



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0108671  
(43) 공개일자 2023년07월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F17D 1/065 (2006.01) B01D 53/22 (2006.01)  
F04B 27/08 (2006.01) F04B 35/00 (2020.01)
- (52) CPC특허분류  
F17D 1/065 (2013.01)  
B01D 53/22 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-0027784
- (22) 출원일자 2022년03월04일  
심사청구일자 2022년03월04일
- (30) 우선권주장  
202210028111.8 2022년01월11일 중국(CN)

- (71) 출원인  
광둥 칭이 에너지 테크놀로지 컴퍼니 리미티드  
중국 광둥 선전 치엔하이 선전-홍콩 코퍼레이션  
존 치엔완 퍼스트 로드 넘버1 빌딩 에이 룸 201
- (72) 발명자  
위 화지에  
중국 지양수 난징 쉬옌우 디스트릭트 수어진 포스  
빌리지 빌딩 33 룸 602
- 인 지옌원  
중국 안후이 푸양 잉둥 디스트릭트 라오미야오 타  
운 궁평 빌리지 인라오쑹 웨스트 팀 넘버 42
- (74) 대리인  
박소현

전체 청구항 수 : 총 10 항

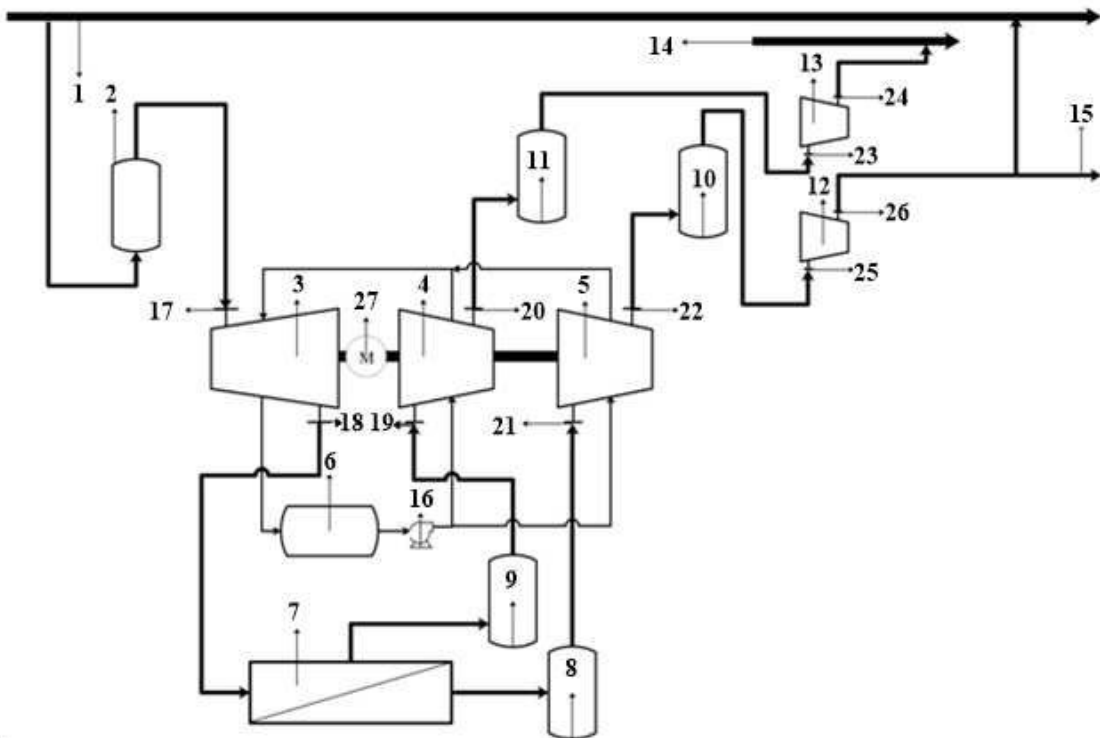
(54) 발명의 명칭 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치와 방법

(57) 요약

압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치와 방법으로서, 상기 장치는 수소도핑 천연가스 파이프라인, 압력 에너지 회수 시스템, 분리 시스템 및 승압 시스템을 포함하고; 상기 방법은 (1) 수소도핑 천연가스를 압력 에너지 회수 시스템으로 도입하는 단계; (2) 저압 수소도핑 천연가스를 분리 시스템으로 도입하고,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



분리 후 저수소 천연가스 및 고농도 수소를 형성하는 단계; (3) 각각 제1 천연가스 완충탱크 및 제1 수소 완충탱크로 도입한 후, 각각 압력 에너지 회수 시스템으로 되돌아가도록 하는 단계; (4) 각각 승압 시스템으로 도입하는 단계; (5) 각각 수소 사용자단 및 천연가스 사용자단으로 도입하거나 또는 수소도핑 천연가스 파이프라인으로 되돌아가도록 하는 단계를 포함한다. 본 발명의 방법은 에너지 소모가 적고, 압력 에너지 회수를 실현하였으며, 수소 분리의 에너지 소모를 대폭적으로 감소하였다. 종래의 수소 수송 수단에 비해, 수소도핑 천연가스 수송 단말을 사용하여 분리하면, 수소의 대규모 저비용 수송을 실현할 수 있다.

