



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년01월09일  
(11) 등록번호 10-1937070  
(24) 등록일자 2019년01월03일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*F01D 11/02* (2006.01) *F01D 11/08* (2006.01)  
*F02C 7/28* (2006.01) *F16J 15/447* (2006.01)

(52) CPC특허분류  
*F01D 11/02* (2013.01)  
*F01D 11/08* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-7019840

(22) 출원일자(국제) 2015년12월16일  
심사청구일자 2017년07월17일

(85) 번역문제출일자 2017년07월17일

(65) 공개번호 10-2017-0096013

(43) 공개일자 2017년08월23일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2015/085211

(87) 국제공개번호 WO 2016/117246  
국제공개일자 2016년07월28일

(30) 우선권주장

JP-P-2015-010635 2015년01월22일 일본(JP)

(73) 특허권자  
미츠비시 히타치 파워 시스템즈 가부시키가이샤  
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3쵸메 3-1

(72) 발명자  
**구와무라 요시히로**  
일본 1088215 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16방  
5고 미츠비시 츠고교 가부시키가이샤 내  
**오야마 히로하루**  
일본 2208401 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나  
토미라이 3쵸메 3-1 미츠비시히타치파워시스템즈  
가부시키가이샤 내  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
한상옥, 김성환, 성재동

(74) 대리인  
한상욱, 김성환, 성재동

KR1020120092161 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

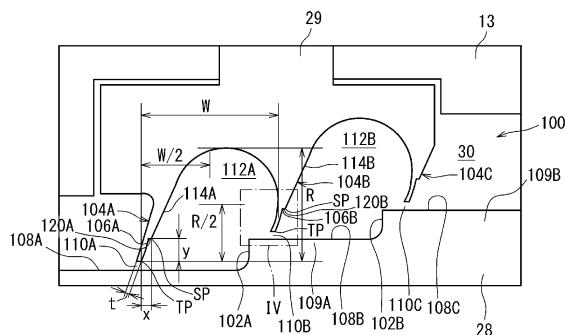
심사관 : 김희영

(54) 발명의 명칭 터빈

(57) 요약

터빈의 시일 장치(100)는 제1 직경 방향 간극(30)에 면하는 동의의 직경 방향 외면 또는 제2 직경 방향 간극에 면하는 로터의 외주면에 형성됨과 함께 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 동의의 직경 방향 외면 또는 로터의 외주면을 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획(108A, 108B)으로 구획하는 적어도 하나의 단차면(102A)과, 위요 부재(13) 또는 정익으로부터 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 적어도 2개의 구획과 시일 간극(110A, 110B)을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 핀(104A, 104B)이며, 로터의 축 방향에서 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동(112A)을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 핀과, 유체의 흐름 방향에서 시일 핀의 하류면에 형성되고, 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키도록 구성된 박리 축전부(106A, 106B)를 갖는다.

## 대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

*F02C 7/28* (2013.01)

*F16J 15/447* (2013.01)

(72) 발명자

다나카 요시노리

일본 2208401 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나  
토마라이 3쵸메 3-1 미츠비시히타치파워시스템즈가  
부시키가이샤 내

---

스기시타 히데아키

일본 1088215 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16방 5  
고 미츠비시 츄고교 가부시키가이샤 내

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

삭제

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

케이싱과,

상기 케이싱의 내부를 연장하는 로터와,

상기 로터에 고정되며 또한 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 동익과,

상기 케이싱에 대하여 고정되고, 제1 직경 방향 간극을 가지며 상기 복수의 동익을 둘러싸는 위요부와,

상기 케이싱에 대하여 고정됨과 함께 상기 로터의 외주면과의 사이에 제2 직경 방향 간극을 가지며 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 정익과

상기 제1 직경 방향 간극 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고,

상기 시일 장치는,

상기 제1 직경 방향 간극에 면하는 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 면하는 상기 로터의 외주면에 형성됨과 함께 상기 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 로터의 외주면을 상기 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획으로 구획하는 적어도 하나의 단차면과,

상기 위요부 또는 상기 정익으로부터 상기 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 상기 적어도 2개의 구획과 시일 간극을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 펀이며, 상기 로터의 축 방향에서 상기 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 펀과,

상기 유체의 흐름 방향에서 상기 시일 펀의 하류면에 형성되고, 상기 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키기도록 구성된 박리 측진부를 갖고,

상기 박리 측진부는, 상기 시일 펀의 하류면에 형성됨과 함께, 상기 시일 펀의 돌출 방향을 향한 후향 단차면에 의해 구성되어 있는

것을 특징으로 하는, 터빈.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 시일 펀의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,

상기 후향 단차면의 높이를  $h$ 라 했을 때, 다음 식:

$$0.5 \leq h/t \leq 10$$

으로 나타나는 관계가 충족되고 있는

것을 특징으로 하는, 터빈.

