 공급되는 제1보조가스는 방전관(112)의 내부에서 방전관(112)의 내벽을 따라 일방향으로 회전하면서 소용돌이 형태를 띄게 된다. 제1가스공급관(300)에서 공급되는 제1보조가스의 회전 방향이 모두 동일하도록 구성되어야 함은 당연하다. 한편, 도시된 실시예에서는 4개의 제1가스공급관(300)이 등간격으로 배열되는 실시예를 나타내었으나, 이는 예시적인 것이며, 필요에 따라 적절한 개수의 제1가스공급관(300)을 구비할 수 있다.
- [0050] 한편, 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈의 구성을 나타낸 도 2의 A-A'를 절단한 수평단면도이다. 도시된 바와 같이, 노즐부(118)는 원통형상으로 형성되어 상기 원통의 내부로 상기 플라즈마가 관통하도록 구성되는 주실린더(400) 및, 상기 주실린더(400)의 내주면에 형성되는 하나 이상의 가이드홈(402)을 포함한다.
- [0051] 여기서, 상기 주실린더(400)는, 그 내경이 방전관(112)의 내경과 동일하도록 구성되며, 이에 따라 방전관(112)에서 형성된 플라즈마가 용이하게 주실린더(400)를 통과하여 토출되도록 구성된다. 상기 가이드홈(402)은 예를 들어 반원형의 홈(Groove) 형태로 주실린더(400)의 내주면에 동일 간격으로 배치될 수 있다. 이와 같은 가이드홈(402)은 소용돌이 형태(Swirl Flow)로 방전관(112)을 통과한 제1보조가스의 흐름을 직선 형태(Straight Flow)로 변화시킨다. 즉, 소용돌이 형태의 제1보조가스는 노즐부(118)를 통과하면서 가이드홈(402)에 의해 그 운동 방향이 안내되면서 변경되어 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향으로 직선 운동하게 된다. 전술한 바와 같이, 가이드홈(402)은 주실린더(400)의 내주면을 따라 배열되므로, 이러한 가스 흐름의 변화는 노즐부(118)의 가장자리에서 가장 강하게 일어나며, 노즐부(118)의 중심부로 갈수록 약해진다.
- [0052] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈의 구성에 의해 노즐부 내부 위치별 제1보조가스의 이동속도가 변환된 상태를 나타낸 그래프이다. 도시된 바와 같이, 주실린더(400)의 내주면을 따라 배열된 가이드홈(402)에 의하여 노즐부(118)의 중심으로 갈수록 제1보조가스의 이동 속도가 느려지고, 중심에서 벗어날수록 보조가스의 이동 속도가 빨라지게 된다. 이와 같은 속도 차이에 따라 노즐부(118) 내부의 압력 또한 중심으로 갈수록 낮아지고 중심에서 벗어날수록 높아지게 되며, 이에 따라 노즐부(118)로 주입되는 미분탄은 상기 압력 차이로 인하여 플라즈마가 형성된 노즐부(118)의 중심으로 집중된다.
- [0053] 한편, 주실린더(400)의 내경을 R, 가이드홈(402)의 내경을 R'라할 때,  $R : R' = 1 : 0.1$  내지  $1 : 1$  을 만족하도록 구성된다. 만약 R'가 R보다 큰 경우에는 주실린더(400)의 내벽에 실질적으로 가이드홈(402)이 형성될 수 없으며, R'의 값이 R의 1/10 이하인 경우에는 가이드홈(402)의 크기가 너무 작아서 제1보조가스의 흐름 방향을 충분히 변화시키지 못하게 되기 때문이다.
- [0054] 도 6 및 도 7은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈(402)의 효과를 설명하기 위한 것으로서, 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈(402)에 의해 미분탄 입자들이 플라즈마가 형성되는 중심부에 집중되어 배출되는 상태를 도시하며, 도 7은 상기 가이드홈(402)이 구비되지 않은 상태에서 미분탄 입자들이 방사형으로 퍼지며 배출되는 상태를 각각 도시한 것이다. 도시된 바와 같이, 가이드홈(402)을 구비한 경우 미분탄 입자들이 플라즈마가 형성되는 중심부에 집중되나, 가이드홈(402)을 구비하지 않은 경우에는 입자들이 방사형으로 퍼지는



것을 확인할 수 있다.