(52) CPC특허분류

**FO4B 27/0813** (2013.01)

**FO4B 35/008** (2013.01)

**B01D 2053/221** (2013.01)

**B01D 2256/16** (2013.01)

**B01D 2256/245** (2013.01)

**Y02E 60/34** (2013.01)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치에 있어서,  
 수소도핑 천연가스 파이프라인, 압력 에너지 회수 시스템, 분리 시스템 및 승압 시스템을 포함하고;  
 압력 에너지 회수 시스템은 팽창기, 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기로 구성되며;  
 팽창기에는 입기구, 배기구, 입수구 및 배수구가 설치되고;  
 제1 천연가스 압축기에는 입기구, 배기구, 입수구 및 배수구가 설치되며;  
 제1 수소 압축기에는 입기구, 배기구, 입수구 및 배수구가 설치되며;  
 팽창기와 보조모터는 함께 조립되고, 제1 천연가스 압축기와 제1 수소 압축기는 병렬되어 보조모터와 함께 조립되며;  
 분리 시스템은 분리 장치, 제1 수소 완충탱크 및 제1 천연가스 완충탱크로 구성되고;  
 분리 장치에는 입기구, 수소 배출구 및 천연가스 배출구가 설치되며;  
 제1 수소 완충탱크에는 입기구 및 배기구가 설치되고, 제1 천연가스 완충탱크에는 입기구 및 배기구가 설치되며;  
 승압 시스템은 제2 천연가스 압축기 및 제2 수소 압축기로 구성되며;  
 제2 천연가스 압축기에는 입기구 및 배기구가 설치되고, 제2 수소 압축기에는 입기구 및 배기구가 설치되며;  
 수소도핑 천연가스 파이프라인의 배기구는 주완충탱크의 유입구와 연통되고, 주완충탱크의 배출구는 팽창기의 입기구와 연통되며, 팽창기의 배기구는 분리 장치의 입기구와 연통되고, 분리 장치의 수소 배출구는 제1 수소 완충탱크의 입기구와 연통되며, 분리 장치의 천연가스 배출구는 제1 천연가스 완충탱크의 입기구와 연통되며;  
 제1 수소 완충탱크의 배기구는 제1 수소 압축기의 입기구와 연통되고, 제1 천연가스 완충탱크의 배기구는 제1 천연가스 압축기의 입기구와 연통되며;  
 제1 수소 압축기의 배기구는 제2 수소 완충탱크의 입기구와 연통되고, 제1 천연가스 압축기의 배기구는 제2 천연가스 완충탱크의 입기구와 연통되며;  
 제2 수소 완충탱크의 배기구는 제2 수소 압축기의 입기구와 연통되고, 제2 천연가스 완충탱크의 배기구는 제2 천연가스 압축기의 입기구와 연통되며;  
 제2 수소 압축기의 배기구는 수소 사용자단과 연통되거나 또는 수소도핑 천연가스 파이프라인과 연통되며;  
 제2 천연가스 압축기의 배기구는 수소도핑 천연가스 파이프라인과 연통되거나 또는 천연가스 사용자단과 연통되는 것을 특징으로 하는 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 상기 팽창기의 배수구는 저수조의 입수구와 연통되고, 저수조의 배수구는 물펌프가 있는 파이프라인을 통해 동시에 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기의 입수구와 연통되며;  
 제1 천연가스 압축기의 배수구 및 제1 수소 압축기의 배수구는 동시에 파이프라인을 통해 팽창기의 입수구와 연통되는 것을 특징으로 하는 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 분리 장치는 막분리 장치, 변압 흡착 장치 또는 막분리-변압 흡착 장치인 것을 특징으로 하는 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치.

