



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2013년04월29일  
 (11) 등록번호 10-1259238  
 (24) 등록일자 2013년04월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 F25B 1/00 (2006.01) F25B 27/00 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2010-7014580  
 (22) 출원일자(국제) 2008년12월05일  
 심사청구일자 2010년07월30일  
 (85) 번역문제출일자 2010년06월30일  
 (65) 공개번호 10-2010-0105640  
 (43) 공개일자 2010년09월29일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2008/085640  
 (87) 국제공개번호 WO 2009/073838  
 국제공개일자 2009년06월11일  
 (30) 우선권주장  
 61/005,701 2007년12월07일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP63129130 A\*  
 US20030005698 A1\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 드렛서-랜드 캄파니  
 미합중국 뉴욕 14760 올리안 폴 클락 드라이브  
 (72) 발명자  
 리스코우 카일 더블유  
 미국 텍사스주 77478 슈가 랜드 카디날 애비뉴 1203  
 프랭크 케빈 엠  
 미국 텍사스주 77375 톰볼 지온 로드 12220  
 바돈 패트릭 씨  
 미국 텍사스주 77077 휴스턴 엘드리지 파크웨이 2020  
 (74) 대리인  
 신정건, 김태홍

전체 청구항 수 : 총 20 항

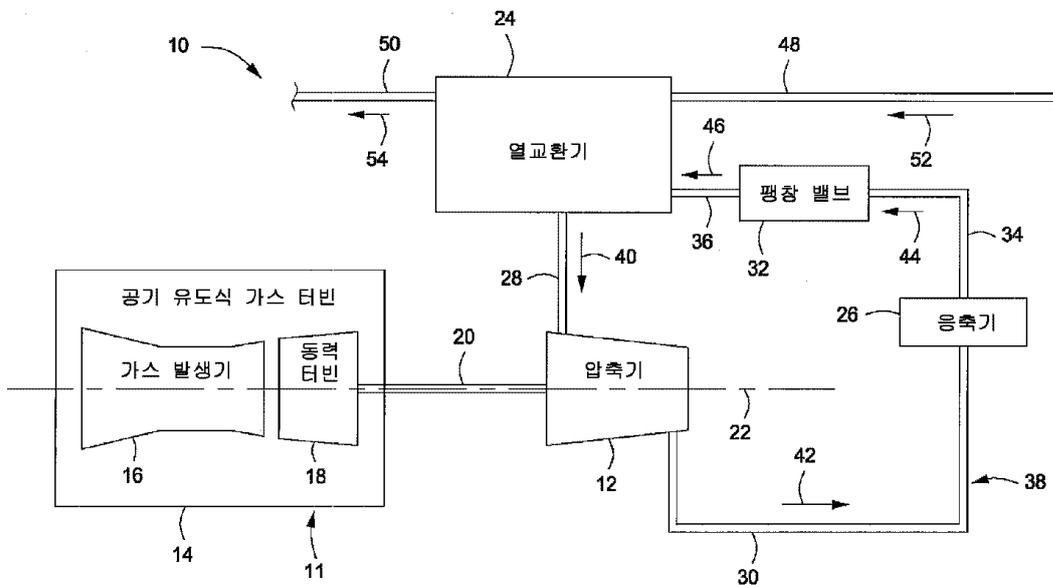
심사관 : 황동윤

**(54) 발명의 명칭 가스 액화 시스템을 위한 압축기 시스템 및 그 방법**

**(57) 요약**

본 발명의 시스템 및 방법에 따르면, 제1 샤프트를 구비하는 압축기가 제공되고, 가스 발생기 및 이에 결합된 동력 터빈을 구비하는 압축기 구동용 공기 유도식 가스 터빈이 제공되며, 동력 터빈은 압축기의 제1 샤프트를 직접 구동하도록 이 제1 샤프트에 직접 연결되는 제2 샤프트를 구비한다.

**대표도**



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

냉매를 압축하는 시스템으로서,

압축기 시스템

를 포함하고, 상기 압축기 시스템은,

제1 샤프트를 갖고 냉매가 통과해 흐르도록 되어 있는 제1 압축기; 및

상기 제1 압축기를 구동하는 공기 유도식 가스 터빈(aeroderivative gas turbine)

을 포함하며, 상기 공기 유도식 가스 터빈은,

제2 압축기와 상기 제2 압축기에 유체 연통하게 직접 결합되는 연소실을 포함하는 가스 발생기, 및

상기 가스 발생기의 연소실에 유체 연통하게 직접 결합되는 저속 동력 터빈

을 포함하며,

상기 저속 동력 터빈은 상기 제1 압축기의 제1 샤프트를 직접 구동하도록 제1 샤프트에 직접 결합된 제2 샤프트를 포함하고, 상기 제1 및 제2 샤프트는 중심 축선을 통해 축방향으로 정렬되며,

상기 제1 및 제2 샤프트 각각의 회전 속도는 동일한 것인 냉매 압축 시스템.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 가스 액화 시스템을 더 포함하며,

기상의 유체는 천연 가스를 포함하고, 액상의 유체는 액화 천연 가스를 포함하며, 상기 가스 액화 시스템은

하나 이상의 냉각 스테이지

를 포함하며, 상기 하나 이상의 냉각 스테이지는,

냉매, 및

상기 냉매가 통과해 순환하도록 된 루프

를 포함하며, 상기 루프는,

상기 유체에서 냉매로 열을 전달하는 열교환기;

상기 냉매를 압축하는 상기 압축기 시스템의 제1 압축기;

상기 냉매로부터 열을 전달하는 응축기; 및

상기 냉매를 팽창시키는 팽창 요소

를 포함하고, 상기 공기 유도식 가스 터빈은 모듈형 유닛으로서 상기 제1 압축기에 결합되며,

상기 저속 동력 터빈은 모듈형 유닛으로서 가스 발생기에 결합되며,

상기 제1 압축기는 원심 압축기를 포함하며,

상기 냉매는 40,000 ACFM(actual cubic feet per minute) 내지 70,000 ACFM 범위의 유량으로 원심 압축기를 통과해 흐르며,

상기 원심 압축기는 압축된 냉매가 상기 원심 압축기로부터 30 psia(pounds per square inch absolute) 내지 300 psia 범위의 압력으로 배출되도록 냉매를 압축하며,

상기 저속 동력 터빈은 제2 샤프트를 구동하도록 적어도 6개의 팽창 스테이지를 구비하며,

상기 적어도 6개의 팽창 스테이지는 저속 동력 터빈이 55,000 마력 미만의 정격 출력을 갖도록 제2 샤프트를 구

동하며,

상기 제1 및 제2 샤프트의 회전 속도는 2,000 rpm 내지 4,000 rpm 범위를 갖는 것인 냉매 압축 시스템.

**청구항 3**

제1항에 있어서, 상기 제1 및 제2 샤프트의 회전 속도는 2,000 rpm 내지 4,000 rpm 범위를 갖는 것인 냉매 압축 시스템.

**청구항 4**

제1항에 있어서, 상기 제1 압축기는 냉매가 40,000 ACFM 내지 70,000 ACFM 범위의 유량으로 통과해 흐르도록 구성된 원심 압축기를 포함하며, 상기 원심 압축기는 압축된 냉매가 원심 압축기로부터 30 psia 내지 300 psia 범위의 압력으로 배출되도록 냉매를 압축하도록 구성되는 것인 냉매 압축 시스템.

**청구항 5**

제1항에 있어서, 상기 저속 동력 터빈은 제2 샤프트를 구동하도록 적어도 6개의 팽창 스테이지를 구비하며, 상기 적어도 6개의 팽창 스테이지는 저속 동력 터빈이 55,000 마력 미만의 정격 출력을 갖도록 제2 샤프트를 구동하는 것인 냉매 압축 시스템.

**청구항 6**

제1항에 있어서, 상기 공기 유도식 가스 터빈은 모듈형 유닛으로서 제1 압축기에 결합되며, 상기 저속 동력 터빈은 모듈형 유닛으로서 가스 발생기에 결합되는 것인 냉매 압축 시스템.

**청구항 7**

제1항에 있어서, 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 가스 액화 시스템을 더 포함하며, 기상의 유체는 천연 가스를 포함하고, 액상의 유체는 액화 천연 가스를 포함하며, 상기 가스 액화 시스템은 하나 이상의 냉각 스테이지

를 포함하며, 상기 하나 이상의 냉각 스테이지는,

냉매, 및

상기 냉매가 통과해 순환하도록 된 루프

를 포함하며, 상기 루프는,

상기 유체에서 냉매로 열을 전달하는 열교환기;

상기 냉매를 압축하는 상기 압축기 시스템의 제1 압축기;

상기 냉매로부터 열을 전달하는 응축기; 및

상기 냉매를 팽창시키는 팽창 요소

를 포함하는 것인 냉매 압축 시스템.

**청구항 8**

냉매를 압축하는 방법으로서,

제1 샤프트를 구비하는 제1 압축기를 제공하는 단계;

제2 샤프트를 갖는 저속 동력 터빈, 상기 저속 동력 터빈에 유체 연통하게 직접 결합되는 연소실, 그리고 상기 연소실에 유체 연통하게 직접 결합되는 제2 압축기를 포함하는 공기 유도식 가스 터빈을 제공하는 단계;

상기 제1 및 제2 샤프트가 중심 축선을 통해 축방향으로 정렬되도록 상기 저속 동력 터빈의 제2 샤프트를 제1 압축기의 제1 샤프트에 직접 결합하는 단계;

상기 제1 압축기를 통해 냉매를 순환시키는 단계;

상기 제1 압축기에 의해 냉매를 압축하는 단계;

를 포함하며, 상기 제1 압축기에 의해 냉매를 압축하는 단계는 상기 공기 유도식 가스 터빈을 이용하여 제1 압축기를 직접 구동하는 단계를 포함하며;

상기 제1 압축기를 직접 구동하는 단계는,

상기 저속 동력 터빈의 제2 샤프트를 제1 회전 속도로 회전시키는 단계, 및

상기 제1 압축기의 제1 샤프트를 제2 회전 속도로 회전시키는 단계

를 포함하며, 상기 제1 및 제2 회전 속도는 동일한 것인 냉매 압축 방법.

### 청구항 9

제8항에 있어서, 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 단계를 더 포함하며;

기상의 유체는 천연 가스를 포함하고, 액상의 유체는 액화 천연 가스를 포함하며;

상기 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 단계는 유체로부터 냉매로 열을 전달하는 단계를 포함하며;

상기 제1 압축기는 원심 압축기를 포함하며;

상기 저속 동력 터빈은 적어도 6개의 팽창 스테이지를 포함하고;

상기 제1 압축기를 통해 냉매를 순환시키는 단계는 냉매를 40,000 ACFM 내지 70,000 ACFM 범위의 유량으로 제1 압축기를 통해 순환시키는 단계를 포함하며;

상기 제1 압축기에 의해 냉매를 압축하는 단계는 압축된 냉매가 제1 압축기로부터 30 psia 내지 300 psia 범위의 압력으로 배출되도록 제1 압축기에 의해 냉매를 압축하는 단계를 포함하며;

상기 저속 동력 터빈의 제2 샤프트를 제1 회전 속도로 회전시키는 단계는 상기 저속 동력 터빈이 55,000 마력 미만의 정격 출력을 갖도록 상기 적어도 6개의 팽창 스테이지를 이용하여 제2 샤프트를 구동하는 단계를 포함하며;

상기 제1 및 제2 샤프트 각각의 회전 속도는 2,000 rpm 내지 4,000 rpm 범위인 것인 냉매 압축 방법.

### 청구항 10

제8항에 있어서, 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 단계를 더 포함하며;

기상의 유체는 천연 가스를 포함하고, 액상의 유체는 액화 천연 가스를 포함하며;

상기 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 단계는 유체로부터 냉매로 열을 전달하는 단계를 포함하는 것인 냉매 압축 방법.

### 청구항 11

제8항에 있어서, 상기 제1 압축기는 원심 압축기를 포함하며;

상기 원심 압축기를 통해 냉매를 순환시키는 단계는 냉매를 40,000 ACFM 내지 70,000 ACFM 범위의 유량으로 원심 압축기를 통해 순환시키는 단계를 포함하며;

상기 원심 압축기에 의해 냉매를 압축하는 단계는 압축된 냉매가 원심 압축기로부터 30 psia 내지 300 psia 범위의 압력으로 배출되도록 원심 압축기에 의해 냉매를 압축하는 단계를 포함하는 것인 냉매 압축 방법.

### 청구항 12

제8항에 있어서, 상기 저속 동력 터빈은 적어도 6개의 팽창 스테이지를 포함하고;

상기 저속 동력 터빈의 제2 샤프트를 제1 회전 속도로 회전시키는 단계는 저속 동력 터빈이 55,000 마력 미만의 정격 출력을 갖도록 적어도 6개의 팽창 스테이지를 이용하여 제2 샤프트를 구동하는 단계를 포함하는 것인 냉매 압축 방법.

**청구항 13**

제8항에 있어서, 상기 공기 유도식 가스 터빈을 제1 압축기로부터 모듈형 유닛으로서 분리하는 단계;  
 적어도 상기 공기 유도식 가스 터빈에 대해 유지 보수를 수행하는 단계; 및  
 상기 공기 유도식 가스 터빈을 제1 압축기에 모듈형 유닛으로서 재결합하는 단계  
 를 더 포함하는 것인 냉매 압축 방법.

**청구항 14**

제13항에 있어서, 상기 공기 유도식 가스 터빈을 제1 압축기로부터 모듈형 유닛으로서 분리하는 단계는 저속 동력 터빈의 제2 샤프트를 제1 압축기의 제1 샤프트로부터 분리하는 단계를 포함하며;  
 상기 공기 유도식 가스 터빈을 제1 압축기에 모듈형 유닛으로서 재결합하는 단계는 저속 동력 터빈의 제2 샤프트를 제1 압축기의 제1 샤프트에 결합하는 단계를 포함하는 것인 냉매 압축 방법.

**청구항 15**

제8항에 있어서, 상기 제1 및 제2 샤프트 각각의 회전 속도는 2,000 rpm 내지 4,000 rpm 범위인 것인 냉매 압축 방법.

