



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년04월10일

(11) 등록번호 10-1511472

(24) 등록일자 2015년04월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F23D 1/00 (2006.01) *F23L 1/00* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0043709

(22) 출원일자 2014년04월11일

심사청구일자 2014년04월11일

(65) 공개번호 10-2014-0123447

(43) 공개일자 2014년10월22일

(30) 우선권주장

14/224,554 2014년03월25일 미국(US)

61/811,175 2013년04월12일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2003240227 A

KR100201677 B1

KR1020000023593 A

(73) 특허권자

에어 프로덕츠 앤드 케미칼스, 인코오포레이티드

미합중국 펜실베이니아주 18195-1501 알렌타운시 해밀턴 블라바아드 7201

(72) 발명자

디아고스티니 마크 다니엘

미국 펜실베이니아주 18103 앨런타운 플렉서 애비뉴 928

프랜시스 안토니 밀세티히

미국 펜실베이니아주 18036 쿠퍼스버그 캐리지 드라이브 7071

(74) 대리인

김태홍

전체 청구항 수 : 총 15 항

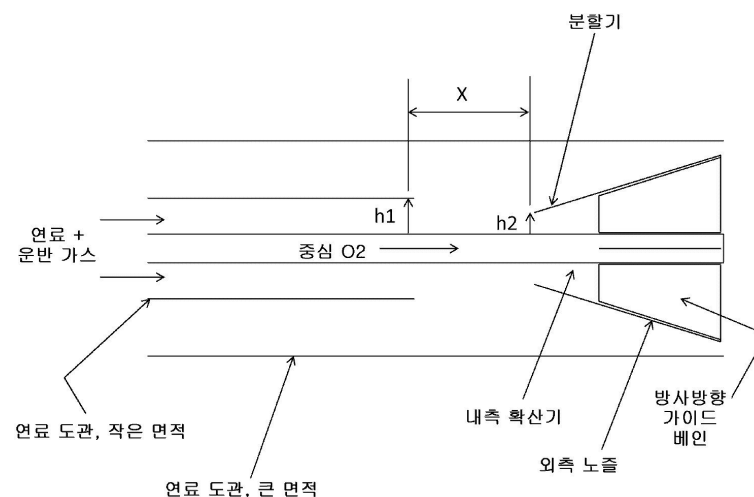
심사관 : 윤마루

(54) 발명의 명칭 산소-고체 연료 버너

(57) 요약

고체 연료/산소 버너는 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 중심 산소 도관, 산소 도관을 둘러싸는 외측 연료 도관, 산소 도관과 함께 내측 환형부를, 또한 외측 연료 도관과 함께 외측 환형부를 형성하기 위해 산소 도관과 외측 연료 도관 사이에 위치한 내측 연료 도관, 외측 연료 도관의 연료 스트림을 내측 환형 원추형 확산기 및 외측 환형 수렴 노즐로 분할하기 위해 내측 연료 도관의 하류의 산소 도관을 둘러싸는 외측 연료 도관 내의 절두 원추형 분할기, 그리고 확산기 내의 적어도 3개의 방사방향 가이드 베인을 포함하며, 상기 내측 연료 도관은 팁 단부의 상류에 출구 단부를 가지며, 상기 내측 연료 도관의 출구 단부는 분할기의 입구 단부로부터 거리 X만큼 이격된다.

대표도



명세서

청구범위

청구항 1

고체 연료/산소 버너로서:

버너의 팁 단부를 향해 연장하는 중심 산소 도관;

산소 도관을 둘러싸며 또한 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 외측 연료 도관;

산소 도관과 내측 연료 도관 사이에 내측 환형부를, 또한 내측 연료 도관과 외측 연료 도관 사이에 외측 환형부를 형성하기 위해 산소 도관과 외측 연료 도관 사이에 위치한 내측 연료 도관으로서, 버너의 팁 단부의 상류에 출구 단부를 갖는 것인 내측 연료 도관;

외측 연료 도관 내에 위치되며 또한 내측 연료 도관의 하류의 산소 도관을 둘러싸는 절두 원추형 분할기로서, 외측 연료 도관의 연료 스트림을 내측 환형 원추형 확산기 및 외측 환형 수렴 노즐로 분할하도록 구성되는 것인 절두 원추형 분할기; 및

확산기 내에 위치한 적어도 3개의 방사방향 가이드 베인을 포함하며,

상기 내측 연료 도관의 출구 단부는 분할기의 입구 단부로부터 거리 X만큼 이격되는 것인 고체 연료/산소 버너.

청구항 2

제1항에 있어서, 내측 환형부의 출구 단부는 높이 h_1 를 가지며, 환형 원추형 확산기의 입구 단부는 높이 h_2 를 가지며, h_1 은 h_2 보다 큰 것인 고체 연료/산소 버너.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 확산기 내에 위치한 블러프 본체(bluff body)를 더 포함하며, 상기 블러프 본체는 선단 에지 및 방사방향 가이드 베인의 상류 단부에 인접한 말단 단부를 갖는 것인 고체 연료/산소 버너.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 분할기는 외측 연료 도관에 평행하게 배향된 선단 에지를 포함하는 것인 고체 연료/산소 버너.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 외측 연료 도관을 둘러싸며 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 외측 산소 도관을 더 포함하는 고체 연료/산소 버너.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 3차산소 도관을 형성하는 외측 환형부를 더 포함하는 고체 연료/산소 버너.

청구항 7

제5항에 있어서, 외측 연료 도관으로부터 이격되고 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 2차산소 도관을 더 포함하는 고체 연료/산소 버너.

청구항 8

미분탄 고체 연료를 산소로 연소시키는 방법으로서:

버너의 팁 단부를 향해 연장하는 중심 도관을 통해 중심 산소 스트림을 흘리는 단계로서, 상기 중심 산소 도관은 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 외측 연료 도관에 의해 둘러싸이는 것인 단계;

산소 도관과 외측 연료 도관 사이에 위치한 내측 연료 도관에 의해 형성된 내측 환형부를 통해 운반 가스에 미

분탄 연료의 연료 스트림을 흘리는 단계;

연료 스트림을 버너의 팁 단부의 상류에 위치한 내측 연료 도관의 출구 단부의 내측 환형부를 빠져나가게 하는 단계;

연료 스트림을, 내측 연료 도관의 출구 단부의 하류의 거리 X 에 위치한 입구 단부를 갖는 절두 원추형 분할기에 의해 형성된 내측 환형 원추형 확산기 스트림과, 분할기와 외측 연료 도관 사이에 형성된 외측 환형 수렴 노즐 스트림을 포함한 2개의 스트림으로 분할하는 단계로서, 상기 내측 확산기 스트림은 감속되고 외측 노즐 스트림은 가속되는 것인 단계; 그리고

분할기 내에 위치한 적어도 3개의 방사방향 가이드 베인을 가로질러 내측 확산기 스트림을 흘리는 단계를 포함하는 미분탄 고체 연료를 산소로 연소시키는 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 내측 환형부의 출구 단부는 높이 h_1 을 가지며, 환형 원추형 확산기의 입구 단부는 높이 h_2 을 가지며, h_1 은 h_2 보다 큰 것인 미분탄 고체 연료를 산소로 연소시키는 방법.

청구항 10

제8항 또는 제9항에 있어서, 방사방향 가이드 베인의 상류 단부에 인접한 블러프 본체의 말단 단부에 위치한 블러프 본체를 가로질러 내측 확산기 스트림을 흘리는 단계를 더 포함하는 미분탄 고체 연료를 산소로 연소시키는 방법.

청구항 11

제8항 또는 제9항에 있어서, 분할기는 외측 연료 도관과 평행하게 배향된 선단 에지를 포함하는 것인 미분탄 고체 연료를 산소로 연소시키는 방법.

청구항 12

제8항 또는 제9항에 있어서, 외측 연료 도관을 둘러싸며 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 외측 산소 도관에 의해 경계지워지는 환형 산소 통로를 통해 외측 산소의 스트림을 흘리는 단계를 더 포함하는 미분탄 고체 연료를 산소로 연소시키는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 외측 산소 도관으로부터 이격되어 있고 버너의 팁 단부로 연장하는 2차산소 도관을 통해 2차 산소의 스트림을 흘리는 단계를 더 포함하는 미분탄 고체 연료를 산소로 연소시키는 방법.

청구항 14

제8항에 있어서, 버너는 산소의 화학량론적 양보다 적은 0.05 내지 0.5의 화학량론적 비율로 작동되는 것인 미분탄 고체 연료를 산소로 연소시키는 방법.

