



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월28일  
(11) 등록번호 10-2015718  
(24) 등록일자 2019년08월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F04D 29/32 (2006.01) F02C 7/18 (2006.01)  
F04D 29/58 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
F04D 29/32 (2018.08)  
F02C 7/18 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-7030583  
(22) 출원일자(국제) 2016년04월18일  
심사청구일자 2017년10월24일  
(85) 번역문제출일자 2017년10월24일  
(65) 공개번호 10-2017-0131564  
(43) 공개일자 2017년11월29일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2016/062236  
(87) 국제공개번호 WO 2016/175072  
국제공개일자 2016년11월03일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2015-090289 2015년04월27일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020100106617 A  
US20070122280 A1  
US20110129332 A1

(73) 특허권자  
미쓰비시 히타치 파워 시스템즈 가부시키가이샤  
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3초메 3-1  
(72) 발명자  
다카무라 게이타  
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3초메 3-1 미쓰비시 히타치 파워 시스템즈 가부시  
키가이샤 내  
유리 마사노리  
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3초메 3-1 미쓰비시 히타치 파워 시스템즈 가부시  
키가이샤 내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 13 항

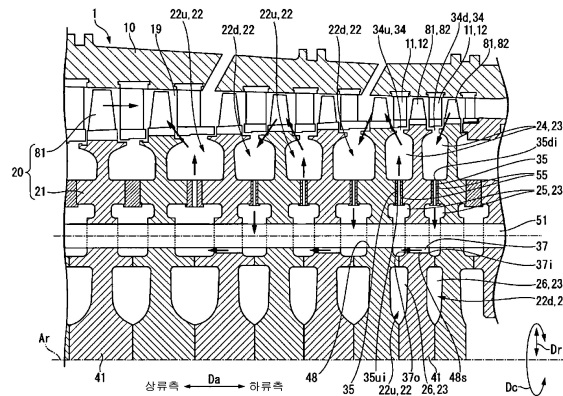
심사관 : 김윤수

(54) 발명의 명칭 압축기 로터, 압축기, 및 가스 터빈

(57) 요약

로터 축(21)에는, 기체 압축 유로(19)의 기체를 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24)에 유입시키는 입구 유로(34d)와, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24)와 축방향 연통 캐비티(25)와 연통시키는 직경방향 유로(35)와, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 축방향 연통 캐비티(25)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 축방향 연통 캐비티(25)를 연통시키는 축방향 유로(37)와, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 축방향 연통 캐비티(25)와 외측 캐비티(24)를 연통시키는 직경방향 유로(35)와, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24) 내의 기체를 기체 압축 유로(19)에 유출시키는 출구 유로(34u)가 형성되어 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

**F04D 29/58** (2013.01)

(72) 발명자

**하시모토 신야**

일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3쵸메 3-1 미즈비시 히타치 파워 시스템즈 가부시  
키가이샤 내

**마사다 준이치로**

일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3쵸메 3-1 미즈비시 히타치 파워 시스템즈 가부시  
키가이샤 내

**고마고메 유지**

일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3쵸메 3-1 미즈비시 히타치 파워 시스템즈 가부시  
키가이샤 내

**아라키 마사토**

일본 도쿄도 미나토쿠 고난 2쵸메 16-5 미즈비시  
쥬고교 가부시키가이샤 내

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

압축기 케이싱 내에서 축선을 중심으로 해서 회전하는 압축기 로터에 있어서,

상기 축선을 중심으로 해서, 축방향으로 연장되어 있는 로터 축과,

상기 로터 축의 외주에 고정되고, 상기 축방향으로 늘어서 있는 복수의 동익열과,

상기 압축기 케이싱과 동익의 플랫폼 사이에서 상기 축선을 중심으로 환상을 이루는 기체 압축 유로를 구비하며,

상기 로터 축에는, 복수의 상기 동익열의 상호간의 축방향에 있어서의 각 위치에, 상기 축선을 중심으로 해서 환상을 이루고, 상기 축선에 대한 직경방향으로 서로 이간되어 있는 복수의 캐비티로 구성되는 캐비티 그룹이 형성되고,

상기 로터 축의 외주측으로서 상기 축방향에서 복수의 상기 동익열이 존재하는 상기 기체 압축 유로 중을 기체가 흘러오는 압력이 낮은 측이 상기 축방향에 있어서의 상류측을 이루고, 상기 상류측의 반대측에서 기체의 압력이 높아지는 측이 상기 축방향에 있어서의 하류측을 이루고,

상기 캐비티 그룹을 구성하는 복수의 상기 캐비티 중에서, 가장 직경방향 외측의 캐비티가 외측 캐비티를 이루고, 상기 외측 캐비티보다 직경방향 내측의 어느 하나의 캐비티가 축방향 연통 캐비티를 이루고,

적어도 2개의 상기 캐비티 그룹 중, 상류측의 1개 이상의 캐비티 그룹이 상류측 캐비티 그룹을 이루고, 상기 상류측 캐비티 그룹에 대해서 하류측에 위치하는 나머지의 캐비티 그룹이 하류측 캐비티 그룹을 이루고,

상기 로터 축에는, 또한,

상기 기체 압축 유로 중의 기체를, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 외측 캐비티에 유입시키는 입구 유로와,

상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 외측 캐비티 내에 유입한 기체가 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티에 도달하도록, 상기 직경방향을 포함하는 방향으로 연장되고, 상기 외측 캐비티로부터 상기 축방향 연통 캐비티까지의 복수의 캐비티에서, 상기 직경방향으로 인접하는 2개의 캐비티 상호를 연통시키는 직경방향 유로와,

상기 축방향을 포함하는 방향으로 연장되고, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티와 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티를 연통시키는 축방향 유로와,

상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티 내의 기체가 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 외측 캐비티에 도달하도록, 상기 직경방향을 포함하는 방향으로 연장되고, 상기 축방향 연통 캐비티로부터 상기 외측 캐비티까지의 복수의 캐비티에서, 상기 직경방향으로 인접하는 2개의 캐비티 상호를 연통시키는 직경방향 유로와,

상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 외측 캐비티 내의 기체를 상기 기체 압축 유로 중에 유출시키는 출구 유로가 형성되며,

상기 축방향 유로에 있어서의 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티에 대한 개구인 입구 개구의 직경방향 외측연은, 환상의 상기 축방향 연통 캐비티를 형성하는 내주면 중 직경방향 외측 내주면보다 상기 로터 축의 직경방향 내측에 위치하고,

상기 축방향 유로에 있어서의 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티에 대한 개구인 출구 개구의 직경방향 외측연은, 환상의 상기 축방향 연통 캐비티를 형성하는 내주면 중 직경방향 외측 내주면보다 상기 로터 축의 직경방향 내측에 위치하고,

상기 로터 축은, 상기 축방향으로 서로 적층되어 있는 복수의 로터 디스크와, 상기 직경방향으로 연장되고, 상기 축방향에서 인접하는 상기 로터 디스크의 각각에 계합하고, 인접하는 로터 디스크 상호의 상대 회전을 규제

하는 토크 핀을 구비하고,

상기 토크 핀은, 상기 하류측 캐비티 그룹을 구성하는 복수의 캐비티 중에서 상기 직경방향에서 인접하는 캐비티 사이와, 상기 상류측 캐비티 그룹을 구성하는 복수의 캐비티 중에서 상기 직경방향에서 인접하는 캐비티 사이에 배치되고,

상기 토크 핀에는, 상기 직경방향으로 관통하는 관통 구멍이 형성되고, 상기 관통 구멍이 상기 직경방향 유로를 형성하는

압축기 로터.

## 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 축방향 유로에 있어서의 상기 입구 개구의 직경방향 외측연은, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티의 직경방향에 있어서의 중앙 위치보다 직경방향 내측에 위치하고,

상기 축방향 유로에 있어서의 상기 출구 개구의 직경방향 외측연은, 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티의 직경방향에 있어서의 중앙 위치보다 직경방향 내측에 위치하는

압축기 로터.

## 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 로터 축에는, 상기 축선에 대한 둘레방향으로 서로 이간되어 있는 복수의 상기 축방향 유로가 형성되어 있는

압축기 로터.

## 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 직경방향 유로에 있어서의 직경방향 내측의 개구인 입구 개구가, 상기 로터 축의 회전방향측으로 경사지는 상기 입구 개구를 포함하는 상기 직경방향 유로의 입구측 부분과, 상기 축방향 유로에 있어서의 상기 입구 개구가, 상기 로터 축의 회전방향측과는 반대측으로 경사지는 상기 입구 개구를 포함하는 상기 축방향 유로의 입구측 부분 중, 적어도 어느 하나의 입구측 부분을 구비하는

압축기 로터.

## 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 하류측 캐비티 그룹은 3개 이상의 상기 캐비티를 구비하고,

상기 3개 이상의 캐비티 중, 상기 외측 캐비티를 제외한 2개 이상의 상기 캐비티 상호를 연통시키는 상기 직경방향 유로에 있어서의 직경방향 외측의 개구인 입구 개구를 포함하는 상기 직경방향 유로의 입구측 부분은, 상기 로터 축의 회전방향측과는 반대측으로 향하도록 경사져 있는

압축기 로터.

## 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 직경방향 유로에 있어서의, 직경방향 내측의 개구인 출구 개구를 포함하는 상기 직경방향 유로의 출구측 부분과,

상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 직경방향 유로에 있어서의, 직경방향 외측의 개구인 출구 개구를 포함하는 상기 직경방향 유로의 출구측 부분과,

상기 축방향 유로에 있어서의 상기 출구 개구를 포함하는 상기 축방향 유로의 출구측 부분

중 어느 하나의 출구측 부분은, 상기 로터 축의 회전방향측 또는 상기 로터 축의 회전방향측과는 반대측으로 경사져 있는

압축기 로터.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 입구 개구를 포함한 유로의 입구측 부분은, 상기 입구 개구로부터 상기 유로의 상기 입구 개구와는 반대측의 출구 개구측으로 향함에 따라 점차 유로 내경이 작아지는

압축기 로터.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 로터 축은, 상기 축방향으로 연장되고, 복수의 상기 로터 디스크, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티 및 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티를 관통하는 스핀들 볼트를 구비하고,

상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티와 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티와의 사이에 존재하는 로터 디스크에 형성되고, 상기 스핀들 볼트가 관통하는 볼트 관통 구멍은, 상기 스핀들 볼트와의 사이에 상기 축방향으로 연장되는 간극을 갖고,

상기 볼트 관통 구멍의 상기 간극은 상기 축방향 유로를 형성하는

압축기 로터.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 볼트 관통 구멍 중에서 상기 축방향 유로를 형성하는 상기 간극은 상기 스핀들 볼트에 대한 직경방향 내측에 위치되어 있는

압축기 로터.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 캐비티 그룹을 구성하는 복수의 상기 캐비티 중 가장 직경방향 내측의 캐비티가 상기 축방향 연통 캐비티를 이루는

압축기 로터.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 축방향에서 인접하는 2개의 상기 캐비티 그룹 중, 상기 상류측의 캐비티 그룹이 상류측 캐비티 그룹을 이루고, 상기 하류측의 캐비티 그룹이 하류측 캐비티 그룹을 이루는

압축기 로터.

#### 청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 기재된 압축기 로터와,

상기 압축기 케이싱을 포함하는

압축기.

### 청구항 13

제 12 항에 기재된 압축기와,  
상기 압축기에서 압축된 공기 중에서 연료를 연소시켜 연소 가스를 생성하는 연소기와,  
상기 연소 가스로 구동하는 터빈을 포함하는  
가스 터빈.

### 청구항 14

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 압축기 케이싱 내에서 축선을 중심으로 해서 회전하는 압축기 로터, 압축기, 및 가스 터빈에 관한 것이다.
- [0002] 본원은 2015년 4월 27일에, 일본에 출원된 일본 특허 출원 제 2015-090289 호에 기초해서 우선권을 주장하고, 이 내용을 여기에 원용한다.

### 배경 기술

- [0003] 압축기는 케이싱과, 이 케이싱 내에서 축선을 중심으로 해서 회전하는 로터를 구비하고 있다. 축류 압축기의 로터는 축선을 중심으로 축방향으로 연장되어 있는 로터 축과, 로터 축의 외주에 고정되어 축방향으로 늘어서 있는 복수의 동익열을 구비한다.
- [0004] 이러한 축류 압축기의 로터로서는, 이하의 특허문헌 1에 개시되어 있는 것이 있다. 이 로터에는, 로터의 경량화 등을 위해서 복수의 챔버(또는 캐비티)가 형성되어 있다. 복수의 챔버 중, 제 1 챔버와 제 2 챔버는 직경방향의 위치가 서로 동일하고 축방향으로 늘어서 있다. 제 2 챔버는 제 1 챔버에 대해서 축방향의 상류측에 위치하고 있다. 또한, 복수의 챔버 중, 제 3 챔버는, 축방향에 있어서의 제 1 챔버와 제 2 챔버와의 사이의 위치로서 제 1 챔버 및 제 2 챔버보다 직경방향 내측의 위치에 형성되어 있다. 제 1 챔버 및 제 2 챔버는 모두 로터 축의 외주측과 케이싱의 내주측과의 사이의 환상의 공간에서 형성되는 공기 압축 유로와 연통하고 있다. 제 3 챔버는 제 1 챔버에 연통하고 있는 동시에, 제 2 챔버에도 연통하고 있다.
- [0005] 공기 압축 유로 중의 공기의 일부는 제 2 챔버보다 하류측에 위치하고 있는 제 1 챔버 내에 유입한다. 이 공기는 제 1 챔버로부터 제 3 챔버 내에 유입하고 나서, 제 2 챔버를 거쳐서 공기 압축 유로 중으로 돌아온다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제 2013-204593 호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0007] 특허문헌 1에 개시되어 있는 기술에서는, 공기 압축 유로 중의 공기의 일부를 각 챔버를 거쳐 공기 압축 유로에 되돌리는 것으로, 공기 압축 유로를 흐르는 공기의 온도 변화에 대한 로터 축의 열응답성을 높이고 있다.
- [0008] 본 발명은 기체 압축 유로를 흐르는 기체의 온도 변화에 대한 로터 축의 열응답성을 보다 높일 수 있는 압축기 로터, 이 압축기 로터를 구비하는 압축기, 및 이 압축기를 구비하는 가스 터빈을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0009] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 1 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0010] 압축기 케이싱 내에서 축선을 중심으로 해서 회전하는 압축기 로터에 있어서, 상기 축선을 중심으로 해서, 축방향으로 연장되어 있는 로터 축과, 상기 로터 축의 외주에 고정되고, 상기 축방향으로 늘어서 있는 복수의 동익열을 구비한다. 상기 로터 축에는, 복수의 상기 동익열의 상호간의 축방향에 있어서의 각 위치에, 상기 축선을 중심으로 해서 환상을 이루고, 상기 축선에 대한 직경방향으로 서로 이간되어 있는 복수의 캐비티로 구성되는 캐비티 그룹이 형성되어 있다. 상기 로터 축의 외주측으로서 상기 축방향으로 복수의 상기 동익열이 존재하는 기체 압축 유로 중을 기체가 흘러오는 압력이 낮은 측이 상기 축방향에 있어서의 상류측을 이루고, 상기 상류측의 반대측에서 기체의 압력이 높아지는 측이 상기 축방향에 있어서의 하류측을 이룬다. 상기 캐비티 그룹을 구성하는 복수의 상기 캐비티 중에서, 가장 직경방향 외측의 캐비티가 외측 캐비티를 이루고, 상기 외측 캐비티보다 직경방향 내측의 어느 하나의 캐비티가 축방향 연통 캐비티를 이룬다. 적어도 2개의 상기 캐비티 그룹 중, 상류측의 1개 이상의 캐비티 그룹이 상류측 캐비티 그룹을 이루고, 상기 상류측 캐비티 그룹에 대해서 하류측에 위치하는 나머지의 캐비티 그룹이 하류측 캐비티 그룹을 이룬다. 상기 로터 축에는, 또한 상기 기체 압축 유로 중의 기체를, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 외측 캐비티에 유입시키는 입구 유로와, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 외측 캐비티 내에 유입한 기체가 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티에 도달하도록, 상기 직경방향을 포함하는 방향으로 연장되고, 상기 외측 캐비티로부터 상기 축방향 연통 캐비티까지의 복수의 캐비티에서, 상기 직경방향으로 인접하는 2개의 캐비티 상호를 연통시키는 직경방향 유로와, 상기 축방향을 포함하는 방향으로 연장되고, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티와 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티를 연통시키는 축방향 유로와, 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티 내의 기체가 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 외측 캐비티에 도달하도록, 상기 직경방향을 포함하는 방향으로 연장되고, 상기 축방향 연통 캐비티로부터 상기 외측 캐비티까지의 복수의 캐비티에서, 상기 직경방향으로 인접하는 2개의 캐비티 상호를 연통시키는 직경방향 유로와, 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 외측 캐비티 내의 기체를 상기 기체 압축 유로 중에 유출시키는 출구 유로가 형성되어 있다. 상기 축방향 유로에 있어서의 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티에 대한 개구인 입구 개구의 직경방향 외측연은 환상의 상기 축방향 연통 캐비티를 획정하는 내주면 중 직경방향 외측 내주면보다 직경방향 내측에 위치한다. 상기 축방향 유로에 있어서의 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티에 대한 개구인 출구 개구의 직경방향 외측연은, 환상의 상기 축방향 연통 캐비티를 획정하는 내주면 중 직경방향 외측 내주면보다 직경방향 내측에 위치한다.
- [0011] 상기 압축기 로터에서는, 기체 압축 유로 내의 축방향에 있어서의 압력차를 드라이빙 포스로 해서, 기체 압축 유로 중의 기체의 일부가 입구 유로를 거쳐 하류측 캐비티 그룹의 외측 캐비티에 유입한다. 외측 캐비티에 유입한 기체는 직경방향 유로를 거쳐서, 경우에 따라서는 또한 1개 이상의 캐비티를 거쳐서, 하류측 캐비티 그룹의 축방향 연통 캐비티에 유입한다. 하류측 캐비티 그룹의 축방향 연통 캐비티에 유입한 기체는, 축방향 유로를 거쳐서, 상류측 캐비티 그룹의 축방향 연통 캐비티에 유입한다. 상류측 캐비티 그룹의 축방향 연통 캐비티에 유입한 기체는, 직경방향 유로를 거쳐서, 경우에 따라서는 또한 1개 이상의 캐비티를 거쳐서, 상류측 캐비티 그룹의 외측 캐비티에 유입한다. 상류측 캐비티 그룹의 외측 캐비티에 유입한 기체는 출구 유로를 거쳐 기체 압축 유로로 돌아온다.
- [0012] 따라서, 상기 압축기 로터에서는, 공기 압축 유로 내의 축방향에 있어서의 압력차를 드라이빙 포스로 해서, 하류측 캐비티 그룹의 외측 캐비티, 하류측 캐비티 그룹의 외측 캐비티와 축방향 연통 캐비티와의 사이의 캐비티, 또한 상류측 캐비티 그룹의 외측 캐비티, 상류측 캐비티 그룹의 외측 캐비티와 축방향 연통 캐비티와의 사이의 캐비티 내를, 기체 압축 유로 중의 기체의 일부에서 효율적으로 환기할 수 있다. 또한, 상기 압축기 로터에서는, 하류측 캐비티 그룹의 축방향 연통 캐비티 내에 있어서의 직경방향 외측연으로부터 직경방향으로 축방향 유로가 개구하고 있는 위치까지의 사이, 또한 상류측 캐비티 그룹의 축방향 연통 캐비티 내에 있어서의 직경방향 외측연으로부터 직경방향으로 축방향 유로가 개구하고 있는 위치까지의 사이도, 기체 압축 유로 중의 기체로 효율적으로 환기할 수 있다. 또한, 상기 압축기 로터에서는, 캐비티 내를 흐르는 공기와 이 캐비티와의 주속차(周速差)에 의해, 캐비티를 획정하는 벽면의 열전달율을 높일 수 있다.
- [0013] 따라서, 상기 압축기 로터에서는, 기체 압축 유로를 흐르는 기체의 온도 변화에 대한 압축기 로터의 열응답성을 높일 수 있다.
- [0014] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 2 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0015] 상기 제 1 태양의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 축방향 유로에 있어서의 상기 입구 개구의 직경방향 외측연은 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티의 직경방향에 있어서의 중앙 위치보다 직경방향 내측에



위치하고, 상기 축방향 유로에 있어서의 상기 출구 개구의 직경방향 외측연은 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티의 직경방향에 있어서의 중앙 위치보다 직경방향 내측에 위치한다.

- [0016] 상기 압축기 로터에서는, 하류측 캐비티 그룹의 축방향 연통 캐비티 내 및 상류측 캐비티 그룹의 축방향 연통 캐비티 내를 넓은 범위에 걸쳐서, 기체 압축 유로 중의 기체로 효율적으로 환기할 수 있다. 또한, 상기 압축기 로터에서는, 이들 캐비티 내를 흐르는 공기와 이 캐비티와의 주속차에 의해, 캐비티를 획정하는 벽면의 열전달율을 높일 수 있다. 따라서, 상기 압축기 로터에서는, 기체 압축 유로를 흐르는 기체의 온도 변화에 대한 압축기 로터의 열응답성을 보다 높일 수 있다.
- [0017] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 3 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0018] 상기 제 1 또는 제 2 태양의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 로터 축에는, 상기 축선에 대한 둘레방향으로 서로 이간되어 있는 복수의 상기 축방향 유로가 형성되어 있다.
- [0019] 상기 압축기 로터에서는, 축방향 유로 내를 흐르는 기체의 주속(周速)은 로터 축의 주속에 구속되고, 로터 축의 주속과 실질적으로 동일하게 된다. 한편, 축방향 유로와 연통하고 있는 각 축방향 연통 캐비티는 축선을 중심으로 해서 환상으로 형성되어 있기 때문에, 이 축방향 연통 캐비티 내를 흐르는 기체는 로터 축의 주속에 기본적으로 구속되지 않는다. 이 때문에, 각 축방향 연통 캐비티를 흐르는 기체는 로터 축의 주속에 대해서 주속차가 생긴다. 특히, 상류측 캐비티 그룹의 축방향 연통 캐비티 내에 있어서의 직경방향 외측에서는, 로터 축의 주속에 대해서 주속차가 직경방향 내측보다 크게 된다. 이 때문에, 캐비티를 획정하는 로터 축 구성 부재의 표면과 공기와의 사이의 열전달율을 높일 수 있다.
- [0020] 따라서, 상기 압축기 로터에서는, 기체 압축 유로를 흐르는 기체의 온도 변화에 대한 압축기 로터의 열응답성을 보다 높일 수 있다.
- [0021] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 4 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0022] 상기 제 1 내지 제 3 태양 중 어느 하나의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 직경방향 유로에 있어서의 직경방향 내측의 개구인 입구 개구가, 상기 로터 축의 회전방향측으로 경사지는 상기 입구 개구를 포함하는 상기 직경방향 유로의 입구측 부분과, 상기 축방향 유로에 있어서의 상기 입구 개구가, 상기 로터 축의 회전방향측과는 반대측으로 경사지는 상기 입구 개구를 포함하는 상기 축방향 유로의 입구측 부분 중 적어도 어느 하나의 입구측 부분을 구비한다.
- [0023] 또한, 이상의 어느 하나의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 외측 캐비티와 상기 외측 캐비티에 직경방향으로 인접하는 상기 캐비티를 연통시키는 상기 직경방향 유로에 있어서의 직경방향 외측의 개구인 입구 개구를 포함하는 상기 직경방향 유로의 입구측 부분과, 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 직경방향 유로에 있어서의 직경방향 내측의 개구인 입구 개구를 포함하는 상기 직경방향 유로의 입구측 부분 중 적어도 하나의 입구측 부분은 상기 로터 축의 회전방향측으로 향하도록 경사져 있어도 좋다.
- [0024] 또한, 이상의 어느 하나의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 축방향 유로에 있어서의 상기 입구 개구를 포함하는 상기 축방향 유로의 입구측 부분은, 상기 로터 축의 회전방향측과는 반대측으로 향하도록 경사져 있어도 좋다.
- [0025] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 5 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0026] 상기 제 1 내지 제 4 태양 중 어느 하나의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 하류측 캐비티 그룹은 3개 이상의 상기 캐비티를 구비하고, 상기 3개 이상의 캐비티 중, 상기 외측 캐비티를 제외한 2개 이상의 상기 캐비티 상호를 연통시키는 상기 직경방향 유로에 있어서의 직경방향 외측의 개구인 입구 개구를 포함하는 상기 직경방향 유로의 입구측 부분은, 상기 로터 축의 회전방향측과는 반대측으로 향하도록 경사져 있다.
- [0027] 상기 압축기 로터에서는, 기체와 유로에 주속차가 있어도, 이 기체가 유로의 입구 개구로 향해 받게 되기 때문에, 이 기체를 부드럽게 유로에 유입시킬 수 있다.
- [0028] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 6 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0029] 상기 제 1 내지 제 5 태양 중 어느 하나의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 직경방향 유로에 있어서의 직경방향 내측의 개구인 출구 개구를 포함하는 상기 직경방향 유로의 출구측 부분과, 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 직경방향 유로에 있어서의 직경방향 외측의 개구인 출구 개구를 포함하는 상기 직경방향 유로의 출구측 부분과, 상기 축방향 유로에 있어서의 상기 출구 개구를 포함하는 상기 축방향 유로의 출구



측 부분 중 어느 하나의 출구측 부분은, 상기 로터 축의 회전방향측 또는 상기 로터 축의 회전방향측과는 반대측으로 경사져 있어도 좋다.

