



(19) 대한민국 지식재산청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0175749
(43) 공개일자 2025년12월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C01B 3/24 (2006.01) B01J 6/00 (2006.01)

B01J 8/00 (2018.01) B01J 8/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C01B 3/24 (2013.01)

B01J 6/008 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2024-0074818

(22) 출원일자 2024년06월10일

심사청구일자 2024년06월10일

(71) 출원인

한국생산기술연구원

충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89

(72) 발명자

이은도

대전광역시 유성구 대덕대로 596, 604호 (도룡동, 로얄밸리)

김희동

충청남도 천안시 서북구 봉정로 365, 102동 1903호 (두정동, 대우1차아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인한얼

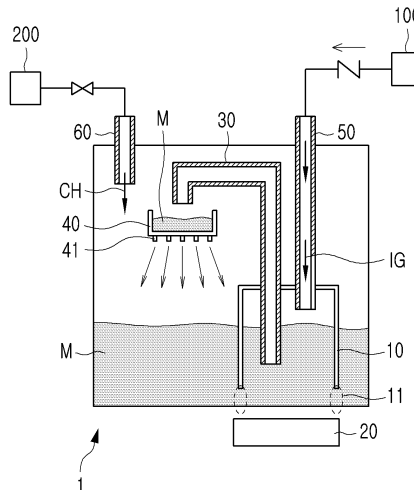
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 수소 생산 설비에서 수소 생성을 위한 메탄 열분해 반응에 사용되는 액체금속을 열분해 반응로 내부에 구성되어 냉각에 의하여 개폐되는 내부격실을 이용하여 순환시키는 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 열분해 반응로 내부에 그 하부에 격실개방부를 형성한 내부격실을 구성하고, 상기 내부격실의 격실개방부를 상기 열분해 반응로 내부에 수용된 액체금속을 냉각기부를 통하여 냉각하여 경화된 금속으로 폐쇄하며, 폐쇄된 내부격실 내에 불활성가스를 주입하여 공압을 형성함으로써, 상기 열분해 반응로의 상부로 이송하여 분사하는 기술에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01J 8/004 (2013.01)
B01J 8/0496 (2013.01)
B01J 2208/00902 (2013.01)
C01B 2203/049 (2013.01)
C01B 2203/0833 (2013.01)
C01B 2203/1241 (2013.01)

(72) 발명자

이영재

충청남도 천안시 서북구 한들3로 100 107동 1703호(백석동, 백석마을아이파크아파트)

김성일

세종특별자치시 국책연구원1로 15 912동 607호(소담동, 새샘마을9단지)

박근용

충청남도 천안시 동남구 중앙로 255-74(신부동) E동 407호 스타힐스

박중현

경기도 화성시 병점동로 23(병점동, 구봉마을우남퍼스트빌1차아파트) 103동 804호

가야트리 인그

충청남도 천안시 서북구 입장면 양대기로길 89

교유진

충청북도 청주시 상당구 무농정로 103(용암동, 용암동 삼일 무지개 아파트) 102동 203호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711201878
과제번호	CAP22022-000
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	국가과학기술연구회
연구사업명	국가과학기술연구회연구운영비지원(주요사업비)
연구과제명	청록수소 기반 자기유체역학(MHD)-수소 가스터빈 복합발전 기술 개발
과제수행기관명	한국생산기술연구원
연구기간	2023.06.01 ~ 2024.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

용융된 액체금속을 수용하는 반응로;

상기 반응로의 내측 하부에 위치되고, 그 하부에 형성된 격실개방부의 개폐에 따라 기밀폐쇄되는 공간을 형성하는 내부격실;

상기 내부격실로 불활성가스를 주입하는 불활성가스 주입관;

상기 내부격실에 수용된 액체금속을 상기 반응로의 상부로 이송하는 이송관; 및

상기 내부격실의 격실개방부에 대향하여 설치되고, 상기 격실개방부에 수용된 액체금속을 냉각하는 냉각기;

를 포함하고,

상기 내부격실의 격실개방부는 상기 냉각기에 의하여 냉각되어 경화된 액체금속으로 개폐되는,

냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 반응로의 상부에 위치하고, 상기 이송관의 후단을 통하여 이송되는 액체금속을 수용하는 공간을 형성하는 상부저장조;

를 더 포함하는,

냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 상부저장조는,

내부 수용된 액체금속을 하방으로 배출하는 하나 이상의 배출구;

를 더 포함하는,

냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 상부저장조는,

내부 수용된 액체금속을 하방으로 분사하는 분사노즐;

을 더 포함하는,

냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 이송관은,
그 전단이 상기 내부격실의 상부에서 하방으로 연장하여 상기 내부격실에 수용된 액체금속의 내부에 위치하는,
냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 이송관은,
그 후단이 하방을 지향하도록 소정 위치에서 절곡 또는 만곡되는,
냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 냉각기는,
상기 반응로 외측 하부에서 상기 반응로에 인접 배치되는,
냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 불활성가스 주입관의 전단에 체크밸브가 부설되는,
냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 반응로에 반응가스를 주입하는 반응가스 주입관;
을 더 포함하는,
냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템.

청구항 10

냉각에 의하여 경화된 액체금속으로 개폐되어 기밀폐쇄되는 내부격실과, 상기 내부격실에 수용된 액체금속을 상부로 이송하는 이송관, 및 액체금속을 냉각하는 냉각기부를 포함하는 열분해 반응로 내의 액체금속의 순환 방법에 있어서,
상기 반응로 내에 액체금속을 수용하는 단계;
상기 냉각기부가 상기 내부격실의 격실개방부의 액체금속을 냉각하는 단계;

액체금속의 경화로 기밀폐쇄된 내부격실로 불활성가스를 주입하는 단계;
 불활성가스의 주입으로 상기 내부격실 내에 수용된 액체금속이 이송관으로 유입되는 단계;
 액체금속이 이송관을 따라 반응로 상부로 이송되는 단계; 및
 이송관의 후단에서 액체금속이 토출되는 단계;
 를 포함하는,
 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,
 이송관의 후단에서 토출된 액체금속이 상기 반응로의 상부에 부설된 상부저장조에 수용되는 단계; 및
 상기 상부저장조에 수용된 액체금속이 하방으로 배출되는 단계;
 를 더 포함하는,
 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,
 상기 상부저장조에서 배출되는 액체금속을 하방으로 분사하는 단계;
 를 더 포함하는,
 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 수소 생산 설비에서 수소 생성을 위한 메탄 열분해 반응에 사용되는 액체금속을 열분해 반응로 내부에 구성되어 냉각에 의하여 개폐되는 내부격실을 이용하여 순환시키는 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 열분해 반응로 내부에 그 하부에 격실개방부를 형성한 내부격실을 구성하고, 상기 내부격실의 격실개방부를 상기 열분해 반응로 내부에 수용된 액체금속을 냉각기부를 통하여 냉각하여 경화된 금속으로 폐쇄하며, 폐쇄된 내부격실 내에 불활성가스를 주입하여 공압을 형성함으로써, 상기 열분해 반응로의 상부로 이송하여 분사하는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 일반적으로, 수소는 그 생산 방법에 따라 화석 연료에서 생산되는 그레이수소(Grey Hydrogen), 수전해를 이용하여 생산되는 그린수소(Green Hydrogen), 화석연료 개질 과정에서 발생하는 이산화탄소를 포집 및 제거한 블루수소(Blue Hydrogen), 및 최근 연구되고 있는 메탄 열분해를 통해 생성되는 청록수소(Turquoise Hydrogen) 등으로 구분될 수 있다.