**청구항 16**

가스 액화 시스템을 유지 보수하는 방법으로서,  
 제1 샤프트를 포함하는 제1 압축기 및 상기 제1 샤프트에 직접 결합된 공기 유도식 가스 터빈을 구비하고 이 공기 유도식 가스 터빈에는 가스 발생기 및 이에 결합된 저속 동력 터빈이 있는 가스 액화 시스템을 제공하는 단계로서, 상기 저속 동력 터빈은 상기 제1 샤프트를 직접 구동하도록 상기 제1 압축기의 제1 샤프트에 직접 결합되는 제2 샤프트를 포함하고, 상기 제1 및 제2 샤프트는 중심 축선을 통해 축방향으로 정렬되며, 상기 가스 발생기는 상기 저속 동력 터빈에 유체 연통하게 직접 결합되는 연소실과 상기 연소실에 유체 연통하게 직접 결합되는 제2 압축기를 포함하는 것인, 가스 액화 시스템을 제공하는 단계;  
 모듈형 유닛으로서, 상기 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분으로부터 분리시키는 단계;  
 적어도 상기 공기 유도식 가스 터빈에 유지 보수를 수행하는 단계; 그리고  
 모듈형 유닛으로서 상기 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분으로부터 분리시킨 이후에 그 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분에 모듈형 유닛으로서 재결합하는 단계;  
 를 포함하는 것인 가스 액화 시스템의 유지 보수 방법.

**청구항 17**

제16항에 있어서, 상기 공기 유도식 가스 터빈은 가스 발생기로부터 공기를 받아들이는 입구를 포함하며;  
 상기 저속 동력 터빈은 저속 동력 터빈으로부터 가스를 배출하는 배기구를 더 포함하고 상기 배기구는 공기 유도식 가스 터빈이 모듈형 유닛 형태인 경우에 상기 입구에 유체 연통하게 결합되며;  
 상기 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분으로부터 모듈형 유닛으로서 분리시키는 단계는,  
     공기를 가스 발생기로 안내하도록 된 수단으로부터 상기 가스 발생기의 입구를 분리시키는 단계,  
     가스를 저속 동력 터빈으로부터 안내해 보내도록 된 수단으로부터 상기 저속 동력 터빈의 배기구를 분리시키는 단계, 그리고  
     상기 제1 샤프트를 제2 샤프트로부터 분리시키는 단계  
 를 포함하는 것인 가스 액화 시스템의 유지 보수 방법.

**청구항 18**

제17항에 있어서, 상기 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분에 모듈형 유닛으로서 재결합

하는 단계는,

공기를 가스 발생기로 안내하도록 된 수단에 상기 가스 발생기의 입구를 재결합하는 단계,

가스를 저속 동력 터빈으로부터 안내해 보내도록 된 수단에 상기 저속 동력 터빈의 배기구를 재결합하는 단계, 그리고

상기 제1 샤프트를 제2 샤프트에 재결합하는 단계

를 포함하는 것인 가스 액화 시스템의 유지 보수 방법.

### 청구항 19

제18항에 있어서, 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 단계를 더 포함하며;

기상의 유체는 천연 가스를 포함하고, 액상의 유체는 액화 천연 가스를 포함하며;

상기 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 단계는 유체가 하나 이상의 냉각 스테이지를 거치게 하는 단계를 포함하며;

상기 유체가 하나 이상의 냉각 스테이지를 거치게 하는 단계는,

상기 제1 압축기에 유체 연통하게 결합된 열교환기 내로 유체를 받아들이는 단계,

상기 열교환기를 이용하여 그 유체로부터 열을 제거하는 단계, 및

상기 유체를 열교환기로부터 배출하는 단계

를 포함하며, 상기 열교환기를 이용하여 유체로부터 열을 제거하는 단계는,

상기 열교환기 및 제1 압축기를 포함하는 루프를 통해 냉매를 순환시키는 단계, 및

상기 루프를 통해 냉매를 순환시키는 중에 유체로부터 냉매로 열을 전달하는 단계

를 포함하며, 상기 유체로부터 냉매로 열을 전달하는 단계는,

상기 열교환기를 이용하여 유체로부터 냉매로 열을 전달하는 단계, 및

상기 제1 압축기에 의해 냉매를 압축하는 단계

을 포함하며, 상기 제1 압축기에 의해 냉매를 압축하는 단계는 공기 유도식 가스 터빈을 이용하여 제1 압축기를 직접 구동하는 단계를 포함하며;

상기 제1 압축기를 직접 구동하는 단계는,

상기 저속 동력 터빈의 제2 샤프트를 제1 회전 속도로 회전시키는 단계, 및

상기 제1 압축기의 제1 샤프트를 제2 회전 속도로 회전시키는 단계

를 포함하며, 상기 제1 및 제2 회전 속도는 동일한 것인 가스 액화 시스템의 유지 보수 방법.

### 청구항 20

제16항에 있어서, 예비용 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분에 모듈형 유닛으로서 결합하는 단계,

상기 예비용 공기 유도식 가스 터빈에 의해 가스 액화 시스템을 작동시키는 단계, 그리고

상기 예비용 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템으로부터 모듈형 유닛으로서 분리하는 단계를 더 포함하는 것인 가스 액화 시스템의 유지 보수 방법.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 일반적으로는 압축기 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 예를 들면 가스 액화 시스템에 이용되고 공기 유도식 가스 터빈(aeroderivative gas turbines)을 구비한 압축기 시스템에 관한 것이다.

**발명의 내용**

[0002] 본 발명의 실시예에서는, 압축기 시스템을 포함하고, 이 압축기 시스템은 제1 샤프트를 갖고 있고 냉매가 통과해 흐르도록 되어 있는 압축기; 및 이 압축기를 구동하는 공기 유도식 가스 터빈을 포함하며, 공기 유도식 가스 터빈은 가스 발생기 및 이 가스 발생기에 결합된 저속 동력 터빈을 포함하며, 이 저속 동력 터빈은 압축기의 제1 샤프트를 직접 구동하도록 제1 샤프트에 직접 결합된 제2 샤프트를 포함하며, 제1 및 제2 샤프트 각각의 회전 속도는 실질적으로 동일하도록 되어 있는 시스템을 제공할 수 있다.

[0003] 또한, 본 발명의 실시예에서는, 제1 샤프트를 구비하는 압축기를 제공하고; 제2 샤프트를 갖는 동력 터빈을 구비한 공기 유도식 가스 터빈을 제공하고; 동력 터빈의 제2 샤프트를 압축기의 제1 샤프트에 직접 결합하며; 압축기를 통해 냉매를 순환시키고; 압축기에 의해 냉매를 압축하는 것을 포함하며; 압축기에 의해 냉매를 압축하는 것은 공기 유도식 가스 터빈을 이용하여 압축기를 직접 구동하는 것을 포함하며; 압축기를 직접 구동하는 것은, 동력 터빈의 제2 샤프트를 제1 회전 속도로 회전시키고, 압축기의 제1 샤프트를 제2 회전 속도로 회전시키는 것을 포함하며, 제1 및 제2 회전 속도는 실질적으로 동일한 것인 방법을 제공할 수 있다.

[0004] 또한, 본 발명의 실시예에서는, 압축기 및 이에 결합된 공기 유도식 가스 터빈을 구비하고 이 공기 유도식 가스 터빈에는 가스 발생기 및 이에 결합된 동력 터빈이 있는 가스 액화 시스템을 제공하고; 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분으로부터 모듈형 유닛으로서 분리시키며; 적어도 공기 유도식 가스 터빈에 유지 보수를 수행하며; 및 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분으로부터 모듈형 유닛으로서 분리시킨 후 그 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분에 모듈형 유닛으로서 재결합하는 것을 포함하는 방법을 제공한다.

**도면의 간단한 설명**

[0005] 본 발명은 첨부 도면들을 참고할 때에 이하의 상세한 설명으로부터 가장 잘 이해된다. 여러 요부들이 해당 산업 분야에서의 표준 실무에 따라 축척대로 도시되진 않았음을 유념해야 한다. 실제로, 여러 요부들의 치수는 설명의 명료성을 위해 임의로 커지거나 작아질 수도 있다.

도 1은, 각각의 예시적인 실시예들에 따른 압축기, 공기 유도식 가스 터빈, 열교환기, 응축기, 및 팽창 밸브와 같은 팽창 요소를 포함하는 예시적인 실시예에 따른 시스템을 나타내는 도면이다.

도 2는 각각의 예시적인 실시예들에 따른 도 1의 공기 유도식 가스 터빈 및 압축기의 부분 개략도/부분 단면도이다.

도 3은 각각의 예시적인 실시예들에 따른 가스 발생기 및 동력 터빈을 포함하는 예시적인 실시예에 따른 도 1 및 도 2의 공기 유도식 가스 터빈의 부분 개략도/부분 단면도이다.

도 4는 예시적인 실시예에 따른 도 3의 동력 터빈의 부분 개략도/부분 단면도이다.

도 5는 예시적인 실시예에 따른 도 1 및 도 2의 압축기의 부분 개략도/부분 단면도이다.

도 6은 예시적인 실시예에 따른 도 1의 시스템의 작동 방법의 흐름도이다.

도 7은 예시적인 실시예에 따른 도 6의 방법의 소정 단계의 흐름도이다.

도 8은 예시적인 실시예에 따른 도 7의 단계의 소정 단계의 흐름도이다.

도 9는 예시적인 실시예에 따른 도 8의 단계의 소정 단계의 흐름도이다.

도 10은 예시적인 실시예에 따른 도 9의 단계의 소정 단계의 흐름도이다.

도 11은 예시적인 실시예에 따른 도 10의 단계의 소정 단계의 흐름도이다.

도 12는 각각의 예시적인 실시예들에 따른 도 1 내지 도 4의 공기 유도식 가스 터빈과 다른 공기 유도식 가스 터빈 간을 비교하여 보여주는 예시적인 산술 그래프이다.

도 13a는 예시적인 실시예에 따른 도 1의 가스 액화 시스템에 대한 유지 보수 수행 방법의 흐름도이다.

도 13b는 예시적인 실시예에 따른 도 13a의 방법의 소정 단계의 흐름도이다.

도 13c는 예시적인 실시예에 따른 도 1의 가스 액화 시스템에 대한 유지 보수 수행 방법의 흐름도이다.

도 14는 각각의 예시적인 실시예들에 따른 도 1 내지 도 4의 공기 유도식 가스 터빈과 다른 공기 유도식 가스 터빈을 비교하여 보여주는 예시적인 산술 그래프이다.

도 15는 도 1의 압축기, 공기 유도식 가스 터빈, 열교환기, 응축기 및 팽창 밸브를 포함하는 예시적인 실시예에 따른 시스템을 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0006] 이하의 설명에서는 본 발명의 다양한 요부, 구조, 또는 기능을 구현하기 위한 다수의 예시적인 실시예를 설명하는 것으로 이해해야 할 것이다. 이하에서는 구성 요소, 배치, 및 형상에 대한 예시적인 실시예들을 본 개시를 간략하게 하도록 설명하지만, 그러한 예시적인 실시예들은 단지 예시로 제공된 것이지 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 게다가, 본 명세서에서는 다양한 예시적인 실시예들 및 본 명세서에 제공된 도면들에 걸쳐 도면 부호 및/또는 문자를 반복하여 사용할 수 있다. 이러한 반복은 단순화 및 명료화를 위한 것이지, 그 자체로 다양한 도면에 개시된 다양한 예시적인 실시예들 및/또는 형상들 간의 관계에 영향을 미치지 않는다. 게다가, 후속하는 상세한 설명에서 제2 요부 상에 또는 그 위에 제1 요부를 배치한다고 하면, 제1 요부와 제2 요부가 직접 접촉하게 형성된 실시예를 포함할 수 있고, 또한 추가적인 요부가 제1 요부와 제2 요부 사이에 개재되게 형성되어 제1 요부와 제2 요부가 직접 접촉하지 않는 실시예들도 포함할 수 있다. 마지막으로, 아래에서 제시하는 예시적인 실시예들은 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않고 임의의 조합 방식으로 조합될 수 있게, 다시 말해 하나의 예시적인 실시예로부터의 임의의 요소는 임의의 다른 예시적인 실시예에 이용될 수도 있다.

[0007] 게다가, 소정 용어가 이하의 상세한 설명 및 청구 범위에 걸쳐 특정 구성 요소를 지칭하는 데에 이용되고 있다. 당업자라면 이해할 수 있는 바와 같이, 다양한 실체가 다양한 명칭으로 동일한 구성 요소에 적용될 수 있으며, 이에 따라 본 명세서에서 설명하는 구성 요소들에 대한 명명법은 본 명세서에서 특별히 달리 정의하지 않는다면 본 발명의 범위를 제한하고자 하는 것은 아니다. 또한, 본 명세서에서 이용하는 명명법은 명칭이 다르지만 기능은 다르지 않는 구성 요소들 간의 구분을 짓고자 하는 것은 아니다. 후술하는 설명 및 청구 범위에서 있어서, "구비하는" 및 "포함하는"이라는 표현은 개방형으로 이용된 것으로, "포함하며 그에 한정되진 않는"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다. 본 명세서에 있어서의 모든 수치값은 특별히 달리 언급하지 않는다면 정확한 값 또는 근사값일 수 있다. 따라서, 본 발명의 다양한 실시예들은 의도된 보호 범위로부터 벗어나지 않고 본 명세서에서 개시하는 수치, 값 및 범위로부터 벗어날 수도 있다.

[0008] 도 1에서는 예시적인 실시예로서 전체적으로 도면 부호 10으로 지칭되는 가스 액화 시스템을 도시하며, 이 가스 액화 시스템(10)은 압축기(12) 및 공기 유도식 터빈(14)을 구비한 압축기 시스템(11)을 포함하며, 공기 유도식 가스 터빈(14)은 가스 발생기(16) 및 이에 결합된 동력 터빈(18)을 구비한다. 압축기(12)는 커플링(20)을 통해 공기 유도식 가스 터빈(14)에 직접 결합된다. 중심 축선(22)은 압축기(12), 공기 유도식 가스 터빈(14) 및 이들 사이의 직접 커플링에 의해 획정된다. 압축기(12)는 열교환기(24)와 응축기(26) 사이에 라인(28, 30)을 통해 각각 유체 연통하게 결합된다. 응축기(26)와 열교환기(24) 사이에는 팽창 밸브(32)와 같은 팽창 요소가 라인(34, 36)을 통해 각각 유체 연통하게 결합된다. 열교환기(24), 압축기(12), 응축기(26), 팽창 밸브(32), 및 라인(28, 30, 34, 36)들은 함께, 아래에서 설명할 조건 하에서 화살표(40, 42, 44, 46)로 표시한 방향으로 냉매가 통과해 순환하도록 된 루프(38)를 형성하거나, 적어도 그 일부를 이룬다. 열교환기(24)는 라인(28, 36)을 통해 각각 압축기(12) 및 팽창 밸브(32)에 유체 연통하게 결합되는 것 외에도, 화살표(52, 54)로 표시한 바와 같이 가스가 열교환기(24) 내외로 각각 출입하도록 된 라인(48, 50)들 사이에도 유체 연통하게 결합된다. 다수의 예시적인 실시예에서, 루프(38) 및 라인(48, 50)들 중 하나 이상은 아래에서 설명할 조건 하에서 가스 액화 시스템(10)의 하나 이상의 냉각 스테이지이거나, 이들 스테이지를 포함하거나, 적어도 그 일부를 이룬다. 다수의 예시적인 실시예에서, 팽창 밸브(32) 대신에 또는 그에 추가하여, 예를 들면 터보 팽창기, 다른 형태의 팽창 장비 및/또는 이들의 조합과 같은 다른 팽창 요소가 라인(34, 36)을 통해 각각 응축기(26)와 열교환기(24) 사이에 유체 연통하게 결합된다.