- [0030] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 7 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0031] 상기 제 1 내지 제 6 태양 중 어느 하나의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 입구 개구를 포함한 유로의 입구측 부분은, 상기 입구 개구로부터 상기 유로의 상기 입구 개구와는 반대측의 출구 개구 측으로 향함에 따라 점차 유로 내경이 작아진다.
- [0032] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 8 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0033] 상기 제 1 내지 제 7 태양 중 어느 하나의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 로터 축은, 상기 축방향으로 서로 적층되어 있는 복수의 로터 디스크와, 상기 직경방향으로 연장되고, 상기 축방향에서 인접하는 상기 로터 디스크의 각각에 계합하고, 인접하는 로터 디스크 상호의 상대 회전을 규제하는 토크 핀을 구비하고, 상기 토크 핀은, 상기 하류측 캐비티 그룹을 구성하는 복수의 캐비티 중에서 상기 직경방향으로 인접하는 캐비티의 상호간의 위치와, 상기 상류측 캐비티 그룹을 구성하는 복수의 캐비티 중에서 상기 직경방향으로 인접하는 캐비티의 상호간의 위치에 배치되고, 상기 토크 핀에는, 상기 직경방향으로 관통하는 관통 구멍이 형성되고, 상기 관통 구멍이 상기 직경방향 유로를 형성한다.
- [0034] 상기 압축기 로터에서는, 토크 핀에 관통 구멍을 형성하면, 로터 디스크에 직경방향 유로를 형성할 필요가 없다. 이 때문에, 상기 압축기 로터에서는, 로터 디스크의 가공 공정수의 증가를 억제할 수 있다.
- [0035] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 9 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0036] 상기 제 1 내지 제 8 태양 중 어느 하나의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 로터 축은, 상기 축방향으로 서로 적층되어 있는 복수의 로터 디스크와, 상기 축방향으로 연장되고, 복수의 상기 로터 디스크, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티 및 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티를 관통하는 스핀들 볼트를 구비하고, 상기 하류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티와 상기 상류측 캐비티 그룹의 상기 축방향 연통 캐비티와의 사이에 존재하는 로터 디스크에 형성되고, 상기 스핀들 볼트가 관통하는 볼트 관통 구멍은 상기 스핀들 볼트와의 사이에 상기 축방향으로 연장되는 간극을 갖고, 상기 볼트 관통 구멍의 상기 간극은 상기 축방향 유로를 형성한다.
- [0037] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 10 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0038] 상기 제 9 태양의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 볼트 관통 구멍 중에서 상기 축방향 유로를 형성하는 상기 간극은 상기 스핀들 볼트에 대한 직경방향 내측에 위치한다.
- [0039] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 11 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0040] 상기 제 1 내지 제 10 태양 중 어느 하나의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 캐비티 그룹을 구성하는 복수의 상기 캐비티 중 가장 직경방향 내측의 캐비티가 상기 축방향 연통 캐비티를 이룬다.
- [0041] 상기 압축기 로터에서는, 캐비티 그룹을 구성하는 복수의 캐비티 내의 모두를 기체 압축 유로 중의 기체로 효율적으로 환기할 수 있다. 따라서, 상기 압축기 로터에서는, 기체 압축 유로를 흐르는 기체의 온도 변화에 대한 압축기 로터의 열응답성을 보다 높일 수 있다.
- [0042] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 12 태양으로서의 압축기 로터는,
- [0043] 상기 제 1 내지 제 11 태양 중 어느 하나의 상기 압축기 로터에 있어서, 상기 축방향으로 인접하는 2개의 상기 캐비티 그룹 중 상기 상류측의 캐비티 그룹이 상류측 캐비티 그룹을 이루고, 상기 하류측의 캐비티 그룹이 하류측 캐비티 그룹을 이룬다.
- [0044] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 13 태양으로서의 압축기는,
- [0045] 상기 제 1 내지 제 12 태양 중 어느 하나의 상기 압축기 로터와, 상기 압축기 케이싱을 구비한다.
- [0046] 상기 목적을 달성하기 위한 발명에 관한 제 14 태양으로서의 가스 터빈은,
- [0047] 상기 제 13 태양의 상기 압축기와, 상기 압축기로 압축된 공기 중에서 연료를 연소시켜 연소 가스를 생성하는 연소기와, 상기 연소 가스로 구동하는 터빈을 구비한다.

## 발명의 효과

[0048] 본 발명에 관한 일 태양에 의하면, 기체 압축 유로를 흐르는 기체의 온도 변화에 대한 로터 축의 열응답성을 보다 높일 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0049] 도 1은 본 발명에 관한 일 실시형태에 있어서의 가스 터빈의 주요부 절결 측면도이다.  
 도 2는 본 발명에 관한 제 1 실시형태에 있어서의 압축기의 주요부 단면도이다.  
 도 3은 본 발명에 관한 제 1 실시형태에 있어서의 로터 디스크를 도시하며, 도 3의 (A)는 로터 디스크의 단면도이며, 도 3의 (B)는 도 3의 (A)에 있어서의 B 화살표에서 본 도면이다.  
 도 4는 본 발명에 관한 제 1 실시형태에 있어서의 압축기의 동익 및 정익 둘레의 주요부 단면도이다.  
 도 5는 본 발명에 관한 제 1 실시형태에 있어서의 토크 핀의 사시도이다.  
 도 6은 본 발명에 관한 제 1 실시형태에 있어서의 압축기 내에서의 기체의 흐름을 나타내는 설명도이다.  
 도 7은 본 발명에 관한 제 1 실시형태에 있어서의 로터 축 내에서의 기체의 주속 변화를 나타내는 그래프이다.  
 도 8은 본 발명에 관한 제 1 실시형태에 대한 비교예에 있어서의 로터 축 내에서의 기체의 주속 변화를 나타내는 그래프이다.  
 도 9는 본 발명에 관한 제 1 실시형태에 대한 비교예에 있어서의 로터 축의 주요부 단면도이다.  
 도 10은 본 발명에 관한 제 2 실시형태에 있어서의 압축기의 주요부 단면도이다.  
 도 11은 본 발명에 관한 제 2 실시형태에 있어서의 로터 디스크를 도시하고, 도 11의 (A)는 로터 디스크의 단면도이며, 도 11의 (B)는 도 11의 (A)에 있어서의 B 화살표에서 본 도면이다.  
 도 12는 본 발명에 관한 제 2 실시형태에 있어서의 압축기 내에서의 기체의 흐름을 나타내는 설명도이다.  
 도 13은 본 발명에 관한 제 2 실시형태에 있어서의 로터 축 내에서의 기체의 주속 변화를 나타내는 그래프이다.  
 도 14는 도 11에 있어서의 XIV 화살표에서 본 도면에 대응하는 화살표에서 본 도면이며, 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 1 변형예에 있어서의 로터 디스크의 화살표에서 본 도면이다.  
 도 15는 도 11에 있어서의 XV 화살표에서 본 도면에 대응하는 화살표에서 본 도면이며, 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 1 변형예에 있어서의 로터 디스크의 화살표에서 본 도면이다.  
 도 16은 도 14에 있어서의 위치(P2) 둘레의 상세 모식도이다.  
 도 17은 도 14에 있어서의 위치(P3) 둘레의 상세 모식도이다.  
 도 18은 도 14에 있어서의 위치(P4) 둘레의 상세 모식도이다.  
 도 19는 도 15에 있어서의 위치(P5) 둘레의 상세 모식도이다.  
 도 20은 도 15에 있어서의 위치(P6) 둘레의 상세 모식도이다.  
 도 21은 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 1 변형예에 있어서의 하류측 캐비티 그룹의 토크 핀의 사시도이다.  
 도 22는 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 1 변형예에 있어서의 상류측 캐비티 그룹의 토크 핀의 사시도이다.  
 도 23은 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 2 변형예이며, 도 14에 있어서의 위치(P7 또는 P8) 둘레의 상세 모식도이다.  
 도 24는 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 2 변형예에 있어서의 다른 예이며, 도 14에 있어서의 위치(P7 또는 P8) 둘레의 상세 모식도이다.  
 도 25는 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 2 변형예이며, 도 15에 있어서의 위치(P9) 둘레의 상세 모식도이다.  
 도 26은 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 2 변형예에 있어서의 다른 예이며, 도 15에 있어서의 위치(P9) 둘

레의 상세 모식도이다.

도 27은 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 2 변형예이며, 도 15에 있어서의 위치(P10) 둘레의 상세 모식도이다.

도 28은 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 2 변형예에 있어서의 다른 예이며, 도 15에 있어서의 위치(P10) 둘레의 상세 모식도이다.

도 29는 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 2 변형예이며, 도 15에 있어서의 위치(P11) 둘레의 상세 모식도이다.

도 30은 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 3 변형예이며, 직경방향 유로 또는 축방향 유로의 단면도이다.

도 31은 본 발명에 관한 제 2 실시형태의 제 3 변형예에 있어서의 다른 예이며, 직경방향 유로 또는 축방향 유로의 단면도이다.

도 32는 본 발명에 관한 제 1 실시형태의 다른 변형예에 있어서의 압축기 내에서의 기체의 흐름을 나타내는 설명도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0050] 이하, 본 발명에 관한 각종 실시형태에 대해서, 도면을 참조해서 상세하게 설명한다.
- [0051] [가스 터빈의 실시형태]
- [0052] 가스 터빈의 일 실시형태에 대해서, 도 1을 참조해서 설명한다.
- [0053] 본 실시형태의 가스 터빈은, 도 1에 도시하는 바와 같이, 압축기(1)와, 연소기(2)와, 터빈(3)을 구비하고 있다. 압축기(1)는 외기를 압축해서 압축 공기를 생성한다. 연소기(2)는 연료 공급원으로부터의 연료를 압축 공기에 혼합해서 연소시켜 연소 가스를 생성한다. 터빈(3)은 연소 가스에 의해 구동한다.
- [0054] 압축기(1)는, 축선(Ar)을 중심으로 해서 회전하는 압축기 로터(20)와, 이 압축기 로터(20)를 덮는 통형상의 압축기 케이싱(10)을 구비한다. 또한, 이하에서는, 축선(Ar)이 연장되어 있는 방향을 축방향(Da)으로 한다. 또한, 축방향(Da)의 한쪽측을 상류측, 이 축방향의 다른측을 하류측으로 한다. 축선(Ar)을 기준으로 한 직경방향을 간단히 직경방향(Dr)으로 한다. 또한, 이 직경방향(Dr)에서 축선(Ar)으로부터 멀어지는 측을 직경방향 외측으로 하고, 이 직경방향(Dr)에서 축선(Ar)에 가까워지는 측을 직경방향 내측으로 한다. 압축기 케이싱(10)의 상류측에는, 개구가 형성되어 있다. 이 개구는, 압축기(1)가 외부로부터 공기를 취입하는 취입구(11i)를 이룬다.
- [0055] 터빈(3)은 압축기(1)의 하류측에 배치되어 있다. 이 터빈(3)은, 축선(Ar)을 중심으로 해서 회전하는 터빈 로터(4)와, 이 터빈 로터(4)를 덮는 통형상의 터빈 케이싱(5)을 구비한다. 압축기 로터(20) 및 터빈 로터(4)는 동일한 축선(Ar)을 중심으로 해서 회전하는 것에 의해, 서로 연결되어, 가스 터빈 로터(8)를 이루고 있다. 압축기 케이싱(10) 및 터빈 케이싱(5)은 서로 연결되어 가스 터빈 케이싱(9)을 이루고 있다. 연소기(2)는 이 가스 터빈 케이싱(9)에 고정되어 있다.
- [0056] [압축기의 제 1 실시형태]
- [0057] 압축기의 제 1 실시형태에 대해서, 도 2 내지 도 9를 참조해서 설명한다.
- [0058] 본 실시형태의 압축기는 먼저 설명한 가스 터빈의 압축기(1)이다. 따라서, 본 실시형태의 압축기(1)는 축선(Ar)을 중심으로 해서 회전하는 압축기 로터(20)와, 이 압축기 로터(20)를 덮는 통형상의 압축기 케이싱(10)을 구비하고 있다.
- [0059] 이 압축기(1)는, 도 2에 도시하는 바와 같이, 축류 압축기이다. 압축기 로터(20)는 로터 축(21)과, 복수의 동익열(81)을 구비하고 있다. 로터 축(21)은 축선(Ar)을 중심으로 축방향(Da)으로 나열되어 있다. 복수의 동익열(81)은 로터 축(21)의 외주에 고정되어 축방향(Da)으로 나열되어 있다. 압축기 케이싱(10)의 내주측에는, 각 동익열(81)의 하류측의 위치에 정익열(11)이 고정되어 있다.
- [0060] 1개의 정익열(11)은 복수의 정익(12)을 구비하고 있다. 이들 복수의 정익(12)은, 축선(Ar)을 중심으로 둘레방향(Dc)으로 나열되어, 1개의 정익열(11)을 구성한다. 또한, 1개의 동익열(81)은 복수의 동익(82)을 구비하고 있다. 이들 복수의 동익(82)은, 축선(Ar)을 중심으로 둘레방향(Dc)으로 나열되어, 1개의 동익열(81)을 구성한다.

다.

- [0061] 정익(12)은, 도 4에 도시하는 바와 같이, 직경방향(Dr)으로 연장되는 익체(13)와, 익체(13)의 직경방향(Dr) 외측에 설치되어 있는 외측 슈라우드(14)와, 익체(13)의 직경방향(Dr) 내측에 설치되어 있는 내측 슈라우드(15)를 구비한다. 외측 슈라우드(14)는 압축기 케이싱(10)의 내주측에 장착되어 있다. 내측 슈라우드(15)에는, 그 직경방향(Dr) 내측에 시일 링(16)이 설치되어 있다. 동익(82)은, 직경방향(Dr)으로 연장되는 익체(83)와, 익체(83)의 직경방향(Dr) 내측에 설치되어 있는 플랫폼(84)과, 플랫폼(84)의 직경방향(Dr) 내측에 설치되어 있는 익근(85)을 구비한다. 익근(85)은 로터 축(21)에 매립되어 있다.
- [0062] 이 압축기(1)에서 압축 과정의 공기가 통과하는 공기 압축 유로(19)는 축선(Ar)을 중심으로 해서 환상을 이루고 있다. 이 공기 압축 유로(19)의 외주측은 압축기 케이싱(10) 및 정익(12)의 외측 슈라우드(14)에 의해 한정되어 있다. 또한, 이 공기 압축 유로(19)의 내주측은 동익(82)의 플랫폼(84) 및 정익(12)의 내측 슈라우드(15)에 의해 한정되어 있다. 공기는, 압축기 로터(20)의 회전에 의해, 이 공기 압축 유로(19) 내를 압축시키면서 상류측으로부터 하류측으로 흘러 간다.
- [0063] 로터 축(21)에는, 도 2에 도시하는 바와 같이, 복수의 동익열(81)의 상호간의 축방향(Da)에 있어서의 각 위치에, 환언하면, 복수의 정익열(11)의 축방향(Da)에 있어서의 각 위치에, 복수의 캐비티(23)가 형성되어 있다. 복수의 캐비티(23)는 축선(Ar)을 중심으로 해서 환상을 이루고, 직경방향(Dr)으로 서로 이간되어 있다. 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 동익열(81)의 상호간의 축방향(Da)에 있어서의 위치에 형성되어 있는 복수의 캐비티(23)는 하나의 캐비티 그룹(22)을 구성한다. 따라서, 로터 축(21)에는, 복수의 캐비티 그룹(22)이 축방향(Da)으로 늘어서 형성되어 있다.
- [0064] 하나의 캐비티 그룹(22)은, 외측 캐비티(24)와, 중간 캐비티(25)와, 내측 캐비티(26)의 3개의 캐비티로 구성되어 있다. 외측 캐비티(24)는, 복수의 캐비티 중에서, 로터 축(21) 내의 가장 직경방향(Dr) 외측에 형성되어 있다. 중간 캐비티(25)는 외측 캐비티(24)보다 직경방향(Dr) 내측에 형성되어 있다. 내측 캐비티(26)는, 복수의 캐비티 중에서, 로터 축(21) 내의 가장 직경방향(Dr) 내측에 형성되어 있다.
- [0065] 로터 축(21)에는, 또한, 외측 캐비티(24)와 공기 압축 유로(19)를 연통시키는 직경방향 외측 유로(34)와, 외측 캐비티(24)와 중간 캐비티(25)를 연통시키는 복수의 직경방향 중간 유로(35)가 형성되어 있다. 직경방향 외측 유로(34)는 축선(Ar)을 중심으로 해서 환상으로 넓어지는 유로이다. 한편, 복수의 직경방향 중간 유로(35)는 둘레방향(Dc)에서 서로 이간되어 있다.
- [0066] 로터 축(21)은 복수의 로터 디스크(41)와, 스핀들 볼트(51)와, 토크 핀(55)을 구비한다. 복수의 로터 디스크(41)는 축방향(Da)에서 서로 적층된다. 스핀들 볼트(51)는, 복수의 로터 디스크(41) 및 복수의 중간 캐비티(25)를 축방향(Da)으로 관통한다. 토크 핀(55)은 인접하는 로터 디스크(41) 상호의 상대 회전을 규제한다.
- [0067] 하나의 로터 디스크(41)에는, 하나의 동익열(81)이 장착되어 있다. 따라서, 로터 디스크(41)는 복수의 동익열(81) 마다 존재한다.
- [0068] 도 3에 도시하는 바와 같이, 하나의 캐비티 그룹(22)을 구성하는 복수의 캐비티(23), 이 캐비티 그룹(22)의 외측 캐비티(24)와 공기 압축 유로(19)를 연통시키는 직경방향 외측 유로(34), 이 캐비티 그룹(22)의 외측 캐비티(24)와 중간 캐비티(25)를 연통시키는 직경방향 중간 유로(35)는 모두, 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 사이에 형성되어 있다. 또한, 도 3의 (A)는 로터 디스크(41)의 단면도이며, 도 3의 (B)는 도 3의 (A)에 있어서의 B 화살표에서 본 도면이다.
- [0069] 하나의 로터 디스크(41)의 상류측에는, 상류측 제 1 오목부(43u)와, 상류측 제 2 오목부(45u)와, 상류측 제 3 오목부(47u)가 형성되어 있다. 상류측 제 1 오목부(43u)는, 이 로터 디스크(41)의 상류측의 외측 캐비티(24)를 형성하기 위해서 하류측을 향해서 오목하다. 상류측 제 2 오목부(45u)는, 이 로터 디스크(41)의 상류측의 중간 캐비티(25)를 형성하기 위해서 하류측을 향해서 오목하다. 상류측 제 3 오목부(47u)는, 이 로터 디스크(41)의 상류측에 내측 캐비티(26)를 형성하기 위해서 하류측을 향해서 오목하다. 따라서, 상류측 제 1 오목부(43u)의 직경방향(Dr) 외측에는, 상류측 제 1 오목부(43u)의 저면에 대해서, 상대적으로 축방향(Da) 상류측을 향해서 돌출하는 환상의 상류측 제 1 아암부(42u)가 형성되어 있다. 또한, 상류측 제 1 오목부(43u)와 상류측 제 2 오목부(45u)와의 사이에는, 상류측 제 1 오목부(43u)의 저면 및 상류측 제 2 오목부(45u)의 저면에 대해서, 상대적으로 축방향(Da) 상류측을 향해서 돌출하는 환상의 상류측 제 2 아암부(44u)가 형성되어 있다. 또한, 상류측 제 2 오목부(45u)와 상류측 제 3 오목부(47u)와의 사이에는, 상류측 제 2 오목부(45u)의 저면 및 상류측 제 3 오목부(47u)의 저면에 대해서, 상대적으로 축방향(Da) 상류측을 향해서 돌출하는 환상의 상류측 제 3 아암부

(46u)가 형성되어 있다.

- [0070] 환상의 상류측 제 2 아암부(44u)에는, 하류측을 향해서 오목하고, 상류측 제 1 오목부(43u)와 상류측 제 2 오목부(45u)를 연통시키는 복수의 상류측 핀 홈(44up)이 형성되어 있다.
- [0071] 또한, 하나의 로터 디스크(41)의 하류측에는, 하류측 제 1 오목부(43d)와, 하류측 제 2 오목부(45d)와, 하류측 제 3 오목부(47d)가 형성되어 있다. 하류측 제 1 오목부(43d)는, 이 로터 디스크(41)의 하류측의 외측 캐비티(24)를 형성하기 위해서 상류측을 향해서 오목하다. 하류측 제 2 오목부(45d)는, 이 로터 디스크(41)의 하류측의 중간 캐비티(25)를 형성하기 위해서 상류측을 향해서 오목하다. 하류측 제 3 오목부(47d)는, 이 로터 디스크(41)의 하류측에 내측 캐비티(26)를 형성하기 위해서 상류측을 향해서 오목하다. 따라서, 하류측 제 1 오목부(43d)의 직경방향(Dr) 외측에는, 하류측 제 1 오목부(43d)의 저면에 대해서, 상대적으로 축방향(Da) 하류측을 향해서 돌출하는 환상의 하류측 제 1 아암부(42d)가 형성되어 있다. 또한, 하류측 제 1 오목부(43d)와 하류측 제 2 오목부(45d)와의 사이에는, 하류측 제 1 오목부(43d)의 저면 및 하류측 제 2 오목부(45d)의 저면에 대해서, 상대적으로 축방향(Da) 하류측을 향해서 돌출하는 환상의 하류측 제 2 아암부(44d)가 형성되어 있다. 또한, 하류측 제 2 오목부(45d)와 하류측 제 3 오목부(47d)와의 사이에는, 하류측 제 2 오목부(45d)의 저면 및 하류측 제 3 오목부(47d)의 저면에 대해서, 상대적으로 축방향(Da) 하류측을 향해서 돌출하는 환상의 하류측 제 3 아암부(46d)가 형성되어 있다.
- [0072] 환상의 하류측 제 2 아암부(44d)에는, 상류측을 향해서 오목하고, 하류측 제 1 오목부(43d)와 하류측 제 2 오목부(45d)를 연통시키는 복수의 하류측 핀 홈(44dp)이 형성되어 있다.
- [0073] 외측 캐비티(24)는, 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 중 상류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 하류측 제 1 오목부(43d)와, 하류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 상류측 제 1 오목부(43u)에 의해 획정된다. 중간 캐비티(25)는, 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 중 상류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 하류측 제 2 오목부(45d)와, 하류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 상류측 제 2 오목부(45u)에 의해 획정된다. 내측 캐비티(26)는, 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 중 상류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 하류측 제 3 오목부(47d)와, 하류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 상류측 제 3 오목부(47u)에 의해 획정된다.
- [0074] 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 중 상류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 하류측 제 1 아암부(42d)와, 하류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 상류측 제 1 아암부(42u)는, 서로 축방향(Da)에서 대향하고 또한 이간되어 있다. 직경방향 외측 유로(34)는, 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 중 상류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 하류측 제 1 아암부(42d)와, 하류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 상류측 제 1 아암부(42u)에 의해 획정된다.
- [0075] 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 중 상류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 복수의 하류측 핀 홈(44dp)과, 하류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 복수의 상류측 핀 홈(44up)은, 축방향(Da)에서 서로 대향되어 있다. 토크 핀(55)이 장착되는 핀 구멍은 하류측 핀 홈(44dp)과 상류측 핀 홈(44up)에 의해 획정된다. 토크 핀(55)이 장착되는 핀 구멍은 원주형상의 토크 핀(55)의 형상에 대응하고 원주형상을 이룬다.
- [0076] 로터 디스크(41)에는, 상류측 제 2 오목부(45u)의 저면으로부터 하류측 제 2 오목부(45d)의 저면에 관통하고, 스핀들 볼트(51)가 삽통되는 볼트 관통 구멍(48)이 형성되어 있다. 또한, 로터 디스크(41)의 직경방향(Dr) 외측으로서, 상류측 제 1 아암부(42u)와 하류측 제 2 아암부(44d)와의 사이에는, 동익(82)의 익근(85)(도 4 참조)이 장착되는 동익 장착부(49)가 형성되어 있다.
- [0077] 원주형상의 토크 핀(55)에는, 도 5에 도시하는 바와 같이, 원주의 한쪽의 단면으로부터 다른쪽의 단면으로 관통하는 관통 구멍(56)이 형성되어 있다. 이 관통 구멍(56)은 직경방향 중간 유로(35)를 형성한다.
- [0078] 도 2에 도시하는 바와 같이, 로터 축(21)에서 가장 하류측의 제 1 캐비티 그룹(22)과, 이 제 1 캐비티 그룹(22)과 축방향(Da)에서 인접하는 상류측의 제 2 캐비티 그룹(22)은 1조를 이룬다. 이 조에서는, 제 1 캐비티 그룹(22)이 하류측 캐비티 그룹(22d)을 이루고, 제 2 캐비티 그룹(22)이 상류측 캐비티 그룹(22u)을 이룬다. 제 2 캐비티 그룹(22)과 축방향(Da)에서 인접하는 상류측의 제 3 캐비티 그룹(22)과, 제 3 캐비티 그룹(22)과 축방향(Da)에서 인접하는 상류측의 제 4 캐비티 그룹(22)은 1조를 이룬다. 이 조에서는, 제 3 캐비티 그룹(22)이 하류측 캐비티 그룹(22d)을 이루고, 제 4 캐비티 그룹(22)이 상류측 캐비티 그룹(22u)을 이룬다. 제 4 캐비티 그룹(22)과 축방향(Da)에서 인접하는 상류측의 제 5 캐비티 그룹(22)과, 제 5 캐비티 그룹(22)과 축방향(Da)에서 인접하는 상류측의 제 6 캐비티 그룹(22)은 1조를 이룬다. 이 조에서는, 제 5 캐비티 그룹(22)이 하류측 캐비티 그룹(22d)을 이루고, 제 6 캐비티 그룹(22)이 상류측 캐비티 그룹(22u)을 이룬다.



