



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년03월06일
(11) 등록번호 10-2643426
(24) 등록일자 2024년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/0668 (2016.01) H01M 8/04007 (2016.01)
H01M 8/04014 (2016.01) H01M 8/04089 (2016.01)
H01M 8/12 (2016.01) H01M 8/2484 (2016.01)
(52) CPC특허분류
H01M 8/0668 (2013.01)
H01M 8/04022 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7004031
(22) 출원일자(국제) 2020년07월15일
심사청구일자 2023년05월11일
(85) 번역문제출일자 2022년02월07일
(65) 공개번호 10-2022-0034160
(43) 공개일자 2022년03월17일
(86) 국제출원번호 PCT/US2020/042035
(87) 국제공개번호 WO 2021/011591
국제공개일자 2021년01월21일
(30) 우선권주장
62/874,039 2019년07월15일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020180026395 A*
US20120015258 A1*
US20120178003 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
블룸 에너지 코퍼레이션
미국, 캘리포니아 95134, 산호세, 4353 노스 퍼스트 스트리트
(72) 발명자
에드먼스턴, 데이비드
미국, 캘리포니아 95134, 산 호세, 4353 노스 퍼스트 스트리트, 씨/오 블룸 에너지 코퍼레이션
바인개르트너, 데이비드
미국, 캘리포니아 95134, 산 호세, 4353 노스 퍼스트 스트리트, 씨/오 블룸 에너지 코퍼레이션
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
박경재

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 김민정

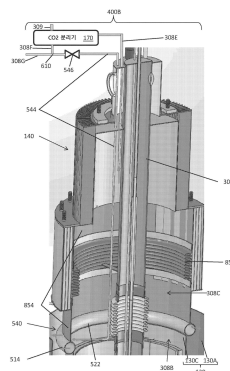
(54) 발명의 명칭 ATO 인젝터를 포함하는 연료 전지 시스템 및 그 작동 방법

(57) 요약

연료 전지 시스템은: 연료 전지 스택, 애노드 테일 가스 산화기(ATO), 상기 연료 전지 스택으로부터의 애노드 배기의 제1 부분을, 상기 연료 전지 스택으로부터의 캐소드 배기와 혼합하고, 애노드 배기의 제1 부분 및 캐소드 배기의 혼합물을 상기 ATO 내로 제공하도록 구성된 ATO 인젝터, 상기 애노드 배기의 제1 부분을 상기 ATO 인젝터

(뒷면에 계속)

대표도 - 도8b



내에 제공하도록 구성된 애노드 배기 도관, 및 상기 연료 전지 스택으로부터의 캐소드 배기의 적어도 일부를 상기 ATO 인젝터 내로 제공하도록 구성된 캐소드 배기 도관을 포함한다. ATO 인젝터는 주입 튜브 또는 주입 개구를 포함한다.

(52) CPC특허분류

H01M 8/04074 (2022.01)

H01M 8/04097 (2013.01)

H01M 8/2484 (2016.02)

H01M 2008/1293 (2013.01)

Y02E 60/50 (2020.08)

(72) 발명자

페트루차, 마이클

미국, 캘리포니아 95134, 산 호세, 4353 노스 퍼스트 스트리트, 씨/오 블룸 에너지 코퍼레이션

하타나, 이반

미국, 캘리포니아 95134, 산 호세, 4353 노스 퍼스트 스트리트, 씨/오 블룸 에너지 코퍼레이션

명세서

청구범위

청구항 1

연료 전지 시스템으로서,

연료 전지 스택;

상기 연료 전지 스택으로부터 애노드 배기(anode exhaust)를 수용하도록 구성된 애노드 복열식 열 교환기(anode recuperator heat exchanger);

상기 애노드 복열식 열 교환기로부터의 상기 애노드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 배기 도관;

상기 연료 전지 스택으로부터의 캐소드 배기를 수용하도록 구성된 캐소드 배기 도관;

상기 캐소드 배기 도관으로부터의 캐소드 배기를 수용하도록 구성되고, 상기 애노드 복열식 열 교환기를 둘러싸는 애노드 테일 가스 산화기(anode tail gas oxidizer; ATO); 및

ATO 및 애노드 배기 도관 사이에 위치하는 ATO 인젝터를 포함하고,

상기 ATO 인젝터는:

상기 캐소드 배기 도관으로부터 제공된 캐소드 배기가 와류하도록(swirl) 구성된 베인들(vanes); 및

상기 애노드 배기 도관과 상기 ATO 사이에 배치된 환상형 도관(toroidal conduit)으로서, 상기 애노드 배기의 적어도 일부가 상기 애노드 배기 도관으로부터 상기 환상형 도관을 통해 유동하도록 구성되고, 상기 환상형 도관은 상기 ATO로 유동하는, 와류된 캐소드 배기 내에 상기 애노드 배기의 적어도 일부를 주입하도록 구성된 주입 개구와, 상기 애노드 배기 도관으로부터의 상기 애노드 배기의 제1 부분을 상기 환상형 도관 내로 지향(direct)시키도록 구성된 내부 개구를 포함하는, 상기 환상형 도관

을 포함하고,

상기 환상형 도관은, 상기 환상형 도관의 외부 표면을 따라 취해진 360°의 호 측정치(arc measure)를 갖는, 연료 전지 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 내부 개구가 상기 주입 개구보다 더 큰 것인, 연료 전지 시스템.

청구항 3

연료 전지 시스템으로서,

연료 전지 스택;

상기 연료 전지 스택으로부터 애노드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 복열식 열 교환기;

상기 애노드 복열식 열 교환기로부터의 상기 애노드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 배기 도관;

상기 연료 전지 스택으로부터의 캐소드 배기를 수용하도록 구성된 캐소드 배기 도관;

상기 캐소드 배기 도관으로부터의 캐소드 배기를 수용하도록 구성되고, 상기 애노드 복열식 열 교환기를 둘러싸는 애노드 테일 가스 산화기(anode tail gas oxidizer; ATO); 및

ATO 및 애노드 배기 도관 사이에 위치하는 ATO 인젝터를 포함하고,

상기 ATO 인젝터는:

상기 캐소드 배기 도관으로부터 제공된 캐소드 배기가 와류하도록 구성된 베인들(vanes); 및

상기 애노드 배기 도관과 상기 ATO 사이에 배치된 환상형 도관으로서, 상기 애노드 배기의 적어도 일부가 상기 애노드 배기 도관으로부터 상기 환상형 도관을 통해 유동하도록 구성되고, 상기 환상형 도관은 상기 ATO로 유동하는, 와류된 캐소드 배기 내에 상기 애노드 배기의 적어도 일부를 주입하도록 구성된 주입 개구를 포함하고, 상기 환상형 도관은 상기 환상형 도관의 외부 표면을 따라 취해진 360°의 호 측정치를 갖는, 상기 환상형 도관을 포함하며,

상기 연료 전지 시스템은 또한,

상기 애노드 배기 도관으로부터의 애노드 배기를 상기 환상형 도관의 내부에 제공하도록 구성된 공급 튜브; 및
상기 공급 튜브를 통해 애노드 배기의 흐름을 제어하도록 구성된 밸브를 포함하는, 연료 전지 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 밸브는, 상기 애노드 복열식 열 교환기, 상기 애노드 배기 도관, ATO 및 ATO 인젝터를 포함하는 고온 박스 외부에 배치되는, 연료 전지 시스템.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 애노드 배기 도관 및 상기 공급 튜브에 유체 연결된 이산화탄소 분리기를 더 포함하고, 상기 이산화탄소 분리기는 상기 애노드 배기로부터 이산화탄소를 분리하도록 구성되는, 연료 전지 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 이산화탄소 분리기는 전기화학적 이산화탄소 분리를 포함하는, 연료 전지 시스템.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 애노드 배기를 사용하여 공기 유입 스트림을 가열하도록 구성된 애노드 배기 냉각식 열 교환기(anode exhaust cooler heat exchanger); 및

상기 애노드 배기의 일부를 상기 애노드 복열식 열 교환기로 유동하는 연료 유입 스트림과 혼합하도록 구성된 혼합기

를 더 포함하는, 연료 전지 시스템.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 애노드 배기 도관은, 상기 환상형 도관에 직접 유체 연결되지 않고, 상기 환상형 도관을 우회하고;

상기 환상형 도관의 내부 표면은, 상기 애노드 배기 도관에 노출된 어떠한 개구도 갖지 않고;

상기 이산화탄소 분리기는, 상기 애노드 배기의 경로에서 상기 애노드 배기 냉각식 열 교환기 및 상기 혼합기 사이에 위치하며;

상기 애노드 배기 도관은, 상기 애노드 배기 냉각식 열 교환기의 방출구를 상기 이산화탄소 분리기의 유입구에 연결하는, 연료 전지 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 이산화탄소 분리기의 제1 방출구에 연결된 정제된 애노드 배기 도관;

상기 이산화탄소 분리기의 제2 방출구에 연결된 이산화탄소 방출 도관;
 상기 정제된 애노드 배기 도관에 유체 연결된 스플리터(splitter); 및
 상기 스플리터를 상기 혼합기에 유체 연결하는 혼합기 도관
 을 더 포함하고,
 상기 공급 튜브는, 상기 스플리터를 상기 환상형 도관에 유체 연결하는, 연료 전지 시스템.

청구항 10

제3항에 있어서,
 상기 연료 전지 스택은 고체 산화물 연료 전지 스택을 포함하는, 연료 전지 시스템.

청구항 11

연료 전지 시스템의 작동 방법으로서,
 연료 전지 스택으로부터 캐소드 배기의 적어도 일부를, 애노드 테일 가스 산화기(ATO) 인젝터 내에 제공하는 단계 - 상기 애노드 테일 가스 산화기(ATO) 인젝터는, 베인들(vanes) 및 주입 개구를 포함하는 환상형 도관을 포함하고, 상기 연료 전지 스택과 ATO 인젝터는 고온 박스 내에 위치함 - ;
 상기 베인들을 사용하여, 상기 ATO 인젝터 내 캐소드 배기를 와류하게 하는(swirl) 단계;
 상기 연료 전지 스택으로부터의 애노드 배기를, 상기 ATO 인젝터를 우회(bypass)하면서 상기 고온 박스의 외부에 제공하는 단계;
 상기 고온 박스의 외부로부터의 애노드 배기의 적어도 제1 부분을 적어도 하나의 공급 튜브를 통해 상기 ATO 인젝터의 환상형 도관 내에 제공하는 단계;
 상기 주입 개구를 통해 상기 환상형 도관으로부터 상기 애노드 배기의 적어도 제1 부분을 배출하여, 상기 애노드 배기의 적어도 제1 부분을 와류된 캐소드 배기 내에 주입하고 혼합물을 형성하는 단계; 및
 상기 혼합물을 애노드 테일 가스 산화기(ATO) 내에 제공하는 단계를 포함하는, 연료 전지 시스템의 작동 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,
 상기 고온 박스의 외부로부터의 상기 애노드 배기의 적어도 제1 부분은, 복수의 공급 튜브들을 통해 상기 ATO 인젝터의 환상형 도관 내에 제공되며,
 상기 방법은, 상기 고온 박스의 외부에 위치한 밸브를 사용하여, 상기 복수의 공급 튜브들을 통해 상기 애노드 배기의 적어도 제1 부분의 흐름을 제어하는 단계를 더 포함하는, 연료 전지 시스템의 작동 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,
 상기 연료 전지 스택으로부터의 애노드 배기를 애노드 복열식 열 교환기 내에 제공하는 단계; 및
 상기 애노드 배기 및 연료 유입 스트림 간에 열을 교환시키는 단계를 더 포함하는, 연료 전지 시스템의 작동 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,
 상기 연료 유입 스트림은, 순수한 수소 연료 유입 스트림 또는 탄화수소 연료 유입 스트림을 포함하고;
 상기 ATO는 상기 애노드 복열식 열 교환기를 둘러싸고;

상기 ATO 인젝터는 상기 ATO 및 상기 애노드 복열식 열 교환기 위에 위치하며;

상기 ATO 인젝터는 상기 ATO 위에 위치하는, 연료 전지 시스템의 작동 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 애노드 배기로부터 이산화탄소를 분리하기 위해, 상기 애노드 복열식 열 교환기로부터의 모든 애노드 배기를, 상기 환상형 도관을 지나 상기 고온 박스 외부에 위치한 이산화탄소 분리기 안으로 통과시키는 단계;

상기 이산화탄소 분리기로부터의 애노드 배기의 제1 부분을 상기 환상형 도관 내로 통과시키는 단계; 및

상기 이산화탄소 분리기로부터의 애노드 배기의 제2 부분을, 상기 연료 전지 스택 내에 제공된 연료 유입 스트림 안으로 재순환시키는 단계

를 더 포함하는, 연료 전지 시스템의 작동 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 애노드 테일 가스 산화기(anode tail gas oxidizer; ATO) 인젝터 및 이를 포함하는 연료 전지 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가령, 고체 산화물 연료 전지와 같은 연료 전지는, 연료에 저장된 에너지를 고효율로 전기 에너지로 변환할 수 있는 전기화학 장치다. 고온 연료 전지에는 고체 산화물 및 용융 탄산염(molten carbonate) 연료 전지가 포함된다. 이러한 연료 전지는, 수소 및/또는 탄화수소 연료를 사용하여 작동할 수 있다. 산화된 연료가, 전기 에너지를 입력으로 사용하여, 산화되지 않은 연료로 다시 환원될 수 있도록, 역 작동(reversed operation) 또한, 허용하는, 가령 고체 산화물 재생 연료 전지와 같은 연료 전지의 유형이 존재한다.

발명의 내용

[0003] 다양한 실시예에 따르면, 연료 전지 시스템은: 연료 전지 스택, 애노드 테일 가스 산화기(ATO), 연료 전지 스택으로부터의 애노드 배기(anode exhaust)의 제1 부분을 연료 전지 스택으로부터의 캐소드 배기와 혼합하고, 상기 캐소드 배기 및 애노드 배기의 제1 부분의 혼합물을 ATO 내에 제공하도록 구성된 ATO 인젝터, 애노드 배기의 제

1 부분을 ATO 인젝터에 제공하도록 구성된 애노드 배기 도관, 및 연료 전지 스택으로부터의 캐소드 배기의 적어도 일부를 ATO 인젝터로 제공하도록 구성되는 캐소드 배기 도관을 포함한다. ATO 인젝터는, 중공 원통형 몸체(hollow cylindrical body), 및 중공 원통형 몸체의 외부 표면으로부터 연장되고, 애노드 배기의 제1 부분을 소용돌이형(swirled) 또는 와류된 캐소드 배기 내로 주입하도록 구성된 주입 튜브를 포함한다.

[0004] 본 개시내용의 다양한 실시예에 따르면, 연료 전지 시스템을 작동시키는 방법은: ATO 인젝터의 중공 원통형의 외부 표면으로부터 연장되는 주입 튜브를 통해 애노드 배기의 제1 부분을 제공함으로써, 연료 전지 스택으로부터 애노드 배기를 분할하는 단계, 연료 전지 스택에서 ATO 인젝터로 캐소드 배기의 적어도 일부를 제공하는 단계, 중공 원통형의 외부 표면에 배치된 베인(vanes)을 사용하여, ATO 인젝터에서 캐소드 배기를 와류(swirl)시키는 단계, 와류된 캐소드 배기를 애노드 배기의 제1 부분과 혼합하는 단계, 애노드 배기의 제1 부분과 와류된 캐소드 배기의 혼합물을 애노드 테일 가스 산화기(ATO)에 제공하는 단계, 애노드 배기의 제2 부분을 주입 튜브를 지나도록 통과시키는 단계, 및 연료 전지 스택에 제공된 연료 유입 스트림(fuel inlet stream)으로, 애노드 배기의 제2 부분을 재순환시키는 단계를 포함한다.

[0005] 일실시예에서, 상기 방법은 또한, 연료 전지 스택으로부터의 애노드 배기를 애노드 복열식 열 교환기(anode recuperator heat exchanger)로 제공하는 단계, 애노드 배기를 제1 부분 및 제2 부분으로 분할하기 전에, 애노드 배기와 연료 유입 스트림 사이에서 열을 교환하는 단계, 및 애노드 복열식 열 교환기로부터의 애노드 배기를 ATO 인젝터로 제공하는 단계를 포함한다.

[0006] 본 개시내용의 다양한 실시예에 따르면, 연료 전지 시스템을 작동시키는 방법은, 연료 전지 스택으로부터의 캐소드 배기의 적어도 일부를, 애노드 테일 가스 산화기(ATO) 인젝터로 제공하는 단계, 캐소드 배기를, 베인을 사용하여 ATO 인젝터에서, 와류시키는 단계, 분사 개구를 포함하는 아치형 몸체를 포함하는 ATO 인젝터를 통해, 연료 전지 스택으로부터의 애노드 배기의 적어도 제1 부분을 제공하는 단계, 아치형 몸체로부터의 애노드 배기의 적어도 제1 부분을 분사 개구를 통해 와류된 캐소드 배기 내에 주입하는 단계; 및 애노드 배기의 적어도 제1 부분과, 와류된 캐소드 배기의 혼합물을, 애노드 테일 가스 산화기(ATO)에 제공하는 단계를 포함한다.

[0007] 본 개시내용의 다양한 실시예에 따르면, 연료 전지 시스템은: 연료 전지 스택, 연료 전지 스택으로부터의 애노드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 복열식 열 교환기, 상기 애노드 복열기로부터 애노드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 배기 도관, 상기 연료 전지 스택으로부터 캐소드 배기를 수용하도록 구성된 캐소드 배기 도관, 상기 애노드 복열기를 둘러싸고, 상기 캐소드 배기 도관으로부터 캐소드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 테일 가스 산화기(ATO), ATO 및 애노드 배기 도관 사이에 위치된 ATO 인젝터, 애노드 배기 도관 및 ATO 인젝터에 유체 연결되는(fluidly connected) 이산화탄소 분리기를 포함한다. 이산화탄소 분리기는 애노드 배기로부터 이산화탄소를 분리하도록 구성되며, 애노드 배기 도관은 ATO 인젝터에 직접 유체 연결되지 않고 이를 우회한다.