[0004] 그 중 청록수소는 천연가스(메탄, CH₄)를 고온 반응로에 주입해 수소와 고체탄소로 분해하는 열분해 기술로 생산한 수소를 말한다. 상기 청록수소는 그린수소와 블루수소의 중간단계로 볼 수 있으며, 천연가스를 열분해하여 수소를 생산하는 과정에서 탄소를 기체상태가 아닌 고체상태로 분리해낸다는 특징이 있다. 따라서, 생산과정에서 전력을 적게 소모하고, 수소생산 공정에서 포집된 고상의 탄소는 타이어의 원료로 사용되는 카본블랙(Carbon Black)이나 이차전지의 음극재로 사용되는 인조흑연의 원료로 활용가능한 장점을 가진다. 따라서, 종래의 블루

수소 기술에서 이산화탄소 형태로 포집된 부산물을 저장하는 별도 공간(암반지층 등) 등을 요구하지 않는 장점을 가진다.

[0005] 청록수소 생산을 위한 메탄의 열분해 반응을 위하여 액체금속을 활용하는 기술 중 하나로서, 1) 한국공개특허 제10-2018-0117951 "액체금속을 이용한 메탄 열분해 및 고순도 수소, 일산화탄소 생산 장치 및 방법"은 메탄의 열분해를 위하여 용융된 액체금속을 이용하는 기술을 기재한다. 이 과정에서 용융된 액체금속은 밸브의 개폐에 의하여 공급이 제어되며, 이송관을 통하여 이루어지는 용융 액체금속의 이송은 열교환부를 통하여 유량이 능동적으로 제어되는 구조를 개시한다.

[0006] 또한, 반응로 내에서 액체금속을 순환하는 기술 중 하나로서, 2) 한국등록특허 제10-2598843 "액체금속을 이용한 암모니아 분해 및 수소 생산 시스템"은 액체금속과 암모니아를 반응시켜 수소와 질소로 분해시키고, 이때 생성된 폐열을 회수하여 상기 액체금속과 열교환함으로써, 암모니아 분해를 위하여 폐열을 반응열로 활용 하는 기술을 기재하고, 폐열 회수를 위하여 반응로에서 액체금속을 열교환기로 능동적으로 공급하여 순환시키는 기술을 기재한다.

[0007] 그러나, 진술한 기술을 포함한 반응로 내의 액체금속을 순환시키는 종래의 기술들은, 혼합을 증진시키도록 주로 반경방향 또는 횡방향으로 액체금속을 순환하는 방법이 주로 활용되었으며, 필요에 따라 액체금속을 상부로 이송시키기 위하여 기계적 펌프를 이용한 기술이 개발된 바 있으나, 고온으로 용융된 액체금속을 다루고 있으므로, 내구성 측면에서 장기적인 사용이 어려운 문제가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 1) 한국공개특허 제10-2018-0117951 "액체금속을 이용한 메탄 열분해 및 고순도 수소, 일산화탄소 생산 장치 및 방법"

(특허문헌 0002) 2) 한국등록특허 제10-2598843 "액체금속을 이용한 암모니아 분해 및 수소 생산 시스템"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 상기와 같은 문제를 해결하기 위하여 창안된 것으로서,

[0011] 천연가스를 액체금속으로 열분해하여 청록수소를 생성하는 기술에 있어서, 고순도의 청록수소를 생성하고 반응을 촉진하기 위하여 열분해 반응로 내에서 액체금속을 상부로 이송하여 분사하는 것을 1차적인 목적으로 하고,

[0012] 또한, 액체금속을 이송하는 구조에 있어, 공압을 형성하기 위한 내부격실의 격실개방부를 액체금속의 냉각을 통하여 경화하여 개폐하는 것을 2차적인 목적으로 하며,

[0013] 또한, 기밀 폐쇄된 내부격실에 불활성가스를 주입하고 상기 열분해 반응로 내부에 수용된 액체금속을 공압을 통하여 반응로 상부로 이송함으로써, 청록수소 생성을 위한 열분해 반응로 내에서 액체금속을 순환하기 위하여 구비되는 동력수단을 열분해 반응로 외부에 배치하며, 이를 통하여 내구성 문제를 해결하고, 비용 효율이 증대된 청록수소 생성 시스템을 구축하는 것을 최종적인 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은,

[0016] 용융된 액체금속을 수용하는 반응로, 상기 반응로의 내측 하부에 위치되고, 그 하부에 형성된 격실개방부의 개폐에 따라 기밀폐쇄되는 공간을 형성하는 내부격실, 상기 내부격실로 불활성가스를 주입하는 불활성가스 주입관, 상기 내부격실에 수용된 액체금속을 상기 반응로의 상부로 이송하는 이송관, 및 상기 내부격실의 격실개방부에 대하여 설치되고, 상기 격실개방부에 수용된 액체금속을 냉각하는 냉각기를 포함하고, 상기 내부격

실의 격실개방부는 상기 냉각기에 의하여 냉각되어 경화된 액체금속으로 개폐된다.

- [0017] 또한, 일 실시예에서, 상기 반응로의 상부에 위치하고, 상기 이송관의 후단을 통하여 이송되는 액체금속을 수용하는 공간을 형성하는 상부저장조를 더 포함한다.
- [0018] 또한, 일 실시예에서, 상기 상부저장조는 내부 수용된 액체금속을 하방으로 배출하는 하나 이상의 배출구를 더 포함한다.
- [0019] 또한, 일 실시예에서, 상기 상부저장조는 내부 수용된 액체금속을 하방으로 분사하는 분사노즐을 더 포함한다.
- [0020] 또한, 일 실시예에서, 상기 이송관은 그 전단이 상기 내부격실의 상부에서 하방으로 연장하여 상기 내부격실에 수용된 액체금속의 내부에 위치한다.
- [0021] 또한, 일 실시예에서, 상기 이송관은 그 후단이 하방을 지향하도록 소정 위치에서 절곡 또는 만곡된다.
- [0022] 또한, 일 실시예에서, 상기 냉각기는 상기 반응로 외측 하부에서 상기 반응로에 인접 배치된다.
- [0023] 또한, 일 실시예에서, 상기 불활성가스 주입관의 전단에 체크밸브가 부설된다.
- [0024] 또한, 일 실시예에서, 상기 반응로에 반응가스를 주입하는 반응가스 주입관을 더 포함한다.
- [0025] 한편, 냉각에 의하여 경화된 액체금속으로 개폐되어 기밀폐쇄되는 내부격실과, 상기 내부격실에 수용된 액체금속을 상부로 이송하는 이송관, 및 액체금속을 냉각하는 냉각기를 포함하는 열분해 반응로 내의 액체금속의 순환 방법에 있어서, 상기 반응로 내에 액체금속을 수용하는 단계, 상기 냉각기부가 상기 내부격실의 격실개방부의 액체금속을 냉각하는 단계, 액체금속의 경화로 기밀폐쇄된 내부격실로 불활성가스를 주입하는 단계, 불활성가스의 주입으로 상기 내부격실 내에 수용된 액체금속이 이송관으로 유입되는 단계, 액체금속이 이송관을 따라 반응로 상부로 이송되는 단계, 이송관의 후단에서 액체금속이 토출되는 단계를 포함한다.
- [0026] 또한, 일 실시예에서, 이송관의 후단에서 토출된 액체금속이 상기 반응로의 상부에 부설된 상부저장조에 수용되는 단계, 및 상기 상부저장조에 수용된 액체금속이 하방으로 배출되는 단계를 더 포함한다.
- [0027] 또한, 일 실시예에서, 상기 상부저장조에서 배출되는 액체금속을 하방으로 분사하는 단계를 더 포함한다.