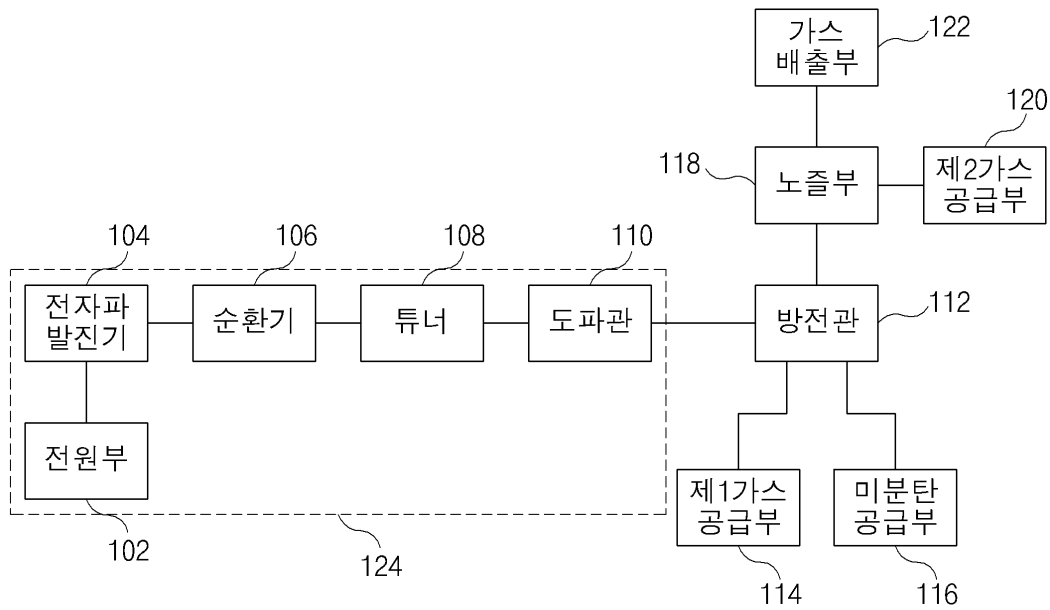
- [0055] 도 8 및 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈(402)의 미분탄 가스화 효율 향상 효과를 설명하기 위한 것으로서, 도 8은 상기 가이드홈(402)이 구비되지 않은 상태에서 생성되는 합성가스의 조성을 나타낸 그래프, 도 9는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 가이드홈(402)이 구비된 상태에서 생성되는 합성가스의 조성을 나타낸 그래프이다. 도시된 바와 같이, 미분탄 대 스팀의 비가 약 0.4:1인 경우, 가이드홈(402)을 구비하지 않은 경우에는 수소의 함량이 약 40%, 이산화탄소의 함량이 약 39%이나, 가이드홈(402)을 구비한 경우에는 수소의 함량이 약 48%로 증가하고 이산화탄소의 함량이 약 35%로 감소한 것을 알 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 경우 종래에 비해 플라즈마에 의한 가스화가 더 효율적으로 일어나게 된다.
- [0056] 한편, 도 10은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 제2가스공급부의 구성을 나타낸 도 2의 B-B'를 절단한 수평단면도이다. 도시된 바와 같이, 노즐부(118)는 원통 형상으로 형성되어 상기 원통의 내부로 상기 플라즈마가 관통하도록 구성된다. 상기 제2가스공급부(120)는, 노즐부(118)의 하부에 형성되고, 상기 노즐부(118)의 내벽을 따라 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향으로 흐르는 제2보조가스를 주입하는 구성요소로서, 노즐부(118)의 하단에 구비되며, 도시된 바와 같이 제2보조가스를 공급하는 복수 개의 가스공급관을 포함한다.
- [0057] 여기서, 각각의 가스공급관은 각 가이드홈(402)별로 매칭되어 등간격으로 배열될 수 있다. 또한, 각각의 가스공급관은 노즐부(118)의 내주면과 연결되는 끝단(120a)이 상기 가이드홈(402)의 내부에서 상기 플라즈마 토출 방향과 평행하도록 형성되어 상기 가이드홈(402)을 따라 상기 제2보조가스가 배출되도록 형성된다. 이에 따라, 도 12의 화살표로 표시한 것과 같이, 가스공급관으로 주입된 제2보조가스는 끝단(120a)에서 그 방향이 변화하여 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향으로 노즐부(118)의 내주면을 따라 직선으로 흐르게 된다.
- [0058] 이러한 제2보조가스의 흐름은 노즐부(118)의 가장자리에서 가장 강하게 일어나며, 노즐부(118)의 중심으로 갈수록 약해진다. 즉, 제2보조가스의 이동속도는 노즐부(118)의 가장자리에서 가장 빠르고 노즐부(118)의 중심에서 가장 느리다. 이와 같은 속도 차이에 따라 노즐부(118) 내부의 압력 또한 중심으로 갈수록 낮아지고 중심에서 벗어날수록 높아지게 되며, 이에 따라 노즐부(118)로 주입되는 미분탄은 상기 압력 차이로 인하여 플라즈마가 형성된 노즐부(118)의 중심으로 집중된다.