### 청구항 4

압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 방법에 있어서,

제1항의 장치를 사용하는 바,

- (1) 수소도핑 천연가스 파이프라인의 수소도핑 천연가스를 주완충탱크 내에 도입하고, 주완충탱크 내의 수소도핑 천연가스를 팽창기에 도입하며, 팽창기의 압력 해제 후 저압 수소도핑 천연가스를 형성하며; 압력 에너지 회수 장치는 시동부터 안정 작동까지 두 단계가 있는 바, 그 것은 각각 초기 단계 및 안정 단계이며; 초기 단계에서 수소도핑 천연가스를 팽창기에 도입하고, 보조모터를 통해 압력 에너지 회수 시스템에 주요 동력을 제공하며, 가스 팽창에 의해 방출되는 에너지는 일부 동력을 제공하며; 가스 팽창 과정에서, 보조모터에 의해 제공되는 동력이 점차적으로 감소되고 또한 가스 팽창에 의해 제공되는 동력이 점차적으로 증가하도록 제어하며; 팽창기의 터빈 임펠러 속도가 안정 상태에 도달한 후, 안정 단계에 진입하며, 이때 보조모터는 팽창기의 터빈 임펠러 속도를 정상 작동 범위로 유지하기 위해서만 사용되는 단계;
- (2) 저압 수소도핑 천연가스를 분리 장치로 도입하고, 분리 후 각각 수소 배출구 및 천연가스 배출구로부터 배출하며, 각각 저수소 천연가스 및 고농도 수소를 형성하며; 상기 저수소 천연가스 중 수소의 체적 농도가  $\leq 3\%$  이고; 상기 고농도 수소의 수소 체적 농도가  $\geq 80\%$ 인 단계;
- (3) 저수소 천연가스 및 고농도 수소를 각각 제1 천연가스 완충탱크 및 제1 수소 완충탱크로 도입한 후, 각각 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기로 도입하며, 제1회 압축 후 각각 1차 압축 천연가스 및 1차 압축 수소를 형성하는 단계;
- (4) 1차 압축 천연가스 및 1차 압축 수소를 각각 제2 천연가스 완충탱크 및 제2 수소 완충탱크로 도입한 후, 각각 제2 천연가스 압축기 및 제2 수소 압축기로 도입하며, 제2회 압축 후 각각 2차 압축 천연가스 및 2차 압축 수소를 형성하는 단계;
- (5) 2차 압축 천연가스 및 2차 압축 수소를 각각 천연가스 사용자단 및 수소 사용자단으로 도입하거나 또는 수소도핑 천연가스 파이프라인으로 되돌아가도록 하는 단계에 따라 수행되는 것을 특징으로 하는 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 방법.

### 청구항 5

제4항에 있어서,

단계 (3)에서, 팽창기의 터빈 임펠러 속도가 안정 상태에 도달한 후, 가스가 팽창기 내에서 팽창할 때 팽창기의 임펠러를 밀어 회전시키고; 팽창기의 임펠러가 회전할 때, 회전축을 회전시켜 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기에 기계적 에너지를 공급하는 것을 특징으로 하는 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 방법.

### 청구항 6

제4항에 있어서,

단계 (3)에서, 저수조와 함께 조립된 물펌프를 가동시켜, 저수조 내의 냉각수를 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기로 도입시키며; 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기 작동시 생성되는 열에너지는 냉각수에 의해 흡수되고, 열에너지를 흡수한 냉각수를 팽창기로 도입하며, 팽창기 작동시 생성되는 잔류냉기와 열교환하여, 다시 냉각수를 형성하여 저수조로 되돌아가도록 하며; 이 과정에서, 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기에

의해 생성되는 열에너지는 팽창기에 의해 생성되는 냉에너지와 중화되는 것을 특징으로 하는 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 방법.

**청구항 7**

제4항에 있어서,

단계 (1)에서, 수소도핑 천연가스 파이프라인 내의 수소도핑 천연가스의 압력이  $\leq 10\text{MPa}$ 인 것을 특징으로 하는 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 방법.

**청구항 8**

제4항에 있어서,

단계 (1)에서, 팽창기 압력 해제후 형성되는 저압 수소도핑 천연가스의 압력이  $\leq 4\text{MPa}$ 인 것을 특징으로 하는 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 방법.

**청구항 9**

제4항에 있어서,

단계 (3)에서, 1차 압축 천연가스의 압력이 수소도핑 천연가스 압력의 50~95%이고; 1차 압축 수소의 압력이 수소도핑 천연가스 압력의 50~95%인 것을 특징으로 하는 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 방법.

**청구항 10**

제4항에 있어서,

단계 (3)에서, 팽창기를 사용하여 압력 해제할 때 기계적 에너지를 회수하고, 회수된 기계적 에너지를 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기의 기계적 에너지로 하며, 기계적 에너지의 회수율이 50~95%인 것을 특징으로 하는 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 에너지 기술 분야에 속하는 바, 특히 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치와 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 수소 에너지는 전 세계 범위 내에서 여러 나라의 지속적인 지원을 받아왔으며, 현재 일본, 호주, 독일, 이탈리아 등 선진국에서 수소도핑 천연가스에 대한 연구를 활발히 진행하고 있는 바, 수소 에너지가 천연가스 산업 적용에서 트렌드가 될 것이라고 말할 수 있다. 현재 천연가스로부터 수소를 분리하는 방법에는 극저온 분리, 막분리 및 PSA 공정이 있다. 예를 들어 공개 번호 CN101535174A의 특허 출원에는 수소의 분리 방법 및 분리 장치가 보고되어 있는 바, 이는 PSA 공정을 활용하고 있으며, 상기 공정 프로세스는 흡착 공정과 탈착 공정을 포함하는 사이클을 반복하는 공정으로서, 상기 흡착 공정에서, 혼합가스를 흡착탑으로 도입하고, 흡착제를 통해 혼합가스에 포함된 불필요한 가스를 흡착하여, 수소 농도가 높은 제품 가스를 흡착탑으로부터 도출하며, 상기 탈착 공정에서, 불필요한 가스를 흡착재료로부터 탈착시키고, 흡착탑으로부터 도출시킨다. 공개 번호 CN108147365A의 특허 출원에 보고된 분리 방법은 본질적으로 막분리 방법을 활용하고 있으며, 이는 수소 분리의 목적을 달성하기 위해 막 재료의 선택적 투과성을 활용하고 있다.

