



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0024911  
(43) 공개일자 2014년03월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F04D 21/00 (2006.01) F04D 19/02 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-7031233  
(22) 출원일자(국제) 2012년05월25일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2013년11월25일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/039492  
(87) 국제공개번호 WO 2012/166564  
국제공개일자 2012년12월06일  
(30) 우선권주장  
13/117,878 2011년05월27일 미국(US)

(71) 출원인  
제너럴 일렉트릭 캄파니  
미합중국 뉴욕, 쉐넥테디, 원 리버 로우드  
(72) 발명자  
호퍼 더글라스 칼  
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 빌딩 케이1-3  
에이59 원 리서치 씨클 글로벌 리서치 제너럴 일  
렉트릭 캄파니  
고타푸 다난자야라오  
인도 카나타카 560037 벵갈로 마라타할리 아얍팔  
라웃 2 에이 크로스 비자야 nil라암 53-701  
(74) 대리인  
제일특허법인

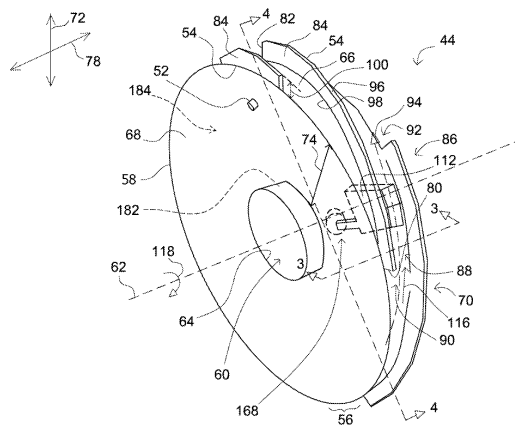
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 초음속 압축기 로터 및 유체 압축 방법

(57) 요약

본 발명은 초음속 압축기 로터에 관한 것이다. 초음속 압축기 로터는 상류 표면(68)과, 하류 표면(70)과, 상기 상류 표면(68)과 상기 하류 표면(70) 사이에서 대체로 축방향으로 연장되는 반경방향 외부 표면(66)을 포함한다. 디스크 본체는 중심선 축(62)을 형성한다. 복수의 베인(54)은 반경방향 외부 표면에 결합되어 있다. 인접한 베인은 한쌍을 형성하고, 인접한 베인의 상기 각 쌍 사이에 유동 채널(88)이 형성되도록 배향된다. 유동 채널은 입구 개구부(90)와 출구 개구부(92) 사이에서 대체로 축방향으로 연장되어 있다. 적어도 하나의 초음속 압축 램프(112)는 유동 채널 내에 위치되어 있다. 초음속 압축 램프는 제 1 위치(156)에, 제 2 위치(158)에, 및 이들 위치 사이의 임의의 위치에 선택적으로 위치 가능하다.

대표도 - 도2



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

초음속 압축기 로터에 있어서,

상류 표면과, 하류 표면과, 상기 상류 표면과 상기 하류 표면 사이에서 대체로 축방향으로 연장되는 반경방향 외부 표면을 포함하며, 중심선 축을 형성하는 실질적으로 원통형의 디스크 본체와;

상기 반경방향 외부 표면에 결합된 복수의 베인으로서, 인접한 상기 베인은 한쌍을 형성하고, 인접한 베인의 상기 각 쌍 사이에 유동 채널이 형성되도록 배향되며, 상기 유동 채널은 입구 개구부와 출구 개구부 사이에서 대체로 축방향으로 연장되어 있는, 상기 복수의 베인과;

상기 유동 채널 내에 위치되며, 제 1 위치에, 제 2 위치에, 및 이들 위치 사이의 임의의 위치에 선택적으로 위치 가능한 적어도 하나의 초음속 압축 램프를 포함하는

초음속 압축기 로터.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 초음속 압축 램프는 상기 유동 채널의 스톱트 구역을 형성하며, 상기 스톱트 구역은 상기 유동 채널의 최소 단면적으로 가지며, 상기 초음속 압축 램프는 상기 스톱트 구역의 단면적을 조정하도록 구성되어 있는

초음속 압축기 로터.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 초음속 압축 램프에 결합된 액추에이터를 더 포함하며, 상기 액추에이터는, 상기 초음속 압축 램프를 상기 제 1 위치에, 상기 제 2 위치에, 및 이들 사이의 임의의 위치에 위치시키도록 구성되는

초음속 압축기 로터.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 초음속 압축 램프를 상기 제 1 위치에, 상기 제 2 위치에 및 이들 사이의 임의의 위치에 이동시키는 것을 용이하게 하도록 상기 적어도 하나의 초음속 압축 램프에 작동식으로 결합된 제어 시스템을 더 포함하는

초음속 압축기 로터.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 로터 디스크의 회전 속도를 감지하고 그리고 적어도 감지된 회전 속도를 나타내는 적어도 제 1 모니터링 신호를 발생시키도록 구성된 적어도 제 1 센서를 더 포함하며, 상기 제어 시스템은 상기 제 1 센서로부터 발생된 제 1 모니터링 신호를 수신하기 위해 상기 제 1 센서에 통신적으로 결합되며, 상기 제어 시스템은 수신된 제 1 모니터링 신호에 의거하여 상기 유동 채널 내의 정상 충격파의 위치를 계산하도록 구성된

초음속 압축기 로터.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 유동 채널 내의 압력을 감지하고 그리고 감지된 압력을 나타내는 적어도 제 2 모니터링 신호를 상기 제어

시스템으로 전송하도록 구성된 적어도 제 2 센서를 더 포함하며, 상기 제어 시스템은 제 1 모니터링 신호 및 제 2 모니터링 신호에 의거하여 정상 충격과의 위치를 계산하도록 구성된

초음속 압축기 로터.

#### 청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 제어 시스템이 정상 충격과의 계산된 위치에 의거하여 상기 초음속 압축 램프를 위치시키도록 구성되어 있는

초음속 압축기 로터.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제어 시스템은 감지된 압력이 사전결정된 압력과 상이하다고 결정될 시에 상기 초음속 압축 램프를 이동시키도록 구성되어 있는

초음속 압축기 로터.

#### 청구항 9

초음속 압축기 시스템에 있어서,

유체 입구와 유체 출구 사이로 연장되는 캐비티를 형성하는 내부 표면을 포함하는 케이싱과;

상기 케이싱 내에 위치되며, 구동 조립체에 회전 가능하게 결합된 구동 샤프트와;

상기 구동 샤프트에 결합되고, 상기 유체 입구로부터 상기 유체 출구로 유체를 보내기 위해서 상기 유체 입구와 상기 유체 출구 사이에 위치된 초음속 압축기 로터를 포함하며,

상기 초음속 압축기 로터가,

상류 표면과, 하류 표면과, 상기 상류 표면과 상기 하류 표면 사이에서 대체로 축방향으로 연장되는 반경방향 외부 표면을 포함하며, 중심선 축을 형성하는 실질적으로 원통형의 디스크 본체와,

상기 반경방향 외부 표면에 결합된 복수의 베인으로서, 인접한 상기 베인은 한쌍을 형성하고, 인접한 베인의 상기 각 쌍 사이에 유동 채널이 형성되도록 배향되며, 상기 유동 채널은 입구 개구부와 출구 개구부 사이에서 대체로 축방향으로 연장되어 있는, 상기 복수의 베인과,

상기 유동 채널 내에 위치되며, 제 1 위치에, 제 2 위치에, 및 이들 위치 사이의 임의의 위치에 선택적으로 위치 가능한 적어도 하나의 초음속 압축 램프를 포함하는

초음속 압축기 시스템.

#### 청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 초음속 압축 램프는 상기 유동 채널의 스로트 구역을 형성하며, 상기 스로트 구역은 상기 유동 채널의 최소 단면적으로 가지며, 상기 초음속 압축 램프는 상기 스로트 구역의 단면적을 조정하도록 구성되어 있는

초음속 압축기 시스템.

#### 청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 초음속 압축 램프에 결합된 액추에이터를 더 포함하며, 상기 액추에이터는, 상기 초음속 압축 램프를 상기 제 1 위치에, 상기 제 2 위치에, 및 이들 사이의 임의의 위치에 위치시키도록 구성되는

초음속 압축기 시스템.

#### 청구항 12

제 9 항에 있어서,

상기 초음속 압축 램프를 상기 제 1 위치에, 상기 제 2 위치에 및 이들 사이의 임의의 위치에 이동시키는 것을 용이하게 하도록 상기 적어도 하나의 초음속 압축 램프에 작동식으로 결합된 제어 시스템을 더 포함하는

초음속 압축기 시스템.

#### 청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 로터 디스크의 회전 속도를 감지하고 그리고 상기 감지된 회전 속도를 나타내는 적어도 제 1 모니터링 신호를 발생시키도록 구성된 적어도 제 1 센서를 더 포함하며, 상기 제어 시스템은 상기 제 1 센서로부터 발생된 제 1 모니터링 신호를 수신하기 위해 상기 제 1 센서에 통신적으로 결합되며, 상기 제어 시스템은 수신된 제 1 모니터링 신호에 의거하여 상기 유동 채널 내의 정상 충격파의 위치를 계산하도록 구성된

초음속 압축기 시스템.

#### 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 유동 채널 내의 압력을 감지하고 그리고 감지된 압력을 나타내는 적어도 제 2 모니터링 신호를 상기 제어 시스템으로 전송하도록 구성된 적어도 제 2 센서를 더 포함하며, 상기 제어 시스템은 제 1 모니터링 신호 및 제 2 모니터링 신호에 의거하여 정상 충격파의 위치를 계산하도록 구성된

초음속 압축기 시스템.

#### 청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 제어 시스템이 정상 충격파의 계산된 위치에 의거하여 상기 초음속 압축 램프를 위치시키도록 구성되어 있는

초음속 압축기 시스템.

#### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 제어 시스템은 감지된 압력이 사전결정된 압력과 상이하다고 결정될 시에 상기 초음속 압축 램프를 이동시키도록 구성되어 있는

초음속 압축기 시스템.

