



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0111253
(43) 공개일자 2022년08월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01B 3/24 (2006.01) *B01J 23/755* (2006.01)
B01J 35/12 (2006.01) *C01B 3/26* (2006.01)

(52) CPC특허분류
C01B 3/24 (2013.01)
B01J 23/755 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2022-7015434

(22) 출원일자(국제) 2020년12월04일
 심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2022년05월06일

(86) 국제출원번호 PCT/US2020/063406

(87) 국제공개번호 WO 2021/113708
 국제공개일자 2021년06월10일

(30) 우선권주장
 62/944,819 2019년12월06일 미국(US)

(71) 출원인
씨제로 인크.
미국, 캘리포니아주 93111, 스위트 에이 콜레타,
워드 드라이브 600

(72) 발명자
사디, 파들
미국, 캘리포니아주 93111, 스위트 에이 콜레타,
워드 드라이브 600, 씨/오 씨제로 인크.

샤너, 사무엘
미국, 캘리포니아주 93111, 스위트 에이 콜레타,
워드 드라이브 600, 씨/오 씨제로 인크.

(74) 대리인
허용록

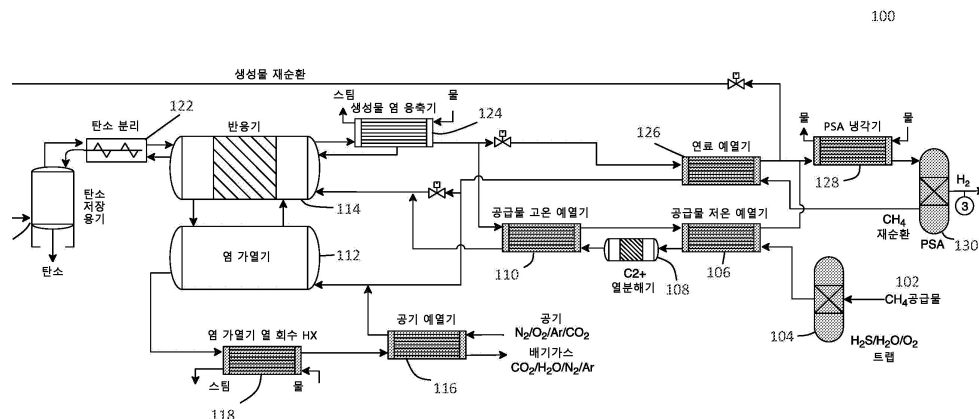
전체 청구항 수 : 총 36 항

(54) 발명의 명칭 용융 염 반응기 개선

(57) 요약

공급물을 용융물 반응기에 대해 예열하는 방법은 가열된 탄화수소 공급물 스트림을 생성하기 위해 냉각된 생성물 가스를 사용하여 제1 열 교환기에서 탄화수소 공급물을 가열하는 단계, 열분해된 탄화수소 스트림을 생성하기 위해 열분해 반응기에서 가열된 공급물 스트림 내의 C_{2+} 탄화수소의 적어도 일 부분을 열분해하는 단계, 및 예열된 공급물 가스를 생성하기 위해 생성물 가스를 사용하여 제2 열 교환기에서 열분해된 탄화수소 스트림을 가열하는 단계를 포함한다. 가열된 탄화수소 공급물 스트림은 메탄 및 하나 이상의 C_{2+} 탄화수소를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류

B01J 35/12 (2013.01)

C01B 3/26 (2013.01)

C01B 2203/0266 (2013.01)

C01B 2203/0277 (2013.01)

C01B 2203/0833 (2013.01)

C01B 2203/1241 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

용융 반응기 용기;
상기 용융 반응기 용기 내에 배치되는 용융물; 및
상기 용융물과 접촉하는 상기 용융 반응기 용기 내에 배치되는 간접 열 교환기
를 포함하는, 용융 반응기 가열기.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 용융물은 용융 염을 포함하는, 용융 반응기 가열기.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 간접 열 교환기는:
열 교환 유체를 수용하고 열을 상기 용융물에 제공하도록 구성되는 도관을 포함하는, 용융 반응기 가열기.

청구항 4

제3항에 있어서,
상기 도관은 SiC, SiC/SiC 복합체, 알루미늄이나 형성 합금, 또는 층상 금속 복합체, 또는 그 조합으로 형성되는,
용융 반응기 가열기.

청구항 5

제3항에 있어서,
상기 도관은 1000℃까지 동작하도록 구성되는, 용융 반응기 가열기.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 간접 열 교환기는 상기 용융물에 침지되는 전기 가열 요소를 포함하는, 용융 반응기 가열기.

청구항 7

반응기 용기;
상기 반응기 용기의 하부 부분에 배치되는 가스 분배기;
상기 반응기 용기의 상부 부분에 배치되는 오거(auger); 및
상기 반응기 용기의 상부 부분의 유출구
를 포함하며,
상기 오거는 상기 유출구를 통과하고 상기 유출구를 통해 상기 반응기 용기의 상기 상부 부분으로부터 탄소를
통과시키도록 구성되는, 용융물 반응기.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 반응기 용기는 수평 실린더를 포함하는, 용융물 반응기.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 반응기 용기 내에 배치되는 용융 염을 더 포함하며,

헤드스페이스(headspace)는 상기 반응기 용기 내의 상기 용융 염 위에 형성되는, 용융물 반응기.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 오거는 상기 용융 염 위의 상기 헤드스페이스에 배치되는, 용융물 반응기.

청구항 11

제7항에 있어서,

재순환 가스 유입구 라인; 및

상기 반응기 내의 재순환 가스 유출구

를 더 포함하며,

상기 재순환 가스 유입구 라인은 상기 유출구와 유체 연통하고 상기 유출구를 통해 상기 반응기 용기 안으로 재순환 가스를 통과시키도록 구성되고,

상기 재순환 가스 유출구는 상기 반응기 용기로부터 상기 재순환 가스를 제거하도록 구성되는, 용융물 반응기.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 반응기 용기 내에 배치되는 충전층(packed bed)을 더 포함하는, 용융물 반응기.

청구항 13

제7항에 있어서,

상기 반응기 용기는 세라믹 라이닝을 포함하는, 용융물 반응기.

청구항 14

제7항에 있어서,

상기 반응기 용기의 상기 상부 부분 내에 배치되는 플랜지를 더 포함하며,

상기 오거는 상기 플랜지 상에 장착되는, 용융물 반응기.

청구항 15

용융물 반응기를 동작시키는 방법에 있어서, 상기 방법은:

반응기 용기에서 탄화수소 가스와 용융물을 접촉시키는 단계;

상기 반응기 용기에서 수소 및 고체 탄소를 생성하는 단계;

상기 고체 탄소를 상기 용융물의 상단으로부터 상기 반응기 용기의 상부 부분에 배치되는 오거를 사용하여 상기 반응기 용기의 유출구를 향하여 운반하는 단계; 및

상기 고체 탄소를 상기 반응기 용기로부터 상기 반응기 용기의 유출구를 통해 제거하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 용융물은 용융 염을 포함하는, 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 탄화수소 가스를 상기 반응기 용기의 하부 부분에 배치되는 분배기를 통해 상기 반응기 용기로 도입하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 반응기 용기는 수평 실린더를 포함하는, 방법.