[0009] 예시적인 실시예에서, 도 1을 계속 참조하여 도 2에 도시한 바와 같이 동력 터빈(18)은 양단부(56a, 56b)를 갖는 제2 샤프트(56), 예컨대 회전 구동 샤프트를 포함하며, 압축기(12)는 양단부(58a, 58b)를 갖는 제1 샤프트(58), 예컨대 회전 압축기 샤프트를 포함하고, 그리고 커플링(20)은 양단부(20a, 20b)를 갖고 있다. 제1 및 제2 샤프트(56, 58) 각각은 중심 축선(22)과 대체로 축방향으로 정렬된다. 커플링(20)의 단부(20a)는 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)의 단부(56b)에 결합되며, 커플링(20)의 단부(20b)는 압축기(12)의 제1 샤프트(58)의 단부(58a)에 결합된다. 예시적인 실시예에서, 커플링(20)은 예를 들면 하나 이상의 스푼(spool)과 같은 하나 이상의 커플링을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 커플링(20)은 아래에서 설명한 조건 하에서 제2 샤프트(56)가

제1 샤프트(58)를 직접 구동하도록, 제2 샤프트(56)를 제1 샤프트(58)에 직접 결합하도록 구성된 하나 이상의 스플과 같은 하나 이상의 커플링을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 커플링(20)은 생략하고 제2 샤프트(56)의 단부(56b)를 제1 샤프트(58)의 단부(58a)에 결합하여, 아래에서 설명할 조건 하에서 제2 샤프트(56)가 제1 샤프트(58)를 직접 구동하도록 한다. 다수의 예시적인 실시예에서, 예를 들면 하나 이상의 스플과 같은 하나 이상의 커플링에 추가하여 또는 그 대신에, 커플링(20)은 제2 샤프트(56)가 제1 샤프트(58)를 직접 구동하도록 제2 샤프트(56)를 제1 샤프트(58)에 직접 결합하도록 구성된 하나의 이상의 다른 형태의 장치 및/또는 시스템을 포함한다.

[0010] 예시적인 실시예에서, 도 1 및 도 2를 계속 참조하여 도 3에 도시한 바와 같이, 공기 유도식 가스 터빈(14)의 가스 발생기(16)는 입구(60), 이에 유체 연통하게 연결된 출구(62), 및 하우징(64)을 포함한다. 하우징(64) 내에 배치된 압축기(66)는 입구(62)와 유체 연통하게 결합된다. 예시적인 실시예에서, 압축기(66)는 하나 이상의 축류 압축기를 포함한다. 압축기(66)와 출구(62) 사이에는 연소기(70)를 포함하는 연소실(68)이 유체 연통하게 결합된다. 다수의 예시적인 실시예에서, 입구(60)는 아래에서 설명할 조건 하에서 입구(60)로 가스를 안내하도록 된 하나 이상의 라인, 슈트, 파이프, 도관 등(도시 생략)에 유체 연통하게 결합된다.

[0011] 공기 유도식 가스 터빈(14)의 동력 터빈(18)은 케이싱(72), 가스 발생기(16)의 출구(62)에 유체 연통하게 결합된 흡기구(74), 및 이 흡기구(74)에 유체 연통하게 결합된 배기구(76)를 포함한다. 흡기구(74)와 배기구(76) 사이에는 터빈 챔버(78)가 유체 연통하게 연결된다. 터빈 챔버(78) 내에는 복수의 팽창 스테이지(80)가 배치된다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 중량이 약 3,255 lb이다. 다수의 예시적인 실시예에서, 배기구(76)는 아래에서 설명할 조건 하에서 배기구(76)에서부터 고온 가스를 안내해 보내도록 된 하나 이상의 라인, 슈트, 파이프, 도관 등(도시 생략)에 유체 연통하게 결합된다.

[0012] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 3을 계속 참조하여 도 4에 도시한 바와 같이, 공기 유도식 가스 터빈(14)의 동력 터빈(18)의 복수의 팽창 스테이지(80)는 6개의 팽창 스테이지, 즉 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)를 포함하며, 이들 스테이지 각각은 로터 블레이드(82) 및 이에 근접하게 배치된 고정 노즐 베인(84)을 포함한다. 고정 노즐 베인(84) 각각은 동력 터빈(18)의 케이싱(72)에 결합된다. 예시적인 실시예에서, 각각의 고정 노즐 베인(84)은 별도의 환형 쉬라우드(도시 생략)에 의해 동력 터빈(18)의 케이싱(72)에 결합된다. 로터 블레이드(82) 각각은 제2 샤프트(56)에 결합되어 그로부터 멀어지게 반경 방향 외측으로 연장하는 한편, 아래에서 설명할 조건 하에서 케이싱(72) 내에서 회전하도록 되어 있다. 예시적인 실시예에서, 로터(86)가 제2 샤프트(56)에 결합되며, 각각의 로터 블레이드(82)는 로터(86)에 결합되어 그로부터 멀어지게 반경 방향 외측으로 연장함으로써, 블레이드(82)와 제2 샤프트(56) 간의 결합이 제공된다.

[0013] 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 저속 동력 터빈(LSPT : low speed power turbine)이며, 동력 터빈(18)의 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)는 아래에서 설명할 조건 하에서 분당 약 3,600회전(rpm)의 회전 속도로 제2 샤프트(56), 나아가서는 제1 샤프트(58)를 구동하도록 구성된다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 저속 동력 터빈(LSPT)이며, 동력 터빈(18)의 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)는 아래에서 설명할 조건 하에서 3,600 rpm의 회전 속도로 제2 샤프트(56), 나아가서는 제1 샤프트(58)를 구동하여 약 55,000 마력(hp) 미만의 정격 출력을 생성하도록 구성된다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 저속 동력 터빈(LSPT)이며, 동력 터빈(18)의 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)는 아래에서 설명할 조건 하에서 3,800 rpm의 회전 속도로 제2 샤프트(56), 나아가서는 제1 샤프트(58)를 구동하여 약 50,000 마력(hp) 미만의 정격 출력을 생성하도록 구성된다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)의 복수의 팽창 스테이지(80)는 6개의 팽창 스테이지 대신에, 4개의 팽창 스테이지를 포함한다. 다수의 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)의 복수의 팽창 스테이지(80)는 6개 또는 4개의 팽창 스테이지 대신에 다른 개수의 팽창 스테이지를 포함한다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 아래에서 설명할 조건 하에서 미리 정해진 회전 속도 범위 내의 회전 속도로 제2 샤프트(56) 나아가서는 제1 샤프트(58)를 구동하도록 구성된다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 아래에서 설명할 조건 하에서 약 2,000 rpm 내지 약 4,000 rpm에 이르는 범위의 회전 속도로 제2 샤프트(56) 나아가서는 제1 샤프트(58)를 구동하도록 구성된다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)이 제2 샤프트(56) 나아가서는 제1 샤프트(58)를 구동하게 되는 최대 속도는 약 3,780 rpm이다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 45,100 마력의 ISO 정격 출력(15°C)과, -5°C 근처에서의 약 49,900 hp의 최대 피크 출력을 갖는다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 약 55,000 마력(hp) 미만의 정격 출력을 갖는다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 약 50,000 마력(hp) 미만의 정격 출력을 갖는다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 공기 유도식 가스 터빈(14)의 모듈형 유닛으로, 아래에서 설명할 조건 하에서 모듈형 유닛으로서의 가스 발생기(16)로부터 분리하였다가 재결합할 수 있도록 된다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈(18)은 무게가 약 3,255 lb이다.

- [0014] 예시적인 실시예에서, 공기 유도식 가스 터빈(14)은 비교적 경량이다. 예시적인 실시예에서, 가스 발생기(16)는 약 4,590 lb 내지 약 7,625 lb 범위의 중량을 갖는다. 예시적인 실시예에서, 공기 유도식 가스 터빈(14)은 약 7,845 lb 내지 약 10,880 lb 범위의 중량을 갖는다. 예시적인 실시예에서, 공기 유도식 가스 터빈(14)은 6개의 팽창 스테이지가 있는 저속 동력 터빈(LSPT)을 구비한 LM2500+G4 LSPT 공기 유도식 터빈이며, 이 타입의 공기 유도식 터빈은 미국 코네티컷주 페어필드에 소재한 General Electric Company의 자회사인 미국 오하이오주 이븐데일에 소재한 GE Aviation에서 시판 중이다. 예시적인 실시예에서, 공기 유도식 가스 터빈(14)은 다른 형태의 시판 중의 공기 유도식 가스 터빈이다.
- [0015] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 4를 계속 참조하여 도 5에 도시한 바와 같이, 압축기(12)는 케이싱(88), 입구(90), 및 이 입구(90)에 유체 연통하게 결합된 출구(도시 생략)를 포함한다. 복수의 임펠러(92)가 제1 샤프트(58)에 결합되어, 아래에서 설명할 조건 하에서 제1 샤프트(58)와 함께 회전하도록 구성된다. 예시적인 실시예에서, 압축기(12)는, 이를 통해 냉매가 약 40,000 실제 분당 입방 피트(ACFM : actual cubic feet per minute) 내지 약 70,000 ACFM 범위의 유량으로 흐르는 한편, 제1 샤프트(58)가 공기 유도식 가스 터빈(14)의 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)에 의해 약 2,000 rpm 내지 약 4,000 rpm 범위의 회전 속도로 직접 구동되어, 이하에서 설명할 조건 하에서 냉매를 압축기(12)로부터 배출시에 약 30 psia(pounds per square inch absolute) 내지 약 300 psia 범위의 압력으로 압축하게 작동하도록 구성된다. 예시적인 실시예에서, 압축기(12)는, 이를 통해 냉매가 약 40,000 ACFM 내지 약 70,000 ACFM 범위의 유량으로 흐르는 한편, 제1 샤프트(58)가 공기 유도식 가스 터빈(14)의 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)에 의해 약 3,600 rpm의 회전 속도로 직접 구동되어, 이하에서 설명할 조건 하에서 냉매를 압축기(12)로부터 배출시에 약 30 psia 내지 약 300 psia 범위의 압력으로 압축하게 작동하도록 구성된다. 예시적인 실시예에서, 압축기(12)는 원심 압축기이거나, 원심 압축기를 포함하거나, 적어도 그 일부를 이룬다. 예시적인 실시예에서, 압축기(12)는 미국 텍사스주 휴스턴에 소재한 Dresser-Rand Company에서 시판 중인 타입의 DATUM<sup>®</sup> 원심 압축기가 있다. 예시적인 실시예에서, 압축기(12)는 다른 타입의 시판 중의 원심 압축기이다.
- [0016] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 5를 계속 참조하여 도 6에 도시한 바와 같이, 전체적으로 도면 부호 96으로 나타낸 가스 액화 시스템(10)의 작동 방법은, 단계(98)에서 가스 액화 시스템(10) 내로 기상의 유체를 받아들이며, 단계(100)에서 그 유체의 적어도 일부분을 기상에서 액체 상태로 전환하되 이 단계(100)에서는 그 유체가 하나 이상의 냉각 스테이지를 거치게 하는 단계(102)를 포함하며, 단계(104)에서는 가스 액화 시스템(10)으로부터 유체를 배출한다. 예시적인 실시예에서, 단계(98)에서 가스 액화 시스템(10) 내로 받아들여진 기상의 유체는 천연 가스이고, 단계(104)에서 가스 액화 시스템(10)으로부터 유체가 배출될 때에 그 유체의 적어도 일부분은 액화 천연 가스이다.
- [0017] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 6을 계속 참조하여 도 7에 도시한 바와 같이, 유체가 하나 이상의 냉각 스테이지를 거치게 하는 단계(102)는, 단계(106)에서 그 유체를 라인(48)을 통해 열교환기(24) 내로 받아들이고, 단계(108)에서 열교환기(24)를 이용하여 유체로부터 열을 제거하며, 그리고 단계(110)에서 라인(50)을 통해 열교환기(24)로부터 유체를 제거하는 것을 포함한다.
- [0018] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 7을 계속 참조하여 도 8에 도시한 바와 같이, 단계(108)에서 열교환기(24)를 이용하여 유체로부터 열을 제거하기 위해, 단계(112)에서 냉매를 루프(38)를 통해 순환시키며, 냉매가 단계(112)에서 루프(38)를 통해 순환하는 동안에 단계(114)에서 열을 유체로부터 냉매로 전달한다. 단계(112)에서, 냉매는 연속하여 압축기(12), 라인(30), 응축기(26), 라인(34), 팽창 밸브(32), 라인(36), 열교환기(24) 및 라인(28)을 화살표(40, 42, 44, 46)(도 1 참조)로 나타낸 바와 같이 통과해 흐른다. 예시적인 실시예에서, 단계(112)에서 루프(38)를 통해 순환하는 냉매는 프로판이다. 예시적인 실시예에서, 단계(112)에서 루프(38)를 통해 순환하는 냉매는 에틸렌이다. 예시적인 실시예에서, 단계(112)에서 루프(38)를 통해 순환하는 냉매는 메탄이다. 예시적인 실시예에서, 단계(112)에서 루프(38)를 통해 순환하는 냉매는 비교적 저분자량의 가스이다.
- [0019] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 8을 계속 참조하여 도 9에 도시한 바와 같이, 단계(112) 중에 단계(114)에서 유체로부터 냉매로 열을 전달하기 위해, 단계(116)에서 압축기(12)를 이용하여 냉매를 압축하여 냉매를 압축한다. 단계(118)에서 응축기(26)를 이용하여 냉매로부터 열을 제거하고, 단계(120)에서 팽창 밸브(32)를 이용하여 냉매를 팽창시킨다. 단계(122)에서 열을 열교환기(24)를 통해 흐르는 유체로부터 열교환기(24)를 통해 흐르는 냉매로 전달한다. 단계(116, 118, 120, 122)들은 단계(114)에서 루프(38)를 통해 냉매가 순환하는 중에 연속적으로 반복된다. 예시적인 실시예에서, 단계(116, 118, 120, 122)들은 함께 하나 이상의 냉동 사이클을 형성하거나, 적어도 그 일부를 이룬다.