[0008] 본 개시내용의 다양한 실시예에 따르면, 연료 전지 시스템은: 연료 전지 스택, 연료 전지 스택으로부터의 애노드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 복열식 열 교환기, 애노드 복열기로부터 애노드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 배기 도관, 연료 전지 스택으로부터 캐소드 배기를 수용하도록 구성된 캐소드 배기 도관, 애노드 복열기를 둘러싸고, 캐소드 배기 도관으로부터 캐소드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 테일 가스 산화기(ATO), 및 ATO 및 애노드 배기 도관 사이에 위치된 ATO 인젝터를 포함한다. ATO 인젝터는: 캐소드 배기 도관으로부터 제공되는 캐소드 배기를 와류시키도록 구성된 베인(vanes), 및 애노드 배기 도관과 ATO 사이에 배치되고, 애노드 배기의 적어도 일부가 애노드 배기로부터 흐르도록 구성된 아치형 몸체(arcuate body)를 포함하며, 상기 아치형 몸체는, ATO로 흐르는 와류된 캐소드 배기 내로 애노드 배기의 적어도 일부를 주입하도록 구성된 주입 개구를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0009] 본 명세서에 통합되고, 본 명세서의 일부를 구성하는 첨부 도면은, 본 발명의 예시적인 실시예를 도시하고, 위에서 주어진 일반적인 설명 및 아래에 주어진 상세한 설명과 함께 본 발명의 특징을 설명하는 역할을 한다.

도 1a, 도 1b, 도 1c 및 도 1d는 본 발명의 다양한 실시예에 따른 SOFC 연료 전지 시스템의 개략도이다.

도 2a는 도 1a의 시스템의 고온 박스의 컴포넌트를 도시하는 단면도이다. 도 2b는 도 2a의 확대된 부분을 도시한다. 도 2c는 도 2a의 시스템의 중앙 칼럼(central column)의 3차원 절단도이다. 도 2d는, 본 개시내용의 다양한 실시예에 따른, 도 2a의 중앙 칼럼 아래에 배치된 애노드 허브 구조의 사시도이다.

도 3a 내지 도 3c는, 본 개시내용의 다양한 실시예에 따른, 도 2a의 중앙 칼럼을 통한 연료 및 공기 흐름을 도

시하는 단면도이다.

도 4는 종래의 ATO 인젝터의 부분 사시도이다.

도 5는, 본 개시내용의 다양한 실시예에 따른, 도 2a의 중앙 칼럼에 포함된 ATO 인젝터의 부분 사시도이다.

도 6, 7, 8a, 8b 및 9a는, 본 개시내용의 대안적 실시예에 따른, 도 5의 ATO 인젝터에 포함될 수 있는 대안적인 인젝터의 부분 사시도이다.

도 9b는 도 9a의 ATO 인젝터의 외부 표면을 나타내는 사진이다. 도 9c, 9f, 9g 및 9h는, 도 9a의 ATO 인젝터에 포함될 수 있는 대안적인 인젝터의 평면도이다.

도 9d 및 도 9e는, 도 9c에 도시된 인젝터의 측면 및 저면 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 다양한 실시예가 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명될 것이다. 가능하면 도면 전체에 걸쳐 동일한 참조 번호가 동일하거나 유사한 부분들을 지칭하는데 사용된다. 특정 실시예 및 구현예에 대한 참조는, 예시를 위한 것이며 본 발명 또는 청구범위의 범위를 제한하려는 것이 아니다.
- [0011] 도 1a는 본 개시내용의 실시예에 따른 고체 산화물 연료 전지(solid oxide fuel cell; SOFC) 시스템(10)의 개략도이다. 도 1a를 참조하면, 시스템(10)은 고온 박스(100) 및 그 안에 또는 그에 인접하여 배치된 다양한 컴포넌트들을 포함한다.
- [0012] 고온 박스(100)는, 가령 고체 산화물 연료 전지 스택과 같은 연료 전지 스택(102)을 포함할 수 있다(여기서, 스택의 하나의 고체 산화물 연료 전지는: 가령, 이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia; YSZ) 또는 스칸디아 안정화 지르코니아(scandia stabilized zirconia; SSZ)와 같은 세라믹 전해질, 가령, 니켈-YSZ 또는 Ni-SSZ 서멧(cermet)과 같은 애노드 전극, 및 가령, 란탄 스트론튬 망가나이트(lanthanum strontium manganite; LSM)와 같은 캐소드 전극을 포함한다). 스택(102)은 복수의 칼럼들에서 서로 위에 배열될 수 있다.
- [0013] 고온 박스(100)는 또한, 애노드 복열기(anode recuperator; 110), 캐소드 복열기(120), 애노드 테일 가스 산화기(ATO)(130), 애노드 배기 냉각기(140), ATO 혼합기/인젝터(500)(여기에서, 간략함을 위해 ATO 인젝터로 지칭됨)를 포함하고, 상기 ATO 혼합기/인젝터(500)는 스플리터(510), 와류 생성기(vortex generator; 550) 및 증기 생성기(160)를 포함한다. 시스템(10)은 또한, 촉매 부분 산화(CPOx) 반응기(200), 혼합기(210), CPOx 송풍기(204)(예를 들어, 공기 송풍기), 시스템 송풍기(208)(예를 들어, 공기 송풍기), 및 애노드 재순환 송풍기(212)를 포함하며, 이는 고온 박스(100)의 외부에 배치될 수 있다. 하지만, 본 개시내용은, 고온 박스(100)와 관련하여, 컴포넌트들 각각에 대한 임의의 특정 위치로 제한되지 않는다.
- [0014] CPOx 반응기(200)는, 연료 도관(300A)을 통해 연료 유입구(300)로부터 연료 유입 스트림을 수용한다. 연료 유입구(300)는, CPOx 반응기(200)에 제공되는 연료의 양을 제어하기 위한 밸브를 포함하는 유틸리티 가스 라인일 수 있다. CPOx 송풍기(204)는, 시스템(10) 시동(start-up) 동안에 CPOx 반응기(200)에 공기를 제공할 수 있고, 이후 연료 전지 스택(102)이 750 내지 900℃와 같은 700℃ 초과와 정상 상태 작동 온도에 도달할 때인 정상 상태 작동 모드 동안에 전원이 꺼질 수 있다. 정상 상태에서 연료 및/또는 시동 동안의 연료와 공기의 혼합물은, 연료 도관(300B)에 의해 혼합기(210)에 제공될 수 있다. 연료는, 혼합기(210)로부터 연료 도관(300C)을 통해 애노드 복열기(110)로 흐른다. 연료는 연료 도관(300D)을 통해 애노드 복열기(110)로부터 스택(102)으로 흐른다. 시스템(10)은 또한, 애노드 복열기(110) 내에 하나 이상의 연료 개질 촉매(112, 114, 116)를 포함할 수 있다.
- [0015] 메인 공기 송풍기(208)는, 공기 도관(302A)을 통해 애노드 배기 냉각기(140)에 공기 스트림(예를 들어, 공기 유입 스트림)을 제공하도록 구성될 수 있다. 공기는 애노드 배기 냉각기(140)로부터 공기 도관(302B)을 통해 캐소드 복열기(120)로 흐른다. 공기는 캐소드 복열기(120)로부터 공기 도관(302C)을 통해 스택(102)으로 흐른다.
- [0016] 스택(102)에서 생성된 애노드 배기(즉, 연료 배기)는 애노드 배기 출구 도관(들)(308A)을 통해 애노드 복열기(110)에 제공된다. 애노드 배기에는 미반응 연료가 포함될 수 있다. 애노드 배기는 또한, 본 명세서에서 연료 배기로 지칭될 수 있다. 애노드 배기는 애노드 배기 도관(308B)에 의해 애노드 복열기(110)로부터 스플리터(510)로 제공될 수 있다. 애노드 배기의 제1 부분은, 스플리터(510)로부터 애노드 배기 출력 도관(308D)을 통해 ATO(130)로 제공될 수 있다. 애노드 배기의 제2 부분은, 제1 애노드 배기 재순환 도관(308C)에 의해, 스플리터(510)로부터 애노드 배기 냉각기(140)로 제공될 수 있다. 애노드 배기는, 제2 애노드 배기 재순환 도관(308E)에 의해, 애노드 배기 냉각기(140)로부터 혼합기(210)로 제공될 수 있다. 애노드 재순환 송풍기(212)는, 후술하는

바와 같이 제2 애노드 배기 재순환 도관(308E)을 통해 애노드 배기를 이동시키도록 구성될 수 있다.

[0017] 스택(102)에서 생성된 캐소드 배기(예를 들어, 공기 배기)는 캐소드 배기 도관(304A)을 통해 ATO(130)로 흐른다. 캐소드 배기는 또한, 본 명세서에서 공기 배기로 지칭될 수 있다. 와류 생성기(550)는 캐소드 배기 도관(304A)에 배치될 수 있고, 캐소드 배기를 소용돌이치게 하도록 구성될 수 있다. 도관(308D)은 와류 생성기(550)의 하류에서 캐소드 배기 도관(304A)에 유체 연결될 수 있다. 와류 생성기(550)를 빠져 나가는 와류된 캐소드 배기는, ATO(130)에 제공되기 전에 스플리터(510)에 의해 제공된 애노드 배기와 혼합될 수 있다. ATO 배기를 생성하기 위해 혼합물이 ATO(130)에서 산화될 수 있다. ATO 배기는 ATO(130)로부터 배기 도관(304B)을 통해 캐소드 복열기(120)로 흐른다. 배기는, 캐소드 복열기(120)로부터 배기 도관(304C)을 통해 증기 생성기(160)로 흐른다. 배기는 증기 생성기(160)로부터, 그리고 배기 도관(304D)을 통해, 고온 박스(100) 밖으로 흐른다.

[0018] 물은, 가령 물 탱크 또는 수도관과 같은 수원(water source; 206)으로부터 물 도관(306A)을 통해 증기 생성기(160)로 흐른다. 증기 생성기(160)는 배기 도관(304C)에 의해 제공되는 ATO 배기로부터의 열을 사용하여, 물을 증기로 변환한다. 증기는 물 도관(306B)을 통해 증기 생성기(160)로부터 혼합기(210)로 제공된다. 대안적으로, 원하는 경우, 증기는 연료 유입 스트림으로 직접 제공될 수 있고/있거나, 애노드 배기 스트림은 연료 유입 스트림 내로 직접 제공되고, 이어서 조합된 연료 스트림의 가슴이 뒤따를 수 있다. 혼합기(210)는 증기를 애노드 배기 및 연료와 혼합하도록 구성된다. 이 연료 혼합물은, 스택(102)에 제공되기 전에 애노드 복열기(110)에서 가열될 수 있다.

[0019] 시스템(10)은 시스템(10)의 다양한 요소(예를 들어, 송풍기(208, 212) 및 연료 제어 밸브)를 제어하도록 구성된 시스템 제어기(225)를 더 포함할 수 있다. 제어기(225)는, 저장된 명령어를 실행하도록 구성된 중앙 처리 장치를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제어기(225)는, 연료 조성 데이터에 따라 시스템(10)을 통한 연료 및/또는 공기의 흐름을 제어하도록 구성될 수 있다.

[0020] 도 1b는 본 개시내용의 다른 실시예에 따른 고체 산화물 연료 전지(SOFC) 시스템(10)의 개략도이다. 도 1a의 시스템(10)과 동일한 도 1b의 시스템(10)의 구성요소들은 간결함을 위해 다시 설명하지 않는다.

[0021] 도 1b의 시스템(10)은, 가령 천연 가스, 메탄, 펜탄, 부탄, 바이오가스 등과 같은 탄화수소 연료와 함께 사용될 수 있다. 도 1b의 시스템(10)은, 애노드 배기 경로에서 애노드 배기 냉각기(140)와 혼합기(210) 사이에 위치한 추가 이산화탄소 분리기(170), 제2 혼합기(610) 및 추가 도관(308F, 308G, 309, 544)을 포함한다. 도관(544)은 선택적인 밸브(546)를 포함할 수 있다. 이 실시예에서, ATO 인젝터(500)는, 도 8b에 도시된 인젝터(540)를 포함할 수 있고, 이는 하기에서 더 상세히 설명된다. 더욱이, 이 실시예에서, 도관(308B)은, 인젝터(540)를 우회하고 인젝터(540)에 직접 유체 연결되지 않는다. 구체적으로, 도관(308B, 308C)은, (애노드 배기 냉각기(140)로부터 하류에 위치한 도관(308E)을 또한, 포함하는) 애노드 배기 도관의 단일 연속 부분으로 병합되며, 이는 인젝터(540)에 직접 유체 연결되지 않으며, 이를 우회한다.

[0022] 이산화탄소 분리기(170)는, 애노드 배기의 다른 성분(예컨대, 수소, 메탄, 일산화탄소 등)으로부터 이산화탄소를 분리할 수 있는, 임의의 기계적(예컨대, 캐니스터 트랩(canister trap)) 흡착기(예컨대, 하나 또는 선택적인 흡착 베드들(beds)) 또는 전기화학적 분리를 포함할 수 있다. 바람직하게는, 이산화탄소 분리기(170)는, 2015년 11월 17일자로 발행되고, 본원에 전문이 참고로 통합되는 미국특허공보 9,190,658 B2에 기술된 바와 같이, PEM(proton exchange membrane) 전지 또는 PEM 전지의 스택과 같은, 전기화학적 분리를 포함한다.

[0023] 이산화탄소 분리기(170)의 애노드 방출구는 도관(308E)에 연결된다. 이산화탄소 분리기(170)는 또한, 선택적으로 스위프(sweep) 가스 유입구(예를 들어, 명시적으로 도시되지 않은 공기 유입구)를 포함할 수 있다. 이산화탄소 분리기(170)는 정제된 애노드 배기 도관(308F) 및 이산화탄소 방출 도관(309)을 포함한다.

[0024] 도 1b의 시스템(10)은 다음과 같이 작동한다. 애노드 배기 도관(308B, 308C 및 308E)이 인젝터(540)를 우회하고, 이에 직접 유체로 연결되지 않기 때문에, 애노드 배기 스트림 전체(즉, 100%)가, 인젝터(540)를 통해 유동하지 않고, 애노드 복열기(110)로부터 애노드 배기 냉각기(140)로 제공된다. 애노드 배기는, 애노드 재순환 송풍기(212)에 의해 애노드 배기 냉각기(140)로부터 도관(308E)을 통해 이산화탄소 분리기(170)의 애노드 배기 유입구로 제공된다. 일 실시예에서, 도관(308E)의 애노드 배기가, 애노드 재순환 송풍기(212) 또는 이산화탄소 분리기(170)에 대해 여전히 너무 고온인 경우, 가령 공기 또는 물과 같은 임의의 외부 냉각 유체를 사용하는 추가 냉각기가, 적절한 온도로 애노드 배기를 냉각시키기 위해, 필요에 따라 애노드 재순환 송풍기(212) 전 또는 후에, 도관(308E) 내부에 배치될 수 있다. 이산화탄소는 이산화탄소 분리기(170)에서 애노드 배기로부터 분리된다. 분리된 이산화탄소는, 시스템(10) 외부에서 저장 또는 산업적 사용(예를 들어, 화학 또는 산업 공정에서)을

위해, 도관(309)을 통해 이산화탄소 분리기(170)로부터 제거된다. 이산화탄소의 전부 또는 일부가 제거된, 정제된 애노드 배기는, 이산화탄소 분리기(170)로부터 정제된 애노드 배기 도관(308F)으로 제공된다.

[0025] 일실시예에서, 정제된 애노드 배기 도관(308F)은 제2 스플리터(610)에서 종료된다. 제2 스플리터(610)는, T-형 도관(예를 들어, 파이프) 연결부 또는 다른 유형의 스플리터일 수 있다. 정제된 애노드 배기의 제1 부분은, 정제된(purified) 애노드 배기 도관(308F)으로부터 제2 스플리터(610)를 통해 혼합기 도관(308G)으로 제공된다. 정제된 애노드 배기는 이후, 도 1a와 관련하여 기술한 바와 같이, 혼합기 도관(308G)으로부터, 연료 유입 스트림과 혼합되는 혼합기(210)로 제공된다.

[0026] 정제된 애노드 배기의 제2 부분은, 정제된 애노드 배기 도관(308F)으로부터 제2 스플리터(610)를 통해 도관(544)으로 제공된다. 밸브(546)는, 도관(544)을 통해 유동하는 정제된 애노드 배기의 양을 제어하도록 도관(544) 상에 위치할 수 있다. 밸브(546)는, 시스템 제어기(225)에 의해 제어되는 컴퓨터 제어 밸브일 수 있다. 정제된 애노드 배기는, 도관(544)으로부터, 도 8a 내지 도 8b와 관련하여 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같은, 인젝터(540)로 제공된다. 그 다음, 프로세스는, 도 1a에 대해 위에서 설명된 것과 동일하게 진행된다.

[0027] 도 1c는 본 개시내용의 다른 실시예에 따른, 고체 산화물 연료 전지(SOFC) 시스템(10)의 개략도이다. 도 1a의 시스템(10)과 동일한 도 1c의 시스템(10)의 구성요소들은 간결함을 위해 다시 설명하지 않는다.

