



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0094825

(43) 공개일자 2015년08월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C01B 3/10 (2006.01) *B01J 19/18* (2006.01)

B01J 7/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0014910

(22) 출원일자 2014년02월10일

심사청구일자 2014년02월10일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

서태범

인천 연수구 해돋이로 107, 1동 5802호 (송도동, 더샵퍼스트월드)

이진규

대전광역시 동구 소호동 109번지

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 5 항

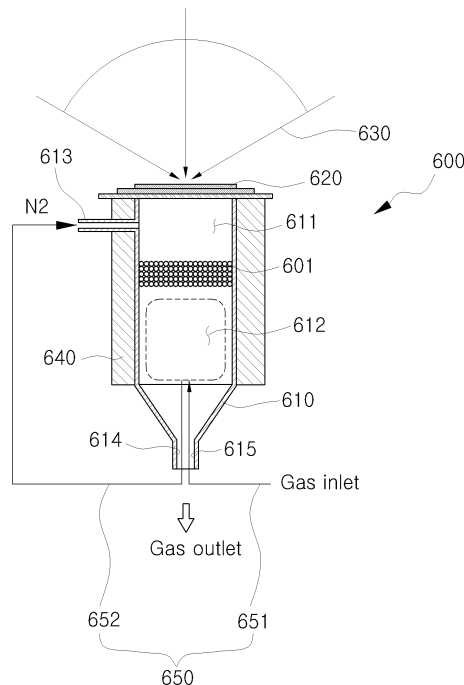
(54) 발명의 명칭 태양열 열화학 수소생산장치

(57) 요약

본 발명은, 비활성기체공급라인과, 열적산화(T-R)반응에 대응하기 위한 열적산화라인과, 물분해(W-D)반응에 대응하기 위한 물분해라인과, 수증기공급부와, 전환밸브와, 반응기를 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치에 있어서, 반응기는, 금속산화물이 담지된 다공성물질에 의하여 내부가 전방의 제1내부공간과 후방의 제2내부공간

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



으로 구획되며, 공급라인은, 일단부는 제1분기점과 연결되고 타단부는 반응기의 제2내부공간과 연통되게 연결되어 비활성기체와 수증기를 제2내부공간으로 공급하는 제1공급라인과, 일단부는 제2내부공간과 연통되고 타단부는 반응기의 제1내부공간과 연통되게 연결되어 제2내부공간에서 열교환 된 비활성기체와 수증기를 제1내부공간으로 재공급하는 제2공급라인을 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치를 제공한다.

따라서 반응기의 다공성물질에 대한 손상을 방지하여 반응기의 신뢰성을 향상시키고, 수명유지기간을 늘릴 수 있으며, 반응기의 열을 이용하여 가스의 온도를 상승시키기 때문에 에너지효율 및 반응성을 향상시킬 수 있다.

(72) 발명자

김철숙

인천 서구 청라커널로 163, 495동 202호 (경서동,
청라호반베르디움)

이창민

대구 서구 달구벌대로377길 47-42, (내당동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 48084-1

부처명 교육인적자원부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 핵심연구(개인)

연구과제명 40kWh급 고온 태양열 시스템을 이용한 수소연료 생산기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교 산학협력단

연구기간 2013.06.01 ~ 2014.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

비활성기체를 공급하는 비활성기체공급라인과, 상기 비활성기체공급라인으로부터 분기되어 열적산화(T-R)반응에 대응하기 위한 열적산화라인과, 상기 열적산화라인의 제1분기점으로부터 분기된 후 상기 열적산화라인의 제2분기점에서 다시 만나며, 물분해(W-D)반응에 대응하기 위한 물분해라인과, 상기 물분해라인과 연결되어 수증기를 공급하는 수증기공급부과, 상기 제1분기점과 상기 제2분기점에 각각 구비되어 상기 열적산화라인과 상기 물분해라인을 선택적으로 전환하는 전환밸브와, 상기 제2분기점에 연결된 공급라인을 통하여 상기 비활성기체와 상기 수증기가 유입되고 태양복사 에너지를 이용하여 수소를 발생시키는 반응기를 포함하는 태양열 열화학 수소생산 장치에 있어서,