발명의 효과

- [0029] 상기와 같은 구성을 통하여 본 발명은 이하의 장점을 제공한다.
- [0030] 1) 천연가스의 열분해 반응로의 내부에 내부격실을 설치하고, 상기 내부격실 내에서 공압을 형성하여 액체금속을 상기 반응로 상부로 이송시켜 순환시킴과 동시에 하방으로 분사함으로써, 고순도의 청록수소를 생성하고 반응을 촉진하는 효과가 있다.
- [0031] 2) 또한, 액체금속을 이송하기 위하여 공압을 형성하는 구조에 있어, 내부격실의 격실개방부를 반응로 내부에 수용된 액체금속의 냉각을 통하여 개폐함으로써, 청록수소 반응을 위하여 기 수용된 액체금속을 액체금속 이송에 활용 가능한 효과가 있으며, 이를 통하여 이송을 위한 구성을 단순화할 수 있는 효과가 있다.
- [0032] 3) 또한, 기밀 폐쇄된 내부격실에 불활성가스를 주입하고 상기 열분해 반응로 내부에 수용된 액체금속을 공압을 통하여 반응로 상부로 이송함으로써, 청록수소 생성을 위한 열분해 반응로 내에서 액체금속을 순환하기 위하여 구비되는 동력수단을 열분해 반응로 외부에 배치하며, 이를 통하여 내구성 문제를 해결하고, 비용 효율이 증대된 청록수소 생성 시스템을 구축 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0034] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템을 나타내는 정단면도이다.
- 도 2는 일 실시예의 격실개방부를 구성한 내부격실을 도시하는 단면도이다.
- 도 3은 일 실시예의 격실개방부의 테두리에 복수의 냉각기부가 구성된 실시예를 도시하는 단면도이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 방법을 나타내는 순서도이다.

도 5는 도 4의 각 단계에 따라 반응로 내부의 액체금속의 이송 과정을 단계적으로 나타내는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0035] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 동작 원리를 상세하게 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 이는 불필요한 설명을 생략함으로써 본 발명의 핵심을 흐리지 않고 더욱 명확히 전달하기 위함이다.
- [0036] 또한 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 하나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태로 한정하려는 것은 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0037] 이하에서, "액체금속(liquid metal)"은 녹는 점 이상으로 가열되어 고온에서 유동성을 가지는 액상의 용융 금속 또는 합금을 의미하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0038] 이하에서, "메탄(methane)"은 탄소와 수소로 이루어진 간단한 구조의 화합물이며, 순수한 메탄(CH_4)이거나, 또는, 천연가스의 주 성분으로서 메탄을 포함하는 천연가스를 모두 의미하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0039] 이하에서, "불활성가스(Inert Gas)"는 다른 물질(최소한 본 발명에서 액체금속)과 화학반응을 일으키지 않으며, 가스상태로 이루어진 물질을 의미하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0041] 본 발명은 수소 생산 설비에서 수소 생성을 위한 메탄 열분해 반응에 사용되는 액체금속을 열분해 반응로 내부에서 냉각에 의하여 개폐되는 내부격실을 이용하여 순환시키는 기술에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 열분해 반응로의 내측에 그 하부에 격실개방부를 형성한 내부격실을 구성하고, 상기 내부격실의 격실개방부를 상기 열분해 반응로 내부에 수용된 액체금속을 냉각기를 통하여 냉각하여 경화된 금속으로 폐쇄하며, 폐쇄된 내부격실 내에 불활성가스를 주입하여 공압을 형성함으로써, 상기 열분해 반응로의 상부로 이송하여 분사하는 기술에 관한 것이다.
- [0043] 특히, 본 발명은 기밀 폐쇄된 내부격실에 불활성가스를 주입하고 상기 열분해 반응로 내부에 수용된 액체금속을 공압을 통하여 반응로 상부로 이송함으로써, 청록수소 생성 반응을 위한 열분해 반응로 내에서 액체금속을 순환하도록 구비되는 동력수단을 열분해 반응로 외부에 배치하고, 이를 통하여 내구성 문제를 해결하고, 비용 효율이 증대된 청록수소 생성 시스템을 구축할 수 있다.
- [0045] 이하, 도면을 참조로 하여 상기와 같은 특징을 갖는 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 기술하도록 한다.
- [0046] 본 발명을 기술하기에 앞서, 본 발명은 천연가스에 포함된 메탄을 반응로 내에서 액체금속을 통하여 열분해하여 고순도 수소를 생성하는 청록수소 생성 기술에 적용 가능한 발명이며, 이하, 본 발명을 기술함에 있어 청록수소 생성 기술에 적용된 실시예를 기준으로 발명을 기술한다.
- [0047] 따라서, 상기 반응가스는 메탄(Methane, CH_4)을 주 성분으로 하는 천연가스가 될 수 있다. 그러나, 이와 같은 반응가스의 구성은 본 발명의 바람직한 실시예에 불과하며, 본 명세서를 통하여 기술된 발명의 기술사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 필요에 따라 기타의 다른 성분을 포함하는 반응가스가 선택되어 사용될 수 있는 것으로 이해되어야 한다.
- [0048] 액체금속(liquid metal)은 상온에서 액체 상태로 존재하는 금속 또는 합금이거나, 또는, 고온으로 가열되어 용융된 금속 또는 합금을 의미하나, 본 실시예에서는 반응가스인 메탄의 열분해 반응을 위한 목적으로 사용되므로, 녹는 점 이상의 고온으로 가열되어 고온에서 유동성을 가지는 액상의 용융 금속 또는 합금을 의미

한다.