#### 청구항 17

유체를 압축시키는 방법에 있어서,

(a) 압축될 유체를 회전하는 초음속 압축기 로터의 입구 개구부 내로 도입하는 단계로서, 상기 초음속 압축기 로터가, (i) 상류 표면과, 하류 표면과, 상기 상류 표면과 상기 하류 표면 사이에서 대체로 축방향으로 연장되는 반경방향 외부 표면을 포함하며, 중심선 축을 형성하는 실질적으로 원통형의 디스크 본체와; (ii) 상기 반경방향 외부 표면에 결합된 복수의 베인으로서, 인접한 상기 베인은 한쌍을 형성하고, 인접한 베인의 상기 각 쌍 사이에 유동 채널이 형성되도록 배향되며, 상기 유동 채널은 입구 개구부와 출구 개구부 사이에서 대체로 축방향으로 연장되어 있는, 상기 복수의 베인과; (iii) 상기 유동 채널 내에 위치되며, 제 1 위치에, 제 2 위치에, 및 이들 위치 사이의 임의의 위치에 선택적으로 위치 가능한 적어도 하나의 초음속 압축 램프를 포함하는, 상기 도입 단계와;

(b) 정상 충격파가 상기 초음속 압축 램프의 후단 에지에 의해 형성된 스로트 구역의 하류를 형성할 때까지, 상기 초음속 압축기 로터를 제 1 위치에 위치된 초음속 압축 램프로 작동시키는 단계와;

(c) 상기 초음속 압축 램프를 제 2 위치에 위치설정하는 단계로서, 상기 제 2 위치는 상기 제 1 위치의 대응하는 최소 단면적 특징보다 작은 최소 단면적에 특징이 있는, 상기 위치설정 단계와;

(d) 상기 초음속 압축기 로터를 제 2 위치에 위치된 초음속 압축 램프로 작동시켜서 압축된 유체를 생성하는 단계를 포함하는

유체 압축 방법.

#### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 초음속 압축기 로터의 회전 속도를 나타내는 제 1 신호를, 제 1 센서로부터 제어 시스템으로 전송하는 단계와,

상기 제 1 신호에 적어도 부분적으로 의거하여 정상 충격파의 위치를 계산하는 단계를 더 포함하는

유체 압축 방법.

#### 청구항 19

제 17 항에 있어서,

유동 채널 내의 압력을 나타내는 제 2 신호를, 제 2 센서로부터 제어 시스템으로 전송하는 단계와,

상기 제 1 신호 및 상기 제 2 신호에 적어도 부분적으로 의거하여 정상 충격파의 위치를 계산하는 단계를 더 포함하는

유체 압축 방법.

#### 청구항 20

제 19 항에 있어서,

정상 충격파가 계산된 위치에 의거하여 스로트 구역의 하류에 위치되어 있는 가를 결정하는 단계와;

정상 충격파가 스로트 구역의 하류에 위치되어 있는 가의 결정에 의거하여, 상기 초음속 압축 램프를 제 1 위치에, 제 2 위치에, 및 이들 위치 사이의 임의의 위치에 위치설정하는 단계를 더 포함하는

유체 압축 방법.

### 명세서

#### 기술분야

[0001] 본 명세서에 개시된 본 발명은 일반적으로 초음속 압축기 시스템에 관한 것이며, 보다 상세하게 유체를 압축시키기 위해 초음속 압축기 로터를 작동시키는 방법에 관한 것이다.

#### 배경기술

[0002] 적어도 몇몇의 공지된 초음속 압축기 시스템은 구동 조립체와, 구동 샤프트와, 유체를 압축시키기 위한 적어도 하나의 초음속 압축기 로터를 포함한다. 구동 조립체는 구동 샤프트와 함께 초음속 압축기 로터에 결합되어, 구동 샤프트 및 초음속 압축기 로터를 회전시킨다.

[0003] 공지된 초음속 압축기 로터는 로터 디스크에 결합된 복수의 스트레이크(strake)를 포함한다. 각각의 스트레이크는 로터 디스크를 중심으로 원주방향으로 배향되어 있고, 인접한 스트레이크 사이에 축방향 유동 채널을 형성한다. 적어도 몇몇의 공지된 초음속 압축기 로터는 로터 디스크에 결합된 고정 초음속 압축 램프를 포함한다. 공지된 초음속 압축 램프는 축방향 유동 경로 내의 고정된 위치에 위치되며, 유동 경로 내에 압축 파형을 형성하도록 구성되어 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 공지된 초음속 압축기 시스템의 작동 동안에, 구동 조립체는 초음속 압축기 로터를 높은 회전 속도로 회전시킨다. 유체는 초음속 압축기 로터로 보내지며, 그 결과 유체는 유동 채널에서 초음속 압축기 로터에 대해서 아음속인 속도에 특징이 있다. 공지된 초음속 압축기 로터에 있어서, 정상 충격파는 초음속 압축기 램프의 상류에 형성될 수 있다. 유체가 정상 충격파를 통해 통과될 때, 유체의 속도는 초음속 압축기 로터에 대해서 아음속으로 감소된다. 유체의 속도가 정상 충격파를 통해 감소될 때, 유체 에너지도 또한 감소된다. 유동 채널을 통한 유체 에너지의 감소는 공지된 초음속 압축기 시스템의 작동 효율을 감소시킬 수 있다. 공지된 초음속 압축기 시스템은 예를 들어 각각 2005년 3월 28일 및 2005년 3월 23일자로 출원된 미국 특허 제 7,334,990 호 및 제 7,293,955 호와, 2009년 1월 16일자로 출원된 미국 특허 출원 공개 제 2009/0196731 호에 개시되어 있다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 일 양태에서, 초음속 압축기 로터가 제공된다. 초음속 압축기 로터는 상류 표면과, 하류 표면과, 상류 표면과 하류 표면 사이에서 대체로 축방향으로 연장되는 반경방향 외부 표면을 포함한다. 디스크 본체는 중심선 축을 형성한다. 복수의 베인은 반경방향 외부 표면에 결합된다. 인접한 베인은 한쌍을 형성하고, 인접한 베인의 각 쌍 사이에 유동 채널이 형성되도록 배향된다. 유동 채널은 입구 개구부와 출구 개구부 사이에서 대체로 축방향으로 연장되어 있다. 적어도 하나의 초음속 압축 램프는 유동 채널 내에 위치된다. 초음속 압축 램프는 제 1 위치에, 제 2 위치에, 및 이들 위치 사이의 임의의 위치에 선택적으로 위치 가능하다.

[0006] 다른 양태에서, 초음속 압축기 시스템이 제공된다. 초음속 압축기 시스템은 유체 입구와 유체 출구 사이로 연장되는 캐비티를 형성하는 내부 표면을 포함하는 케이싱을 포함한다. 구동 샤프트는 케이싱 내에 위치된다. 구동 샤프트는 구동 조립체에 회전 가능하게 결합된다. 초음속 압축기 로터는 구동 샤프트에 결합된다. 초음속 압축기 로터는 유체 입구로부터 유체 출구로 유체를 보내기 위해서 유체 입구와 유체 출구 사이에 위치된다. 초음속 압축기 로터는, 상류 표면과, 하류 표면과, 상류 표면과 하류 표면 사이에서 대체로 축방향으로 연장되는 반경방향 외부 표면을 포함하는 실질적으로 원통형의 디스크 본체를 포함한다. 디스크 본체는 중심선 축을 형성한다. 복수의 베인은 반경방향 외부 표면에 결합된다. 인접한 베인은 한쌍을 형성하고, 인접한 베인의 각 쌍 사이에 유동 채널이 형성되도록 배향된다. 유동 채널은 입구 개구부와 출구 개구부 사이에서 대체로 축방향으로 연장되어 있다. 적어도 하나의 초음속 압축 램프는 유동 채널 내에 위치된다. 초음속 압축 램프는 제 1 위치에, 제 2 위치에, 및 이들 위치 사이의 임의의 위치에 선택적으로 위치 가능하다.

[0007] 또 다른 양태에서, 본 발명은 본 발명에 의해 제공된 초음속 압축기를 사용하는 초음속 압축기 로터를 이용하여 유체를 압축시키는 방법을 제공한다. 이 방법은, (a) 압축될 유체를 회전하는 초음속 압축기 로터의 입구 개구부 내로 도입하는 단계로서, 상기 초음속 압축기 로터가, (i) 상류 표면과, 하류 표면과, 상기 상류 표면과 상기 하류 표면 사이에서 대체로 축방향으로 연장되는 반경방향 외부 표면을 포함하며, 중심선 축을 형성하는 실질적으로 원통형의 디스크 본체와; (ii) 상기 반경방향 외부 표면에 결합된 복수의 베인으로서, 인접한 상기 베인은 한쌍을 형성하고, 인접한 베인의 상기 각 쌍 사이에 유동 채널이 형성되도록 배향되며, 상기 유동 채널은 입구 개구부와 출구 개구부 사이에서 대체로 축방향으로 연장되어 있는, 상기 복수의 베인과; (iii) 상기 유동 채널 내에 위치되며, 제 1 위치에, 제 2 위치에, 및 이들 위치 사이의 임의의 위치에 선택적으로 위치 가능한 적어도 하나의 초음속 압축 램프를 포함하는, 상기 도입 단계와; (b) 정상 충격파가 상기 초음속 압축 램프의 후단 에지에 의해 형성된 스포트 구역의 하류를 형성할 때까지, 상기 초음속 압축기 로터를 제 1 위치에 위치한 초음속 압축 램프로 작동시키는 단계와; (c) 상기 초음속 압축 램프를 제 2 위치에 위치설정하는 단계로서, 상기 제 2 위치는 상기 제 1 위치의 대응하는 최소 단면적 특징보다 작은 최소 단면적에 특징이 있는, 상기 위치 설정 단계와; (d) 상기 초음속 압축기 로터를 제 2 위치에 위치한 초음속 압축 램프로 작동시켜서 압축된 유체를 생성하는 단계를 포함한다.

### 도면의 간단한 설명

[0008] 본 발명의 여러 특징, 태양 및 이점은, 전체 도면을 통해 유사한 도면부호가 유사한 부분을 나타내는 첨부된 도면을 참조하여 이하의 상세한 설명을 읽을 때 더욱 잘 이해될 것이다.

도 1은 예시적인 초음속 압축기 시스템의 개략도이다.

도 2는 도 1에 도시된 초음속 압축기에 사용될 수 있는 예시적인 초음속 압축기 로터의 사시도이다.

도 3은 도 2에 도시된 초음속 압축기 로터의 일부분을 절단선 3-3을 따라 절단한 확대 평면도이다.

도 4는 도 2에 도시된 초음속 압축기 로터를 절단선 4-4를 따라 절단하고, 제 1 위치에 도시된 초음속 압축 램프를 포함하는 단면도이다.