청구항 19

제15항에 있어서,

상기 용융 염은 상기 반응기 용기 내에 배치되고,

헤드스페이스는 상기 반응기 용기 내의 상기 용융 염 위에 형성되고,

상기 고체 탄소는 상기 반응기 용기 내의 상기 헤드스페이스에 부유하는, 방법.

청구항 20

제15항에 있어서,

상기 오거는 상기 고체 탄소를 상기 헤드스페이스로부터 상기 유출구로 운반하는, 방법.

청구항 21

제15항에 있어서,

냉각된 생성물 가스를 상기 반응기 용기로 도입하는 단계;

상기 냉각된 생성물 가스를 상기 반응기 용기를 통해 통과시키는 단계; 및

상기 냉각된 생성물 가스를 사용하여 상기 반응기 용기의 온도를 제어하는 단계

를 더 포함하는, 방법.

청구항 22

제15항에 있어서,

상기 반응기 용기는 상기 반응기 용기의 상기 상부 부분 내에 배치되는 플랜지를 포함하며,

상기 오거는 상기 플랜지 상에 장착되는, 방법.

청구항 23

공급물을 용융물 반응기에 대해 예열하는 방법에 있어서, 상기 방법은:

가열된 탄화수소 공급물 스트림을 생성하기 위해 냉각된 생성물 가스를 사용하여 제1 열 교환기에서 탄화수소 공급물을 가열하는 단계 - 상기 가열된 탄화수소 공급물 스트림은 메탄 및 하나 이상의 C_{2+} 탄화수소를 포함함 -;

열분해된 탄화수소 스트림을 생성하기 위해 열분해 반응기에서 상기 가열된 공급물 스트림 내의 상기 C_{2+} 탄화수소의 적어도 일 부분을 열분해하는 단계; 및

예열된 공급물 가스를 생성하기 위해 생성물 가스를 사용하여 제2 열 교환기에서 상기 열분해된 탄화수소 스트

림을 가열하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 24

제23항에 있어서,

상기 냉각된 생성물 가스를 생성하기 위해 상기 제2 열 교환기에서 상기 생성물 가스를 냉각하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 25

제23항에 있어서,

상기 가열된 탄화수소 공급물 스트림은 40℃ 내지 850℃ 사이의 온도를 갖는, 방법.

청구항 26

제23항에 있어서,

상기 예열된 공급물 가스 스트림은 700℃ 내지 1100℃ 사이의 온도를 갖는, 방법.

청구항 27

제23항에 있어서,

상기 가열된 공급물 스트림에서 상기 C_{2+} 탄화수소의 상기 부분을 열분해하는 단계에 기초하여 상기 제2 열 교환기에서 상기 가열된 탄화수소 공급물 스트림의 열분해를 방지하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 28

제23항에 있어서,

상기 열분해 반응기는 열분해 촉매를 포함하는, 방법.

청구항 29

제28항에 있어서,

상기 열분해 촉매는 탄소, 니켈 등을 포함하는, 방법.

청구항 30

제23항에 있어서,

상기 제2 열 교환기는 열분해 반응에 대해 비-촉매적으로 구성되는 상기 열분해된 탄화수소 스트림과 접촉하는 물질을 포함하는, 방법.

청구항 31

제23항에 있어서,

상기 제2 열 교환기는 SiC 또는 알루미늄이나 형성 합금을 포함하는 상기 열분해된 탄화수소 스트림과 접촉하는 물질을 포함하는, 방법.

청구항 32

기화된 물질을 응축시키는 방법에 있어서, 상기 방법은:

열 교환기에서 용융 염 반응기로부터의 증기 생성물을 냉각시키는 단계 - 상기 증기 생성물은 기화된 염을 포함함 -;

상기 열 교환기에서 상기 증기 생성물 내의 상기 기화된 염의 적어도 일 부분을 응축시키는 단계; 및

상기 기화된 염의 상기 응축된 부분을 상기 용융 염 반응기로 재순환시키는 단계를 포함하는, 방법

청구항 33

제32항에 있어서,

상기 증기 생성물과의 열 교환에 기초하여 상기 열 교환기에서 물 스트림 내의 물을 기화시키는 단계; 및
상기 물을 기화시키는 단계에 응답하여 상기 열 교환으로부터 스팀을 생성하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 34

제32항에 있어서,

상기 열 교환기에서 냉각된 증기 생성물을 생성하는 단계를 더 포함하며,
상기 냉각된 증기 생성물은 상기 기화된 염의 상기 부분이 제거되게 하는, 방법.

청구항 35

제34항에 있어서,

상기 냉각된 증기 생성물은 700℃ 이하의 온도를 갖는, 방법.

청구항 36

제34항에 있어서,

상기 용융 염 반응기의 상류에서 상기 냉각된 증기 생성물의 일 부분을 재순환시키는 단계; 및
상기 냉각된 증기 생성물의 상기 재순환된 부분을 사용하여 상기 용융 염 반응기 내의 온도를 제한하는 단계를 더 포함하는, 방법.

발명의 설명**기술 분야**

[0001]

관련 출원에 대한 교차 참조

[0002]

본 출원은 2019년 12월 6일자로 출원되고, 발명의 명칭이 "MOLTEN SALT REACTOR IMPROVEMENTS"인 미국 가출원 번호 제62/944,819호에 대한 우선권을 주장하며, 이는 전체적으로 참조에 의해 본원에 통합된다.

[0003]

연방 지원 연구 또는 개발에 관한 진술

[0004]

없음

배경 기술

[0005]

현재, 산업용 수소는 주로 스팀 메탄 개질(steam methane reforming; SMR) 공정을 사용하여 생성되고, 반응기로부터 유출되는 생성물은 원하는 수소 생성물 뿐만 아니라 기상(gaseous) 탄소 산화물(CO/CC) 및 비전환 메탄을 포함하는 다른 기상 종(species)을 함유한다. 수송 또는 저장을 위한 수소의 분리 및 개질장치(reformer)로 다시 재순환을 위한 메탄의 분리는 압력 스윙 흡착(pressure swing adsorption; PSA) 유닛에서 수행되고, 비용이 많이 들고 에너지-집약적인 분리이다. 일반적으로, 탄소 산화물은 환경으로 방출된다. 이러한 분리 공정은 반응 이후에 독립적인 유닛으로서 존재한다. 전반적으로 공정은 상당한 이산화탄소를 생성한다. 천연 가스는 또한 산소와의 연소에 의해 전력을 생성하기 위해 널리 사용되며, 다시 상당한 양의 이산화탄소를 생성한다.

발명의 내용

[0006]

일 양태에서, 용융 반응기 가열기는 용융 반응기 용기, 용융 반응기 용기 내에 배치되는 용융물, 및 용융물과 접촉하는 용융 반응기 용기 내에 배치되는 간접 열 교환기를 포함한다.

[0007]

일 양태에서, 용융물 반응기는 반응기 용기, 반응기 용기의 하부 부분에 배치되는 가스 분배기, 반응기 용기의 상부 부분에 배치되는 오거(auger), 및 반응기 용기의 상부 부분의 유출구(outlet)를 포함한다. 오거는 유출구를 통과하고 유출구를 통해 반응기 용기의 상부 부분으로부터 탄소를 통과시키도록 구성된다.