- [0049] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 상기 액체금속의 주 성분은 메탄 열분해 반응을 위한 용융된 주석(Sn)을 포함하거나, 또는 주석 합금을 포함하여 이루어질 수 있다. 그러나, 본 발명의 액체금속은 상기한 주석으로 한정되는 것은 아니며, 필요에 따라, 다른 금속 또는 합금을 포함하는 액체금속으로 대체될 수 있다.
- [0051] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템을 나타내는 단면도이다.
- [0052] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 시스템은 반응가스(CH)의 열분해를 위하여 고온의 용융된 액체금속(M)을 수용한 반응로(1)와, 상기 반응로(1)의 내부에 배치되어 개폐 가능한 격실개방부(11)를 가진 기밀구조의 내부격실(10), 및 상기 반응로(1)의 내부에 수용된 액체금속(M)을 냉각하여 경화함으로써, 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)를 폐쇄하는 냉각기부(20)를 포함한다.
- [0054] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 상기 반응로(1)는 폐쇄된 수용 공간을 구성하고, 그 내부에 고온으로 용융된 액체금속(M)을 수용한다. 특히, 상기 반응로(1)는 그 내부에서 반응가스(CH)와 액체금속(M)의 열분해 반응이 일어나 고온 고압이 형성된다. 따라서, 상기 반응로(1)는 고온 고압의 열분해 반응을 수용할 수 있는 공간을 형성한 폐쇄구조를 가진다.
- [0056] 상기 반응로(1)의 내부에는 내부격실(10)이 구성된다. 상기 내부격실(10)은 불활성가스(IG)를 수용하여 형성된 공압으로 액체금속(M)을 배출 가능하도록 마련된 불활성가스(IG)와 액체금속(M)의 수용공간을 형성한다. 또한, 상기 내부격실(10)은 상기 반응로(1)의 내측 하부에 위치하며, 따라서, 상기 내부격실(10)의 하부는 상기 반응로(1)에 수용된 액체금속(M)의 수면 아래에 위치한다.
- [0057] 상기 내부격실(10)은 상기 반응로(1)에 수용된 액체금속(M)이 상기 내부격실(10)로 유입되도록 마련된 격실개방부(11)를 포함한다. 상기 격실개방부(11)는 상기 내부격실(10)의 하부에 위치하며, 따라서, 상기 내부격실(10)의 하부에 형성된 격실개방부(11)를 통하여 상기 반응로(1) 내부의 액체금속(M)이 상기 내부격실(10)의 내측으로 유입될 수 있다.
- [0058] 보다 상세하게는, 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)는 상기 반응로(1) 내부의 액체금속(M)의 수면 아래에 위치되어 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)가 폐쇄되지 않은 상태에서는 상기 반응로(1)의 내부에 수용된 액체금속(M)과 상기 내부격실(10) 내부에 수용된 액체금속(M)이 동일한 수위를 가지고 평형 상태를 형성한다. 상기 격실개방부(11)의 형상 또는 구성은, 상기 반응로(1)와 상기 내부격실(10)을 연통하여 액체금속(M)을 통과시킬 수 있는 범위 내에서 특별히 한정되지 않는다. 예를 들어, 상기 격실개방부(11)의 형상은 원형, 일자형, 직사각형 등의 어떠한 형태로도 이루어질 수 있다.
- [0060] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예에서 상기 격실개방부(11)는 상기 내부격실(10)의 밑면 전체가 개방된 구성으로 이루어진다. 다시말해서, 상기 격실개방부(11)는 하방 개구(開口)된 내부 공간을 형성한 격실로 이루어지며, 이때, 상기 격실개방부(11)는 상기 반응로(1) 내부에 수용된 액체금속(M)의 수면 아래에 위치한다. 따라서, 후술할 냉각기부(20)를 통하여 상기 격실개방부(11) 인근의 액체금속(M)을 냉각하여 경화함으로써 상기 격실개방부(11)가 폐쇄되어 상기 내부격실(10)의 기밀폐쇄 구조를 달성할 수 있다.
- [0061] 일 실시예에서, 상기 격실개방부(11)는 상기 내부격실(10)의 하부에서 상기 내부격실(10)의 일측면에 소정의 형상 및 크기로 형성된 관통구로서 이루어질 수 있다. 도 2는 이 실시예의 격실개방부(11')를 구비한 내부격실(10')을 도시한다. 이 실시예에서, 상기 격실개방부(11')는 상기 내부격실(10')의 일측면 상에 상기 내부격실(10')의 내외측을 관통하도록 천공 형성된 액체금속(M)의 유입구가 될 수 있다. 따라서, 상기 내부격실(10')의 일측면 상에 형성된 격실개방부(11')를 대상으로 상기 냉각기부(20)를 대향하여 배치함으로써 냉각에 의한 상기 내부격실(10)의 폐쇄과정의 효율을 증대시킬 수 있다.

- [0063] 한편, 상기 내부격실(10)에 불활성가스(IG)를 주입하기 위한 구성으로서 상기 반응로(1)의 외부에서 상기 반응로(1)의 내부로 진입 연장하는 불활성가스(IG) 주입관(50)의 후단이 상기 내부격실(10)의 상부에 연결된다. 상기 불활성가스(IG) 주입관(50)의 후단으로부터 주입되는 불활성가스(IG)는 기밀폐쇄된 상기 내부격실(10)의 상부에서 공압을 형성하고, 상기 내부격실(10)의 하부에 수용된 액체금속(M)을 가압하여 배출한다.
- [0064] 상기 내부격실(10)로부터 액체금속(M)을 배출하기 위한 구성으로서 상기 내부격실(10)의 내부에서 상기 반응로(1)의 상부로 관통 연장하는 이송관(30)의 전단이 상기 내부격실(10)의 액체금속(M) 내부에 위치한다. 따라서, 상기 내부격실(10) 내에 형성된 공압에 의하여 가압된 액체금속(M)은 상기 이송관(30)의 전단으로 유입되어 배출되며, 상기 이송관(30)을 따라 이송된다.
- [0066] 냉각기부(20)는 하나 이상의 냉각기를 포함하고, 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)에 대하여 설치되며, 상기 격실개방부(11)에 수용된 액체금속(M)을 냉각하여 경화시킴으로써, 상기 내부격실(10)을 폐쇄하도록 구비된다.
- [0067] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 상기 냉각기부(20)는 상기 반응로(1)의 외측 하부에서 상기 반응로(1)에 인접하여 배치된다. 또한, 상기 냉각기부(20)는 상기 반응로(1) 내부에 위치한 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)에 대하여 설치된다. 따라서, 상기 냉각기부(20)는 상기 반응로(1)의 외부에서 상기 반응로(1)의 내부에 수용된 액체금속(M)을 냉각하여 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)를 폐쇄할 수 있다.
- [0068] 상기 냉각기부(20)는 하나 이상의 공지기술의 냉각기를 포함한다. 예를 들어, 상기 냉각기부(20)는 냉매가스를 압축 및 응축하여 냉각하는 압축식 냉각기, 또는 펠티어(peltier) 소자를 활용한 열전 냉각(Thermoelectric cooling) 방식의 냉각기를 모두 포함할 수 있다.
- [0069] 일 실시예에서, 상기 냉각기부(20)는 둘 이상의 복수의 냉각기들을 포함하고, 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11) 형상에 대응하여 다양한 냉각기 배치 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 내부격실(10)의 밑면 전체가 하방으로 개구되어 원형의 테두리 형상으로 이루어진 격실개방부(11)를 포함하는 실시예에서, 상기 냉각기부(20)는 상기 격실개방부(11)의 테두리를 따라 소정의 간격으로 이격 배치된 복수의 냉각기를 포함하여 이루어지거나, 또는, 상기 냉각기부(20)는 상기 격실개방부(11)에 대하여 소정 간격으로 격자 배치되어 원형의 형상을 구성하는 복수의 냉각기를 포함하여 이루어질 수 있다. 도 3은 상기와 같이 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)의 형상에 대응하여 상기 격실개방부(11)의 테두리에 복수의 냉각기부(20')가 구성된 실시예를 도시하는 단면도이다.
- [0070] 상기와 같이 상기 냉각기부(20)가 복수의 냉각기를 포함하는 경우, 상기 냉각기들의 간격은 상기 냉각기의 냉각 범위를 고려하여 결정될 수 있다.
- [0072] 상기 이송관(30)은 상기 반응로(1)의 하부에 수용된 액체금속(M)을 상기 반응로(1)의 상부로 이송하는 관로를 구성한다. 보다 상세하게는, 상기 이송관(30)은 상기 내부격실(10)로부터 배출된 액체금속(M)을 상기 반응로(1)의 상부로 이송시키며, 이를 위한 구성으로서 상기 내부격실(10)의 내부에서 상기 반응로(1)의 상부로 관통 연장하는 이송관(30)의 전단이 상기 내부격실(10)의 액체금속(M) 내부에 위치하도록 배치된다. 따라서, 기밀폐쇄된 상기 내부격실(10) 내에 형성된 공압에 의하여 가압된 액체금속(M)은 상기 이송관(30)의 전단으로 유입되어 배출되며, 상기 이송관(30)을 따라 상기 반응로(1)의 상부로 이송된다.
- [0073] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 상기 이송관(30)은 그 전단이 상기 내부격실(10)의 상부에서 하방으로 연장하여 상기 내부격실(10)에 수용된 액체금속(M)의 내부에 위치하도록 구성되며, 그 후단은 상기 내부격실(10)의 상부에서 상방으로 연장하고 상기 반응로(1)의 상부의 소정 위치에서 절곡 또는 만곡되어 하방을 지향하도록 구성된다. 따라서, 상기 이송관(30)을 따라 이송되는 액체금속(M)은 상기 이송관(30)의 후단에서 하방으로 토출되어 낙하하며, 후술할 상부저장조(40)에 수용된다.
- [0074] 도 1에서 상기 이송관(30)은 하나의 배관으로 이루어진 것으로 도시되었으나, 이에 한정하는 것은 아니며, 필요에 따라 둘 이상의 이송관(30)이 액체금속(M)의 이송을 위하여 구성될 수 있다. 일 실시예에서, 소정의 간격으로 나란히 배치된 복수의 이송관(30)이 구성되고(미도시), 이를 통하여 상기 내부격실(10)로부터 다량의 액체금속(M)이 다수의 이송관(30)의 전단으로부터 배출되어 액체금속(M)의 이송이 빠르게 이루어질 수 있다.