#### 청구항 5

케이싱과,

상기 케이싱의 내부를 연장하는 로터와,

상기 로터에 고정되며 또한 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 동익과,

상기 케이싱에 대하여 고정되고, 제1 직경 방향 간극을 가지며 상기 복수의 동익을 둘러싸는 위요부와,

상기 케이싱에 대하여 고정됨과 함께 상기 로터의 외주면과의 사이에 제2 직경 방향 간극을 가지며 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 정익과

상기 제1 직경 방향 간극 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고,

상기 시일 장치는,

상기 제1 직경 방향 간극에 면하는 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 면하는 상기 로터의 외주면에 형성됨과 함께 상기 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 로터의 외주면을 상기 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획으로 구획하는 적어도 하나의 단차면과,

상기 위요부 또는 상기 정익으로부터 상기 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 상기 적어도 2개의 구획과 시일 간극을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 핀이며, 상기 로터의 축 방향에서 상기 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 핀과,

상기 유체의 흐름 방향에서 상기 시일 핀의 하류면에 형성되고, 상기 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키도록 구성된 박리 촉진부를 갖고,

상기 박리 촉진부는, 상기 시일 핀의 하류면에 고정된 선재에 의해 구성되어 있는

것을 특징으로 하는, 터빈.

## 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 시일 핀의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,

상기 선재의 직경을  $\phi$ 라 했을 때, 다음 식:

$$0.5 \leq \phi / t \leq 10$$

으로 나타나는 관계가 충족되고 있는

것을 특징으로 하는, 터빈.

## 청구항 7

삭제

## 청구항 8

케이싱과,

상기 케이싱의 내부를 연장하는 로터와,

상기 로터에 고정되며 또한 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 동익과,

상기 케이싱에 대하여 고정되고, 제1 직경 방향 간극을 가지며 상기 복수의 동익을 둘러싸는 위요부와,

상기 케이싱에 대하여 고정됨과 함께 상기 로터의 외주면과의 사이에 제2 직경 방향 간극을 가지며 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 정익과

상기 제1 직경 방향 간극 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고,

상기 시일 장치는,

상기 제1 직경 방향 간극에 면하는 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 면하는 상기 로터의 외주면에 형성됨과 함께 상기 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 로터의 외주면을 상기 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획으로 구획하는 적어도 하나의 단차면과,

상기 위요부 또는 상기 정익으로부터 상기 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 상기 적어도 2개의 구획과 시일 간극을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 핀이며, 상기 로터의 축 방향에서 상기 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 핀과,

상기 유체의 흐름 방향에서 상기 시일 핀의 하류면에 형성되고, 상기 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키도록 구성된 박리 측진부를 갖고,

상기 박리 측진부는, 상기 시일 핀의 하류면의 근원측과 선단측이 서로 다른 기울기로 교차하는 폴딩부에 의해 구성되고,

상기 폴딩부에서 상기 시일 핀의 하류면의 근원측과 선단측이 서로 교차하는 각도는  $7^{\circ}$  이상  $45^{\circ}$  이하인 것을 특징으로 하는, 터빈.