[0028] 도 1c의 시스템(10)은 탄화수소 연료가 아닌 순수한 수소 연료와 함께 사용될 수 있다. 이 실시예에서, 수원(206), 증기 생성기(160), CP0x 반응기(200), CP0x 송풍기(204) 및 도관(306B)이 제거될 수 있다. 대안적으로, CP0x 송풍기(204)는, 전력 조정 시스템의 접촉기를 닫을 목적으로, 개방 회로 전압을 낮추기 위해 짧은 기간 동안 연료 전지의 애노드 측에 소량의 공기를 추가하게끔 유지될 수 있으며, 따라서 전류가 전원 조정 시스템 컴포넌트로 흐르도록 할 수 있다. 대안적으로, 물은, 접촉기를 폐쇄할 목적으로 개방 회로 전압을 낮추기 위해 도관(308E) 및/또는 도관(308C)으로 주입될 수 있다. 이 실시예에서, 도관(300A, 300B)은 단일 도관으로 병합된다. 유사하게, 도관(304C 및 304D)은 단일 도관으로 병합된다. 도 1c의 시스템(10)은, 증기 생성기(160) 및 도관(306B)의 제거로 인해, 연료 유입구(300)로부터의 수소 연료 유입 스트림이 CP0x 반응기(200)를 통과하지 않고, 의도적으로 가습되지 않는다는 점을 제외하고는 도 1a의 시스템(10)과 동일하게 작동한다.

[0029] 도 1d는 본 개시내용의 다른 실시예에 따른, 고체 산화물 연료 전지(SOFC) 시스템(10)의 개략도이다. 도 1c의 시스템(10)과 동일한 도 1d의 시스템(10)의 구성요소들은 간결함을 위해 다시 설명하지 않는다.

[0030] 도 1d의 시스템(10)은, 탄화수소 연료가 아닌 순수한 수소 연료와 함께 사용할 수 있다. 이 실시예에서, 애노드 배기 냉각기(140), 애노드 재순환 송풍기(212), 혼합기(210) 및 도관(308E)은 제거될 수 있다. 이 실시예에서, 도관(300A, 300B, 300C)은 단일 도관으로 병합된다. 더욱이, 애노드 배기 도관(308C)은 제거될 수 있거나, 캡(cap; 310)에서 막다른 골목일 수 있으며, 이는 도 7 및 9a와 관련하여 아래에서 더 상세하게 설명될 것이다.

[0031] 도 1d의 시스템(10)은, 애노드 배기 스트림의 일부가 혼합기(210)의 제거로 인해 연료 유입 스트림으로 재순환되지 않는다는 점을 제외하고는 도 1c의 시스템(10)과 동일하게 동작한다. 대신에, 애노드 배기 스트림의 전부(즉, 100%)가 애노드 복열기(110)로부터 도관(308B, 308D) 및 스플리터(예를 들어, 스플리터(510))를 통해 ATO(130) 내로 제공된다. 더욱이, 애노드 배기 스트림은 애노드 배기 냉각기(140)의 제거로 인해, 공기 유입 스트림과 열을 교환하지 않는다.

[0032] 도 2a-2d 및 3a-3c는, 도 4의 종래 기술의 스플리터(511) 및 와류 생성기(551)를 포함하는 종래 기술의 ATO 인젝터(501)가, 도 1a 내지 1d와 관련하여 상술한 본 개시내용의 실시예들의 스플리터(510) 및 와류 생성기(550)를 포함하는 ATO 인젝터(500) 대신에 도 2a, 2b, 2c, 3a 및 3b에 도시되고, 이는 도 5 내지 9h와 관련하여 더 상세히 설명될 것임을 제외하고는, 도 1a 내지 1d의 시스템(10)의 고온 박스(100)의 컴포넌트들을 도시한다. 도 2a는 도 1a의 시스템(10)의 고온 박스(100)의 컴포넌트들을 도시하는 단면도이고, 도 2b는 도 2a의 확대된 부분을 도시한다. 도 2c는 본 개시내용의 다양한 실시예에 따른 시스템(10)의 중앙 칼럼(400)의 3차원 절단도이며, 도 2d는 칼럼(400)이 배치될 수 있는 고온 박스 베이스(101)에 배치된 애노드 허브 구조(600)의 사시도이다.

[0033] 도 2a 내지 도 2d를 참조하면, 연료 전지 스택(102)은, 칼럼(400) 주위의 고온 박스(100)에 배치될 수 있다. 예를 들어, 스택(102)은, 중앙 칼럼(400) 주위에 링 구성으로 배치될 수 있고 고온 박스 베이스(101) 상에 위치될 수 있다. 칼럼(400)은: 중앙 플레넘(central plenum; 401), 애노드 복열기(110), ATO(130) 및 애노드 배기 냉각기(140)를 포함할 수 있다. 특히, 애노드 복열기(110)는, ATO(130)의 방사상 내부방향으로 배치되고, 애노드 배기 냉각기(140)는, 애노드 복열기(110) 및 ATO(130) 위에 장착된다. 산화 촉매(112) 및/또는 수소화 촉매(114)는 애노드 복열기(110)에 위치할 수 있다. 개질 촉매(116)는 또한, 증기 메탄 개질(SMR) 삼입물로서 애노드

드 복열기(110)의 바닥에 위치할 수 있다.

- [0034] ATO(130)는: 애노드 복열기(110)의 내부 ATO 단열재(130B)/외벽 주위에 위치된 외부 원통(130A)를 포함한다. 선택적으로, 단열재(130B)는 내부 ATO 원통(130C)에 의해 둘러싸일 수 있다. 따라서, 단열재(130B)는 애노드 복열기(110)와 ATO(130) 사이에 위치할 수 있다. ATO 산화 촉매는, 외부 원통(130A)와 ATO 단열재(130B) 사이의 공간에 위치할 수 있다. ATO 열전대 피드스루(ATO thermocouple feed through; 1601)는 애노드 배기 냉각기(140)를 통해 ATO(130)의 상부까지 연장된다. 따라서, ATO(130)의 온도는, 이 피드스루(1601)를 통해 하나 이상의 열전대(미도시)를 삽입함으로써 모니터링될 수 있다.
- [0035] 애노드 허브 구조물(600)은, 애노드 복열기(110) 및 ATO(130) 아래 및 고온 박스 베이스(101) 위에 위치할 수 있다. 애노드 허브 구조물(600)은 ATO 스커트(skirt)(1603)에 의해 덮인다. 와류 생성기(551) 및 애노드 배기 스플리터(511)를 포함하는 ATO 인젝터(501)는, 애노드 복열기(110) 및 ATO(130) 위에 그리고 애노드 냉각기(140) 아래에 위치한다. 시동 동안 ATO에서 스택 애노드 배기의 산화를 개시하는 ATO 글로우 플러그(1602)는, ATO(130)의 바닥 근처에 위치할 수 있다.
- [0036] 애노드 허브 구조(600)는, 중앙 플레넘으로부터, 중앙 컬럼(400) 주위에 배치된 연료 전지 스택으로 연료를 고르게 분배하는데 사용된다. 애노드 흐름 허브 구조(600)는, 연료 유입 도관(300D) 및 방출 도관(308A)의 홈이 있는(grooved) 주조 베이스(cast base)(602) 및 연료 입구의 "거미(spider)" 허브를 포함한다. 도관(300D, 308A)의 각 쌍은 연료 전지 스택에 연결된다. 애노드 측 원통(예를 들어, 애노드 복열기(110) 내부 및 외부 원통과, ATO 외부 원통(130A))는 베이스(602)의 홈으로 용접되거나 납땜되어, 아래에서 논의되는 바와 같이 흐름 분포를 위한, 균일한 체적 단면을 생성한다.
- [0037] 도 2c에 도시된 바와 같이, 리프트 베이스(lift base; 1604)는 고온 박스 베이스(101) 아래에 위치한다. 일실시예에서, 리프트 베이스(1604)는 2개의 중공 암(hollow arms)을 포함하며, 상기 2개의 중공 암에서, 지게차의 포크가 연료 전지 유닛을 들어올리거나 이동시킬 수 있고, 그럼으로써 수리나 정비를 위해 캐비닛(미도시)으로부터 연료 전지 유닛을 제거한다.
- [0038] 도 2a 및 2b에서 화살표로 도시된 바와 같이, 공기는 고온 박스(100)의 상부로 유입된 후, 캐소드 복열기(120)로 유입되고 여기서, 스택(102)으로부터의 캐소드 배기에 의해 가열된다. 가열된 공기는 유입구(121)를 통해 캐소드 복열기(120) 내부로 흐른다. 그런 다음 공기는 스택(102)을 통해 흐르고 애노드 허브 구조(600)로부터 채공된 연료와 반응한다. 캐소드 배기는, 방출구(123)를 통해 스택(102)으로부터 흐른다. 그 다음, 공기 배기는 와류 생성기(551)의 배인을 통과하고 ATO(130)에 들어가기 전에 소용돌이친다.
- [0039] 스플리터(511)는, 애노드 복열기(110)의 상부를 빠져나가는 애노드 배기의 일부를 와류된 공기 배기로 안내할 수 있다. ATO(130)로 진입하기 전에, ATO 인젝터(501)에서 애노드 배기와 캐소드 배기가 혼합될 수 있다.
- [0040] 도 3a 및 도 3b는 중앙 컬럼(400)을 통한 유동 분포를 나타내는 측단면도이고, 도 3c는 애노드 복열기(110)를 통해 절단한 평면도이다. 도 2a, 2b, 3a 및 3c를 참조하면, 애노드 복열기(110)는 내부 원통(110A), 주름진 플레이트(110B), 및 ATO 단열재(130B)가 코팅될 수 있는 외부 원통(110C)을 포함한다. 연료 도관(300C)으로부터의 연료는, 중앙 컬럼(400)의 상부로 들어간다. 그 다음 연료는 중공 코어를 통해 흐르면서, 애노드 냉각기(140)를 우회한 다음, 애노드 복열기(110)를 통해 외부 원통(110C)과 주름진 플레이트(corrugated plate; 110B) 사이에서 흐른다. 그 다음, 연료는 허브 베이스(602) 및 애노드 허브 구조(600)(도 3b)의 도관(300D)을 통해 스택(102)으로 흐른다.
- [0041] 도 2a, 2b, 3a 및 3b를 참조하면, 애노드 배기는 스택(102)에서 도관(308A)을 통해 허브 베이스(602)로, 그리고 허브 베이스(602)에서 애노드 복열기(110)를 통해 내부 원통(110A) 및 주름진 플레이트(110B) 사이에서, 그리고 도관(308B)을 통해 스플리터(511)로 유동한다. 애노드 배기의 일부는, 도관(308C)을 통해 스플리터(511)에서 애노드 냉각기(140)로 흐르는 한편, 다른 부분은 도관(308D)을 통해 스플리터(511)에서 ATO(130)로 흐른다(도 1a 참조). 도관(308C)은, 도 3a 및 3c에 도시된 바와 같이, 애노드 냉각기(140)와 와류 생성기(551) 사이에 위치된 지지 원통(854) 및 벨로우즈(bellows; 852)에 의해 적어도 부분적으로 정의될 수 있다. 애노드 냉각기 내부 코어 단열재(140A)는, 연료 도관(300C)과 도관(308C) 사이에 위치될 수 있다. 이 단열재는, 애노드 냉각기(140)로 가는 도중에 도관(308C)의 애노드 배기 스트림으로부터의 열 전달 및 손실을 최소화한다. 단열재(140A)는 또한 도관(300C)의 연료 유입 스트림과 애노드 냉각기(140) 내 스트림들 사이의 열 전달을 피하기 위해, 도관(300C)과 애노드 냉각기(140) 사이에 위치할 수 있다. 벨로우즈(852) 및 지지 원통(854)는, 애노드 냉각기(140)와 스플리터(511) 사이에 배치될 수 있다.

- [0042] 도 3b는 또한 공기 도관(302A)으로부터 애노드 냉각기(140)(여기서 애노드 배기 스트림과 열을 교환함)로, 도관(302B) 내에서 캐소드 복열기(120)를 향해 흐르는 공기를 도시한다. 도 2a 및 도 3b에 도시된 바와 같이, 애노드 배기는 애노드 복열기(110)를 빠져나가, 도관(308B)을 통해 스플리터(511)로 제공된다. 스플리터(511)는 애노드 배기를 제1 및 제2 애노드 배기 스트림으로 분할한다. 제1 스트림은 도관(308D)을 통해 ATO(130)에 제공된다. 제2 스트림은 도관(308C)을 통해 애노드 냉각기(140)에 제공된다.
- [0043] ATO(130) 및 애노드 배기 냉각기(140)에 제공되는 애노드 배기의 상대적인 양은, 애노드 재순환 송풍기(212)에 의해 제어된다. 송풍기(212) 속도가 높을수록 애노드 배기 스트림의 더 많은 부분이 도관(308C)으로 제공되고, 애노드 배기 스트림의 더 작은 부분이 ATO(130)에 제공되며, 그 반대의 경우도 마찬가지다. ATO(130)에 제공된 애노드 배기 스트림은, 캐소드 배기에 의해 산화되어 도관(304B)을 통해 캐소드 복열기(120)에 제공될 수 있다.
- [0044] 도 4는 통합된 스플리터(511) 및 와류 생성기(551)를 포함하는 종래의 ATO 인젝터(501)의 부분 사시도이다. 종래의 ATO 인젝터(501)는, 스플리터(511) 및 와류 생성기(551)가 단일 부품으로 통합되도록, 가령 강철과 같은 금속 재료를 주조함으로써 형성된다. 따라서, 주조 ATO 인젝터(501)는 제조하는데 비싸고 시간이 많이 걸린다.
- [0045] 도 5는, 종래 기술의 ATO 인젝터(501) 대신에, 도 2a, 2c, 3a 및 3b의 중앙 칼럼(400)에 구비된, 본 발명의 일 실시예에 따른 ATO 인젝터(500)의 부분 사시도이다. 도 5를 참조하면, ATO 인젝터(500)는 스플리터(510) 및 와류 생성기(550)를 포함한다. 스플리터(510)는 환형을 갖는 아치형 몸체(512)를 포함할 수 있다. 환형 형상은(도 4에 도시된 종래의 ATO 인젝터(501)의 수직 축에 대한 곡률 반경과 대조적으로) 수평면에 위치한 원형 축에 대한 곡률 반경(radius of curvature)을 가질 수 있다. 일부 실시예에서, 스플리터(510)는, 금속 튜브를 절단하여 호(arc)를 형성하고, 호를 환형으로 굽히고, 양단을 연결함으로써 형성될 수 있다. 다른 실시예에서, 다수의 호가 절단되고, 구부러지고, 단부에서 단부로 연결되어, 스플리터(510)의 아치형 몸체(512)를 형성할 수 있다. 아치형 몸체(512)의 외부 표면과, ATO(130)의 외부 원통(130A) 사이의 최소 거리가, ATO(130)의 내부 원통(130C)과 외부 원통(130A) 사이의 최소 거리보다 작도록, 아치형 몸체(512)의 외부 표면(즉, 중앙 칼럼(400)의 중심 축으로부터 멀어지는 방향을 향하는 표면)은 볼록할 수 있다.
- [0046] 다양한 실시예에서, 아치형 몸체(512)는: 약 180° 이하, 가령 약 180° 내지 약 130°, 약 175° 내지 약 150°, 또는 약 170° 내지 약 160°의 호 측정치(아치형 몸체(512)의 외부 표면을 따라 취해짐)를 가질 수 있다. 따라서, 스플리터(510)의 ATO(130) 내부로의 돌출은, 캐소드 배기의 흐름에 대한 중단을 최소화하도록 제어될 수 있고, 이에 의해 재순환 구역의 생성을 감소 및/또는 제거하고, 내부의 압력 강하를 최소화할 수 있다.
- [0047] 일부 실시예에서, 스플리터(510)는 아치형 몸체(512)를 강화하도록 구성된 지지 아크(518)를 선택적으로 포함할 수 있다. 특히, 지지 아크(518)는, 아치형 몸체(512)를 형성하는데 사용되는 파이프의 절단되지 않은 부분으로부터 형성될 수 있다. 예를 들어, 아치형 몸체(512)를 형성하는 데 사용되는 파이프 길이의 약 20%, 가령 약 10% 내지 약 30%는, 지지 호(518)를 형성하기 위해, 절단되지 않은 채로 남아 있을 수 있다. 즉, 지지 호(518)의 호 측정치에 더하여 아치형 몸체(512)의 아크 측정치는, 360°와 같을 수 있다.
- [0048] 아치형 몸체(512)의 상부 에지는 지지 원통(854)에 부착될 수 있고, 아치형 몸체(512)의 하부 에지(edge)는 ATO(130)의 내부 ATO 원통(130C)에 부착될 수 있다. 예를 들어, 아치형 몸체(512)는 내부 ATO 원통(130C)의 부분들에 용접될 수 있다. 일부 실시예에서, 아치형 몸체(512)는 필렛 용접부(filet welds; 516)를 사용하여 지지 원통(854) 및 내부 ATO 원통(130C)에 연결될 수 있다.
- [0049] 스플리터(510)는: 아치형 몸체(512)를 천공하고, 캐소드 배기 도관(304A)으로부터 ATO(130) 내로 흐르는 캐소드 배기 내에 애노드 배기를 주입하도록 구성된 주입 개구(injection apertures; 514)를 포함할 수 있다. 주입 개구(514)는 스플리터(510)를 따라 실질적으로 균일하게 이격될 수 있다. 일부 실시예에서, 주입 개구(514)는 예를 들어 레이저 또는 워터 제트를 사용하여 절단될 수 있다. 주입 개구(514)는 각 개구(514)의 둘레가 그 외부 표면보다, 아치형 몸체(512)의 내부 표면에서 더 크도록, 비스듬히 절단될 수 있다. 개구(514)는 내부 ATO 원통(130)의 축(즉, 수직 중심축)에 수직인 애노드 배기 흐름을 주입할 수 있거나, ATO(130) 내로 캐소드 배기 흐름의 방향으로, 하향 각도(예컨대, 1 내지 89도, 가령 30 내지 60도의 각도)로 애노드 배기 흐름을 주입할 수 있다.
- [0050] 와류 생성기(550)는, 가령 용접 등에 의해 스플리터(510)의 외부 표면에 부착된 다수의 베인(552)을 포함할 수 있다. 도 5에 도시되지는 않았지만, 베인(552)은 스플리터(510) 주위에 환형 구성으로 배열될 수 있다. 베인(552)은 애노드 및/또는 캐소드 배기와 같이 그에 의해 흐르는 유체를 소용돌이(예를 들어, 와류(vortex)를 생성)하도록 구성될 수 있다. 따라서, 베인(552)은 애노드 배기와 캐소드 배기의 혼합을 증가시키도록 구성될 수

있다. 다른 실시예에서, 베인(552)은 내부 원통(130C) 또는 지지 원통(854)의 외부 표면에 부착될 수 있다.