- [0076] 상부저장조(40)는 상기 이송관(30)의 후단으로부터 토출된 액체금속(M)을 상기 반응로(1)의 상부에서 일시적으로 수용하고, 이를 소정의 범위로 분산하여 배출하도록 마련된 수용공간이다.
- [0077] 따라서, 상기 상부저장조(40)는 상기 액체금속(M)을 수용할 수 있는 소정의 수용공간을 형성하고, 상기 이송관(30)의 후단 하부에 배치되어 상기 이송관(30)의 후단으로부터 토출되어 하방으로 낙하하는 액체금속(M)을 수용할 수 있다. 본 발명의 바람직한 실시예를 도시하고 있는 도 1에서, 상기 상부저장조(40)는 상부가 개방된 구조를 가진 구성으로 도시되었으나, 이에 한정하는 것은 아니며, 일 실시예에서, 상기 상부저장조(40)는 상기 이송관(30)의 후단과 연결되고 액체금속(M)을 수용할 수 있는 폐쇄된 수용공간으로 이루어질 수 있다.
- [0078] 상기 상부저장조(40)는 내부에 수용된 액체금속(M)을 소정의 범위로 분산 배출하는 하나 이상의 배출구를 더 포함한다. 상기 하나 이상의 배출구는 상기 상부저장조(40)의 저면에 형성되며, 둘 이상의 배출구가 형성되는 경우에는, 복수의 배출구가 소정 간격으로 이격된 구성으로 형성될 수 있다. 상기 배출구는 상기 상부저장조(40)의 내외측을 관통하도록 하방으로 형성되어 상기 상부저장조(40)에 수용된 액체금속(M)을 하방으로 배출시킨다.
- [0079] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 상기 상부저장조(40)는 내부 수용된 액체금속(M)을 하방으로 분사하는 하나 이상의 분사노즐을 더 포함한다. 상기 하나 이상의 분사노즐은 상기 하나 이상의 배출구와 연결되도록 상기 상부저장조(40)의 저면 외측에 부설되며, 상기 배출구로부터 배출되는 액체금속(M)을 하방으로 분사한다.
- [0080] 본 발명의 이와같은 구성은 상기 반응가스(CH)의 밀도가 상기 액체금속(M)의 밀도 보다 매우 낮기 때문에 상기 반응로(1)의 내부로 주입된 반응가스(CH)와 액체금속(M)이 경계면 상에서 간접적으로 반응하는 것이 아니라, 상기 반응로(1) 상부에서 분사된 액체금속(M)과 반응가스(CH) 접촉하여 직접적인 열분해 반응이 일어나도록 유도하여 반응을 촉진하기 위한 구성이다.
- [0082] 상기 불활성가스(IG) 주입관(50)은 상기 내측격실로 불활성가스(IG)를 주입하기 위하여 마련된다. 상기 불활성가스(IG) 주입관(50)은 그 전단이 상기 반응로(1)의 외부에 설치된 불활성가스(IG) 공급부(100)와 연결되고, 그 후단은 상기 반응로(1)의 외부에서 상기 반응로(1)의 내부로 진입 연장하여 상기 내부격실(10)의 상부와 연결된다. 상기 불활성가스(IG) 공급부(100)는 불활성가스(IG)를 저장하는 에어탱크와 저장된 불활성가스(IG)를 이송하기 위한 에어펌프 등을 포함할 수 있다.
- [0083] 상기 불활성가스(IG) 공급부(100)로부터 공급되어 상기 불활성가스(IG) 주입관(50)의 후단으로부터 상기 내부격실(10)로 주입되는 불활성가스(IG)는 기밀폐쇄된 상기 내부격실(10) 내에서 공압을 형성하고, 상기 내부격실(10)의 하부에 수용된 액체금속(M)을 가압한다. 따라서, 상기 내부격실(10) 내의 공압이 상승함에 따라 내부에 수용된 액체금속(M)은 상기 이송관(30)의 전단을 통하여 배출될 수 있다.
- [0084] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 상기 불활성가스(IG) 주입관(50)의 전단에는 역류를 방지하기 위한 체크밸브가 더 구비될 수 있다. 상기 체크밸브(check valve)는 유체를 일방향으로 흐르게 하는 밸브로서, 상기 불활성가스(IG) 주입관(50)의 전단에 구비되어 상기 내부격실(10)로 주입된 불활성가스(IG)가 상기 내부격실(10) 내의 공압의 상승에 따라 역방향으로 역류하는 것을 방지하도록 구성될 수 있다.
- [0086] 한편, 상기 반응로(1)의 내부로 반응가스(CH)를 주입하기 위한 반응가스(CH) 주입관(60)이 상기 반응로(1)에 구비될 수 있다. 상기 반응가스(CH) 주입관(60)은 반응가스(CH) 공급부(200)와 연결되고, 상기 반응가스(CH) 공급부(200)로부터 공급되는 반응가스(CH)를 상기 반응로(1) 내측으로 주입한다. 상기 반응가스(CH) 공급부(200)는 반응가스(CH)를 저장하는 에어탱크와 저장된 반응가스(CH)를 이송하기 위한 에어펌프 등을 포함할 수 있다.
- [0088] 본 발명의 바람직한 실시예는, 청록수소(H) 생성을 위하여 메탄을 포함하는 천연가스와 액체금속(M)의 열분해 반응을 대상으로 한다. 따라서, 상기 반응가스(CH) 공급부(200)를 통하여 공급되는 반응가스(CH)는 메탄을 포함하는 천연가스가 될 수 있으며, 전술한 구조를 통하여 상기 반응로(1) 내부에서 분사된 액체금속(M)과 상기 반응로(1)에 주입된 반응가스(CH)가 반응하여 고순도의 기상(氣相, gas)의 수소(H)가 생성된다.
- [0089] 액체금속(M)을 통한 메탄의 열분해 반응은 이하의 반응식을 따른다.