- [0079] 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24)와 공기 압축 유로(19)를 연통시키는 직경방향 외측 유로(34)는 공기 압축 유로(19) 중의 공기를 외측 캐비티(24)에 유입시키는 입구 유로(34d)를 이룬다. 또한, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24)와 공기 압축 유로(19)를 연통시키는 직경방향 외측 유로(34)는 외측 캐비티(24) 내의 공기를 공기 압축 유로(19) 중에 유출시키는 출구 유로(34u)를 이룬다.
- [0080] 하류측 캐비티 그룹(22d)과 상류측 캐비티 그룹(22u)과의 사이의 로터 디스크(41)에는, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)를 연통시키는 축방향 유로(37)가 형성되어 있다. 이 로터 디스크(41)의 볼트 관통 구멍(48)은, 도 3에 도시하는 바와 같이, 여기에 삽통되는 스핀들 볼트(51)의 직경방향(Dr) 내측의 면과의 사이에 축방향(Da)으로 연장되는 간극(48s)을 형성한다. 이 간극(48s)이 축방향 유로(37)를 형성한다. 이 축방향 유로(37)에 있어서의 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)에 대한 개구는 입구 개구(37i)를 이룬다. 또한, 이 축방향 유로(37)에 있어서의 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)에 대한 개구는 출구 개구(37o)를 이룬다. 이 축방향 유로(37)에 있어서의 입구 개구(37i)의 직경방향(Dr) 외측연은, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)의 직경방향(Dr)에 있어서의 중앙 위치보다 직경방향(Dr) 내측에 위치한다. 마찬가지로, 이 축방향 유로(37)에 있어서의 출구 개구(37o)의 직경방향(Dr) 외측연도, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)의 직경방향(Dr)에 있어서의 중앙 위치보다 직경방향(Dr) 내측에 위치한다. 또한, 중간 캐비티(25)의 직경방향(Dr)에 있어서의 중앙 위치는, 환상의 중간 캐비티(25)를 획정하는 내주면 중, 직경방향 내측 내주면으로부터 직경방향 외측 내주면까지의 직경방향(Dr)의 높이의 1/2의 위치를 나타낸다.
- [0081] 이와 같이, 본 실시형태에서는, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)를 연통시키는 축방향 유로(37)가 형성되어 있다. 이 때문에, 본 실시형태에 있어서, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)는, 모두, 축방향 연통 캐비티를 이룬다. 로터 디스크(41)에는, 스핀들 볼트(51)가 삽통되는 복수의 볼트 관통 구멍(48)이 축선(Ar)을 중심으로 둘레방향(Dc)으로 늘어서 형성되어 있다. 따라서, 로터 디스크(41)에는, 축방향 유로(37)도 축선(Ar)을 중심으로 둘레방향(Dc)으로 늘어서 복수 형성되어 있다.
- [0082] 다음에, 압축기 케이싱(10) 내에서의 공기의 흐름에 대해서, 도 6을 이용해서 설명한다.
- [0083] 압축기 케이싱(10)의 취입구(11i)로부터 공급된 공기가 공기 압축 유로(19) 내에 유입하면, 공기는, 이 공기 압축 유로(19) 내를 하류측으로 흐르면서, 점차 압축된다. 따라서, 공기 압축 유로(19) 내의 압력은 하류측이 높다. 이 때문에, 하나의 동익열(81)을 기준으로 해서 하류측의 공기 압축 유로(19)에 연통하는 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 외측 유로(34) 내의 압력은, 이 하나의 동익열(81)을 기준으로 해서 상류측의 공기 압축 유로(19)에 연통하는 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 외측 유로(34) 내의 압력보다 높다. 따라서, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 외측 유로(34)에는, 공기 압축 유로(19) 내의 공기가 유입한다. 이 때문에, 이 직경방향 외측 유로(34)는, 전술한 바와 같이, 입구 유로(34d)로서 기능한다.
- [0084] 입구 유로(34d) 내에 유입한 공기는 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24)에 유입한다. 이 공기는, 토크 핀(55)에 형성되어 있는 직경방향 중간 유로(35)를 거쳐서, 중간 캐비티(25)에 유입한다. 중간 캐비티(25)에 유입한 공기는, 로터 디스크(41)의 볼트 관통 구멍(48)과 스핀들 볼트(51)와의 사이의 간극(48s)에서 형성되는 축방향 유로(37)를 거쳐서, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)에 유입한다. 이 공기는, 토크 핀(55)에 형성되어 있는 직경방향 중간 유로(35)를 거쳐서, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24)에 유입한다. 외측 캐비티(24)에 유입한 공기는, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24)와 공기 압축 유로(19)를 연통시키는 직경방향 외측 유로(34)로부터 공기 압축 유로(19)에 유출한다. 이 때문에, 이 직경방향 외측 유로(34)는, 전술한 바와 같이, 출구 유로(34u)로서 기능한다.
- [0085] 즉, 본 실시형태에서는, 공기 압축 유로(19) 내의 축방향(Da)에 있어서의 압력차를 드라이빙 포스로 해서, 공기 압축 유로(19) 중의 공기의 일부가 여기로부터 하류측 캐비티 그룹(22d) 및 상류측 캐비티 그룹(22u)을 거쳐 공기 압축 유로(19)로 돌아오는 순환류를 일으키게 하고 있다. 이 순환류는 로터 축(21) 중의 각 캐비티 내의 공기를 촉진한다.
- [0086] 그런데, 도 4에 도시하는 바와 같이, 동익(82)의 직경방향 외측단과 이 직경방향 외측단과 직경방향(Dr)에서 대향하는 압축기 케이싱(10)의 내주면과의 사이에는 클리어런스가 있다. 이 클리어런스는, 일반적으로 틱 클리어런스(CC)로 불리고, 압축기 성능의 관점으로부터 가능한 한 작은 것이 바람직하다.
- [0087] 압축기 로터(20), 특히 로터 축(21)은, 직경방향(Dr)의 치수가 압축기 케이싱(10)의 직경방향(Dr)의 두께 치수

에 비해 크다. 이 때문에, 압축기 로터(20)는 압축기 케이싱(10)에 대해서 열용량이 크고, 공기 압축 유로(19)를 흐르는 공기의 온도 변화에 대한 열응답성이 압축기 케이싱(10)보다 낮다. 따라서, 공기 압축 유로(19)를 흐르는 공기가 온도 변화했을 경우에, 압축기 로터(20)와 압축기 케이싱(10)과의 열응답성의 차이에 의해, 팁 클리어런스(CC)에 변화가 생긴다.

[0088] 팁 클리어런스(CC)의 변화가 큰 경우, 정상 클리어런스를 크게 할 필요가 있다. 또한, 정상 클리어런스란, 가스 터빈의 안정 운전이 계속되고, 또한 압축기 로터(20) 및 압축기 케이싱(10)이 모두 계속해서 동일 온도로 되어 있을 때의 팁 클리어런스(CC)이다. 이 정상 클리어런스가 크면, 가스 터빈의 정상 운전시, 동익(82)의 직경방향 외측단과 압축기 케이싱(10)의 내주면과의 사이를 통과하는 공기가 많아진다. 이 때문에, 정상 클리어런스가 크면, 가스 터빈의 정상 운전시에 있어서의 압축기 성능이 낮아질 뿐만 아니라, 가스 터빈 성능도 낮아진다.

[0089] 여기서, 본 실시형태에서는, 전술한 바와 같이, 로터 축(21) 중에 공기 압축 유로(19) 내의 공기를 흘리는 것에 의해, 공기 압축 유로(19)를 흐르는 공기의 온도 변화에 대한 압축기 로터(20)의 열응답성을 높여, 팁 클리어런스(CC)의 변화를 작게 하고 있다. 본 실시형태에서는, 이와 같이, 팁 클리어런스(CC)의 변화가 작아지므로, 정상 클리어런스를 작게 할 수 있다. 따라서, 본 실시형태에서는, 가스 터빈의 정상 운전시에 있어서의 압축기 성능을 높일 수 있어, 결과적으로 가스 터빈 성능을 높일 수 있다.

[0090] 다음에, 도 7 및 도 8을 이용하여, 본 실시형태에 있어서, 압축기 로터(20)의 열응답성이 향상하는 이유에 대해 설명한다. 또한, 도 7 및 도 8에 있어서, 황축은 공기의 주축을 나타내고, 종축은 직경방향(Dr)에 있어서의 축선(Ar)으로부터의 거리를 나타낸다. 또한, 도 7 및 도 8에 있어서, 굵은 파선은 로터 축(21)의 주축을 나타내고, 가는 실선은 로터 축(21) 내의 공기의 주축을 나타낸다.

[0091] 도 7은 본 실시형태에 있어서의 로터 축(21) 내에서의 공기의 주축 변화를 나타낸다. 도 7에 도시하는 바와 같이, 로터 축(21)은 축선(Ar) 상의 위치에서의 주축이 0이다. 또한, 로터 축(21)은, 축선(Ar)으로부터 멀어짐에 따라서, 축선(Ar)으로부터의 거리에 비례해서 주축이 증가한다. 이 때문에, 로터 축(21)은, 그 외주면에서 최대 주축(V)으로 된다.

[0092] 공기 압축 유로(19)의 공기는, 도 6을 이용해서 전술한 바와 같이, 입구 유로(34d)를 거쳐 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24)에 유입한다. 이 외측 캐비티(24)에 유입한 직후의 공기의 주축  $v_1$ 은 로터 축(21)의 외주면에 있어서의 주축 V의 거의 반인  $0.5V$ 로 할 수 있다. 또한, 여기에서는, 외측 캐비티(24)에 유입한 직후의 공기의 주축  $v_1$ 을  $0.5V$ 로 하고 있지만, 이것은 일례이며, 클리어런스 조정 등에 의해서, 이 주축  $v_1$ 을 바꿀 수 있다. 외측 캐비티(24)에 유입한 공기는, 외측 캐비티(24) 내를 이 외측 캐비티(24)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)으로 흐르면서 직경방향(Dr) 내측으로 흐른다. 이 공기의 주축은 각운동량 보존의 법칙에 의해, 축선(Ar)으로부터의 거리에 반비례해서 커진다. 이 때문에, 공기가 외측 캐비티(24) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라서, 이 공기의 주축은 증가한다. 공기가 외측 캐비티(24)의 직경방향(Dr) 내측단에 이르면, 이 공기의 주축은  $v_2$ 가 된다. 이 주축  $v_2$ 는 외측 캐비티(24)에 유입한 직후의 공기의 주축  $v_1$ 보다 크다. 이 공기는, 여기서 개구되어 있는 복수의 직경방향 중간 유로(35) 중 어느 하나에 유입한다. 직경방향 중간 유로(35)에 유입한 공기는 직경방향 중간 유로(35) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 향해 흐르고, 중간 캐비티(25)에 유입한다. 직경방향 중간 유로(35) 내의 공기는, 축선(Ar)을 중심으로 로터 축(21)으로 일체로 회전하기 때문에, 직경방향 중간 유로(35) 내의 공기의 주축은 직경방향 중간 유로(35)의 주축과 거의 동일하게 된다.

[0093] 또한, 외측 캐비티(24)의 직경방향(Dr) 내측단에 이르렀을 때의 공기의 주축  $v_2$ 와, 직경방향 중간 유로(35)에 있어서의 직경방향 외측의 개구인 입구 개구(35di)(도 6 참조)의 주축  $V_2$ 와의 사이에는, 주축차( $v_2-V_2$ )가 있다. 이 때문에, 공기가 외측 캐비티(24)로부터 직경방향 중간 유로(35)에 유입한 직후에, 공기의 주축이 입구 개구(35di)의 주축과 일치하고, 이 주축차( $v_2-V_2$ )가 0이 된다.

[0094] 공기가 중간 캐비티(25) 내에 유입하면, 이 공기는, 중간 캐비티(25) 내를 이 중간 캐비티(25)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)으로 흐르면서 직경방향(Dr) 내측으로 흐른다. 이 중간 캐비티(25) 내에서도, 공기가 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라서, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 이 공기의 주축은 증가한다. 이 때문에, 공기가 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라서, 중간 캐비티(25)에 대한 주축차가 커진다. 공기가 복수의 축방향 유로(37)의 입구 개구(37i) 중, 몇개의 입구 개구(37i)에 이르기 직전에는, 이 공기의 주축은  $v_3$ 이 된다. 이 공기는 입구 개구(37i)로부터 축방향 유로(37) 내에 유입한다. 공기는, 축방향 유로(37) 내를 상류측을 향해서 흐르고, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25) 내에 유입한다. 축방향 유로(37) 내의 공기는, 축선(Ar)을 중심으로 로터 축(21)과 일체로 회전하기 때문에, 축방향 유로



(37) 내의 공기의 주속은 축방향 유로(37)의 주속 V3과 거의 동일하게 된다.

- [0095] 또한, 축방향 유로(37)의 입구 개구(37i)(도 6 참조)에 이르기 직전의 공기의 주속 v3과, 축방향 유로(37)의 입구 개구(37i)의 주속 V3과의 사이에는, 주속차(v3-V3)가 있다. 이 때문에, 공기가 중간 캐비티(25)로부터 축방향 유로(37)로 유입한 직후에, 공기의 주속이 입구 개구(37i)의 주속과 일치하고, 이 주속차(v3-V3)가 0이 된다.
- [0096] 공기가 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25) 내에 유입하면, 중간 캐비티(25) 내를 이 중간 캐비티(25)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)으로 흐르면서 직경방향(Dr) 외측으로 흐른다. 이 중간 캐비티(25) 내에서는, 공기가 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 이 공기의 주속은 감소한다. 이 때문에, 공기가 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 중간 캐비티(25)에 대한 주속차가 커진다. 공기가 중간 캐비티(25)의 직경방향(Dr) 외측단에 이르면, 이 공기의 주속은 v4a가 된다. 공기는, 여기서 개구되어 있는 복수의 직경방향 중간 유로(35) 중 어느 하나에 유입한다. 공기는, 직경방향 중간 유로(35) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 향해 흐르고, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24)에 유입한다. 직경방향 중간 유로(35) 내의 공기는, 축선(Ar)을 중심으로 로터 축(21)과 일체로 회전하기 때문에, 직경방향 중간 유로(35) 내의 공기의 주속은 직경방향 중간 유로(35)의 주속 V4a와 거의 동일하게 된다.
- [0097] 또한, 중간 캐비티(25)의 직경방향(Dr) 외측단에 이르렀을 때의 공기의 주속 v4a와, 직경방향 중간 유로(35)에 있어서의 직경방향 외측의 개구인 입구 개구(35ui)(도 6 참조)의 주속 V4a와의 사이에는, 주속차(v4a-V4a)가 있다. 이 때문에, 공기가 중간 캐비티(25)로부터 직경방향 중간 유로(35)에 유입한 직후에, 공기의 주속이 입구 개구(35ui)의 주속과 일치하고, 이 주속차(v4a-V4a)가 0이 된다.
- [0098] 공기가 외측 캐비티(24) 내에 유입하면, 이 공기는, 외측 캐비티(24) 내를 이 외측 캐비티(24)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)으로 흐르면서 직경방향(Dr) 외측으로 흐른다. 이 외측 캐비티(24) 내에서도, 공기가 외측 캐비티(24) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 이 공기의 주속은 감소한다. 이 때문에, 공기가 외측 캐비티(24) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 외측 캐비티(24)에 대한 주속차가 커진다.
- [0099] 이 공기는, 출구 유로(34u)를 거쳐서, 공기 압축 유로(19) 내로 돌아온다.
- [0100] 이와 같이, 본 실시형태에서는, 전술한 바와 같이, 공기 압축 유로(19) 내의 축방향(Da)에 있어서의 압력차를 드라이빙 포스로 해서, 공기 압축 유로(19) 중의 공기의 일부가 여기에서 하류측 캐비티 그룹(22d) 및 상류측 캐비티 그룹(22u)을 거쳐 공기 압축 유로(19)로 돌아오는 순환류를 일으키게 하고 있다. 즉, 본 실시형태에서는, 공기 압축 유로(19) 내의 공기의 일부가, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24), 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24) 내를, 이상의 순서로 흐르고, 공기 압축 유로(19)로 돌아온다. 이 때문에, 본 실시형태에서는, 로터 축(21)이 회전하고 있는 한, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24), 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24) 내를 흐르는 공기의 순환류에 의해, 이러한 캐비티 내를 환기할 수 있다.
- [0101] 또한, 본 실시형태에서는, 공기 압축 유로(19)로부터의 공기가 흐르는 각 캐비티(23) 내에서는, 공기와 캐비티(23)와의 사이에 주속차가 있다. 이 때문에, 캐비티(23)를 획정하는 로터 디스크(41)의 표면의 열전달율을 높일 수 있다.
- [0102] 즉, 본 실시형태에서는, 각 캐비티(23) 내를 공기 압축 유로(19) 내를 흐르는 공기로 환기할 수 있다. 게다가, 본 실시형태에서는, 로터 디스크(41)의 벽면에 있어서의 열전달율을 높일 수 있다. 따라서, 본 실시형태에서는, 공기 압축 유로(19)를 흐르는 공기의 온도 변화에 대한 압축기 로터(20)의 열응답성을 높일 수 있다.
- [0103] 또한, 로터 디스크(41)에는, 축선(Ar)을 중심으로 둘레방향(Dc)으로 늘어서 형성되어 있는 복수의 축방향 유로(37)의 축방향(Da)의 중간 위치에서, 복수의 축방향 유로(37)를 서로 연통시키는 둘레방향 유로를 형성해도 좋다. 이 둘레방향 유로는 축선(Ar)을 중심으로 해서 환상으로 형성되어 있다. 이 둘레방향 유로를 형성했을 경우, 축방향 유로(37)의 입구 개구(37i)에 유입한 공기는, 축방향(Da)의 상류측을 향해서 축방향 유로(37) 내를 흘러 둘레방향 유로에 도달하고, 둘레방향 유로를 둘레방향으로 흐르고, 몇개의 축방향 유로(37)로부터 상류측의 중간 캐비티(25)에 유입한다. 이러한 형태를 채용해도, 본 실시형태와 마찬가지로 압축기 로터(20)의 열응

답성을 높이는 효과를 얻을 수 있다.

- [0104] 다음에, 도 8 및 도 9를 이용하여, 상기 실시형태에 대한 비교예에 있어서의 로터 축 내에서의 공기의 주속 변화에 대해 설명한다.
- [0105] 본 비교예는, 도 9에 도시하는 바와 같이, 상기 실시형태에 있어서의 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)가 일체화되고, 하나의 캐비티(23)를 이루고 있는 것이다. 여기에서는, 이하의 설명의 형편상, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)를 일체화한 캐비티를 공유 캐비티(25x)로 한다.
- [0106] 본 비교예에서는, 공기 압축 유로(19) 내의 공기가, 로터 축(21) 내의 입구 유로(34d), 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24), 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 중간 유로(35), 공유 캐비티(25x), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 중간 유로(35), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24), 출구 유로(34u)를, 이상의 순서로 흐르고, 공기 압축 유로(19)로 돌아온다.
- [0107] 공기 압축 유로(19) 내의 공기가 공유 캐비티(25x)에 이르기 직전까지의 공기의 주속 변화는 상기 실시형태와 동일하다. 따라서, 공유 캐비티(25x)에 이르기 직전의 공기, 즉 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 중간 유로(35)의 직경방향(Dr) 내측단에 있어서의 공기의 주속은, 이 위치에서의 로터 축(21)의 주속과 거의 동일하다.
- [0108] 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 중간 유로(35)로부터 공유 캐비티(25x) 내에 유입한 공기는 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 중간 유로(35)에 유입한다. 공유 캐비티(25x)에는, 그 하류측 부분의 직경방향(Dr) 외측연에 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 중간 유로(35)의 출구 개구가 형성되고, 그 상류측 부분의 직경방향(Dr) 외측연에 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 중간 유로(35)의 입구 개구가 형성되어 있다. 한편, 이 공유 캐비티(25x)의 직경방향(Dr) 내측의 영역에는, 유로의 개구가 일절 형성되어 있지 않다. 이 때문에, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 중간 유로(35)로부터 공유 캐비티(25x) 내에 유입한 공기는 공유 캐비티(25x) 내의 직경방향(Dr) 외측 영역을 상류측을 향해서 흐르고, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 중간 유로(35)에 유입한다. 따라서, 공유 캐비티(25x) 내의 직경방향(Dr) 내측 영역에서는, 공기가 체류하고, 공기 압축 유로(19)로부터의 공기의 흐름이 거의 없다.
- [0109] 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 중간 유로(35)에 유입한 공기의 주속 변화는 이후 상기 실시형태와 동일하다.
- [0110] 본 비교예에서는, 공기 압축 유로(19) 내의 공기가 공유 캐비티(25x) 내에 유입하지만, 전술한 바와 같이, 이 공기는, 공유 캐비티(25x) 내의 직경방향(Dr) 외측 영역을 상류측을 향해서 흐르고, 공유 캐비티(25x) 내의 직경방향(Dr) 내측 영역에서는, 공기가 체류하고 있다. 이 때문에, 본 비교예에서는, 공유 캐비티(25x) 내에 직경방향(Dr) 내측 영역을 효과적으로 환기할 수 없다. 또한, 본 비교예에서는, 공유 캐비티(25x) 내에 유입한 공기가, 그 후, 공유 캐비티(25x) 내에서 그다지 직경방향(Dr)으로 흐르지 않기 때문에, 직경방향(Dr)에의 흐름에 수반하는 공기와 캐비티(23)와의 사이의 주속차가 거의 생기지 않는다.
- [0111] 여기서, 상기 실시형태에서는, 본 비교예의 공유 캐비티(25x)에 대응하는 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)를 연통시키는 축방향 유로(37)에 있어서의 입구 개구(37i) 및 출구 개구(37o)의 위치를 전술한 위치에 형성하고 있다. 즉, 상기 실시형태에서는, 도 6에 도시하는 바와 같이, 축방향 유로(37)에 있어서의 입구 개구(37i)의 직경방향(Dr) 외측연을, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)의 직경방향(Dr)에 있어서의 중앙 위치보다 직경방향(Dr) 내측에 위치시키고 동시에, 이 축방향 유로(37)에 있어서의 출구 개구(37o)의 직경방향(Dr) 외측연도, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)의 직경방향(Dr)에 있어서의 중앙 위치보다 직경방향(Dr) 내측에 위치시키고 있다.
- [0112] [압축기의 제 2 실시형태]
- [0113] 압축기의 제 2 실시형태에 대해서, 도 10 내지 도 13을 참조해서 설명한다.
- [0114] 상기 제 1 실시형태에 있어서의 압축기에서는, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)를 축방향 유로(37)에서 연통시키고 있다. 본 실시형태에서는, 도 10에 도시하는 바와 같이, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26)를 축방향 유로(39)로 연통시키고 있다. 따라서, 본 실시형태에 있어서, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26)가 축방향 연통 캐비티를 이룬다.
- [0115] 또한, 본 실시형태의 로터 축(21)에는, 직경방향 외측 유로(34)와 복수의 직경방향 중간 유로(35) 외에, 복수의

직경방향 내측 유로(38)가 형성되어 있다. 직경방향 외측 유로(34)는 외측 캐비티(24)와 공기 압축 유로(19)를 연통시킨다. 복수의 직경방향 중간 유로(35)는 외측 캐비티(24)와 중간 캐비티(25)를 연통시킨다. 복수의 직경방향 내측 유로(38)는 중간 캐비티(25)와 내측 캐비티(26)를 연통시킨다. 본 실시형태에 있어서의 복수의 직경방향 중간 유로(35)는, 상기 제 1 실시형태에 있어서의 복수의 직경방향 중간 유로(35)와 마찬가지로, 둘레방향(Dc)에서 서로 이간되어 있다. 또한, 본 실시형태에 있어서의 복수의 직경방향 내측 유로(38)도, 상기 제 1 실시형태에 있어서의 복수의 직경방향 중간 유로(35)와 마찬가지로, 둘레방향(Dc)에서 서로 이간되어 있다.

[0116] 하나의 캐비티 그룹(22)을 구성하는 복수의 캐비티(23), 이 캐비티 그룹(22)의 외측 캐비티(24)와 공기 압축 유로(19)를 연통시키는 직경방향 외측 유로(34), 이 캐비티 그룹(22)의 외측 캐비티(24)와 중간 캐비티(25)를 연통시키는 직경방향 중간 유로(35), 또한 이 캐비티 그룹(22)의 중간 캐비티(25)와 내측 캐비티(26)를 연통시키는 직경방향 내측 유로(38)는, 도 11에 도시하는 바와 같이, 모두, 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 사이에 형성되어 있다. 또한, 도 11의 (A)는 로터 디스크(41)의 단면도이며, 도 11의 (B)는 도 11의 (A)에 있어서의 B 화살표에서 본 도면이다.