청구항 15

축열로로서:

노의 측벽에 장착된 적어도 하나의 발화 포트를 갖는 버너 블록; 및

적어도 하나의 발화 포트의 에지 근처에 위치한 하나 이상의 고체 연료/산소 버너를 포함하며,

상기 버너는

버너의 팁 단부를 향해 연장하는 중심 산소 도관;

산소 도관을 둘러싸며 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 외측 연료 도관;

산소 도관과 내측 연료 도관 사이에 내측 환형부를, 그리고 내측 연료 도관과 외측 연료 도관 사이에 외측 환형부를 형성하기 위해 산소 도관과 외측 연료 도관 사이에 위치한 내측 연료 도관으로서, 버너의 팁 단

부의 상류에 출구 단부를 갖는 것인 내측 연료 도관;

외측 연료 도관 내에 위치되며 또한 내측 연료 도관의 하류의 산소 도관을 둘러싸는 절두 원추형 분할기로서, 외측 연료 도관의 연료 스트림을 내측 환형 원추형 확산기 및 외측 환형 수렴 노즐로 분할하도록 구성되는 절두 원추형 분할기; 그리고

확산기 내에 위치한 적어도 3개의 방사방향 가이드 베인을 포함하며,
상기 내측 연료 도관의 출구 단부는 분할기의 입구 단부로부터 거리 X만큼 이격되며,
하부-포트의 배치에 있어서, 하나 이상의 버너가 하부-포트의 배치에서 적어도 하나의 발화 포트 아래에 위치되며,
측부-포트의 배치에 있어서, 하나 이상의 버너가 적어도 하나의 발화 포트의 측부를 따라 위치되는 것인 축열로.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은 2013년 4월 12일자로 출원된 미국 가출원 제61/811,175호를 우선권으로 주장하며, 그 전체를 본원 명세서에 참조로 인용하고 있다.

[0002] 본원은 산소로 고체 연료(solid fuel)를 연소하기 위한 버너(burner)에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 부분적으로 휘발성 물질의 가변 함량으로 인해, 고체 연료는 유동 스트림(stream)에서 점화하기가 매우 어려운 연료일 수 있다. 따라서, 전형적으로 고체 연료는 상당한 점화 지연(delay)을 겪고, 그 결과 실질적으로 연료 노즐로부터 분리된 화염면(flame front)으로 된다. 이것은 높은 레벨의 연소되지 않은 탄소, 불안정한 처리 가열 상태(열전달, 용융, 등), 및 잠재적으로 매우 급속한 그리고 안전하지 않은 연소 열화(degradation)로 이어질 수 있는 화염의 분출(blow-off)로 이어질 수 있는 본질적으로 불안정한 상태이다.

[0004] 버너 팁(tip)에 부착되는 고체 연료 화염면을 형성할 수 있는 버너를 갖는 것이 바람직하다. 이것은 열전달, 탄소 소진(burnout), 및 화염 안정성을 극대화시키는 본질적으로 바람직한 상태이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 외측 연료[미분탄(pulverized) 고체 연료/운반 가스] 도관에 의해 둘러싸인 중심 산소 도관을 갖는 버너가 여기에 서술된다. 외측 연료 도관은 다시 외측 산소 도관에 의해 둘러싸일 수 있다. 외측 연료 도관은 내측 환형(annular) 흐름 통로가 버너의 팁 단부 앞에서 종료되고 또한 외측 연료 도관과 중심 산소 도관 사이에서 갑자기 큰 중간 환형 부분으로 방출되는 상류 부분을 포함한다. 중간 부분은 절두(truncated) 원추형 분할기(divider)의 양 측부상에 내측 환형 확산기(diffuser) 및 외측 환형 노즐을 포함하는 하류 환형 부분에 의해 이어진다(확산기/노즐 조합체). 확산기/노즐 조합체로의 흡입은 확산기/노즐 조합체에 들어가는 흐름 분포에 영향을 끼치는 거리 X만큼 내측 환형 흐름 통로의 방출부로부터 분리된다. 거리(X)는 0 보다 커야만 한다. 확산기는 확산기 내의 흐름 분리를 제어하기 위해 그 둘레의 주변에 분포된 복수의 방사방향 가이드 베인(guide vane)을 갖는다.

[0006] 확산기의 발산(divergence)은 인식 가능한 흐름 분리 없이 제어된 방식으로 고체 연료 스트림의 제1 단편(fraction)의 속도를 낮춘다. 고체 연료 스트림의 제2 단편은 상대적으로 높은 속도로 수렴하는 환형 노즐에 있다. 서로 인접하여 흐르는 상대적으로 높은 속도 및 낮은 속도의 스트림의 조합은, 연료 노즐 팁에서 안정적인 연소를 유지시키는데 실질적으로 도움을 주는 큰 흐름 재순환 패턴을 형성한다.

[0007] 확산기는 방사방향 가이드 베인의 바로 상류에 위치한 블러프 본체(bluff body)(고정형 혼합 장치)를 포함할 수도 있다.

[0008] 중심 산소는 중심 산소 도관을 통해 흐를 수 있으며, 외측 산소는 외측 산소 도관을 통해 흐를 수 있다. 외측

연료 도관을 통해 흐른 고체 연료/운반 가스 스트림은, (확산기에 의해 발생된) 낮은 내측 속도 및 (환형의 수렴 노즐에 의해 발생된) 높은 외측 속도를 특징으로 하는 속도 분포를 갖는 확산기/노즐 조합체로부터 방출된다. 산소, 연료, 및 운반 가스의 조합은 명목상 원형 횡단면의 안정적인 고체 연료 화염을 생산한다.

[0009] 여기에 서술된 시스템의 다양한 양태(Aspect)는 단독으로 또는 서로 조합하여 사용될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 양태 1: 고체 연료/산소 버너로서: 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 중심 산소 도관; 산소 도관을 둘러싸며 또한 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 외측 연료 도관; 산소 도관과 내측 연료 도관 사이에 내측 환형부를, 또한 내측 연료 도관과 외측 연료 도관 사이에 외측 환형부를 형성하기 위해 산소 도관과 외측 연료 도관 사이에 위치된 내측 연료 도관; 외측 연료 도관 내에 위치되며 또한 내측 연료 도관의 하류의 산소 도관을 둘러싸는 절두 원추형 분할기; 및 확산기 내에 위치된 적어도 3개의 방사방향 가이드 베인을 포함하며, 상기 내측 연료 도관은 버너의 팁 단부의 상류에 출구 단부를 가지며, 상기 분할기는 외측 연료 도관의 연료 스트림을 내측 환형 원추형 확산기 및 외측 환형 수렴 노즐로 분할하도록 구성되며, 상기 내측 연료 도관의 출구 단부는 분할기의 입구 단부로부터 거리 X 만큼 이격된다.

[0011] 양태 2: 양태 1의 버너로서, 내측 환형부의 출구 단부는 높이 h_1 을 가지며, 환형 원추형 확산기의 입구 단부는 높이 h_2 를 가지며, 또한 상기 h_1 은 h_2 보다 크다.

[0012] 양태 3: 양태 1 또는 2의 버너로서, 확산기 내에 위치된 블러프 본체를 추가로 포함하며, 상기 블러프 본체는 선단 에지와, 방사방향 가이드 베인의 상류 단부에 인접한 말단(trailing) 단부를 갖는다.

[0013] 양태 4: 양태 3의 버너로서, 블러프 본체는 산소 도관으로부터 측정시, 흐름 방향과 직교하는 높이 h_3 를 가지며, 블러프 본체의 선단 에지와 일치하는 직교 평면에서 내측 환형 원추형 확산기는 높이 h_4 를 가지며, 또한 h_3/h_4 의 비율은 약 0.2 내지 약 0.5 이다.

[0014] 양태 5: 양태 4의 버너로서, 방사방향 가이드 베인은 블러프 본체로부터 확산기의 말단 단부까지 축방향 길이(Lout)을 가지며, 또한 L_{out}/h_3 의 비율은 약 3 내지 약 25 이다.

[0015] 양태 6: 양태 5의 버너로서, L_{out}/h_3 의 비율은 약 5 내지 약 15이다.

[0016] 양태 7: 양태 3 내지 6의 버너로서, 블러프 본체는, 블러프 본체의 선단 단부가 확산기의 입구 단부로부터 거리 Lin 에 위치 결정되며; 확산기는 입구 흐름 면적 A_2 , 및 블러프 본체의 바로 상류의 흐름 면적 A_3 을 가지며; 또한 비율 A_3/A_2 과 블러프 본체의 정상화된(normalized) 위치(Lin/h_2) 사이의 연관성은 실질적으로 확산기에서 흐름 분리를 방지하도록 설정된다.

[0017] 양태 8: 양태 1 내지 7 중 어느 하나의 버너로서, 분할기는 실질적으로 외측 연료 도관과 평행하게 배향된 선단 에지를 포함한다.

[0018] 양태 9: 양태 1 내지 8 중 어느 하나의 버너로서, 외측 연료 도관을 둘러싸며 또한 버너의 팁 단부를 향해 연장되는 외측 산소 도관을 추가로 포함한다.