[0008] 일 양태에서, 용융물 반응기를 동작시키는 방법은 반응기 용기에서 탄화수소 gas와 용융물을 접촉시키는 단계, 반응기 용기에서 수소 및 고체 탄소를 생성하는 단계, 고체 탄소를 용융물의 상단으로부터 반응기 용기의 상부 부분에 배치되는 오거를 사용하여 반응기 용기의 유출구를 향하여 운반하는 단계, 및 반응기 용기의 유출구를 통해 반응기 용기로부터 고체 탄소를 제거하는 단계를 포함한다.

[0009] 일 양태에서, 용융물 반응기로 공급물을 예열하는 방법은 가열된 탄화수소 공급물 스트림을 생성하기 위해 냉각된 생성물 가스를 사용하여 제1 열 교환기에서 탄화수소 공급물을 가열하는 단계, 열분해된 탄화수소 스트림을 생성하기 위해 열분해 반응기에서 가열된 공급물 스트림 내의 C_{2+} 탄화수소의 적어도 일 부분을 열분해하는 단계, 및 예열된 공급물 가스를 생성하기 위해 생성물 가스를 사용하여 제2 열 교환기에서 열분해된 탄화수소 스트림을 가열하는 단계를 포함한다. 가열된 탄화수소 공급물 스트림은 메탄 및 하나 이상의 C_{2+} 탄화수소를 포함한다.

[0010] 일 양태에서, 기화된 물질을 응축시키는 방법은 열 교환기에서 용융 염 반응기로부터 증기 생성물을 냉각시키는 단계 - 증기 생성물은 기화된 염을 포함함 -, 열 교환기에서 증기 생성물 내의 기화된 염의 적어도 일 부분을 응축시키는 단계, 및 기화된 염의 응축된 부분은 용융 염 반응기로 재순환시키는 단계를 포함한다.

[0011] 이들 및 다른 특징들은 첨부 도면 및 청구항과 함께 취해지는 다음의 상세한 설명으로부터 보다 명확하게 이해될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0012] 본 개시 및 그 이점의 보다 완전한 이해를 위해, 참조는 이제 첨부 도면 및 상세 설명과 함께 취해지는 다음의 간략한 설명에 대해 이루어지며, 여기서 유사한 참조 번호는 유사한 부분을 나타낸다.

도 1은 일부 실시예에 따른 용융 염 반응기 시스템의 개략적인 예시이다.

도 2a 내지 도 2b는 일부 실시예에 따른 용융 염 반응기의 개략적인 예시이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 오늘날 천연 가스의 수소 또는 전력으로의 전환은 상당한 양의 이산화탄소를 생성하는 공정을 사용하여 상업적으로 실행된다. 글로벌 커뮤니티가 이산화탄소 배출을 줄이기 위해 노력함에 따라 이산화탄소를 생성하는 것 없이 수소 또는 전력을 생성하기 위해 천연 가스를 이용하는 비용 효율적인 공정을 발견하는 것이 바람직하다. 본 시스템 및 방법은 이산화탄소를 생성하지 않으면서 그 대신 고체 탄소를 생성하는 전력용 수소 및/또는 열 및 시스템으로 천연 가스 또는 다른 화석 탄화수소의 변환을 가능하게 한다.

[0014] 본원에 개시되는 시스템 및 방법은 화학양론적 탄소 산화물을 생성하는 것 없이 수소 또는 다른 화학물질 및/또는 전력의 공동-생성과 함께 천연 가스의 고체 탄소로의 변환을 위한 용융 염 및/또는 금속과 같은 용융물을 함유하는 신규한 고온 촉매 반응기의 제조 및 사용을 교시한다. 다양한 실시예는 연속 공정을 포함하며 그것에 의해 탄소는 천연 가스로부터 생성되고 가스 상 화학적 공동-생성물 및 반응기 및 탄소의 제거를 위한 방법과 함께 용융 매체로부터 분리될 수 있다. 일부 실시예에서, 메탄 또는 다른 경질 탄화수소 가스는 촉매와 함께 용융 염을 함유하는 반응기 시스템으로 공급되고 화학적 생성물로서 탄소 및 분자 수소를 생성하기 위해 반응한다. 반응은 흡열성(endothermic)이고 열은 반응기에 제공된다. 염은 훌륭한 열 전달 매체이고 반응기로서의 열 전달을 용이하게 하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 공정에서, 고체 탄소는 공정에서 고체로서 분리 및 제거될 수 있다.

[0015] 도 1은 탄화수소 공급물 스트림(102)으로부터 수소 및 고체 탄소를 생성하는 시스템(100)을 예시한다. 탄화수소 공급물 스트림은 임의의 적합한 기상(gaseous) 탄화수소를 포함하는 탄화수소를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 공급물 스트림은 천연 가스를 포함할 수 있다. 본원에 사용되는 바와 같이, 천연 가스는 일반적으로 메탄, 에탄, 프로판, 및 부탄을 포함하는 경질 알칸(light alkane)을 포함하고/하거나 주로 이로 구성될 수 있으며, 이는 탄소 및 수소만을 함유하는 분자이다. 일부 실시예에서, 공급물은 때때로 천연 가스 또는 다른 탄화수소 공급원료(예를 들어, 소량의 산소, 질소, 이산화탄소, 황, 물 등)에 존재하는 바와 같은 수소 및 탄소 이외의 원소(element)를 함유하는 다른 성분 및 탄화수소(예를 들어, 소량의 탄화수소)를 포함할 수 있다.

[0016] 도시된 바와 같이, 탄화수소 공급물 스트림(102)은 공급물 스트림에서 다양한 성분을 제거하기 위해 선택적인 흡수 베드(adsorbent bed)(104)를 통과할 수 있다. 예를 들어, 공정의 상류에서 제거될 수 있는 미량의 오염물

질 예컨대 질소, 물, 산소, 이산화탄소, 및 일부 황화물(예를 들어, 파이프라인 가스 내의 부취제(odorant), 메르캅탄 등)이 존재할 수 있다.

[0017] 그 다음, 세정된 공급물 가스는 공급물 가스의 성분의 열분해 온도 미만의 제1 온도로 가스를 예열하기 위해 제1 열 교환기(106)로 통과할 수 있다. 중간 열분해 반응기(108)는 고온 열 교환기(110)에서 탄화 및 플러깅(plugging)을 방지하기 위해 공급물 가스 내의 임의의 C_{2+} 탄화수소 성분(에탄, 에틸렌, 프로판, 프로필렌, 및 고차 탄화수소)을 열분해하도록 일부 실시예에서 사용될 수 있다. 공급물 가스가 예열되면, 그것은 용융 염 반응기(114)로 통과할 수 있다.