- [0059] 또한, 제2가스공급부(120)에서 공급되는 단위 시간당 제2보조가스 공급량을 M이라 하고, 제1가스공급부(114)에서 공급되는 단위 시간당 제1보조가스 공급량을 N이라 할 때,  $M : N = 2 : 1$  내지  $4 : 1$ 의 범위를 만족하도록 구성된다. 만약 제2보조가스 공급량이 너무 적을 경우에는 미분탄을 집중시키기 위한 충분한 압력구배를 형성할 수 없으며, 제2보조가스 공급량이 4 이상이 되면 공급량 증가에 따른 효율 향상 효과가 더 이상 나타나지 않기 때문이다.
- [0060] 도 11은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 제2보조가스의 주입량별로 배출되는 미분탄 입자의 흐름을 구분하여 나타낸 사진으로, 스웰가스 형태의 제1보조가스를 30lpm의 용량으로 주입할 때, 제2보조가스의 주입량을 0lpm, 20lpm, 40lpm, 60lpm, 80lpm, 100lpm으로 변화시킬 경우의 미분탄 입자의 흐름을 각각 도시한 것이다. 도시된 바와 같이, 제2보조가스의 주입량이 제1보조가스 공급량의 2배인 60lpm 미만일 경우에는 미분탄 입자들이 방사형으로 퍼지나, 60lpm 이상일 경우에는 점차 입자들이 중심으로 집중되는 것을 알 수 있다.
- [0061] 상술한 바와 같은 효과에 의하여, 본 발명에 따른 경우 주입된 미분탄이 중심부의 플라즈마로 집중됨으로써 종래에 비해 합성가스의 생산 효율을 높일 수 있게 된다. 즉, 노즐부(118) 내에 상기와 같은 형태의 가이드홈(402) 및 제2가스공급관(120)을 구비하지 않을 경우에는 소용돌이 형태의 제1보조가스에 따른 원심력에 의하여 주입된 미분탄 입자들이 플라즈마로부터 벗어나게 된다. 그러나 본 발명의 경우 도 12에 도시된 바와 같이, 제1가스공급부(114)에 의해 스웰 형태로 유동하며 공급되는 제1보조가스는 가이드홈(402)에 의해 안내되면서 그 운동방향이 직선 형태 즉, 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향으로 변경되어 상기 미분탄을 플라즈마 방향으로 집중시키게 되고, 상기 가이드홈(402)의 내부에 배치되어 상기 플라즈마의 토출 방향과 평행한 방향으로 제2보조가스를 공급하는 제2가스공급부(120)에 의해 상기 미분탄이 플라즈마 방향으로 집중되는 정도가 더욱 증가하게 되어 합성가스의 생성 효율을 극대화할 수 있다.
- [0062] 이상과 같이, 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 청구 범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