- [0051] 도 6 및 도 7은, 본 개시의 대안적인 실시예에 따른, 스플리터(510) 대신에, 도 5의 ATO 인젝터(500)에 포함될 수 있는, 대안적인 스플리터(520)를 포함하는 중앙 칼럼(400)의 상이한 시야각에서의 부분 사시도이다. 도 6 및 도 7을 참조하면, 스플리터(520)는 환상형(toroidal) 도관(예를 들어, 파이프와 같은 관형 몸체)(522)일 수 있다. 일부 실시예에서, 스플리터(520)는 파이프(522)를 원형으로 구부리고 그 대향 단부를 가령 용접 등에 의해, 연결함으로써 형성될 수 있다. 따라서, 이 실시예에서, 스플리터(520)는, 그 전체 원주 주위에 360도의 호 측정치를 갖는다. 환상형 도관의 수직 중심축은, 중앙 칼럼(400)의 수직 중심축과 평행하다. 또한, 환상형 도관의 외부 볼록면은, 수직 중심축에 수직인 수평축을 중심으로 만곡된다.
- [0052] 스플리터(520)는, 스플리터(520)의 내부에 애노드 배기를 주입하도록 구성된 내부 주입 개구(524), 및 스플리터(520) 내부로부터 ATO(130)로 애노드 배기를 주입하도록 구성된 외부 주입 개구(514)를 포함할 수 있다. 주입 개구(514, 524)는 스플리터(520)의 내부 및 외부 부분들 각각을 따라 실질적으로 균일하게 이격될 수 있고, 예를 들어 레이저 또는 워터 제트를 사용하여 절단될 수 있다.
- [0053] 일부 실시예에서 주입 개구(514, 524)는 실질적으로 동일한 크기일 수 있다. 그러나, 다른 실시예에서, 내부 주입 개구(524)는, 스플리터(520) 내로 애노드 배기의 주입을 용이하게 하기 위해, 외부 주입 개구(514)보다 더 클 수 있다(예를 들어, 더 큰 높이일 수 있다). 일부 실시예에서, 내부 주입 개구(524) 및/또는 외부 주입 개구(514)는 전술한 바와 같이 경사지게 절단(slant-cut)될 수 있다.
- [0054] 도 1d 및 도 7에 도시된 일 실시예에서, 도관(308C)은 캡(310)으로 캡핑될 수 있다. 캡(310)은 수소 연료 상에서 작동되는 도관(308C)을 통과하는 가스를 차단하는 고체 금속 플레이트를 포함할 수 있다.
- [0055] 도 8a는, 본 개시의 다른 대안적인 실시예에 따른, 스플리터(510) 대신에, 도 5의 ATO 인젝터(500)에 포함될 수 있는 대안적인 인젝터(540)를 포함하는 중앙 칼럼(400A)의 부분 사시도이다. 도 8a를 참조하면, 인젝터(540)는 환상형 도관을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 인젝터(540)는, 파이프를 원형으로 구부리고 그 양단을 용접 등으로 연결하여 형성될 수 있다.
- [0056] 인젝터(540)는, 외부 표면에 배치되고 인젝터(540)를 천공하는 주입 개구(514)를 포함할 수 있다. 주입 개구(514)는 인젝터(540) 내부로부터 ATO(130)로 애노드 배기를 주입하도록 구성될 수 있다. 인젝터(540)의 환상형 도관(522)의 내부 표면 상에는 개구가 배치되지 않는다.
- [0057] 적어도 하나의 도관(예를 들어, 공급 튜브)(544)은 중앙 칼럼(400A) 내부에 배치될 수 있고, 인젝터(540)에 유체 연결될 수 있다. 밸브(546)는 공급 튜브(544) 상에 배치된다. 공급 튜브(544)는 연료 도관(300C)을 따라 연장될 수 있다. 공급 튜브(544)는, 도관(예를 들어, 매니폴드)(308C)에 노출되고 도관(308C)을 통해 애노드 배기 냉각기(140) 내부로부터 애노드 배기를 수용하도록 구성된, 개방된 제1 단부, 및 환상형(예를 들어, 관형)도관(522)에 유체 연결된 제2 단부를 가질 수 있다. 따라서, 공급 튜브(544)는 인젝터(540)의 내부로 애노드 배기를 공급하도록 구성될 수 있다.
- [0058] 밸브(546)는 공급 튜브(544)를 통해 인젝터(540)로의 애노드 배기 흐름을 제어하도록 구성될 수 있다. 이와 같이, 밸브(546)는 또한, 주입 개구(514)를 통해 ATO(130)로 들어가는 애노드 배기 흐름을 제어할 수 있다. 밸브(546)는, 고온 박스(100) 외부로 연장되는 중앙 칼럼(400A) 부분의 표면에 노출된 공급 튜브(544)의 부분에 배치될 수 있다. 따라서, 밸브(546)는 고온 박스 내부의 고온에 대한 노출로부터 보호될 수 있다. 밸브(546)의 한 가지 목적은, 시스템 조립 프로세스 동안 조인트 및/또는 용접부의 누출 검사에 유용한 애노드 및 캐소드 배기 스트림을 분리하는 것이다. 또 다른 목적은, 선택적으로 애노드 배기 스트림과 분리된 연료 공급물을 갖는 것이다. 하나의 공급 튜브(544)와 하나의 밸브(546)만이 도 8a에 도시되어 있지만, 대안적인 실시예에서, 단일 밸브(546) 또는 다중 밸브(546)를 위해 함께 매니폴드되는, 복수의 유입구 및/또는 방출 튜브(544)와 같은, 복수의 튜브가 있을 수 있다. 예를 들어, 2개의 공급 튜브(544)가 환상형 몸체(522)의 대향 측면에 연결될 수 있다.
- [0059] 도 8b는 중앙 칼럼(400B)의 대안적인 실시예의 부분 사시도이다. 도 8a의 중앙 칼럼(400A)의 것들과 동일한 도 8b의 중앙 칼럼(400B)의 구성요소들은 간결함을 위해 다시 설명하지 않을 것이다. 도 8b의 중앙 칼럼(400B)은, 도 1b의 고체 산화물 연료 전지(SOFC) 시스템(10)과 함께 사용될 수 있다.
- [0060] 도 1b와 관련하여 위에서 논의된 바와 같이, 애노드 배기 도관(308B, 308C, 308E)은 인젝터(540)를 우회하고, 인젝터(540)에 직접 유체 연결되지 않는다. 이는, 인젝터(540)의 환상형 도관(522)의 내부 표면이 애노드 배기 도관(예컨대, 도관들(308B 및 308C)에 노출된 어떠한 오프닝(예컨대, 개구들)을 갖지 않기 때문이다. 도관(308B 및 308C)은, 연료 도관(300C)의 외벽과 ATO 내측 원통(130C) 및 지지 원통(854)의 내벽 사이에 위치한 내측 플

레넵 또는 매니폴드를 포함하는 애노드 배기 도관의 하부를 포함한다. 애노드 배기 도관의 상부는, 애노드 배기 냉각기(140)와 이산화탄소 분리기(170) 사이에서 연장되는 도관(308E)을 포함한다. 따라서, 전체(즉, 100%) 애노드 배기 스트림은, 후속하여 인젝터(540)를 통하지 않고, 애노드 복열기(110)로부터 애노드 배기 냉각기(140)로 제공된다. 애노드 배기는, 애노드 배기 냉각기 내 공기 유입 스트림과 열을 교환한다. 애노드 배기는, 애노드 배기 냉각기(140)로부터 도관(예를 들어, 파이프)(308E)을 통해 이산화탄소 분리기(170)의 애노드 배기 유입구 내로 제공된다. 이산화탄소는, 이산화탄소 분리기(170)에서 애노드 배기로부터 분리된다. 분리된 이산화탄소는, 시스템(10) 외부에서 저장 또는 산업적 사용(예를 들어, 화학 또는 산업 공정)을 위해 도관(309)을 통해 이산화탄소 분리기(170)로부터 제거된다. 이산화탄소의 전부 또는 일부가 제거된 정제된 애노드 배기는, 이산화탄소 분리기(170)로부터 정제된 애노드 배기 도관(308F)으로 제공된다.

[0061] 일실시예에서, 정제된 애노드 배기 도관(308F)은 도관(308F, 308G, 544)의 교차점에서 T자형 도관(예를 들어, 파이프) 연결될 수 있는, 제2 스플리터(610)에서 종결된다. 정제된 애노드 배기의 제1 부분은, 정제된 애노드 배기 도관(308F)으로부터 제2 스플리터(610)를 통해 혼합기 도관(308G)으로 제공된다. 정제된 애노드 배기는, 도 1a 및 1b와 관련하여 앞서 설명된 바와 같이, 혼합기 도관(308G)에서 혼합기(210)로 제공되며, 여기서 연료 유입 스트림과 혼합된다.

[0062] 정제된 애노드 배기의 제2 부분은, 정제된 애노드 배기 도관(308F)으로부터 제2 스플리터(610)를 통해 도관(544)으로 제공된다. 도관(544)에 위치한 밸브(546)는, 도관(544)을 통해 인젝터(540)의 환상형 도관(522)으로 유입되는 정제된 애노드 배기의 양을 제어한다. 정제된 애노드 배기는 도관(544)에서 인젝터(540)로 제공된다. 애노드 배기는 이후, 인젝터(540)로부터 인젝터(540)의 환상형 도관(522)에 있는 개구(514)를 통해 그리고 와류 생성기(550)를 통해 AT0(130)로 제공된다.

[0063] 따라서, 도 5 내지 도 8b의 실시예에서, 연료 전지 시스템(10)은: 연료 전지 스택(102), 연료 전지 스택(102)으로부터의 애노드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 복열식 열 교환기(110), 애노드 복열기(110)로부터의 애노드 배기물을 수용하도록 구성된 애노드 배기 도관(308B), 연료 전지 스택으로부터의 캐소드 배기를 수용하도록 구성된 캐소드 배기 도관(304A), 애노드 복열기(110)를 둘러싸고 캐소드 배기 도관(304A)으로부터 캐소드 배기를 수용하도록 구성된 애노드 테일 가스 산화기(AT0)(130), 및 AT0(130)와 애노드 배기 도관(308B) 사이에 위치한 인젝터(500)를 포함한다. AT0 인젝터(500)는, 캐소드 배기 도관으로부터 제공된 캐소드 배기를 와류시키도록 구성된 와류 생성기(550)의 베인(552), 및 애노드 배기 도관(308B)과 AT0(130) 사이에 배치된 아치형 몸체(512 또는 522)를 포함하고, 이를 통해 적어도 애노드 배기의 일부는, 애노드 배기 도관으로부터 흐르도록 구성되고, 상기 아치형 몸체는, AT0(130)로 흐르는 와류된 캐소드 배기 내로 애노드 배기의 적어도 일부를 주입하도록 구성된 주입 개구(514)를 포함한다.

[0064] 도 5에 도시된 일실시예에서, 아치형 몸체(512)는, 아치형 몸체의 외부 표면을 따라 취해진 약 130° 내지 약 180°의 호 측정치를 갖는다. 도 6 내지 8b에 도시된 다른 실시예에서, 아치형 몸체(522)는, 환상형 도관의 외부 표면을 따라 취해진 360°의 호 측정치를 갖는 환상형 도관을 포함한다.

[0065] 도 6 및 7에 도시된 실시예에서, 환상형 도관(522)은 애노드 배기 도관(308B)으로부터의 애노드 배기의 제1 부분을 환상형 도관으로 지향시키도록 구성된 내부 개구(524)를 더 포함한다. 일실시예에서, 내부 개구(524)는 주입 개구(514)보다 더 크다.

[0066] 도 8a 및 8b에 도시된 실시예에서, 시스템(10)은 또한, 애노드 배기 도관(308B)으로부터의 애노드 배기를 환상형 도관(522)의 내부로 제공하도록 구성된 공급 튜브(544), 및 공급 튜브(544)를 통한 애노드 배기 흐름을 제어하도록 구성된 밸브(546)를 포함한다. 밸브(546)는: 애노드 복열식 열 교환기(110), 애노드 배기 도관(308B), AT0(130), 및 AT0 인젝터(500)를 포함하는 고온 박스(100) 외부에 배치될 수 있다.

[0067] 도 8b의 실시예에서, 이산화탄소 분리기(170)는, 애노드 배기 도관(308B, 308C, 308F) 및 공급 튜브(544)에 유체 연결되어, 이산화탄소 분리기(170)가 애노드 배기로부터 이산화탄소를 분리하도록 구성된다. 일실시예에서, 이산화탄소 분리기(170)는 전기화학적 이산화탄소 분리를 포함한다.

[0068] 일실시예에서, 도 1b 및 8b의 시스템(10)은 또한, 애노드 배기 도관의 애노드 배기를 사용하여 공기 송풍기(208)로부터의 공기 유입 스트림을 가열하도록 구성된 애노드 배기 냉각기 열 교환기(140), 및 애노드 배기의 일부를 연료 도관(300C)에서 애노드 복열식 열 교환기(110)로 흐르는 연료 유입 스트림과 혼합하도록 구성된 혼합기(210)를 포함한다.

[0069] 일실시예에서, 애노드 배기 도관(308B, 308C, 308E)은, 인젝터(540)의 환상형 도관(522)을 우회하고, 이에 직접

유체 연결되지 않는다. 환상형 도관(522)의 내부 표면은, 애노드 배기 도관(308B, 308C, 308E)에 노출된 어떠한 개구부도 갖지 않는다. 이산화탄소 분리기(170)는, 애노드 배기의 경로에서, 애노드 배기 냉각기 열 교환기(140)와 혼합기(210) 사이에 위치한다. 애노드 배기 도관(예를 들어, 도관(308B, 308C, 308E)의 부분(308E))은 애노드 배기 냉각기 열 교환기(140)의 방출구를 이산화탄소 분리기(170)의 유입구에 연결한다.

[0070] 일실시예에서, 도 1b 및 8b의 시스템은 또한, 이산화탄소 분리기(170)의 제1 방출구에 연결된 정제된 애노드 배기 도관(308F) 및 이산화탄소 분리기(170)의 제2 방출구에 연결된 이산화탄소 방출 도관(309)을 포함한다. 스플리터(즉, 제2 스플리터)(610)는, 이산화탄소 방출 도관(308F)에 유체 연결된다. 혼합기 도관(308G)은 스플리터(610)를 혼합기(210)에 유체 연결하는 반면, 도관(즉, 공급 튜브)(544)은 스플리터(610)를 환상형 도관(522)에 유체 연결한다.

[0071] 도 9a는, 본 개시내용의 다른 대안적인 실시예에 따른, 스플리터(510) 대신에 도 5의 ATO 인젝터(500)에 포함될 수 있는 대안적인 스플리터(560)를 포함하는 중앙 칼럼(400C)의 부분 사시도이다. 도 9b는, 도 9a의 ATO 인젝터(500)의 외측면을 나타내는 사진이다. 도 9a 및 9b를 참조하면, ATO 인젝터(500)는 상부 예지가 지지 원통(854)에 부착(예를 들어, 용접)되고 하부 예지가 내부 원통(130C)(도 8a에 도시됨)에 부착(예를 들어, 용접)된 중공 원통형 몸체(562)를 포함하는 는 스플리터(560)를 포함하거나, 내부 원통(130C)의 상부 부분을 포함할 수 있다.

[0072] 일부 실시예에서, 원통형 몸체(562)는 금속 튜브로부터 절단될 수 있거나, 평평한 금속 시트를 중공 원통형 형상으로 굽힘 및 용접함으로써 형성될 수 있다. 예를 들어, 원통형 몸체(562)는 수직으로 연장될 수 있고, 수평 방향으로 단일 곡률 반경을 가질 수 있다. 다시 말해서, 원통형 몸체(562)는, 일관된 수평 단면 및/또는 원주를 가질 수 있고, 내부 원통(130C)를 지나 내부 원통(130A)를 향해 연장되는 볼록한 아치형 몸체를 갖지 않을 수 있다.

[0073] 스플리터(560)는, (이전 실시예의 슬릿 대신에) 원통형 몸체(562)를 통해 연장되는 주입 튜브(564)를 포함한다. 주입 튜브(564)는, 원통형 몸체(562) 내부로부터의 애노드 배기를, ATO(130) 내로 원통형 몸체(562) 외부에서 유동하는 캐소드 배기에 주입하도록 구성될 수 있다. 특히, 주입 튜브(564)는, 원통형 몸체(562)의 외부 표면으로부터, 약 0.5 cm 내지 약 3 cm, 가령 약 1 cm 내지 약 2.5 cm, 또는 약 1.25 cm 내지 약 2.25 cm 범위의 거리만큼 연장될 수 있다. 따라서, 주입 튜브(564)는, 애노드 배기를, 원통형 몸체(562)와 외부 원통(130A) 사이에 형성된 환형 공간에 주입하도록 구성될 수 있다.