도 5는 도 4에 도시된 초음속 압축기 로터로서, 제 2 위치에 도시된 초음속 압축 램프를 포함하는 단면도이다.

도 6은 도 1의 초음속 압축기 시스템에 사용하기에 적당한 예시적인 제어 시스템의 블록도이다.

도 7은 도 1에 도시된 초음속 압축기 시스템을 작동시키는 예시적인 방법을 도시하는 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 달리 지적되지 않는다면, 본 명세서에 제공된 도면은 본 발명의 주요한 발명적 특징을 나타내고자 한다. 이들 주요 발명적 특징은 본 발명의 하나 이상의 실시예를 포함하는 광범위한 시스템에 적용 가능한 것으로 여겨진다. 이처럼, 도면은 본 발명의 실시예에 요구되는 것으로 당업자에 의해 공지된 종래의 특징 모두를 포함하고자 하는 것은 아니다.
- [0010] 이하의 상세한 설명 및 청구범위에 있어서, 이하의 의미를 갖는 것으로 규정되는 다수의 용어가 참조될 것이다.
- [0011] 단수형의 "하나", "일" 및 "상기"는 문장에서 달리 명확하게 지적하지 않는 한, 복수의 대상을 포함한다.
- [0012] "선택적인" 또는 "선택적으로"는 후속하여 기술된 사정 또는 상황이 발생할 수도, 발생하지 않을 수도 있으며, 설명은 이러한 사정이 발생하는 경우 및 발생하지 않는 경우를 포함하는 것을 의미한다.
- [0013] 발명의 상세한 설명 및 청구범위 전반에 걸쳐 본 명세서에 사용된 바와 같이, 어림적인 표현(approximating language)은 관련되는 기본적인 기능에 있어서의 변화를 가져오지 않고, 변경 가능한 임의의 양적 표현을 조절하도록 적용될 수 있다. 따라서, "약" 및 "실질적으로"와 같은 용어 또는 용어들에 의해 조절되는 값은 특성의 정확한 값으로 제한하고자 하는 것은 아니다. 적어도 일부 예에 있어서, 어림적인 표현은 값을 측정하기 위한 도구의 정확도에 대응할 수 있다. 여기서, 그리고 본 상세한 설명 및 청구범위 전반에 걸쳐, 범위 제한은 결합 및/또는 상호 변경될 수 있으며, 이러한 범위는 동일시되며 문장 또는 표현 상에 달리 지적되지 않는다면 그 내에 포함되는 부-범위(sub-range) 전체를 포함한다.
- [0014] 본 명세서에 사용된 바와 같이, "초음속 압축기(supersonic compressor)"라는 용어는 초음속 압축기 로터의 유체 유동 채널 내에 배치된 초음속 압축 램프를 포함하는 압축기 로터를 말한다. 또한, 초음속 압축기 로터는 "초음속(supersonic)"인데, 그 이유는 이들 초음속 압축기 로터는 높은 속도로 회전 축을 중심으로 회전되도록 설계되어, 로터의 유동 채널 내에 배치된 초음속 압축 램프에서 회전 초음속 압축기 로터에 접하는 이동 유체, 예를 들면 이동 가스가 초음속인 상대적인 유체 속도를 갖는 것으로 말할 수 있기 때문이다. 상대적인 유체 속도는 초음속 압축 램프에서의 로터 속도와, 초음속 압축 램프에 접하기 바로 이전의 유체 속도의 벡터 합으로 규정될 수 있다. 이러한 상대적인 유체 속도는, 특정 실시예에 있어서 입구 가스 속도와, 초음속 압축기 로터의 유동 채널 내에 배치된 초음속 압축 램프의 접선방향 속도의 조합인 "국부적인 초음속 입구 속도(local supersonic inlet velocity)"라고 때때로 불리고 있다. 초음속 압축기 로터는 매우 높은 접선방향 속도, 예를 들면 300 미터/초 내지 800 미터/초의 범위의 접선방향 속도에서 작동되도록 제작된다.
- [0015] 본 명세서에 설명된 예시적인 시스템 및 방법은, 시동 모드 동안에 초음속 압축기 로터의 유동 채널 내의 제 1 위치에 형성된 정상 충격파가 유동 채널 내의 제 2 위치로 통과하는 것을 용이하게 하는 초음속 압축기 로터를 제공함으로써 공지된 초음속 압축기의 단점을 극복하며, 정상 충격파는 제 1 위치로부터 제 2 위치까지의 그 전이 동안에 유동 채널의 최소 단면적을 통해 통과된다. 그 이후, 본 발명에 의해 제공된 초음속 압축기 로터는 압축 작동 모드 동안에 보다 큰 작동 효율을 제공한다. 본 명세서에 설명된 초음속 압축기 로터는, 제 1 위치와 제 2 위치 사이에 선택적으로 위치 가능하여, 본 명세서에서 때때로 스로트 구역이라고 하는 유동 채널의 최소 단면적의 사이즈를 제어하는 초음속 압축 램프를 포함한다. 최소 단면적의 사이즈를 조정함으로써, 초음속 압축기 로터는 고정된(즉, 초음속 압축 램프는 유동 채널 내의 제 1 위치, 유동 채널 내의 제 2 위치 또는 제 1 위치와 제 2 위치 사이의 임의의 위치에 위치 가능하지 않다) 초음속 압축 램프를 포함하는 초음속 압축기 로터에 비해 보다 효율적으로 작동될 수 있다.
- [0016] 도 1은 예시적인 초음속 압축기 시스템(10)의 개략도이다. 예시적인 실시예에 있어서, 초음속 압축기 시스템

(10)은 흡입 섹션(12)과, 흡입 섹션(12)으로부터 하류에 결합된 압축기 섹션(14)과, 압축기 섹션(14)으로부터 하류에 결합된 배출 섹션(16)과, 구동 조립체(18)를 포함한다. 압축기 섹션(14)은 로터 조립체(20)에 의해 구동 조립체(18)에 결합되어 있으며, 상기 로터 조립체(20)는 제 1 초음속 압축기 로터(44)를 구동시키도록 구성된 내부 구동 샤프트(22)와, 제 2 초음속 압축기 로터를 구동시키도록 구성된 외부 구동 샤프트(23)를 포함한다. 제어 시스템(24)은 압축기 섹션(14) 및 구동 조립체(18)를 제어하기 위해 압축기 섹션(14) 및 구동 조립체(18)와 작동 연통으로 결합되어 있다. 예시적인 실시예에 있어서, 흡입 섹션(12), 압축기 섹션(14) 및 배출 섹션(16)의 각각은 압축기 하우징(26) 내에 위치되어 있다. 보다 상세하게, 압축기 하우징(26)은 유체 입구(28), 유체 출구(30), 및 캐비티(34)를 형성하는 내부 표면(32)을 포함한다. 캐비티(34)는 유체 입구(28)와 유체 출구(30) 사이로 연장되어 있고, 유체를 유체 입구(28)로부터 유체 출구(30)로 보낸다. 흡입 섹션(12), 압축기 섹션(14) 및 배출 섹션(16)의 각각은 캐비티(34) 내에 위치되어 있다. 선택적으로, 흡입 섹션(12) 및/또는 배출 섹션(16)은 압축기 하우징(26) 내에 위치되어 있지 않다.

[0017] 작동 동안에, 초음속 압축기 시스템(10)은 흡입 섹션(12), 압축기 섹션(14), 배출 섹션(16) 및 구동 조립체(18)의 다양한 상태를 검출하는 몇 개의 센서(36)에 의해 모니터링된다. 센서(36)는 초음속 압축기 시스템(10)의 작동에 대한 다양한 매개변수를 감지하는 가스 센서, 온도 센서, 유동 센서, 속도 센서, 압력 센서 및/또는 모든 다른 센서를 포함할 수 있다. 본 명세서에서, 용어 "매개변수(parameter)"는 물리적 특성을 가리키며, 그 값은 한정된 위치에서의 온도, 압력 및 가스 유동과 같은, 초음속 압축기 시스템(10)의 작동 조건을 한정하는데 사용될 수 있다.

[0018] 예시적인 실시예에 있어서, 유체 입구(28)는 유체의 유동을 유체 공급원(38)으로부터 흡입 섹션(12)으로 보내도록 구성되어 있다. 유체는, 예를 들어 액체, 가스, 가스 혼합물 및/또는 액체-가스 혼합물과 같은 모든 유체일 수 있다. 흡입 섹션(12)은 유체를 유체 입구(28)로부터 압축기 섹션(14)으로 보내기 위해 압축기 섹션(14)과 유동 연통으로 결합되어 있다. 흡입 섹션(12)은 속도, 질량 흐름률, 압력, 온도 및/또는 모든 적당한 유동 매개변수와 같은 하나 이상의 사전결정된 매개변수를 갖는 유체 유동을 조절하도록 구성되어 있다. 예시적인 실시예에 있어서, 흡입 섹션(12)은 입구 안내 베인 조립체(40)를 포함하며, 이 조립체(40)는 유체를 유체 입구(28)로부터 압축기 섹션(14)으로 보내기 위해 유체 입구(28)와 압축기 섹션(14) 사이에 결합되어 있다. 입구 안내 베인 조립체(40)는 하나 이상의 고정 입구 안내 베인(42)을 포함하며, 이 베인(42)은 압축기 하우징(24)에 결합되어 있고, 압축기 섹션(14)에 대해서 고정되어 있다.

[0019] 압축기 섹션(14)은 유체의 적어도 일부분을 흡입 섹션(12)으로부터 배출 섹션(16)으로 보내기 위해 흡입 섹션(12)과 배출 섹션(16) 사이에 결합되어 있다. 일반적으로, 압축기 섹션(14)은 구동 샤프트(22)에 회전 가능하게 결합된 적어도 하나의 초음속 압축기 로터(44)를 포함한다. 초음속 압축기 로터(44)는, 유체의 압력을 증가시키고, 유체의 체적을 감소시키고 및/또는 배출 섹션(16)으로 보내진 유체의 온도를 증가시키도록 구성되어 있다. 예시적인 실시예에 있어서, 압축기 섹션(14)은, 초음속 압축기 로터(4)를 통해 보내진 유체의 압력을 감지하고 그리고 유체 압력을 나타내는 신호를 제어 시스템(24)으로 전송하도록 구성된 적어도 하나의 압력 센서(46)를 포함한다.