[0018] 사용시, 열분해기 반응기(108)는 용융 염 반응기(114)로의 공급물이 C_{2+} 성분을 제거하는 것 없이 달리 가능할 수 있는 더 높은 온도로 가열되는 것을 허용할 시에 유용할 수 있다. 열분해기 반응기(108)는 그것에 의해 가열된 탄화수소 공급물 스트림을 생성하기 위해 냉각된 생성물 가스를 사용하여 제1 열 교환기(106)에서 탄화수소 공급물 스트림(102)을 가열하는 단계를 포함하는 용융 염 반응기로 공급물을 예열하는 방법을 허용한다. 가열된 탄화수소 공급물 스트림은 메탄 및 하나 이상의 C_{2+} 탄화수소를 포함한다. 가열된 공급물 스트림 내의 C_{2+} 탄화수소의 적어도 일 부분은 열분해된 탄화수소 스트림을 생성하기 위해 열분해 반응기(108)에서 열분해될 수 있다. 그 다음, 열분해된 탄화수소 스트림은 예열된 공급물 가스를 생성하기 위해 생성물 가스를 사용하여 제2 열 교환기(110)에서 가열될 수 있다. 제2 열 교환기(110) 내의 열 교환은 용융 염 반응기로부터의 생성물 가스가 냉각되는 것을 야기할 수 있으며 그것에 의해 제1 열 교환기(106)에 열을 공급하기 위해 사용되는 냉각된 생성물 가스를 생성한다. C_{2+} 탄화수소 성분은 탄화수소의 조성 및 촉매로서의 역할을 하는 임의의 물질의 부재 또는 존재에 따라, 500°C와 900°C 사이에서 열분해하기 시작할 수 있는 것으로 예상된다. 가열된 탄화수소 공급물 스트림은 공급물 가스에서 C_{2+} 성분의 열분해 온도 아래로 유지하기 위해 40°C 내지 850°C 사이, 또는 900°C까지의 온도에서 제1 열 교환기를 떠날 수 있다. 예열된 공급물 가스 스트림은 700°C 내지 1100°C 사이의 온도에서 제2 열 교환기(110)를 떠날 수 있으며, 이는 그들이 제2 열 교환기(110)에 도달하기 전에 열분해 유닛에서 공급물 스트림으로부터 제거되지 않으면 임의의 C_{2+} 성분이 열분해되는 것을 야기할 것이다. 따라서, 제2 열 교환기에서 가열된 탄화수소 공급물 스트림의 열분해는 가열된 공급물 스트림에서 C_{2+} 탄화수소의 일부를 열분해하는 것에 기초하여 방지된다.

[0019] 일부 실시예에서, 열분해 반응기(108)는 제1 열 교환기(106)를 떠나는 가열된 탄화수소 공급물 스트림의 온도에서 C_{2+} 성분을 열분해하기 위해 열분해 촉매를 포함할 수 있다. 탄소, 니켈 등등을 포함하는 것을 포함하는 임의의 적합한 열분해 촉매가 사용될 수 있다. 일부 실시예에서, 열분해 유닛은 금속(예를 들어 Ni, Fe, Co, Cu, Pt, Ru 등), 금속 카바이드(예를 들어 MoC, WC, SiC 등), 금속 산화물(예를 들어 MgO, CaO, Al₂O₃, CeO₂ 등), 금속 할로젠화물(예를 들어, MgF₂, CaF₂ 등), 고체 탄소, 및 그 임의의 조합을 포함하는 고체를 포함할 수 있다. 탄화수소 성분의 임의의 하류 열분해를 제한하기 위해, 열분해된 탄화수소 스트림과 접촉하는 제2 열 교환기(110)의 성분(component)은 열분해 반응에 대해 비-촉매적으로 구성되는 물질로부터 이루어질 수 있다. 예를 들어, 열분해된 탄화수소 스트림과 접촉하는 제2 열 교환기(110)의 성분은 SiC 또는 알루미늄이나 형성 합금(예를 들어, Kanthal® APMT 또는 알루미늄화된 Ni 초합금)을 포함한다.

[0020] 반응기(114) 내의 용융물은 별도의 가열기에서 가열될 수 있다. 예를 들어, 용융물이 용융 염을 포함할 때, 용융 염 반응기(114) 내의 용융 염은 염 가열기(112)에서 가열될 수 있다. 염 가열기를 위한 열은 직접 열 교환(예를 들어, 연소 가스와 용융 염을 접촉시킴), 간접 열 교환(예를 들어, 성분이 서로 직접 접촉하지 않는 경우), 및/또는 전기 가열 요소에 의해 가해질 수 있다. 직접 및 간접 열 교환의 경우, 산소의 소스(예를 들어, 공기, 산소 풍부 공기 등)는 탄화수소 스트림 예컨대 메탄 재순환 스트림과 결합되고 염 가열기에서 염을 용융시키기 위한 열을 생성하기 위해 연소될 수 있다. 생성물 가스는 추가적인 열이 연소 가스로부터 추출되는 것을 허용하기 위해 열 교환기(118)로 통과할 수 있다. 예를 들어, 공정 또는 현장(on-site) 전기 생산의 다른 부분에서 사용하기 위한 스팀은 열 교환기(118)로부터 획득될 수 있다. 그 다음, 냉각된 연소 가스는 예열기(116)에서 염 가열기(112)로 통과하는 공기 또는 산소 소스를 예열하기 위해 열 교환될 수 있다.

[0021] 일부 실시예에서, 용융 염 가열기(112)는 용융 염 용기, 용융 염 용기 내에 배치되는 용융 염, 및 용융 염과 접촉하는 용융 염 용기 내에 배치되는 간접 열 교환기와 같은 열 소스를 포함할 수 있다. 간접 열 교환이 사용될 때, 용융 염 가열기는 열 교환 유체를 수용하고 열을 용융 염에 제공하도록 구성되는 도관(conduit)을 포함할 수 있다. 용융 염 가열기 내의 고온으로 인해, 도관은 열을 견딜 수 있는 동시에 또한 염 가열기(112) 내의 압력에 대해 구조적으로 안정적일 수 있는 물질로 형성될 수 있다. 일부 실시예에서, 도관은 SiC, SiC/SiC

복합체, 알루미늄 합금(예를 들어, Kanthal® APMT 또는 알루미늄화된 Ni 초합금), 또는 층상 금속 복합체(예를 들어, Ni-201/Haynes 230), 또는 그 조합으로부터 형성될 수 있다. 일반적으로, 도관은 적어도 1000℃, 적어도 1100℃, 또는 적어도 1200℃까지 동작하도록 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 간접 열 교환기는 용융 염에 침지되는 전기 가열 요소를 포함한다. 전기 가열 요소의 사용은 직접 또는 간접 열 교환기 대신이거나 다른 열 교환 시스템에 대한 추가일 수 있다. 예를 들어, 전기 가열 요소는, 시스템의 주요 동작 동안 사용되지 않는 경우에서, 시동(startup) 동안 유용할 수 있다.

[0022] 그 다음, 염 가열기(112)로부터의 용융 염은 용융 염 반응기(114)로 순환될 수 있으며, 이는 도 2를 참조하여 보다 상세히 설명된다. 용융 염 반응기(114)에서 용융 염과 접촉하는 가스는 수소 및 고체 탄소를 생성할 수 있다. 고체 탄소는 본원에서 보다 상세히 설명되는 바와 같은 오거(auger)와 같은 분리(disengagement) 메커니즘(122)을 사용하여 용융 염 반응기(114)로부터 제거될 수 있다. 그 다음, 탄소는 탄소 저장 용기(120)로 전달될 수 있다. 탄소는 판매 또는 다른 공정으로의 운송을 위해 탄소 저장 용기(120)로부터 제거될 수 있다.