[0020] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 9를 계속 참조하여 도 10에 도시한 바와 같이, 단계(116)에서 압축기(12)를 이용하여 냉매를 압축하기 위해, 단계(124)에서 라인(28) 및 입구(90)를 통해 압축기(12) 내로 냉매를 받아들이고, 단계(126)에서 공기 유도식 가스 터빈(14)에 의해 제1 샤프트(58)를 직접 구동하여 임펠러(92)를 회전시켜 냉매를 압축하고, 그리고 단계(128)에서 압축된 냉매를 압축기(12)에서 라인(30) 내로 배출한다. 각각의 단계(124, 126, 128) 중에, 냉매의 유량은 약 40,000 ACFM 내지 약 70,000 ACFM 범위이다. 단계(126)에서의 냉매의 압축으로 인해, 압축된 냉매는 단계(128)에서 압축기(12)로부터 약 30 psia 내지 약 300 psia 범위의 압력으로 배출된다. 단계(126) 중에, 압축기(12)의 제1 샤프트(58)가 공기 유도식 가스 터빈(14)에 의해 직접 구동되어, 제1 샤프트(58)는 제위치에서 중심 축선(22)을 중심으로 약 2,000 rpm 내지 약 4,000 rpm의 범위로 회전 속도로 회전한다. 예시적인 실시예에서, 단계(126) 중에 압축기(12)의 제1 샤프트(58)가 공기 유도식 가스 터빈(14)에 의해 직접 구동되어, 제1 샤프트(58)는 제위치에서 중심 축선(22)을 중심으로 약 3,600 rpm로 회전 속도로 회전한다.

[0021] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 10을 계속 참조하여 도 11에 도시한 바와 같이, 단계(126)에서 공기 유도식 가스 터빈(14)을 이용하여 압축기(12)의 제1 샤프트(58)를 직접 구동하기 위해, 단계(130)에서 가스 발생기(16)의 입구(60)를 통해 공기가 가스 발생기(16) 내로 나아가서는 공기 유도식 가스 터빈(14) 내로 흐르게 하고, 단계(132)에서 그 공기를 가스 발생기(16)의 압축기(66)에 의해 압축하며, 그리고 단계(134)에서 가스 발생기(16)의 연소 챔버(68) 내에서 압축된 공기를 연료와 혼합하고 점화시켜 고온 가스를 생성한다. 이러한 고온 가스는 단계(136)에서 가스 발생기(16)의 출구(62)를 통해 가스 발생기(16)에서 나와, 동력 터빈(18)의 입구(74)를 통해 동력 터빈(18) 내로 들어간다. 이 고온 가스는 단계(138)에서 동력 터빈(18)의 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)를 통과해 안내되어, 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)가 제위치에서 중심 축선(22)을 중심으로 회전하게 하고, 이는 나아가서는 압축기(12)의 제1 샤프트(58)를 직접 구동한다. 보다 구체적으로, 고온 가스가 팽창 스테이지((80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)를 통과해 흐를 때에, 해당 고정 노즐 베인(84)이 고온 가스를 해당 로터 블레이드(82)를 향해 안내하여, 토크가 제2 샤프트(56)에 가해지게 함으로써 제2 샤프트(56)를 제위치에서 중심 축선(22)을 중심으로 회전시킨다. 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)가 압축기(12)의 제1 샤프트(58)에 직접 결합되어 있기 때문에, 단계(138)에서의 제2 샤프트(56)의 회전은 단계(140)에서 제1 샤프트(58)를 직접 구동하여 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)의 회전 중에 압축기(12)의 제1 샤프트(58)를 회전시키게 된다. 그 결과, 단계(140)의 적어도 일부 동안에, 제1 및 제2 샤프트(56, 58)들의 해당 회전 속도들은 실질적으로 동일하다. 예시적인 실시예에서, 단계(140)의 적어도 일부 동안에, 제1 및 제2 샤프트(56, 58) 각각의 회전 속도는 약 2,000 rpm 내지 약 4,000 rpm의 범위이다. 예시적인 실시예에서, 적어도 단계(140) 중에 제1 및 제2 샤프트(56, 58) 각각의 회전 속도는 약 3,600 rpm이다. 단계(142)에서 고온 가스는 동력 터빈(18)의 배기구(76)를 통해 동력 터빈(18) 나아가서는 공기 유도식 가스 터빈(14)에 배출된다. 다수의 예시적인 실시예에서, 단계(112)에서 루프(38)를 통한 냉매의 순환의 적어도 일부 동안에, 단계(132, 134, 136, 138, 140, 142) 들은 동시에 발생하고 및/또는 연속하여 반복된다.

[0022] 전술한 공기 유도식 가스 터빈(14)의 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)와 압축기(12)의 제1 샤프트(58)의 직접 결합은 단계(126)에서 제2 샤프트(56)가 제1 샤프트(58)를 직접 구동하게 한다. 제2 샤프트(56)가 단계(126)에서 압축기(12)의 제1 샤프트(58)를 직접 구동하기 때문에, 제2 샤프트(56)가 제1 샤프트(58)를 구동하는 데에 예를 들면 기어 박스, 기어 전동 장치 및/또는 유사한 기구와 같은 속도 변환 장치는 전혀 필요하지 않는다. 전술한 제2 샤프트(56)와 제1 샤프트(58) 간의 직접 결합은 기어 박스의 필요성을 제거한다. 압축기(12)를 구동하는 데에 있어 기어 박스와 같은 속도 변환 장치의 필요성을 제거하면, 기어 박스와 관련하여 통상 약 1.5% 정도인 마찰 동력 손실의 회수로 인한 압축기의 처리량 증가로 인해 라인(48)을 통해 열교환기(24) 내로 흐르는 가스의 추가적인 액화가 제공된다. 또한, 압축기(12)를 구동하는 데에 있어 기어 박스의 필요성을 제거하면, 회전 기계류의 주요 부품들의 제거로 인해 장비의 신뢰성 및 이용성이 증가한다. 또한, 압축기(12)를 구동하는 데에 있어 기어 박스의 필요성을 제거하면, 회전 기계류의 라인으로부터 기어 박스가 제거됨으로써 설치 면적의 감소를 제공한다.

[0023] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 11을 계속 참조하여 도 12에 도시한 바와 같이, 예시적인 계산을 행하였는데, 그 계산 결과에서는 6개의 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)가 있는 저속 동력 터빈(LSPT)(18)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈(14)[예를 들어, 미국 오하이오주 이븐데일에 소재한 GE Aviation에서 시판 중인 타입의 공기 유도식 가스 터빈으로서 6개의 팽창 스테이지가 있는 저속 동력 터빈(LSPT)을 구비한 LM2500+G4 LSPT 공기 유도식 가스 터빈일 수 있음]을 이용하는 것이, 2개의 팽창 스테이지를 갖는 고속 동력 터빈(HSPT : high speed power turbine)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈[예를 들어, 미국 텍사스주 휴스턴에 소

재한 Dresser-Rand Company에서 시판 중인 Dresser-Rand VECTRA<sup>®</sup> 40G4 타입의 고속 동력 터빈이거나, 이탈리아 플로렌스에 소재한 GE Oil and Gas에서 시판 중인 General Electric PGT25+G4 타입의 고속 동력 터빈일 수 있는 2개의 팽창 스테이지를 갖는 고속 동력 터빈(HSPT)을 구비한 LM2500+G4 HSPT 공기 유도식 가스 터빈일 수 있음]을 이용하는 것보다 더 많은 샤프트 출력을 제공할 것으로 보여주고 있는 데, 실제로, 예시적인 계산된 실시예에서 예시적인 계산 결과는, 1551 °F의 통상의 T48 제어 온도에 대한 모든 현장 조건에서, 모든 다른 파라미터가 동일하다고 하면, 공기 유도식 가스 터빈(14)에 6개의 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)를 갖는 저속 동력 터빈(LSPT)(18)을 이용하는 것이, 공기 유도식 가스 터빈(14)에 2개의 팽창 스테이지를 갖는 고속 동력 터빈(HSPT)보다 많은 샤프트 출력을 제공함을 보여준다. 이러한 예시적인 계산 결과는 예상하지 못한 것이었다. 보다 구체적으로, 도 12에 도시한 바와 같이, 예시적 계산은 가스 터빈 제조업자들의 ASME PTC 22-2005에 따른 성능 사이클 프로그램을 이용하여 수행한 것으로, 그 계산 결과는 작동 기준(performance basis) 및 모든 다른 파라미터가 동일하다고 하면, 6개의 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)가 있는 저속 동력 터빈(LSPT)(18)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈(14)[예를 들어, 6개의 팽창 스테이지가 있는 저속 동력 터빈(LSPT)을 구비한 LM2500+G4 LSPT 공기 유도식 가스 터빈일 수 있음]을 이용하는 것이, 2개의 팽창 스테이지를 갖는 고속 동력 터빈(HSPT : high speed power turbine)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈[예를 들어, 2개의 팽창 스테이지를 갖는 고속 동력 터빈(HSPT)을 구비한 LM2500+G4 HSPT 공기 유도식 가스 터빈일 수 있음]을 이용하는 경우와 비교할 때에, 예를 들면 약 22°C 내지 23°C 범위의 주위 온도에서 약 1.17% 더 많은 샤프트 출력을 제공하거나, 약 27°C의 주위 온도에서 약 1.57% 더 많은 샤프트 출력을 제공하거나, 또는 약 32°C 내지 약 33°C 범위의 주위 온도에서 약 1.38% 더 많은 샤프트 출력을 제공하는 것과 같이 주위 온도 범위에 걸쳐 더 많은 샤프트 출력을 제공하는 것을 보여주고 있다. 이러한 예시적인 계산 결과는 예상하지 못한 것이었다. 이러한 예상하지 못한 예시적인 계산 결과에 근거하여, 6개의 팽창 스테이지를 갖는 저속 동력 터빈(LSPT)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈이 동일한 T48 온도에 기초할 때에 2개의 팽창 스테이지를 갖는 고속 동력 터빈(HSPT)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈보다 더 많은 출력을 제공하는 것으로 결정되었다. 예시적인 계산 결과에 기초한 그러한 결정은 예상하지 못한 것이었다. 도 12에 도시한 계산 결과를 갖는 예시적인 계산에 대한 작동 기준 및 /또는 파라미터는, 1551 °F의 통상의 T48 제어 온도, 100mmH<sub>2</sub>O의 입구 및 배기구 압력 손실, 70%의 상대 습도, 1.012 barA의 기압, 건식 저 배기가스(DLE : dry, low emissions)의 연소기; 설계 피드 케이스 연료 가스(design feed case fuel gas)의 25°C 공급물; LSPT의 경우에 3,600 rpm, HSPT의 경우에 6,100 rpm의 100% 샤프트 속도, 및 기어 손실 고려 생략이 포함된다. 도 12에 도시한 예상하지 못한 예시적인 계산 결과에 기초하여, 추가적인 예시적인 계산을 수행하였는데, 그 계산 결과에서는, 공기 유도식 가스 터빈(14)에 고속 동력 터빈(HSPT)을 선택한 것에 비해 공기 유도식 가스 터빈(14)에 저속 동력 터빈(LSPT)을 선택함으로써 인해 액화 천연 가스(LNG) 생산에서의 증가된 이익은 영업 이익(OI : operating income)에 대해 약 \$176,000,000의 순현재가치(NPV : net present value)인 데, 도 12에 도시한 샤프트 출력 증가가 예를 들면 생산되는 액화 천연 가스의 양과 같은 액체로 전환된 유체의 양을 증가시켜 영업 이익(OI)에 대해 \$176,000,000의 NPV가 얻어지게 하는 것을 보였다. 이러한 예시적인 계산을 위한 가정에는 25년의 수명 사이클 시간, 매년 15% 감소에 기초한 순현재가치(NPV), 80억\$의 프로젝트 비용, 5%의 은행 대출 이자, MBtu 당 3.5\$의 플랜트 입구(즉, 플랜트 팬스)에서의 가스 가격, MBtu 당 6.5\$의 부두(jetty)에서의 가스 가격(Henry Hubb의 LNG 가격의 75%), 톤당 327.7\$의 LNG 톤당 가격, 톤당 655.3\$의 LNG 현물 가격, 라인 또는 LNG 당 4.3 MTPA의 플랜트 크기; 및 2개의 LNG 라인이 포함된다.

[0024] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 12를 계속 참조하여 도 13a에 도시한 바와 같이, 전체적으로 도면 부호 144로 나타낸 가스 액화 시스템(10)에 유지 보수를 수행하는 방법은, 단계(146)에서 가스 발생기(16) 및 동력 터빈(18)을 포함하는 공기 유도식 가스 터빈(14)을 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분으로부터 모듈형 유닛으로서 분리시키는 것을 포함한다. 단계(146) 전에, 중에 및/또는 그 후에, 단계(148)에서 적어도 공기 유도식 가스 터빈(14)에 유지 보수를 수행한다. 단계(148) 전에, 중에 및/또는 그 후에, 단계(150)에서 그 공기 유도식 가스 터빈(14)을 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분에 모듈형 유닛으로서 재결합한다.

[0025] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 13a를 계속 참조하여 도 13b에 도시한 바와 같이, 단계(146)에서 공기 유도식 가스 터빈(14)을 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분으로부터 모듈형 유닛으로서 분리시키기 위해, 공기 유도식 가스 터빈(14)은 모듈형 유닛으로서 분리된다. 보다 구체적으로, 단계(152)에서 공기 유도식 가스 터빈(14)의 가스 발생기(16)의 입구(60)를 가스 발생기(16)로 공기를 안내하는 하나 이상의 라인, 슈트, 파이프, 도관 등(도시 생략)으로부터 분리시킨다. 단계(152) 전에, 중에 및/또는 그 후에, 단계(154)에서 동력 터빈(18)으로부터 고온 가스를 안내해 보내는 하나 이상의 라인, 슈트, 파이프, 도관 등(도시 생략)으로부터 배기구(76)를

분리시킨다. 단계(152, 154) 전에, 중에 및/또는 그 후에, 단계(156)에서 압축기(12)의 제1 샤프트(58)로부터 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)를 분리시키며, 예시적인 실시예에서 단계(156)에서는 공기 유도식 가스 터빈(14)의 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)의 단부(56b)를 커플링(20)의 단부(20a)로부터 분리시키는 것을 포함한다. 다수의 예시적인 실시예에서, 단계(156)는, 압축기(12)의 제1 샤프트(58)로부터의 커플링(20)의 분리, 커플링(20)으로부터 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)의 분리, 압축기(12)의 제1 샤프트(58)로부터 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)의 분리, 단부(58a)로부터 단부(20b)의 분리, 및 단부(58a)로부터 단부(56b)의 분리 중 하나 이상을 포함한다. 다수의 예시적인 실시예에서, 단계(146) 및/또는 단계(148) 전에, 중에 및/또는 그 후에, 동력 터빈(18)을 가스 발생기(16)로부터 모듈형 유닛으로서 분리시킨다.