- [0090] $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2$
- [0092] 전술한 구성을 통하여 본 발명은 반응로(1) 내부에 수용된 액체금속(M)을 냉각기부(20)를 통하여 냉각 및 경화하고, 경화된 액체금속(M')을 이용하여 내부격실(10)을 기밀폐쇄하며, 상기 내부격실(10)로 주입된 불활성가스(IG)로 형성된 공압으로 액체금속(M)을 배출하여 이송관(30)을 통하여 상기 반응로(1) 상부로 이송시켜 분사하여 반응가스(CH)와의 열분해 반응을 일으켜 고순도의 수소(H)를 생성한다.
- [0093] 이와 같은 과정은 이하에 기술된 각 단계를 기준으로 상세히 기술한다.
- [0095] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 방법을 나타내는 순서도이고, 도 5는 도 4의 단계에 따라 반응로 내부의 액체금속의 이송 과정을 단계적으로 나타내는 단면도이다.
- [0097] 전술한 바와 같이, 본 발명의 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 방법은 냉각에 의하여 경화된 액체금속(M')으로 개폐되어 기밀폐쇄되는 내부격실(10)과, 상기 내부격실(10)에 수용된 액체금속(M)을 상부로 이송하는 이송관(30), 및 액체금속(M)을 냉각하는 냉각기부(20)를 통하여 실시된다.
- [0099] 1) 상기 반응로 내에 액체금속을 수용하는 단계(S001)
- [0100] 본 발명의 냉각으로 개폐되는 내부격실을 이용한 열분해 반응로의 액체금속 순환 방법을 실시하기에 앞서, 상기 반응로(1) 내부에는 반응가스(CH)와의 열분해 반응을 위하여 고온으로 용융된 액체금속이 사전 설정된 수위로 수용된 상태를 전제로 실시된다. 이 단계에서 상기 반응로(1) 내부에 수용된 액체금속은 도 4의 (a)와 같이, 상기 격실개방부(11)를 통하여 연통된 내부격실(10)로 유입되고, 상기 내부격실(10)의 내외측 액체금속의 수면 높이는 동일하게 평형 상태를 형성한다.
- [0101] 도 5의 (a)는 상기 단계(S001)에서 상기 반응로(1)와 상기 내부격실(10)에서 평형상태를 형성한 액체금속을 나타낸다.
- [0103] 2) 액체금속 냉각으로 내부격실의 격실개방부를 폐쇄하는 단계(S002);
- [0104] 상기 내부격실(10) 내에 액체금속이 수용되고, 상기 내부격실(10)의 내외측 액체금속의 수면 높이가 동일하게 평형 상태를 형성한 상태에서 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)를 폐쇄하여 기밀폐쇄된 내부격실(10)을 구성하도록 상기 격실개방부(11) 인근에 수용된 액체금속을 냉각시킨다.
- [0105] 이 단계에서, 상기 격실개방부(11)에 수용된 액체금속의 냉각은 상기 냉각기부(20)를 통하여 이루어진다. 보다 상세하게는, 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)에 대향하여 상기 반응로(1) 외측 하부에 인접 배치된 냉각기부(20)는 그 일면으로부터 상기 격실개방부(11)에 수용된 액체금속으로부터 열을 빼앗고, 그 타면을 통하여 열을 발산함으로써 상기 액체금속을 냉각한다. 이와 같은 액체금속의 냉각은 상기 액체금속을 고온의 용융 상태에서 냉각에 의하여 경화된 금속(M')을 형성하며, 이를 통하여 상기 냉각기부(20)의 격실개방부(11)가 폐쇄될 수 있다.
- [0106] 도 5의 (b)는 상기 단계(S002)에서 경화된 금속(M')으로 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)가 폐쇄된 상태를 나타낸다.
- [0108] 3) 액체금속의 경화로 기밀폐쇄된 내부격실로 불활성가스를 주입하는 단계(S003)
- [0109] 상기 단계(S002)를 통하여 기밀 폐쇄된 내부격실(10)로 상기 불활성가스 주입관(50)을 통하여 불활성가스가 주입된다. 이 단계에서, 상기 불활성가스 공급부(100)에서 불활성가스가 상기 반응로(1) 내부로 진입하는 불활성가스 주입관(50)의 전단으로 공급되고, 그 후단이 상기 내부격실(10)과 연결된 불활성가스 주입관(50)을 따라 불활성가스가 이송되어 상기 내부격실(10) 내측으로 주입된다. 상기 불활성가스 주입관(50)을 따라 상기 내부격

실(10) 내측으로 주입된 불활성가스는 기밀폐쇄된 상기 내부격실(10) 내부에서 공압을 형성한다.