[0117] 하나의 로터 디스크(41)의 상류측에는, 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로, 상류측 제 1 아암부(42u), 상류측 제 1 오목부(43u), 상류측 제 2 아암부(44u), 상류측 제 2 오목부(45u), 상류측 제 3 아암부(46u), 상류측 제 3 오목부(47u)가 형성되어 있다. 환상의 상류측 제 2 아암부(44u)에는, 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로, 하류측을 향해서 오목하고, 상류측 제 1 오목부(43u)와 상류측 제 2 오목부(45u)를 연통시키는 복수의 상류측 핀 홈(44up)이 형성되어 있다. 또한, 환상의 상류측 제 3 아암부(46u)에는, 하류측을 향해서 오목하고, 상류측 제 2 오목부(45u)와 상류측 제 3 오목부(47u)를 연통시키는 복수의 상류측 유로 홈(46up)이 형성되어 있다.

[0118] 또한, 하나의 로터 디스크(41)의 하류측에는, 하류측 제 1 아암부(42d), 하류측 제 1 오목부(43d), 하류측 제 2 아암부(44d), 하류측 제 2 오목부(45d), 하류측 제 3 아암부(46d), 하류측 제 3 오목부(47d)가 형성되어 있다. 환상의 하류측 제 2 아암부(44d)에는, 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로, 상류측을 향해서 오목하고, 하류측 제 1 오목부(43d)와 하류측 제 2 오목부(45d)를 연통시키는 복수의 하류측 핀 홈(44dp)이 형성되어 있다. 또한, 환상의 하류측 제 3 아암부(46d)에는, 상류측을 향해서 오목하고, 하류측 제 2 오목부(45d)와 하류측 제 3 오목부(47d)를 연통시키는 복수의 하류측 유로 홈(46dp)이 형성되어 있다.

[0119] 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로, 본 실시형태에서도, 외측 캐비티(24)는 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 중 상류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 하류측 제 1 오목부(43d)와, 하류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 상류측 제 1 오목부(43u)에 의해 획정된다. 중간 캐비티(25)는 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 중 상류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 하류측 제 2 오목부(45d)와, 하류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 상류측 제 2 오목부(45u)에 의해 획정된다. 내측 캐비티(26)는 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 중 상류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 하류측 제 3 오목부(47d)와, 하류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 상류측 제 3 오목부(47u)에 의해 획정된다.

[0120] 또한, 직경방향 외측 유로(34)는 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 로터 디스크(41) 중 상류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 하류측 제 1 아암부(42d)와, 하류측의 로터 디스크(41)에 있어서의 상류측 제 1 아암부(42u)에 의해 획정된다.

[0121] 토크 핀(55)이 장착되는 핀 구멍은 하류측 핀 홈(44dp)과 상류측 핀 홈(44up)에 의해 획정된다. 이 토크 핀(55)에는, 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로, 직경방향 중간 유로(35)를 이루는 관통 구멍(56)이 형성되어 있다.

[0122] 로터 축(21)에서 조를 이루는 캐비티 그룹(22) 중, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24)와 공기 압축 유로(19)를 연통시키는 직경방향 외측 유로(34)는 공기 압축 유로(19) 중의 공기를 외측 캐비티(24)에 유입시키는 입구 유로(34d)를 이룬다. 또한, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24)와 공기 압축 유로(19)를 연통시키는 직경방향 외측 유로(34)는 외측 캐비티(24) 내의 공기를 공기 압축 유로(19) 중에 유출시키는 출구 유로(34u)를 이룬다.

[0123] 하류측 캐비티 그룹(22d)과 상류측 캐비티 그룹(22u)과의 사이의 로터 디스크(41)에는, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26)를 연통시키는 전술의 축방향 유로(39)가 형성되어 있다. 이 때문에, 하류측 캐비티 그룹(22d)과 상류측 캐비티 그룹(22u)과의 사이의 로터 디스크(41)에는, 제 1 실시형태와 마찬가지로, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)를 연통시키는 축방향 유로(37)는 형성되어 있지 않다.

- [0124] 축방향 유로(39)에 있어서의 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26)에 대한 개구는 입구 개구(39i)를 이룬다. 이 축방향 유로(39)에 있어서의 입구 개구(39i)의 직경방향(Dr) 외측연은 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26)의 직경방향(Dr)에 있어서의 중앙 위치보다 직경방향(Dr) 내측에 위치한다. 축방향 유로(39)에 있어서의 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26)에 대한 개구는 출구 개구(39o)를 이룬다. 이 축방향 유로(39)에 있어서의 출구 개구(39o)의 직경방향(Dr) 외측연도, 마찬가지로 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26)의 직경방향(Dr)에 있어서의 중앙 위치보다 직경방향(Dr) 내측에 위치한다. 또한, 내측 캐비티(26)의 직경방향(Dr)에 있어서의 중앙 위치는, 환상의 내측 캐비티(26)를 획정하는 내주면 중, 직경방향 내측 내주면으로부터 직경방향 외측 내주면까지의 직경방향(Dr)의 높이의 1/2의 위치를 나타낸다.
- [0125] 다음에, 압축기 케이싱(10) 내에서의 공기의 흐름에 대해서, 도 12를 이용해서 설명한다.
- [0126] 본 실시형태에서도, 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24)와 공기 압축 유로(19)를 연통시키는 직경방향 외측 유로(34)는 입구 유로(34d)로서 기능하고, 여기에 공기 압축 유로(19) 내의 공기가 유입한다.
- [0127] 본 실시형태에서도, 상기 실시형태와 마찬가지로, 공기 압축 유로(19) 내의 공기가, 로터 축(21) 내의 입구 유로(34d), 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24), 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 중간 유로(35), 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)를, 이상의 순서로 흐른다. 그 후, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)에 유입한 공기는, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 내측 유로(38), 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26)를, 이상의 순서로 흐른다. 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26)에 유입한 공기는, 축방향 유로(39)를 거쳐서, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26)에 유입한다. 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26)에 유입한 공기는, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 내측 유로(38)를 거쳐서, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)에 유입한다. 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)에 유입한 공기는, 상기 실시형태와 마찬가지로, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 중간 유로(35), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24), 출구 유로(34u)를, 이상의 순서로 흐르고, 공기 압축 유로(19)로 돌아온다.
- [0128] 다음에, 도 13을 이용하여, 본 실시형태에 있어서의 로터 축(21) 내에서의 공기의 주속 변화에 대해 설명한다.
- [0129] 공기 압축 유로(19) 내의 공기가 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)에 이르기까지의, 이 공기의 주속 변화는 상기 실시형태와 동일하다. 공기가 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25) 내에 유입하면, 중간 캐비티(25) 내를 이 중간 캐비티(25)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)으로 흐르면서 직경방향(Dr) 내측으로 흐른다. 이 중간 캐비티(25) 내에서는, 공기가 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라서, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 이 공기의 주속은 증가한다. 이 때문에, 공기가 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라서, 중간 캐비티(25)에 대한 주속차가 커진다. 공기가 중간 캐비티(25)의 직경방향(Dr) 내측단에 이르면, 공기는, 여기서 개구되어 있는 복수의 직경방향 내측 유로(38) 중 어느 하나에 유입한다. 공기는, 직경방향 내측 유로(38) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 향해 흐르고, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26)에 유입한다. 직경방향 내측 유로(38) 내의 공기는 축선(Ar)을 중심으로 로터 축(21)과 일체로 회전하기 때문에, 직경방향 내측 유로(38) 내의 공기의 주속은 직경방향 내측 유로(38)의 주속과 거의 동일하게 된다.
- [0130] 공기가 내측 캐비티(26) 내에 유입하면, 이 공기는, 내측 캐비티(26) 내를 이 내측 캐비티(26)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)으로 흐르면서 직경방향(Dr) 내측으로 흐른다. 이 내측 캐비티(26) 내에서도, 공기가 내측 캐비티(26) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라서, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 이 공기의 주속은 증가한다. 이 때문에, 공기가 내측 캐비티(26) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라서, 내측 캐비티(26)에 대한 주속차가 커진다. 공기가 복수의 축방향 유로(39)의 개구 중 몇개의 개구에 이르면, 이 개구로부터 축방향 유로(39) 내에 유입한다. 공기는 축방향 유로(39) 내를 상류측을 향해서 흐르고, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26) 내에 유입한다. 축방향 유로(39) 내의 공기는 축선(Ar)을 중심으로 로터 축(21)과 일체로 회전하기 때문에, 축방향 유로(39) 내의 공기의 주속은 축방향 유로(39)의 주속과 거의 동일하게 된다.
- [0131] 공기가 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26) 내에 유입하면, 내측 캐비티(26) 내를 이 내측 캐비티(26)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)으로 흐르면서 직경방향(Dr) 외측으로 흐른다. 이 내측 캐비티(26) 내에서는, 공기가 내측 캐비티(26) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 이 공기의 주속은 감소한다. 이 때문에, 공기가 내측 캐비티(26) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 내측 캐비티(26)에 대한 주속차가 커진다. 공기가 내측 캐비티(26)의 직경방향(Dr) 외측단에 이르면, 공기는, 여기서 개구되어 있는 복수의 직경방향 내측 유로(38) 중 어느 하나에 유입한다. 공기는, 직경방향 내측 유로(38)



내를 직경방향(Dr) 외측으로 향해 흐르고, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)에 유입한다. 직경방향 내측 유로(38) 내의 공기는 축선(Ar)을 중심으로 로터 축(21)과 일체로 회전하기 때문에, 직경방향 내측 유로(38) 내의 공기의 주속은 직경방향 내측 유로(38)의 주속과 거의 동일하게 된다.

[0132] 이후, 공기가, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25), 직경방향 중간 유로(35), 외측 캐비티(24), 출구 유로(34u)를 거쳐서, 공기 압축 유로(19)로 돌아올 때까지의 공기의 주속 변화는 상기 실시형태와 동일하다.

[0133] 이상, 본 실시형태에서는, 상기 제 1 실시형태와 마찬가지로, 공기 압축 유로(19) 내의 축방향(Da)에 있어서의 압력차를 드라이빙 포스로 해서, 공기 압축 유로(19) 중의 공기의 일부가, 여기로부터 하류측 캐비티 그룹(22d) 및 상류측 캐비티 그룹(22u)을 거쳐서 공기 압축 유로(19)로 돌아오는 순환류를 일으키게 하고 있다. 즉, 본 실시형태에서는, 공기 압축 유로(19) 내의 공기의 일부가, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24), 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25), 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 외측 캐비티(24) 내를, 이상의 순서로 흐르고, 공기 압축 유로(19) 내로 돌아온다. 이 때문에, 본 실시형태에서는, 로터 축(21)이 회전하고 있는 한, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 각 캐비티 내 및 상류측 캐비티 그룹(22u)의 각 캐비티 내를 흐르는 공기의 순환류에 의해, 이러한 캐비티 내를 환기할 수 있다. 특히, 본 실시형태에서는, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26), 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26) 내도 순환류가 흐르는 관계로, 이들 캐비티 내도 환기할 수 있다.

[0134] 또한, 본 실시형태에서도, 공기 압축 유로(19)로부터의 공기가 흐르는 각 캐비티(23) 내에서는, 공기와 캐비티(23)와의 사이에 주속차가 있다. 이 때문에, 캐비티(23)를 획정하는 로터 디스크(41)의 표면의 열전달율을 높일 수 있다.

[0135] 따라서, 본 실시형태에서는, 상기 제 1 실시형태 이상으로, 공기 압축 유로(19)를 흐르는 공기의 온도 변화에 대한 압축기 로터(20)의 열응답성을 높일 수 있다.

[0136] [제 2 실시형태의 제 1 변형예]

[0137] 상기 제 2 실시형태의 제 1 변형예에 대해서, 도 14 내지 도 22를 참조해서 설명한다.

[0138] 상기 제 1 및 제 2 실시형태에 있어서, 어느 하나의 캐비티(23)로부터 직경방향 유로 또는 축방향 유로에 공기가 유입할 때, 이 공기와 유로에 큰 주속차가 있으면, 이 공기가 유로 내에 부드럽게 유입하지 않게 되어, 공기류에 압력 손실이 생긴다.

[0139] 여기서, 본 변형예에서는, 공기와 유로에 주속차가 있어도, 이 공기가 유로 내에 부드럽게 유입하도록 해서, 공기류의 압력 손실을 저감하고 있다. 이 때문에, 본 변형예에서는, 유로에 있어서의 입구 개구를 포함한 입구측 부분은 입구 개구에 가까워짐에 따라서, 이 입구 개구에 유입하는 공기의 둘레방향(Dc)의 흐름의 입구 개구에 대한 상대적인 방향과 반대측으로 향하도록 형성되어 있다.

[0140] 구체적으로, 도 14 및 도 16에 도시하는 바와 같이, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24)와 중간 캐비티(25)를 연통시키는 직경방향 중간 유로(35d)에 있어서의 직경방향(Dr) 외측의 개구인 입구 개구(35di)를 포함한 입구측 부분은 입구 개구(35di)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc) 중 로터 축(21)의 회전측으로 향하도록 형성되어 있다. 또한, 도 14는, 도 11에 있어서의 XIV 화살표를 변형한 본 변형예의 로터 디스크(41)의 주요부 화살표에서 본 도면이다. 즉, 도 14는 본 변형예의 로터 디스크(41)를 축방향(Da)의 하류측으로부터 상류측을 향해서 본 도면이다. 또한, 도 16은 도 14에 있어서의 직경방향 중간 유로(35d)의 입구 개구(35di)의 위치(P2) 둘레의 상세 모식도이다.

[0141] 도 7을 이용해서 전술한 바와 같이, 공기 압축 유로(19)로부터 입구 유로(34d)를 거쳐 하류측 캐비티 그룹(22d)의 외측 캐비티(24)에 유입한 직후의 공기의 주속  $v_1$ 은 로터 축(21)의 외주면에 있어서의 주속  $V$ 의 거의 반인 0.5V로 할 수 있다. 이 공기는, 외측 캐비티(24) 내를 이 외측 캐비티(24)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)으로 흐르면서 직경방향(Dr) 내측으로 흐른다. 이 공기의 주속은, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 공기가 외측 캐비티(24) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라 증가한다. 따라서, 공기가 외측 캐비티(24) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라서, 이 공기의 주속이 직경방향 중간 유로(35d)의 입구 개구(35di)의 주속에 가까워진다. 그렇지만, 공기가 외측 캐비티(24)의 직경방향(Dr) 내측단에 이른 시점에서도, 도 7 및 도 14에 도시하는 바와 같이, 이 공기의 주속  $v_2$ 는 직경방향 중간 유로(35d)의 입구 개구(35di)의 주속  $V_2$ 보다 낮다.

[0142] 따라서, 도 14 및 도 16에 도시하는 바와 같이, 이 입구 개구(35di)에 유입하는 공기의 입구 개구(35di)에 대한

상대 주속  $vr2(=v2-V2<0)$ 의 방향은 둘레방향(Dc) 중 로터 축(21)의 회전축과는 반대측의 반회전축이 된다. 공기는, 전술한 바와 같이, 외측 캐비티(24)로부터 직경방향 중간 유로(35d)에 유입하는 과정에서, 상대 주속  $vr2(=v2-V2<0)$ 가 0이 되도록, 그 주속이 증가한다. 거기서, 여기에서는, 입구 개구(35di)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)의 반회전축으로 흐르는 공기가, 이 입구 개구(35di)로 향해 받게 되도록 하기 위해서, 입구 개구(35di)를 포함한 입구측 부분을, 입구측 개구에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc)의 회전축으로 향하도록 형성되어 있다. 즉, 직경방향 중간 유로(35d)의 입구 부분을 나머지의 부분에 대해서, 회전축(회전방향축)에 기울기각( $\alpha 2$ )으로 기울인다. 구체적으로, 외측 캐비티(24) 내의 입구 개구(35di) 부근에서의 공기의 상대 속도를  $VA2$ 로 하고, 이 직경방향 성분인 공기의 직경방향(Dr)의 상대 유속을  $vdri$ 로 했을 경우,  $\tan^{-1} \alpha 2 = vr2/vdri$ 로 하는 것이 바람직하다. 이 기울기각( $\alpha 2$ )은 상대 유속  $VA2$ 의 벡터의 방향과 일치한다. 이러한 기울기각( $\alpha 2$ )을 선정하면, 단지 입구측 부분을 기울이는 것보다도, 공기가 외측 캐비티(24)로부터 직경방향 중간 유로(35d)에 유입하는 과정에서의 압력 손실을 보다 작게 할 수 있다.

[0143] 또한, 전술한 바와 같이, 입구 유로(34d)를 거쳐서 외측 캐비티(24)에 유입한 직후의 공기의 유속  $V1$ 은 입구 유로(34d)의 구조나 압축기의 운전 조건 등에 의해 변화한다. 이 때문에, 입구 개구(35di)에 대한 공기의 상대 주속  $vr2(=v2-V2)$ 의 방향은 로터 축(21)의 회전축으로 되는 경우가 있다. 이 경우, 직경방향 중간 유로(35d)의 입구 개구(35di)를 포함한 입구측 부분을 소정의 각도만 회전축(회전방향축)과는 반대의 반회전축(반회전방향축)으로 기울이는 것이 바람직하다.

[0144] 본 실시형태에서는, 토크 핀(55d)에 이 직경방향 중간 유로(35d)를 형성하고 있다. 이 때문에, 이 직경방향 중간 유로(35d)를 이루는 토크 핀(55d)의 관통 구멍(56d)은, 도 21에 도시하는 바와 같이, 직경방향(Dr) 외측의 개구인 입구 개구(35di)를 포함한 입구측 부분이 입구 개구(35di)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc)의 회전축으로 향하도록 형성되어 있다.

[0145] 또한, 본 변형예에 있어서, 도 14 및 도 17에 도시하는 바와 같이, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25)와 내측 캐비티(26)를 연통시키는 직경방향 내측 유로(38d)에 있어서의 직경방향(Dr) 외측의 개구인 입구 개구(38di)를 포함한 입구측 부분은, 입구 개구(38di)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc) 중 반회전축으로 향하도록 형성되어 있다. 또한, 도 14 및 도 18에 도시하는 바와 같이, 축방향 유로(39)에 있어서의 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26)에 대한 개구인 입구 개구(39i)를 포함한 입구측 부분은, 입구 개구(39i)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc) 중 반회전축으로 향하도록 형성되어 있다. 또한, 도 17은, 도 14에 있어서의, 직경방향 내측 유로(38d)의 입구 개구(38di)의 위치(P3) 둘레의 상세 모식도이다. 또한, 도 18은, 도 14에 있어서의, 축방향 유로(39)의 입구 개구(39i)의 위치(P4) 둘레의 상세 모식도이다.

[0146] 도 13을 이용해서 전술한 바와 같이, 공기가 하류측 캐비티 그룹(22d)의 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라서, 이 공기의 주속은 증가한다. 이 때문에, 이 공기가 중간 캐비티(25)의 직경방향(Dr) 내측단에 이른 시점에서, 이 공기의 주속  $v3$ 은 직경방향 내측 유로(38d)의 입구 개구(38di)의 주속  $V3$ 보다 빠르다.

[0147] 따라서, 도 14 및 도 17에 도시하는 바와 같이, 직경방향 내측 유로(38d)의 입구 개구(38di)에 유입하는 공기의 입구 개구(38di)에 대한 상대 주속  $vr3(=v3-V3>0)$ 의 방향은 둘레방향(Dc)의 회전축으로 된다. 공기는, 전술한 바와 같이, 공기가 중간 캐비티(25)로부터 직경방향 내측 유로(38d)에 유입하는 과정에서, 상대 주속  $vr3(=v3-V3>0)$ 이 0이 되도록, 그 주속이 감소한다. 거기서, 여기에서는, 직경방향 내측 유로(38d)의 입구 개구(38di)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)의 회전축으로 흐르는 공기가, 이 입구 개구(38di)로 향해 받게 되도록 하기 위해서, 이 입구 개구(38di)를 포함한 입구측 부분을, 입구 개구(38di)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc)의 반회전축으로 향하도록 형성하고 있다. 즉, 직경방향 내측 유로(38d)의 입구 부분을 나머지의 부분에 대해서, 반회전축(반회전방향축)에 기울기각( $\alpha 3$ )으로 기울인다. 구체적으로, 중간 캐비티(25) 내의 입구 개구(38di)부근에서의 공기의 상대 속도를  $VA3$ 으로 하고, 이 직경방향 성분인 공기의 직경방향(Dc)의 상대 유속을  $vdri$ 로 했을 경우,  $\tan^{-1} \alpha 3 = vr3/vdri$ 로 하는 것이 바람직하다. 이 기울기각( $\alpha 3$ )은 상대 유속  $VA3$ 의 벡터의 방향과 일치한다. 이러한 기울기각( $\alpha 3$ )을 선정하면, 단지 입구측 부분을 기울이는 것보다도, 공기가 중간 캐비티(25)로부터 직경방향 내측 유로(38d)에 유입하는 과정에서의 압력 손실을 보다 작게 할 수 있다.

[0148] 또한, 도 13을 이용해서 전술한 바와 같이, 공기가 하류측 캐비티 그룹(22d)의 내측 캐비티(26) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라서, 이 공기의 주속은 증가한다. 이 때문에, 이 공기가 내측 캐비티(26) 내에서 축방향 유로(39)의 입구 개구(39i)에 이르기 직전에서의 공기의 주속  $v4$ 는 축방향 유로(39)의 입구 개구(39i)의

주속  $V_4$ 보다 빠르다.

- [0149] 따라서, 도 14 및 도 18에 도시하는 바와 같이, 축방향 유로(39)의 입구 개구(39i)에 유입하기 직전의 공기의 입구 개구(39i)에 대한 상대 주속  $vr_4(=v_4-V_4>0)$ 의 방향은 둘레방향(Dc)의 회전축으로 된다. 공기는, 전술한 바와 같이, 공기가 내측 캐비티(26)로부터 축방향 유로(39)에 유입하는 과정에서, 상대 주속  $vr_4(=v_4-V_4>0)$ 가 0이 되도록, 그 주속이 감소한다. 거기서, 여기에서는, 축방향 유로(39)의 입구 개구(39i)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)의 회전축으로 흐르는 공기가, 이 입구 개구(39i)로 향해 받게 되도록 하기 위해서, 이러한 입구 개구(39i)를 포함한 입구측 부분을, 입구 개구(39i)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc)의 반회전축으로 향하도록 형성하고 있다. 즉, 축방향 유로(39)의 입구 부분을 나머지의 부분에 대해서, 반회전축(반회전방향축)에 기울기각( $\alpha_4$ )으로 기울인다. 구체적으로, 내측 캐비티(26) 내의 입구 개구(39i) 부근에서의 공기의 상대 속도를  $VA_4$ 로 하고, 이 축방향 성분인 공기의 축방향( $Da$ )의 상대 유속을  $vda$ 로 했을 경우,  $\tan^{-1} \alpha_4 = vr_4/vda$ 로 하는 것이 바람직하다. 이 기울기각( $\alpha_4$ )은 상대 유속  $VA_4$ 의 벡터의 방향과 일치한다. 이러한 기울기각( $\alpha_4$ )을 선정하면, 단지 입구측 부분을 기울이는 것보다도, 공기가 내측 캐비티(26)로부터 축방향 유로(39)에 유입하는 과정에서의 압력 손실을 보다 작게 할 수 있다.
- [0150] 또한, 본 변형예에 있어서, 도 15 및 도 19에 도시하는 바와 같이, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26)와 중간 캐비티(25)를 연통시키는 직경방향 내측 유로(38u)에 있어서의 직경방향(Dr) 내측의 개구인 입구 개구(38ui)를 포함한 입구측 부분은, 입구 개구(38ui)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc) 중 회전축으로 향하도록 형성되어 있다. 또한, 도 15 및 도 20에 도시하는 바와 같이, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)와 외측 캐비티(24)를 연통시키는 직경방향 중간 유로(35u)에 있어서의 직경방향(Dr) 내측의 개구인 입구 개구(35ui)를 포함한 입구측 부분도, 입구 개구(35ui)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc) 중 회전축으로 향하도록 형성되어 있다. 또한, 도 15는, 도 11에 있어서의 XV 화살표를 변형한 본 변형예의 로터 디스크(41)의 주요부 화살표에서 본 도면이다. 즉, 도 15는, 본 변형예의 로터 디스크(41)를 축방향( $Da$ )의 상류측으로부터 하류측을 향해서 본 도면이다. 따라서, 도 14에 묘사되어 있는 둘레방향(Dc)의 회전축에 대해서, 도 15에 묘사되어 있는 둘레방향(Dc)의 회전축이 역측으로 된다. 또한, 도 19는, 도 15에 있어서의, 직경방향 내측 유로(38u)의 입구 개구(38ui)의 위치(P5) 둘레의 상세 모식도이다. 도 20은, 도 15에 있어서의, 직경방향 중간 유로(35u)의 입구 개구(35ui)의 위치(P6) 둘레의 상세 모식도이다.
- [0151] 도 13을 이용해서 전술한 바와 같이, 공기가 상류측 캐비티 그룹(22u)의 내측 캐비티(26) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 이 공기의 주속은 감소한다. 이 때문에, 이 공기가 내측 캐비티(26)의 직경방향(Dr) 외측단에 이른 시점에서, 이 공기의 주속  $v_5$ 는 직경방향 내측 유로(38u)의 입구 개구(38ui)의 주속  $V_5$ 보다 낮다.
- [0152] 따라서, 도 15 및 도 19에 도시하는 바와 같이, 상류측 캐비티 그룹(22u)에 있어서의 직경방향 내측 유로(38u)의 입구 개구(38ui)에 유입하는 공기의 입구 개구(38ui)에 대한 상대 주속  $vr_5(=v_5-V_5<0)$ 의 방향은 둘레방향(Dc)의 반회전축이다. 공기는, 전술한 바와 같이, 내측 캐비티(26)로부터 직경방향 내측 유로(38u)에 유입하는 과정에서, 상대 주속  $vr_5(=v_5-V_5<0)$ 가 0이 되도록, 그 주속이 증가한다. 거기서, 여기에서는, 직경방향 내측 유로(38u)의 입구 개구(38ui)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)의 반회전축으로 흐르는 공기가, 이러한 입구 개구(38ui)로 향해 받게 되도록 하기 위해서, 이러한 입구 개구(38ui)를 포함한 입구측 부분을, 입구 개구(38ui)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc)의 회전축으로 향하도록 형성하고 있다. 즉, 직경방향 내측 유로(38u)의 입구 부분을 나머지의 부분에 대해서, 회전축(회전방향축)에 기울기각( $\alpha_5$ )만큼 기울인다. 구체적으로, 내측 캐비티(26) 내의 입구 개구(38ui) 부근에서의 공기의 상대 속도를  $VA_5$ 로 하고, 이 직경방향 성분인 공기의 직경방향(Dc)의 상대 유속을  $vdro$ 로 했을 경우,  $\tan^{-1} \alpha_5 = vr_5/vdro$ 로 하는 것이 바람직하다. 이 기울기각( $\alpha_5$ )은 상대 유속  $VA_5$ 의 벡터의 방향과 일치한다. 이러한 기울기각( $\alpha_5$ )을 선정하면, 단지 입구측 부분을 기울이는 것보다도, 공기가 내측 캐비티(26)로부터 직경방향 내측 유로(38u)에 유입하는 과정으로의 압력 손실을 보다 작게 할 수 있다.
- [0153] 또한, 도 13을 이용해서 전술한 바와 같이, 공기가 상류측 캐비티 그룹(22u)의 중간 캐비티(25)를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 이 공기의 주속도 감소한다. 이 때문에, 이 공기가 중간 캐비티(25)의 직경방향(Dr) 외측단에 이른 시점에서, 이 공기의 주속  $v_6$ 은 직경방향 중간 유로(35u)의 입구 개구(35ui)의 주속  $V_6$ 보다 낮다.
- [0154] 따라서, 도 15 및 도 20에 도시하는 바와 같이, 상류측 캐비티 그룹(22u)에 있어서의 직경방향 중간 유로(35u)의 입구 개구(35ui)에 유입하는 공기의 입구 개구(35ui)에 대한 상대 주속  $vr_6(=v_6-V_6<0)$ 의 방향은 둘레방향(Dc)의 반회전축이다. 공기는, 전술한 바와 같이, 중간 캐비티(25)로부터 직경방향 중간 유로(35u)에 유입하는