[0026] 예시적인 실시예에서, 유지 보수 방법(144)의 단계(150)에서 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분에 공기 유도식 가스 터빈(14)을 재결합하기 위해, 공기 유도식 가스 터빈(14)의 가스 발생기(16)의 입구를 가스 발생기(16)로 공기를 안내하는 하나 이상의 라인, 슈트, 파이프, 도관 등(도시 생략)에 재결합하는 한편, 배기구(76)를 고온 가스를 동력 터빈(18)으로부터 안내해 보내는 하나 이상의 라인, 슈트, 파이프, 도관 등(도시 생략)에 재결합하며, 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)를 압축기(12)의 제1 샤프트(58)에 재결합하며, 이 때에 하나의 실시예에서는 공기 유도식 가스 터빈(14)의 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)의 단부(56b)를 커플링(20)의 단부(20a)에 재결합하는 것을 포함한다. 다수의 예시적인 실시예에서, 제2 샤프트(56)를 제1 샤프트(58)에 재결합하는 것은, 커플링(20)을 압축기(12)의 제1 샤프트(58)에 재결합하며, 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)를 커플링(20)에 재결합하며, 동력 터빈(18)의 제2 샤프트(56)를 압축기(12)의 제1 샤프트(58)에 재결합하며, 단부(20b)를 단부(58a)에 재결합하며, 그리고 단부(56b)를 단부(58a)에 재결합하는 것 중 하나 이상의 포함한다. 다수의 예시적인 실시예에서, 단계(146), 단계(148) 및/또는 단계(150) 전에, 중에 및/또는 그 후에, 동력 터빈(18)을 모듈형 유닛으로서 가스 발생기(16)에 재결합한다.

[0027] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 13b를 계속 참조하여 도 13c에 도시한 바와 같이, 전체적으로 도면 부호 157로 나타낸 가스 액화 시스템(10)의 유지 보수를 수행하는 방법은 단계(157a)에서 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분으로부터 가스 발생기(16) 및 동력 터빈(18)을 포함한 공기 유도식 가스 터빈(14)을 모듈형 유닛으로서 분리하는 것을 포함한다. 단계(157a) 전에, 중에 및/또는 그 후에, 공기 유도식 가스 터빈(14)과 실질적으로 유사한 예비용 공기 유도식 가스 터빈을 단계(157b)에서 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분에 모듈형 유닛으로서 결합하며, 이 후에 단계(157c)에서 가스 액화 시스템(10)을 전술한 바에 따라 작동시킨다. 단계(157a), 단계(157b) 및/또는 단계(157c) 전에, 중에 및/또는 그 후에, 단계(157d)에서 적어도 공기 유도식 가스 터빈(14)에 유지 보수를 수행한다. 단계(157d) 전에, 중에 및/또는 그 후에, 단계(157e)에서 예비용 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분으로부터 분리한다. 단계(157d) 및/또는 단계(157e) 전에, 중에 및/또는 그 후에, 공기 유도식 가스 터빈(14)을 단계(157f)에서 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분에 모듈형 유닛으로서 재결합한다. 단계(157a)는 단계(146)와 실질적으로 유사하며 이에 따라 그 상세한 설명은 생략할 것이다. 단계(157b)는 공기 유도식 가스 터빈(14)이 아니라 단계(157b)에서 예비용 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분에 결합한다는 점을 제외하면 단계(150)와 실질적으로 유사하여 그에 대한 상세한 설명을 생략한다. 단계(157c)는 가스 액화 시스템(10)이 단계(157c)에서 공기 유도식 가스 터빈(14)이 아니라 예비용 공기 유도식 가스 터빈에 의해 작동한다는 점을 제외하면 가스 액화 시스템의 작동 방법(96)과 실질적으로 유사하여 그 상세한 설명은 생략한다. 단계(157d)는 단계(148)와 실질적으로 유사하여, 그 상세한 설명은 생략한다. 단계(157e)는 공기 유도식 가스 터빈(14)이 아니라 예비용 공기 유도식 가스 터빈을 단계(157e)에서 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분으로부터 분리한다는 점을 제외하면 단계(146) 또는 단계(157a)와 실질적으로 유사하여 그 상세한 설명은 생략한다. 단계(157f)는 단계(150)와 실질적으로 유사하여 그 상세한 설명은 생략한다.

[0028] 공기 유도식 가스 터빈(14)의 비교적 작은 증량과 더불어, 단계(146) 또는 단계(157a)에서 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분으로부터 모듈형 유닛으로서 공기 유도식 가스 터빈(14)의 분리는 공기 유도식 가스 터빈(14)을 완전한 가스 터빈 형태로 압축기(13)로부터 용이하게 제거할 수 있게 한다. 적어도 압축기(12)에 대한 공기 유도식 가스 터빈(14)의 모듈형 특징은, 일상적인 유지 보수 동안에 공기 유도식 가스 터빈(14), 및/또는 가스 발생기(16) 및/또는 동력 터빈(18) 등의 그 구성 요소를 현지에서 가스 액화 시스템(10)에서 분리할 필요가 없게 하며, 및/또는 공기 유도식 가스 터빈(14)이 압축기(12)에 결합되어 있는 상태에서 분리할 필요가 없게 한다는 점에서 "작동 중지 시간"을 상당히 감소시킨다. 예시적인 실시예에서, 공기 유도식 가스 터빈(14)의 모듈형 특징, 즉 단계(146) 또는 단계(157a)에서 가스 액화 시스템(10)의 나머지 부분으로부터 모듈형 유닛으로서 공기 유도식 가스 터빈(14)을 분리시킬 수 있다는 점은, 통상의 프로젝트 평가 수명 사이클에 비해 10일 이상에 이르는 생산 일수로 전환되어, 가스 액화 시스템(10)의 소유주의 자본 투자에 대한 실질적으로 큰 경제적 이익

을 제공한다.

[0029] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 13c를 계속 참조하여 도 14에 도시한 바와 같이, 예시적인 계산을 행하였는데, 그 계산 결과에서는, 6개의 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)가 있는 저속 동력 터빈(LSPT)(18)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈(14)[예를 들어, 미국 오하이오주 이븐데일에 소재한 GE Aviation에서 시판 중인 타입의 공기 유도식 가스 터빈으로서 6개의 팽창 스테이지가 있는 저속 동력 터빈(LSPT)을 구비한 LM2500+G4 LSPT 공기 유도식 가스 터빈일 수 있음]을 이용하는 것이, 2개의 팽창 스테이지를 갖는 고속 동력 터빈(HSPT)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈[예를 들어, 미국 텍사스주 휴스턴에 소재한 Dresser-Rand Company에서 시판 중인 Dresser-Rand VECTRA<sup>®</sup> 40G4 타입의 고속 동력 터빈이거나, 이탈리아 플로렌스에 소재한 GE Oil and Gas에서 시판 중인 General Electric PGT25+G4 타입의 고속 동력 터빈일 수 있는 2개의 팽창 스테이지를 갖는 고속 동력 터빈(HSPT)을 구비한 LM2500+G4 HSPT 공기 유도식 가스 터빈일 수 있음]을 이용하는 것보다, 적어도 공기 유도식 가스 터빈(14)의 일상적 및/또는 정기적 유지 보수를 위한 "작업 중지 시간"으로 인한 누적 생산 손실과 관련된 비용을 감소시키는 데, 다시 말해 공기 유도식 가스 터빈(14) 및 압축기(12)가 일상적 및/또는 정기적 유지 보수로 인해 작동할 수 없어 작동 방법(96)의 단계(100)에서 가능한 한 많은 유체를 액상으로 전환할 수 없게 되는 것과 관련한 비용을 감소시키는 것을 보여준다. 도 14에 도시한 바와 같이, 예시적인 계산을 행하였는데, 그 계산 결과에서는, 작동 기준 및 모든 다른 파라미터가 동일하다고 하면, 유지 보수 방법(157)에 있어서 6개의 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)가 있는 저속 동력 터빈(LSPT)(18)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈(14)[예를 들어, 6개의 팽창 스테이지가 있는 저속 동력 터빈(LSPT)을 구비한 LM2500+G4 LSPT 공기 유도식 가스 터빈일 수 있음]을 이용하는 것이, 2개의 팽창 스테이지를 갖는 고속 동력 터빈(HSPT)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈[예를 들어, 2개의 팽창 스테이지를 갖는 고속 동력 터빈(HSPT)을 구비한 LM2500+G4 HSPT 공기 유도식 가스 터빈일 수 있음]을 이용하는 것보다, 공기 유도식 가스 터빈(14)의 작동 수명에 걸쳐 일상적 및/또는 정기적 유지 보수를 위한 "작동 중지 시간"으로 인한 누적 생산 손실과 관련한 비용 절감을 예를 들면 약 8년의 작동 시간 후에는 약 \$10,000,000 정도, 약 24년의 작동 시간 후에는 약 \$27,000,000 정도 제공하는 것을 보여준다. 이러한 예시적인 계산 결과는 예상하지 못한 것이었다. 도 14에 제시한 비용 절감은 영업 이익(OI)보다는 특히 LM2500+G4 LSPT 공기 유도식 가스 터빈과 LM2500+G4 HSPT 공기 유도식 가스 터빈 모두에 대한 정기적 유지 보수, 플랜트 공칭 용량, 및 매출 증가에 기초하였다. 6개의 팽창 스테이지(80a, 80b, 80c, 80d, 80e, 80f)가 있는 저속 동력 터빈(LSPT)(18)을 구비한 공기 유도식 가스 터빈(14)의 보다 짧은 유지 보수 일정은 도 14에 제시한 예시적 계산의 비용 절감을 제공할 것이다. 보다 구체적으로, 유지 보수 방법(157)의 실행은 공기 유도식 가스 터빈(14) 및 압축기(12)의 "작동 중지 시간"을 수일만큼 크게 감소시킨다. 도 14에 제시한 예시적으로 계산된 비용 절감은 유지 보수 방법(157)에 따라 적어도 공기 유도식 가스 터빈(14)에 수행된 일상적 및/또는 정기적 유지 보수가 고작 약 2일 걸리는 것으로 가정한다.

[0030] 예시적인 실시예에서, 도 1 내지 도 14를 계속 참조하여 도 15에 도시한 바와 같이, 전체적으로 도면 부호 158로 나타낸 시스템은 가스 액화 시스템(10)의 다수의 부품들을 포함하며, 이 부품들에는 동일한 도면 부호를 부여한다. 도 15에 도시한 바와 같이, 시스템(158)은 또한 커플링(162)을 통해 압축기(12)에 직접 결합된 압축기(160)를 포함한다. 이 압축기(160)는 라인(166, 168)을 각각 통해 열교환기(24)와 응축기(164) 사이에 유체 연통하게 결합된다. 팽창 밸브(170)와 같은 팽창 요소는 라인(172, 174)을 각각 통해 응축기(164)와 열교환기(24) 사이에 유체 연통하게 결합된다. 열교환기(24), 압축기(160), 응축기(164), 팽창 밸브(170), 라인(166, 168, 172, 174)들은 함께 화살표(178, 180, 182, 184)로 표시한 방향으로 냉매가 통과해 순환하도록 된 루프(176)를 형성하거나, 적어도 그 일부를 이룬다. 예시적인 실시예에서, 시스템(158)의 압축기(12)는 이중 흐름 압축기(double flow compressor)이고, 압축기(160)는 단일 흐름 압축기(single flow compressor)이다.

[0031] 예시적인 실시예에서, 시스템(158)의 작동은, 공기 유도식 가스 터빈(14)이 압축기(12)를 구동하는 것 외에도 압축기(160)도 구동하고, 단계(112)에서는 루프(38)를 통해 냉매를 순환시키는 것 외에도 루프(176)를 통해 냉매를 순환시키는 것을 포함하고, 단계(114)에서는 라인(48), 열교환기(24) 및 라인(50)을 통해 흐르는 유체로부터 루프(38)를 통해 순환하는 냉매로 뿐만 아니라, 루프(176)를 통해 순환하는 냉매로 열을 전달하는 것을 포함한다는 점을 제외하면, 가스 액화 시스템(10)의 작동 방법(96)과 유사하여 그 상세한 설명은 생략한다. 예시적인 실시예에서, 유지 보수는 유지 보수 방법(144)과 실질적으로 유사한 방식으로 시스템(158)에 수행한다. 예시적인 실시예에서, 유지 보수는 유지 보수 방법(157)과 실질적으로 유사한 방식으로 시스템(158)에 수행한다.

[0032] 다수의 예시적인 실시예에서, 가스 액화 시스템(10 및/또는 158)에서 압축기(12, 160)들 중 하나 이상에 추가로 또는 그 대신에 하나 이상의 다른 압축기가 공기 유도식 가스 터빈(14)에 의해 구동된다.

[0033] 다수의 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 폐열 회수 사이클 및/또는 시스템이 공기 유도식 가스 터빈(14)에 작동적으로 결합된다. 다수의 예시적인 실시예에서, 하나 이상의 폐열 회수 사이클 및/또는 시스템이 공기 유도식 가스 터빈(14)과 열교환기(24) 사이에 작동적으로 결합된다. 다수의 실시예에서, 하나 이상의 폐열 회수 사이클 및/또는 시스템이 공기 유도식 가스 터빈(14)과, 예를 들면 열교환기(24), 라인(48), 라인(50) 및/또는 이들의 임의의 조합 중 하나 이상과 같은 가스 액화 시스템(10)의 하나 이상의 다른 구성 요소에 작동적으로 결합된다. 다수의 실시예에서, 하나 이상의 폐열 회수 사이클 및/또는 시스템이 공기 유도식 가스 터빈(14)과, 예를 들면 열교환기(24), 라인(48), 라인(50) 및/또는 이들의 임의의 조합 중 하나 이상과 같은 시스템(158)의 하나 이상의 다른 구성 요소에 작동적으로 결합된다.