- [0111] 4) 불활성가스의 주입으로 상기 내부격실 내에 수용된 액체금속이 이송관으로 유입되는 단계(S004)
- [0112] 상기 단계(S003)를 통하여 상기 내부격실(10) 내측에 형성된 공압은 상기 불활성가스의 주입이 지속될수록 상승하여 상기 내부격실(10)에 수용된 액체금속을 가압하고, 이에 따라 상기 액체금속이 공압에 의하여 상기 이송관(30)의 전단으로 유입되어 배출된다. 이 단계에서 상기 이송관(30)의 전단이 상기 내부격실(10)에 수용된 액체금속의 내부에 위치되고, 상기 내부격실(10)의 내측에 형성된 공압이 상기 이송관(30)의 내부 기압을 상대적으로 초과함으로써 배출이 이루어진다.
- [0114] 5) 액체금속이 이송관을 따라 반응로 상부로 이송되는 단계(S005)
- [0115] 상기 단계(S004)를 통하여 상기 이송관(30)의 전단으로 액체금속의 유입이 지속되면, 상기 액체금속은 상기 이송관(30)을 따라 반응로(1)의 상부에 위치한 후단으로 이송된다. 이 단계에서 상기 이송관(30)의 전단을 통한 액체금속의 지속적인 유입은 상기 내부격실(10)로 주입되는 불활성가스의 지속적인 주입에 따른 것이다. 다시말해서, 상기 내부격실(10)로 지속적으로 주입되는 불활성가스는 상기 내부격실(10) 내의 공압을 지속적으로 상승시키고, 결과적으로 상기 내부격실(10)로부터 지속적인 액체금속의 배출이 이루어진다.
- [0116] 도 5의 (c)는 상기 단계들(S003 내지 S005)에서 상기 반응로(1)의 상부로 이송되는 액체금속을 나타낸다.
- [0118] 6) 이송관의 후단에서 액체금속이 토출되는 단계(S006)
- [0119] 상기 단계(S005)를 통하여 상기 이송관(30)의 전단으로 유입되어 후단으로 이송되는 액체금속은 상기 이송관(30)의 후단으로 토출된다.
- [0120] 전술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예의 상기 이송관(30)의 후단은 상기 반응로(1)의 내측 상부에서 하방으로 지향되며, 따라서, 이 단계에서 상기 이송관(30)의 후단으로부터 토출되는 액체금속은 상기 반응로(1)의 상부에서 하방으로 토출되어 그 하부에 위치한 상부저장조(40)로 낙하하여 유입된다.
- [0122] 7) 이송관의 후단에서 토출된 액체금속이 상부저장조에 수용되는 단계(S007)
- [0123] 상기 단계(S006)를 통하여 상기 이송관(30)으로부터 토출되어 하방으로 낙하하는 액체금속은 상기 이송관(30)의 후단의 하부에 마련된 상부저장조(40)로 유입되어 상기 상부저장조(40)에 일시적으로 수용된다.
- [0124] 이 단계에서, 상기 상부저장조(40)는 액체금속을 수용 가능한 소정의 수용공간을 형성하고, 상기 이송관(30)으로부터 토출되는 액체금속을 그 내부에 일시적으로 수용함으로써, 후술할 단계를 통한 액체금속의 배출 및 분사 과정에서 상기 이송관(30)을 통한 액체금속의 유입량과는 무관하게 상기 액체금속을 일정하게 배출 및 분사할 수 있다. 따라서, 상기 반응로(1) 내에서 열분해 반응이 일정하게 이루어질 수 있다.
- [0126] 8) 상기 상부저장조에 수용된 액체금속이 하방으로 배출되는 단계(S008)
- [0127] 상기 단계(S007)를 통하여 상기 상부저장조(40)에 수용된 액체금속은 상기 상부저장조(40)의 하부에 형성된 하나 이상의 배출구를 통하여 하방으로 배출된다.
- [0128] 본 발명의 바람직한 실시예에서, 상기 배출구는 상기 상부저장조(40)의 하부에 소정의 간격으로 이격 배치된 복수의 갯수로 구성되며, 따라서, 상기 상부저장조(40)에 수용된 액체금속을 소정 범위로 분산하여 일정하게 배출할 수 있다. 그러나, 상기 배출구의 구성은 이와같은 구성으로 한정하는 것은 아니며, 일 실시예에서 상기 상부저장조(40)는 하나의 배출구를 포함하거나, 다른 실시예에서, 서로 다른 간격으로 배치된 복수의 배출구를 포함하여 이루어질 수 있다.
- [0130] 9) 상기 상부저장조에서 배출되는 액체금속을 하방으로 분사하는 단계(S009)

- [0131] 상기 단계(S008)을 통하여 상기 상부저장조(40)로부터 배출되는 액체금속은 상기 상부저장조(40) 하단에 부설된 분사노즐을 통하여 하방으로 분사된다.
- [0132] 이 단계에서, 상기 배출구를 통하여 소정 범위로 분산되어 배출되는 액체금속은 상기 분사노즐을 통과하며 상기 반응로(1) 내부로 분사된다. 전술한 바와 같이, 상기 분사노즐은 상기 배출구 하부에서 상기 배출구를 통하여 배출되는 액체금속을 통과시키며 하방으로 분사하도록 마련되며, 필요에 따라 분사 범위를 더 넓게 형성할 수 있도록 서로 다른 각도로 하방 지향될 수 있다. 따라서, 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 분사노즐을 통하여 분사되는 액체금속은 보다 넓은 범위로 분사될 수 있다.
- [0134] 10) 반응가스 주입단계(S010)
- [0135] 상기 반응가스 공급부(200)는 상기 반응로(1) 내의 열분해 반응을 위하여 상기 반응가스 주입구를 통하여 반응가스를 상기 반응로(1) 내부로 주입한다. 바람직하게는, 이 단계에서 상기 반응가스 주입구는 상기 반응로(1)의 상부에 구성되어, 상기 반응가스가 상기 반응로(1) 상부로 유입되며, 이후 단계에서, 상기 반응가스와 상기 반응로(1) 상부에서 분사되는 액체금속이 접촉하여 열분해 반응이 일어난다.
- [0137] 11) 반응가스와 액체금속의 열분해 반응이 이루어지는 단계(S011)
- [0138] 상기 단계(S010)에서 반응로(1) 내부로 주입된 반응가스는 상기 단계(S009)를 통하여 상기 반응로(1) 내부에 분사된 액체금속과 열분해 반응을 일으키며 기상의 수소(H)(청록수소)가 생성된다. 이때, 상기 반응로(1) 내부에서 생성된 고순도의 수소(H)는 별도 구성된 배출구를 통하여 배출되어 포집될 수 있으며, 반응을 위하여 분사된 액체금속은 하방으로 낙하하여, 상기 반응로(1) 내부에 수용된 액체금속에 합류된다.
- [0139] 도 5의 (d)는 상기 단계들(S009 내지 S011)에서 상기 반응로(1) 내에서 분사된 액체금속과 상기 반응로에 주입된 반응가스가 열분해 반응을 일으키는 상태를 나타낸다.
- [0141] 이상과 같은 구성을 통하여 본 발명은, 천연가스의 열분해 반응로(1)의 내부에 격실개방부(11)를 형성한 내부격실(10)을 구성하고, 상기 반응로(1) 내부에 수용된 액체금속을 냉각하여 상기 내부격실(10)의 격실개방부(11)를 기밀폐쇄하며, 상기 내부격실(10)에 불활성가스로 형성된 공압으로 액체금속을 이송하고 반응로(1) 상부에서 분사함으로써, 청록수소 생성 반응을 촉진할 수 있다.
- [0142] 또한, 기밀 폐쇄된 내부격실(10)에 불활성가스를 주입하여 상기 열분해 반응로(1) 내부에 수용된 액체금속을 이송하는 공압을 형성함으로써, 청록수소 생성을 위한 열분해 반응로(1) 내에서 액체금속을 순환하기 위하여 구비되는 동력수단을 열분해 반응로(1) 외부에 배치하며, 이를 통하여 내구성 문제를 해결하고, 비용 효율이 증대된 청록수소 생성 시스템을 구축 가능한 효과가 있다.
- [0144] 본 명세서에 기재된 본 발명의 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 바람직한 실시예에 관한 것으로, 발명의 기술적 사상을 모두 포괄하는 것은 아니며, 출원시점에서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 따라서, 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 그와 같은 변경은 본 발명의 청구범위 기재의 권리범위에 속한다.