### 청구항 9

케이싱과,

상기 케이싱의 내부를 연장하는 로터와,

상기 로터에 고정되며 또한 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 동익과,

상기 케이싱에 대하여 고정되고, 제1 직경 방향 간극을 가지며 상기 복수의 동익을 둘러싸는 위요부와,

상기 케이싱에 대하여 고정됨과 함께 상기 로터의 외주면과의 사이에 제2 직경 방향 간극을 가지며 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 정익과

상기 제1 직경 방향 간극 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고,

상기 시일 장치는,

상기 제1 직경 방향 간극에 면하는 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 면하는 상기 로터의 외주면에 형성됨과 함께 상기 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 로터의 외주면을 상기 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획으로 구획하는 적어도 하나의 단차면과,

상기 위요부 또는 상기 정익으로부터 상기 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 상기 적어도 2개의 구획과 시일 간극을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 핀이며, 상기 로터의 축 방향에서 상기 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 핀과,

상기 유체의 흐름 방향에서 상기 시일 핀의 하류면에 형성되고, 상기 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키도록 구성된 박리 측진부를 갖고,

상기 박리 측진부는, 상기 시일 핀의 하류면으로부터 돌출되는 돌기에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 하는, 터빈.

### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 시일 핀의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,

상기 시일 핀의 하류면에 따른 상기 돌기의 길이를  $w$ 라 하고,

상기 시일 핀의 하류면으로부터의 상기 돌기의 돌출 높이를  $h$ 라 했을 때, 이하의 2개의 식:

$$0.5 \leq w/t$$

$$0.5 \leq h/t \leq 10$$

으로 나타나는 관계가 각각 충족되고 있는  
것을 특징으로 하는, 터빈.

### 청구항 11

케이싱과,  
상기 케이싱의 내부를 연장하는 로터와,  
상기 로터에 고정되며 또한 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 동익과,  
상기 케이싱에 대하여 고정되고, 제1 직경 방향 간극을 가지며 상기 복수의 동익을 둘러싸는 위요부와,  
상기 케이싱에 대하여 고정됨과 함께 상기 로터의 외주면과의 사이에 제2 직경 방향 간극을 가지며 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 정익과  
상기 제1 직경 방향 간극 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고,  
상기 시일 장치는,  
상기 제1 직경 방향 간극에 면하는 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 면하는 상기 로터의 외주면에 형성됨과 함께 상기 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 로터의 외주면을 상기 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획으로 구획하는 적어도 하나의 단차면과,  
상기 위요부 또는 상기 정익으로부터 상기 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 상기 적어도 2개의 구획과 시일 간극을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 핀이며, 상기 로터의 축 방향에서 상기 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 핀과,  
상기 유체의 흐름 방향에서 상기 시일 핀의 하류면에 형성되고, 상기 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키기도록 구성된 박리 촉진부를 갖고,  
상기 박리 촉진부는, 상기 시일 핀의 하류면에 개구되는 홈에 의해 구성되어 있는  
것을 특징으로 하는, 터빈.

### 청구항 12

제11항에 있어서,  
상기 시일 핀의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,  
상기 시일 핀의 하류면에 따른 상기 홈의 개구의 폭을  $w$ 라 하고,  
상기 홈의 깊이를  $h$ 라 했을 때, 이하의 2개의 식:  

$$h \leq w$$

$$0.5 \leq h/t \leq 10$$

으로 나타나는 관계가 각각 충족되고 있는  
것을 특징으로 하는, 터빈.

### 청구항 13

케이싱과,  
상기 케이싱의 내부를 연장하는 로터와,  
상기 로터에 고정되며 또한 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 동익과,  
상기 케이싱에 대하여 고정되고, 제1 직경 방향 간극을 가지며 상기 복수의 동익을 둘러싸는 위요부와,  
상기 케이싱에 대하여 고정됨과 함께 상기 로터의 외주면과의 사이에 제2 직경 방향 간극을 가지며 상기 로터의

주위 방향으로 배열된 복수의 정의과

상기 제1 직경 방향 간극 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고,

상기 시일 장치는,

상기 제1 직경 방향 간극에 면하는 상기 동의의 직경 방향 외면 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 면하는 상기 로터의 외주면에 형성됨과 함께 상기 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 상기 동의의 직경 방향 외면 또는 상기 로터의 외주면을 상기 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획으로 구획하는 적어도 하나의 단차면과,

상기 위요부 또는 상기 정익으로부터 상기 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 상기 적어도 2개의 구획과 시일 간극을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 핀이며, 상기 로터의 축 방향에서 상기 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 핀과,

상기 유체의 흐름 방향에서 상기 시일 핀의 하류면에 형성되고, 상기 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키도록 구성된 박리 촉진부를 갖고,

상기 박리 촉진부는, 상기 시일 핀의 하류면에 형성된 오목부에 의해 구성되어 있는 것을 특징으로 하는, 터빈.