[0020] 배출 섹션(16)은 유체를 초음속 압축기 로터(44)로부터 유체 출구(30)로 보내기 위해 초음속 압축기 로터(44)와 유체 출구(30) 사이에 배치된 고정 출구 가이드 베인(42)을 구비하는 출구 가이드 베인 조립체(48)를 포함한다. 유체 출구(30)는 출구 가이드 베인 조립체(48) 및/또는 초음속 압축기 로터(44)로부터, 예를 들면 터빈 엔진 시스템, 유체 처리 시스템 및/또는 유체 저장 시스템과 같은 출력 시스템(50)으로 유체를 보내도록 구성되어 있다. 구동 조립체(18)는 구동 샤프트(22)를 회전시켜서 초음속 압축기 로터(44)가 회전되도록 구성되어 있다. 도 1에 도시된 실시예에 있어서, 초음속 압축기 시스템(10)은 한쌍의 역-회전 초음속 압축기 로터(44)를 포함한다. 구동 조립체(20)는 반대 방향으로 회전하도록 구성된 한쌍의 부분적으로 동심의 구동 샤프트(22, 23)(도 1에 도시된 동심도) 중 하나에 독립적으로 결합된 2개의 초음속 압축기 로터(44)의 각각에 동력을 제공한다. 예시적인 실시예에 있어서, 압축기 섹션(14)은 초음속 압축기 로터(44)에 결합된 적어도 하나의 속도 센서(52)를 포함한다. 속도 센서(52)는 초음속 압축기 로터(44)의 회전 속도를 감지하고 또한 회전 속도를 나타내는 신호를 제어 시스템(24)으로 전송하도록 구성되어 있다.

[0021] 작동 동안에, 흡입 섹션(12)은 유체 공급원(38)으로부터의 유체를 압축기 섹션(14)을 향해 보낸다. 압축기 섹션(14)은 유체를 압축하고, 압축된 유체를 배출 섹션(16)을 향해 배출한다. 배출 섹션(16)은 유체 출구(30)를 통해서 압축기 섹션(14)으로부터 출력 시스템(50)까지 압축된 유체를 보낸다.

[0022] 도 2는 예시적인 초음속 압축기 로터(44)의 사시도이다. 도 3은 도 2에 도시된 절단선 3-3을 따라 절단한 초음

속 압축기 로터(44)의 단면도이다. 도 4는 도 2에 도시된 절단선 4-4를 따라 절단한 초음속 압축기 로터(44)의 일부분의 단면도이다. 도 5는 도 2에 도시된 절단선 4-4를 따라 절단한 초음속 압축기 로터(44)의 일부분의 단면도이다. 도 3 내지 도 5에 도시된 동일한 부품은 도 2에서 사용된 동일한 도면부호로 표시되어 있다. 예시적인 실시예에 있어서, 초음속 압축기 로터(44)는 로터 디스크(56)에 결합된 복수의 베인(54)을 포함한다. 로터 디스크(56)는 환형 디스크 본체(58)를 포함하며, 이 환형 디스크 본체(58)는 중심선 축(62)을 따라서 디스크 본체(58)를 통해 대체로 축방향으로 연장되는 내부 원통형 캐비티(60)를 형성한다. 디스크 본체(58)는 반경방향 내부 표면(64) 및 반경방향 외부 표면(66)을 포함한다. 반경방향 내부 표면(64)은 내부 원통형 캐비티(60)를 형성한다. 내부 원통형 캐비티(60)는 실질적으로 원통형 형상이며, 중심선 축(62)을 중심으로 배향되어 있다. 내부 원통형 캐비티(60)는 관통하는 구동 샤프트(22 또는 23)(도 1에 도시됨)를 수용하는 크기로 되어 있다. 또한, 로터 디스크(56)는 상류 표면(68) 및 하류 표면(70)을 포함한다. 상류 표면(68) 및 하류 표면(70) 각각은 중심선 축(62)에 대체로 수직인 반경방향에서 반경방향 내부 표면(64)과 반경방향 외부 표면(66) 사이로 연장된다. 상류 표면(68) 및 하류 표면(70) 각각은 반경방향 내부 표면(64)과 반경방향 외부 표면(66) 사이에 형성된 반경방향 폭(74)을 포함한다. 반경방향 외부 표면(66)은 상류 표면(68)과 하류 표면(70) 사이에 결합되며, 중심선 축(62)에 대체로 평행한 축방향(78)에서 상류 표면(68)과 하류 표면(70) 사이에 형성된 축방향 거리(76)(도 3)를 포함한다.

[0023] 예시적인 실시예에 있어서, 각각의 베인(54)은 반경방향 외부 표면(66)에 결합되며, 반경방향 외부 표면(66)으로부터 외측으로 연장된다. 각각의 베인(54)은 로터 디스크(56)를 중심으로 원주방향으로 나선 형상으로 연장된다. 각각의 베인(54)은 입구 에지(80)와, 출구 에지(82)와, 입구 에지(80)와 출구 에지(82) 사이로 연장되는 측벽(84)을 포함한다. 입구 에지(80)는 상류 표면(68)에 인접하여 위치된다. 출구 에지(82)는 하류 표면(70)에 인접하여 위치된다. 예시적인 실시예에 있어서, 인접한 베인(54)은 베인(54)의 쌍(86)(도 2)을 형성한다. 각 쌍(86)은 인접한 베인(54) 사이에 유동 채널(88)을 형성하도록 배향되어 있다. 유동 채널(88)은 입구 개구부(90)와 출구 개구부(92) 사이로 연장되며, 화살표(94)로 표시되고 입구 개구부(90)로부터 출구 개구부(92)까지 연장되는 유동 경로를 형성한다. 유동 경로(94)는 인접한 베인(54)에 대해 그리고 반경방향 외부 표면(66)에 대해 대체로 평행하게 배향된다. 유동 경로(94)는 반경방향 외부 표면(66)을 따라서 입구 개구부(90)로부터 출구 개구부(92)까지 축방향(98)으로 형성되어 있다. 유동 채널(88)은 축방향(78)에서 입구 개구부(90)로부터 출구 개구부(92)까지 유동 경로(94)를 따라서 유체를 보내는 사이즈, 형상 및 배향으로 되어 있다. 입구 개구부(90)는 인접한 측벽(84)과 입구 에지(80) 사이에 형성되어 있다. 출구 개구부(92)는 인접한 측벽(84)과 출구 에지(82) 사이에 형성되어 있다. 각각의 측벽(84)은 반경방향(72)에서 반경방향 외부 표면(66)으로부터 외측으로 연장된다. 측벽(84)은 외부 표면(96)과, 대향 내부 표면(98)을 포함한다. 측벽(84)은 외부 표면(96)과 내부 표면(98) 사이로 연장되어 유동 채널(88)의 반경방향 높이(100)를 형성한다. 각각의 베인(54)은 인접한 베인(54)으로부터 축방향으로 이격되고, 그 결과 유동 채널(88)은 입구 개구부(90)와 출구 개구부(92) 사이에서 축방향(78)으로 대체로 배향된다. 유동 채널(88)은 인접한 측벽(84) 사이에 형성된 폭(106)을 포함하며, 이러한 폭(106)은 유동 경로(94)에 수직으로 형성된다.

[0024] 도 4를 참조하면, 예시적인 실시예에 있어서, 슈라우드 조립체(108)는 반경방향 외부 표면(66)을 중심으로 원주방향으로 연장되며, 그 결과 유동 채널(88)은 슈라우드 조립체(108)와 반경방향 외부 표면(66) 사이에 형성된다. 슈라우드 조립체(108)는 하나 이상의 슈라우드 플레이트(110)를 포함한다. 각각의 슈라우드 플레이트(110)는 각 베인(54)의 외부 표면(96)(도 2)에 결합된다. 선택적으로, 초음속 압축기 로터(44)는 슈라우드 조립체(108)를 포함하지 않는다. 이러한 실시예에 있어서, 다이아프램 조립체(도시하지 않음)가 각 베인(54)의 외부 표면(96)에 인접하여 위치될 수 있으며, 그 결과 다이아프램 조립체는 유동 채널(88)을 적어도 부분적으로 형성한다. 일 실시예에 있어서, 압축기 하우징(베인(54)과 함께 반경방향 외부 표면(66) 및 초음속 압축 램프(112))의 내부 표면(32)은 유동 채널(88)을 형성하도록 작용하며, 이러한 경우 초음속 압축기 로터는 베인(54)의 외부 표면(96)과 내부 표면(32) 사이의 거리가 최소로 되도록 구성되어 있다. 본 기술 분야에 숙련된 자들은, 이동 표면과 고정 표면 사이의 이러한 정밀 공차는 본 기술 분야에 인정된 기술을 이용하여 성취될 수 있다는 것을 이해할 수 있다.

[0025] 예시적인 실시예에 있어서, 적어도 하나의 초음속 압축 램프(112)는 로터 디스크(56)에 결합되어 있으며, 유동 채널(88) 내에 위치되어 있다. 초음속 압축 램프(112)는 입구 개구부(90)와 출구 개구부(92) 사이에 위치되어 있으며, 하나 이상의 압축 파형이 유동 채널(88) 내에 형성될 수 있게 하는 사이즈, 형상 및 배향으로 되어 있다. 초음속 압축기(44)의 작동 동안에, 흡입 섹션(12)(도 1에 도시됨)은 유동 채널(88)의 입구 개구부(90)를 향하여 유체(116)를 보낸다. 유체(116)는 입구 개구부(90)에 유입되기 바로 전의 제 1 속도, 즉 접근 속도를 갖고 있다. 구동 조립체(18)(도 1에 도시됨)는 화살표(118)로 표시된 제 2 속도, 즉 회전 속도에서 중심선 축

(62)을 중심으로 초음속 압축기 로터(44)를 회전시키며, 그 결과 유동 채널(88)에 들어가는 유체(116)는 베인(54)에 대한 초음속인, 입구 개구부(90)에서의 제 3 속도, 즉 입구 속도를 갖고 있다. 유체(116)가 초음속 압축 램프(112)에 접촉할 때, 압축 파형이 유동 채널(88) 내에 형성되어, 유체(116)를 압축하는 것을 촉진하며 그리고 유체 압력을 증가시키고, 유체 온도를 증가시키고, 및/또는 유체 체적을 감소시킨다.