[0019] 양태 10: 양태 9의 버너로서, 외측 산소 도관으로부터 이격되고 또한 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 2차산소 도관을 추가로 포함한다.

[0020] 양태 11: 양태 1 내지 8 중 어느 하나의 버너로서, 3차산소 도관을 형성하는 외측 환형부를 추가로 포함한다.

[0021] 양태 12: 양태 11의 버너로서, 외측 연료 도관으로부터 이격되어 있으며 또한 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 2차산소 도관을 추가로 포함한다.

[0022] 양태 13: 미분탄 고체 연료를 산소로 연소시키는 방법으로서: 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 중심 도관을 통해 중심 산소 스트림을 흘리는 단계; 산소 도관과 외측 연료 도관 사이에 위치된 내측 연료 도관에 의해 형성된 내측 환형부를 통해 운반 가스에 미분탄 연료의 연료 스트림을 흘리는 단계; 연료 스트림을 버너의 팁 단부의 상류에 위치된 내측 연료 도관의 출구 단부의 내측 환형부를 빠져나가게 하는 단계; 연료 스트림을 내측 연료 도관의 출구 단부의 하류의 거리 X 에 위치된 입구 단부를 갖는 절두 원추형 분할기에 의해 형성된 내측 환형 원추형 확산기 스트림 및 분할기와 외측 연료 도관 사이에 형성된 외측 환형 수렴 노즐 스트림을 포함하는 2개의 스트림으로 분할하는 단계; 및 분할기 내에 위치된 적어도 3개의 방사방향 가이드 베인을 가로질러 내측 확산기 스트림을 흘리는 단계를 포함하며, 상기 중심 산소 도관은 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 외측 연료 도관에

의해 둘러싸이며, 상기 내측 환산기 스트림은 감속되고 또한 외측 노즐 스트림은 가속된다.

- [0023] 양태 14: 양태 13의 방법으로서, 내측 환형부의 출구 단부는 높이 h_1 을 가지며, 환형 원추형 환산기의 입구 단부는 높이 h_2 를 가지며, 또한 h_1 은 h_2 보다 크다.
- [0024] 양태 15: 양태 13 또는 양태 14의 방법으로서, 방사방향 가이드 베인의 상류 단부에 인접한 블러프 본체의 말단 단부에 위치한 블러프 본체를 가로질러 내측 환산기 스트림을 흘리는 단계를 추가로 포함한다.
- [0025] 양태 16: 양태 15의 방법으로서, 블러프 본체는 산소 도관으로부터 측정시, 흐름 방향과 직교하는 높이 h_3 를 갖는다.
- [0026] 양태 17: 양태 16의 방법으로서, 방사방향 가이드 베인은 블러프 본체로부터 환산기의 말단 단부까지 축방향 길이 L_{out} 를 가지며, 또한 비율 L_{out}/h_3 은 약 3 내지 약 25 이다.
- [0027] 양태 18: 양태 17의 방법으로서, L_{out}/h_3 의 비율은 약 5 내지 약 15 이다.
- [0028] 양태 19: 양태 14 내지 17 중 어느 하나의 방법으로서, 블러프 본체는 블러프 본체의 선단 단부가 환산기의 입구 단부로부터 거리 L_{in} 에 위치되며; 환산기는 입구 흐름 면적 A_2 , 및 블러프 본체의 바로 상류의 흐름 면적 A_3 을 가지며; 또한 비율(A_3/A_2)과 블러프 본체의 정상화된 위치(L_{in}/h_2) 사이의 연관성은 실질적으로 환산기에서 흐름 분리를 방지하도록 설정된다.
- [0029] 양태 20: 양태 13 내지 19 중 어느 하나의 방법으로서, 분할기는 실질적으로 외측 연료 도관과 평행하게 배향된 선단 에지를 포함한다.
- [0030] 양태 21: 양태 13 내지 20 중 어느 하나의 방법으로서, 외측 연료 도관을 둘러싸며 또한 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 외측 산소 도관에 의해 경계지워지는(bounded) 환형 산소 통로를 통해 외측 산소의 스트림을 흘리는 단계를 추가로 포함한다.
- [0031] 양태 22: 양태 21의 방법으로서, 외측 산소 도관으로부터 이격되어 있으며 또한 버너의 팁 단부로 연장하는 2차 산소 도관을 통해 2차산소의 스트림을 흘리는 단계를 추가로 포함한다.
- [0032] 양태 23: 양태 13 내지 20 중 어느 하나의 방법으로서, 내측 연료 도관과 외측 연료 도관 사이의 외측 환형부를 통해 3차산소의 스트림을 흘리는 단계를 추가로 포함한다.
- [0033] 양태 24: 양태 23의 방법으로서, 외측 연료 도관으로부터 이격되어 있으며 또한 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 2차산소 도관을 통해 2차산소의 스트림을 흘리는 단계를 추가로 포함한다.
- [0034] 양태 25: 양태 13 내지 24 중 어느 하나의 방법으로서, 중심 산소 스트림을 약 20 내지 약 30 ft/초보다 낮은 속도로 흘리는 단계를 추가로 포함한다.
- [0035] 양태 26: 양태 13 내지 24 중 어느 하나의 방법으로서, 중심 산소 스트림을 약 20 내지 약 30 ft/초보다 높은 속도로 흘리는 단계를 추가로 포함한다.
- [0036] 양태 27: 축열로(regenerative furnace)로서: 노(furnace)의 측벽에 장착된 적어도 하나의 발화(firing) 포트를 갖는 버너 블럭; 및 적어도 하나의 발화 포트의 에지 근처에 위치한 하나 또는 그 이상의 고체 연료/산소 버너를 포함하며, 상기 버너는 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 중심 산소 도관; 산소 도관을 둘러싸며 또한 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 외측 연료 도관; 산소 도관과 내측 연료 도관 사이에 내측 환형부를, 또한 내측 연료 도관과 외측 연료 도관 사이에 외측 환형부를 형성하기 위해 산소 도관과 외측 연료 도관 사이에 위치한 내측 연료 도관; 외측 연료 도관 내에 위치되며 또한 내측 연료 도관의 하류의 산소 도관을 둘러싸는 절두 원추형 분할기; 및 환산기 내에 위치한 적어도 3개의 방사방향 가이드 베인을 포함하며, 상기 내측 연료 도관은 버너의 팁 단부의 상류에 출구 단부를 가지며, 상기 분할기는 외측 연료 도관의 연료 스트림을 내측 환형 원추형 환산기 및 외측 환형 수렴 노즐로 분할하도록 구성되며, 상기 내측 연료 도관의 출구 단부는 분할기의 입구 단부로부터 거리 X 만큼 이격되며, 하부-포트(under-port)의 배치에 있어서, 하나 또는 그 이상의 버너가 하부-포트의 배치에서 적어도 하나의 발화 포트 아래에 위치되며, 측부-포트(side-port)의 배치에 있어서, 하나 또는 그 이상의 버너가 적어도 하나의 발화 포트의 측부를 따라 위치된다.
- [0037] 양태 28: 양태 27의 노로서, 하나 또는 그 이상의 버너가 포트의 에지에 인접하여 또한 포트의 외측에 위치된다.
- [0038] 양태 29: 양태 27의 노로서, 하나 또는 그 이상의 버너가 포트의 에지에 인접하여 또한 포트 내에 위치된다.

- [0039] 양태 30: 축열로에서 미분탄 고체 연료를 산소로 연소시키는 방법으로서: 축열기(regenerator) 발화 포트를 통해 뜨거운 연소 공기를 흘리는 단계; 발화 포트의 에지에 인접하여 위치한 고체 연료/산소 버너를 제공하는 단계; 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 중심 도관을 통해 중심 산소 스트림을 흘리는 단계; 산소 도관과 외측 연료 도관 사이에 위치한 내측 연료 도관에 의해 형성된 내측 환형부를 통해 운반 가스에 미분탄 연료의 연료 스트림을 흘리는 단계; 연료 스트림을 버너의 팁 단부의 상류에 위치한 내측 연료 도관의 출구 단부의 내측 환형부를 빠져나가게 하는 단계; 연료 스트림을 내측 연료 도관의 출구 단부의 하류의 거리 X에 위치한 입구 단부를 갖는 절두 원추형 분할기에 의해 형성된 내측 환형 원추형 확산기 스트림 및 분할기와 외측 연료 도관 사이에 형성된 외측 환형 수렴 노즐 스트림을 포함하는 2개의 스트림으로 분할하는 단계; 및 분할기 내에 위치한 적어도 3개의 방사방향 가이드 베인을 가로질러 내측 확산기 스트림을 흘리는 단계를 포함하며, 상기 중심 산소 도관은 버너의 팁 단부를 향해 연장하는 외측 연료 도관에 의해 둘러싸이며, 상기 내측 확산기 스트림은 감속되고 또한 외측 노즐 스트림은 가속된다.
- [0040] 양태 31: 양태 30의 방법으로서, 외측 연료 도관을 통해 3차산소의 스트림을 흘리는 단계를 추가로 포함한다.
- [0041] 양태 32: 양태 30의 방법으로서, 외측 산소 환형부를 통해 외측 산소의 스트림을 흘리는 단계를 추가로 포함한다.
- [0042] 양태 33: 양태 30 내지 32의 방법으로서, 버너로부터 방출되는 연료 및 산소 스트림은 이것이 인접한 축열기 발화 포트를 빠져나올 때 공기와 혼합된다.
- [0043] 양태 34: 양태 33의 방법으로서, 버너는 산소의 화학량론적(stoichiometric) 양 보다 적은 약 0.05 내지 약 0.5의 화학량론적 비율로 작동된다.