#### 청구항 14

제13항에 있어서,

상기 오목부의 벽면과 상기 시일 핀의 선단측이 서로 교차하는 각도는  $7^{\circ}$  이상인 것을 특징으로 하는, 터빈.

#### 청구항 15

케이싱과,

상기 케이싱의 내부를 연장하는 로터와,

상기 로터에 고정되며 또한 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 동의과,

상기 케이싱에 대하여 고정되고, 제1 직경 방향 간극을 가지며 상기 복수의 동의를 둘러싸는 위요부와,

상기 케이싱에 대하여 고정됨과 함께 상기 로터의 외주면과의 사이에 제2 직경 방향 간극을 가지며 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 정의과

상기 제1 직경 방향 간극 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고,

상기 시일 장치는,

상기 제1 직경 방향 간극에 면하는 상기 동의의 직경 방향 외면 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 면하는 상기 로터의 외주면에 형성됨과 함께 상기 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 상기 동의의 직경 방향 외면 또는 상기 로터의 외주면을 상기 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획으로 구획하는 적어도 하나의 단차면과,

상기 위요부 또는 상기 정익으로부터 상기 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 상기 적어도 2개의 구획과 시일 간극을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 핀이며, 상기 로터의 축 방향에서 상기 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 핀과,

상기 유체의 흐름 방향에서 상기 시일 핀의 하류면에 형성되고, 상기 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키도록 구성된 박리 촉진부를 갖고,

상기 박리 촉진부는, 상기 시일 핀의 하류면에 형성됨과 함께, 상기 시일 핀의 돌출 방향과는 반대측을 향한 전향 단차면에 의해 구성되어 있는

것을 특징으로 하는, 터빈.

**청구항 16**

제15항에 있어서,

상기 시일 핀의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,

상기 전향 단차면의 높이를  $h$ 라 했을 때, 다음 식:

$$0.5 \leq h/t \leq 10$$

으로 나타나는 관계가 충족되고 있는

것을 특징으로 하는, 터빈.

**청구항 17**

케이싱과,

상기 케이싱의 내부를 연장하는 로터와,

상기 로터에 고정되며 또한 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 동익과,

상기 케이싱에 대하여 고정되고, 제1 직경 방향 간극을 가지며 상기 복수의 동익을 둘러싸는 위요부와,

상기 케이싱에 대하여 고정됨과 함께 상기 로터의 외주면과의 사이에 제2 직경 방향 간극을 가지며 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 정익과

상기 제1 직경 방향 간극 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고,

상기 시일 장치는,

상기 제1 직경 방향 간극에 면하는 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 면하는 상기 로터의 외주면에 형성됨과 함께 상기 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 로터의 외주면을 상기 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획으로 구획하는 적어도 하나의 단차면과,

상기 위요부 또는 상기 정익으로부터 상기 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 상기 적어도 2개의 구획과 시일 간극을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 핀이며, 상기 로터의 축 방향에서 상기 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 핀과,

상기 유체의 흐름 방향에서 상기 시일 핀의 하류면에 형성되고, 상기 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키도록 구성된 박리 촉진부를 갖고,

상기 박리 촉진부는, 상기 시일 핀의 하류면에 형성됨과 함께, 상기 시일 핀의 선단측이 근원측보다도 얇아지도 록 경사진 경사면에 의해 구성되어 있는

것을 특징으로 하는, 터빈.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 경사면의 경사 각도는  $7^\circ$  이상  $45^\circ$  이하인

것을 특징으로 하는, 터빈.