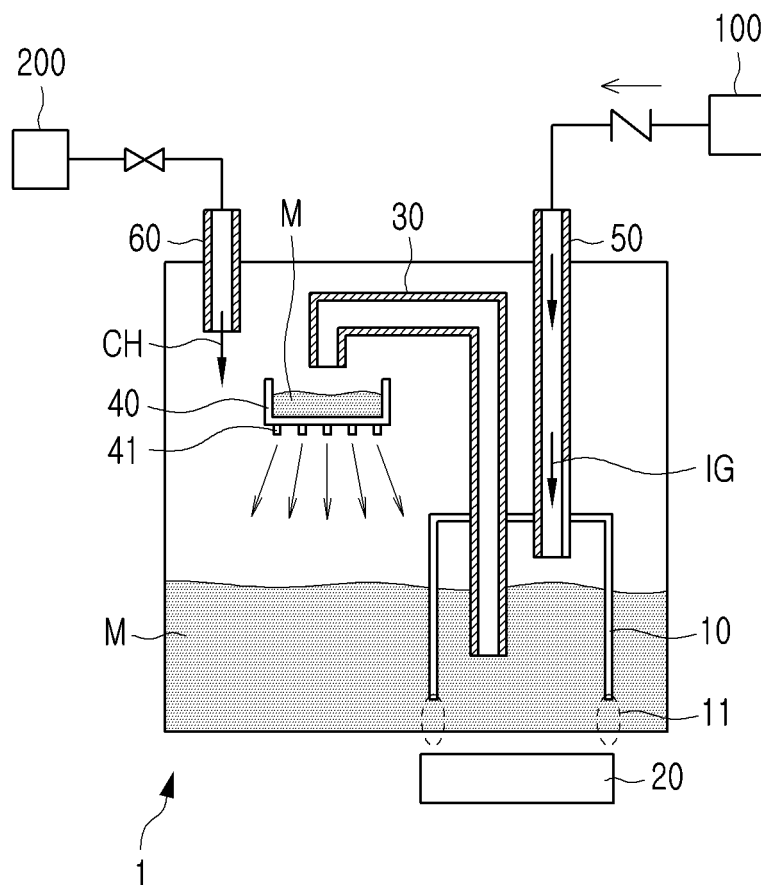
부호의 설명

- [0146] 1: 반응로
10: 내부격실
11: 격실개방부
20: 냉각기

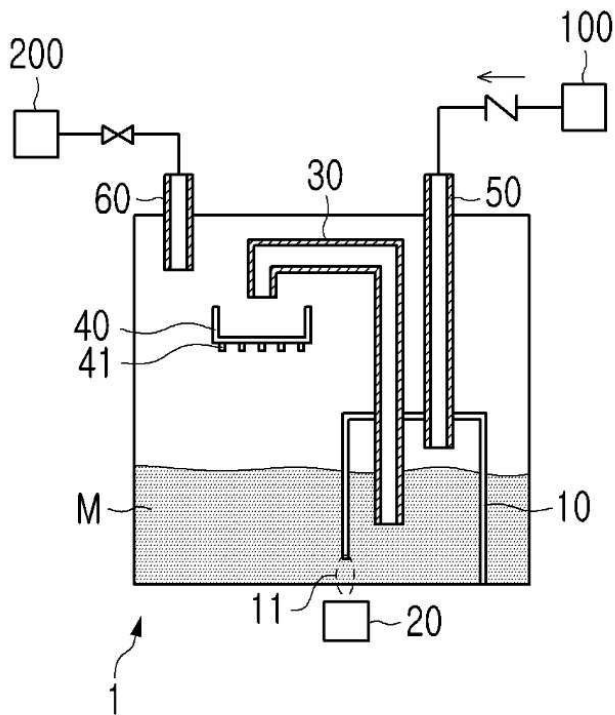
30: 이송관
40: 상부저장조
50: 불활성가스 주입관
60: 반응가스 주입관
100: 불활성가스 공급부
200: 반응가스 공급부
M: 액체금속
M': 경화된 액체금속
CH: 반응가스
H: 수소
IG: 불활성가스

도면

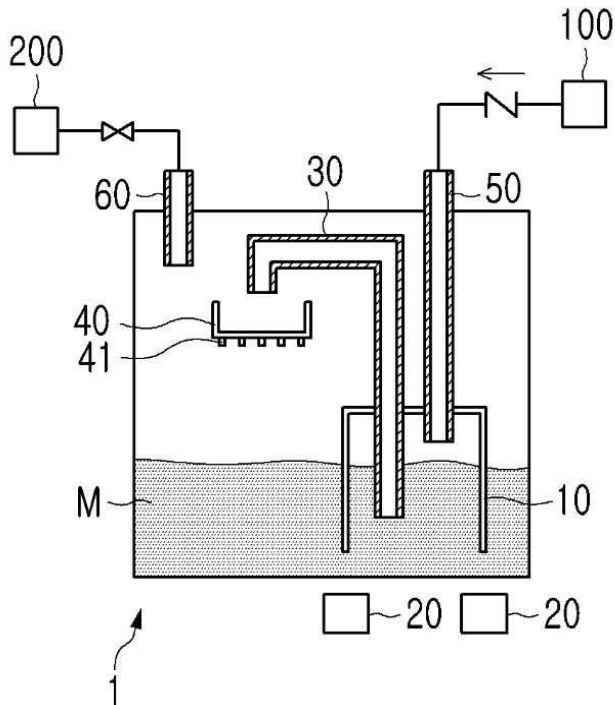
도면1



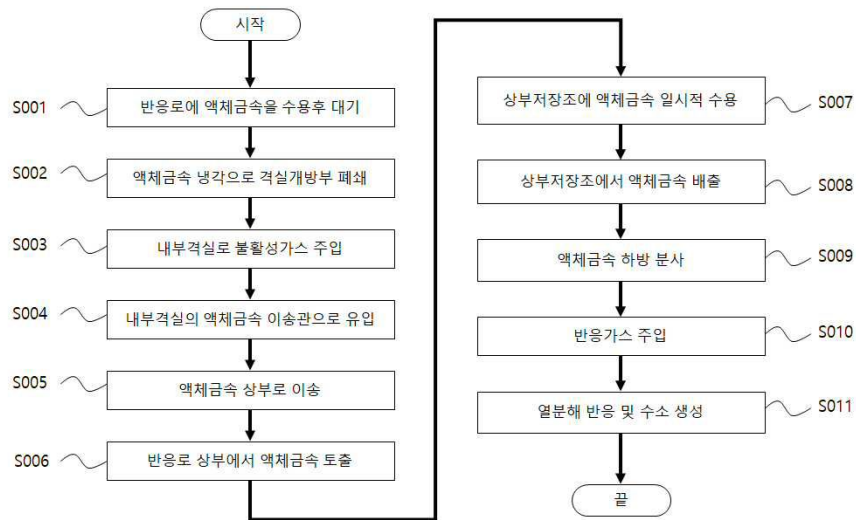
도면2



도면3



도면4



도면5