도면의 간단한 설명

- [0044] 도 1은 예시적인 고체 연료/산소 버너의 개략적인 측부 횡단면도이며, 중심 산소 도관이 외측 연료 도관에 의해 둘러싸이고, 중심 산소 도관을 둘러싸는 내측 연료 도관이 버너의 팁 단부의 상류의 외측 연료 도관 내로 이어지고, 또한 내측 연료 도관을 빠져나가는 연료는, 외측 연료 도관 내에 위치되며 또한 내측 연료 도관의 출구 단부로부터 이격된 입구 단부를 갖는 분할기에 의해 내측 환형 확산기 및 외측 환형 수렴 노즐 사이에서 분할된다. 방사방향 가이드 베인은 확산기 내에 위치되며 또한 확산기 입구의 하류의 지점에 있다.
- 도 2는 중심 산소 스트림 속도가 확산기를 빠져나가는 연료 스트림의 속도 보다 적을 때, 도 1의 버너의 흐름 패턴을 개략적으로 도시하고 있다.
- 도 3은 중심 산소 스트림 속도가 확산기를 빠져나가는 연료 스트림의 속도 보다 클 때, 도 1의 버너의 흐름 패턴을 개략적으로 도시하고 있다.
- 도 4는 도 1에서와 같은 버너의 실시예의 개략적인 측부 횡단면도이며, 분할기는 직선의 평행한 선단 에지를 포함하고 있다.
- 도 5는 도 4에서와 같은 버너의 실시예의 개략적인 측부 횡단면도이며, 버너는 가이드 베인의 상류 단부에서 확산기 내에 위치한 블러프 본체를 추가로 포함하고 있다.
- 도 6은 도 5의 확산기 내의 흐름 패턴을 개략적으로 도시하고 있다.
- 도 7은 확산기 벽으로부터 흐름 분리를 방지하기 위해 도 5에서와 같은 확산기의 기하학적 연관성을 나타내는 개략적인 그리고 기하학적 도면이다.
- 도 8은 도 5에서와 같은 버너에 사용하기 위한 블러프 본체의 다른 형상 및 형태의 일련의 개략적인 도면이다.
- 도 9는 도 4에서와 같은 버너의 실시예의 개략적인 측부 횡단면도이며, 외측 환형 산소 도관을 추가로 포함하고 있다.
- 도 10은 도 4에서와 같은 버너의 실시예의 개략적인 측부 횡단면도이며, 3차산소가 외측 연료 도관과 내측 연료 도관 사이의 외측 환형부로 흐르고 있다.
- 도 11은 도 9에서와 같은 버너의 실시예의 개략적인 측부 횡단면도이며, 외측 환형 산소 도관으로부터 이격된 2차산소 도관을 추가로 포함하고 있다.
- 도 12는 도 10에서와 같은 버너의 실시예의 개략적인 측부 횡단면도이며, 외측 연료 도관으로부터 이격된 2차산

소 도관을 추가로 포함하고 있다.

도 13은 하부-포트 배치에 있어서 예를 들어 본원 명세서에 서술된 임의의 실시예로서 복수의 버너에서 버너가 축열기 발화 포트 아래에 위치된, 축열 유리 용융로 발화 포트의 개략적인 단부도이다. 상기 단부도는 노 측벽을 향해 본(look) 노 챔버로부터 취해졌다.

도 14는 측부-포트 배치에 있어서 예를 들어 본원 명세서에 서술된 임의의 실시예로서 복수의 버너에서 버너가 축열기 발화 포트의 한쪽 측부 또는 양 측부를 따라 위치된, 축열 유리 용융로 발화 포트의 개략적인 단부도이다. 상기 단부도는 노 측벽을 향해 본 노 챔버로부터 취해졌다.

도 15는 도 9에서와 같은 버너의 실시예의 개략적인 측부 횡단면도이며, 외측 산소 도관을 둘러싸는 연소 공기 도관을 추가로 포함하고 있다.

도 16은 도 10에서와 같은 버너의 실시예의 개략적인 측부 횡단면도이며, 외측 연료 도관을 둘러싸는 연소 공기 도관을 추가로 포함하고 있다.

도 17은 본원 명세서에 서술된 바와 같은 하나 또는 그 이상의 버너가 설치될 수 있는 축열로의 개략적인 평면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0045]

본원 명세서의 서술을 위해, 하기의 정의(definition)가 제공된다. 운반 가스는 고체 연료 입자를 이송 또는 운반하는데 사용되는 기체형(gaseous) 유체이며, 또한 공기, 산소-풍부 공기, 질소, 이산화탄소, 재생된 연도(煙道)(flue) 가스, 및 그 조합물들을 포함할 수 있다. 산소는 28 몰% O_2 보다 크거나 또는 같은, 바람직하기로는 60 몰% O_2 보다 크거나 또는 같은, 더욱 바람직하기로는 85 몰% O_2 보다 크거나 또는 같은 농도로 산소 분자를 함유한 가스이다. 고체 연료는 고체 형태의 탄화수소 연료이며 또한 석유 코크스(petroleum coke); 무연탄, 역청탄(bituminous), 아-역청탄, 및 갈탄(lignite)을 포함하는 모든 각종 석탄; 토탄(peat), 목재, 유리, 및 다른 이른바 바이오매스(biomass) 물질; 자치단체(municipal) 고형 폐기물; 및 그 조합물들을 포함할 수 있다.

[0046]

산소/미분탄 고체 연료 버너의 여러 실시예 및 변형예가 본원 명세서에 서술된다. 버너의 일 실시예가 도 1에 도시되어 있다. 중심 산소 도관은 외측 연료 도관에 의해 둘러싸이며, 산소 도관 및 외측 연료 도관 모두는 버너의 팁 단부를 향해 연장한다. 외측 연료 도관보다 더 작은 직경을 갖는 내측 연료 도관은 산소 도관과 외측 연료 도관 사이에 위치되며, 또한 버너의 팁 단부의 상류의 위치에서 종료된다. 절두 원추형 흐름 분할기는 외측 연료 도관 내에 위치되며 또한 내측 연료 도관의 하류의 위치에서 산소 도관을 둘러싼다. 분할기는 버너의 팁 단부로 연장할 수 있으며 또는 버너의 팁 단부의 상류에서 종료될 수 있다. 일부 실시예에 있어서, 산소 도관과 외측 연료 도관 중 하나 또는 모두는 버너의 팁으로 연장한다.

[0047]

미분탄 고체 연료 및 운반 가스는 내측 연료 도관을 통해 하류로 흐르며, 중심 산소는 중심 산소 도관을 통해 흐른다. 내측 연료 도관의 출구(말단) 에지는 산소 도관으로부터 높이 h_1 의 환형 개구를 갖는다. 내측 연료 도관의 출구는 축방향으로 분할기로부터 거리 X 만큼 분리된다. 분할기의 입구(상류) 에지는 높이 h_2 의 환형 개구를 가지며, 상기 h_2 는 h_1 보다 더 작다. 분할기는 2개의 공동-환형(co-annular) 흐름 부분, 즉 산소 도관과 분할기 사이에 위치된 환형 확산기(그 흐름 횡단면적이 흐름의 방향으로 증가) 및 분할기와 외측 연료 도관 사이에 위치된 환형 수렴 노즐(그 횡단면적이 흐름의 방향으로 감소)을 발생시킨다.

[0048]

일 실시예에 있어서, 환형 확산기는 확산기 통로의 원주 둘레에 이격된 적어도 3개의 방사방향 가이드 베인을 포함한다. 가이드 베인은 각각의 가이드 베인과 중심 산소 도관의 표면과의 교차점에 형성된 모서리로부터 나오는 흐름의 제어된 분리를 제공한다. 내측 모서리에서의 제어된 분리는 다시 확산기의 외측 표면에서 흐름의 부착을 촉진시키며, 따라서 방사방향 가이드 베인 없이 환형 확산기에 대해 확산기 안정성을 개선시킨다. 방사방향 가이드 베인은 확산기의 전체 축방향 길이에 걸쳐 연장할 필요는 없다. 예를 들어, 도 1에 도시된 바와 같이, 방사방향 가이드 베인은 확산기의 입구 단부의 하류에서 시작된다.