[0003] 위에서 언급한 수소 공정 방법은 일반적으로 에너지 소모가 크고 투자비가 많이 든다는 단점이 있는 바, 극저온 분리 공정은 대량의 가스를 액화해야 하고; PSA 공정은 가압과 감압을 반복해야 하며; 막분리 공정은, 고농도의 가압 가스에 대해 그 작동 에너지 소모가 여러 가지 방법 중 가장 낮지만, 가스가 가압되어 있지 않을 경우 압력을 제공하기 위한 압축기를 필요로 한다.

[0004] 위에서 언급한 여러 가지 분리 방법의 높은 작동 에너지 소모는, 수소도핑 천연가스 분리에 활용되는 주요 제한 요인 중 하나이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0005] 상기와 같은 종래의 수소 천연가스 혼합수송 기술의 단점을 감안하여, 본 발명은 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치와 방법을 제공하는 바, 압력 에너지 회수 모듈, 막분리 모듈 및 승압 모듈을 활용하여, 수소도핑 천연가스의 압력 해제후 압력 에너지를 기계적 에너지로 변환하여, 분리된 수소/천연가스 가압에 동력을 제공하고, 압력 에너지를 회수하며, 시스템 작동 에너지를 줄인다.

**과제의 해결 수단**

[0006] 본 발명의 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치는 수소도핑 천연가스 파이프라인, 압력 에너지 회수 시스템, 분리 시스템 및 승압 시스템을 포함하고; 압력 에너지 회수 시스템은 팽창기, 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기로 구성되며; 팽창기에는 입기구, 배기구, 입수구 및 배수구가 설치되고; 제1 천연가스 압축기에는 입기구, 배기구, 입수구 및 배수구가 설치되며; 제1 수소 압축기에는 입기구, 배기구, 입수구 및 배수구가 설치되며; 팽창기와 보조모터는 함께 조립되고, 제1 천연가스 압축기와 제1 수소 압축기는 병렬되어 보조모터와 함께 조립되며; 분리 시스템은 분리 장치, 제1 수소 완충탱크 및 제1 천연가스 완충탱크로 구성되고; 분리 장치에는 입기구, 수소 배출구 및 천연가스 배출구가 설치되며; 제1 수소 완충탱크에는 입기구 및 배기구가 설치되고, 제1 천연가스 완충탱크에는 입기구 및 배기구가 설치되며; 승압 시스템은 제2 천연가스 압축기 및 제2 수소 압축기로 구성되며; 제2 천연가스 압축기에는 입기구 및 배기구가 설치되고, 제2 수소 압축기에는 입기구 및 배기구가 설치되며; 수소도핑 천연가스 파이프라인의 배기구는 주완충탱크의 유입구와 연통되고, 주완충탱크의 배출구는 팽창기의 입기구와 연통되며, 팽창기의 배기구는 분리 장치의 입기구와 연통되고, 분리 장치의 수소 배출구는 제1 수소 완충탱크의 입기구와 연통되며, 분리 장치의 천연가스 배출구는 제1 천연가스 완충탱크의 입기구와 연통되며; 제1 수소 완충탱크의 배기구는 제1 수소 압축기의 입기구와 연통되고, 제1 천연가스 완충탱크의 배기구는 제1 천연가스 압축기의 입기구와 연통되며; 제1 수소 압축기의 배기구는 제2 수소 완충탱크의 입기구와 연통되고, 제1 천연가스 압축기의 배기구는 제2 천연가스 완충탱크의 입기구와 연통되며; 제2 수소 완충탱크의 배기구는 제2 수소 압축기의 입기구와 연통되고, 제2 천연가스 완충탱크의 배기구는 제2 천연가스 압축기의 입기구와 연통되며; 제2 수소 압축기의 배기구는 수소 사용자단과 연통되거나 또는 수소도핑 천연가스 파이프라인과 연통되며; 제2 천연가스 압축기의 배기구는 수소도핑 천연가스 파이프라인과 연통되거나 또는 천연가스 사용자단과 연통된다.

[0007] 상기 장치에서, 팽창기의 배수구는 저수조의 입수구와 연통되고, 저수조의 배수구는 물펌프가 있는 파이프라인을 통해 동시에 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기의 입수구와 연통되며; 제1 천연가스 압축기의 배수구 및 제1 수소 압축기의 배수구는 동시에 파이프라인을 통해 팽창기의 입수구와 연통된다.

[0008] 상기 장치에서, 분리 장치는 막분리 장치, 변압 흡착 장치 또는 막분리-변압 흡착 장치이다.

[0009] 본 발명의 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 방법은 이하의 단계에 따라 수행된다.