**부호의 설명**

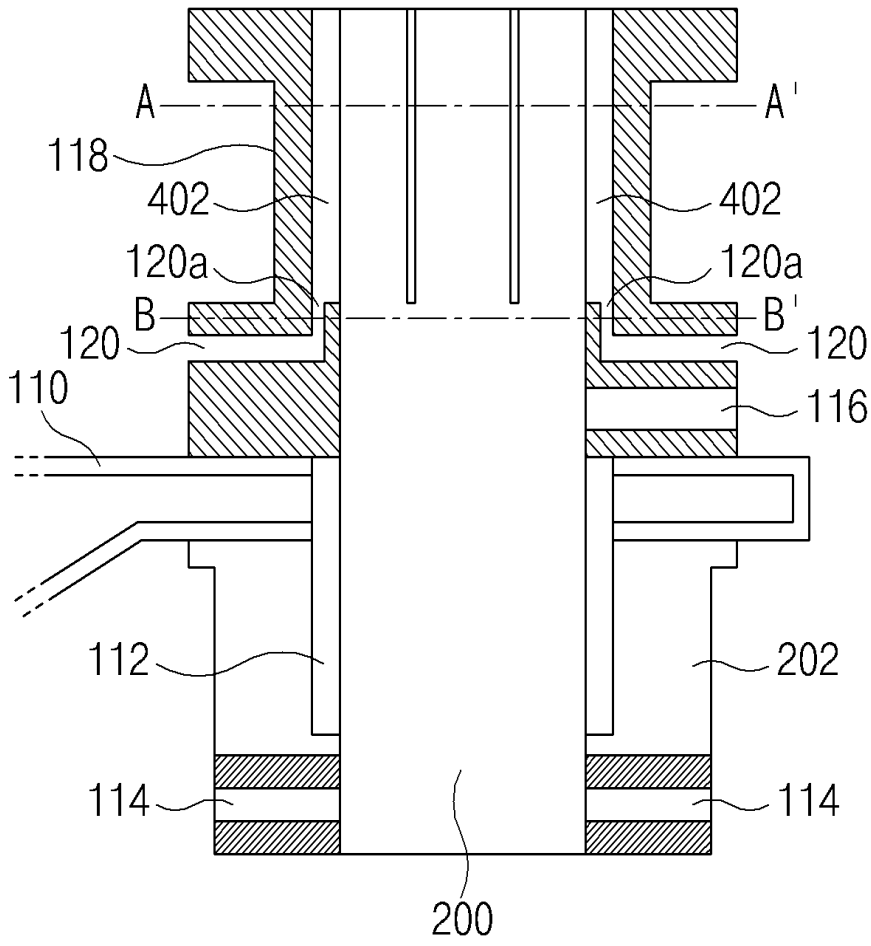
[0063]	102...전원부	104...전자파 발진기
	106...순환기	108...튜너
	110...도파관	112...방전관
	114...제1가스공급부	116...미분탄공급부
	118...노즐부	120...제2가스공급부
	122...가스배출부	124...전자파 공급부
	200...플라즈마 생성 공간	202...방전관 지지체
	300...가스 공급관	400...주실린더
	402...가이드홈	