[0049]

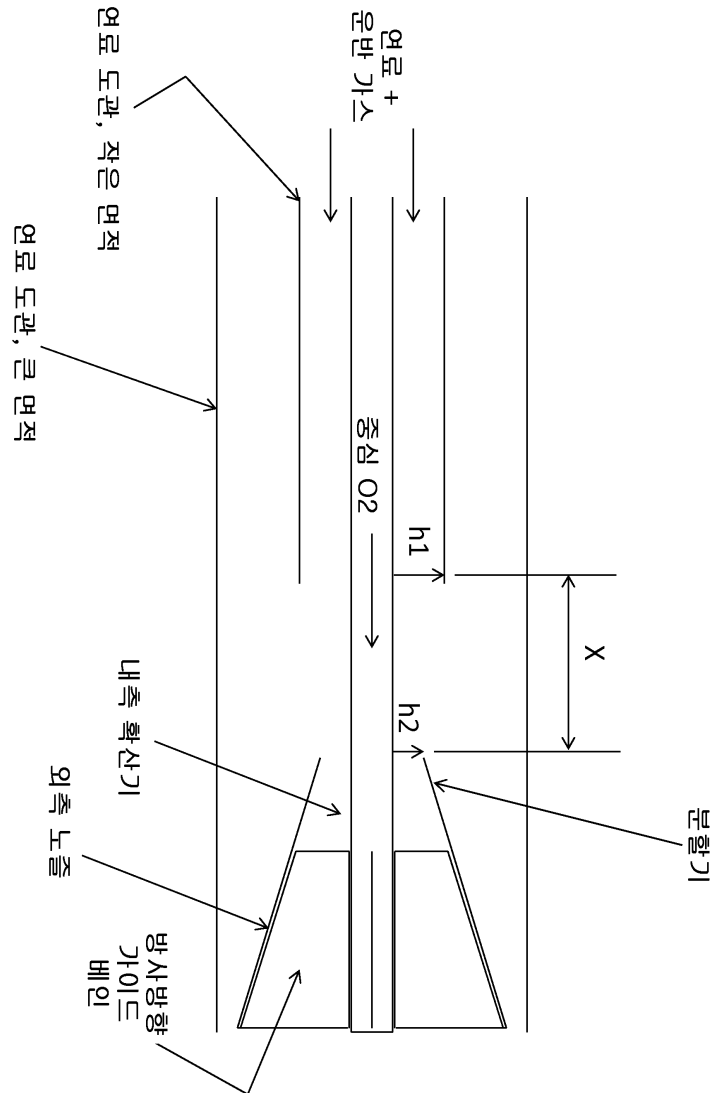
연료 및 운반 가스 스트림은 내측 연료 도관을 빠져나오며 그리고 이것이 분할기를 향해 축방향으로 하류로 흐를 때 방사방향으로 퍼진다. 연료 및 운반 가스 스트림의 속도, 거리 X 의 크기, 및 환형 개구의 상대적 크기 (h_1 , h_2)에 기초하여, 연료 스트림의 일정한 부분이 확산기에 들어가고 나머지가 수렴 노즐에 들어간다. 확산기를 통해 흐르는 부분은 축방향 속도의 감소를 경험하며, 노즐을 통해 흐르는 부분은 축방향 속도의 증가를 경험한다. 확산기의 출구의 낮은 속도 부분은 안정적인 부착된 화염 지역을 달성하는 데에 필수적이며, 노즐의 출구

의 높은 속도 부분은 낮은 그리고 높은 속도 지역들 사이에 큰 크기의 도넛형 스트림 방향의 소용돌이(vortex)를 형성하는 것을 도와서, 그 내부에서의 혼합을 개선시키며, 또한 주변으로부터 연소의 뜨거운 산물(product)의 재순환을 유도하며, 그에 따라 연료 점화를 돕는다.

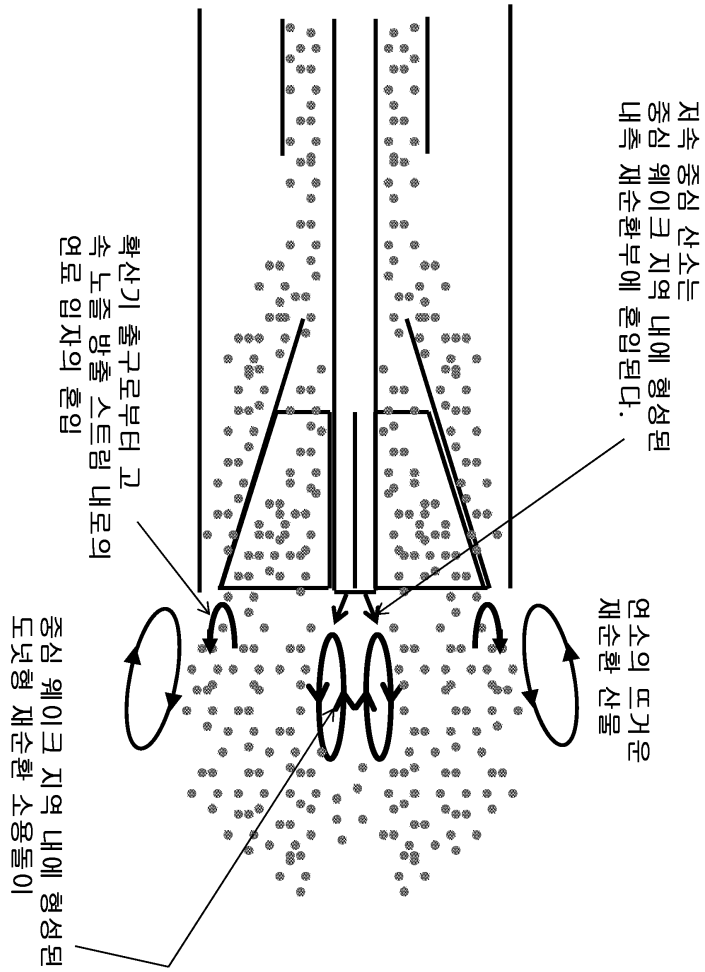
- [0050] 2개의 독특한 흐름 체제는 도 1의 버너 구성과 관련될 수 있다. 첫째로, 중심 산소 스트림이 상대적으로 낮은 속도로, 예를 들어 약 20-30 ft/초 아래의 속도로 흐르고, 그 후 중심 산소 도관으로부터 빠져나오면, 버너의 바로 하류의 흐름 패턴은 정성적으로(qualitatively) 도 2에 도시된 것이 된다. 즉, 버너의 약한 중심 모멘텀 및 강한 외측 모멘텀으로 인해 웨이크(wake) 지역이 버너 축선을 따라 형성된다. 둘째로, 중심 산소 스트림의 속도가 상대적으로 높다면, 예를 들어 20-30 ft/초보다 높으면, 중심 산소 제트(jet)의 모멘텀이 주로 축방향 웨이크 지역의 형성을 방지하고 또한 대신에 축선을 향해 연료 흐름을 유도하여, 버너의 바로 하류의 전체적인 흐름 패턴은 정성적으로 도 3에 도시된 바와 같이 된다.
- [0051] 도 4에 도시된 관련 실시예는 분할기 상에 대략 직선의, 실질적으로 버너 축선과 평행한 선단 에지를 포함한다. 직선의 평행한 선단 에지의 목적은 유입되는 흐름과 분기된 확산기 벽 사이의 어택 각도(angle of attack)를 감소시킴으로써 확산기의 입구에서 흐름 난류를 최소화시키는 것이다.
- [0052] 버너의 다른 실시예는 예를 들어 도 5에 도시된 바와 같이 확산기 내에서 방사방향 가이드 베인의 선단 에지에 인접하여 위치된 블러프 본체를 포함한다. 블러프 본체의 기능은 확산기에 들어가는 흐름을 "트립(trip)"하여, 외측 확산기 벽(즉, 분할기)에 대해 더욱 신뢰성있는 흐름의 하류 부착을 촉진시키며, 확산기를 빠져나오는 흐름 범위(field)에서 높은 속도 정점(peak)을 감소시키도록 작동하는 강력한 혼합을 생성하는 것이다. 블러프 본체는 흐름 방향과 직교하는 높이 h_3 를 가지며, 또한 방사방향 가이드 베인은 블러프 본체의 말단 에지로부터 확산기 출구까지 길이 L_{out} 를 갖는다.