[0023] 일부 양태에서, 반응기(114) 및 가열기(112)는 용융 염 및 금속, 예를 들어, 고체 금속 성분 또는 용융 금속 성분을 포함할 수 있다. 적합한 고체 성분 예컨대 고체 금속, 금속 산화물, 금속 카바이드가 사용될 수 있고, 일부 실시예에서, 고체 탄소는 또한 촉매 성분으로서 반응기(114) 내에 존재할 수 있다. 예를 들어, 고체 성분은 반응기(114) 내에 존재할 수 있고 금속(예를 들어 Ni, Fe, Co, Cu, Pt, Ru 등), 금속 카바이드(예를 들어 MoC, WC, SiC 등), 금속 산화물(예를 들어 MgO, CaO, Al₂O₃, CeO₂ 등), 금속 할로겐화물(예를 들어, MgF₂, CaF₂ 등), 고체 탄소, 및 그 임의의 조합을 포함하는 고체를 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 고체 성분은 반응기 내에 슬러리로 또는 고정 성분으로서 존재하는 입자로서 존재할 수 있다. 입자는 크기의 범위를 가질 수 있고, 일부 실시예에서, 입자는 나노 및/또는 마이크로 스케일 입자로서 존재할 수 있다. 적절한 입자는 마그네슘, 철, 알루미늄, 니켈, 코발트, 구리, 백금, 루테튬, 세륨, 그 조합, 및/또는 그 산화물의 원소를 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 반응기(114)는 용융 금속 예컨대 니켈, 비스무트, 구리, 백금, 인듐, 납, 갈륨, 철, 팔라듐, 주석, 코발트, 텔루륨, 루테튬, 안티몬, 갈륨, 그 산화물, 또는 그 임의의 조합을 포함하는 액체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 탄화수소 열분해에 대한 촉매 활성을 갖는 금속의 조합은 다음을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다: 니켈-비스무트, 구리-비스무트, 백금-비스무트, 니켈-인듐, 구리-인듐, 구리-납, 니켈-갈륨, 구리-갈륨, 철-갈륨, 팔라듐-갈륨, 백금-주석, 코발트-주석, 니켈-텔루륨, 및/또는 구리-텔루륨. 용융 염의 관점에서 본원에 논의되는 동안, 본원에 설명되는 것과 같은 추가적인 물질은 또한 반응기(114) 및/또는 가열기(112)에 존재할 수 있다.

[0024] 일부 실시예에서, 용융 염 가열기(112)는 존재하지 않을 수 있고 오히려, 용융 염 가열기(112)에 대해 설명되는 가열 요소는 단독으로 용융 염 반응기(114) 내에 존재할 수 있다. 예를 들어, 간접 열 교환 요소 및/또는 전기 가열 요소는 용융 염 반응기(114) 내에서 용융 염을 직접 가열하기 위해 용융 염 반응기(114)에 존재할 수 있다. 용융 염 가열기(112)가 존재할 때, 추가적인 가열 요소는 또한 공정으로 입력되는 열을 보충하기 위해 염 반응기(114) 내에 존재하고/하거나 염을 용융시키기 위해 시동 동안 사용될 수 있다.

[0025] 용융 염 반응기를 떠나는 가스는 증기 응축기(124)로 통과할 수 있다. 증기 생성물은 용융 염 반응기 내의 고온으로 인해 기화된 염을 포함할 수 있다. 이러한 염은 염의 손실을 방지할 뿐만 아니라 하류 성분에서 응축 염으로부터의 파울링(fouling) 및 염의 존재로 인한 부식(corrosion)을 방지하기 위해 제거될 필요가 있다. 증기 응축기(124)에서 응축되는 임의의 염은 용융 염 반응기(114)로 다시 재순환될 수 있다.

[0026] 사용시, 기화된 염은 증기 응축기(124)와 같은 열 교환기에서 용융 염 반응기(114)로부터 증기 생성물을 냉각시킴으로써 응축될 수 있다. 증기 생성물은 기화된 염을 포함할 수 있다. 증기 생성물 내의 기화된 염의 적어도 일 부분은 냉각의 결과로서 열 교환기(124)에서 응축될 수 있다. 그 다음, 기화된 염의 응축된 부분은 용융 염 반응기(114)로 재순환될 수 있다. 일반적으로, 물은 열 교환 유체로서 사용될 수 있고, 물 스트림 내의 물은 증기 생성물과의 열 교환에 기초하여 열 교환기(124)에서 기화될 수 있다. 스팀(steam)은 물을 기화시키는 것에 응답하여 열 교환으로부터 생성될 수 있다. 그 다음, 스팀은 시스템 내의 다른 공정에서 사용될 수 있다.

[0027] 증기 응축기(124)는 냉각된 증기 생성물을 생성할 수 있고, 여기서 냉각된 증기 생성물은 기화된 염의 일부가 제거되게 한다. 일반적으로, 냉각된 증기 생성물은 증기 생성물에서 염을 적절하게 응축시키기 위해 800℃ 이하의 온도에 있을 수 있다. 그 다음, 생성물 가스는 상술한 바와 같은 연료 예열기 교환기(126) 및/또는 공급물 예열기(110 및 106)에서 추가로 냉각될 수 있다. 그 다음, 냉각되는 생성물 가스의 일 부분은 용융 염 반응기(114)의 상류의 포인트로 재순환될 수 있다. 예를 들어, 냉각된 생성물 가스는 탄소 저장 용기(120), 탄소 분리 메커니즘(122), 및/또는 용융 염 반응기(114)로 재순환될 수 있다. 재순환 가스의 사용은 탄소 생성물로부터 열

을 추출하고/하거나, 반응기 생성물 가스 스트림에서 염 증기 압력을 감소시키고/시키거나, 반응기 생성물 가스 스트림의 온도를 감소시키는 역할을 할 수 있다.

[0028] 나머지 생성물 가스는 열 교환기(128)로 통과할 수 있으며 여기서 그것은 압력 스윙 흡수(pressure swing absorption; PSA) 유닛(130)으로 통과하기 이전에 (예를 들어, 물 또는 다른 냉각제를 사용하여) 냉각될 수 있다. PSA 유닛은 가열기(112)에서 사용하기 위한 연료 스트림으로서 다시 통과될 수 있는 수소 생성 스트림 및 재순환 스트림을 생성할 수 있다. 결과 생성 수소 스트림은 일부 실시예에서 순수하거나 실질적으로 순수할 수 있다. 정확한 수소 순도는 하류 처리 요구에 의해 결정될 수 있다.

[0029] 도 2a 내지 도 2b는 일부 실시예에서 용융 염 반응기에 대해 사용될 수 있는 반응기 구성을 예시한다. 도시된 바와 같이, 용융 염 반응기(114)는 반응기 용기(201), 반응기 용기(201)의 하부 부분에 배치되는 가스 분배기(214), 반응기 용기(201)의 상부 부분에 배치되는 오거(202) 및 반응기 용기(201)의 상부 부분의 유출구(216)를 포함할 수 있다. 오거(202)는 유출구(216)를 통과하고 유출구(216)를 통해 반응기 용기(201)의 상부 부분으로부터 탄소를 통과시키도록 구성될 수 있다. 반응기 용기(201)는 수평 실린더를 포함하는 다양한 형상을 취할 수 있으며, 이는 높은 동작 압력에 대한 압력 핸들링을 제공할 수 있다. 용융 염(212)은 반응기 용기(201) 내에 배치될 수 있고, 헤드스페이스(headspace)는 반응기 용기(201) 내에서 용융 염(212) 위에 형성될 수 있다. 오거(202)는 용융 염(212) 위의 헤드스페이스에 배치될 수 있으며, 여기서 탄소(206)는 밀도 차이에 기초하여 용융 염(212)의 상단 상에 축적될 수 있다. 플랜지(flange)(204)는 반응기 용기(201)의 상부 부분 내에 배치될 수 있고, 오거(202)는 플랜지(204) 상에 장착될 수 있다. 반응기 용기(201) 내에서, 반응 요소는 단독으로 용융 염(212)을 포함할 수 있거나, 충전층(packed bed) 분배기(208)는 용융 염이 그 안에 배치된 채 존재할 수 있다. 충전층 분배기(208)는, 본원에서 반응기 내에 배치되는 고체 성분에 대해 설명되는 것(예를 들어, 금속, 금속 카바이드, 금속 산화물, 금속 할로젠화물, 고체 탄소, 및 임의의 그 조합) 중 임의의 것을 포함하는, 다양한 고체 성분을 포함할 수 있다. 반응기 용기(201)는 부식을 방지하는 것을 돕기 위해 내화 또는 세라믹 라이닝과 같은 라이닝(210)을 포함할 수 있다. 용융 염에 대한 추가적인 흐름 유입구 및 유출구는 또한 용융 염 가열기로부터 용융 염을 보내고 받기 위해 존재할 수 있다. 일부 실시예에서, 재순환 라인(218)은 재순환 가스를 반응기 용기(201)로 제공할 수 있다. 재순환은 재순환 라인으로부터, 반응기 용기를 통해, 그리고 유출구(216)를 통해 통과할 수 있다.