[0034] 압축기 시스템을 포함하고, 이 압축기 시스템은 제1 샤프트를 갖고 있고 냉매가 통과해 흐르도록 되어 있는 압축기; 및 이 압축기를 구동하는 공기 유도식 가스 터빈을 포함하며, 공기 유도식 가스 터빈은 가스 발생기 및 이 가스 발생기에 결합된 저속 동력 터빈을 포함하며, 이 저속 동력 터빈은 압축기의 제1 샤프트를 직접 구동하도록 제1 샤프트에 직접 결합된 제2 샤프트를 포함하며, 제1 및 제2 샤프트 각각의 회전 속도는 실질적으로 동일하도록 되어 있는 시스템에 대해 설명하였다. 하나의 예시적인 실시예에서, 그 시스템은 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 가스 액화 시스템을 포함하며, 기상의 유체는 천연 가스를 포함하고, 액상의 유체는 액화 천연 가스를 포함하며, 가스 액화 시스템은 하나의 이상의 냉각 스테이지를 포함하며, 이 하나 이상의 냉각 스테이지는 냉매 및 이 냉매가 통과해 순환하도록 된 루프를 포함하며, 이 루프는 유체에서 냉매로 열을 전달하는 열교환기; 냉매를 압축하는 압축기 시스템의 압축기; 냉매로부터 열을 전달하는 응축기; 및 냉매를 팽창시키는 팽창 요소를 포함하고, 공기 유도식 가스 터빈은 모듈형 유닛으로서 압축기에 결합되며, 저속 동력 터빈은 모듈형 유닛으로서 가스 발생기에 결합되며, 압축기는 원심 압축기를 포함하며, 냉매는 40,000 ACFM 내지 약 70,000 ACFM 범위의 유량으로 원심 압축기를 통과해 흐르며, 압축기는 압축된 냉매가 압축기로부터 약 30 psia 내지 약 300 psia 범위의 압력으로 배출되도록 냉매를 압축하며, 저속 동력 터빈은 제2 샤프트를 구동하도록 적어도 6개의 팽창 스테이지를 구비하며, 이들 적어도 6개의 팽창 스테이지는 저속 동력 터빈이 약 55,000 마력 미만의 정격 출력을 갖도록 제2 샤프트를 구동하며, 제1 샤프트와 제2 샤프트는 대체로 축방향으로 정렬되며, 제1 및 제2 샤프트의 회전 속도는 약 2,000 rpm 내지 약 4,000 rpm 범위이다. 예시적인 실시예에서, 제1 샤프트와 제2 샤프트는 대체로 축방향으로 정렬되며, 제1 및 제2 샤프트의 회전 속도는 약 2,000 rpm 내지 약 4,000 rpm 범위이다. 예시적인 실시예에서, 압축기는 냉매가 40,000 ACFM 내지 약 70,000 ACFM 범위의 유량으로 통과해 흐르도록 구성된 원심 압축기를 포함하며, 이 원심 압축기는 압축된 냉매가 원심 압축기로부터 약 30 psia 내지 약 300 psia 범위의 압력으로 배출되도록 냉매를 압축하도록 구성된다. 예시적인 실시예에서, 저속 동력 터빈은 제2 샤프트를 구동하도록 적어도 6개의 팽창 스테이지를 구비하며, 이들 적어도 6개의 팽창 스테이지는 저속 동력 터빈이 약 55,000 마력 미만의 정격 출력을 갖도록 제2 샤프트를 구동한다. 예시적인 실시예에서, 공기 유도식 가스 터빈은 모듈형 유닛으로서 압축기에 결합되며, 저속 동력 터빈은 모듈형 유닛으로서 가스 발생기에 결합된다. 예시적인 실시예에서, 그 시스템은 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 가스 액화 시스템을 포함하며, 기상의 유체는 천연 가스를 포함하고, 액상의 유체는 액화 천연 가스를 포함하며, 가스 액화 시스템은 하나의 이상의 냉각 스테이지를 포함하며, 이 하나 이상의 냉각 스테이지는 냉매 및 이 냉매가 통과해 순환하도록 된 루프를 포함하며, 이 루프는 유체에서 냉매로 열을 전달하는 열교환기; 냉매를 압축하는 압축기 시스템의 압축기; 냉매로부터 열을 전달하는 응축기; 및 냉매를 팽창시키는 팽창 요소를 포함한다.

[0035] 제2 샤프트를 구비하는 압축기를 제공하고; 제1 샤프트를 갖는 동력 터빈을 구비한 공기 유도식 가스 터빈을 제공하며; 동력 터빈의 제1 샤프트를 압축기의 제2 샤프트에 직접 결합하며; 압축기를 통해 냉매를 순환시키고; 압축기에 의해 냉매를 압축하는 것을 포함하며, 압축기에 의해 냉매를 압축하는 것은 공기 유도식 가스 터빈을 이용하여 압축기를 직접 구동하는 것을 포함하며; 압축기를 직접 구동하는 것은, 동력 터빈의 제1 샤프트를 제1 회전 속도로 회전시키고, 압축기의 제2 샤프트를 제2 회전 속도로 회전시키는 것을 포함하며, 제1 및 제2 회전 속도는 실질적으로 동일한 것인 방법에 대해 설명하였다. 예시적인 실시예에서, 그 방법은 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 것을 포함하며; 기상의 유체는 천연 가스를 포함하고, 액상의 유체는 액화 천연 가스를 포함하며; 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 것은 유체로부터 냉매로 열을 전달하는 것을 포함하며; 압축기는 원심 압축기를 포함하며; 동력 터빈은 적어도 6개의 팽창 스테이지를 갖는 저속 동력 터빈이며; 압축기를 통해 냉매를 순환시키는 것은 냉매를 약 40,000 ACFM 내지 약 70,000 ACFM 범위의 유량으로 압축기를 통해 순환시키는 것을 포함하며; 압축기에 의해 냉매를 압축하는 것은 압축된 냉매가 압축기로부터 약 30 psia 내지 약 300 psia 범위의 압력으로 배출되도록 압축기에 의해 냉매를 압축하는 것을 포함하며; 동력 터빈의 제1 샤프트를 제1 회전 속도로 회전시키는 것은 저속 동력 터빈이 약 55,000 마력 미만의 정격 출력을 갖도록 적어도 6개의 팽창 스테이지를 이용하여 제1 샤프트를 구동하는 것을 포함하며; 제1 샤프트와 제2 샤프트

는 대체로 축방향으로 정렬되며; 제1 및 제2 샤프트 각각의 회전 속도는 약 2,000 rpm 내지 약 4,000 rpm 범위이다. 예시적인 실시예에서, 그 방법은 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 것을 포함하며; 기상의 유체는 천연 가스를 포함하고, 액상의 유체는 액화 천연 가스를 포함하며; 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 것은 유체로부터 냉매로 열을 전달하는 것을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 압축기는 원심 압축기를 포함하며; 압축기를 통해 냉매를 순환시키는 것은 냉매를 약 40,000 ACFM 내지 약 70,000 ACFM 범위의 유량으로 압축기를 통해 순환시키는 것을 포함하며; 압축기에 의해 냉매를 압축하는 것은 압축된 냉매가 압축기로부터 약 30 psia 내지 약 300 psia 범위의 압력으로 배출되도록 압축기에 의해 냉매를 압축하는 것을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 동력 터빈은 적어도 6개의 팽창 스테이지를 갖는 저속 동력 터빈이며; 동력 터빈의 제1 샤프트를 제1 회전 속도로 회전시키는 것은 저속 동력 터빈이 약 55,000 마력 미만의 정격 출력을 갖도록 적어도 6개의 팽창 스테이지를 이용하여 제1 샤프트를 구동하는 것을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 그 방법은 공기 유도식 가스 터빈을 압축기로부터 모듈형 유닛으로서 분리하고; 적어도 그 공기 유도식 가스 터빈에 대해 유지 보수를 수행하며; 그리고 공기 유도식 가스 터빈을 압축기에 모듈형 유닛으로서 재결합하는 것을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 공기 유도식 가스 터빈을 압축기로부터 모듈형 유닛으로서 분리하는 것은 동력 터빈의 제1 샤프트를 압축기의 제2 샤프트로부터 분리하는 것을 포함하며; 공기 유도식 가스 터빈을 압축기에 모듈형 유닛으로서 재결합하는 것은 동력 터빈의 제1 샤프트를 압축기의 제2 샤프트에 결합하는 것을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 제1 샤프트와 제2 샤프트는 대체로 축방향으로 정렬되며; 제1 및 제2 샤프트 각각의 회전 속도는 약 2,000 rpm 내지 약 4,000 rpm 범위이다.

[0036] 압축기 및 이에 결합된 공기 유도식 가스 터빈을 구비하고 이 공기 유도식 가스 터빈에는 가스 발생기 및 이에 결합된 동력 터빈이 있는 가스 액화 시스템을 제공하고; 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분으로부터 모듈형 유닛으로서 분리시키며; 적어도 공기 유도식 가스 터빈에 유지 보수를 수행하며; 및 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분으로부터 모듈형 유닛으로서 분리시킨 후 그 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분에 모듈형 유닛으로서 재결합하는 것을 포함하는 방법에 대해 설명하였다. 예시적인 실시예에서, 공기 유도식 가스 터빈은 가스 발생기로부터 공기를 받아들이는 입구를 포함하며; 동력 터빈은 동력 터빈으로부터 가스를 배출하는 배기구 및 제1 샤프트를 포함하며; 배기구는 공기 유도식 가스 터빈이 모듈형 유닛 형태인 경우에 입구에 유체 연통하게 결합되며; 압축기는 공기 유도식 가스 터빈을 압축기에 결합할 때에 동력 터빈의 제1 샤프트에 직접 결합되는 제2 샤프트를 포함하며; 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분으로부터 모듈형 유닛으로서 분리시키는 것은, 가스 발생기의 입구를 공기를 가스 발생기로 안내하도록 된 수단으로부터 분리시키고, 동력 터빈의 배기구를 가스를 동력 터빈으로부터 안내해 보내도록 된 수단으로부터 분리시키며, 그리고 제1 샤프트를 제2 샤프트로부터 분리시키는 것을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분에 모듈형 유닛으로서 재결합하는 것은, 가스 발생기의 입구를 공기를 가스 발생기로 안내하도록 된 수단에 재결합하고, 동력 터빈의 배기구를 가스를 동력 터빈으로부터 안내해 보내도록 된 수단에 재결합하며, 그리고 제1 샤프트를 제2 샤프트에 재결합하는 것을 포함한다. 예시적인 실시예에서, 그 방법은, 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 것을 포함하며; 기상의 유체는 천연 가스를 포함하고, 액상의 유체는 액화 천연 가스를 포함하며; 유체의 적어도 일부를 기상에서 액상으로 전환하는 것은 유체가 하나 이상의 냉각 스테이지를 거치게 하는 것을 포함하며; 유체가 하나 이상의 냉각 스테이지를 거치게 하는 것은, 압축기에 유체 연통하게 결합된 열교환기 내로 유체를 받아들이며, 열교환기를 이용하여 그 유체로부터 열을 제거하고, 그리고 유체를 열교환기로부터 배출하는 것을 포함하며; 열교환기를 이용하여 유체로부터 열을 제거하는 것은, 열교환기 및 압축기를 포함하는 루프를 통해 냉매를 순환시키며, 그 루프를 통해 냉매를 순환시키는 중에 유체로부터 냉매로 열을 전달하는 것을 포함하며; 유체로부터 냉매로 열을 전달하는 것은 열교환기를 이용하여 유체로부터 냉매로 열을 전달하고, 압축기에 의해 냉매를 압축하는 것을 포함하며; 압축기에 의해 냉매를 압축하는 것은 공기 유도식 가스 터빈을 이용하여 압축기를 직접 구동하는 것을 포함하며; 압축기를 직접 구동하는 것은, 동력 터빈의 제1 샤프트를 제1 회전 속도로 회전시키고, 압축기의 제2 샤프트를 제2 회전 속도로 회전시키는 것을 포함하며, 제1 및 제2 회전 속도는 실질적으로 동일하다. 예시적인 실시예에서, 그 방법은, 예비용 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템의 나머지 부분에 모듈형 유닛으로서 결합하고, 예비용 공기 유도식 가스 터빈에 의해 가스 액화 시스템을 작동시키며, 그리고 예비용 공기 유도식 가스 터빈을 가스 액화 시스템으로부터 모듈형 유닛으로서 분리하는 것을 포함한다.

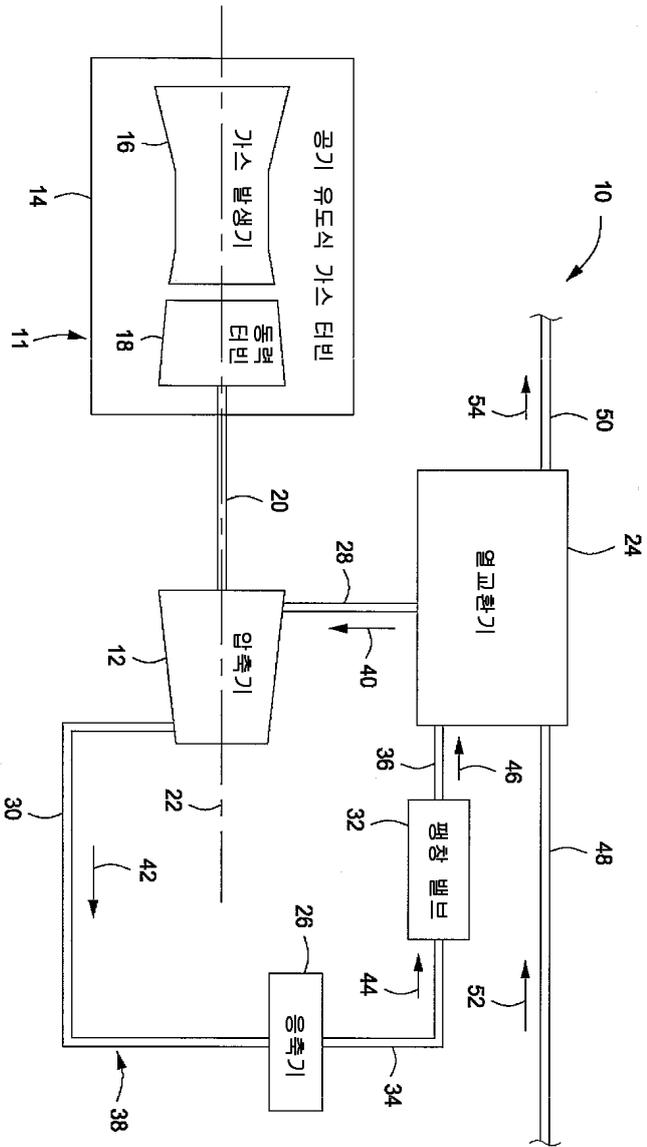
[0037] 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않고 전술한 사항에 대해 변형이 이루어질 수 있음을 이해할 것이다. 다수의 예시적인 실시예에서, 다양한 예시한 예시적인 실시예들의 구성 요소 및 교시들은 그 예시한 예시적인 실시예들의 일부 또는 전부에 완전히 또는 부분적으로 조합될 수 있다. 게다가, 다양한 예시한 예시적인 실시예들의 요소 및 교시 중 하나 이상은 적어도 부분적으로 생략되거나, 및/또는 다양한 예시적인 실시예들의 다른 요소 및

교시 중 하나 이상과 적어도 부분적으로 조합될 수 있다.