상기 반응기는,

금속산화물이 담지 된 다공성물질에 의하여 내부가 전방의 제1내부공간과 후방의 제2내부공간으로 구획되며,

상기 공급라인은,

일단부는 상기 제1분기점과 연결되고 타단부는 상기 반응기의 제2내부공간과 연통되게 연결되어 상기 비활성기체와 상기 수증기를 상기 제2내부공간으로 공급하는 제1공급라인과,

일단부는 상기 제2내부공간과 연통되고 타단부는 상기 반응기의 제1내부공간과 연통되게 연결되어 상기 제2내부공간에서 열교환 된 상기 비활성기체와 상기 수증기를 상기 제1내부공간으로 재공급하는 제2공급라인을 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 반응기는,

전방이 개방되고, 상기 담지체에 의하여 전방으로 상기 제1내부공간이 위치하고 후방으로 상기 제2내부공간이 각각 위치하며, 상기 제1공급라인과 연결되는 제1연결구와, 상기 제2공급라인과 연결되는 제2연결구와, 배출구가 각각 형성된 본체와,

상기 본체의 전방에 결합하고 상기 제1내부공간으로 태양광이 입사되도록 투명한 재질로 형성된 윈도우와,

상기 윈도우의 측면에 구비되어 상기 윈도우로 태양광을 집광하는 접시 형상의 집광기를 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 배출구와 연결된 배출라인 상에 구비되어 상기 반응기로부터 배출되는 수증기를 물로 변환시켜 포집하는 워터트랩; 및

상기 워터트랩으로부터 배출되는 가스 중 수소를 포집 또는 저장하는 수소발생부를 더 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 반응기 외측에 단열부재(Insulation) 더 구비하는 태양열 열화학 수소생산장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 비활성기체는 질소(N₂)인 태양열 열화학 수소생산장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 태양열 열화학 수소생산장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 반응기의 손상을 방지하여 제품의 신뢰성 및 성능저하를 방지할 수 있으며, 수소생산량을 향상시킬 수 있는 태양열 열화학 수소생산장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 미래의 신재생 에너지로 각광받는 수소의 생산방법으로는 화석연료의 개질, 물의 전기분해, 생물학적 방법, 열화학사이클 이용, 천연가스의 열분해 등을 열거할 수 있다.

[0003] 그런데 위와 같은 방법들은 대체로 화석연료를 변화하거나 화석연료를 연소시키며 생산된 전기를 사용, 또는 고온의 열원을 필요로 하는 등의 2차적인 문제점을 가지고 있다. 즉, 청정 수소에너지 생산을 위하여 연소 후 CO₂나 공기 오염물질의 배출을 유발하거나 이미 고급 청정에너지인 전기를 사용한다는 것은 진정한 청정 지속 가능 에너지로서의 수소의 생산과 일치하지 않고 있다. 특히, 기존 화석연료들은 지구상의 매장량 개념에서는 채집수명이 제시되어 있다는 한계를 가진다.

[0004] 한편, 금속산화물과 태양열을 이용하여 2단계의 열화학반응에 의해 수소를 생산하는 장치가 개발되고 있으며, 이때의 2단계의 열화학반응은 다음과 같이 정의되는 2단계의 열화학사이클 반응식으로 표현된다.

[0005] 열적산화단계(T-R Step)

[0006]
$$\text{Fe}_3\text{O}_4 = 3\text{FeO} + 1/2\text{O}_2$$

[0007] 이러한 열적산화단계에서는, 태양열 등을 이용하여 페라이트(Fe₃O₄)에 고온의 열(대략 1500℃ 이상)을 가하면 페라이트는 환원, 즉 산소를 잃게 된다. 이 과정이 첫 번째 단계로써 열적환원단계(High-Temperature Thermal Reduction of metal Oxide; T-R Step)이다.