[0026] 예시적인 실시예에 있어서, 유동 채널(88)은 유동 경로(94)를 따라 변화하는 단면적(120)(도 3)을 포함한다. 유동 채널(88)의 단면적(120)은 유동 경로(94)에 대해 수직으로 형성되며, 유동 채널(88)의 폭(106)에 유동 채널(88)의 높이(100)를 곱한 것과 동일하다. 유동 채널(88)은 입구 개구부(90)에 제 1 영역, 즉 입구 단면적(122)과, 출구 개구부(92)에 제 2 영역, 즉 출구 단면적(124)과, 입구 개구부(90)와 출구 개구부(92) 사이에 형성된 제 3 단면적, 즉 최소 단면적(126)을 포함한다. 예시적인 실시예에 있어서, 최소 단면적(126)은 입구 단면적(122) 및 출구 단면적(124)보다 작다.

[0027] 예시적인 실시예에 있어서, 초음속 압축 램프(112)는 로터 디스크(56)에 결합되며, 로터 디스크(56) 내에 부분적으로 그리고 유동 채널(88) 내에 부분적으로 배치되어 있다. 이와 같이, 반경방향 외부 표면(66)은 적어도 하나의 천공부를 형성하며, 이 천공부를 통해 초음속 압축 램프(112)는 유동 채널(88) 내로 연장된다. 초음속 압축 램프(112)는 유동 채널(88)의 스로트 구역(128)을 형성한다. 스로트 구역(128)은 유동 채널(88)의 최소 단면적(126)을 형성한다. 초음속 압축 램프(112)는 압축 표면(130) 및 확산 표면(132)을 포함한다. 압축 표면(130)은 인접한 베인들(54) 사이에서 축방향으로 연장되며, 입구 개구부(90)와 출구 개구부(92) 사이에 형성된 유동 채널(88)의 일부분을 따라 연장된다. 압축 표면(130)은 제 1 에지, 즉 선단 에지(134)와, 제 2 에지, 즉 후단 에지(136)를 포함한다. 선단 에지(134)는 후단 에지(136)보다 입구 개구부(90)에 근접하게 위치되어 있다. 압축 표면(130)은 선단 에지(134)와 후단 에지(136) 사이에서 유동 채널(88) 내로 연장되며, 반경방향 외부 표면(66)으로부터 후단 에지(136) 및 슈라우드 조립체(108)를 향하여 빗각(138)으로 배향되어 있다. 후단 에지(136)는 반경방향 외부 표면(66)으로부터 유동 채널(88) 내로 반경방향 거리(160)(도 4)가 연장되어 있다. 압축 표면(130)은 슈라우드 조립체(108)를 향하여 수렴되며, 그 결과 압축 구역(142)은 선단 에지(134)와 후단 에지(136) 사이에 형성된다. 압축 구역(142)은 유동 채널(88)의 수렴 단면적(144)을 포함하며, 이 단면적(144)은 선단 에지(134)로부터 후단 에지(136)까지 유동 경로(94)를 따라 감소된다. 압축 표면(130)의 후단 에지(136)(측벽(84) 및 슈라우드 조립체(108)와 함께)는 스로트 구역(128)을 형성한다.

[0028] 확산 표면(132)은 압축 표면(130)에 결합되며, 압축 표면(130)으로부터 출구 개구부(92)를 향해서 하류로 연장된다. 확산 표면(132)은 제 1 단부(146)와, 제 1 단부(146)보다 출구 개구부(92)에 근접한 제 2 단부(148)를 포함한다. 확산 표면(132)의 제 1 단부(146)는 압축 표면(130)의 후단 에지(136)에 결합된다. 확산 표면(132)은 제 1 단부(146)와 제 2 단부(148) 사이로 연장되며, 반경방향 외부 표면(66)으로부터 압축 표면(130)의 후단 에지(136)를 향하여 빗각(150)(도 5)으로 배향되어 있다. 확산 표면(132)은 확산 단면적(154)(도 4)을 포함하는 확산 구역(152)을 형성하며, 이 단면적(154)은 압축 표면(130)의 후단 에지(136)로부터 출구 개구부(92)까지 증가한다. 확산 구역(152)은 스로트 구역(128)으로부터 출구 개구부(92)를 향하여 연장된다.

[0029] 예시적인 실시예에 있어서, 초음속 압축 램프(112)는 제 1 위치(156)(도 4)와 제 2 위치(158)(도 5) 사이에 선택적으로 위치 가능하다. 제 1 위치(156)에서, 초음속 압축 램프(112)는 반경방향 외부 표면(66)과 후단 에지(136) 사이에 형성된 유동 채널(88) 내로 제 1 반경방향 거리(160)로 연장된다. 또한, 제 1 위치(156)에 있어서, 후단 에지(136)는, 제 1 최소 단면적(126)을 갖고 그리고 도 4에 도시된 실시예에 있어서 최소 단면적(162)(도 2)으로 표시된 스로트 구역(128)을 형성한다. 제 2 위치(158)(도 5)에 있어서, 초음속 압축 램프(112)는 반경방향 외부 표면(66)으로부터 후단 에지(136)까지 유동 채널(88) 내로 제 2 반경방향 거리(164)로 연장된다. 제 2 반경방향 거리(164)는 제 1 반경방향 거리(160)보다 크며, 그 결과 후단 에지(136)는 제 1 최소 단면적(162)(도 2)보다 작은 제 2 최소 단면적(166)(도 2)을 갖는 스로트 구역(128)을 형성한다.

[0030] 예시적인 실시예에 있어서, 초음속 압축기 로터(44)는, 반경방향 외부 표면(66)에 대해서 그리고 제 1 위치(156)와 제 2 위치(158) 사이에서 초음속 압축 램프(112)를 이동시키기 위해 초음속 압축 램프(112)에 작동식으로 결합된 액추에이터 조립체(168)를 포함한다. 제어 시스템(24)은, 액추에이터 조립체(168)의 작동을 제어하고 그리고 제 1 위치(156)와 제 2 위치(158) 사이에서 초음속 압축 램프(112)를 이동시키기 위해 액추에이터 조립체(168)와 작동 연통으로 결합되어 있다.

[0031] 예시적인 실시예에 있어서, 초음속 압축기 로터(44)는, 제 1 모드, 즉 시동 모드와, 제 2 모드, 즉 압축 모드에서 선택적으로 작동하도록 구성되어 있다. 본 명세서에 있어서, 용어 "시동 모드(start-up mode)"는, 초음속 압축기 로터의 속도가 스로트 구역(128)의 하류에 정상 충격파(170)를 설정하기에 최초로 불충분한 작동 모드를

가리킨다. 시동 모드에서, 초음속 압축 램프(112)는, 스로트 구역의 상류에 설정된 정상 충격파(170)가 스로트 구역의 하류의 위치로의 통과하는 것을 용이하게 하도록 유동 채널(88) 내에 위치되어 있다. 예를 들면, 초음속 압축 램프는, 스로트 구역(128)으로부터 상류인 유동 채널(88) 내에 그리고 입구 개구부(90)와 스로트 구역(128) 사이의 제 1 위치(172)(도 4)로부터, 스로트 구역(128)의 하류인 제 2 위치(174)(도 5)까지 정상 충격파(170)의 통과를 용이하게 하도록 위치될 수 있다. 정상 충격파(170)는 유동 경로(94)에 수직으로 배향되며, 유동 경로(94)를 가로질러 연장된다. 본 명세서에서 사용된 용어 "압축 모드(compression mode)"는, 로터의 속도가 스로트 구역의 하류에 정상 충격파를 설정하기에 충분하고, 초음속 압축기의 정상 상태 작동을 포함하는 작동 모드를 가리킨다. 초음속 압축기 로터는 비정상 상태 조건 하에서 뿐만 아니라 예를 들어 하나 이상의 작동 매개변수(예를 들면 온도, 유체 조성)가 작동 동안에 연속적으로 변경될 때에 작동 모드에서 작동될 수 있다는 것을 이해해야 한다.

[0032] 일 실시예에 있어서, 시동 모드의 초음속 압축기 로터(44)의 작동 동안에, 초음속 압축 램프(112)는 제 1 위치(156)(도 4)에 있다. 시동 모드 동안에, 유체(116)는 초음속 압축 램프(112)가 제 1 위치(156)에 있는 초음속 압축기 로터(44)의 유동 채널(88)에 들어가며, 이 모드에서 정상 충격파(170)는 스로트 구역(128)의 상류를 형성한다. 초음속 압축기 로터의 속도가 증가될 때, 정상 충격파(170)는 유동 경로(94)를 따라 하류로 이동하며, 스로트 구역(128)의 하류에 설정되게 되며, 초음속 압축기 로터(44)는 시동 모드로부터 압축 모드로 전이된다. 스로트 구역을 통한 정상 충격파의 통과는 제 1 위치(156)(도 4)와 관련된 상대적으로 큰 스로트 구역 단면적에 의해 용이하게 되는 것을 이해해야 한다. 일단 압축 모드가 설정되면, 초음속 압축기 로터는 스로트 구역의 단면적(126)(유동 경로(88)의 최소 단면적)을 더욱 감소시킴으로써 큰 효율로 작동될 수 있다. 이 목적을 위해서, 초음속 압축 램프(112)는 제 1 위치(156)로부터 제 2 위치(158)(도 5)까지 이동될 수 있다. 초음속 압축 램프(112)가 제 1 위치(156)로부터 제 2 위치(158)로 이동될 때, 스로트 구역(128)의 최소 단면적(126)은 제 1 최소 단면적(162(126))으로부터 제 2 최소 단면적(166(126))까지 감소된다. 유동 채널(88)의 최소 단면적(126)이 적당한 단면적(166)(본 기술 분야에 숙련된 자들에 의해 시뮬레이션 또는 실험에 의해 결정될 수 있음)까지 감소될 때, 초음속 압축기 로터는 보다 효율적으로 작동될 수 있다.