[0010] (1) 수소도핑 천연가스 파이프라인의 수소도핑 천연가스를 주완충탱크 내에 도입하고, 주완충탱크 내의 수소도핑 천연가스를 팽창기에 도입하며, 팽창기의 압력 해제 후 저압 수소도핑 천연가스를 형성하며; 압력 에너지 회수 장치는 시동부터 안정 작동까지 두 단계가 있는 바, 그 것은 각각 초기 단계 및 안정 단계이며; 초기 단계에서 수소도핑 천연가스를 팽창기에 도입하고, 보조모터를 통해 압력 에너지 회수 시스템에 주요 동력을 제공하며, 가스 팽창에 의해 방출되는 에너지는 일부 동력을 제공하며; 가스 팽창 과정에서, 보조모터에 의해 제공되는 동력이 점차적으로 감소되고 또한 가스 팽창에 의해 제공되는 동력이 점차적으로 증가하도록 제어하며; 팽창기의 터빈 임펠러 속도가 안정 상태에 도달한 후, 안정 단계에 진입하며, 이때 보조모터는 팽창기의 터빈 임펠러 속도를 정상 작동 범위로 유지하기 위해서만 사용되는 단계;

- [0011] (2) 저압 수소도핑 천연가스를 분리 장치로 도입하고, 분리 후 각각 수소 배출구 및 천연가스 배출구로부터 배출하며, 각각 저수소 천연가스 및 고농도 수소를 형성하며; 상기 저수소 천연가스 중 수소의 체적 농도가  $\leq 3\%$  이고; 상기 고농도 수소의 수소 체적 농도가  $\geq 80\%$ 인 단계;
- [0012] (3) 저수소 천연가스 및 고농도 수소를 각각 제1 천연가스 완충탱크 및 제1 수소 완충탱크로 도입한 후, 각각 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기로 도입하며, 제1회 압축 후 각각 1차 압축 천연가스 및 1차 압축 수소를 형성하는 단계;
- [0013] (4) 1차 압축 천연가스 및 1차 압축 수소를 각각 제2 천연가스 완충탱크 및 제2 수소 완충탱크로 도입한 후, 각각 제2 천연가스 압축기 및 제2 수소 압축기로 도입하며, 제2회 압축 후 각각 2차 압축 천연가스 및 2차 압축 수소를 형성하는 단계;
- [0014] (5) 2차 압축 천연가스 및 2차 압축 수소를 각각 천연가스 사용자단 및 수소 사용자단으로 도입하거나 또는 수소도핑 천연가스 파이프라인으로 되돌아가도록 하는 단계.
- [0015] 상기 단계 (3)에서, 팽창기의 터빈 임펠러 속도가 안정 상태에 도달한 후, 가스가 팽창기 내에서 팽창할 때 팽창기의 임펠러를 밀어 회전시키고; 팽창기의 임펠러가 회전할 때, 회전축을 회전시켜 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기에 기계적 에너지를 공급한다.
- [0016] 상기 단계 (3)에서, 저수조와 함께 조립된 물펌프를 가동시켜, 저수조 내의 냉각수를 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기로 도입시키며; 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기 작동시 생성되는 열에너지는 냉각수에 의해 흡수되고, 열에너지를 흡수한 냉각수를 팽창기로 도입하며, 팽창기 작동시 생성되는 잔류냉기와 열교환하여, 다시 냉각수를 형성하여 저수조로 되돌아가도록 하며; 이 과정에서, 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기에 의해 생성되는 열에너지는 팽창기에 의해 생성되는 냉에너지와 중화된다.
- [0017] 상기 단계 (1)에서, 수소도핑 천연가스 파이프라인 내의 수소도핑 천연가스의 압력은  $\leq 10\text{MPa}$ 이다.
- [0018] 상기 단계 (1)에서, 팽창기 압력 해제후 형성되는 저압 수소도핑 천연가스의 압력은  $\leq 4\text{MPa}$ 이다.
- [0019] 상기 단계 (3)에서, 1차 압축 천연가스의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 50~95%이고; 1차 압축 수소의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 50~95%이다.
- [0020] 상기 단계 (3)에서, 팽창기를 사용하여 압력 해제할 때 기계적 에너지를 회수하고, 회수된 기계적 에너지를 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기의 기계적 에너지로 하며, 기계적 에너지의 회수율은 50~95%이다.
- [0021] 상기 단계 (4)에서, 2차 압축 천연가스의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 1.1~1.2배이고; 2차 압축 수소가 수소도핑 천연가스 파이프라인으로 되돌아갈 때, 그 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 1.1~1.2배이며; 2차 압축 수소가 수소 사용자단으로 도입될 때, 그 압력은 사용자 수요에 따라 설정한다.

**발명의 효과**

- [0022] 본 발명의 방법은 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 수소도핑 혼합수송 분리 공정에 관한 것인 바, 압력 에너지 회수가 없는 공정의 에너지 소모는 압력 에너지 회수가 있는 공정보다 훨씬 높으며; 압력 에너지 회수 장치의 열균형 시스템을 사용하고, 압력 에너지 장치의 팽창 및 압축에 의해 생성되는 열량을 이용하여, 장치 자체의 열균형을 유지한다. 본 발명의 방법은 에너지 소모가 적고, 압력 에너지 회수를 실현하였으며, 압축기의 기계적 에너지로 변환하여, 수소 분리의 에너지 소모를 대폭적으로 감소하였다. 종래의 수소 수송 수단(롱튜브 트레일러, 액화수소 탱커)에 비해, 천연가스 수소도핑 수송 단말을 사용하여 분리하면, 수소의 대규모 저비용 수송을 실현할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0023] 도 1은 본 발명의 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치의 구조 개략도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0024] 본원의 목적, 기술적 해결 수단 및 장점을 보다 명확하게 하기 위해, 이하에서는 도면 및 실시예와 결합하여 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 본 명세서에 기재된 특정 실시예는 본 발명을 설명하기 위해 사용된 것일 뿐, 본 발명을 제한하려는 것이 아님을 이해해야 한다. 또한, 이하에서 설명하는 본 발명의 다양한 실시형태에서 언급된 기술적 특징들은 서로 충돌하지 않는 한 조합될 수 있다.