[0008] 물분해단계(W-D Step)

[0009]
$$3\text{FeO} + \text{H}_2\text{O}(\text{수증기}) = \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2(\text{W-D Step})$$

[0010] 위와 같은 물분해단계에서, 환원된 페라이트는 불안정한 상태로서 주위에 있는 산소를 끌어드려 원래의 안정적 상태(Fe₃O₄)로 돌아가려는 성질이 있다. 이때 수증기를 공급하게 되면 수증기의 산소를 받아들여 Fe₃O₄로 산화되고 산소를 잃은 수증기는 수소로 배출하게 된다. 이러한 과정이 두 번째 단계로써 물의 분해단계(Low-Temperature Water Decomposition with Reduced metal Oxide ;W-D Step)이다. 한편, 상기한 기술의 예로 대한민국 공개특허 제10-2011-0037327호에 2단계 열화학 물분해 반응을 이용한 수소생산용 시험장치가 개시된 바 있다.

[0011] 그런데, 상기한 종래의 태양열 열화학 수소생산장치는, 열적산화단계에서 상온상태의 비활성기체(N₂)를 반응기에 주입하고, 물분해단계에서는 수증기의 응축을 방지할 정도의 온도로만 상승시켜 반응기에 주입한다. 이 때문에, 상기한 종래의 태양열 열화학 수소생산장치는 1000℃ 내지 1500℃의 다공성물질에 차가운 가스가 주입되어, 고온의 다공성물질에 담지된 금속산화물이 상대적으로 차가운 가스와 접촉하면서 다공성물질을 손상시키거나 및 반응성을 저하시키는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은, 반응기의 다공성물질에 대한 손상을 방지하여 반응기의 신뢰성 및 반응성 저하와 같은 성능저하를 방지할 수 있으며, 이로 인하여 수소생산량 저하도 방지할 수 있는 태양열 열화학 수소생산장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명은, 비활성기체를 공급하는 비활성기체공급라인과, 상기 비활성기체공급라인으로부터 분기되어 열적산화(T-R)반응에 대응하기 위한 열적산화라인과, 상기 열적산화라인의 제1분기점으로부터 분기된 후 상기 열적산화라인의 제2분기점에서 다시 만나며, 물분해(W-D)반응에 대응하기 위한 물분해라인과, 상기 물분해라인과 연결되어 수증기를 공급하는 수증기공급부과, 상기 제1분기점과 상기 제2분기점에 각각 구비되어 상기 열적산화라인과 상기 물분해라인을 선택적으로 전환하는 전환밸브와, 상기 제2분기점에 연결된 공급라인을 통하여 상기 비활성기체와 상기 수증기가 유입되고 태양복사 에너지를 이용하여 수소를 발생시키는 반응기를 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치에 있어서, 상기 반응기는, 금속산화물이 담지된 다공성물질에 의하여 내부가 전방의 제1내부공간과 후방의 제2내부공간으로 구획되며, 상기 공급라인은, 일단부는 상기 제1분기점과 연결되고 타단부는 상기 반응기의 제2내부공간과 연통되게 연결되어 상기 비활성기체와 상기 수증기를 상기 제2내부공간으로 공급하는 제1공급라인과, 일단부는 상기 제2내부공간과 연통되고 타단부는 상기 반응기의 제1내부공간과 연통되게 연결되어 상기 제2내부공간에서 열교환된 상기 비활성기체와 상기 수증기를 상기 제1내부공간으로 재공급하는 제2공급라인을 포함하는 태양열 열화학 수소생산장치를 제공한다.
- [0014] 여기서, 상기 반응기는, 전방이 개방되고, 상기 담지체에 의하여 전방으로 상기 제1내부공간이 위치하고 후방으로 상기 제2내부공간이 각각 위치하며, 상기 제1공급라인과 연결되는 제1연결구와, 상기 제2공급라인과 연결되는 제2연결구와, 배출구가 각각 형성된 본체와, 상기 본체의 전방에 결합하고 상기 제1내부공간으로 태양광이 입사되도록 투명한 재질로 형성된 윈도우와, 상기 윈도우의 측면에 구비되어 상기 윈도우로 태양광을 집광하는 접시 형상의 집광기를 포함한다.
- [0015] 나아가, 상기 배출구와 연결된 배출라인 상에 구비되어 상기 반응기로부터 배출되는 수증기를 물로 변환시켜 포집하는 워터트랩; 및 상기 워터트랩으로부터 배출되는 가스 중 수소를 포집 또는 저장하는 수소발생부를 더 포함한다.
- [0016] 또한, 상기 반응기 외측에 단열부재(Insulation) 더 구비하는 것이 바람직하다.
- [0017] 또한, 상기 비활성기체는 질소(N₂)인 것이 바람직하다.
- [0018]