과정에서, 상대 주속  $vr6(=v6-V6)$ 이 0이 되도록, 그 주속이 증가한다. 거기서, 여기에서는, 직경방향 중간 유로(35u)의 입구 개구(35ui)에 대해서 상대적으로 둘레방향(Dc)의 반회전축으로 흐르는 공기가, 이 입구 개구(35ui)로 향해 받게 되도록 하기 위해서, 이러한 입구 개구(35ui)를 포함한 입구측 부분을, 입구 개구(35ui)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc)의 회전축으로 향하도록 형성하고 있다. 즉, 직경방향 중간 유로(35u)의 입구 부분을 나머지의 부분에 대해서, 회전축(회전방향축)에 기울기각( $\alpha 6$ )만큼 기울인다. 구체적으로, 중간 캐비티(25) 내의 입구 개구(35ui) 부근에서의 공기의 상대 속도를 VA6으로 하고, 이 직경방향 성분인 공기의 직경방향(Dc)의 상대 유속을 vdro로 했을 경우,  $\tan^{-1} \alpha 6 = vr6/vdro$ 로 하는 것이 바람직하다. 이 기울기각( $\alpha 6$ )은 상대 유속 VA6의 벡터의 방향과 일치한다. 이러한 기울기각( $\alpha 6$ )을 선정하면, 단지 입구측 부분을 기울이는 것보다도, 공기가 중간 캐비티(25)로부터 직경방향 중간 유로(35u)에 유입하는 과정으로의 압력 손실을 보다 작게 할 수 있다.

[0155] 본 실시형태에서는, 토크 핀(55u)에 이 직경방향 중간 유로(35u)를 형성하고 있다. 이 때문에, 이 직경방향 중간 유로(35u)를 이루는 토크 핀(55u)의 관통 구멍(56u)은, 도 22에 도시하는 바와 같이, 직경방향(Dr) 내측의 개구인 입구 개구(35ui)를 포함한 입구측 부분이, 입구 개구(35ui)에 가까워짐에 따라서, 둘레방향(Dc)의 회전축으로 향하도록 형성되어 있다.

[0156] 또한, 본 변형예는 제 2 실시형태의 제 1 변형예이지만, 제 1 실시형태에 있어서도 동일하게 변형해도 좋다.

[0157] [제 2 실시형태의 제 2 변형예]

[0158] 다음에, 상기 제 2 실시형태의 제 2 변형예에 대해서, 도 23 내지 도 29를 참조해서 설명한다.

[0159] 본 변형예는, 직경방향 유로 또는 축방향 유로의 출구 부분에, 로터 축(21)의 회전방향축, 또한 회전방향축에 대해 반대축의 반회전축으로 향하여 기울기를 준 예이다. 전술한 제 1 변형예에 나타내는 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 유로와 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 유로 및 축방향 유로의 각 유로의 출구 부분은 회전방향에 대해서 기울은 일이 없이, 직경방향(Dr) 또는 축방향(Da)에 일치하는 방향으로 개구하는 예이다. 그렇지만, 이러한 출구 부분을 회전방향축에 또는 회전방향축에 대해 반대축(반회전축)으로 기울여도 좋다.

[0160] 도 23은, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 중간 유로(35d)의 직경방향 내측의 출구 개구(35do)를 포함한 출구측 부분(35dop)을 회전방향축으로 기울인 예를 도시한다. 또한, 도 24는, 직경방향 중간 유로(35d)의 출구 개구(35do)를 포함한 출구측 부분(35dop)을, 회전방향축에 대해 반대축의 반회전축으로 기울인 예를 도시한다. 또한, 도 23 및 도 24는 도 14에 있어서의 직경방향 중간 유로(35d)의 출구 개구(35do)의 위치(P7) 둘레의 상세 모식도이다.

[0161] 도 23에 도시하는 바와 같이, 직경방향 중간 유로(35d)의 출구측 부분(35dop)을 직경방향 중간 유로(35d)의 나머지의 부분에 대해서 회전방향축으로 기울기각( $\beta 21$ )으로 기울였을 경우, 직경방향 중간 유로(35d) 내의 중간부를 흐르는 공기는 주속 V2, 직경방향 속도  $vdri$ 로 흐른다. 직경방향 중간 유로(35d)의 출구측 부분(35dop)을, 회전방향축으로 기울기각( $\beta 21$ )으로 기울이는 것에 의해, 기울인 후의 출구측 부분(35dop)에 있어서의 축방향 속도(출구측 부분(35dop)에 있어서의 유로의 축방향 속도)는  $vdriL$ 이 된다. 이 출구측 부분(35dop)의 축방향 속도  $vdriL$ 의 둘레방향(Dc)의 속도 성분(상대 주속)( $vr21$ )이 공기의 주속 V2에 부가된다. 즉, 직경방향 중간 유로(35d)의 출구측 부분(35dop)에 있어서, 공기의 주속 V3은  $(V2+vr21)$ 이 된다. 즉, 출구측 부분(35dop)으로부터 중간 캐비티(25)(축방향 연통 캐비티)에 유입한 직후의 공기는, 중간 캐비티(25)와의 상대 주속차( $vr21$ )만큼 빠른 주속 V3으로 직경방향(Dr) 내측으로 향해 흐른다. 공기의 주속은, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 공기가 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라 증가한다. 즉, 공기가 직경방향(Dr) 내측 방향으로 흐름에 따라, 중간 캐비티(25)와의 사이의 주속차가 확대하고, 공기가 직경방향 내측 유로(38d)에 유입할 때의 압력 손실은 증가하지만, 공기와 중간 캐비티(25)와의 사이의 열전달율이 높아져, 열전달이 촉진된다.

[0162] 한편, 도 24에 도시하는 바와 같이, 직경방향 중간 유로(35d)의 출구측 부분(35dop)을 직경방향 중간 유로(35d)의 나머지의 부분에 대해서 반회전축으로 기울기각( $\beta 22$ )으로 기울였을 경우, 직경방향 중간 유로(35d) 내의 중간부를 흐르는 공기는 주속 V2, 직경방향 속도  $vdri$ 로 흐른다. 직경방향 중간 유로(35d)의 직경방향(Dr) 내측의 출구측 부분(35dop)을 회전방향축에 대해 역방향의 반회전축으로 기울기각( $\beta 22$ )으로 기울이는 것에 의해, 기울인 후의 출구측 부분(35dop)에 있어서의 축방향 속도(출구측 부분(35dop)에 있어서의 유로의 축방향 속도)는  $vdriM$ 이 된다. 출구측 부분(35dop)에 있어서, 이 출구측 부분(35dop)의 축방향 속도  $vdriM$ 의 둘레방향(Dc)의 속도 성분(상대 주속)( $vr22$ )만큼, 공기의 주속은 감소한다. 즉, 직경방향 중간 유로(35d)의 출구측 부분

(35dop)에 있어서, 공기의 주속  $V_3$ 은 ( $V_2-vr_{22}$ )이 된다. 즉, 출구측 부분(35dop)으로부터 중간 캐비티(25)(축방향 연통 캐비티)에 유입한 직후의 공기는, 직경방향 중간 유로(35d) 내의 공기의 주속  $V_2$ 에 대해서 중간 캐비티(25)와의 상대 주속차( $vr_{22}$ )만큼 작은 주속으로, 직경방향(Dr) 내측으로 향해 흐른다. 공기의 주속은, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 공기가 중간 캐비티(25)를 직경방향(Dr) 내측으로 흐름에 따라 증가한다. 한편, 중간 캐비티(25)의 주속은 직경방향(Dr) 내측으로 향함에 따라 작아진다. 따라서, 공기가, 중간 캐비티(25)를 직경방향(Dr) 내측으로 향해 흐르는 과정에서, 공기와 중간 캐비티(25)와의 주속차가 점차 작아진다. 공기와 중간 캐비티(25)와의 사이의 주속차가 작아져, 중간 캐비티(25)와의 사이의 열전달율은 저하한다. 한편으로, 중간 캐비티(25)로부터 공기가 유입하는 직경방향 내측 유로(38d)의 입구 개구(38di)에 있어서, 상술의 중간 캐비티(25)와 공기와의 주속차가 작아지는 위치를 선정하면, 중간 캐비티(25)로부터 직경방향 내측 유로(38d)의 입구 개구(38di)에 유입할 때의 압력 손실을 큰폭으로 저감할 수 있다.

[0163] 도 23에서는, 직경방향 내측 유로(38d)의 출구 개구(38do)를 포함한 출구측 부분(38dop)을 직경방향 내측 유로(38d)의 나머지의 부분에 대해서 회전방향측으로 기울기각( $\beta_{31}$ )으로 기울인 예도 도시한다. 또한, 도 23에서는, 직경방향 내측 유로(38d)에 관한 각 도면부호에 관해서는, () 안에 기재하고 있다. 또한, 도 23의 () 내의 부분은, 도 14에 있어서의 직경방향 내측 유로(38d)의 출구 개구(38do)의 위치(P8) 둘레의 상세 모식도이다. 직경방향 내측 유로(38d)로부터 내측 캐비티(26)에 유입하는 공기의 주속의 생각 방향은 직경방향 중간 유로(35d)를 흐르는 공기류와 동일하다. 또한, 직경방향 내측 유로(38d)로부터 내측 캐비티(26)에 유입한 공기가, 직경방향(Dr) 내측 방향으로 흐르는 과정에서, 공기와 내측 캐비티(26)와의 사이의 주속차가 확대되고, 열전달율이 높아지는 효과도, 직경방향 중간 유로(35d)로부터 중간 캐비티(25)에 유입하는 공기류와 동일하다.

[0164] 도 24에서는, 직경방향 내측 유로(38d)의 출구측 부분(38dop)을 직경방향 내측 유로(38d)의 나머지의 부분에 대해서 반회전방향측으로 기울기각( $\beta_{32}$ )으로 기울인 예도 도시한다. 또한, 도 24에서는, 직경방향 내측 유로(38d)에 관한 각 도면부호에 관해서는, () 내에 기재하고 있다. 또한, 도 24의 () 내의 부분은, 도 14에 있어서의 직경방향 내측 유로(38d)의 출구 개구(38do)의 위치(P8) 둘레의 상세 모식도이다. 이 경우에 있어서의 직경방향 내측 유로(38d)로부터 내측 캐비티(26)에 유입하는 공기의 주속의 생각 방향은 직경방향 중간 유로(35d)를 흐르는 공기류와 동일하다. 또한, 공기가 축방향 유로(39)에 유입할 때의 주속의 변화에 의한 압력 손실의 저감 효과도 직경방향 중간 유로(35d)로부터 중간 캐비티(25)에 유입하는 공기류와 동일하다.

[0165] 도 25는, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 축방향 유로(39)의 상류측(축방향(Da)의 상류측)의 출구 개구(39o)를 포함한 출구측 부분(39op)을, 축방향 유로(39)의 나머지의 부분에 대해서 회전방향측으로 기울인 예를 도시한다. 또한, 도 26은, 축방향 유로(39)의 출구측 부분(39op)을 회전방향측에 대해 반대측의 반회전측으로 기울인 예를 도시한다. 또한, 도 25 및 도 26은, 도 15에 있어서의 축방향 유로(39)의 출구 개구(39o)의 위치(P9) 둘레의 상세 모식도이다.

[0166] 도 25에 도시하는 바와 같이, 축방향 유로(39)의 출구측 부분(39op)을 축방향 유로(39)의 나머지의 부분에 대해서 회전방향측으로 기울기각( $\beta_{41}$ )으로 기울였을 경우, 축방향 유로(39) 내의 중간부를 흐르는 공기는, 주속  $V_4$ , 축방향 속도(축방향(Da)의 유로 내 속도)  $v_{da}$ 로 흐른다. 축방향 유로(39)의 출구측 부분(39op)을 회전방향측으로 기울기각( $\beta_{41}$ )으로 기울이는 것에 의해, 기울인 후의 출구측 부분(39op)에 있어서의 공기의 축방향 속도(출구측 부분(35dop)에 있어서의 유로 내의 유로 방향 속도)는  $v_{daL}$ 이 된다. 이 출구측 부분(39op)의 축방향 속도  $v_{daL}$ 의 둘레방향(Dc)의 속도 성분(상대 주속)  $vr_{41}$ 이, 공기의 주속  $V_4$ 에 부가된다. 즉, 축방향 유로(39)의 출구측 부분(39op)에 있어서, 공기의 주속  $V_5$ 는 ( $V_4+vr_{41}$ )이 된다. 즉, 출구측 부분(39op)으로부터 내측 캐비티(26)에 유입한 직후의 공기는, 내측 캐비티(26)와의 상대 주속차( $vr_{41}$ )만큼 빠른 주속  $V_5$ 로 내측 캐비티(26) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 향해 흐른다. 공기의 주속은, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 공기가 내측 캐비티(26)를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라 점차 작아진다. 한편, 내측 캐비티(26)의 주속은 직경방향(Dr) 외측으로 향함에 따라 커진다. 따라서, 공기가, 내측 캐비티(26)를 직경방향(Dr) 외측으로 향해 흐르는 과정에서, 공기와 내측 캐비티(26)의 주속차가 점차 작아진다. 공기와 내측 캐비티(26)와의 사이의 주속차가 작아지는 것에 의해, 내측 캐비티(26)와의 사이의 열전달율은 저하한다. 한편으로, 내측 캐비티(26)로부터 공기가 유입하는 직경방향 내측 유로(38u)의 입구 개구(38ui)에 있어서, 상술의 내측 캐비티(26)와 공기와의 주속차가 작아지는 직경방향 내측 유로(38d)의 위치를 선정하면, 내측 캐비티(26)로부터 직경방향 내측 유로(38u)의 입구 개구(38ui)에 유입할 때의 압력 손실을 큰폭으로 저감할 수 있다.

[0167] 한편, 도 26에 도시하는 바와 같이, 축방향 유로(39)의 출구측 부분(39op)을 축방향 유로(39)의 나머지의 부분에 대해서 반회전측으로 기울기각( $\beta_{42}$ )으로 기울였을 경우, 축방향 유로(39) 내의 중간부를 흐르는 공기는, 주속  $V_4$ , 축방향 속도(축방향(Da)의 유로 내 속도)  $v_{da}$ 로 흐른다. 축방향 유로(39)의 출구측 부분(39op)을 반회

전측으로 기울기각( $\beta 42$ )으로 기울이는 것에 의해, 기울인 후의 출구측 부분(39op)에 있어서의 공기의 축방향 속도(출구 부분(39o)에 있어서의 유로 내의 유로 방향 속도)는  $v_{daM}$ 이 된다. 이 출구 부분(39o)의 축방향 속도  $v_{daM}$ 의 둘레방향(Dc)의 속도 성분(상대 주속)( $vr42$ )만큼, 공기의 주속은 감소한다. 즉, 축방향 유로(39)의 출구 부분(39o)에 있어서, 공기의 주속  $V5$ 는 ( $V4-vr42$ )가 된다. 즉, 축방향 유로(39)의 출구 부분(39o)으로부터 내측 캐비티(26)에 유입한 직후의 공기는, 축방향 유로(39) 내의 공기의 주속  $V4$ 에 대해서 내측 캐비티(26)와의 상대 주속차( $vr42$ )만큼 작은 주속으로, 내측 캐비티(26) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 향해 흐른다. 공기의 주속은, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 공기가 내측 캐비티(26) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라 작아진다. 한편, 내측 캐비티(26)의 주속은 직경방향(Dr) 외측으로 향함에 따라 커진다. 즉, 공기가, 내측 캐비티(26)를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 공기와 내측 캐비티(26)와의 주속차가 확대한다. 즉, 공기가 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 공기와 내측 캐비티(26)와의 사이의 주속차가 확대하고, 공기가 직경방향 내측 유로(38u)에 유입할 때의 압력 손실은 증가하지만, 내측 캐비티(26)와의 사이의 열전달율이 높아져, 열전달이 촉진된다.

[0168] 도 27은, 상류측 캐비티 그룹(22u)에 있어서의 직경방향 내측 유로(38u)의 출구 개구(38uo)를 포함한 출구측 부분(38uop)을, 직경방향 내측 유로(38u)의 나머지의 부분에 대해서 회전방향측으로 기울인 예를 도시한다. 또한, 도 28은, 직경방향 내측 유로(38u)의 출구측 부분(38uop)을, 직경방향 내측 유로(38u)의 나머지의 부분에 대해서 회전방향측과 반대측의 반회전측으로 기울인 예를 도시한다. 또한, 도 27 및 도 28은, 도 15에 있어서의 직경방향 내측 유로(38u)의 출구 개구(38uo)의 위치(P10) 둘레의 상세 모식도이다.

[0169] 도 27에 도시하는 바와 같이, 직경방향 내측 유로(38u)의 출구측 부분(38uop)을 직경방향 내측 유로(38u)의 나머지의 부분에 대해서 회전방향측으로 기울기각( $\beta 51$ )으로 기울였을 경우, 직경방향 내측 유로(38u) 내의 중간부를 흐르는 공기는, 주속  $V5$ , 직경방향 속도  $v_{dro}$ 로 흐른다. 직경방향 내측 유로(38u)의 출구측 부분(38uop)을 회전방향측으로 기울기각( $\beta 51$ )으로 기울이는 것에 의해, 기울인 후의 출구측 부분(38uop)에 있어서의 공기의 축방향 속도(출구측 부분(38uop)에 있어서의 유로 내의 유로 방향 속도)는  $v_{droM}$ 이 된다. 이 출구측 부분(38uop)의 축방향 속도  $v_{droM}$ 의 둘레방향(Dc)의 속도 성분(상대 주속)( $vr51$ )이 공기의 주속  $V5$ 에 부가된다. 즉, 직경방향 내측 유로(38u)의 출구측 부분(38uop)에 있어서, 공기의 주속  $V6$ 은 ( $V5+vr51$ )이 된다. 즉, 출구측 부분(38uop)으로부터 중간 캐비티(25)(축방향 연통 캐비티)에 유입한 직후의 공기는, 중간 캐비티(25)와의 상대 주속차( $vr51$ )만큼 빠른 주속  $V6$ 으로 직경방향(Dr) 외측으로 향해 흐른다. 공기의 주속은, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 공기가 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라 작아진다. 한편, 중간 캐비티(25)의 주속은 직경방향(Dr) 외측으로 향함에 따라 커진다. 따라서, 공기가, 중간 캐비티(25)를 직경방향(Dr) 외측으로 향해 흐르는 과정에서, 공기와 중간 캐비티(25)와의 주속차가 점차 작아진다. 공기와 중간 캐비티(25)와의 사이의 주속차가 작아지는 것에 의해, 중간 캐비티(25)와의 사이의 열전달율은 저하한다. 한편으로, 중간 캐비티(25)로부터 공기가 유입하는 직경방향 중간 유로(35u)의 입구 개구(35ui)에 있어서, 상술의 중간 캐비티(25)와 공기와의 주속차가 작아지는 직경방향 중간 유로(35u)의 위치를 선정하면, 중간 캐비티(25)로부터 직경방향 중간 유로(35u)의 입구 개구(35ui)에 유입할 때의 압력 손실을 큰폭으로 저감할 수 있다.

[0170] 한편, 도 28에 도시하는 바와 같이, 직경방향 내측 유로(38u)의 출구측 부분(38uop)을 직경방향 내측 유로(38u)의 나머지의 부분에 대해서 반회전측으로 기울기각( $\beta 52$ )으로 기울였을 경우, 직경방향 내측 유로(38u) 내의 중간부를 흐르는 공기는 주속  $V5$ , 직경방향 속도  $v_{dro}$ 로 흐른다. 직경방향 내측 유로(38u)의 출구측 부분(38uop)을 기울어각( $\beta 52$ )으로 기울이는 것에 의해, 기울인 후의 출구측 부분(38uop)에 있어서의 공기의 축방향 속도(출구측 부분(38uop)에 있어서의 유로 내의 유로 방향 속도)는  $v_{droM}$ 이 된다. 이 출구측 부분(38uop)의 축방향 속도  $v_{droM}$ 의 둘레방향(Dc)의 속도 성분(상대 주속)( $vr52$ )만큼, 공기의 주속은 감소한다. 즉, 직경방향 내측 유로(38u)의 출구측 부분(38uop)에 있어서, 공기의 주속  $V6$ 은 ( $V5-vr52$ )가 된다. 즉, 직경방향 내측 유로(38u)의 출구측 부분(38uop)으로부터 중간 캐비티(25)에 유입한 직후의 공기는, 직경방향 내측 유로(38u) 내의 공기의 주속  $V5$ 에 대해서 중간 캐비티(25)와의 상대 주속차( $vr52$ )만큼 작은 주속  $V6$ 으로, 내측 캐비티(26) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 향해 흐른다. 공기의 주속은, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 공기가 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라 작아진다. 한편, 중간 캐비티(25)의 주속은 직경방향(Dr) 외측으로 향함에 따라 커진다. 즉, 공기가, 중간 캐비티(25)를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 공기와 중간 캐비티(25)와의 주속차가 확대한다. 즉, 공기가 중간 캐비티(25) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 공기와 중간 캐비티(25)와의 사이의 주속차가 확대하고, 공기가 직경방향 중간 유로(35u)에 유입할 때의 압력 손실은 증가하지만, 중간 캐비티(25)와의 사이의 열전달율이 높아져, 열전달이 촉진된다.

[0171] 도 29는, 상류측 캐비티 그룹(22u)에 있어서의 직경방향 중간 유로(35u)의 출구 개구(35uo)를 포함한 출구측 부



분(35uop)을, 직경방향 중간 유로(35u)의 나머지의 부분에 대해서 회전방향측으로 기울인 예를 도시한다. 또한, 도 29는, 도 15에 있어서의 직경방향 중간 유로(35u)의 출구 개구(35uo)의 위치(P11) 둘레의 상세 모식도이다.