**도면**

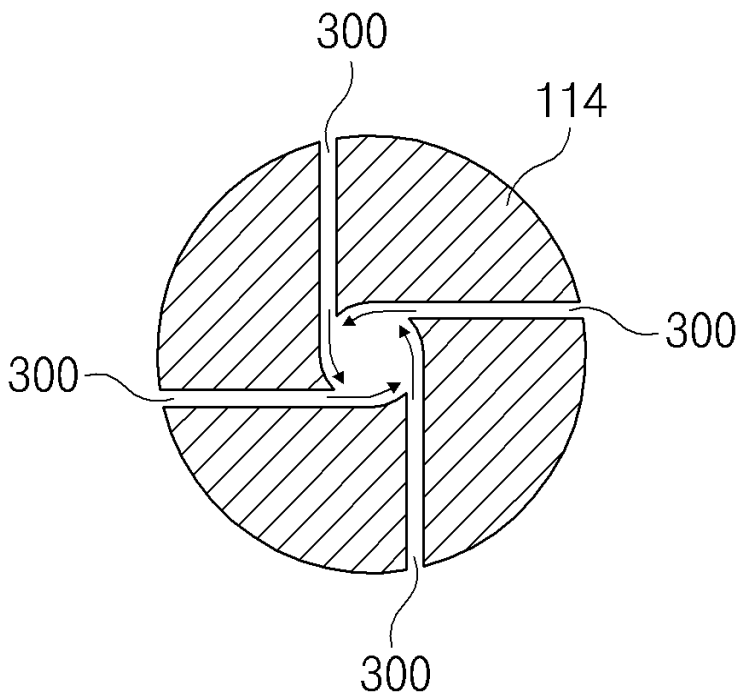
**도면1**



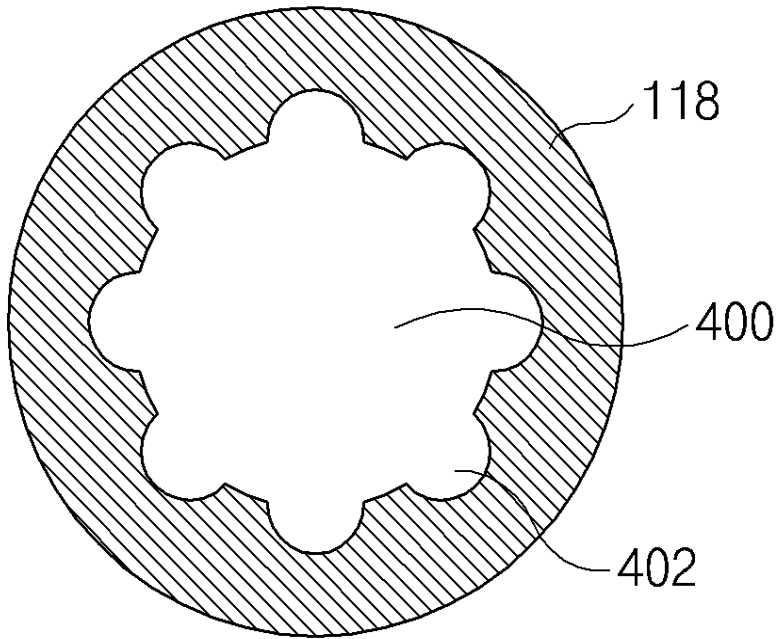
도면2



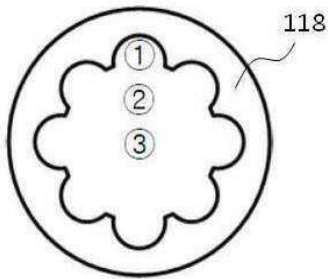