[0033] 일 실시예에 있어서, 압축 모드에서, 초음속 압축 램프(112)는 제 1 위치(156)와 제 2 위치(158) 사이에 선택적으로 위치되어, 압축 파형의 시스템(176)(도 5)이 유동 채널(88) 내에 형성되게 한다. 시스템(176)은 제 1 및 제 2 비스듬한 충격파(178, 180)를 포함한다. 제 1 비스듬한 충격파(178)는, 유체(116)가 초음속 압축 램프(112)의 선단 에지(134)에 접하고, 또한 압축 구역(142)을 통해 보내질 때, 형성된다. 압축 표면(130)은 제 1 비스듬한 충격파(178)가 압축 표면(130)의 선단 에지(134)에 형성되게 한다. 제 1 비스듬한 충격파(178)는 선단 에지(134)로부터 슈라우드 플레이트(110)까지 유동 경로(94)를 가로질러 연장되고, 유동 경로(94)에 대해서 빗각으로 배향되어 있다. 제 1 비스듬한 충격파(178)는 슈라우드 플레이트(110)에 접촉하고, 또한 유동 경로(94)에 대해서 빗각으로 압축 표면(130)의 후단 에지(136)를 향해 슈라우드 플레이트(110)로부터 반사되는 제 2 비스듬한 충격파(180)를 형성한다. 초음속 압축 램프(112)는 각각의 제 1 비스듬한 충격파(178) 및 제 2 비스듬한 충격파(180)가 압축 구역(142) 내에 형성되게 하도록 구성되어 있다. 본 기술 분야에 숙련된 자들이 이해할 수 있는 바와 같이, 비스듬한 충격파(178, 180)의 각각을 통한 유체 유동은 초음속이며, 유체가 정상 충격파(170)(도 5)와 접하여 이를 통해 통과될 때까지 초음속을 유지한다.

[0034] 유체(116)가 압축 구역(142)을 통해 통과될 때, 유체의 속도는 유체가 각각의 제 1 비스듬한 충격파(178) 및 제 2 비스듬한 충격파(180)를 통해 통과함에 따라 감소된다(설명한 바와 같이 초음속을 유지함). 추가로, 유체(116)의 압력은 증가되며, 유체(116)의 체적은 감소된다. 유체(116)가 스로트 구역(128)을 통해 통과될 때, 유체(116)의 속도는 스로트 구역(128)의 하류에서 정상 충격파(170)까지 증가한다. 유체가 정상 충격파(170)를 통해 통과할 때, 유체(116)의 속도는 로터 디스크(56)에 대해서 아음속으로 감소된다.

[0035] 예시적인 실시예에 있어서, 로터 디스크(56)는 디스크 캐비티(184)(도 2)를 형성한다. 액추에이터 조립체(168)는 디스크 캐비티(184) 내에 위치되며, 환형 디스크 본체(58)의 내부 표면(182)(도 2) 또는 디스크 캐비티(184)를 형성하는 몇몇 다른 적당한 표면에 결합될 수 있다. 예시적인 실시예에 있어서, 액추에이터 조립체(168)는 유압 피스톤-타입 메카니즘이며, 유압 펌프 조립체(186), 유압 실린더(188) 및 유압 피스톤(190)을 포함한다. 유압 펌프 조립체(186)는 유압 실린더(188) 내에 수용된 유압 유체의 압력을 조정하기 위해 유압 실린더(188)와 유동 연통으로 결합되어 있다. 유압 피스톤(190)은 유압 실린더(188) 내에 위치되며, 유압 실린더(188)에 대해서 이동되도록 구성되어 있다. 바이어싱 메카니즘(192)은 유압 피스톤(190)을 중심선 축(62)을 향해 반경방향 내측으로 바이어스시키기 위해서 유압 피스톤(190)에 그리고 유압 실린더(188)에 결합되어 있다. 유압 피스톤(190)은 초음속 압축 램프(112)에 결합되어, 초음속 압축 램프(112)를 제 1 위치(156)로부터 제 2

위치(158)로 그리고 제 2 위치(158)로부터 제 1 위치(156)로 이동시킨다. 예시적인 실시예에 있어서, 액추에이터 조립체(168)는, 제 1 위치(156)에, 제 2 위치(158)에, 그리고 제 1 위치(156)와 제 2 위치(158) 사이의 모든 위치에 초음속 압축 램프를 선택적으로 위치시키도록 구성되어 있다.

[0036] 예시적인 실시예에 있어서, 제어 시스템(24)은 유압 펌프 조립체(186)의 작동을 제어하기 위해 유압 펌프 조립체(186)와 작동 연통으로 결합되어 있다. 작동 동안에, 유압 펌프 조립체(186)는 유압 실린더(188) 내의 유압을 증가시켜서, 유압 피스톤(190)을 반경방향(72)을 따라서 반경방향 외부 표면(66)을 향해 이동시킨다. 유압이 증가할 때, 유압 피스톤(190)은 초음속 압축 램프(112)가 제 1 위치(156)로부터 제 2 위치(158)를 향해 이동되게 한다. 유압이 유압 실린더 내에서 감소될 때, 바이어싱 메카니즘(192)은 유압 피스톤을 반경방향 내측으로 이동시켜서, 초음속 압축 램프가 제 2 위치(158)로부터 제 1 위치(156)를 향해 이동되게 한다. 도 4 및 도 5에 도시된 실시예에 있어서, 초음속 압축 램프(112)는 위치(156)로부터 반경방향 외측으로 이동되고, 위치(158)를 이루도록 약간 피벗되며, 상기 반경방향 외측 이동 및 피벗은 액추에이터 조립체(168)에 의해 유도 및 제어된다.

[0037] 도 6은 예시적인 제어 시스템(24)을 도시하는 블록도이다. 예시적인 실시예에 있어서, 제어 시스템(24)은 마이크로컨트롤러, 축소 명령 세트 컴퓨터(reduced instruction set compute : RISC), 주문형 반도체(application specific integrated circuit : ASIC), 논리 회로, 및/또는 본 명세서에 설명된 기능을 실행할 수 있는 모든 다른 회로 또는 프로세서를 포함하는 컴퓨터 시스템과 같은 모든 적당한 프로세서-기반 또는 마이크로프로세서-기반 시스템을 구비하는 리얼-타임 제어기이다. 일 실시예에 있어서, 제어 시스템(24)은 예를 들면 2 Mbit ROM 및 64 kbit RAM과 같은 읽기 전용 기억 장치(read-only memory : ROM) 및/또는 랜덤 액세스 메모리(Random Access Memory : RAM)를 포함하는 마이크로프로세서이다. 본 명세서에 사용된 용어 "리얼-타임(real-time)"은, 입력의 변화가 결과에 영향을 미친 후의 실질적으로 짧은 시간 주기에서 발생하는 결과를 가리키며, 시간 주기는 결과를 생성하기 위해 입력을 처리하는 시스템의 결과 및/또는 능력의 중요성에 의거하여 선택될 수 있는 설계 매개변수이다.

[0038] 예시적인 실시예에 있어서, 제어 시스템(24)은 초음속 압축기 시스템(10)의 작동 조건을 표시 및/또는 나타내는 실행가능한 명령 및/또는 하나 이상의 작동 매개변수를 저장하도록 구성된 메모리 영역(200)을 포함한다. 작동 매개변수는 유체 압력, 회전 속도, 진동 및/또는 유체 온도를 표시 및/또는 나타낼 수 있으며, 이들로만 제한되지 않는다. 제어 시스템(24)은, 메모리 영역(200)에 결합되고, 적어도 부분적으로 하나 이상의 작동 매개변수에 의거하여, 하나 이상의 초음속 압축기 시스템 제어 장치(204), 예를 들면 초음속 압축기 로터(44)의 작동을 결정하도록 프로그램화된 프로세서(202)를 더 포함한다. 일 실시예에 있어서, 집적 회로(IC), 주문형 반도체(ASIC), 마이크로컴퓨터, 프로그램가능한 논리 제어기(PLC), 및/또는 모든 다른 프로그램가능한 회로와 같은 처리 유닛을 포함하며, 이들로만 제한되지 않는다. 선택적으로, 프로세서(202)는 다중 처리 유닛(예를 들면, 다중-코어 구성에서)을 포함할 수 있다.

[0039] 예시적인 실시예에 있어서, 제어 시스템(24)은, 예를 들면 속도 센서(52)와 같은 적어도 하나의 센서(36), 및/또는 센서(36)로부터의 하나 이상의 신호를 수신하기 위한 압력 센서(46)에 결합된 센서 인터페이스(206)를 포함한다. 각각의 센서(36)는 초음속 압축기 시스템(10)의 작동 매개변수에 대응하는 신호를 생성 및 전송한다. 더욱이, 예를 들어 다른 신호 타이밍이 또한 실행될 수 있을 지라도, 각각의 센서(36)는 연속적으로, 주기적으로, 또는 단지 한번에 신호를 전송할 수 있다. 또한, 각각의 센서(36)는 아날로그 형태로 또는 디지털 형태로 신호를 전송할 수 있다. 제어 시스템(24)은 하나 이상의 작동 매개변수를 생성하도록 프로세서(202)에 의해 신호(들)를 처리한다. 몇몇 실시예에 있어서, 프로세서(202)는 센서(36)에 의해 생성된 신호를 샘플링하기 위해서 프로그램화된다(예를 들면, 메모리 영역(200)에서 실행가능한 명령에 의해). 예를 들면, 프로세서(202)는 센서(36)로부터의 연속 신호를 수신하고, 그리고, 반응시에, 연속 신호에 의거하여 초음속 압축기 로터(44)의 작동 모드를 주기적으로(예를 들면, 매 5초에 한번) 계산한다. 일부 실시예에 있어서, 프로세서(202)는 센서(36)로부터 수신된 신호를 정규화한다. 예를 들어, 센서(36)는 작동 매개변수 값에 직접 비례하는 매개변수(예를 들면, 전압)를 갖는 아날로그 신호를 발생할 수 있다. 프로세서(202)는 아날로그 신호를 작동 매개변수로 변환하도록 프로그램화될 수 있다. 일 실시예에 있어서, 센서 인터페이스(206)는 센서(36)에 의해 생성된 아날로그 전압 신호를 제어 시스템(24)에 이용 가능한 다중-비트 디지털 신호로 변환하는 아날로그-대-디지털 변환기를 포함한다.

[0040] 제어 시스템(24)은 초음속 압축기 시스템(10)의 작동을 제어하도록 구성된 제어 인터페이스(208)를 또한 포함한다. 일부 실시예에 있어서, 제어 인터페이스(208)는 하나 이상의 초음속 압축기 시스템 제어 장치(204), 예를

들면 초음속 압축기 로터(44)에 작동식으로 결합된다.