[0172] 도 29에 도시하는 바와 같이, 직경방향 중간 유로(35u)의 출구측 부분(35uop)을 직경방향 중간 유로(35u)의 나머지의 부분에 대해서 반회전측으로 기울기각( $\beta 62$ )으로 기울였을 경우, 직경방향 내측 유로(38u) 내의 중간부를 흐르는 공기는 주속 V6, 직경방향 속도 vdro로 흐른다. 직경방향 중간 유로(35u)의 출구측 부분(35uop)에서, 회전방향측에 대해 역방향의 반회전측으로 기울기각( $\beta 62$ )으로 기울이는 것에 의해, 기울인 후의 출구측 부분(35uop)에 있어서의 공기의 축방향 속도(출구측 부분(35uop)에 있어서의 유로 내의 유로 방향 속도)는 vdroM이 된다. 이 출구측 부분(35uop)의 축방향 속도 vdroM의 둘레방향(Dc)의 속도 성분(상대 주속)(vr62)만큼, 공기의 주속은 감소한다. 즉, 직경방향 중간 유로(35u)의 출구측 부분(35uop)에 있어서, 공기의 주속 V7은 (V6-vr62)가 된다. 즉, 직경방향 중간 유로(35u)의 출구측 부분(35uop)으로부터 외측 캐비티(24)에 유입한 직후의 공기는, 직경방향 중간 유로(35u) 내의 공기의 주속 V6에 대해서 외측 캐비티(24)와의 상대 주속차(vr62)만큼 작은 주속 V7로, 외측 캐비티(24) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 향해 흐른다. 공기의 주속은, 각운동량 보존의 법칙에 의해, 공기가 외측 캐비티(24) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라 작아진다. 한편, 외측 캐비티(24)의 주속은, 직경방향(Dr) 외측으로 향함에 따라 커진다. 즉, 공기가, 외측 캐비티(24) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 공기와 외측 캐비티(24)와의 주속차가 확대한다. 즉, 공기가 외측 캐비티(24) 내를 직경방향(Dr) 외측으로 흐름에 따라서, 공기와 외측 캐비티(24)와의 사이의 주속차가 확대하고, 외측 캐비티(24)와의 사이의 열전달율이 높아져, 열전달이 촉진된다.

[0173] 상술한 바와 같이, 직경방향 유로의 출구 부분을 회전방향에 대해서 기울일 방향(회전방향측 또는 반회전방향측)에 의해 발생하는 효과가, 상류측 캐비티 그룹(22u)과 하류측 캐비티 그룹(22d)에서는 차이가 난다. 즉, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 중간 유로(35d)의 출구측 부분(35dop) 또는 직경방향 내측 유로(38d)의 출구측 부분(38dop)을 회전방향측으로 기울였을 경우는, 공기와 중간 캐비티(25) 또는 내측 캐비티(26)의 주속차가 확대한다. 이 때문에, 이 경우, 공기와 중간 캐비티(25) 또는 내측 캐비티(26)와의 사이에서, 열전달의 촉진을 도모할 수 있고, 중간 캐비티(25) 또는 내측 캐비티(26)의 열응답성을 개선할 수 있다.

[0174] 또한, 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 중간 유로(35d)의 출구측 부분(35dop) 또는 직경방향 내측 유로(38d)의 출구측 부분(38dop)을 반회전측으로 기울였을 경우는, 공기와 중간 캐비티(25) 또는 내측 캐비티(26)와의 주속차가 작아진다. 이 때문에, 이 경우, 중간 캐비티(25)로부터 직경방향 내측 유로(38d)의 입구 개구(38di) 또는 내측 캐비티(26)로부터 축방향 유로(39)의 입구 개구(39i)에 유입할 때의 압력 손실을 큰폭으로 저감할 수 있다.

[0175] 한편, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 내측 유로(38u)의 출구측 부분(38uop) 또는 축방향 유로(39)의 출구측 부분(39op)을, 회전방향측으로 기울였을 경우는, 공기와 중간 캐비티(25) 또는 공기와 내측 캐비티(26)와의 주속차가 작아진다. 이 때문에, 이 경우, 중간 캐비티(25)로부터 직경방향 중간 유로(35u)의 입구 개구(35ui) 또는 내측 캐비티(26)로부터 직경방향 내측 유로(38u)의 입구 개구(38ui)에 유입할 때의 압력 손실을 큰폭으로 저감할 수 있다.

[0176] 또한, 상류측 캐비티 그룹(22u)의 직경방향 중간 유로(35u)의 출구측 부분(35uop) 또는 직경방향 내측 유로(38u)의 출구측 부분(38uop) 또는 축방향 유로(39)의 출구측 부분(39op)을, 반회전측으로 기울였을 경우는, 공기와 외측 캐비티(24) 또는 공기와 중간 캐비티(25) 또는 공기와 내측 캐비티(26)와의 주속차가 확대한다. 이 때문에, 이 경우, 공기와 외측 캐비티(24) 또는 중간 캐비티(25) 또는 내측 캐비티(26)와의 사이에서, 열전달의 촉진을 도모할 수 있고, 외측 캐비티(24) 또는 중간 캐비티(25) 또는 내측 캐비티(26)의 열응답성을 개선할 수 있다.

[0177] 즉, 상류측 캐비티 그룹(22u) 및 하류측 캐비티 그룹(22d)의 직경방향 유로(직경방향 중간 유로(35d, 35u), 직경방향 내측 유로(38d, 38u)) 및 축방향 유로(37, 39)의 입구측 부분 또는 출구측 부분에 관해서, 회전방향에 대해서 기울일 방향 및 기울기각의 선정은, 압축기의 성능 및 구조를 고려하고, 열응답성이 가장 높아지는 조합을 적당 선정 가능하다.

[0178] 또한, 본 변형예는, 제 2 실시형태의 제 2 변형예이지만, 제 1 실시형태에 있어서도 동일하게 변형해도 좋다. 또한, 제 1 변형예와 제 2 변형예를 적당 조합해도 좋다.

[0179] [제 2 실시형태의 제 3 변형예]

- [0180] 도 30 및 도 31에 의하면, 직경방향 유로(직경방향 중간 유로(35d, 35u), 직경방향 내측 유로(38d, 38u)) 또는 축방향 유로(37, 39)의 입구측 부분을, 입구 개구로부터 출구 개구로 진행됨에 따라 유로 내경이 작게 되도록 형성해도 좋다. 구체적으로, 도 30은, 입구 형상이 벨 마우스 형상을 이루고, 이러한 유로의 긴 방향으로 평행한 단면에서 보았을 경우, 입구 유로를 확장하는 면이 곡면 형상으로 형성된 경사면(40i)이다. 또한, 도 31은, 입구 형상이 깔때기 형상을 이루고, 이러한 유로의 긴 방향으로 평행한 단면에서 보았을 경우, 입구 형상을 확장하는 면이 직선 형상의 기울기로 형성된 경사면(40i)이다. 이러한 입구 형상이면, 공기가 유로에 유입할 때, 공기류의 혼란이 발생하지 않고, 압력 손실의 저감이 생긴다.
- [0181] 또한, 본 변형예는 제 2 실시형태의 제 3 변형예이지만, 제 1 실시형태에 있어서도 동일하게 변형해도 좋다. 또한, 제 1 변형예와 제 2 변형예와 제 3 변형예를 적당 조합해도 좋다.
- [0182] [제 1 실시형태의 다른 변형예]
- [0183] 상기 제 1 실시형태의 다른 변형예에 대해서, 도 32를 참조해서 설명한다.
- [0184] 상기 제 1 및 제 2 실시형태에서는, 축방향(Da)에서 인접하는 2개의 캐비티 그룹(22)을 1조로 하고 있다. 그렇지만, 축방향(Da)에서 인접하는 3개 이상의 캐비티 그룹(22)을 1조로 해도 좋다.
- [0185] 예를 들면, 축방향(Da)에서 인접하는 3개의 캐비티 그룹(22)을 1조로 하는 경우, 도 32에 도시하는 바와 같이, 이 조를 구성하는 3개의 캐비티 그룹(22) 중, 가장 상류측의 캐비티 그룹(22)을 상류측 캐비티 그룹(22u)으로 하고, 나머지의 2개의 캐비티 그룹(22)을 하류측 캐비티 그룹(22d)으로 해도 좋다.
- [0186] 이 경우, 2개의 하류측 캐비티 그룹(22d) 중, 하류측의 제 1 하류측 캐비티 그룹(22d1)과 상류측의 제 2 하류측 캐비티 그룹(22d2)과에 있어서의 중간 캐비티(축방향 연통 캐비티)(25) 상호를 축방향 유로(37)에서 연통시킴과 동시에, 제 2 하류측 캐비티 그룹(22d2)과 상류측 캐비티 그룹(22u)과에 있어서의 중간 캐비티(축방향 연통 캐비티)(25) 상호를 축방향 유로(37)에서 연통시킨다.
- [0187] 또한, 축방향(Da)에서 인접하는 4개의 캐비티 그룹(22)을 1조로 하는 경우에는, 이 조를 구성하는 4개의 캐비티 그룹(22) 중, 가장 상류측의 캐비티 그룹(22)을 상류측 캐비티 그룹으로 하고, 나머지의 3개의 캐비티 그룹(22)을 하류측 캐비티 그룹으로 해도 좋다. 또한, 이 조를 구성하는 4개의 캐비티 그룹(22) 중, 상류측의 2개의 캐비티 그룹(22)을 상류측 캐비티 그룹으로 하고, 나머지의 2개의 캐비티 그룹(22)을 하류측 캐비티 그룹으로 해도 좋다.
- [0188] 이상과 같이, 축방향(Da)에서 인접하는 3개 이상의 캐비티 그룹(22)을 1조로 하는 경우, 예를 들면, 가장 하류측의 캐비티 그룹(22)과, 이것에 축방향(Da)에서 인접하는 캐비티 그룹(22)에 있어서의 축방향 연통 캐비티 상호를 연통시키는 축방향 유로(37)에서는, 이 안을 공기가 상류측으로 흐르지 않으면, 공기 압축 유로(19)로부터의 공기가 이 공기 압축 유로(19)로 돌아오지 않는다. 여기서, 이 축방향 유로(37)를 포함한 각 유로에 있어서의 유로 저항을 적당 결정하고, 이 축방향 유로(37) 내를 공기가 상류측으로 흐르도록 할 필요가 있다.
- [0189] 또한, 본 변형예는, 상기 제 1 실시형태의 변형예이지만, 상기 제 2 실시형태나 그 변형예에 적용해도 좋다.
- [0190] [그 외의 변형예]
- [0191] 이상의 각 실시형태 및 각 변형예에서는, 모두, 로터 축(21)에서 가장 하류측의 제 1 캐비티 그룹(22)으로부터 상류측의 제 6 캐비티 그룹(22)까지의 캐비티 그룹(22)을 본 발명의 적용 대상으로 하고 있다. 그렇지만, 로터 축(21)에서 가장 하류측의 제 1 캐비티 그룹(22)으로부터, 예를 들면, 상류측의 제 8 캐비티 그룹(22)까지의 캐비티 그룹(22)을 본 발명의 적용 대상으로 해도 좋고, 가장 하류측의 제 1 캐비티 그룹(22)으로부터 상류측의 전 캐비티 그룹(22)을 본 발명의 적용 대상으로 해도 좋다. 또한, 예를 들면, 로터 축(21)에서 가장 하류측의 제 1 캐비티 그룹(22)으로부터 상류측의 제 4 캐비티 그룹(22)까지의 캐비티 그룹(22)을 본 발명의 적용 대상으로 해도 좋고, 로터 축(21)에서 가장 하류측의 제 1 캐비티 그룹(22)으로부터 상류측의 제 2 캐비티 그룹(22)까지의 캐비티 그룹(22)을 본 발명의 적용 대상으로 해도 좋다.
- [0192] 즉, 축방향(Da)에서 인접하는 복수의 캐비티 그룹(22)으로서, 로터 축(21) 중에서 가장 하류측의 제 1 캐비티 그룹(22)을 포함한 복수의 캐비티 그룹(22)이면, 본 발명의 적용 대상으로 할 수 있다. 이와 같이, 본 발명의 적용 대상으로 하고, 로터 축(21) 중에서 가장 하류측에 제 1 캐비티 그룹(22)을 포함하고 있다. 이것은, 공기 압축 유로(19) 중에서, 이 제 1 캐비티 그룹(22)이 존재하는 축방향(Da)의 위치에서의 압력이 다른 위치에 비해 압력이 높아져, 로터 축(21) 중에서 이 위치에서의 온도 변화가 다른 위치에 비해 크기 때문이다.

[0193] 또한, 이상의 각 실시형태 및 각 변형예는 모두 가스 터빈의 압축기이지만, 본 발명은 이것으로 한정되지 않는다. 이 때문에, 본 발명에 있어서, 압축기에 유입하는 기체는 공기로 한정되지 않는다.

[0194] 또한, 이상의 각 실시형태 및 각 변형예에서는, 모두 압축기(1)의 공기 압축 유로(19)를 흐르는 압축 과정의 공기의 일부를 로터 축(21) 내로 유도하고, 로터 축(21)의 각 캐비티 내를 이 공기로 환기하고 있다. 이 방법에 대해서, 압축기(1)의 공기 압축 유로(19)로부터 유출하고, 가스 터빈 케이싱(9) 내에 존재하는 출구 공기를 로터 축(21) 내로 유도하고, 로터 축(21)의 각 캐비티 내를 이 공기로 환기하는 방법도 생각할 수 있다. 그렇지만, 이 방법에서는, 목적의 압력에까지 높아져 공기 압축 유로(19)로부터 유출해서 공기를 로터 축(21)의 각 캐비티 내의 환기에 이용하기 때문에, 환기에 이용하는 공기의 압력을 높이기 위해서 이용되는 에너지가 이상의 각 실시형태 및 각 변형예보다 커진다. 또한, 환기에 이용하는 공기의 온도가, 로터 축(21) 중에서 정익열(11)이 설치되어 있는 부분의 온도보다 높기 때문에, 이상의 각 실시형태 및 각 변형예보다 환기 효과가 작다. 따라서, 반복하게 되지만, 이상의 각 실시형태 및 각 변형예와 같이, 압축기(1)의 공기 압축 유로(19)를 흐르는 압축 과정의 공기의 일부를 로터 축(21) 내로 유도하고, 로터 축(21)의 각 캐비티 내를 이 공기로 환기하는 것이 바람직하다.

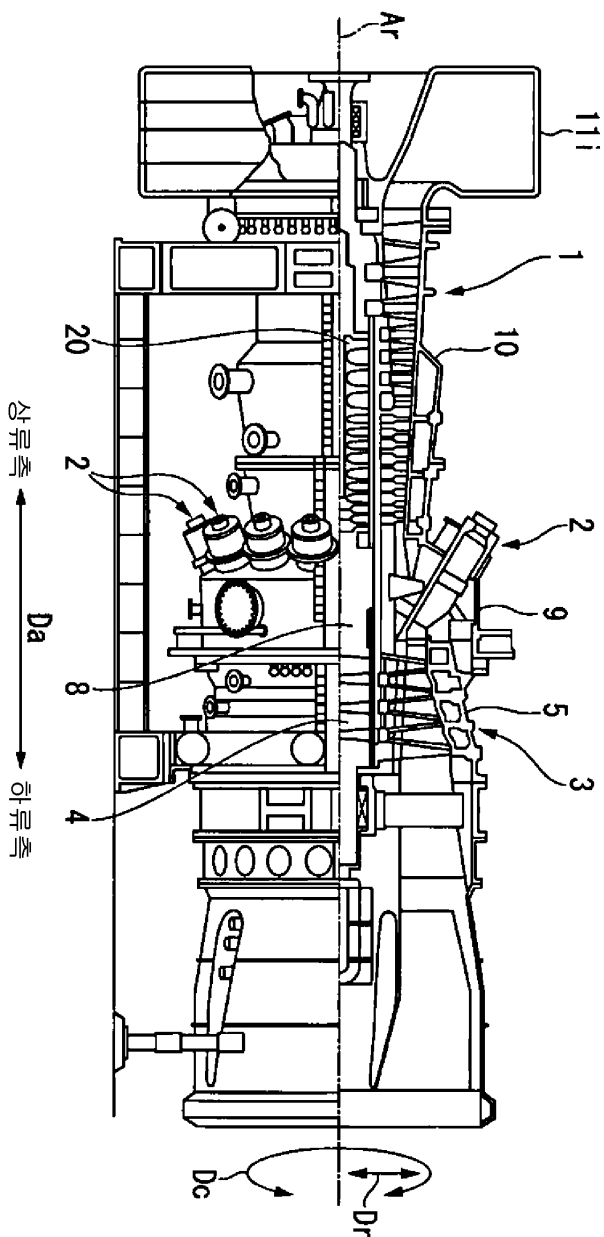
[0195] 본 발명의 일 태양에 의하면, 기체 압축 유로를 흐르는 기체의 온도 변화에 대한 로터 축의 열응답성을 보다 높일 수 있다.

### 부호의 설명

[0196] 1: 압축기 2: 연소기  
3: 터빈 10: 압축기 케이싱  
11: 정익열 12: 정익  
19: 공기 압축 유로(기체 압축 유로)  
20: 압축기 로터 21: 로터 축  
22: 캐비티 그룹 22d: 하류측 캐비티 그룹  
22u: 상류측 캐비티 그룹 23: 캐비티  
24: 외측 캐비티 25: 중간 캐비티(축방향 연통 캐비티)  
26: 내측 캐비티(축방향 연통 캐비티)  
34: 직경방향 외측 유로 34d: 입구 유로  
34u: 출구 유로 35, 35d, 35u: 직경방향 중간 유로  
35di, 35ui, 37i, 39i: 입구 개구 37, 37a: 축방향 유로  
35do, 37o, 38do, 38uo, 39o: 출구 개구  
35dop, 38dop, 38uop, 39op: 출구측 부분  
38: 직경방향 내측 유로 39: 축방향 유로  
41: 로터 디스크 48: 볼트 관통 구멍  
48s: 간극 51: 스피들 볼트  
55, 55d, 55u: 토크 핀 56, 56d, 56u: 관통 구멍  
81: 동익열 82: 동익