발명의 효과

- [0019] 본 발명에 따른 태양열 열화학 수소생산장치는 다음과 같은 효과를 제공한다.
- [0020] 첫째, 반응기의 다공성물질에 대한 손상을 방지하여 반응기의 신뢰성을 향상시키고, 수명유지기간을 늘릴 수 있다.
- [0021] 둘째, 다공성물질의 반응성 저하를 방지하여, 성능저하를 방지할 수 있으며, 이로 인한 수소생산량 저하도 방지할 수 있다.
- [0022] 셋째, 반응기의 열을 이용하여 가스의 온도를 상승시키기 때문에 에너지효율 및 반응성을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 태양열 열화학 수소생산장치를 나타낸 구성도이다.

도 2는 도 1의 반응기의 구성을 나타낸 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0025] 먼저, 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 태양열 열화학 수소생산장치(900; 이하 '수소생산장치'라 한다)는, 비활성기체공급라인(100)과, 열적산화라인(200)과, 열적산화라인(200)과, 수증기공급부(400)와, 전환밸브(500)와, 반응기(600)와, 워터트랩(700)과, 수소발생부(800)를 포함한다. 여기서 각 라인은 관로, 유량계, 유량제어밸브 등을 포함할 수 있으나, 상세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0026] 상기 비활성기체공급라인(100)은, 저장탱크(110)에 저장된 비활성기체를 공급하는 역할을 한다. 이때, 상기 비활성기체는, 질소(N₂)를 사용하는 것이 바람직하며, 상기 비활성기체는 열적산화단계에서 생성된 산소(O₂)의 배출, 물분해반응을 위한 수증기(Steam)의 공급, 미 반응된 수증기 및 생성된 수소(H₂)를 원활하게 배출하기 위한 압력 제공의 역할을 수행한다. 여기서, 미설명부호 120, 130은 각각 배관과 유량계를 나타낸다.
- [0027] 상기 열적산화라인(200)은, 상기 비활성기체공급라인(100)으로부터 분기되어 열적산화(T-R)반응에 대응하며, 상기 열적산화라인(200)의 제1분기점(a)으로부터 분기된 후 상기 열적산화라인(200)의 제2분기점(b)에서 다시 만나며, 물분해(W-D)반응에 대응한다.
- [0028] 상기 물분해라인(300)은, 상기 비활성기체공급라인(100)으로부터 분기되어 물분해(W-D)반응에 대응하며, 상기 제1분기점(a)에 연통되어 상기 비활성기체가 유입되고 상기 제2분기점(b)에 연통되어 있으며, 상기 수증기공급부(400)가 연결되어 상기 반응기(600)로 수증기를 공급할 수 있다.
- [0029] 한편, 상기 물분해라인(300)은 비활성기체와 상기 수증기공급부(400)에서 공급된 수증기가 유동하는 유동관(310)과, 고온의 수증기가 손실하는 열을 보충하기 위하여 열을 공급할 수 있도록 상기 유동관(310)의 외부를 감싸는 케이블히터(321; Cable heater)를 포함한다.