[0041] 제어 인터페이스(208)와 제어 장치(204) 사이에 그리고 센서 인터페이스(206)와 센서(36) 사이에 다양한 접속부가 이용 가능하다. 이러한 접속부는 전기 컨덕터, Recommended Standard(RS) 232 또는 RS-485와 같은 저-레벨 직렬 데이터 접속부, Universal Serial Bus(USB) or Institute of Electrical and Electronics Engineers(IEEE) 1394 (a/k/a FIREWIRE)와 같은 고-레벨 직렬 데이터 접속부, IEEE 1284 또는 IEEE 488과 같은 병렬 데이터 접속부, 블루투스과 같은 단거리 무선 통신 채널 및/또는 와이어형 또는 와이어리스형인 개인(예를 들면, 접근 불가능한 외측 초음속 압축기 시스템(10)) 네트워크 접속부를 포함할 수 있으며, 이들로만 제한되지 않는다.

[0042] 다시 도 4를 참조하면, 예시적인 실시예에 있어서, 압력 센서(46)는 초음속 압축기 로터(44)에 결합되며, 유동 채널(88) 내의 압력을 감지하도록 구성된다. 일 실시예에 있어서, 압력 센서(46)는 유동 채널(88)의 압축 구역(142) 내의 압력을 감지하기 위해 스톱트 구역(128)의 상류에 위치되어 있다. 선택적으로, 압력 센서(46)는 제어 시스템(24)이 본 명세서에서 설명한 바와 같이 기능할 수 있도록 모든 적당한 위치에 위치될 수 있다. 예시적인 실시예에 있어서, 속도 센서(52)는 로터 디스크(56)의 회전 속도를 감지하기 위해 초음속 압축기 로터(44)에 결합된다.

[0043] 초음속 압축기 시스템(10)의 작동 동안에, 제어 시스템(24)은 속도 센서(53)로부터 초음속 압축기 로터(44)의 회전 속도를 나타내는 신호를 수신하고, 압력 센서(46)로부터 유동 채널(88) 내의 유체(116)의 압력을 나타내는 신호를 수신한다. 제어 시스템(24)은 초음속 압축기 로터(44)의 회전 속도 및 유동 채널(88) 내의 유체 압력에 적어도 부분적으로 의거하여 유동 채널(88) 내의 정상 충격파(170)의 위치를 계산하도록 구성되어 있다. 제어 시스템(24)은 정상 충격파(170)의 계산된 위치에 의거하여 제 1 위치(156)와 제 2 위치(158) 사이에 초음속 압축 램프(112)를 선택적으로 위치시키도록 또한 구성되어 있다. 일 실시예에 있어서, 제어 시스템(24)은 정상 충격파(170)의 계산된 위치를 사전결정된 위치와 비교하도록 구성되고, 정상 충격파(170)가 제 1 위치(172) 또는 제 2 위치(174)에 있는가를 결정하도록 구성된다. 예시적인 실시예에 있어서, 제어 시스템(24)은, 정상 충격파(170)가 제 1 위치(172) 또는 제 2 위치(174)에 있는가를 결정하는 것에 의거하여, 제 1 위치(156)에, 제 2 위치(158)에, 그리고 이들 위치 사이의 임의의 위치에 초음속 압축 램프(112)를 선택적으로 위치시킨다. 변형 실시예에 있어서, 제어 시스템(24)은 감지된 유체 압력을 사전결정된 압력 및/또는 압력 값의 사전 범위와 비교하도록 구성된다. 감지된 유체 압력이 사전결정된 압력과 상이하거나 및/또는 압력 값의 사전결정된 범위 내에 있지 않다면, 감지된 유체 압력이 사전결정된 압력과 실질적으로 동일하거나, 압력 값의 사전결정된 범위 내에 있을 때까지, 제어 시스템(24)은 초음속 압축 램프(112)를 작동시켜서 스톱트 구역(128)의 최소 단면적(126)을 조정한다.

[0044] 도 7은 유체를 압축시키기 위해서 초음속 압축기 로터(44)를 작동시키는 예시적인 방법(300)을 도시하는 흐름도이다. 예시적인 실시예에 있어서, 방법(300)은 초음속 압축기 로터(44)의 회전 속도를 나타내는 속도 센서(52)로부터의 제 1 모니터링 신호를 제어 시스템(24)으로 전송하는 단계(302)를 포함한다. 유동 채널(88) 내의 압력을 나타내는 제 2 모니터링 신호는 압력 센서(46)로부터 제어 시스템(24)으로 전송된다(304). 정상 충격파(170)의 위치는 제 1 모니터링 신호 및 제 2 모니터링 신호에 적어도 부분적으로 의거하여 제어 시스템(24)에 의해 계산된다(306). 제어 시스템(24)은 정상 충격파(170)가 계산된 위치에 의거하여 스톱트 구역(128)의 하류에 위치되어 있는가를 결정한다(308). 제어 시스템(24)은, 정상 충격파(170)가 스톱트 구역(128)의 하류에 위치되어 있는가에 의거하여, 제 1 위치(156) 및 제 2 위치(158) 중 하나에 초음속 압축 램프(112)를 위치시킨다(310).

[0045] 본 명세서에 개시된 시스템, 방법 및 장치의 예시적인 기술적 효과는, (a) 초음속 압축기 로터의 회전 속도를 나타내는 제 1 신호를 제 1 센서로부터 제어 시스템으로 전송하고, (b) 유동 채널 내의 압력을 나타내는 제 2 신호를 제 2 센서로부터 제어 시스템으로 전송하고, (c) 제 1 신호 및 제 2 신호에 적어도 부분적으로 의거하여 정상 충격파의 위치를 계산하고, (d) 계산된 위치에 의거하여 정상 충격파가 스톱트 구역의 하류에 위치되어 있는가를 결정하고, (e) 정상 충격파가 스톱트 구역의 하류에 위치되어 있는가의 결정에 의거하여 제 1 위치 및 제 2 위치 중 하나에서 초음속 압축 램프를 위치설정하는 것 중 적어도 하나를 포함한다.

[0046] 상술한 초음속 압축기 로터는 초음속 압축기 시스템의 성능의 효율을 증가시키기 위한 비용 효율적이고 신뢰할 만한 방법을 제공한다. 또한, 초음속 압축기 로터는, 스톱트 구역의 하류의 유동 채널 내에 형성된 정상 충격파의 위치에 의해 표시된 바와 같이, 일단 소망의 작동 조건이 구해지면, 스톱트 구역 내의 최소 횡단면적을 조정함으로써 초음속 압축기 시스템의 작동 효율의 증가를 용이하게 한다. 보다 상세하게, 본 명세서에 개시된

초음속 압축기 로터는 제 1 위치와 제 2 위치 사이에 선택적으로 위치 가능한 초음속 압축 램프를 포함하여, 유동 채널의 최소 단면적을 조정하는 것을 용이하게 한다. 최소 단면적을 조정함으로써, 초음속 압축기 로터는 초음속 압축기 시스템의 작동 효율을 향상시키는 것을 용이하게 한다. 이와 같이, 초음속 압축기 시스템을 작동 및 유지하는 비용이 감소될 수 있다.

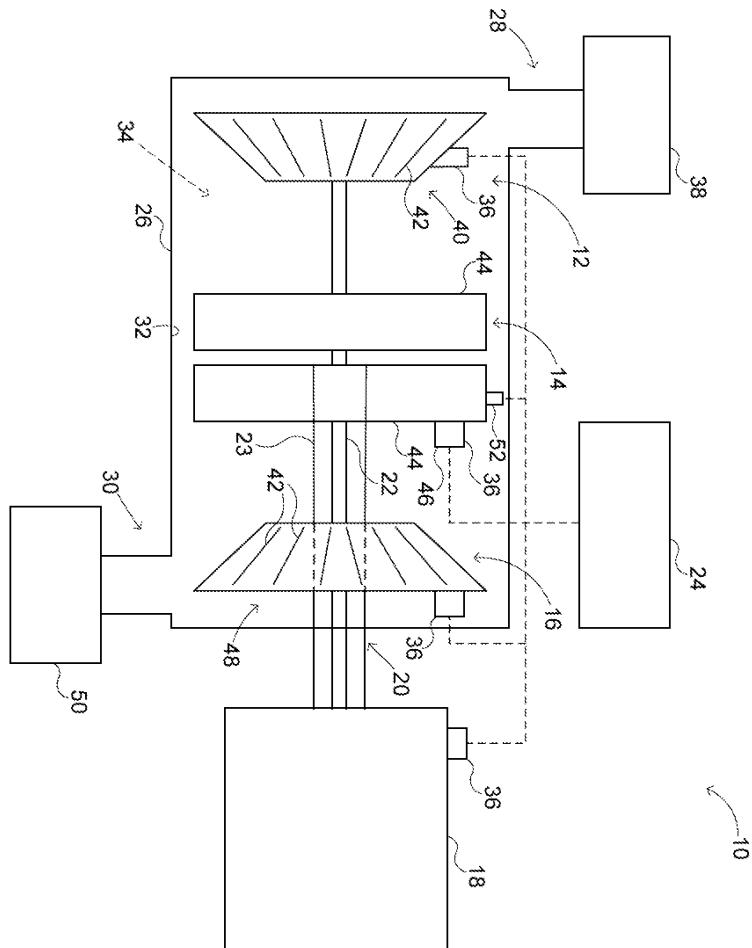
[0047] 초음속 압축기 로터를 조립하기 위한 시스템 및 방법의 예시적인 실시예는 위에서 상세하게 설명되어 있다. 시스템 및 방법은 본 명세서에서 설명한 특정 실시예로 한정되지 않으며, 오히려 시스템의 부품들 및/또는 방법의 단계들은 본 명세서에서 설명된 다른 부품들 및/또는 단계들과 독립적으로 및 별개로 이용될 수 있다. 예를 들어 시스템 및 방법은 다른 회전 엔진 시스템 및 방법과 조합하여 또한 사용될 수 있으며, 본 명세서에서 설명된 바와 같이 단지 초음속 압축기 시스템에서 실시하는 것으로 제한되지 않는다. 오히려, 예시적인 실시예는 많은 다른 회전 시스템 분야와 결합하여 실행 및 이용될 수 있다.

[0048] 본 발명의 다양한 실시예의 특정 특징부가 일부 도면에서 도시되고 다른 도면에서는 도시되지 않았을지라도, 이것은 단지 편의성 때문이다. 더욱이, 상술한 설명에서 "일 실시예"로 하는 것은 또한 인용된 특징부를 합체하는 추가 실시예의 존재를 배제하는 것으로 해석되는 의도는 아니다. 본 발명의 원리에 따르면, 도면의 임의의 특징부는 모든 다른 도면의 임의의 특징부와 조합하여 참조 및/또는 청구될 수 있다.