- [0053] 확산기 흐름에 대한 블러프 본체의 효과의 정성적인 도시가 도 6에 도시되어 있다. 국부적인 역류(reverse flow) 영역이, 중심 산소 도관에 인접한 블러프 본체의 하류를 형성하는 것에 유의한다. 역류로 인해 확산기 통로 내의 축적된 고형 입자의 정도(extent)를 제한하기 위해, 또한 흐름 모멘텀의 조정을 위한 충분한 혼합 길이를 제공하기 위해, 블러프 본체의 말단 에지로부터 확산기 출구까지 확산기 부분의 비-차원(non-dimensional) 길이(L_{out}/h_3)(즉, 블러프 본체 높이에 의해 정상화된)는 약 3 내지 약 25 이어야 하며, 또한 약 5 내지 약 15가 바람직하다.
- [0054] 블러프 본체의 배치에 있어서 다른 요소는 확산기 입구에서의 횡단면적에 대한 블러프 본체의 바로 상류의 확산기 횡단면적의 비율(도 7에 도시된 바와 같이 A_3/A_2)과 확산기의 입구로부터 블러프 본체의 선단 에지까지 비-차원 입구 길이(L_{in}/h_2)(즉, 확산기의 개구 높이에 의해 정상화된) 사이의 연관성이다.
- [0055] 고정각 환형 확산기에 대해 확산기 길이를 증가시키는 것은 결국 [스톨(stall)로도 알려진] 흐름 분리로 나타나며, 이것은 흐름 불안정성을 발생시키며 또한 확산기 내의 속도 프로파일을 왜곡시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 방사방향 가이드 베인으로의 입구에서의 흐름 불안정성 및 왜곡된 속도 프로파일은, 블러프 본체의 하류의 확산기 부분의 표준 이하(sub-standard)의 성능을 유발시킨다. 따라서, 버너의 최적 작동을 위하여, 면적비(A_3/A_2)의 함수로서 지역 내의 비-차원 길이(L_{in}/h_2)를 도 7에 도시된 곡선 아래에 유지함으로써 상류 스톨(upstream stall)이 회피될 수 있다.
- [0056] 유사하게 효과적인 블러프 본체는 도 5의 대표적인 디스크 이외의 다른 형태 및 형상을 예상할 수 있다. 이들 대안적인 형상은 도 8에 도시된 바와 같이 곡선형 및 3각형을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 블러프 본체의 형상과 상관 없이, 그 높이(h_3)는 통상적으로 그 스트림 방향의 두께(W)의 절반보다 커야 한다.
- [0057] 이 버너의 추가적인 실시예에 있어서, 외측 산소 환형부는 도 9에 도시된 바와 같이 버너를 빠져나오는 연료 스트림의 외주의 둘레에 외측 산소의 스트림을 도입하도록 위치된다. 외측 산소와 연료 스트림의 혼합은 연료 스트림의 급속 점화를 촉진시키며 또한 화염 복사(radiative) 열 전달을 증가시킨다. 작동상의 관점으로부터, 외측 산소는 중심 산소와 함께 또는 중심 산소 없이 사용될 수 있다. 후자의 경우에, 중심 산소 통로의 단부는, 부분적으로 연소된 연료 및 부분 연소의 뜨거운 산물의 유입을 방지하기 위해 차단될 수 있다.
- [0058] 이 버너의 또 다른 실시예는 외측 산소 환형부를 생략하고, 도 10에 도시된 바와 같이 외측 연료 도관과 내측 연료 도관 사이의 환형부에 3차산소를 도입한다. 3차산소는 점화 및 열전달시 외측 산소와 유사한 유리한 효과를 갖고, 더 작은 직경의 장치 내에서 이것을 달성한다.
- [0059] 이 버너의 또 다른 실시예는 도 11 및 도 12에 도시된 바와 같이 버너 본체에 인접하여 또한 그 아래에 도입된 "스테이지형(staged)" 산소 스트림을 포함한다. 도 11은 외측 산소(도 9)를 갖는 버너 실시예에 대응하며, 도