**청구항 19**

케이싱과,

상기 케이싱의 내부를 연장하는 로터와,

상기 로터에 고정되며 또한 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 동익과,

상기 케이싱에 대하여 고정되고, 제1 직경 방향 간극을 가지며 상기 복수의 동익을 둘러싸는 위요부와,

상기 케이싱에 대하여 고정됨과 함께 상기 로터의 외주면과의 사이에 제2 직경 방향 간극을 가지며 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 정의과

상기 제1 직경 방향 간극 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고,

상기 시일 장치는,

상기 제1 직경 방향 간극에 면하는 상기 동의의 직경 방향 외면 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 면하는 상기 로터의 외주면에 형성됨과 함께 상기 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 상기 동의의 직경 방향 외면 또는 상기 로터의 외주면을 상기 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획으로 구획하는 적어도 하나의 단차면과,

상기 위요부 또는 상기 정의으로부터 상기 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 상기 적어도 2개의 구획과 시일 간극을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 핀이며, 상기 로터의 축 방향에서 상기 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 핀과,

상기 유체의 흐름 방향에서 상기 시일 핀의 하류면에 형성되고, 상기 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키도록 구성된 박리 측진부를 갖고,

상기 시일 핀은, 상기 로터의 직경 방향에 대하여 경사져서 연장되어 있는

것을 특징으로 하는, 터빈.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

본 개시는 터빈에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

증기 터빈이나 가스 터빈은, 통상, 정지 부품과 회전 부품 사이의 간극, 예를 들어 동의과 동의를 둘러싸는 부재 사이의 간극이나 정의과 로터 사이의 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고 있다.

[0003]

예를 들어, 일본 특허 제5518022호 공보가 개시하는 증기 터빈의 시일 장치는, 블레이드의 선단부에 설치된 스텝부와, 구조체에 설치된 시일 핀을 갖고 있다. 스텝부는, 상류측에 면하는 적어도 하나의 단차면을 갖고서 구조체측으로 돌출되고, 시일 핀은 스텝부를 향해 연장되며, 스텝부와의 사이에 미소한 간극을 형성한다.

[0004]

이 증기 터빈의 시일 장치에서는, 시일 핀의 상류측에 박리 소용돌이 및 주 소용돌이가 형성되고, 박리 소용돌이의 축류 효과에 따라, 미소한 간극을 흐르는 증기 누설이 저감된다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0005]

본 발명의 적어도 하나의 실시 형태의 목적은, 누설 흐름을 종래보다도 저감 가능한 개량된 시일 장치를 구비하는 터빈을 제공하는 데 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0006]

본 발명자들은, 상술한 목적을 달성하기 위해 검토를 거듭한 결과, 시일 핀 사이의 공동의 유동장이, 로터의 주위 방향으로 일정할 때, 공동에 있어서의 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 소용돌이 구조가 최적이 된다는 지견을 얻었다. 그리고, 소용돌이 구조의 최적화에 의해, 자오면 내의 박리 소용돌이의 강도가 최대가 되어, 시일 성능이 높아진다는 지견을 얻었다.

[0007]

한편, 본 발명자들은, 현실에는, 공동에 있어서 주위 방향의 속도 변동(2차 흐름)이 발생하여 자오면 내의 유체의 운동 에너지가 저하되고, 주 소용돌이 및 박리 소용돌이가 기대하고 있던 것보다도 약해지는 경우가 있다는 지견을 얻었다. 그리고, 주 소용돌이나 박리 소용돌이의 중심 위치가 주위 방향으로 물결쳐, 소용돌이 구조가 파괴되어 버리는 경우가 있다는 지견을 얻었다. 또한, 시일 핀이 로터의 직경 방향에 대하여 경사져 있는 경우

에, 이러한 경향이 강해진다는 지견도 얻었다. 또한, 공동에 유입되는 유체의 주위 방향 속도의 절대 속도가 0에 가까운 경우에도, 이러한 경향이 강해진다는 지견도 얻었다.

[0008] 이를 지견에 기초하여, 본 발명자들은 검토를 더욱 거듭하여, 시일 핀 사이의 공동의 유동장을 로터의 주위 방향으로 일정하게 하는 것이 가능한 구성을 발견하여, 본 발명을 창작하기에 이르렀다.