[0074] 도 9a 및 도 9b는, 축(즉, 원통형 몸체(562)의 중심 수직 축)에 수직인 주입 튜브를 도시한다. 대안적인 실시예에서, 주입 튜브는, 캐소드 배기 흐름 방향(예를 들어, ATO 방향)으로 하향하여 기울어질 수 있다. 하향 각도는, 원통형 몸체(562)의 축의 수직 방향에 대해, 가령 30도 내지 60도와 같은, 1도 내지 89도 범위일 수 있다. 도 9b는, 선택적 베인(552)의 바닥과 동일한 수평면에 있는 주입 튜브(564)를 도시한다. 대안적인 구성에서, 주입 튜브(564)는, 베인(552)의 바닥 수평면 아래에 위치될 수 있다.

[0075] 도 1d 및 9a에 도시된 일실시예에서, 도관(308C)은 캡(cap; 310)으로 캡핑(capped)될 수 있다. 캡(310)은, 시스템(10)이 수소 연료로 작동될 때 가스가 도관(308C)을 통과하는 것을 차단하는 고체 금속 플레이트를 포함할 수 있다.

[0076] 도 9a 및 9b에 도시된 구성에서, ATO 인젝터(500)는 와류 생성기(550)의 선택적인 베인(552)을 포함한다. 도 9c, 9d 및 9e에 도시된 바와 같이, 베인(552)은 생략될 수 있고, 와류는 원통형 몸체(562)에 대해 주입 튜브(564)를 방사방향으로 각지게 배치함으로써 형성될 수 있다. 도 9c에 도시된 바와 같이, 예컨대, 주입 튜브(564)는, 원통형 몸체(562)로부터 원통형 몸체의 외부 표면에 수직인 가상선 "N"과, 각각의 주입 튜브들(564)의 길이방향축 "A" 사이의 0이 아닌 각도(α)로 연장된다. 각도(α)는 모든 주입 튜브(564)에 대해 동일할 수 있거나, 동일한 ATO 인젝터(500)의 상이한 주입 튜브(564)에 대해 상이할 수 있다. 예컨대, 각도(α)는 가령, 30 내지 60도와 같이 1 내지 75도의 범위에 있을 수 있다. 선택적으로, 주입 튜브(564)는, 도 9c 내지 9e에 도시된 바와 같이 방사상으로 기울어질 수 있고, 이와 동시에 위에서 설명한 대로 아래로 기울어질 수 있다. 다른 선택적인 구성에서, 베인(552)은 도 9c 내지 도 9e의 ATO 인젝터(500)에 포함될 수 있다.

[0077] 도 9c 내지 9e의 ATO 인젝터(500)의 하나의 선택적인 양태에서, 주입 튜브(564)는, 도 9e에 도시되고, 도 9c 및 9d의 하나의 주입 튜브(564)에서 부분적인 절단도에 도시된 바와 같이, 원주에 개구(566)(예를 들어, 원통형 개구 또는 연장된 슬릿)를 포함할 수 있다. 따라서, ATO 인젝터(500)는 샤워헤드형(showerhead type) 인젝터를 포함한다. 개구(566)는, 가령 주입 튜브(564)의 원주의 하반부(예를 들어, 90도 내지 270도에서)와 같은, 주입 튜

브(564)의 원주의 하부에 제공될 수 있다. 예를 들어, 개구(566)는, AT0(130)(예컨대, 원주에서 180도에 해당하는 6시 위치에서)를 직선으로 하향하여 향할 수 있거나, 주입 튜브 원주의 5시 또는 7시의 위치에 맞/또는 그 위치들 사이에 위치할 수 있다.

[0078] 도 9c에 도시된 하나의 선택적 구성에서, 주입 튜브(564)의 단부는 캡(568)으로 캡핑될 수 있다. 이 구성에서, 애노드 배기 흐름은, 원통형 몸체(562)로부터 멀어지는 수평 방향이 아니라 AT0(130) 내로 하향하여 지향된다. 개구(566) 및/또는 캡(568)은 또한, 선택적으로 도 9a 및 9b에 도시된 주입 튜브(564) 상에 선택적으로 형성될 수 있다.

[0079] 다른 대안적인 실시예에서, 전술한 주입 튜브(564) 중 임의의 것은, 원통형 몸체(562)로의 천공을 최소화하기 위해 "프랙탈화(fractalized)"될 수 있어서, 더 적은 주입 튜브(564)가 원통형 몸체(562)를 천공하도록 한다. 이러한 실시예에서, 주입 튜브(964)는, 주입 튜브(964)의 길이방향 축 "A"로부터 멀어지는 방향으로 0이 아닌 각도로 연장되는, 적어도 하나의 브랜치(branch; 964T, 964H, 964C)를 포함한다. 도 9f에 도시된 실시예와 같이, 단일 주입 튜브를 사용하는 대신 두 개의 튜브(964, 964T)가 "T" 형상을 형성한다. 도 9g에 도시된 다른 대안적인 실시예에서, 단일 튜브(964)는 튜브(964H)와 동일한 수평면으로부터 또는 위에서부터 튜브(964H)의 중간 튜브 내로 하향 지향된, "H"자 형상 세트의 튜브(964H)의 중간 튜브에 연결될 수 있다. 튜브(964T 및 964H)의 단부는 캡(968)으로 덮일 수 있고 튜브(964T 및 964H)는 이들의 원주의 바닥 부분에 개구(966)를 포함할 수 있다.

[0080] 도 9h에 도시된 또 다른 대안적인 실시예에서, 더 적은 수의 주입 튜브(964)(예를 들어, 4 내지 6개의 튜브와 같이 2 내지 10개)는, 그 원주의 하부에 위치한 개구(966)(도 9h의 평면도에 도시되지 않음)를 갖는 환상형 튜브(예를 들어, 원통)(964C)에 연결된다. 주입 튜브(964, 964T, 964H, 964C)는 원형 단면 형상을 갖는 것으로(즉, 원통 형상을 갖는 것으로) 도시되지만, 튜브는 타원형 또는 다각형(예를 들어, 직사각형)과 같은 다른 단면 형상을 가질 수 있다.

[0081] 즉, 도 9a 내지 9h의 위의 모든 구성에서, 주입 튜브(564)는 원통형 몸체(562)로부터 방사상 외측으로 연장되어, 이전의 실시예들의 원통형 몸체 내에 직접 형성된 주입 개구 또는 천공과 비교하여, 원통형 몸체(562)의 외부 표면으로부터 애노드 배기를 추가적으로 주입한다. 그 결과, 원통형 몸체(562)의 외부 표면과 접촉하기 전에, 비교적 고온의 애노드 배기가 비교적 저온의 캐소드 배기와 혼합된다. 따라서, 원통형 몸체(562)는 주입 개구가 사용되는 경우보다 더 낮은 온도에서 유지될 수 있다. 따라서, 원통 몸체(562)와, 인접하는 지지 원통(854) 및 내부 원통(130C)은, 시스템 작동 동안 실질적으로 동일한 온도로 유지될 수 있고, 열팽창 변화에 의한 응력이 최소화되거나 방지될 수 있다.

[0082] 추가로, 주입 튜브(564)의 연장은 또한, 와류 생성기(550)의 선택적인 베인(552)에 의해 형성된 와류 내로 애노드 배기가스를 더 깊게 주입한다. 도 9b에 도시된 바와 같이, 베인(552)은, 와류를 발생시키고/시키거나 애노드 및 캐소드 배기의 혼합을 증가시키기 위해, (예를 들어, 중앙 컬럼(400C)의 수직 축에 대하여) 제공된 캐소드 배기의 흐름 방향에 대하여, 약 30° 내지 약 60°, 가령 약 35° 내지 약 55°, 또는 약 40° 내지 약 50° 범위의 각도로 배치될 수 있다.

[0083] 추가로, 도 5-8b에 도시된 만곡된 호 또는 원통과 같은, 2개의 곡률 반경을 포함하는 설계와 비교하여, 원통형 몸체(562)는 단일 곡률 반경만을 포함한다. 그 결과, 스플리터(560)는 제조 비용이 더 저렴할 수 있다. 또한, 원통형 몸체(562)가 AT0(130) 위의 환형 공간으로 돌출되지 않기 때문에, 스플리터(560)에 의해 생성되는 캐소드 배기의 압력 강하가 최소화될 수 있다.

[0084] 도 9a 내지 9h에 도시된 실시예에서, 연료 전지 시스템(10)은: 연료 전지 스택(102), 애노드 테일 가스 산화기(AT0; 130), 연료 전지 스택(102)으로부터의 애노드 배기의 제1 부분을, 연료 전지 스택으로부터의 캐소드 배기와 혼합하고, AT0(130) 내에 애노드 배기의 제1 부분 및 캐소드 배기의 혼합물을 제공하도록 구성된 AT0 인젝터(500), 애노드 배기의 제1 부분을 AT0 인젝터(500)에 제공하도록 구성된 애노드 배기 도관(308B), 및 연료 전지 스택(102)으로부터의 캐소드 배기의 적어도 일부를 AT0 인젝터(500)로 제공하도록 구성된 캐소드 배기 도관(304A)을 포함한다. AT0 인젝터(500)는: 중공 원통형 몸체(hollow cylindrical body; 562), 및 상기 중공 원통형 몸체(562)의 외부 표면으로부터 연장되며, 와류된 캐소드 배기 내에 애노드 배기의 제1 부분을 주입하도록 구성된 주입 튜브(564)를 포함한다.

[0085] 일실시예에서, 시스템(10)은 또한, 애노드 배기와 연료 유입 스트림 사이에서 열을 교환하도록 구성된 애노드 복열식 열 교환기(110), 및 연료 전지로부터의 애노드 배기를 애노드 복열식 열 교환기(110) 내에 제공하도록

구성된 애노드 배기 방출 도관(308A)을 포함하고, 상기 애노드 방출 도관(308B)은, 애노드 복열식 열 교환기(110)로부터의 애노드 배기를 ATO 인젝터(500)에 제공하도록 구성된다.

[0086] 일실시예에서, 베인(552)은, 중공 원통형 몸체(562)의 외부 표면에 배치되고 캐소드 배기를 와류시키도록 구성되며, ATO(130)는 애노드 복열식 열 교환기(110)를 둘러싸고, ATO 인젝터(500)는 ATO(130)의 상류(예를 들어, 하향식 흐름에서 위에)에 그리고, 애노드 복열식 열 교환기(110)의 하류(및 그 위)에 위치하고, 중공 원통형 몸체(562)는 캐소드 배기 도관(304A)의 내부 표면 및 애노드 배기 도관(308B)의 외부 표면을 포함하고, 주입 튜브(564)는 ATO(130)의 상류(예를 들어, 하향식 흐름에서 위에)에 그리고, 베인(552) 및 캐소드 배기 도관(304A)의 하류(예를 들어, 아래)에 위치된다. 일실시예에서, 베인(522)은 캐소드 배기 도관(304A) 내 캐소드 배기의 흐름 방향에 대해, 약 30° 내지 약 60° 범위의 각도를 갖도록 배치된다.

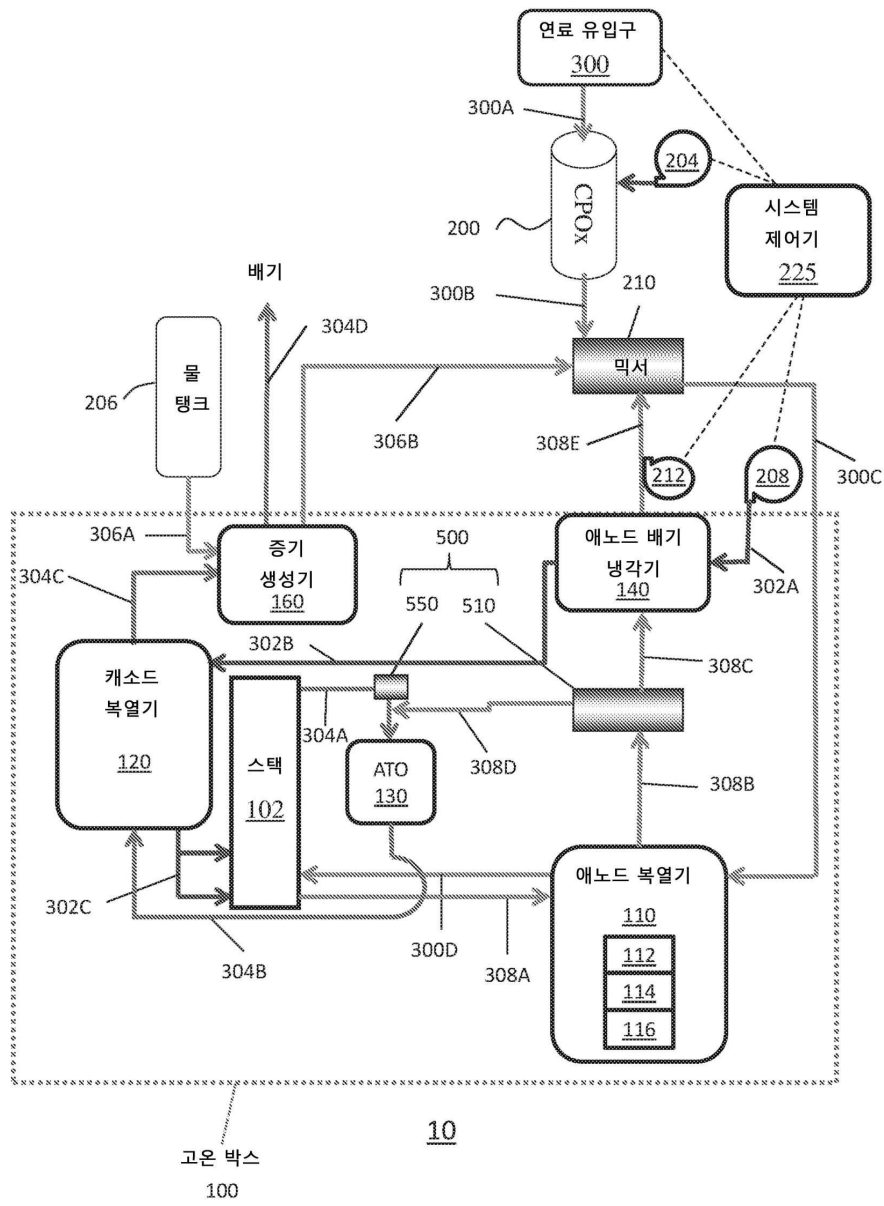
[0087] 일실시예에서, 시스템(10)은 또한, 애노드 배기 도관(308B) 위에 위치한 제1 애노드 배기 재순환 도관(308C), ATO 인젝터(500) 및 애노드 복열식 열 교환기(110), 및 제1 애노드 배기 재순환 도관(308C) 위에 위치하고, 제1 애노드 배기 재순환 도관으로부터 제공된 애노드 배기의 제2 부분을 사용하여 연료 전지 스택(102)에 제공되는 공기 유입 스트림을 가열하도록 구성된 애노드 냉각기 열 교환기(140), 및 연료 유입 스트림 내로 애노드 냉각기 열 교환기(140)로부터의 애노드 배기의 제2 부분을 재순환시키도록 구성된 제2 애노드 배기 재순환 도관(308E)을 포함한다.

[0088] 일실시예에서, 주입 튜브(564)는, 약 0.5 cm 내지 약 3 cm 범위의 거리만큼 중공 원통형 몸체(562)의 외부 표면으로부터 방사방향(radially)으로 연장하고, 주입 튜브(564)는, 애노드 배기를 제1 및 제2 부분들로 분할하도록 구성된 스플리터(510)를 포함한다. 원통형 몸체(562)는, 애노드 배기 도관(308B)과 ATO(130) 사이에서 수직으로 연장되고, 수평 방향으로 단일 곡률 반경을 갖는다. ATO(130)는 캐소드 배기와 애노드 배기의 제1 부분의 혼합물을 산화시키도록 구성된 연료 산화 촉매를 포함한다.