- [0025] 본 발명의 실시예 중의 막분리 장치는 "330,000톤/년 건식 가스 추출을 위한 새로운 공정의 엔지니어링 활용에 관한 연구"(Shuang WEN) 문서에 기록된 수소 분리막 시스템을 기반으로 하며, 주요 기능은 수소와 원료 가스를 분리하는 것이며, 상이한 수소 농도의 원료 가스를 분리하여 고농도 수소를 얻는다.
- [0026] 본 발명의 실시예 중의 변압 흡착 장치는 공개 번호 CN101535174A의 특허 "수소 분리 방법 및 분리 장치"에 기재된 방식을 기반으로 하며, 그 주요 기능은 수소와 원료 가스를 분리하는 것이며, 상이한 가압 흡착과 감압 탈착의 사이클 교대를 활용하여 수소 분리를 실현한다.
- [0027] 본 발명의 실시예 중의 막분리-변압 흡착 장치는 "천만톤 정제소의 수소 회수 장치에서의 막분리 및 PSA 커플링 공정의 활용 및 그 작동 상황 분석"(Yongyang YU) 문서에 기록된 내용을 기반으로 하며, 그 공정 막분리 장치는 수소 농도를 담당하고, 변압 흡착 분리 장치는 수소 정제를 담당하여, 분리에 의한 고순도 수소 획득을 실현한다.
- [0028] 본 발명의 실시예에서, 냉각수의 온도는 상온이고, 열에너지를 흡수하는 냉각수의 온도는  $\leq 35^{\circ}\text{C}$ 이다.
- [0029] 본 발명의 실시예 중의 안정 상태는 팽창기의 작동 파라미터가 정상치 범위 내에 있는 것을 가리킨다.
- [0030] **실시예 1**
- [0031] 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치의 구조는 도 1에 도시된 바와 같은 바, 수소도 펌 천연가스 파이프라인(1), 압력 에너지 회수 시스템, 분리 시스템 및 승압 시스템을 포함한다.
- [0032] 압력 에너지 회수 시스템은 팽창기(3), 제1 천연가스 압축기(4) 및 제1 수소 압축기(5)로 구성되고; 팽창기(3)에는 팽창기의 입기구(17), 팽창기의 배기구(18), 팽창기의 입수구 및 팽창기의 배수구로 설치되며; 제1 천연가스 압축기(4)에는 제1 천연가스 압축기의 입기구(19), 제1 천연가스 압축기의 배기구(20), 제1 천연가스 압축기의 입수구 및 제1 천연가스 압축기의 배수구가 설치되며; 제1 수소 압축기(5)에는 제1 수소 압축기의 입기구(21), 제1 수소 압축기의 배기구(22), 제1 수소 압축기의 입수구 및 제1 수소 압축기의 배수구가 설치된다.
- [0033] 팽창기(3)와 보조모터(27)는 함께 조립되고, 제1 천연가스 압축기(4)와 제1 수소 압축기(5)는 병렬되어 보조모터(27)와 함께 조립되며; 분리 시스템은 분리 장치(7), 제1 수소 완충탱크(8) 및 제1 천연가스 완충탱크(9)로 구성된다.
- [0034] 분리 장치(7)에는 입기구, 수소 배출구 및 천연가스 배출구가 설치되며; 제1 수소 완충탱크(8)에는 입기구 및 배기구가 설치되고, 제1 천연가스 완충탱크(9)에는 입기구 및 배기구가 설치되며; 승압 시스템은 제2 천연가스 압축기(12) 및 제2 수소 압축기(13)로 구성되고; 제2 천연가스 압축기(12)에는 제2 천연가스 압축기의 입기구(23) 및 제2 천연가스 압축기의 배기구(24)가 설치되고, 제2 수소 압축기에는 제2 수소 압축기의 입기구(25) 및 제2 수소 압축기의 배기구(26)가 설치된다.
- [0035] 수소도펌 천연가스 파이프라인(1)의 배기구는 주완충탱크(2)의 유입구와 연통되고, 주완충탱크(2)의 배출구는 팽창기의 입기구(17)와 연통되며, 팽창기의 배기구(18)는 분리 장치(7)의 입기구와 연통되고, 분리 장치(7)의 수소 배출구는 제1 수소 완충탱크(8)의 입기구와 연통되며, 분리 장치(7)의 천연가스 배출구는 제1 천연가스 완충탱크(9)의 입기구와 연통된다.
- [0036] 제1 수소 완충탱크(8)의 배기구는 제1 수소 압축기의 입기구(21)와 연통되고, 제1 천연가스 완충탱크(9)의 배기구는 제1 천연가스 압축기의 입기구(19)와 연통된다.
- [0037] 제1 수소 압축기의 배기구(22)는 제2 수소 완충탱크(10)의 입기구와 연통되고, 제1 천연가스 압축기의 배기구(20)는 제2 천연가스 완충탱크(11)의 입기구와 연통되며; 제2 수소 완충탱크(10)의 배기구는 제2 수소 압축기의 입기구(25)와 연통되고, 제2 천연가스 완충탱크(11)의 배기구는 제2 천연가스 압축기의 입기구(23)와 연통되며; 제2 수소 압축기의 배기구(26)는 수소 사용자단을 연결하는 파이프라인(15)과 연통되거나 또는 수소도펌 천연가스 파이프라인(1)과 연통되며; 제2 천연가스 압축기의 배기구(24)는 천연가스 사용자단을 연결하는 파이프라인(14)과 연통된다.
- [0038] 팽창기(3)의 배수구는 저수조(6)의 입수구와 연통되고, 저수조(6)의 배수구는 물펌프(16)가 있는 파이프라인을 통해 동시에 제1 천연가스 압축기(4) 및 제1 수소 압축기(5)의 입수구와 연통되며; 제1 천연가스 압축기(4)의 배수구 및 제1 수소 압축기(5)의 배수구는 동시에 파이프라인을 통해 팽창기(3)의 입수구와 연통된다.
- [0039] 분리 장치(7)는 막분리 장치이다.