- [0030] 나아가, 상기 제2분기점(b)과 연결된 후술되는 공급라인(630)과 상기 반응기(600)와 상기워터트랩(700)의 연결라인(640)의 외부에도 상기 케이블히터(322, 323)를 감싸는 것이 바람직하다.
- [0031] 상기 수증기공급부(400)는, 상기 물분해라인(300) 상에 구비되어 물분해단계에서 상기 물분해라인(300)으로 고온의 수증기를 상기 반응기(600)로 공급하는 역할을 한다. 여기서, 상기 수증기공급부(400)는, 증류수저장부(420)와, 실리콘오일(Silicon oil)이 충전되어 있고 열을 받아 공급 가열되는 가열부(410)와, 상기 실리콘오일을 교반하는 교반기(430)를 포함할 수 있으나, 이에 한정하지는 않는다.
- [0032] 상기 전환밸브(500, 510, 520)는, 상기 제1분기점(a)과 상기 제2분기점(b)에 각각 구비되어 상기 열적산화라인(200)과 상기 물분해라인(300)을 선택적으로 전환한다. 즉, 상기 전환밸브(500, 510, 520)는 열적산화단계에서는 상기 열적산화라인(200)이 개방되도록 하고 상기 물분해라인(300)은 폐쇄되도록 전환하며, 반면 물분해단계에서는 상기 열적산화라인(200)은 폐쇄하고 상기 물분해라인(300)은 개방되도록 전환한다. 한편, 상기 전환밸브(500)는 열적산화단계에서 발생된 산소는 외부로 배출하고, 물분해단계에서 생성된 수소는 상기 수소발생부(800)로 보내는 역할도 한다.
- [0033] 상기 반응기(600)는, 내부에 금속산화물이 담지된 다공성물질(601; 도 2참조)을 구비하고, 상기 제2분기점(b)에 연결된 공급라인(630)을 통하여 상기 비활성기체와 상기 수증기가 유입되고 태양복사 에너지를 이용하여 2단계 열화학 반응을 하여 수소를 발생시킨다.
- [0034] 여기서, 상기 금속산화물은, 물분해반응에서 비교적 저온(400℃ 내지 600℃)에서도 반응을 유도할 수 있는 세리아계(CeO₂)물질들을 적용하는 것이 바람직하나, 이는 바람직한 실시예로 상기한 목적을 달성할 수 있다면 상기한 물질 외 페라이트계(Fe₃O₄) 물질 등 다양한 물질이 적용 가능함은 물론이다. 한편, 상기 반응기(600)에 대한 상세한 설명은 후술하기로 한다.
- [0035] 상기 워터트랩(700)은, 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)에 형성된 배출구와 연통되게 연결되어 상기 제1반응기(610)와 상기 제2반응기(620)로부터 배출되는 수증기를 물로 변환시켜 포집하고 수소는 방출하며, 수증기를 냉각시켜 액화되도록 열음(710)이 충전된 포집관 등을 적용하는 것이 바람직하다.
- [0036] 상기 수소발생부(800)는, 상기 워터트랩(700)으로부터 배출되는 가스 중 수소를 포집 또는 저장하는 역할을 한