[0030] 사용시, 용융 염 반응기(114)는 반응기 용기(201)에서 탄화수소 가스와 용융물 예컨대 용융 염(212)을 접촉시킴으로써 동작할 수 있다. 탄화수소 가스는 탄화수소 가스와 용융 염(212) 사이의 증가된 표면적 및 접촉을 제공하기 위해 가스 분배기(214)를 통해 반응기 용기(201)로 도입될 수 있다. 결과 반응은 반응기 용기(201)에서 수소 및 고체 탄소를 생성할 수 있다. 고체 탄소는 용융 염(212)의 상단으로부터 반응기 용기(201)의 상부 부분에 배치되는 오거(202)를 사용하여 반응기 용기(201)의 유출구(216)를 향하여 수송될 수 있다. 그 다음, 고체 탄소는 반응기 용기(201)의 유출구(216)를 통해 반응기 용기(201)로부터 제거될 수 있다. 일부 실시예에서, 냉각된 생성물 가스는 반응기 용기(201)로 도입되고 이를 통해 통과될 수 있다. 그 다음, 냉각된 생성물 가스는 냉각된 생성물 가스를 사용하여 반응기 용기(201) 내의 온도를 제어하는 것을 도울 수 있다.

[0031] 추가적인 정보 및 양태를 포함하는 부록(appendix)이 본 명세서에 포함되며, 전체적으로 본원에 통합된다. 부록에 개시되는 모든 실시예는 본 명세서, 도면, 및 청구항에 반영되는 바와 같이 본원에 설명되는 시스템 및 방법으로 동작될 수 있다.

[0032] 본원에 설명되는 시스템 및 방법의 특정 양태를 설명하는 경우, 특정 실시예는 다음을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다:

[0033] 제1 실시예에서, 용융 염 가열기는: 용융 염 용기; 용융 염 용기 내에 배치되는 용융 염; 및 용융 염과 접촉하는 용융 염 용기 내에 배치되는 간접 열 교환기를 포함한다.

[0034] 제2 실시예는 제1 실시예의 용융 염 가열기를 포함할 수 있으며, 여기서 간접 열 교환기는: 열 교환 유체를 수송하고 열을 용융 염에 제공하도록 구성되는 도관을 포함한다.

[0035] 제3 실시예는 제1 또는 제2 실시예의 용융 염 가열기를 포함할 수 있으며, 여기서 도관은 SiC, SiC/SiC 복합체, 알루미늄 합금(예를 들어, Kanthal® APMT 또는 알루미늄화된 Ni 초합금), 또는 층상 금속 복합체(예를 들어, Ni-201/Haynes 230), 또는 그 조합으로부터 형성된다.

[0036] 제4 실시예는 제2 또는 제3 실시예의 용융 염 가열기를 포함할 수 있으며, 여기서 도관은 1000℃까지 동작하도록 구성된다.

- [0037] 제5 실시예는 제1 실시예의 용융 염 가열기를 포함할 수 있으며, 여기서 간접 열 교환기는 용융 염에 침지되는 전기 가열 요소를 포함한다.
- [0038] 제6 실시예에서, 용융 염 반응기는: 반응기 용기; 반응기 용기의 하부 부분에 배치되는 가스 분배기; 반응기 용기의 상부 부분에 배치되는 오거(auger); 및 반응기 용기의 상부 부분의 유출구를 포함하며, 여기서 오거는 유출구를 통과하고 유출구를 통해 반응기 용기의 상부 부분으로부터 탄소를 통과시키도록 구성된다.
- [0039] 제7 실시예는 제6 실시예의 용융 염 반응기를 포함할 수 있으며, 여기서 반응기 용기는 수평 실린더를 포함한다.
- [0040] 제8 실시예는 제6 또는 제7 실시예의 용융 염 반응기를 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 반응기 용기 내에 배치되는 용융 염을 더 포함하며, 여기서 헤드스페이스(headspace)는 반응기 용기 내의 용융 염 위에 형성된다.
- [0041] 제9 실시예는 제8 실시예의 용융 염 반응기를 포함할 수 있으며, 여기서 오거는 용융 염 위의 헤드스페이스에 배치된다.
- [0042] 제10 실시예는 제6 내지 제9 실시예 중 어느 한 실시예의 용융 염 반응기를 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 재순환 가스 유입구 라인; 및 반응기 내의 재순환 가스 유출구를 더 포함하며, 여기서 재순환 가스 유입구 라인은 유출구와 유체 연통하고 유출구를 통해 반응기 용기로 재순환 가스를 통과시키도록 구성되고, 여기서 재순환 가스 유출구는 반응기 용기로부터 재순환 가스를 제거하도록 구성된다.
- [0043] 제11 실시예는 제6 내지 제10 실시예 중 어느 한 실시예의 용융 염 반응기를 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 반응기 용기 내에 배치되는 충전층(packed bed)을 더 포함한다.
- [0044] 제12 실시예는 제6 내지 제11 실시예 중 어느 한 실시예의 용융 염 반응기를 포함할 수 있으며, 여기서 반응기 용기는 세라믹 라이닝을 포함한다.
- [0045] 제13 실시예는 제6 내지 제 12 실시예 중 어느 한 실시예의 용융 염 반응기를 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 반응기 용기의 상부 부분 내에 배치되는 플랜지를 더 포함하며, 여기서 오거는 플랜지 상에 장착된다.
- [0046] 제14 실시예에서, 용융 염 반응기를 동작시키는 방법은: 반응기 용기에서 탄화수소 가스와 용융 염을 접촉시키는 단계; 반응기 용기에서 수소 및 고체 탄소를 생성하는 단계; 고체 탄소를 용융 염의 상단으로부터 반응기 용기의 상부 부분에 배치되는 오거를 사용하여 반응기 용기의 유출구를 향하여 운반하는 단계; 및 고체 탄소를 반응기 용기로부터 반응기 용기의 유출구를 통해 제거하는 단계를 포함한다.
- [0047] 제15 실시예는 제14 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 탄화수소 가스를 반응기 용기의 하부 부분에 배치되는 분배기를 통해 반응기 용기로 도입하는 단계를 더 포함한다.
- [0048] 제16 실시예는 제14 또는 제15 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 반응기 용기는 수평 실린더를 포함한다.
- [0049] 제17 실시예는 제14 내지 제16 실시예 중 어느 한 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 용융 염은 반응기 용기 내에 배치되고, 헤드스페이스는 반응기 용기 내의 용융 염 위에 형성되고, 여기서 고체 탄소는 반응기 용기 내의 헤드스페이스에 부유한다.
- [0050] 제18 실시예는 제14 내지 제17 실시예 중 어느 한 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 오거는 고체 탄소를 헤드스페이스로부터 유출구로 운반한다.
- [0051] 제19 실시예는 제14 내지 제18 실시예 중 어느 한 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 냉각된 생성물 가스를 반응기 용기로 도입하는 단계; 냉각된 생성물 가스를 반응기 용기를 통해 통과시키는 단계; 및 냉각된 생성물 가스를 사용하여 반응기 용기 내의 온도를 제어하는 단계를 더 포함한다.
- [0052] 제20 실시예는 제14 내지 제19 실시예 중 어느 한 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 반응기 용기는 반응기 용기의 상부 부분 내에 배치되는 플랜지를 포함하며, 여기서 오거는 플랜지 상에 장착된다.
- [0053] 제21 실시예에 있어서, 공급물을 용융 염 반응기에 대해 예열하는 방법은: 가열된 탄화수소 공급물 스트림을 생성하기 위해 냉각된 생성물 가스를 사용하여 제1 열 교환기에서 탄화수소 공급물을 가열하는 단계 - 가열된 탄화수소 공급물 스트림은 메탄 및 하나 이상의 C_{2+} 탄화수소를 포함함 -; 열분해된 탄화수소 스트림을 생성하기 위해 열분해 반응기에서 가열된 공급물 스트림 내의 C_{2+} 탄화수소의 적어도 일 부분을 열분해하는 단계; 예열된