도면3



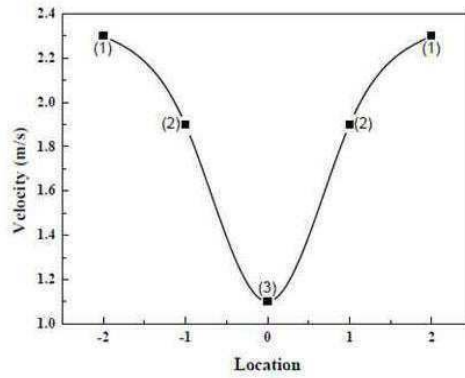
도면4



도면5

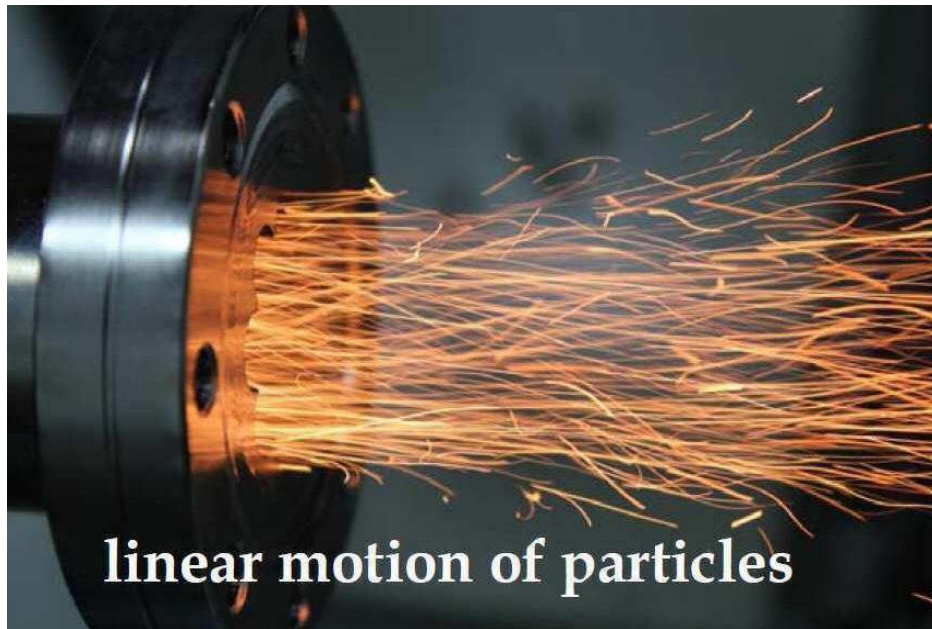


Swirl Air: 40 lpm

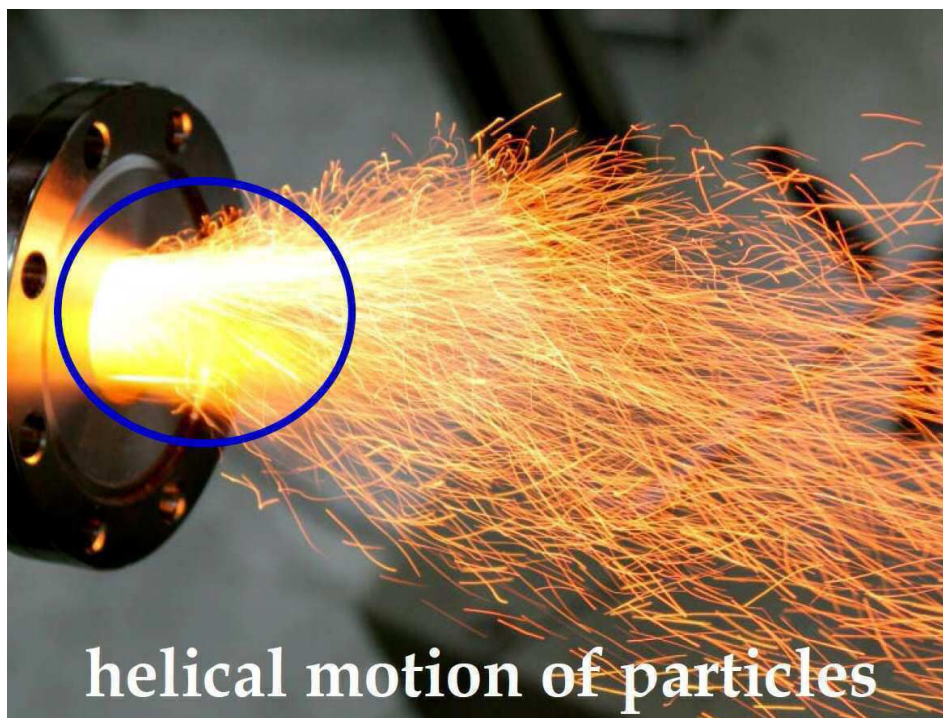