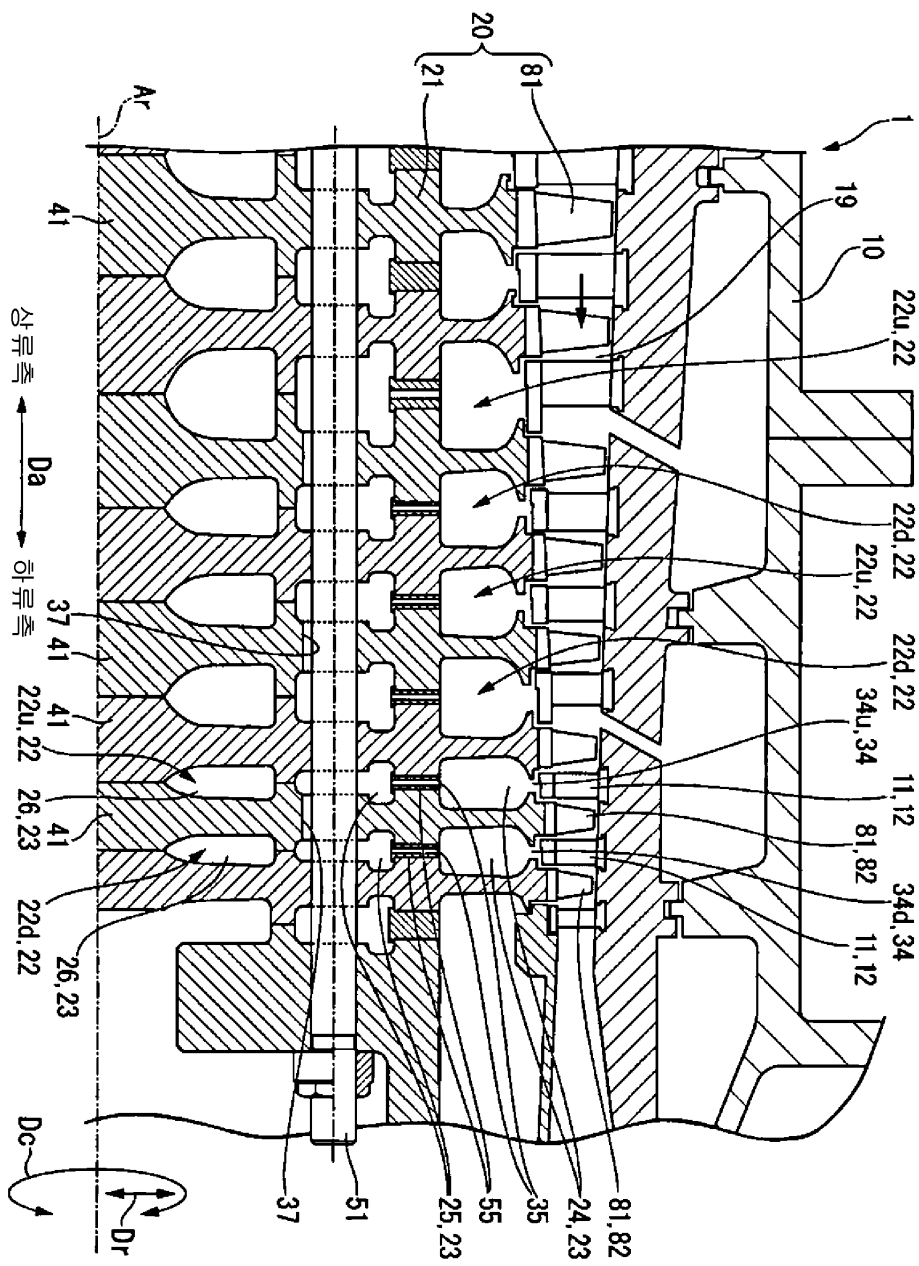
도면

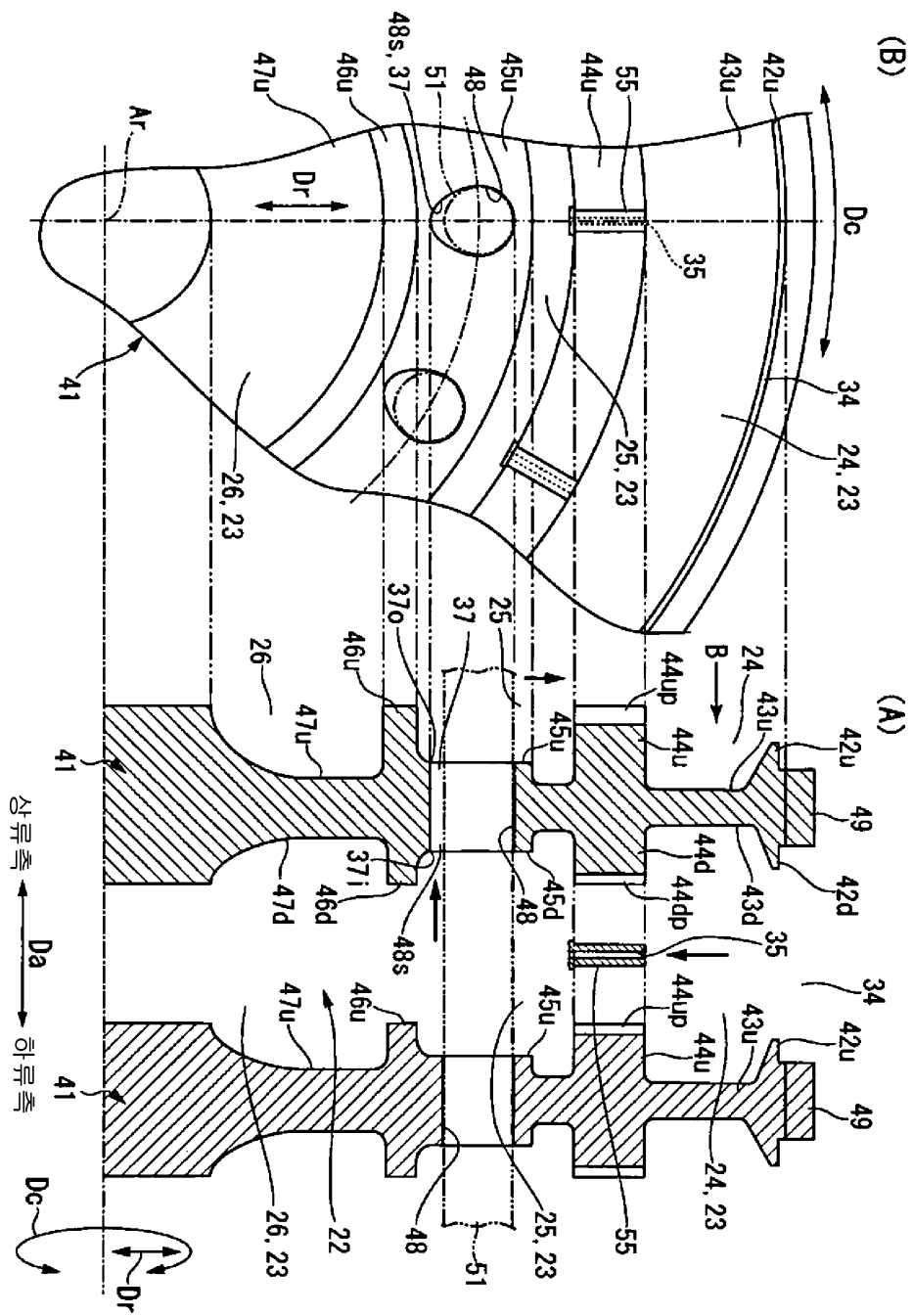
도면1





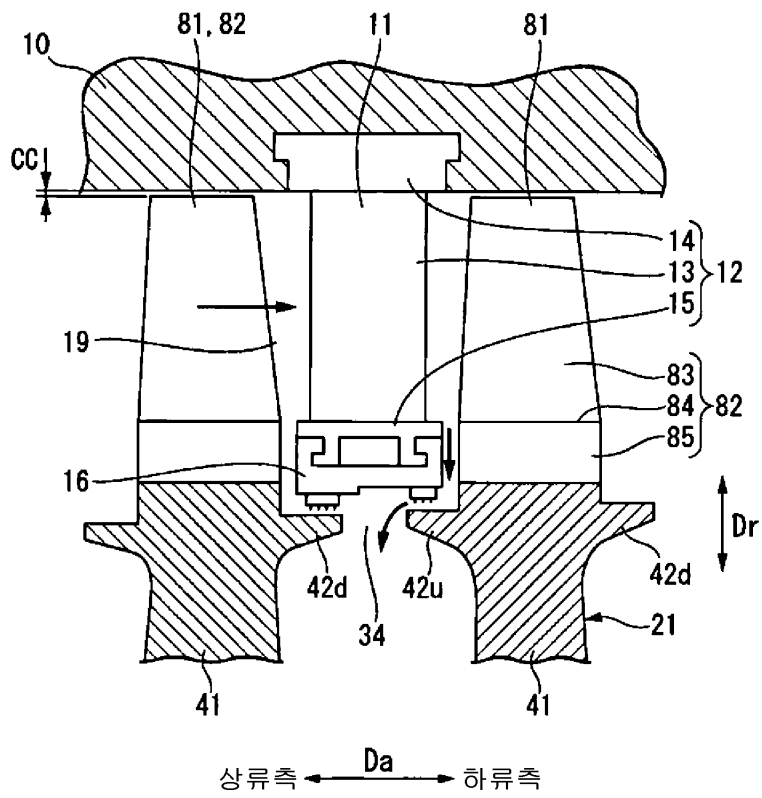
도면2



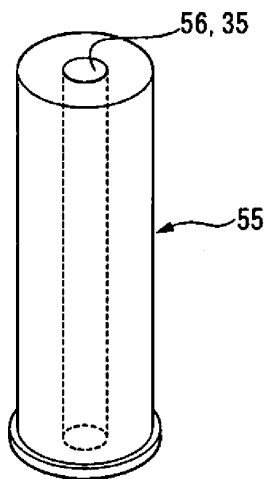


도면3

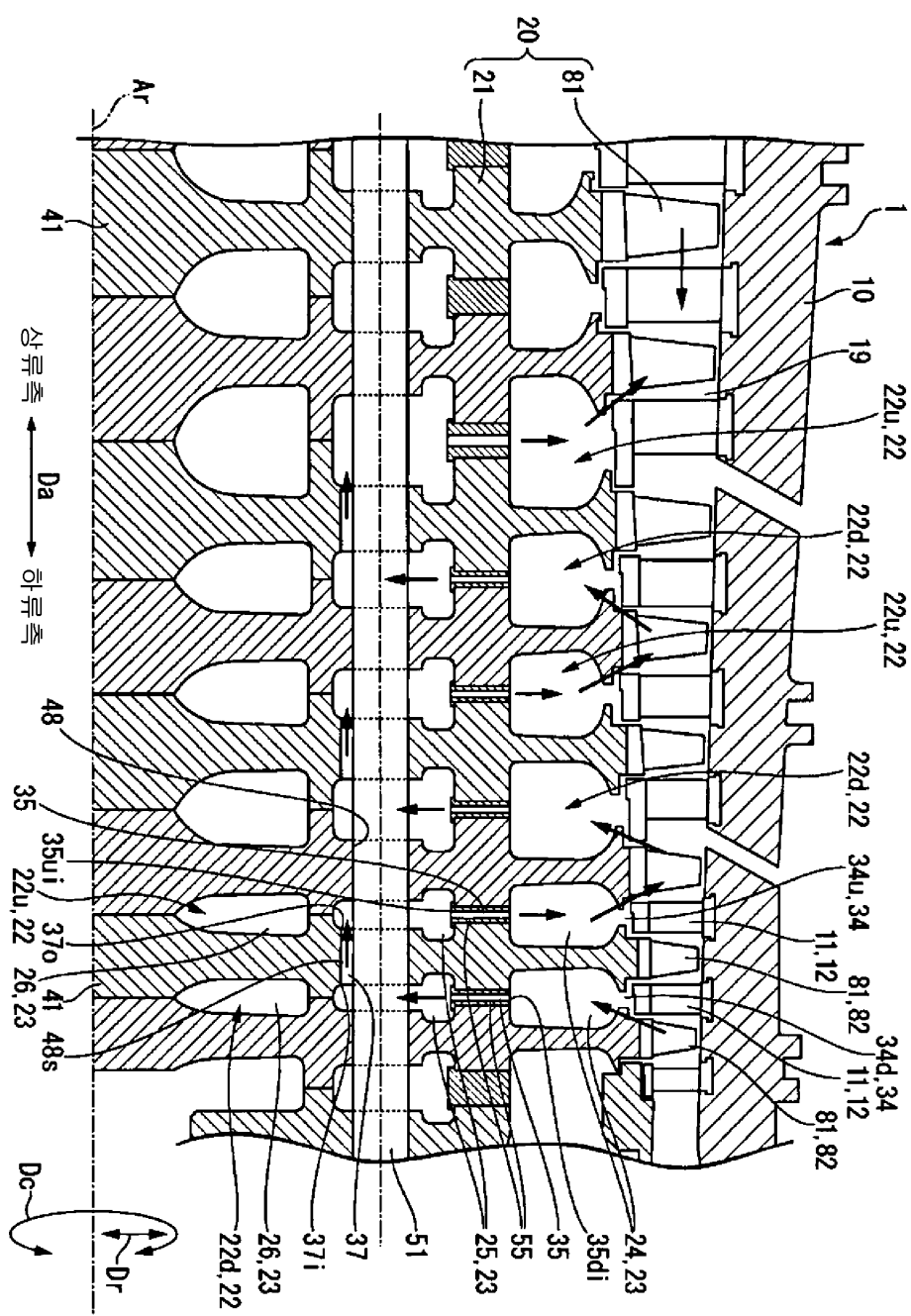
도면4



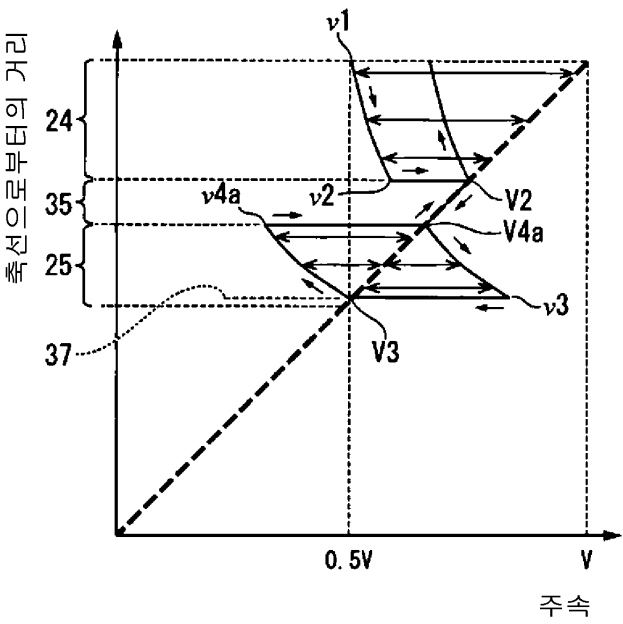
도면5



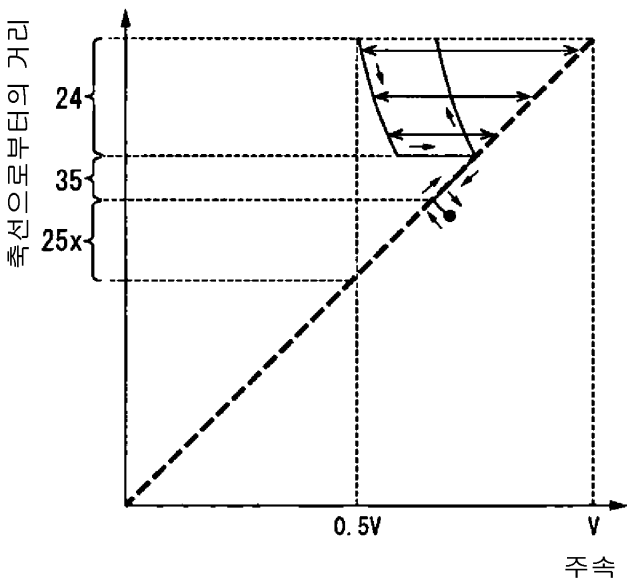
도면6



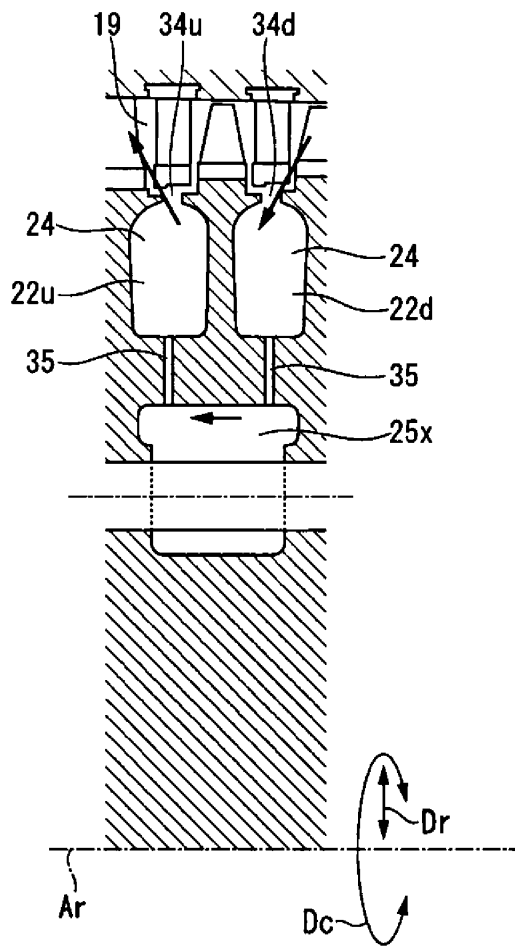
도면7



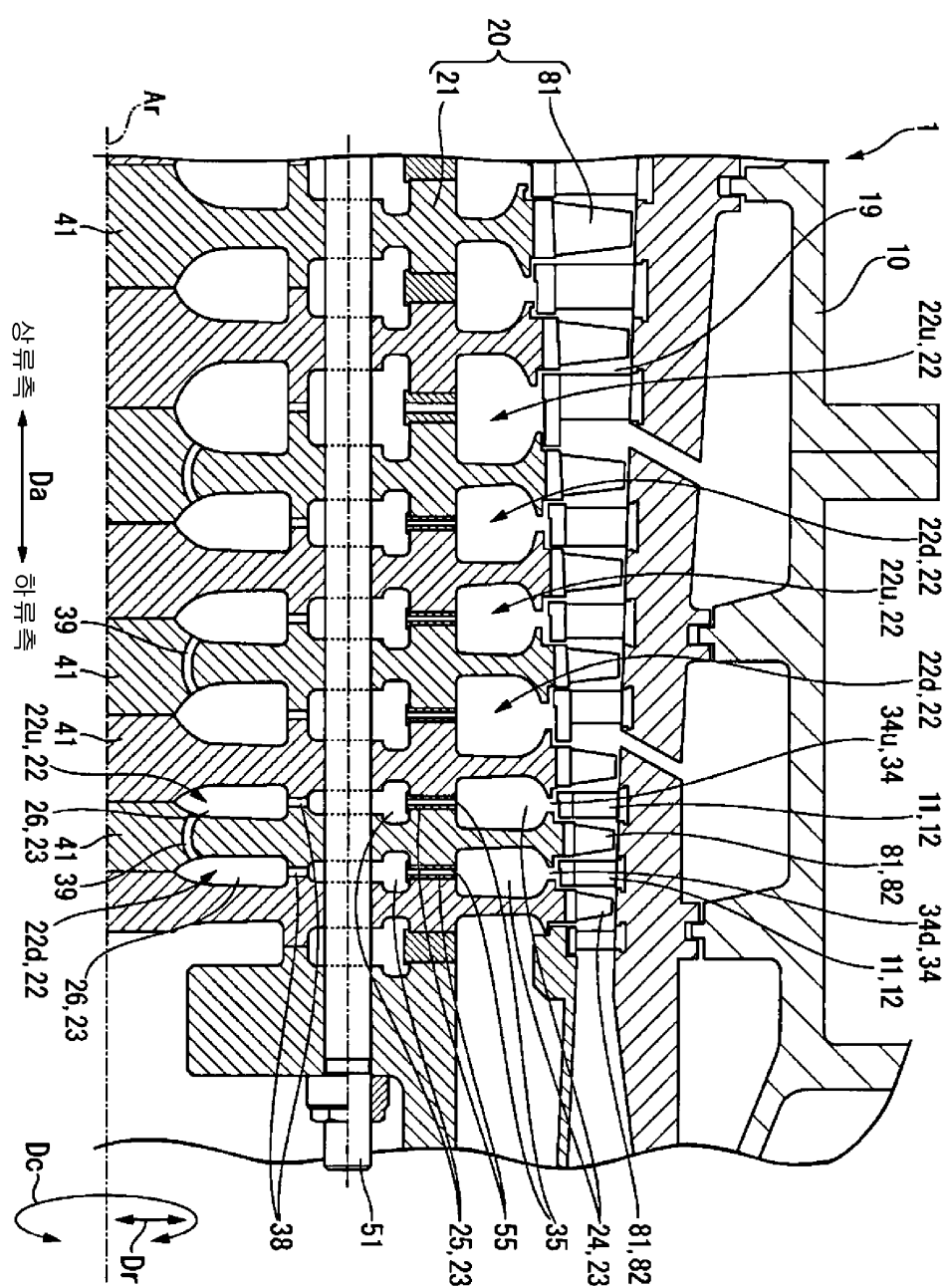
도면8



도면9

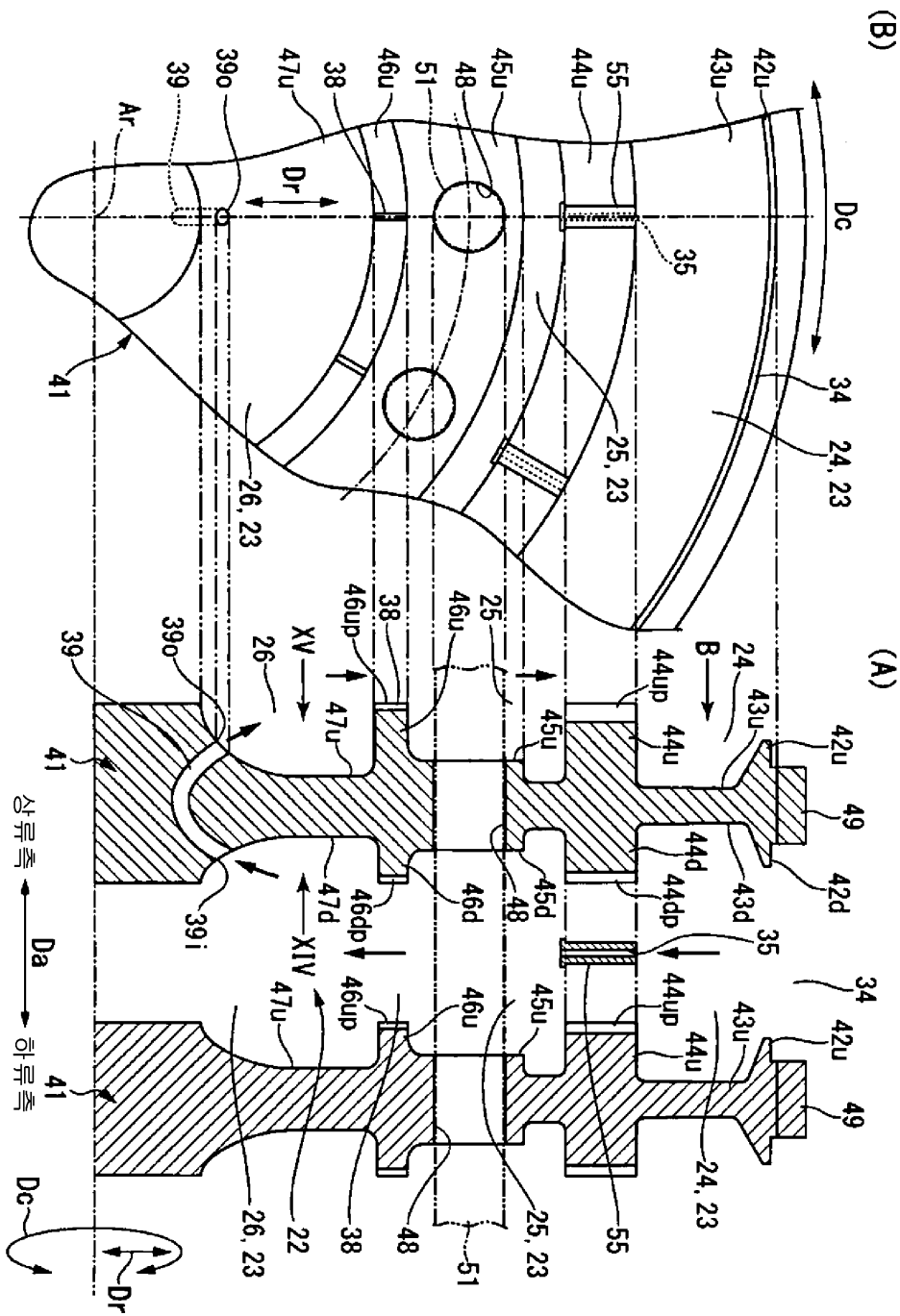


도면10

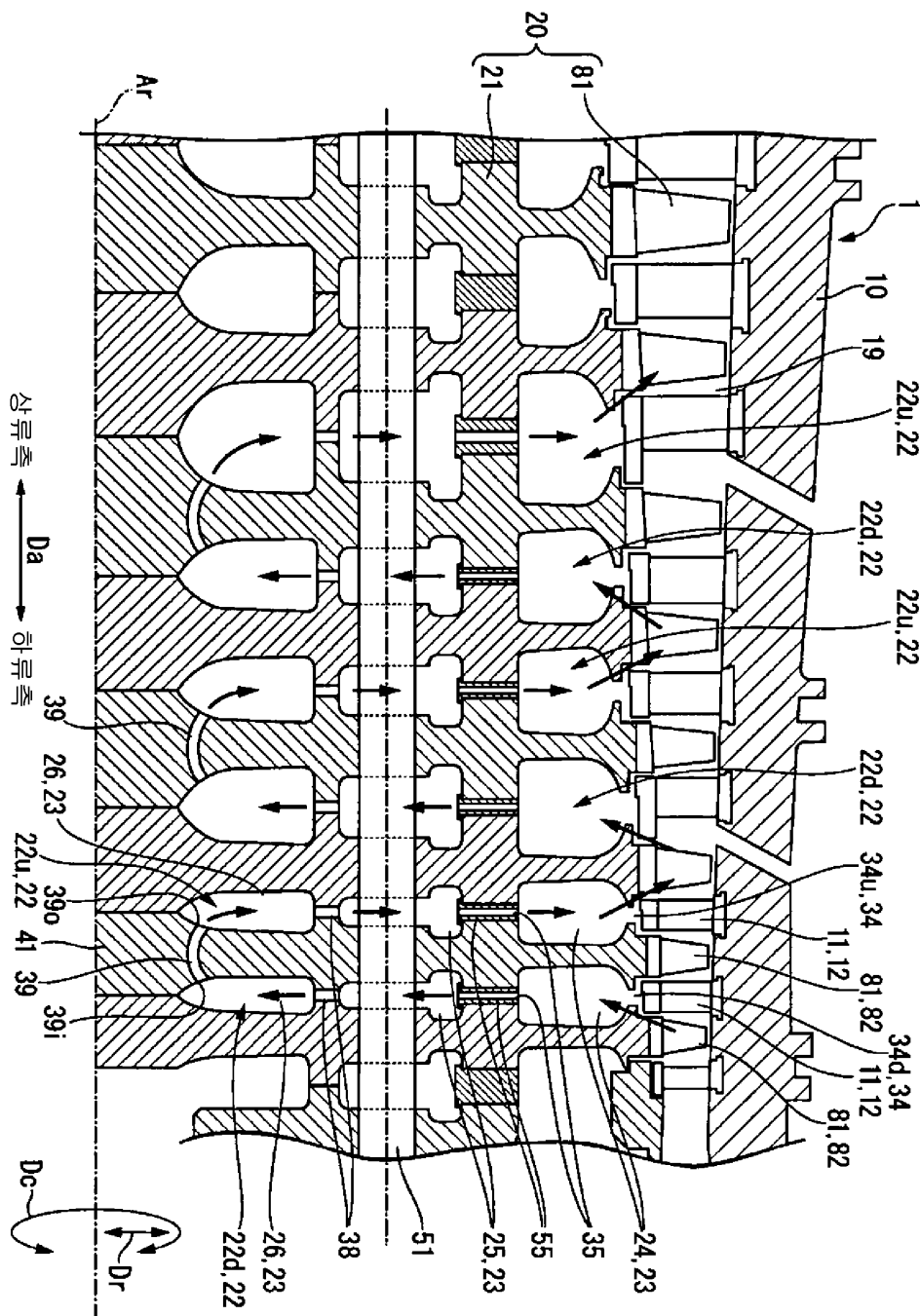




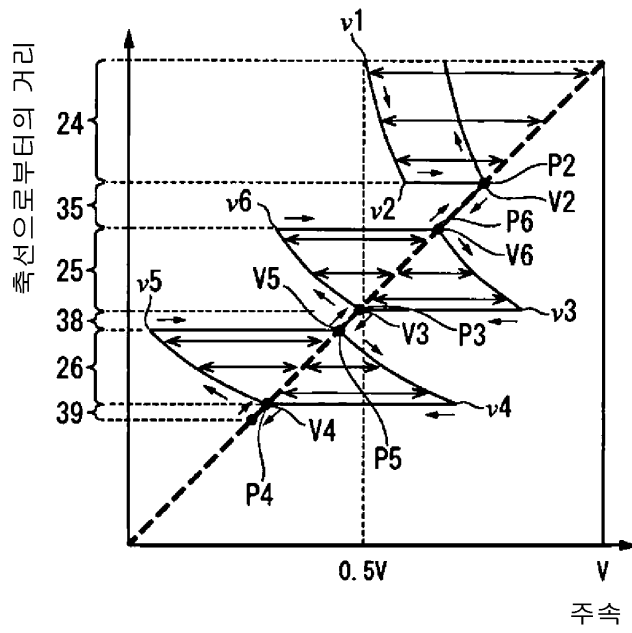
도면11



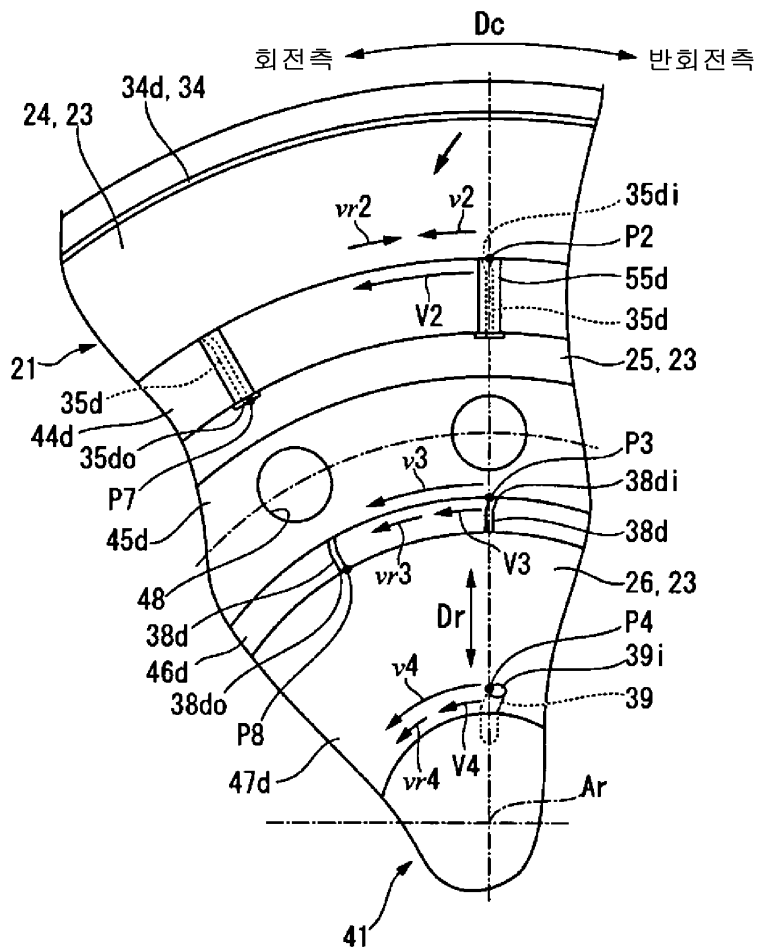
도면12



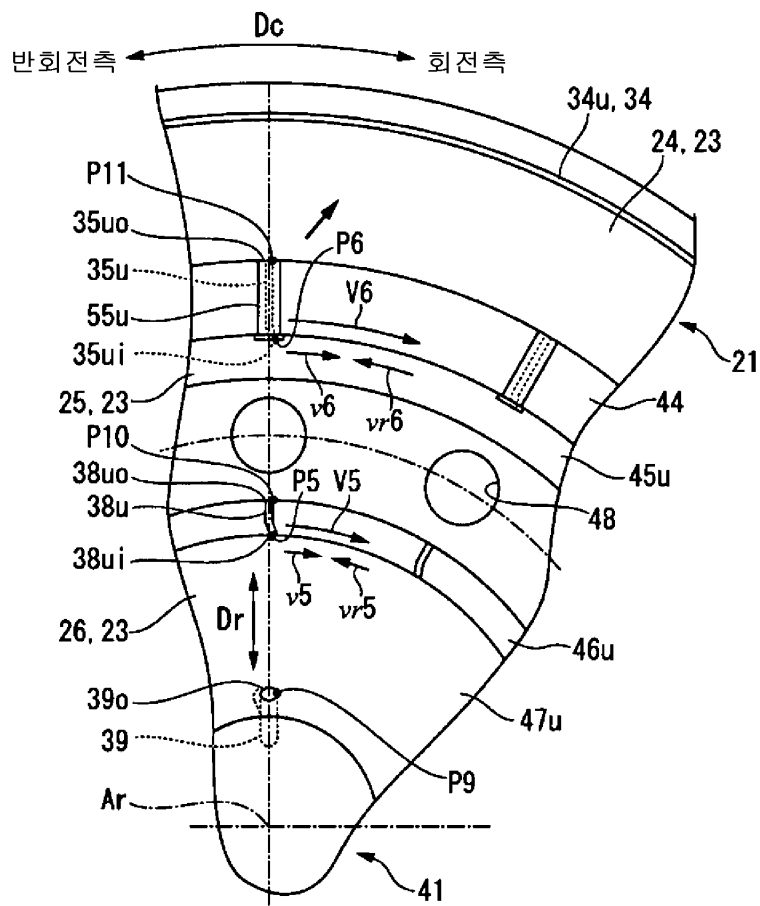
도면13



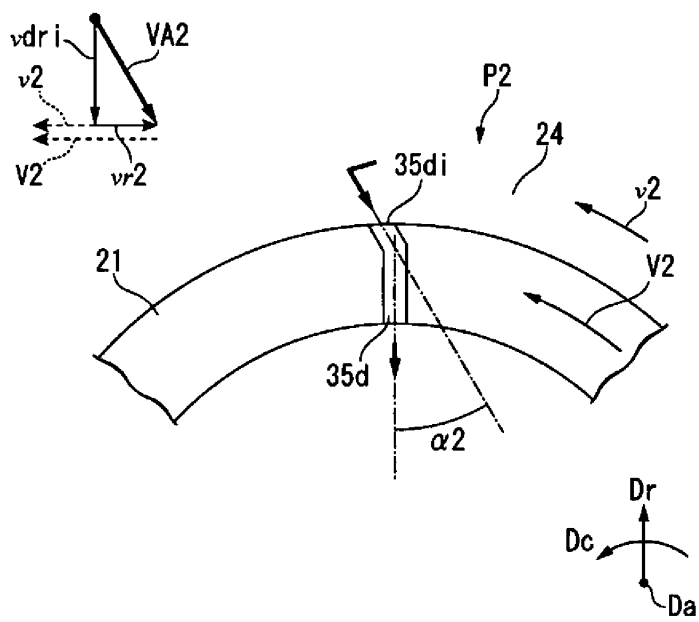
도면14