공급물 가스를 생성하기 위해 생성물 가스를 사용하여 제2 열 교환기에서 열분해된 탄화수소 스트림을 가열하는 단계를 포함한다.

- [0054] 제22 실시예는 제21 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 냉각된 생성물 가스를 생성하기 위해 제2 열 교환기에서 생성물 가스를 냉각시키는 단계를 더 포함한다.
- [0055] 제23 실시예는 제21 또는 제22 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 가열된 탄화수소 공급물 스트림은 40℃ 내지 850℃ 사이의 온도를 갖는다.
- [0056] 제24 실시예는 제21 내지 제23 실시예 중 어느 한 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 예열된 공급물 가스 스트림은 700℃ 내지 1100℃ 사이의 온도를 갖는다.
- [0057] 제25 실시예는 제21 내지 제24 실시예 중 어느 한 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 가열된 공급물 스트림에서 C₂₄ 탄화수소의 일부를 열분해하는 단계에 기초하여 제2 열 교환기에서 가열된 탄화수소 공급물 스트림의 열분해를 방지하는 단계를 더 포함한다.
- [0058] 제26 실시예는 제21 내지 제25 실시예 중 어느 한 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 열분해 반응기는 열분해 촉매를 포함한다.
- [0059] 제27 실시예는 제26 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 열분해 촉매는 탄소, 니켈 등등을 포함한다.
- [0060] 제28 실시예는 제21 내지 제27 실시예 중 어느 한 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 제2 열 교환기는 열분해 반응에 대해 비-촉매적이라도 구성되는 열분해된 탄화수소 스트림과 접촉하는 물질을 포함한다.
- [0061] 제29 실시예는 제21 내지 제28 실시예 중 어느 한 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 제2 열 교환기는 SiC 또는 알루미늄 합금(예를 들어, Kanthal® APMT 또는 알루미늄화된 Ni 초합금)을 포함하는 열분해된 탄화수소 스트림과 접촉하는 물질을 포함한다.
- [0062] 제30 실시예에 있어서, 기화된 염을 응축시키는 방법은: 열 교환기에서 용융 염 반응기로부터 증기 생성물을 냉각시키는 단계 - 증기 생성물은 기화된 염을 포함함 -; 열 교환기에서 증기 생성물 내의 기화된 염의 적어도 일부분을 응축시키는 단계; 및 기화된 염의 응축된 부분을 용융 염 반응기로 재순환시키는 단계를 포함한다.
- [0063] 제31 실시예는 제30 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 증기 생성물과의 열 교환에 기초하여 열 교환기에서 물 스트림 내의 물을 기화시키는 단계; 및 물을 기화시키는 단계에 응답하여 열 교환으로부터 스팀을 생성하는 단계를 더 포함한다.
- [0064] 제32 실시예는 제30 또는 제31 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 열 교환기에서 냉각된 증기 생성물을 생성하는 단계를 더 포함하며, 여기서 냉각된 증기 생성물은 기화된 염의 일부가 제거되게 한다.
- [0065] 제33 실시예는 제32 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 여기서 냉각된 증기 생성물은 700℃ 이하의 온도를 갖는다.
- [0066] 제34 실시예는 제32 또는 제33 실시예의 방법을 포함할 수 있으며, 다음: 즉, 용융 염 반응기의 상류로 냉각된 증기 생성물의 일 부분을 재순환시키는 단계; 및 냉각된 증기 생성물의 재순환된 부분을 사용하여 용융 염 반응기 내의 온도를 제한하는 단계를 더 포함한다.
- [0067] 실시예는 도면을 참조하여 본원에 논의된다. 그러나, 당업자는 이러한 도면에 대해 본원에 주어지는 상세 설명이 시스템 및 방법이 이러한 제한된 실시예를 넘어서 확장됨에 따라 예시적 목적을 위한 것이라는 점이 쉽게 이해할 것이다. 예를 들어, 당업자는, 본 설명의 개시의 관점에서, 설명되고 도시되는 다음의 실시예에서 특정 구현 선택을 넘어서, 본원에 설명되는 임의의 주어진 상세의 기능을 구현하기 위해, 특정 응용의 필요에 따라, 다수의 대안 및 적절한 접근법을 인식할 것이라는 점이 이해되어야 한다. 즉, 너무 많아서 나열될 수 없지만 본 설명의 범위 내에 모두 들어맞는 다수의 수정 및 변형이 있다. 또한, 단수어(singular word)는 복수어로서 관독되어야 하고 그 역도 또한 마찬가지이고 남성형은 여성형으로서 관독되어야 하고 그 역도 또한 마찬가지이며, 여기서 적절하고, 대안적인 실시예는 반드시 두 가지가 상호 배타적이라는 것을 암시하지는 않는다.
- [0068] 본 설명은 본원에 설명되는 특정 방법론, 화합물, 물질, 제조 기술, 용도, 및 응용에 이들이 가변될 수 있음에 따라 제한되지 않는다는 점이 더 이해되어야 한다. 본원에 사용되는 용어(terminology)는 단지 특정 실시예를 설명하기 위한 목적을 위해 사용되고, 본 시스템 및 방법의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다는 점이 또한 이해되어야 한다. 본원에서 그리고 (본 출원, 또는 그 임의의 유도된 출원의) 첨부된 청구항에서 사용되는 바와

같이, 단수 형태 "a," "an," 및 "the"는 맥락이 명확하게 달리 지시하지 않는 한 복수 참조를 포함한다는 점이 주목되어야만 한다. 따라서, 예를 들어, "하나의 요소(an element)"에 대한 참조는 하나 이상의 요소에 대한 참조이고 당업자에게 공지된 그 등가물을 포함한다. 사용되는 모든 접속사는 가능한 한 가장 포괄적인 의미로 이해되어야 한다. 따라서, 단어 "논리합(or)"은 맥락이 명확하게 달리 필요로하지 않는 한 논리적인 "배타적 논리합(exclusive or)"의 정의보다는 논리적인 "논리합(or)"의 정의를 갖는 것으로서 해석되어야 한다. 본원에 설명되는 구조는 그러한 구조의 기능적 등가물을 또한 지칭하는 것으로 이해되어야 한다. 근사치를 표현하는 것으로 해석될 수 있는 언어는 맥락이 명확하게 달리 지시하지 않는 한 그렇게 이해되어야 한다.