다.

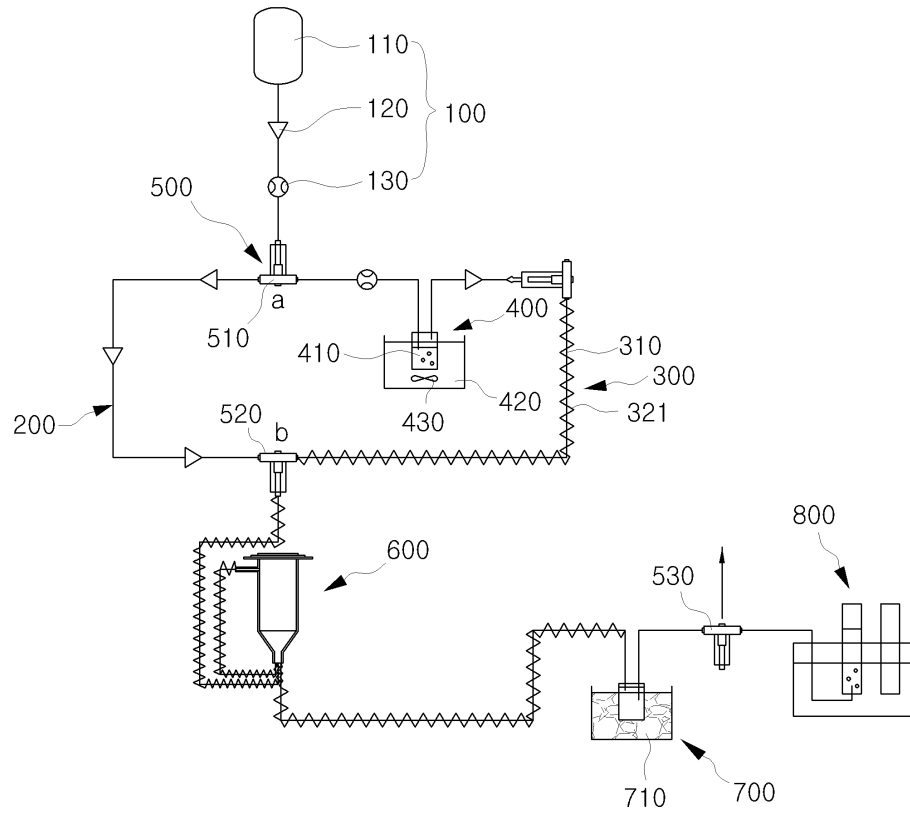
- [0037] 도 2를 참조하면, 상기 반응기(600)는, 본체(610)와, 윈도우(620)와, 집광기(630)를 포함한다. 상기 본체(610)는, 전방이 개방되고, 금속산화물이 담지된 다공성물질(601)에 의하여 전방으로 제1내부공간(611)이 위치하고, 후방으로 열교환을 수행하는 제2내부공간(612)이 각각 위치하도록 구획되어 있으며, 후술되는 제1공급라인과 연결되는 연결구(614)와, 제2공급라인(652)이 연결되는 연결구(613) 및 가스가 배출되는 배출구(615)가 각각 형성되어 있다.
- [0038] 상기 윈도우(620)는, 상기 본체(610)의 전방에 결합하고 내부로 태양광이 입사되도록 투명한 재질로 형성되어 있다.
- [0039] 상기 집광기(630)는, 접시형상으로 상기 윈도우(620)의 측면에 구비되어 상기 윈도우(620)로 태양광을 집광하는 역할을 한다.
- [0040] 상기 반응기(600)는 외측에 단열부재(640;Insulation) 더 구비하여, 상기 반응기(600)의 열손실 등을 방지할 수 있다.
- [0041] 상기 공급라인(650)은, 제1공급라인(651)과, 제2공급라인(652)을 포함한다. 상기 제1공급라인(651)은 일단부는 상기 제1분기점(a)과 연결되고 타단부는 상기 반응기(600)의 제2내부공간(612)과 연통되게 연결되어 상기 비활성기체와 상기 수증기를 상기 제2내부공간(612)으로 공급한다.
- [0042] 상기 제2공급라인(652)은, 일단부는 상기 제2내부공간(612)과 연통되고 타단부는 상기 반응기(600)의 제1내부공간(611)과 연통되게 연결되어 상기 제2내부공간(612)에서 열교환된 상기 비활성기체와 상기 수증기를 상기 제1내부공간(611)으로 재공급한다. 여기서, 상기 제2공급라인(652)은 상기 제2내부공간(612)에서 코일 형태의 열교환기 구조로 이루어져, 상기 제2내부공간(612)의 고온의 유체와 상기 제2공급라인(652)을 따라 유동하는 가스를 서로 열교환시킬 수 있다.
- [0043] 한편, 여기서 상기 반응기(600)는 상기 제1공급라인(651)과 상기 제2공급라인(652)이 연결되는 유입구(614)와 가스가 배출되는 배출구(615)가 동일한 위치로 형성된 경우를 실시예로 나타내었지만 상기한 목적을 달성할 수 있는 구조라면 다양한 실시예를 적용할 수 있음은 물론이다.
- [0044] 상기한 바와 같이, 상기 수소발생장치(900)는, 상기 반응기(600)로 주입되는 가스의 온도를 상기 반응기(600)의 제2내부공간(612)에서 열교환을 통하여 상승시킨 후 공급함으로써, 금속산화물이 담지된 다공성물질(601)의 손상을 방지하고, 주입가스의 온도 상승으로 인하여 반응성을 향상시켜 수소생산량을 향상시킬 수 있다.
- [0045] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

- [0046] 100... 비활성기체공급라인 200... 열적산화라인
- 300... 물분해라인 400... 수증기공급부
- 500... 전환밸브 600... 반응기
- 601... 다공성물질 610... 본체
- 611... 제1내부공간 612... 제2내부공간
- 620... 윈도우 630... 집광기
- 640... 단열부재 700... 워터트랩
- 800... 수소발생부 900... 수소생산장치

도면

도면1



도면2