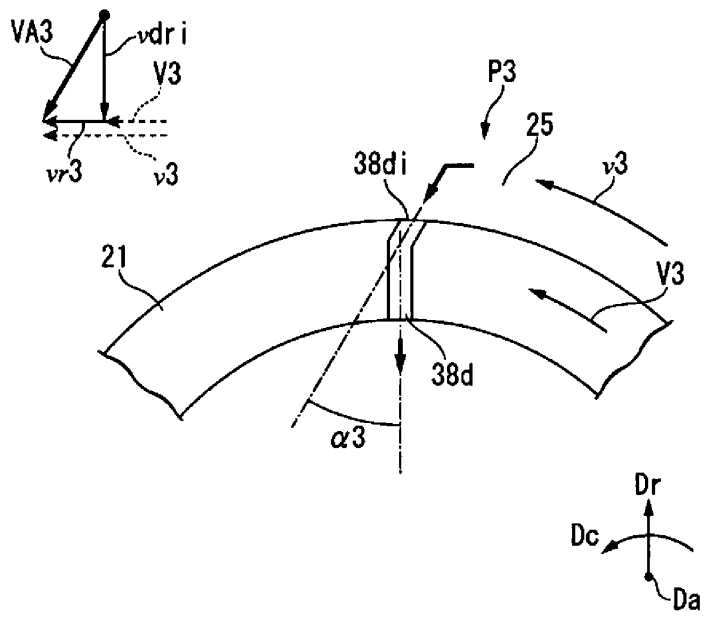
도면15



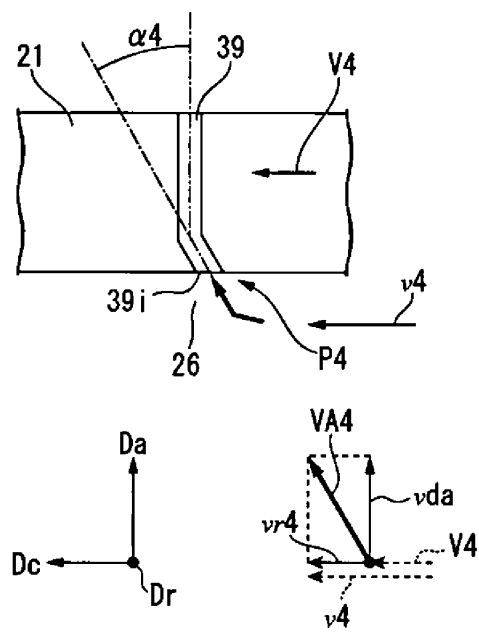
도면16



도면17

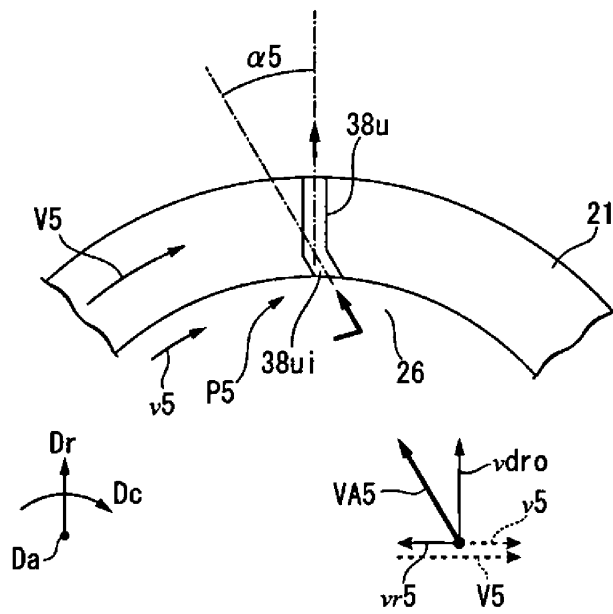


도면18

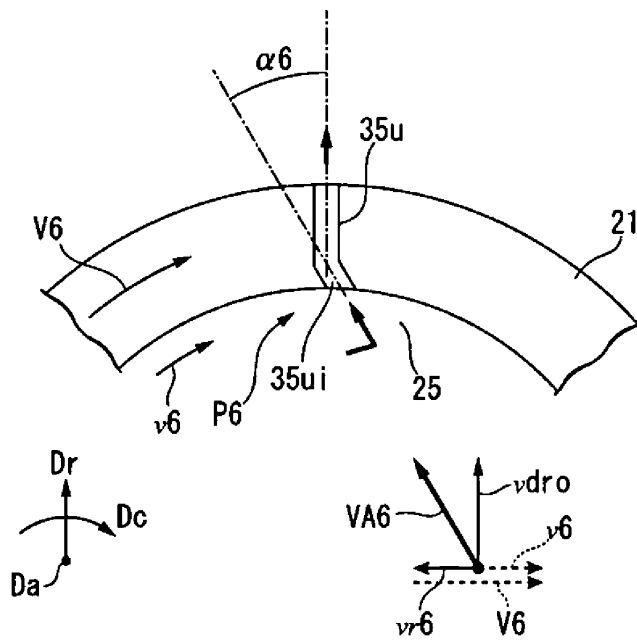




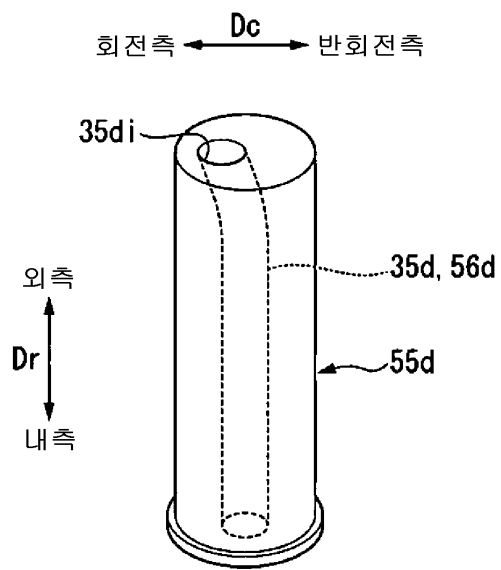
도면19



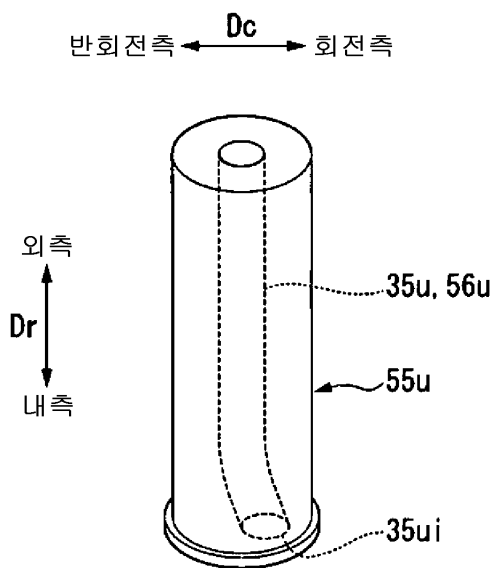
도면20



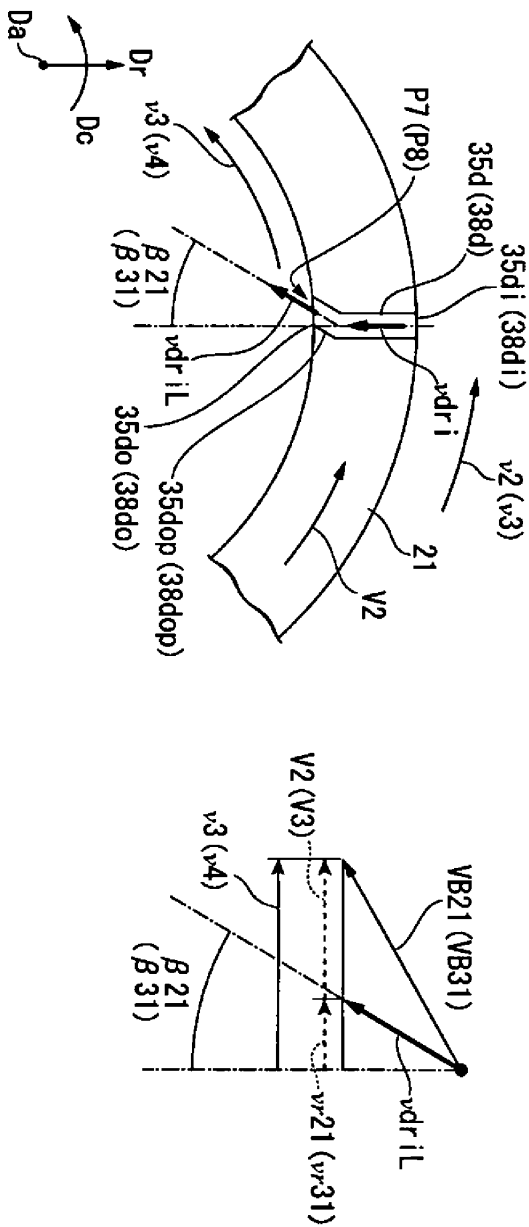
도면21



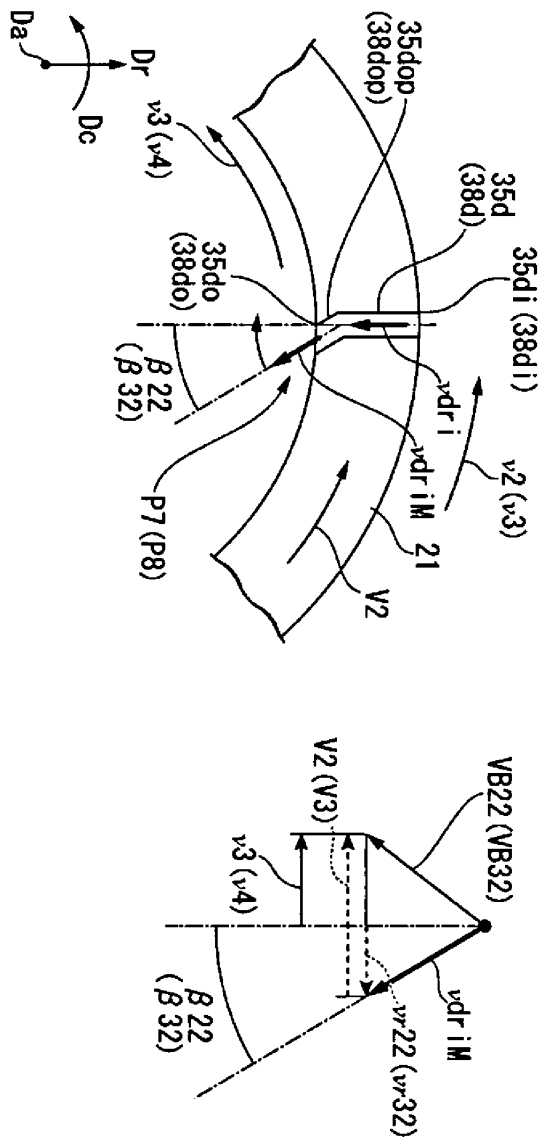
도면22



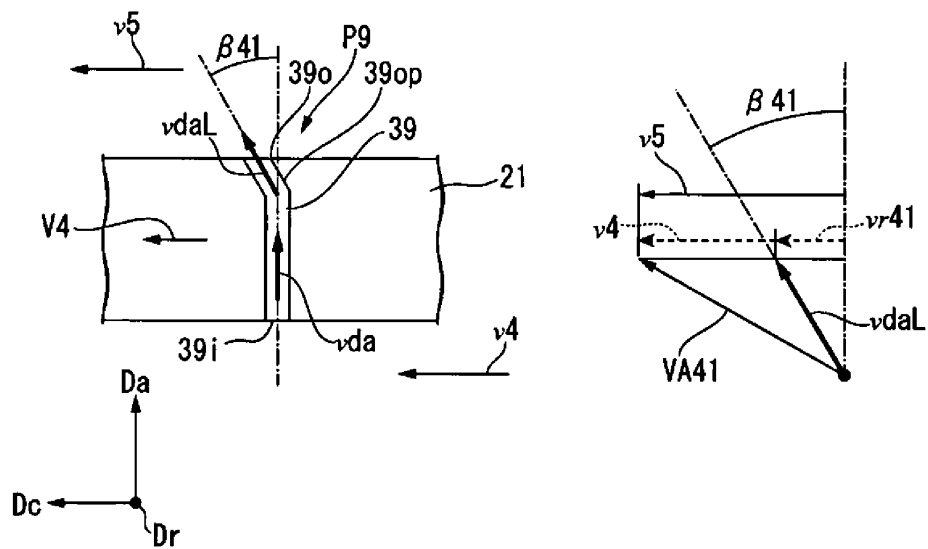
도면23



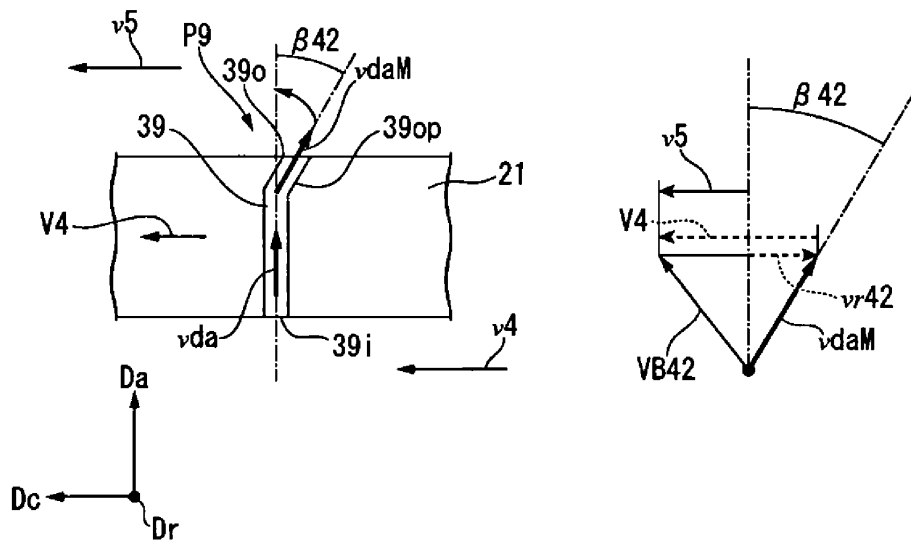
도면24



도면25

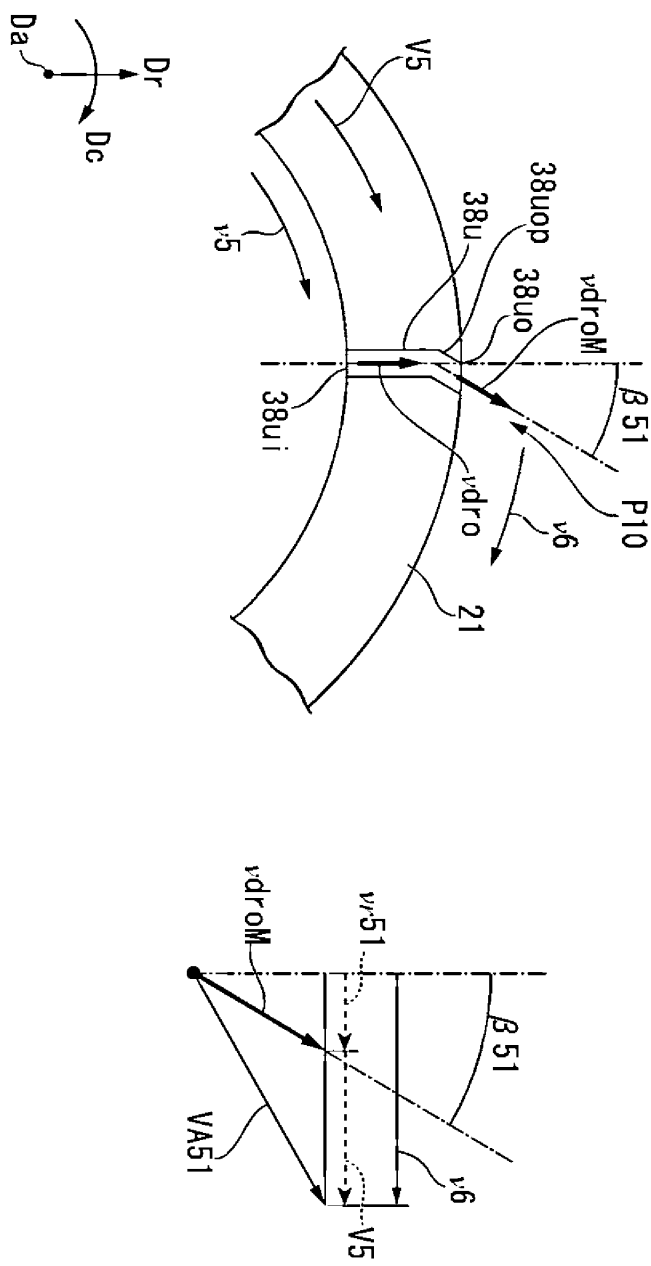


도면26

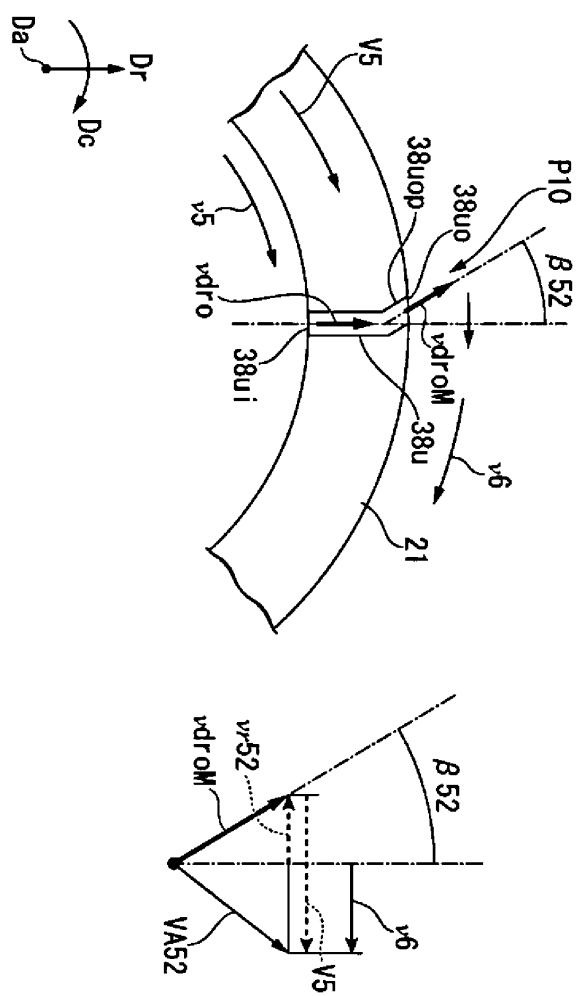




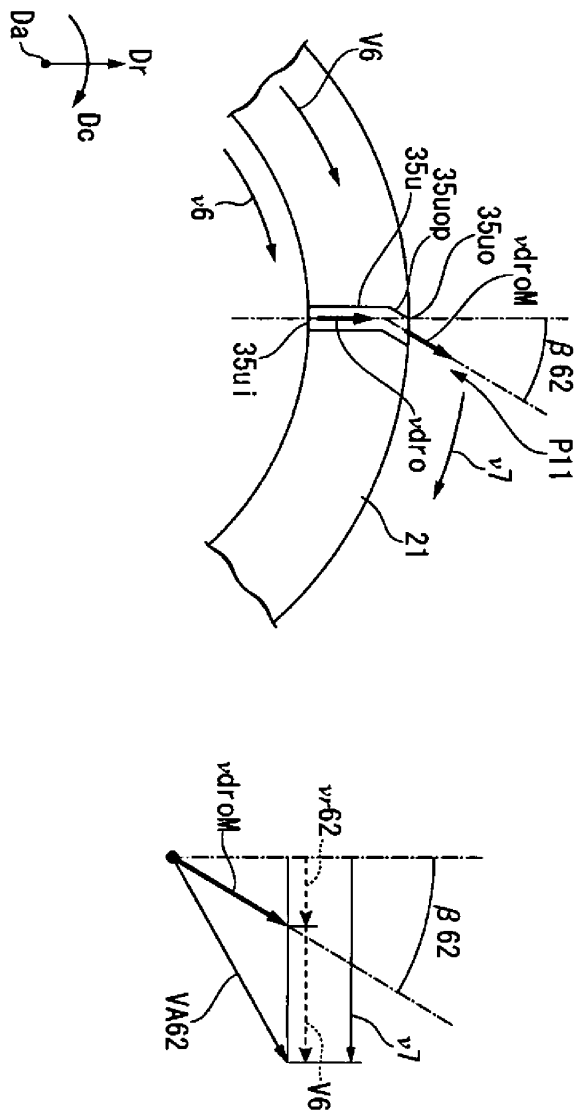
도면27



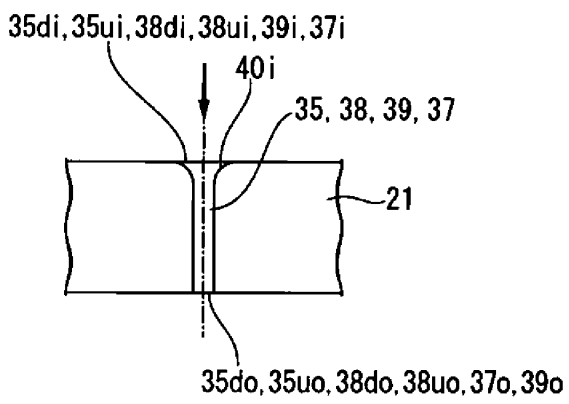
도면28



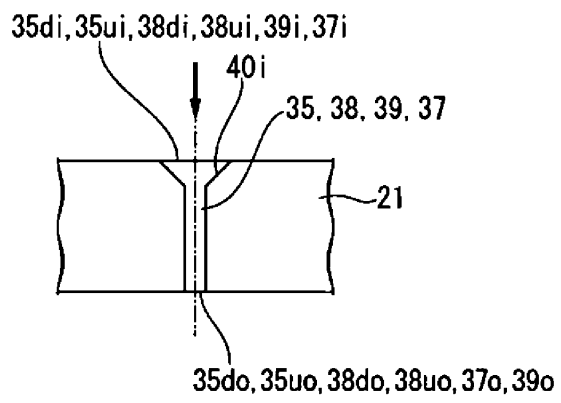
도면29



도면30



도면31



도면32