[0069] 달리 정의되지 않는 한, 본원에 사용되는 모든 기술적 및 과학적 용어는 본 설명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 통상적으로 이해되는 동일한 의미를 갖는다. 바람직한 방법, 기술, 디바이스, 및 물질이 설명되지만, 본원에 설명되는 것과 동일하거나 등가인 임의의 방법, 기술, 디바이스, 또는 물질이 본 시스템 및 방법의 실행 및 시험에서 사용될 수 있다. 본원에 설명되는 구조는 그러한 구조의 기능적 등가물을 지칭하는 것으로 이해되어야 한다. 본 시스템 및 방법은 이제 첨부 도면에 예시되는 바와 같은 그 실시예를 참조하여 상세히 설명될 것이다.

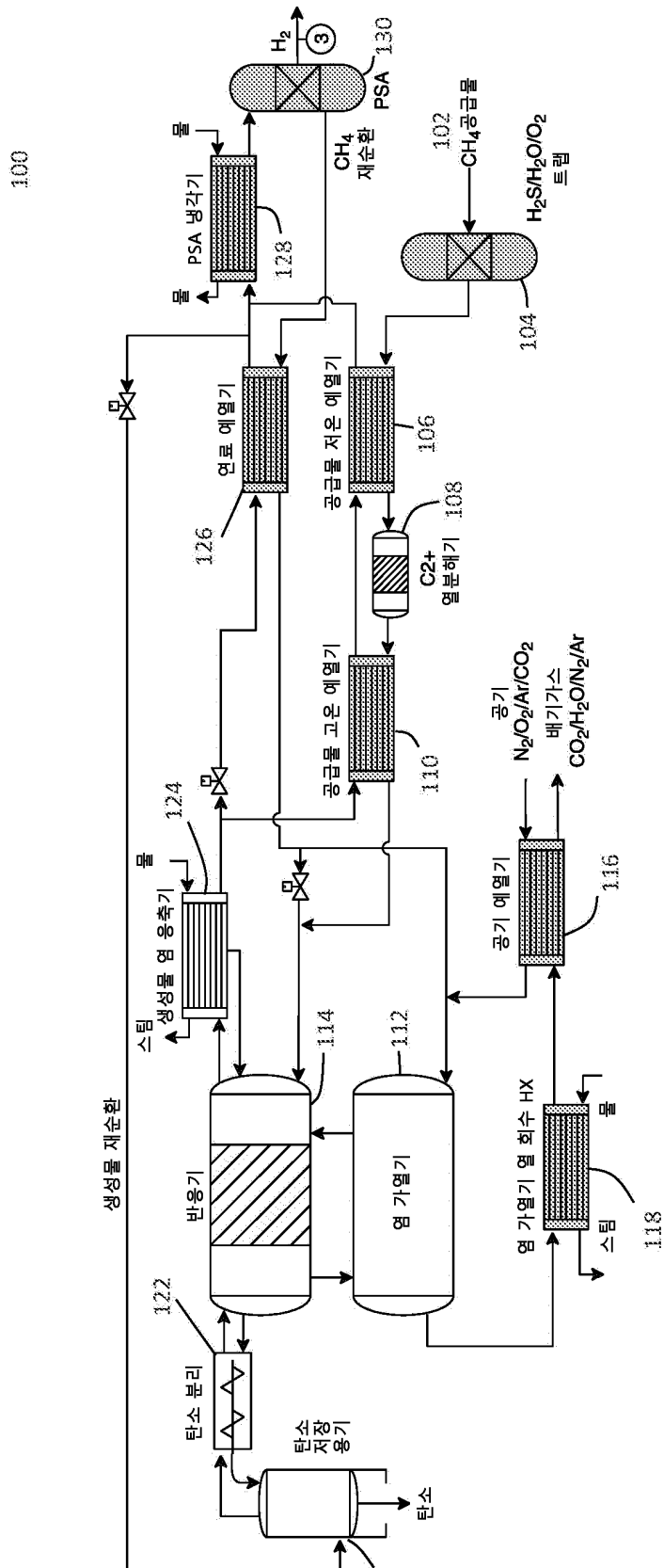
[0070] 본 개시의 관독으로부터, 다른 변형 및 수정은 당업자에게 명백하게 될 것이다. 그러한 변형 및 수정은 기술 분야에 이미 공지되어 있고, 본원에 이미 설명되는 특징들 대신에 또는 이에 더하여 사용될 수 있는 등가물 및 다른 특징을 수반할 수 있다.

[0071] 청구항은 본 출원 또는 이로부터 유도되는 임의의 추가 출원에서 특징의 특정 조합에 대해 공식화될 수 있지만, 본 개시의 범위는 또한 명시적으로 또는 묵시적으로 또는 그 임의의 일반화로 본원에 개시되는 특징의 임의의 신규한 특징 또는 임의의 신규한 조합, 그것이 임의의 청구항에 현재 청구되는 것과 동일한 시스템 또는 방법에 관한 것인지 여부 및 그것이 본 시스템 및 방법이 완화시키는 것과 같이 동일한 기술적 문제의 일부 또는 전부를 완화시키는지 여부를 포함한다는 점이 이해되어야 한다.

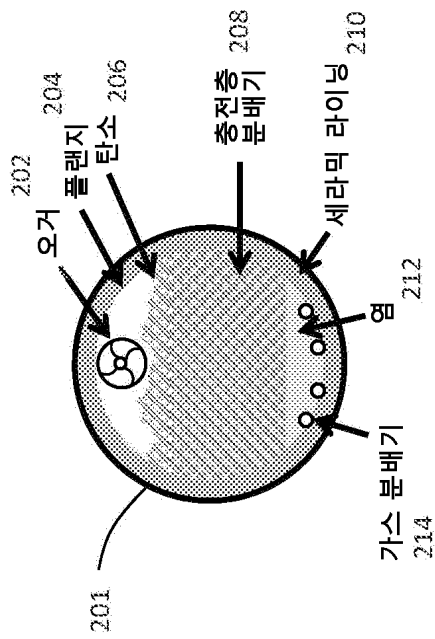
[0072] 별개의 실시예의 맥락에서 설명되는 특징은 또한 단일 실시예에서 조합으로 제공될 수 있다. 반대로, 간략화를 위해, 단일 실시예의 맥락에서 설명되는 다양한 특징은 또한 개별적으로 또는 임의의 적합한 서브-조합으로 제공될 수 있다. 출원인(들)은 이에 의하여 새로운 청구항이 본 출원 또는 이로부터 유도되는 임의의 추가 출원의 수행(prosecution) 동안 그러한 특징 및/또는 그러한 특징의 조합으로 공식화될 있다는 것을 통지한다.

도면

도면1



도면2a



도면2b