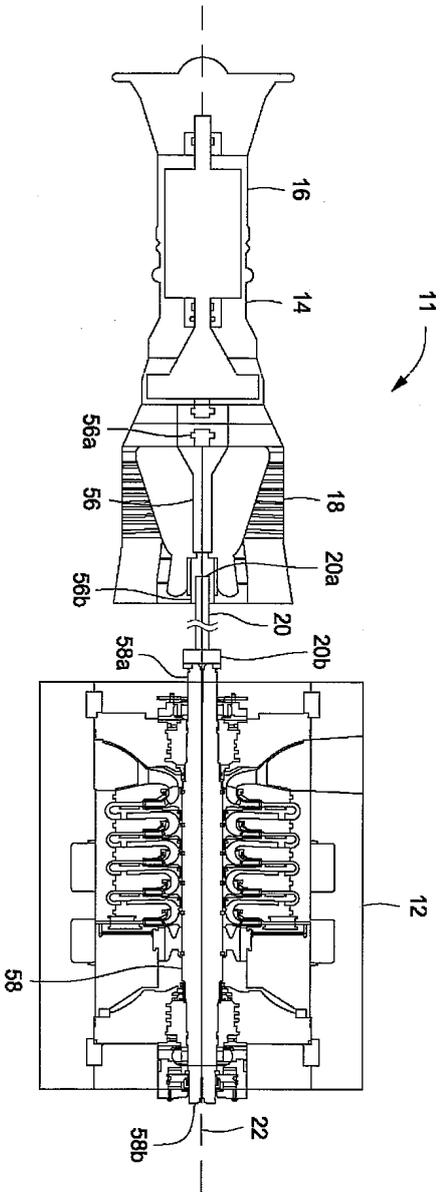
- [0038] 예를 들면, "상부," "하부," "위," "아래," "사이," "저부," "수직," "수평," "경사," "상향," "하향," "측부에서 측부로," "좌에서 우로," "좌측," "우측," "우에서 좌로," "위에서 아래로," "아래에서 위로," "정상," "바닥," "아래를 위로," "위를 아래로," 등과 같은 임의의 공간 참조 표현은 단지 예시를 위한 것이지, 기술한 구조체의 특정 배향 또는 위치를 한정하고자 하는 것은 아니다.
- [0039] 다수의 실시예에서, 다양한 단계, 프로세스, 공정들을 별개의 행위로서 등장하는 것으로 설명하고 있지만, 그 단계들 중 하나 이상, 그 프로세스들 중 하나 이상, 및/또는 그 공정들 중 하나 이상은 또한 다양한 순서로, 동시에 및/또는 순차적으로 수행될 수도 있다. 다수의 예시적인 실시예에서, 그 단계, 프로세스 및/또는 공정들은 하나 이상의 공정, 프로세스, 및/또는 단계로 합쳐질 수도 있다. 다수의 실시예에서, 각 실시예에서 운용 단계들 중 하나 이상이 생략될 수 있다. 게다가, 몇몇 예에서, 본 발명의 일부 특징들은 기타 특징들의 대응하는 이용 없이도 채용될 수도 있다. 게다가, 기술한 실시예 및/또는 변형예의 하나 이상의 조합은 기술한 다른 실시예 및/또는 변형예와 전체적으로 또는 부분적으로 조합될 수도 있다. 청구 범위에 있어서, 수단 기능식 구절은 본 명세서에서 언급한 기능을 수행하는 것으로서 설명한 구조체뿐만 아니라, 구조적 등가물 및 등가의 구조체를 커버하고자 하는 것이다.
- [0040] 위에서는 당업자들이 상세한 설명을 보다 잘 이해할 수 있도록 다수의 실시예의 특징들의 개요에 대해 설명하였다. 당업자라면 본 명세서에서 소개한 실시예들과 동일한 목적을 수행하고 및/또는 동일한 이점을 달성하도록 기타 프로세스 및 구조체를 설계 또는 수정하기 위한 기초로서 본 명세서를 용이하게 이용할 수 있다는 점을 이해할 것이다. 또한, 당업자라면, 그러한 등가 구조는 본 발명의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않으며, 본 발명의 사상 및 범위로부터 다양한 변형, 치환, 및 변경이 이루어질 수 있다는 점을 이해할 것이다.