- [0040] 방법은 이하의 단계에 따라 수행된다.
- [0041] 수소도핑 천연가스 파이프라인의 수소도핑 천연가스를 주완충탱크 내에 도입하고, 주완충탱크 내의 수소도핑 천연가스를 팽창기에 도입하며, 팽창기의 압력 해제 후 저압 수소도핑 천연가스를 형성하며; 압력 에너지 회수 장치는 시동부터 안정 작동까지 두 단계가 있는 바, 그 것은 각각 초기 단계 및 안정 단계이며; 초기 단계에서 수소도핑 천연가스를 팽창기에 도입하고, 보조모터를 통해 압력 에너지 회수 시스템에 주요 동력을 제공하며, 가스 팽창에 의해 방출되는 에너지는 일부 동력을 제공하며; 가스 팽창 과정에서, 보조모터에 의해 제공되는 동력이 점차적으로 감소되고 또한 가스 팽창에 의해 제공되는 동력이 점차적으로 증가하도록 제어하며; 팽창기의 터빈 임펠러 속도가 안정 상태에 도달한 후, 안정 단계에 진입하며, 이때 보조모터는 팽창기의 터빈 임펠러 속도를 정상 작동 범위로 유지하기 위해서만 사용된다.
- [0042] 저압 수소도핑 천연가스를 분리 장치로 도입하고, 분리 후 각각 수소 배출구 및 천연가스 배출구로부터 배출하며, 각각 저수소 천연가스 및 고농도 수소를 형성하며; 상기 저수소 천연가스 중 수소의 체적 농도는  $\leq 3\%$ 이고; 상기 고농도 수소의 수소 체적 농도는  $\geq 80\%$ 이다.
- [0043] 저수소 천연가스 및 고농도 수소를 각각 제1 천연가스 완충탱크 및 제1 수소 완충탱크로 도입한 후, 각각 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기로 도입하며, 제1회 압축 후 각각 1차 압축 천연가스 및 1차 압축 수소를 형성하며; 팽창기의 터빈 임펠러 속도가 안정 상태에 도달한 후, 가스가 팽창기 내에서 팽창할 때 팽창기의 임펠러를 밀어 회전시키고; 팽창기의 임펠러가 회전할 때, 회전축을 회전시켜 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기에 기계적 에너지를 공급하며; 저수조와 함께 조립된 물펌프를 가동시켜, 저수조 내의 냉각수를 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기로 도입시키며; 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기 작동시 생성되는 열에너지는 냉각수에 의해 흡수되고, 열에너지를 흡수한 냉각수를 팽창기로 도입하며, 팽창기 작동시 생성되는 잔류 냉기와 열교환하여, 다시 냉각수를 형성하여 저수조로 되돌아가도록 하며; 이 과정에서, 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기에 의해 생성되는 열에너지는 팽창기에 의해 생성되는 냉에너지와 중화된다.
- [0044] 1차 압축 천연가스 및 1차 압축 수소를 각각 제2 천연가스 완충탱크 및 제2 수소 완충탱크로 도입한 후, 각각 제2 천연가스 압축기 및 제2 수소 압축기로 도입하며, 제2회 압축 후 각각 2차 압축 천연가스 및 2차 압축 수소를 형성한다.
- [0045] 2차 압축 천연가스 및 2차 압축 수소를 각각 천연가스 사용자단 및 수소 사용자단으로 도입하거나 또는 수소도핑 천연가스 파이프라인으로 되돌아가도록 한다.
- [0046] 수소도핑 천연가스 파이프라인 내의 수소도핑 천연가스의 압력은 10MPa이고, 그 성분은 체적 백분율에 따라  $H_2$ 가 10%이고  $CH_4$ 가 90%이다.
- [0047] 저압 수소도핑 천연가스의 압력은 4Mpa이다.
- [0048] 1차 압축 천연가스의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 95%이고; 1차 압축 수소의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 95%이다.
- [0049] 팽창기를 사용하여 압력 해제할 때 기계적 에너지를 회수하고, 회수된 기계적 에너지를 제1 천연가스 압축기 및 제1 수소 압축기의 기계적 에너지로 하고, 기계적 에너지의 회수율은 95%이다.
- [0050] 2차 압축 천연가스의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 1.1배이고; 2차 압축 수소가 수소도핑 천연가스 파이프라인으로 되돌아갈 때, 그 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 1.1배이며; 2차 압축 수소가 수소 사용자단으로 도입될 때, 그 압력은 사용자 수요에 따라 설정한다. 본 실시예의 장치 및 방법을 사용하면, 열교환 후 총전력이 20kw이고; 압력 에너지 회수 장치가 없는 경우, 압축기에 의해 승압을 수행해야 할 필요가 있으며, 총전력이 65kw이며, 동시에 10MPa로부터 4MPa로 감압하는 압력 에너지를 낭비하게 된다.
- [0051] **실시예 2**
- [0052] 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치의 구조는 실시예 1과 유사한 바, 상이점은 분리 장치(7)가 변압 흡착 장치인 것이다.
- [0053] 방법은 실시예 1과 유사한 바, 상이점은 다음과 같다.
- [0054] (1) 저수소 천연가스 중 수소의 체적 농도는 2%이고; 상술한 고농도 수소의 수소 체적 농도는 85%이다.
- [0055] (2) 수소도핑 천연가스 파이프라인 내의 수소도핑 천연가스의 압력은 9MPa이다.