(m/s)	1	2	3	4
①	2.3	2.2	2.3	2.2
②	1.9	2.0	1.8	1.9
③	1.1	1.2	1.0	1.0

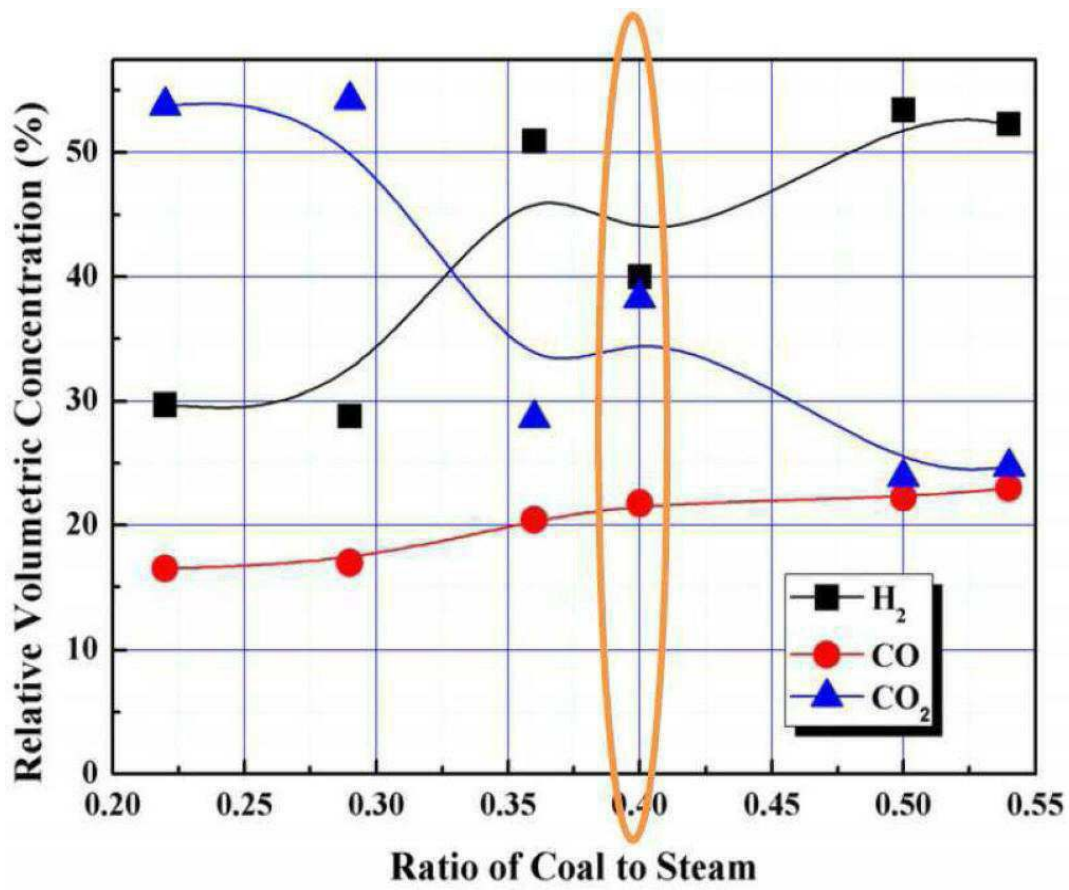
도면6



도면7