도면

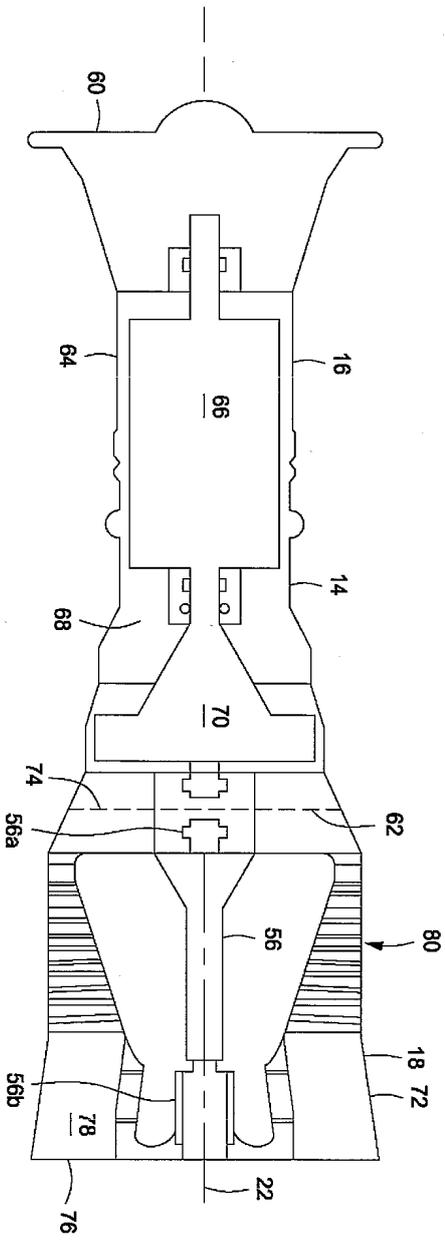
도면1



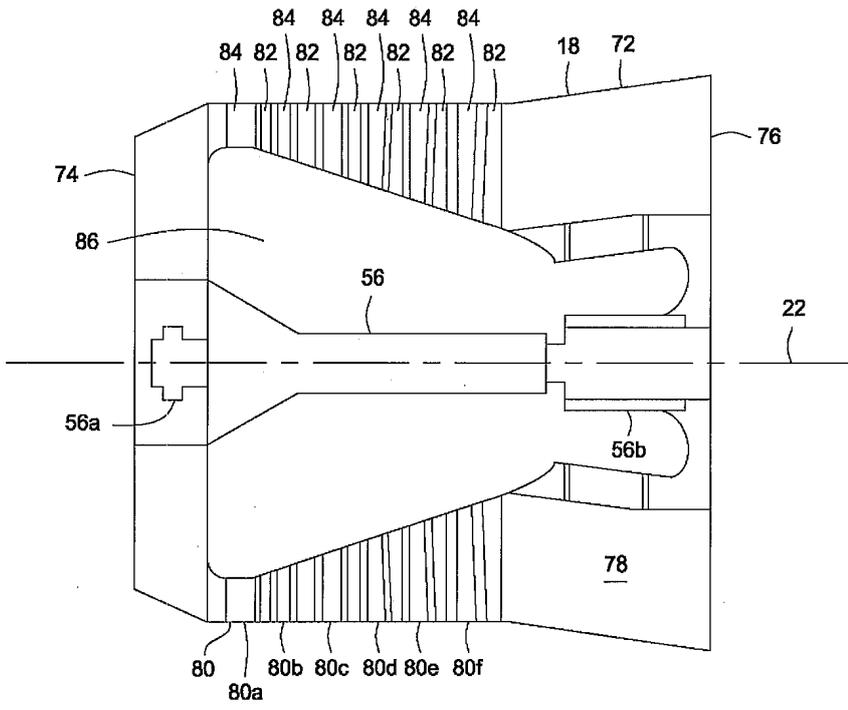
도면2



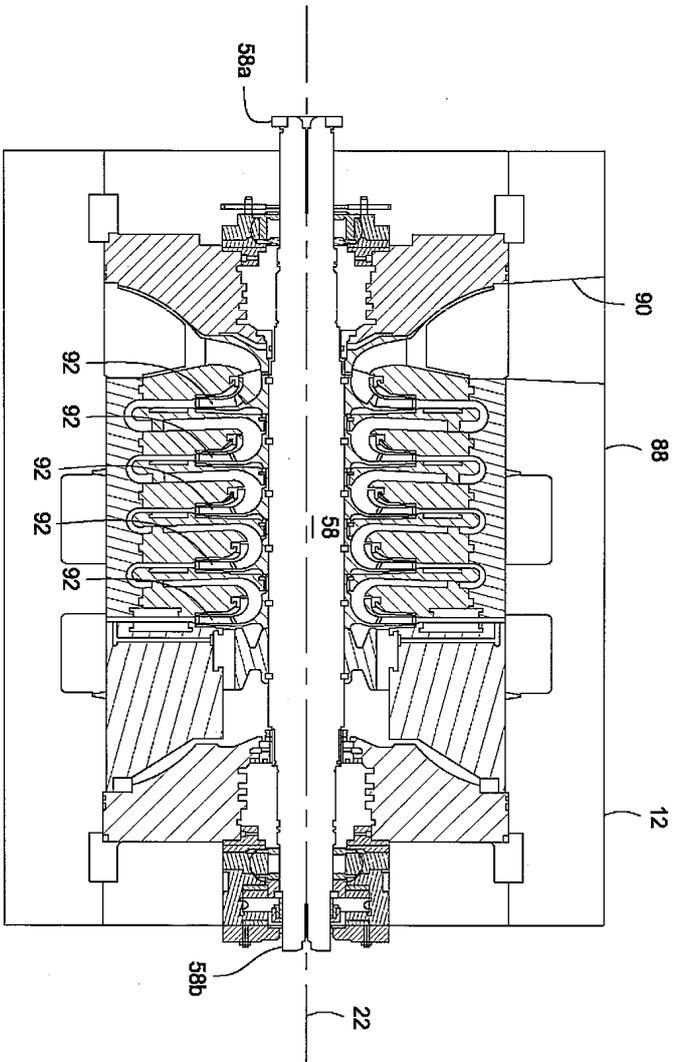
도면3



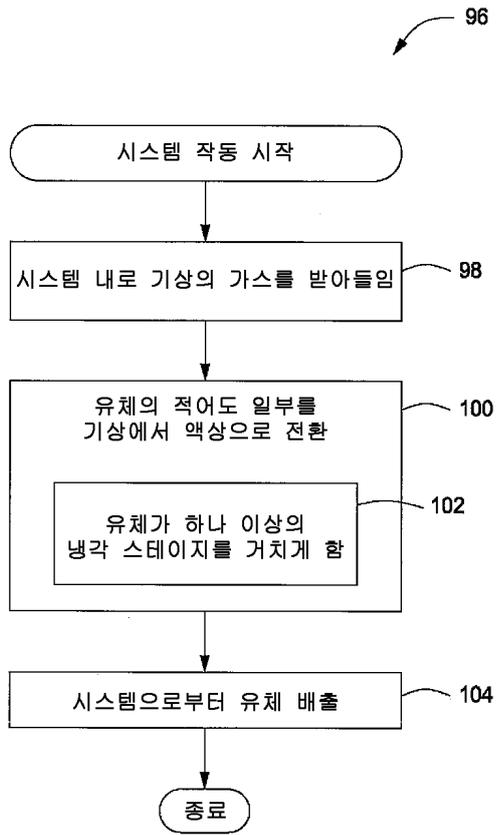
도면4



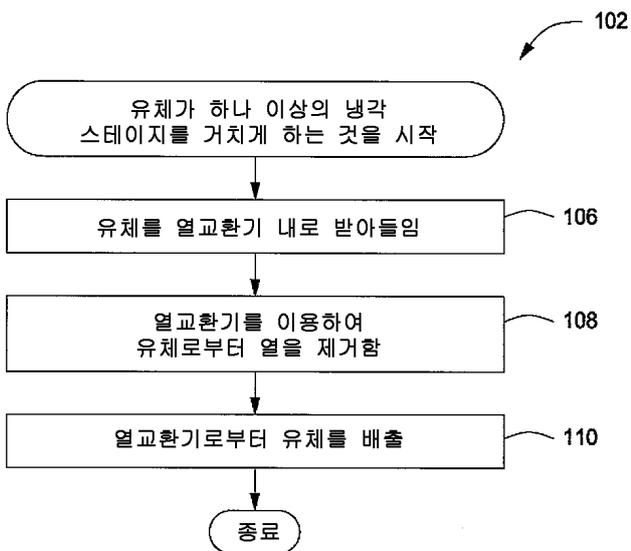
도면5



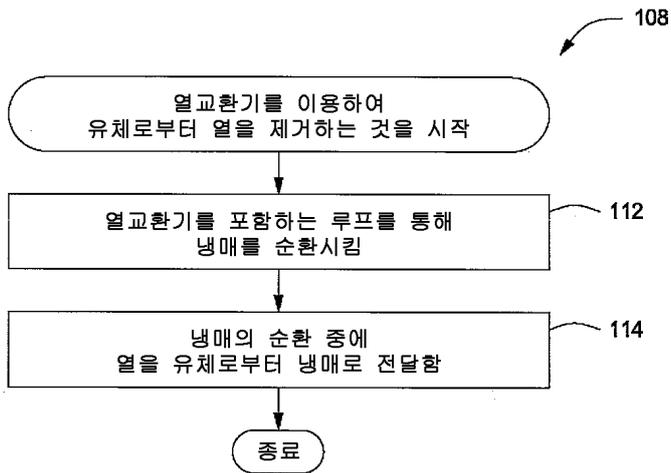
도면6



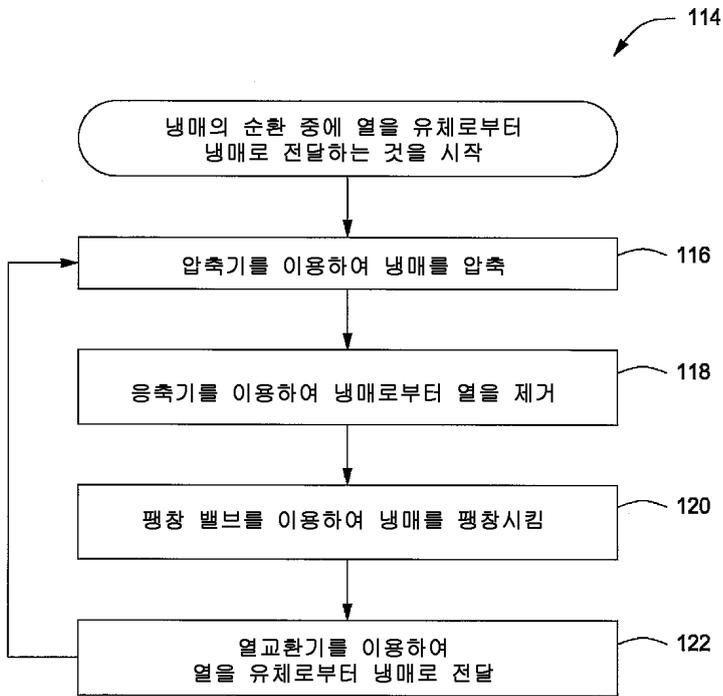
도면7



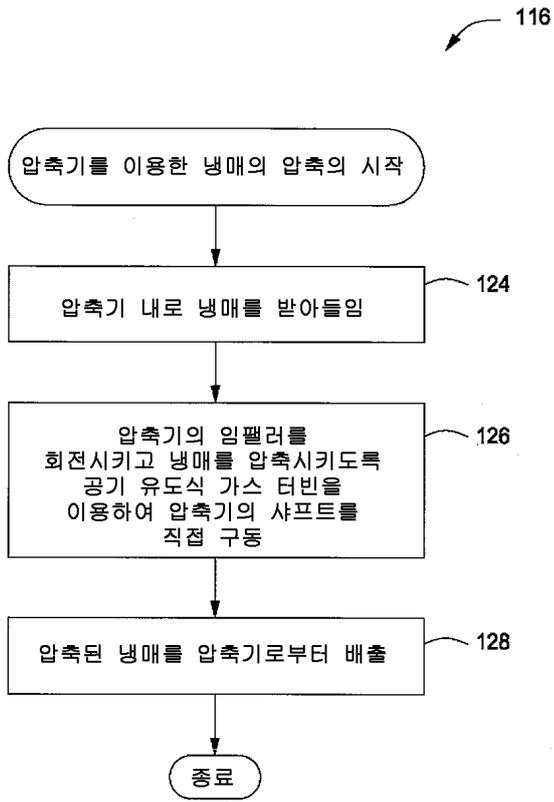
도면8



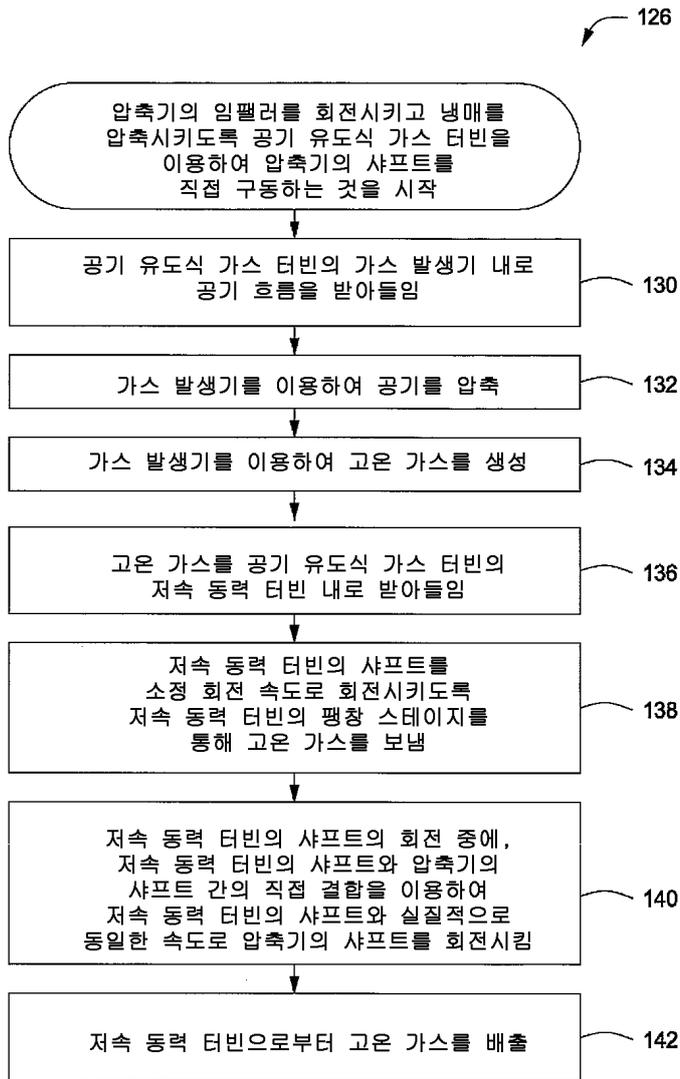
도면9



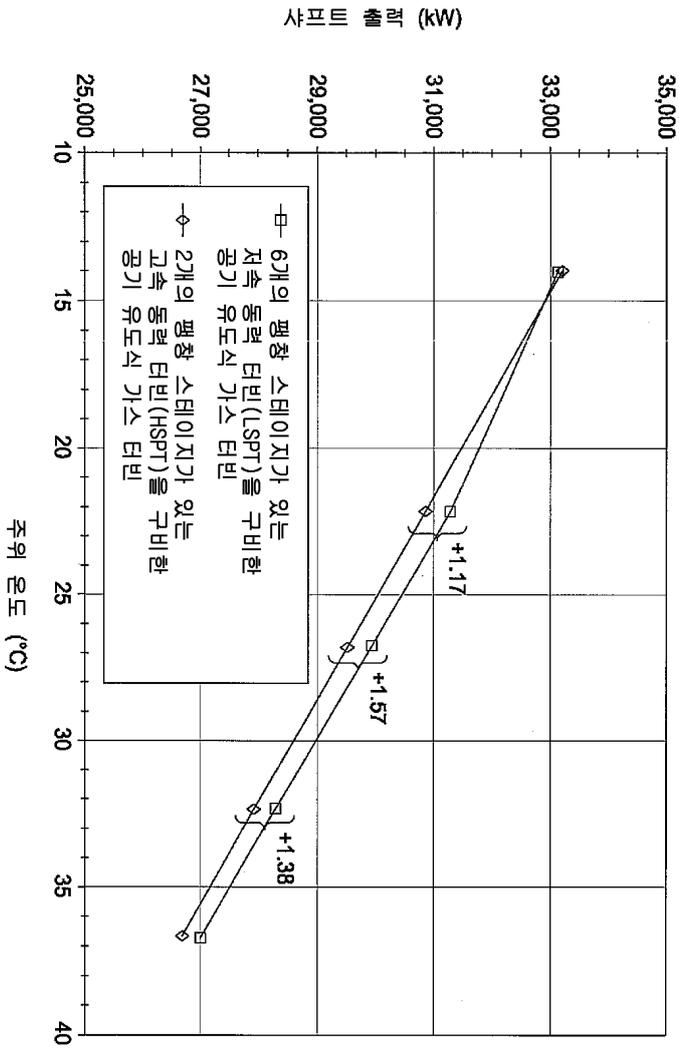
도면10



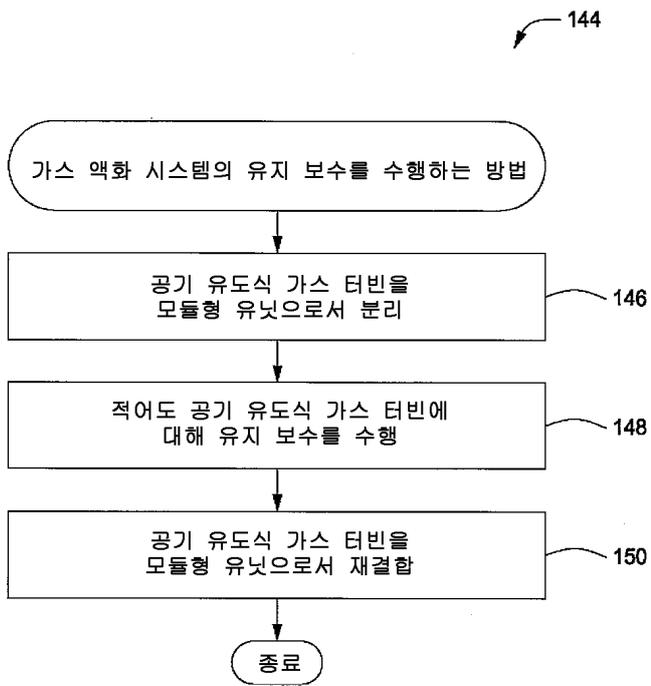
도면11



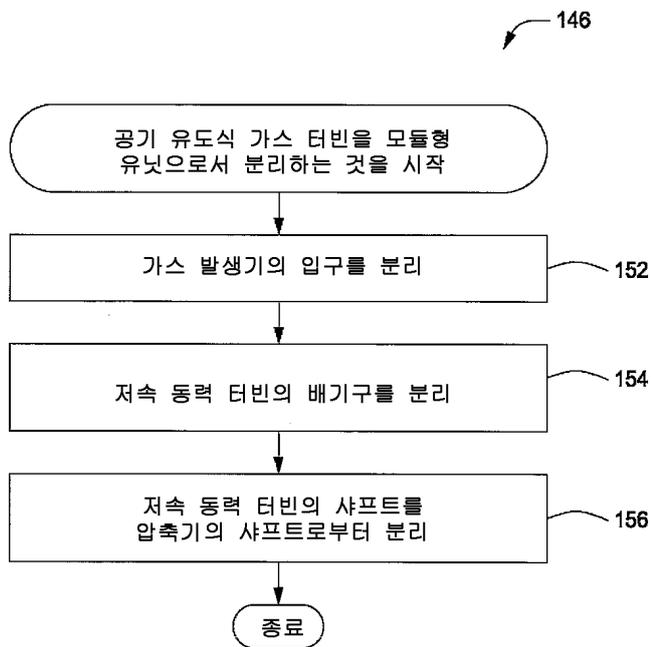
도면12



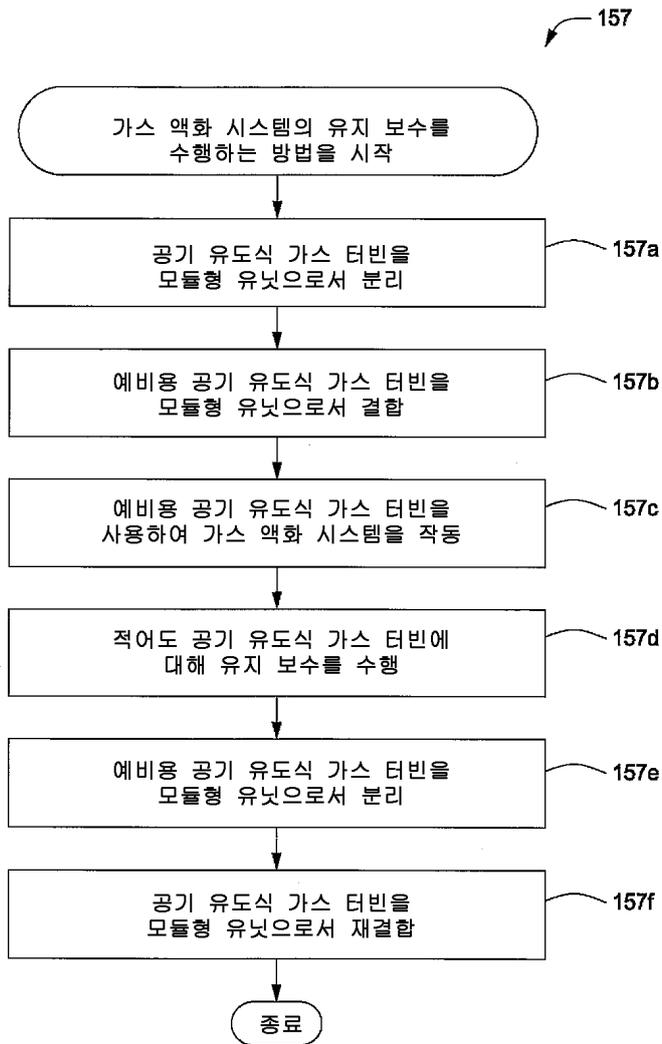
도면13a



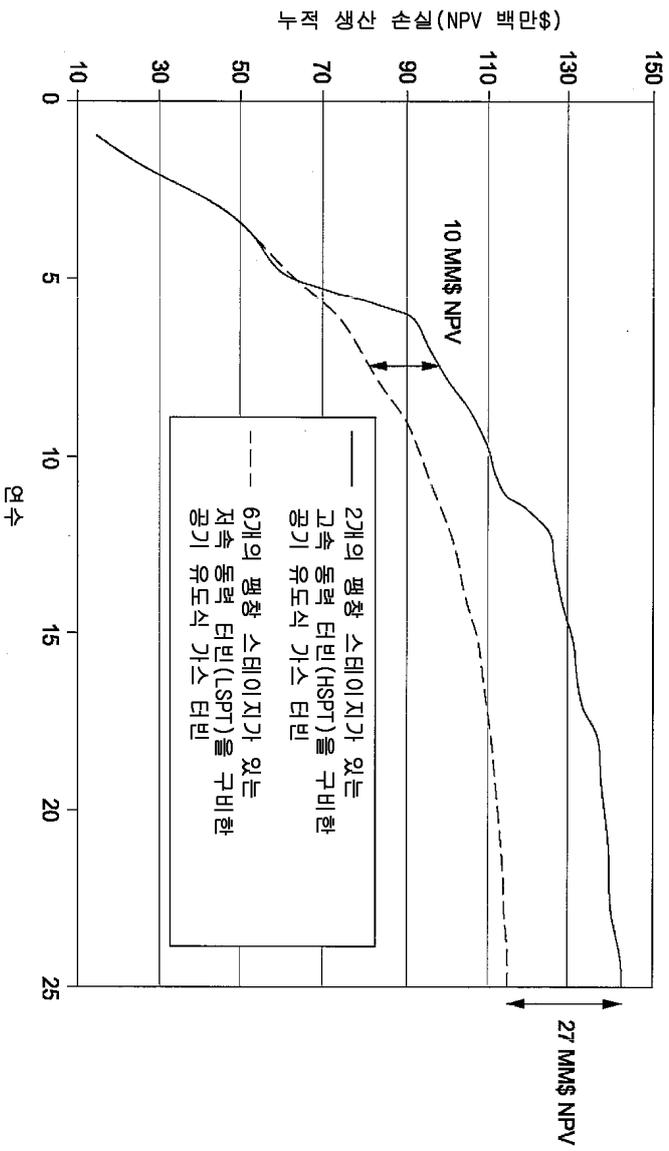
도면13b



도면13c



도면14



도면15