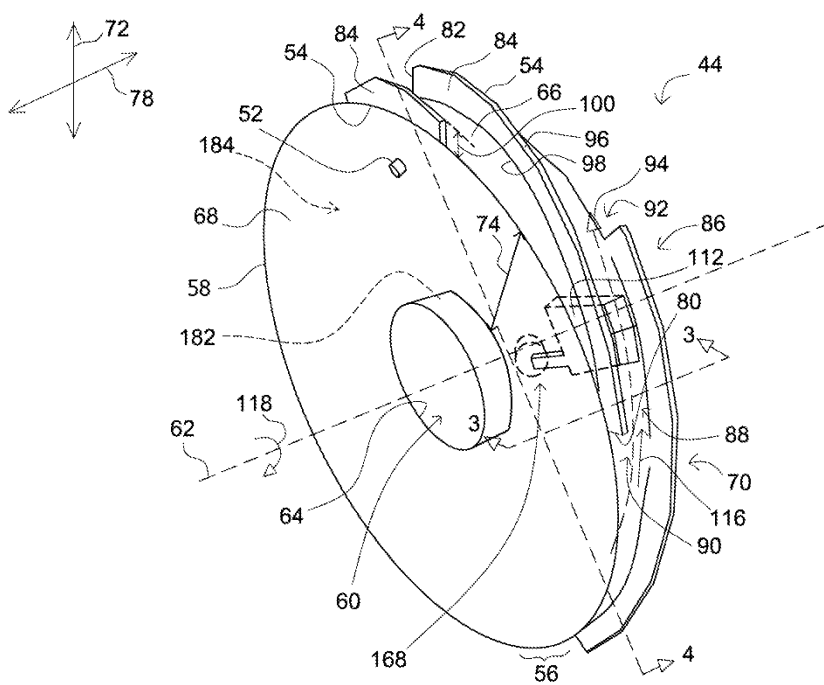
[0049] 이러한 기재된 설명은 최상의 모드를 포함해서 본 발명을 설명하기 위해서 예들을 사용하며, 이들 예들은 본 기술 분야에 숙련된 자들이 임의의 장치 또는 시스템을 제조 및 사용하는 것과 임의의 합체된 방법을 실행하는 것을 포함해서 본 발명을 실시할 수 있게 한다. 본 발명의 특허 가능한 영역은 특허청구범위에 의해 규정되어 있으며, 본 기술 분야에 숙련된 자들에 의해 이뤄질 수 있는 다른 예들을 포함할 수 있다. 이러한 다른 예들이 특허청구범위의 문자 언어와 상이하지 않은 구조적 요소를 갖고 있다면, 또는 특허청구범위의 문자 언어와 비실체적인 차이를 갖는 등가 구조적 요소를 포함한다면, 이러한 다른 예들은 특허청구범위의 영역 내에 있는 것으로 간주된다.

도면

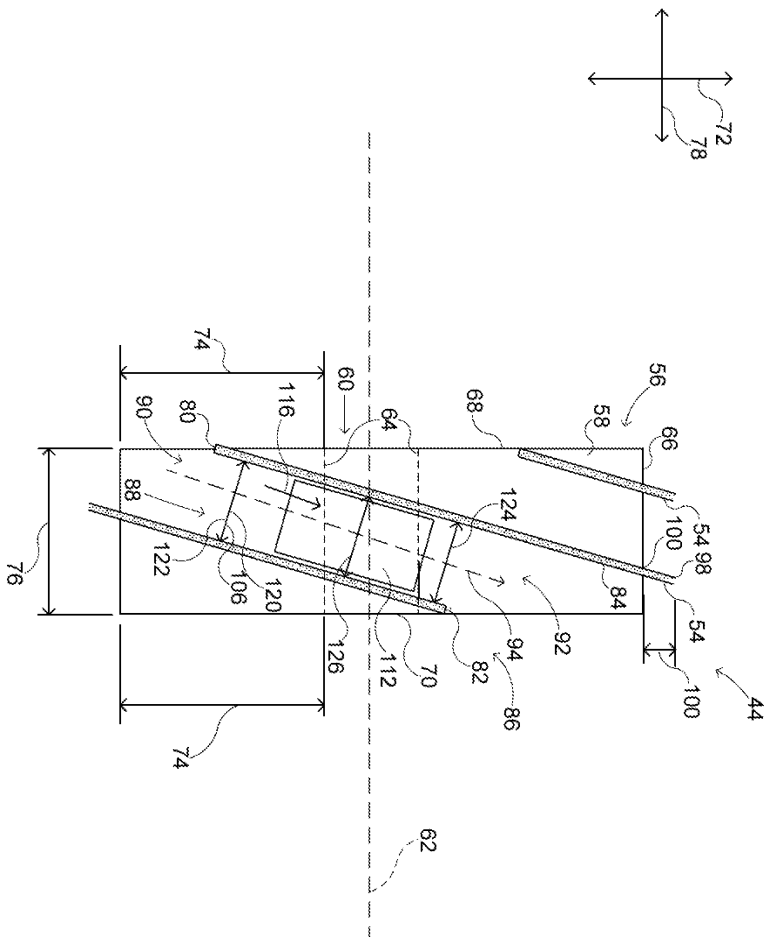
도면1



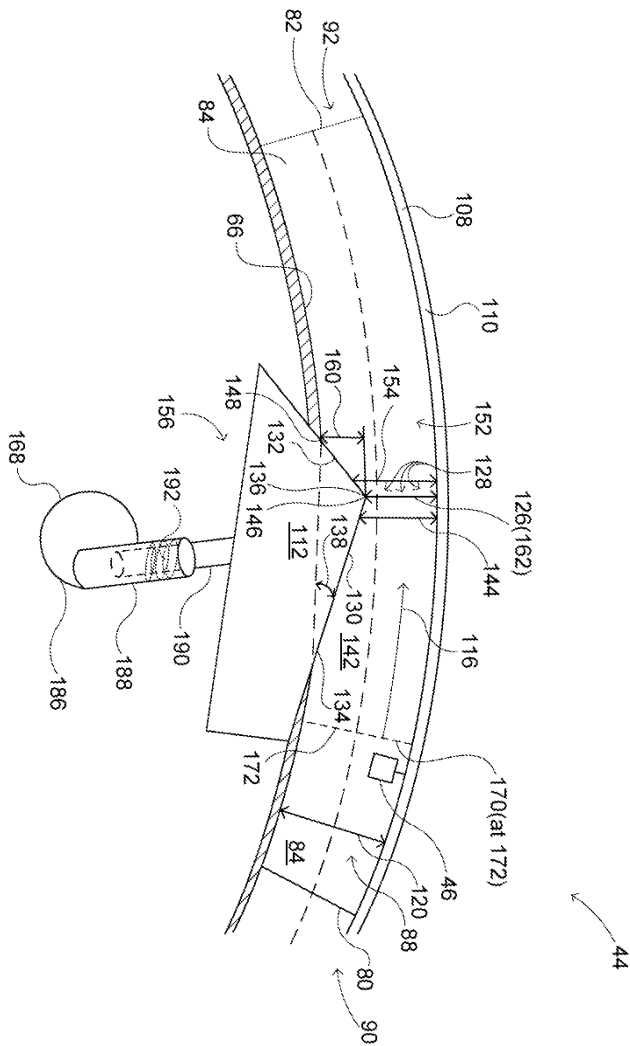
도면2



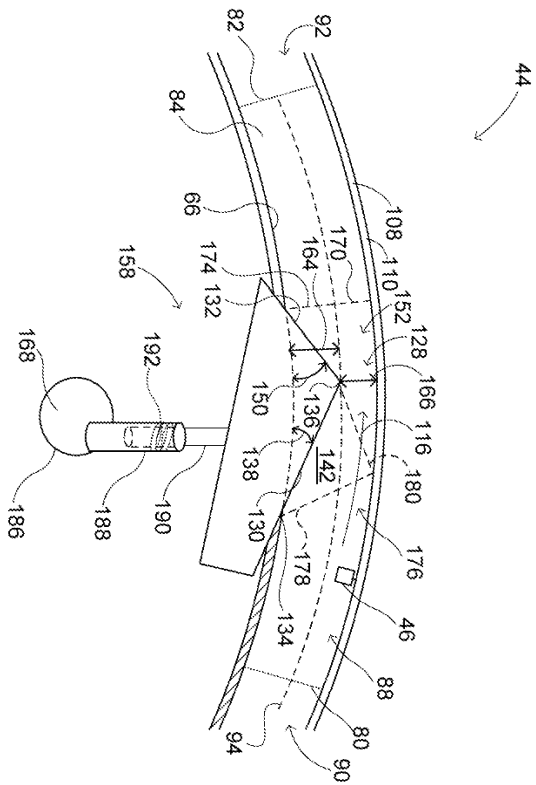
도면3



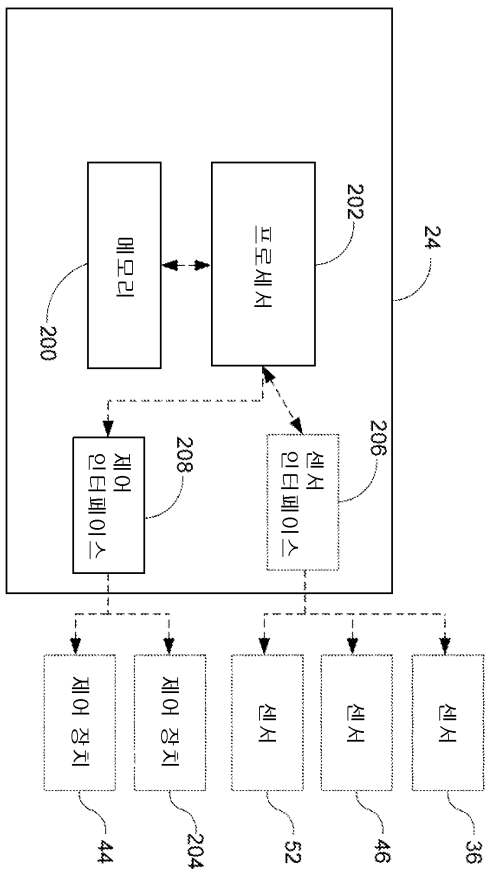
도면4



도면5



도면6



도면7