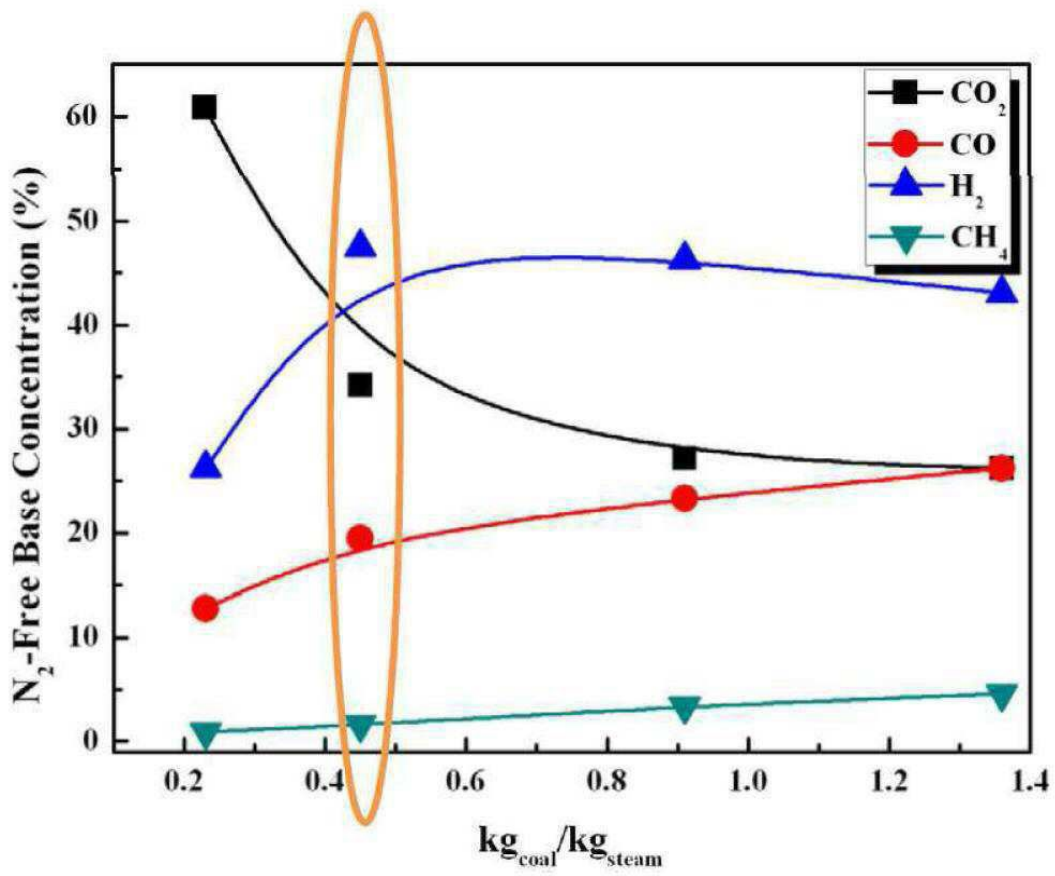


도면8

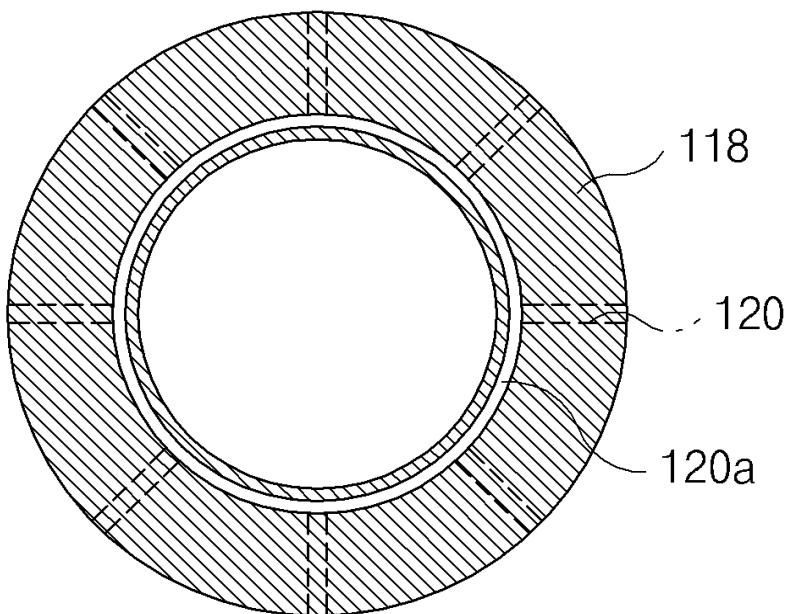




도면9

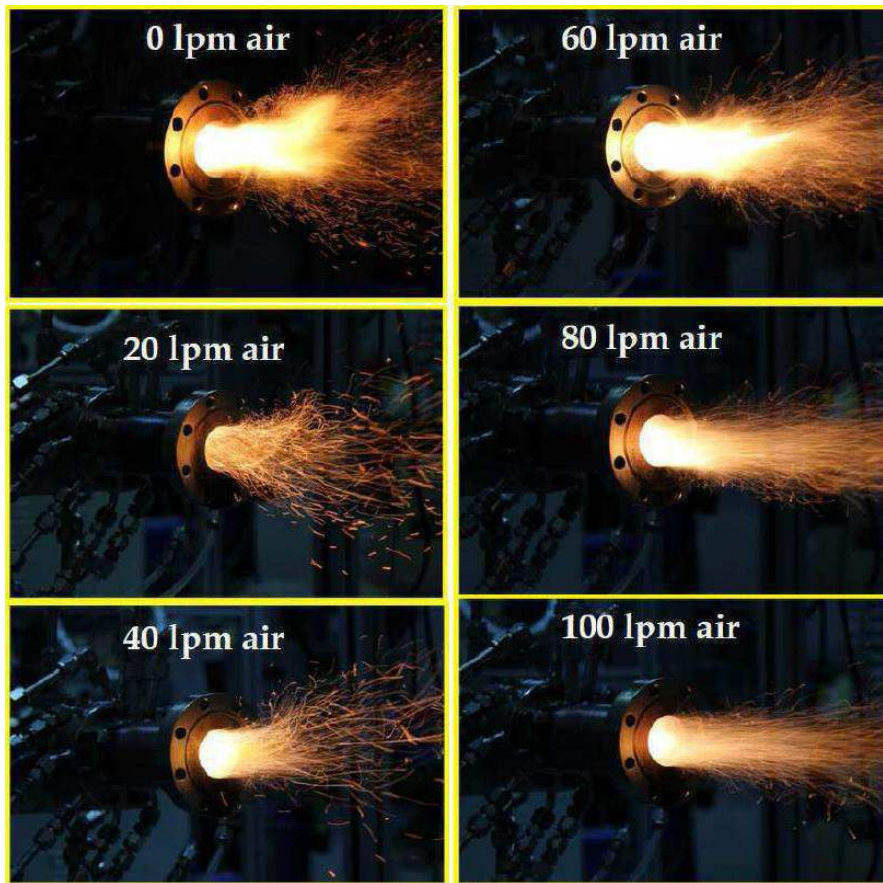


도면10





도면11



도면12