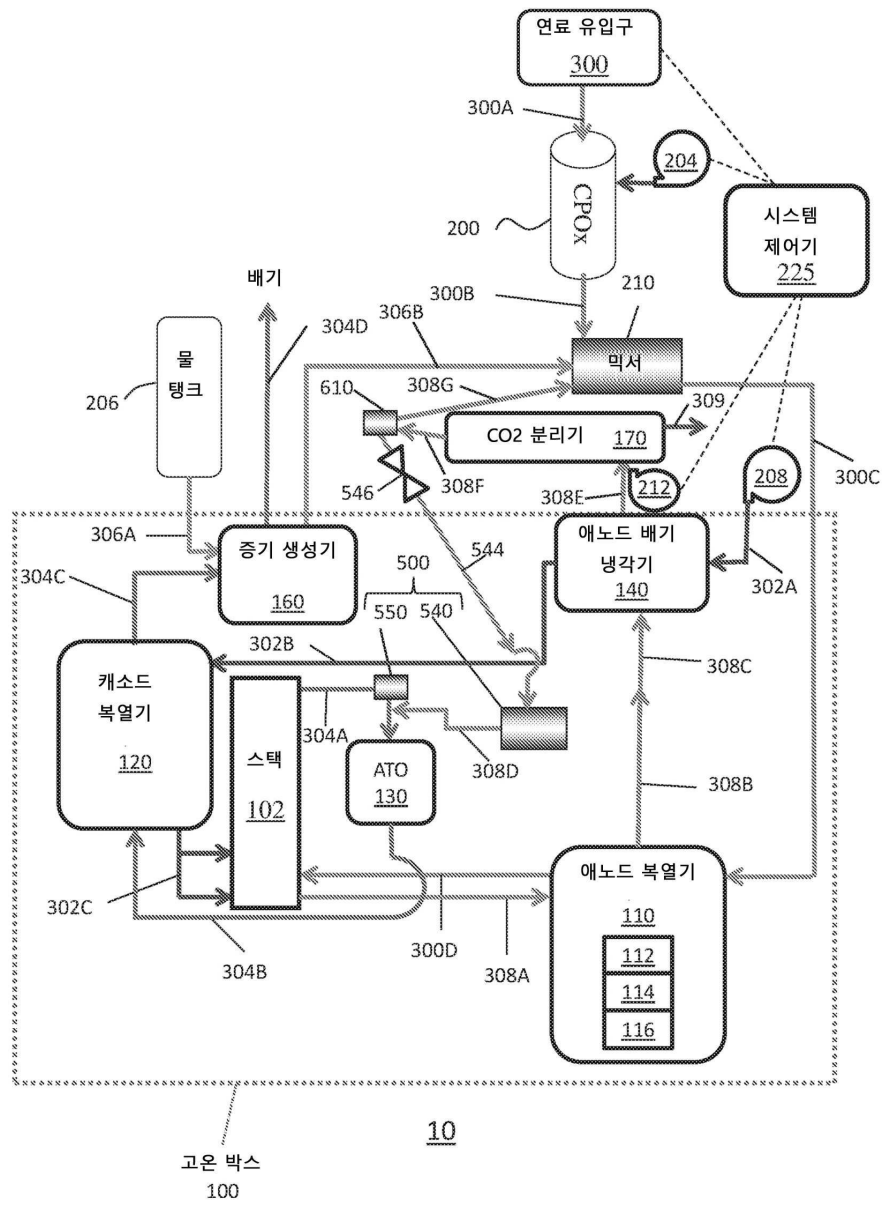
[0089] 개시된 양태들에 대한 기술한 설명은, 당업자가 본 발명을 제조하거나 사용할 수 있도록 제공된다. 이러한 양태들에 대한 다양한 수정은, 당업자에게 용이하게 명백해질 것이며, 본 명세서에 정의된 일반적인 원리는, 본 발명의 범위를 벗어나지 않고 다른 양태들에도 적용될 수 있다. 따라서, 본 발명은, 본 명세서에 도시된 양태들에 제한되지 않음 의도되지 않는 것이며, 본 발명에는, 본 명세서에 개시된 원리 및 신규한 특징과 일치하는 가장 넓은 범위가 부여되어야 할 것이다.