도면

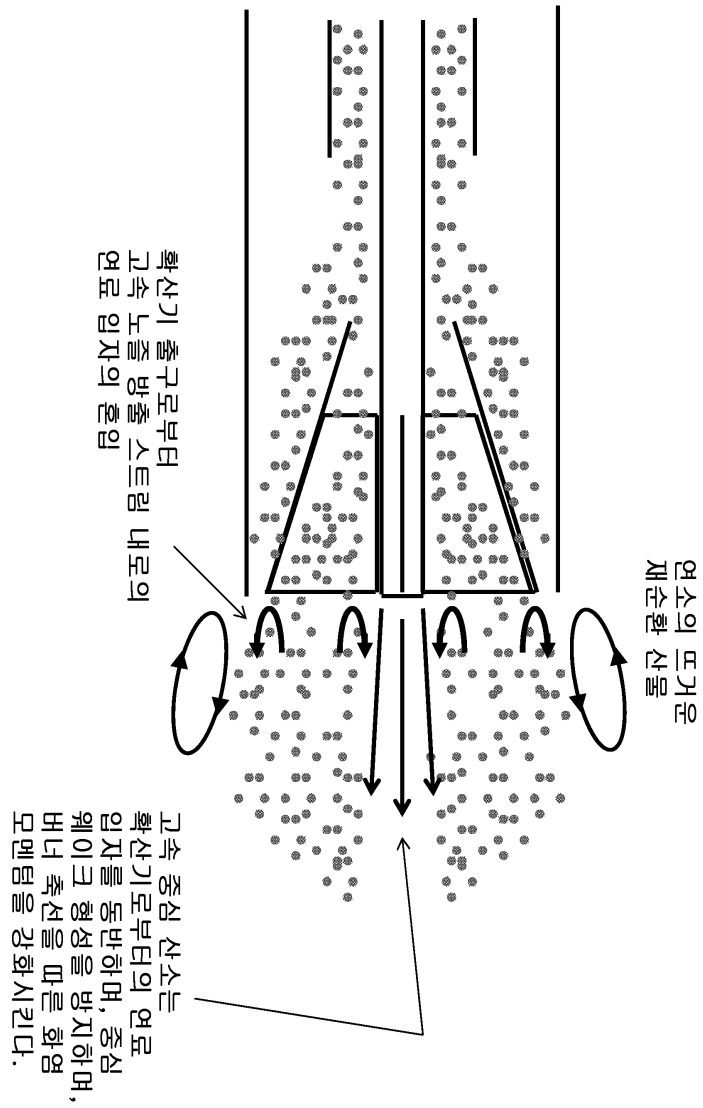
도면1



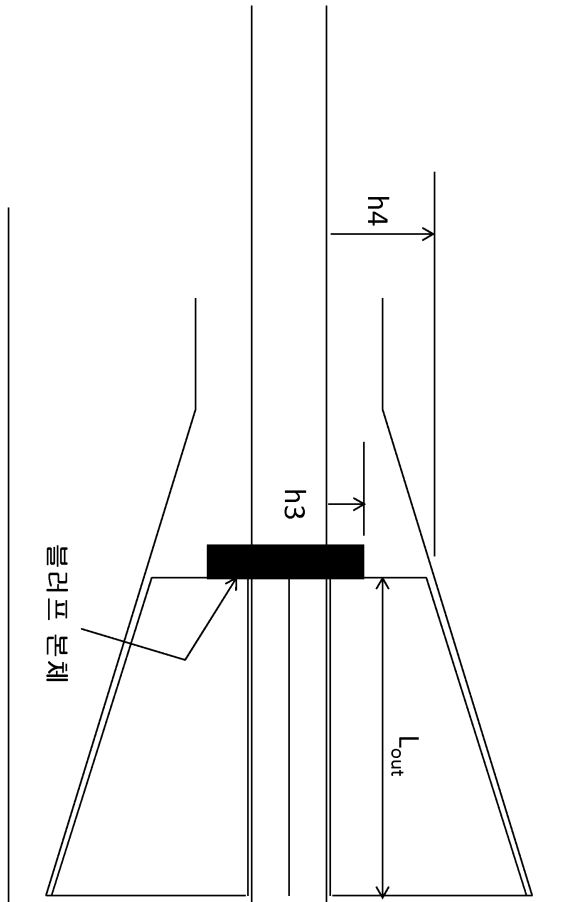
도면2



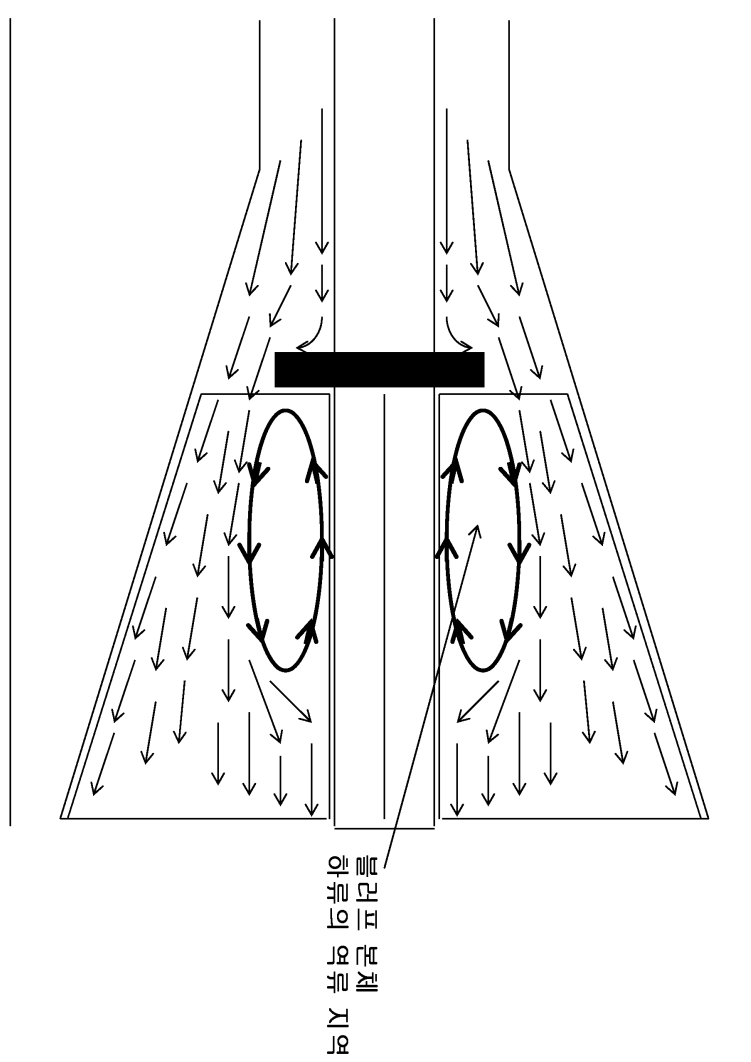
도면3



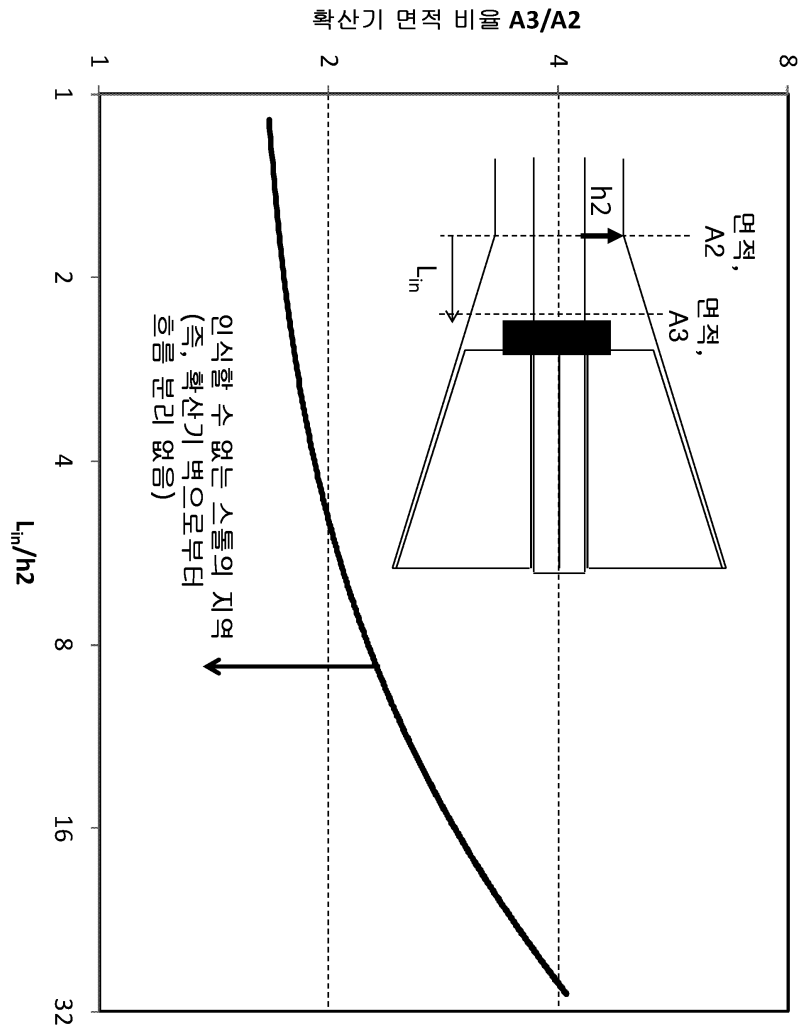
도면5



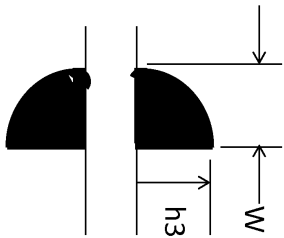
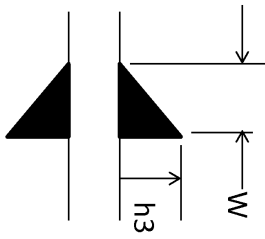
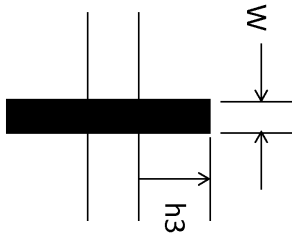
도면6