- [0056] (3) 팽창기 압력 해제 후 저압 수소도핑 천연가스를 형성하는 압력은 4.5MPa이다.
- [0057] (4) 1차 압축 천연가스의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 80%이고; 1차 압축 수소의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 80%이다.
- [0058] (5) 기계적 에너지의 회수율은 80%이다.
- [0059] (6) 2차 압축 천연가스의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 1.2배이고; 2차 압축 수소가 수소도핑 천연가스 파이프라인으로 되돌아갈 때, 그 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 1.2배이다.
- [0060] **실시예 3**
- [0061] 압력 에너지 회수 기반의 수소 천연가스 혼합수송 및 분리 장치의 구조는 실시예 1과 유사한 바, 상이점은 분리 장치(7)가 막분리-변압 흡착 장치인 것이다.
- [0062] 방법은 실시예 1과 유사한 바, 상이점은 다음과 같다.
- [0063] (1) 저수소 천연가스 중 수소의 체적 농도는 2%이고; 상술한 고농도 수소의 수소 체적 농도는 85%이다.
- [0064] (2) 수소도핑 천연가스 파이프라인 내의 수소도핑 천연가스의 압력은 8MPa이다.
- [0065] (3) 팽창기 압력 해제 후 저압 수소도핑 천연가스를 형성하는 압력은 3MPa이다.
- [0066] (4) 1차 압축 천연가스의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 50%이고; 1차 압축 수소의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 50%이다.
- [0067] (5) 기계적 에너지의 회수율은 50%이다.
- [0068] (6) 2차 압축 천연가스의 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 1.2배이고; 2차 압축 수소가 수소도핑 천연가스 파이프라인으로 되돌아갈 때, 그 압력은 수소도핑 천연가스 압력의 1.2배이다.

**부호의 설명**

- [0069] 1: 수소도핑 천연가스 파이프라인;
- 2: 주원충탱크;
- 3: 팽창기;
- 4: 제1 천연가스 압축기;
- 5: 제1 수소 압축기;
- 6: 저수조;
- 7: 분리 시스템;
- 8: 제1 수소 원충탱크;
- 9: 제1 천연가스 원충탱크;
- 10: 제2 수소 원충탱크;
- 11: 제2 천연가스 원충탱크;
- 12: 제2 수소 압축기;
- 13: 제2 천연가스 압축기;
- 14: 천연가스 사용자단을 연결하는 파이프라인;
- 15: 수소 사용자단을 연결하는 파이프라인;
- 16: 물펌프;
- 17: 팽창기의 입기구;
- 18: 팽창기의 배기구;

- 19: 제1 천연가스 압축기의 입기구;
- 20: 제1 천연가스 압축기의 배기구;
- 21: 제1 수소 압축기의 입기구;
- 22: 제1 수소 압축기의 배기구;
- 23: 제2 천연가스 압축기의 입기구;
- 24: 제2 천연가스 압축기의 배기구;
- 25: 제2 수소 압축기의 입기구;
- 26: 제2 수소 압축기의 배기구;
- 27: 보조모터.

**도면**

**도면1**