도면

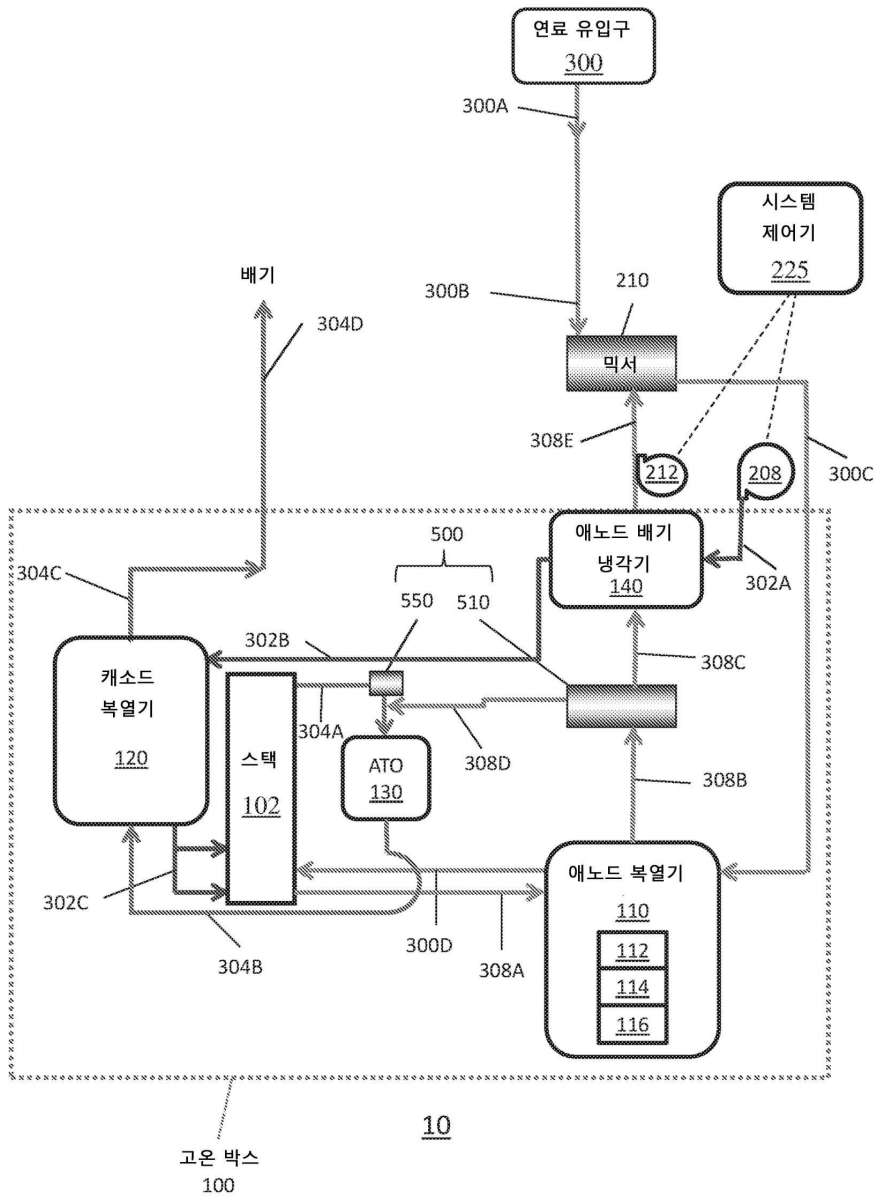
도면1a



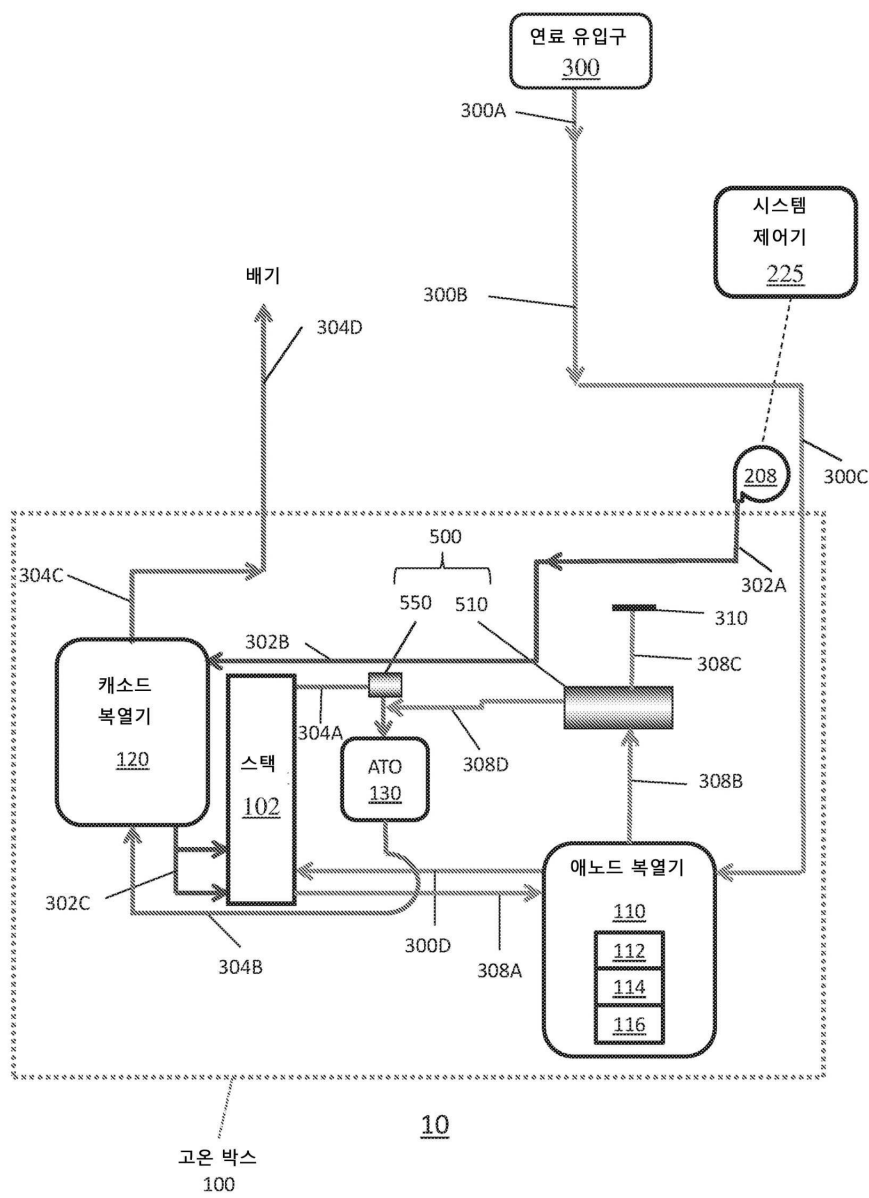
도면1b



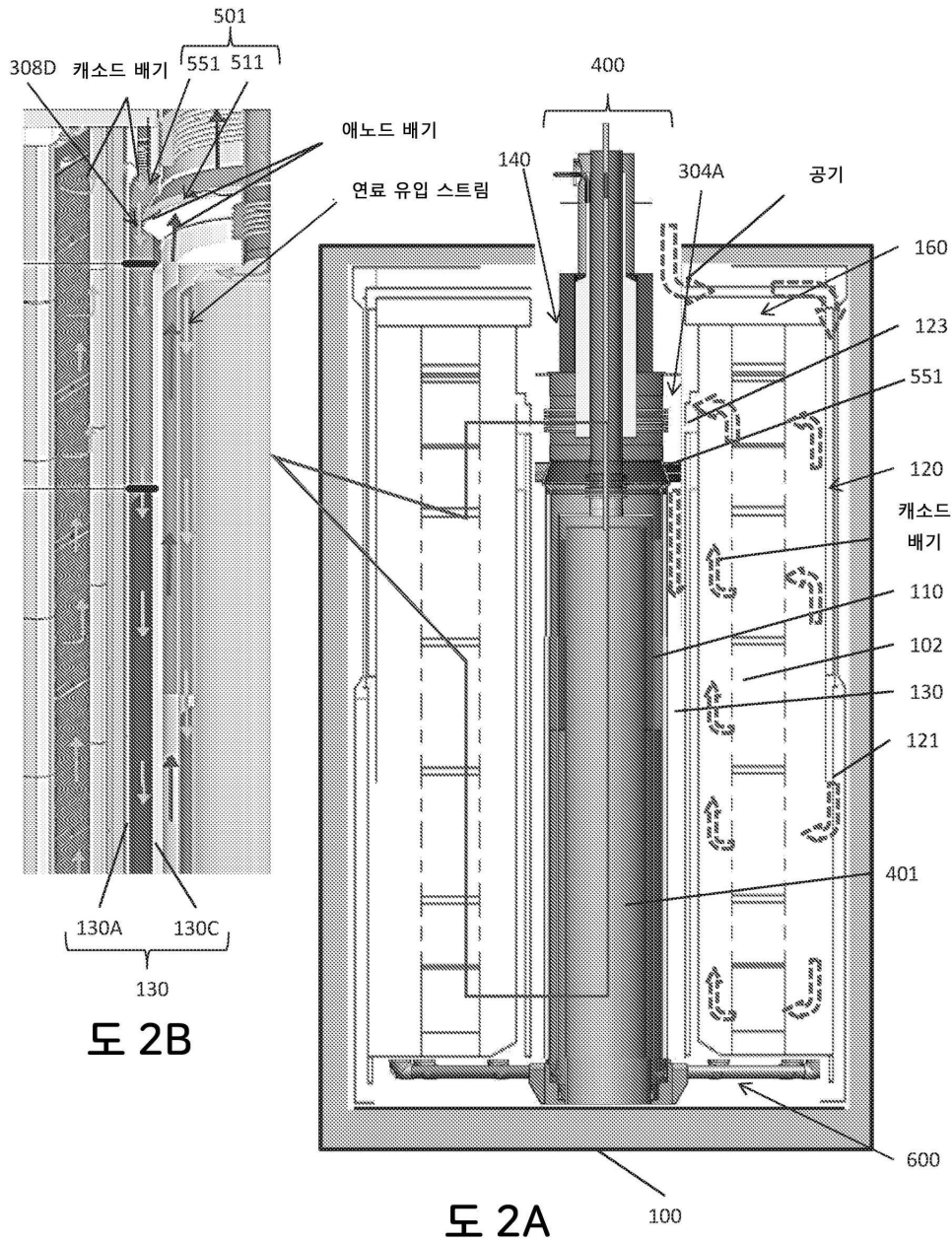
도면1c



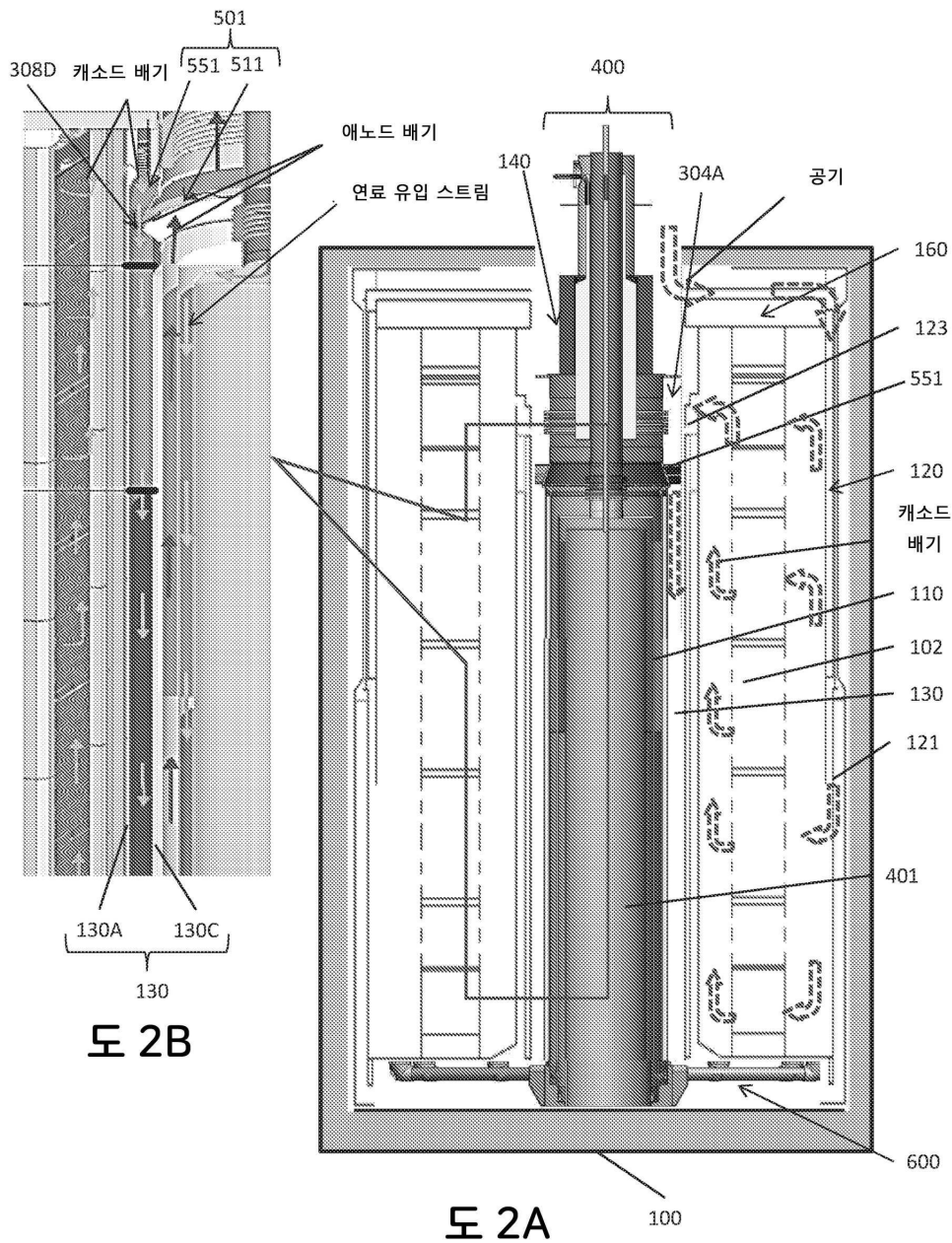
도면1d



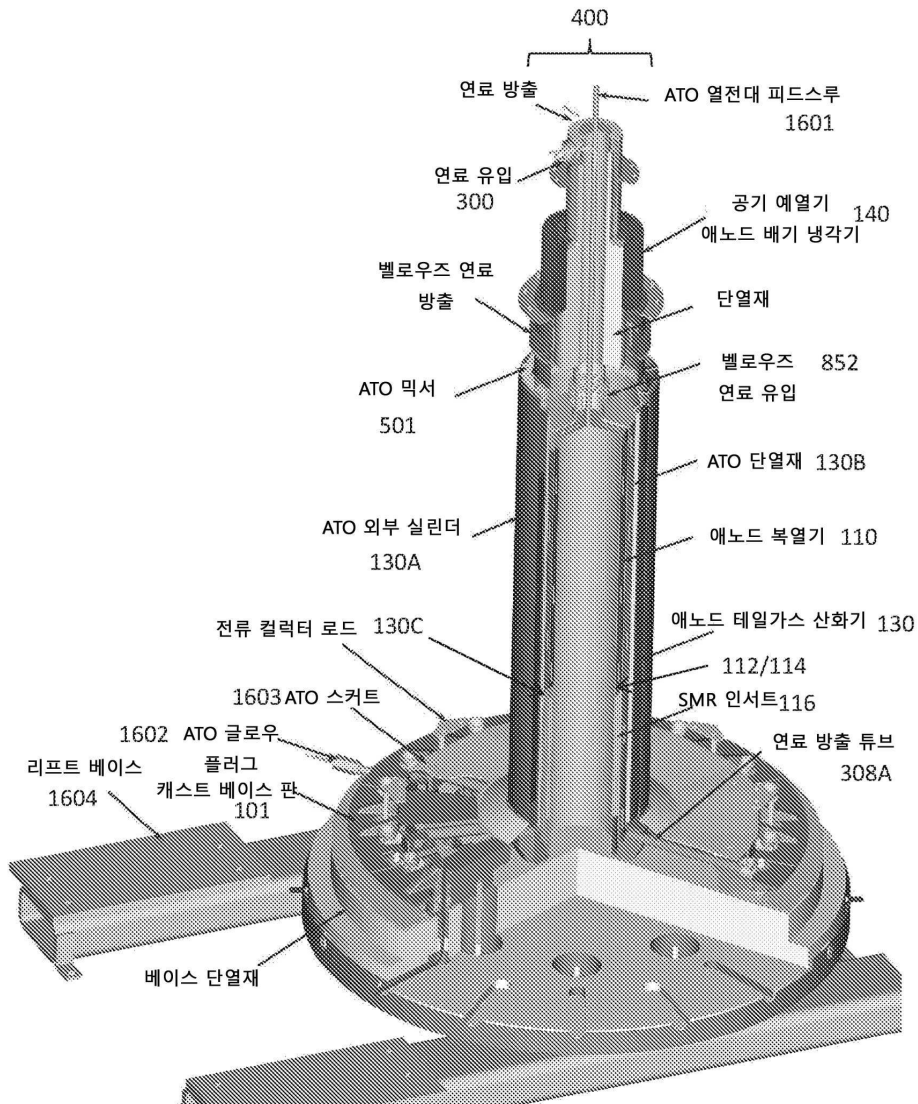
도면2a



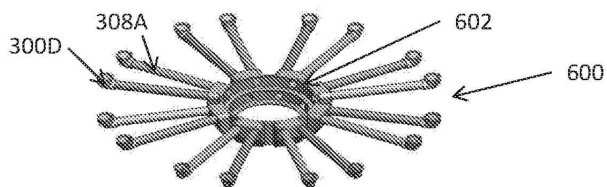
도면 2b



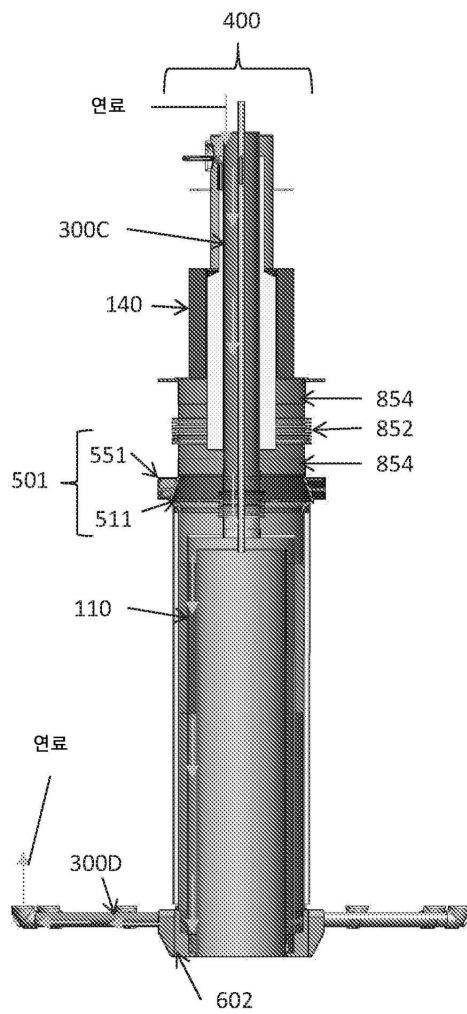
도면2c



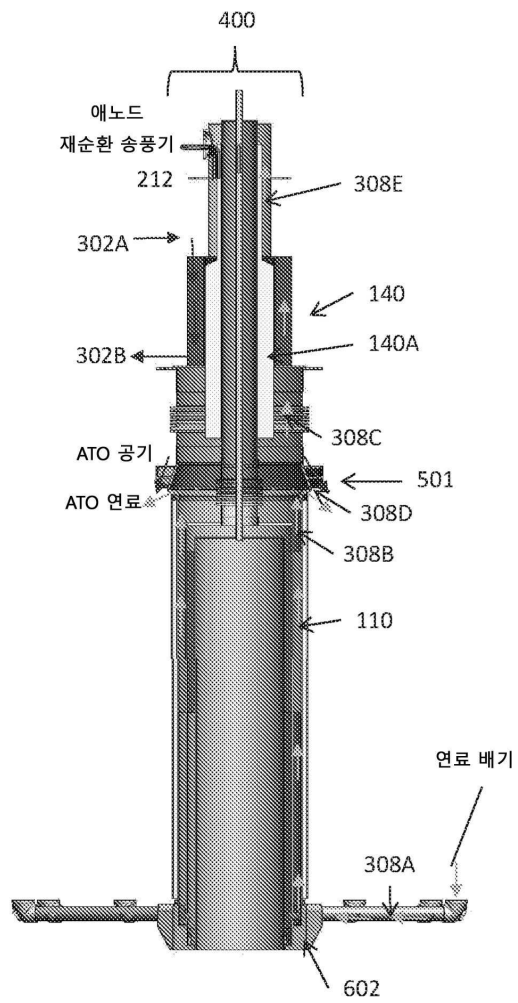
도면2d



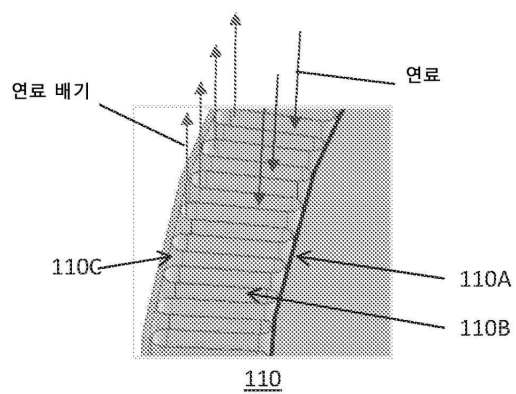
도면3a



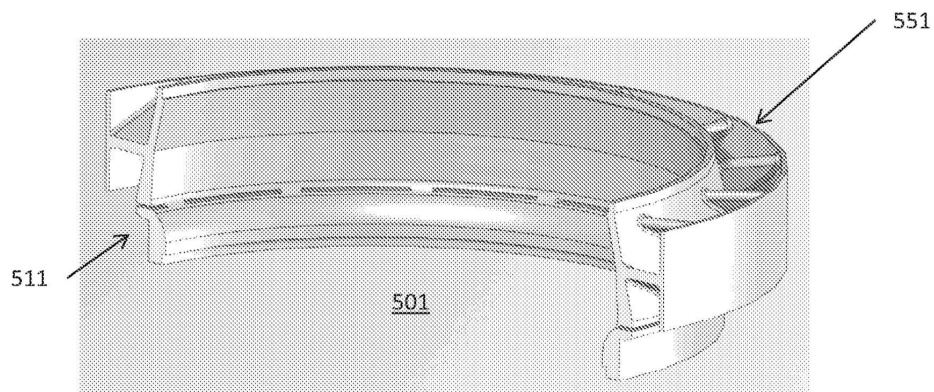
도면3b



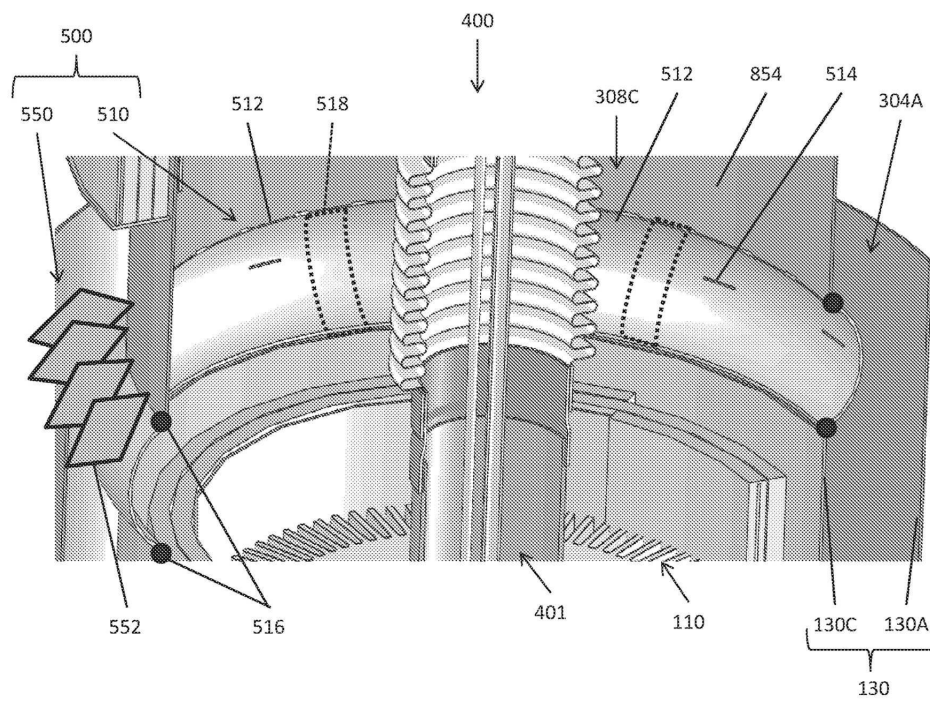
도면3c