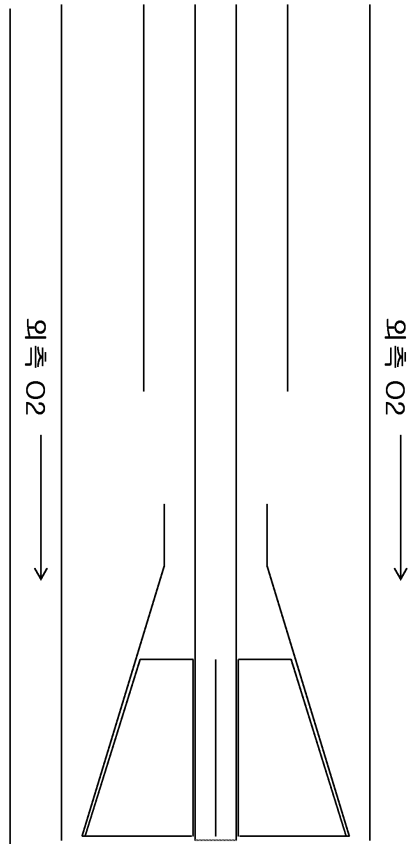
도면7



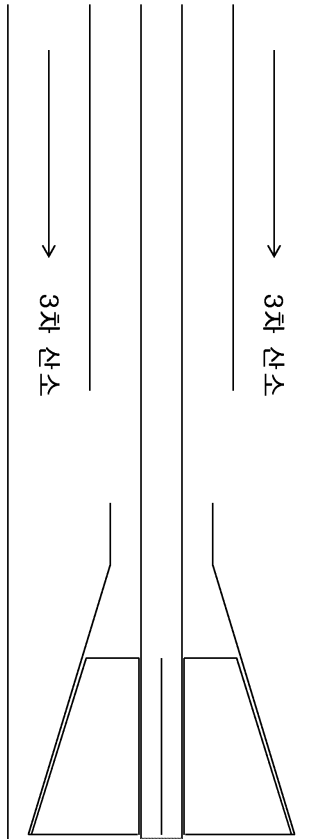
도면8



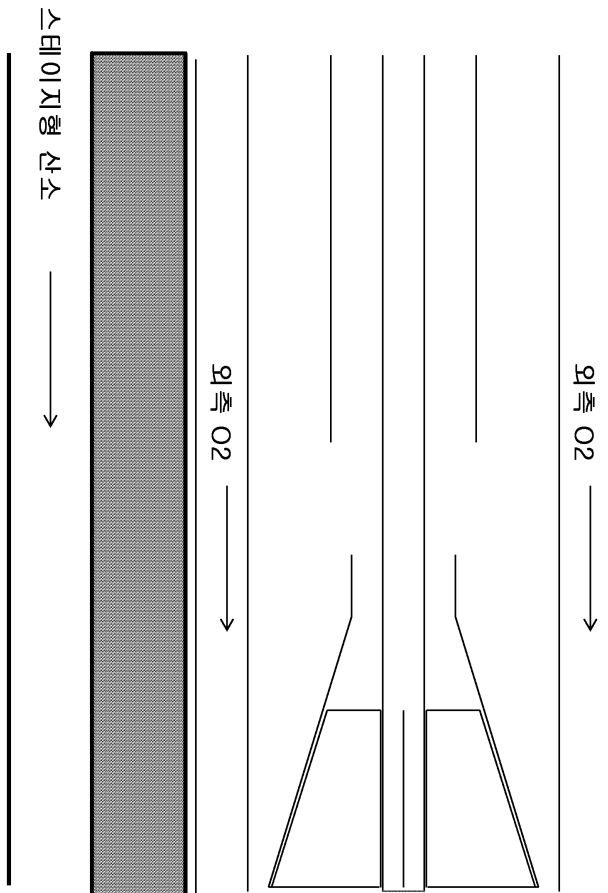
도면9



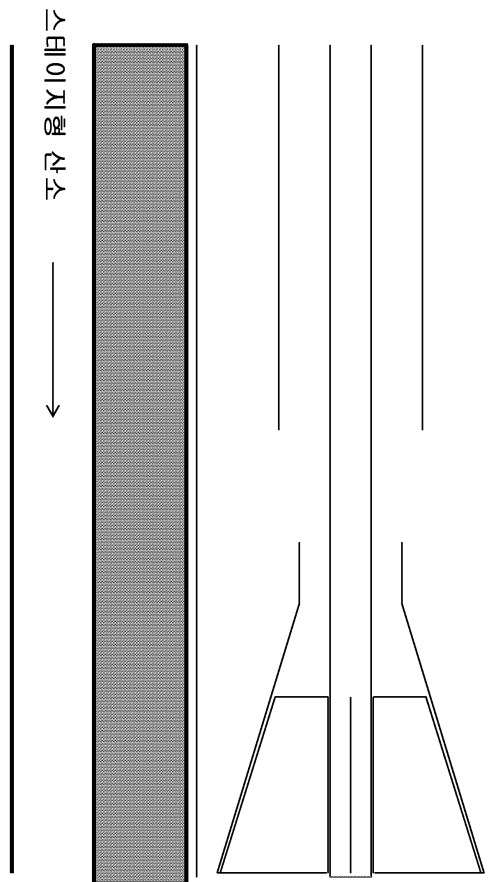
도면10



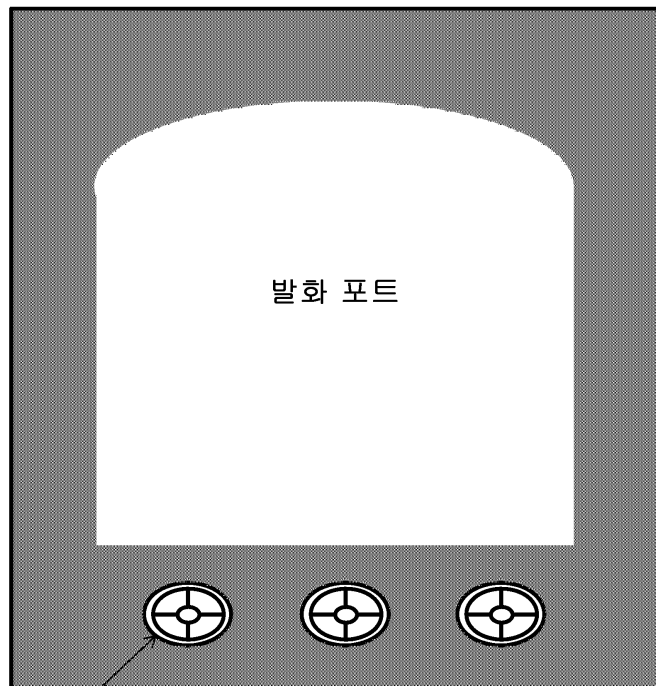
도면11



도면12

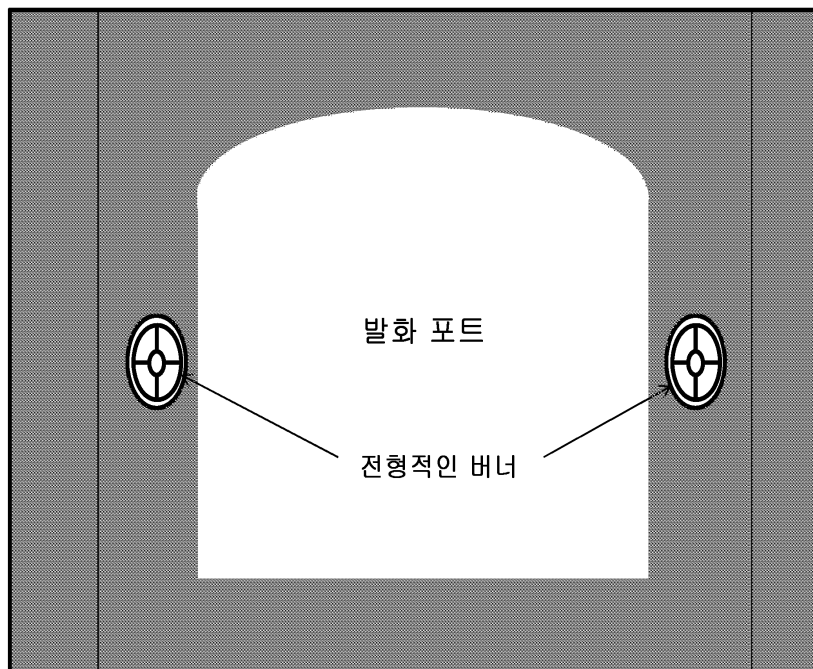


도면13

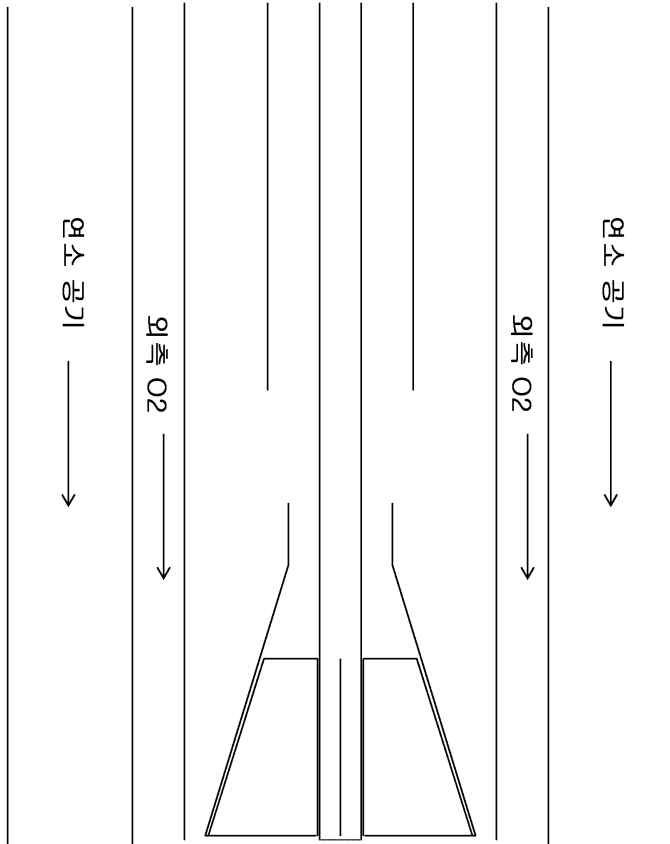


전형적인 버너

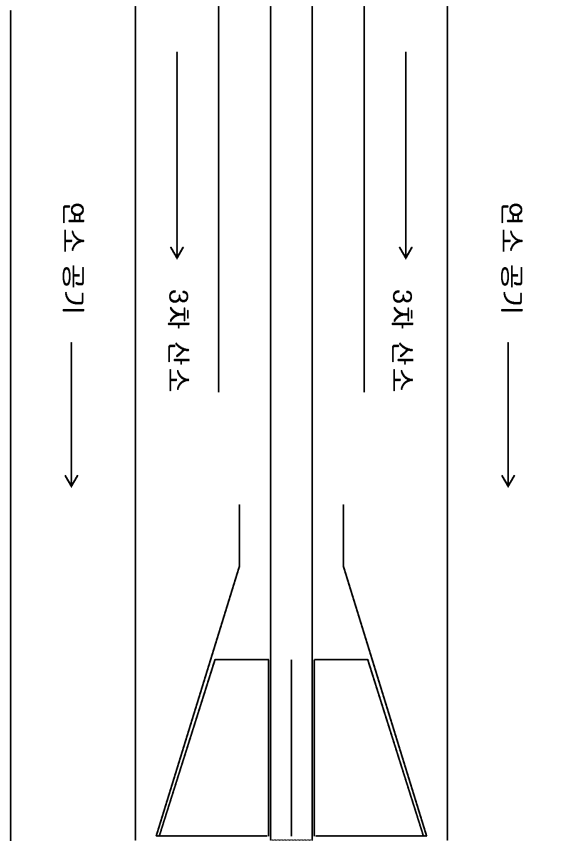
도면14



도면15



도면16



도면17