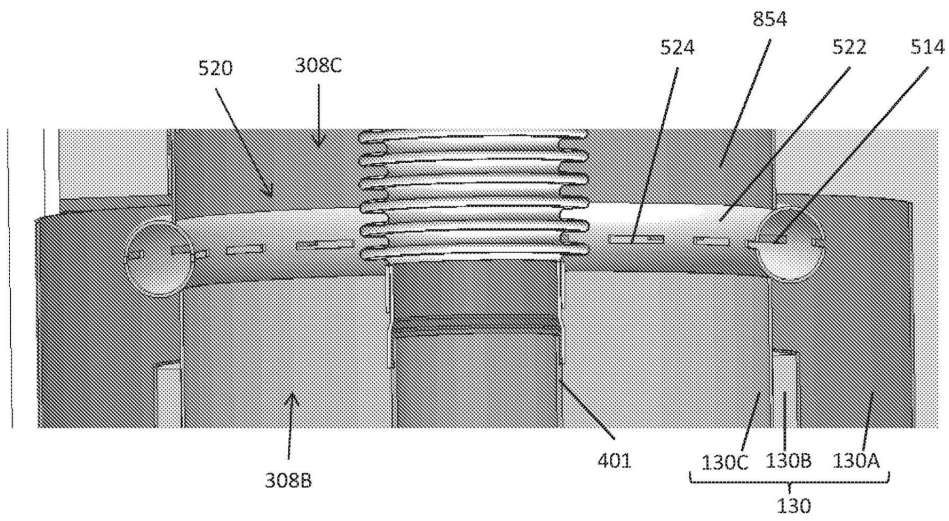
도면4



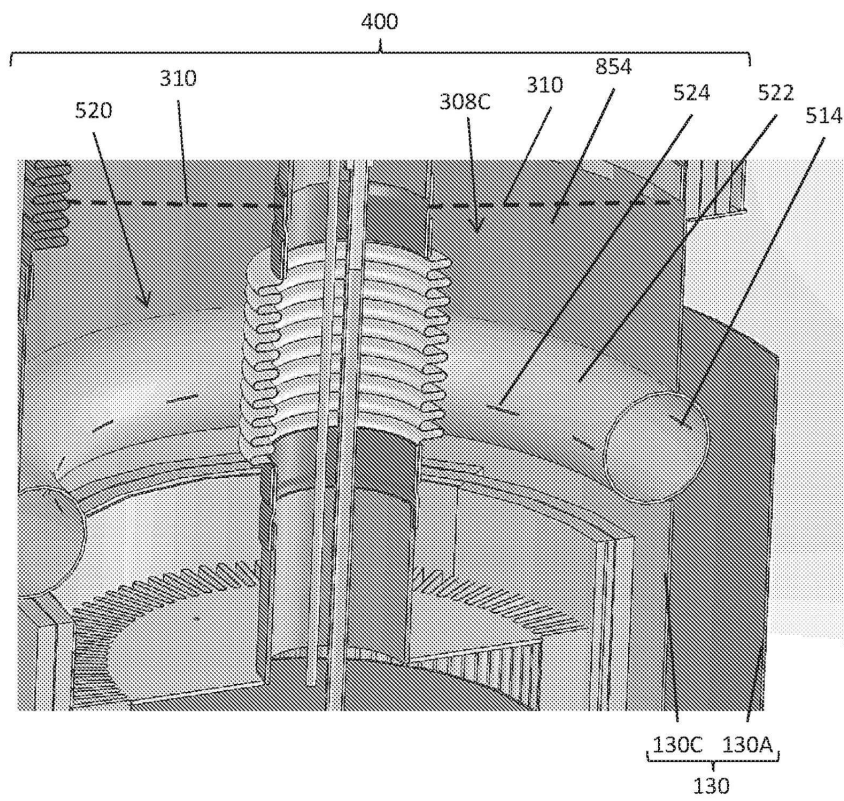
도면5



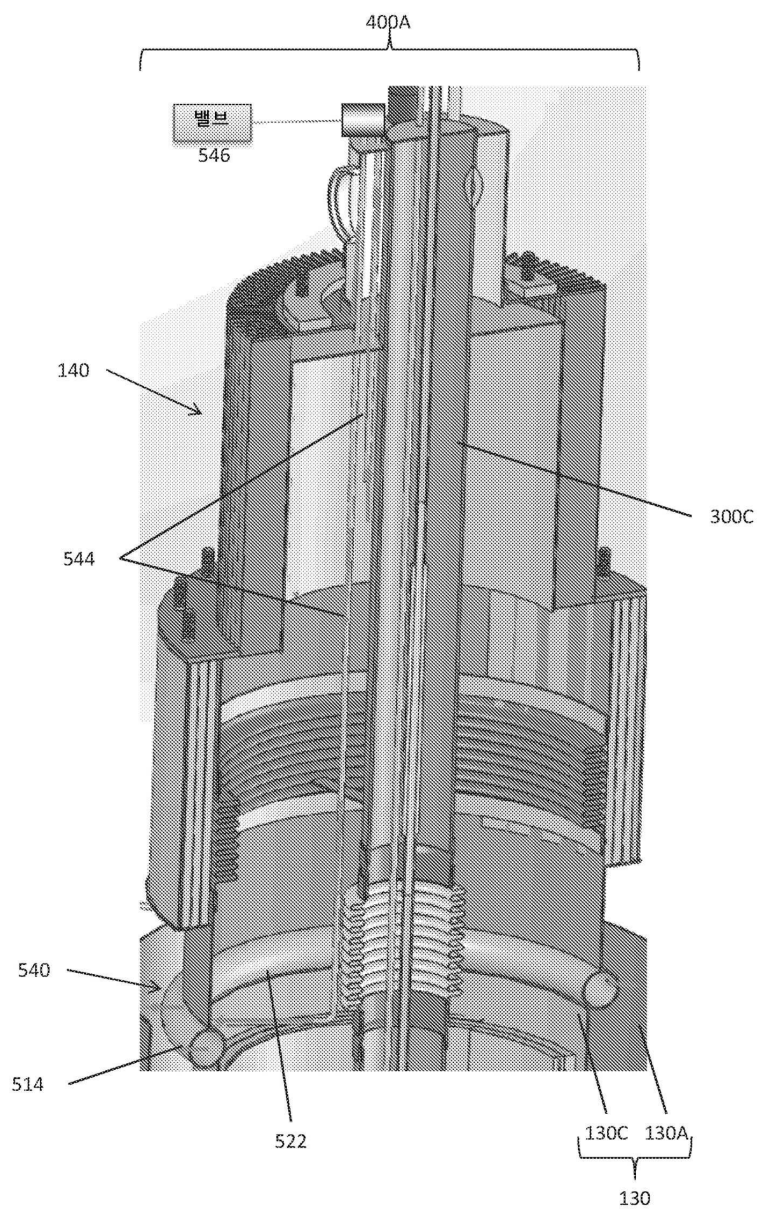
도면6



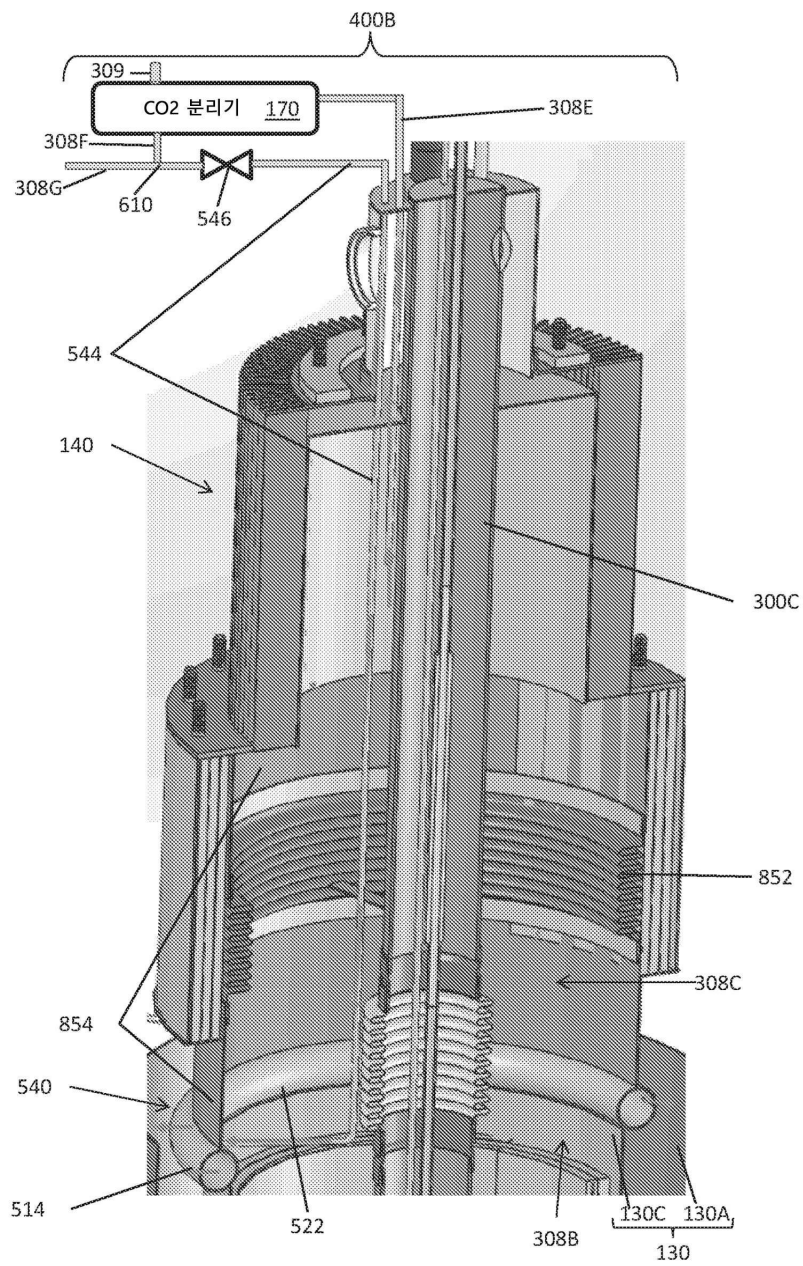
도면7



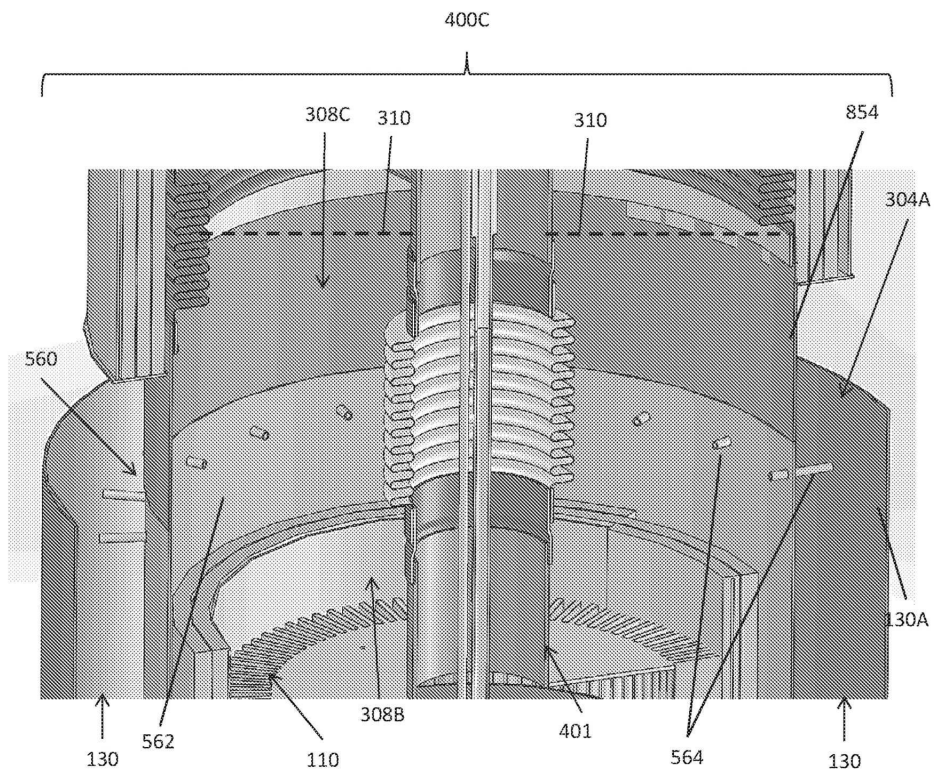
도면 8a



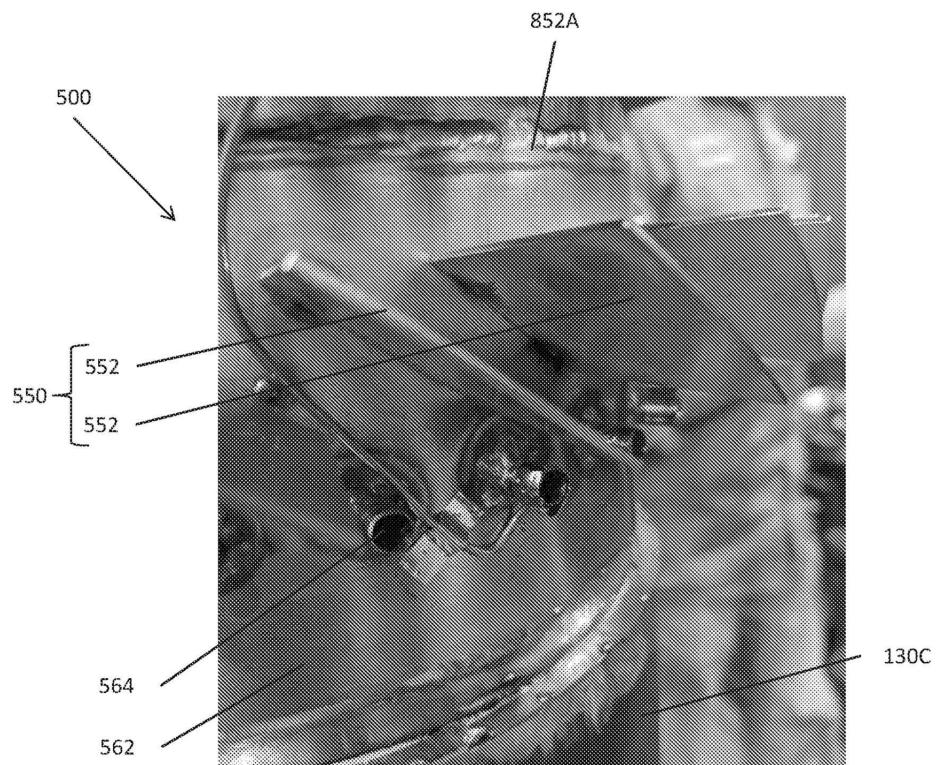
도면 8b



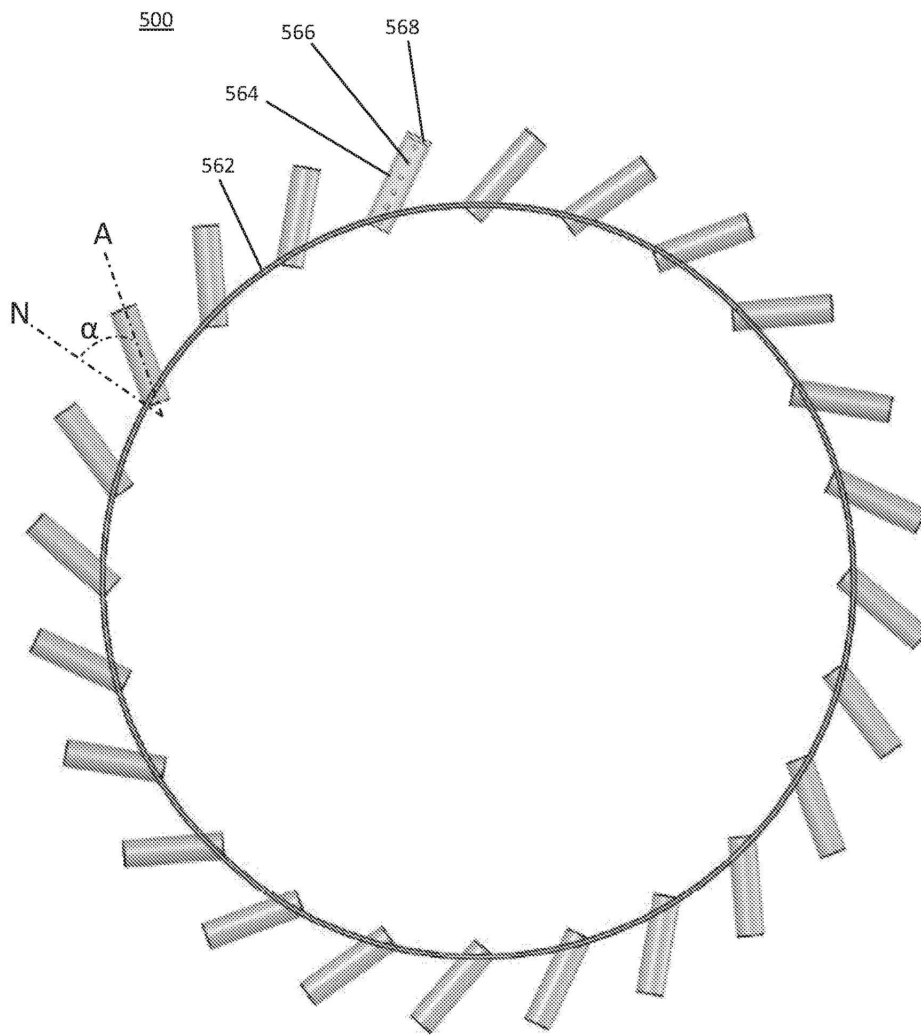
도면9a



도면9b

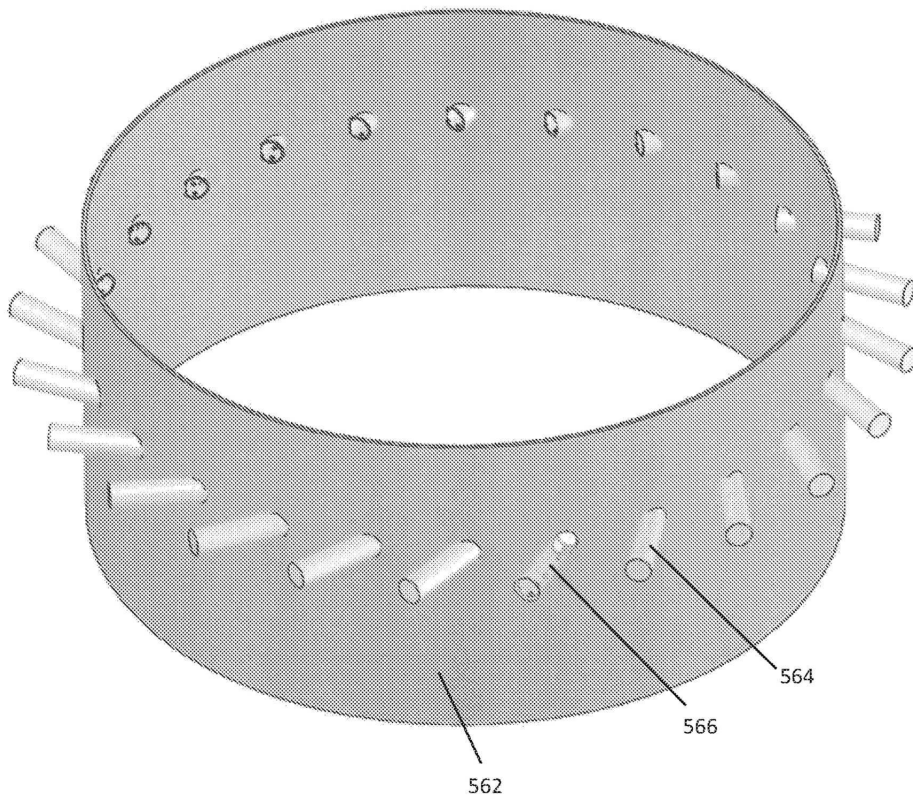


도면9c

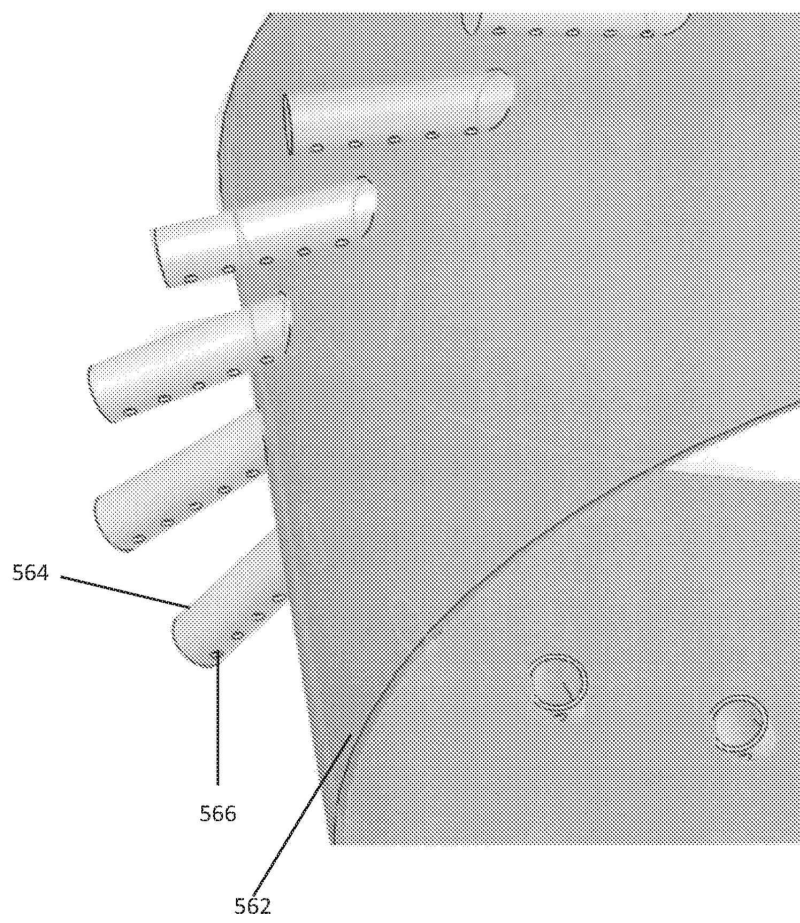


도면9d

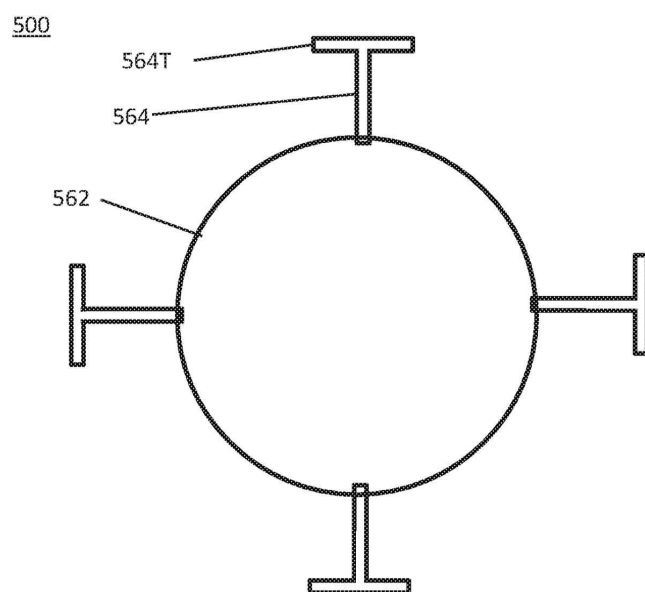
500



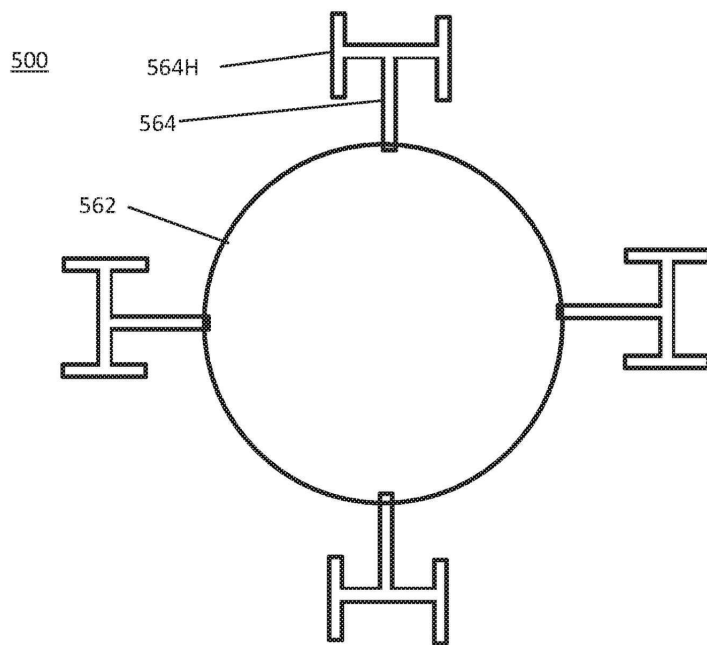
도면9e



도면9f



도면9g



도면9h