[0009] (1) 본 발명의 적어도 하나의 실시 형태에 따른 터빈은,

[0010] 케이싱과,

[0011] 상기 케이싱의 내부를 연장하는 로터와,

[0012] 상기 로터에 고정되며 또한 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 동익과,

[0013] 상기 케이싱에 대하여 고정되고, 제1 직경 방향 간극을 가지며 상기 복수의 동익을 둘러싸는 위요부와,

[0014] 상기 케이싱에 대하여 고정됨과 함께 상기 로터의 외주면과의 사이에 제2 직경 방향 간극을 가지며 상기 로터의 주위 방향으로 배열된 복수의 정익과

[0015] 상기 제1 직경 방향 간극 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 있어서의 유체의 흐름을 제한 가능한 시일 장치를 구비하고,

[0016] 상기 시일 장치는,

[0017] 상기 제1 직경 방향 간극에 면하는 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 제2 직경 방향 간극에 면하는 상기 로터의 외주면에 형성됨과 함께 상기 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 상기 동익의 직경 방향 외면 또는 상기 로터의 외주면을 상기 로터의 축 방향에서 적어도 2개의 구획으로 구획하는 적어도 하나의 단차면과,

[0018] 상기 위요 부재 또는 상기 정익으로부터 상기 적어도 2개의 구획을 향하여 각각 돌출됨과 함께 상기 적어도 2개의 구획과 시일 간극을 가지고 각각 대향하는 적어도 2개의 시일 핀이며, 상기 로터의 축 방향에서 상기 적어도 하나의 단차면에 걸쳐서 연장되는 공동을 서로의 사이에 형성하는 적어도 2개의 시일 핀과,

[0019] 상기 유체의 흐름 방향에서 상기 시일 핀의 하류면에 형성되고, 상기 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시키도록 구성된 박리 촉진부,

[0020] 를 갖는다.

[0021] 상기 구성 (1)의 터빈에서는, 시일 핀의 하류면에 형성된 박리 촉진부에 의해, 시일 핀의 하류면에 따르는 유체의 흐름이 박리되는 박리점이 결정된다. 자오면 내에서의 박리점의 위치가 결정됨으로써, 박리점의 위치가 주위 방향으로 변동되는 것이 방지되어, 시일 핀 사이의 공동에 있어서의 주위 방향의 속도 변동(2차 흐름)이 억제된다. 이 결과, 공동의 유동장이 주위 방향으로 균일해져, 공동에 있어서의 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 강화를 도모할 수 있고, 축류 효과가 향상되어, 시일 간극을 통한 누설 흐름을 저감시킬 수 있다.

[0022] (2) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (1)에 있어서,

[0023] 상기 로터의 축 방향에 따른 상기 시일 핀의 하류면의 선단으로부터 상기 공동의 축 방향 최원방부까지의 거리를  $W$ 라 하고,

[0024] 상기 로터의 직경 방향에 따른 상기 시일 핀의 하류면의 선단으로부터 상기 공동의 직경 방향 최원방부까지의 거리를  $R$ 이라 하고,

[0025] 상기 시일 핀의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,

[0026] 상기 로터의 축 방향에 따른 상기 시일 핀의 하류면의 선단으로부터 상기 유체의 흐름의 박리를 일으키는 상기 박리 촉진부의 형상 변화점까지의 거리를  $x$ 라 하고,

[0027] 상기 로터의 직경 방향에 따른 상기 시일 핀의 하류면의 선단으로부터 상기 박리 촉진부의 형상 변화점까지의 거리를  $y$ 라 했을 때, 다음 2개의 식:

[0028]  $0 < x \leq W/2$

[0029]  $t \leq y \leq R/2$

[0030] 으로 나타나는 관계가 각각 충족되고 있다.

- [0031] 상기 구성 (2)의 터빈에서는, 거리  $x$ 가 거리  $W$ 의 절반 이하이고, 또한, 거리  $y$ 가 거리  $R$ 의 절반 이하임으로써, 박리 촉진부가 공동에 있어서의 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 생성을 방해하는 일 없이, 시일 편의 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다. 이 결과, 공동에 있어서의 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 강도의 최대화를 도모할 수 있고, 측류 효과가 향상되어, 시일 간극을 통한 누설 흐름을 저감시킬 수 있다.
- [0032] (3) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (1) 또는 (2)에 있어서,
- [0033] 상기 박리 촉진부는, 상기 시일 편의 하류면에 형성됨과 함께, 상기 시일 편의 돌출 방향을 향한 후향 단차면에 의해 구성되어 있다.
- [0034] 상기 구성 (3)에서는, 후향 단차면에 의해, 시일 편의 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.
- [0035] (4) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (3)에 있어서,
- [0036] 상기 시일 편의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,
- [0037] 상기 후향 단차면의 높이를  $h$ 라 했을 때, 다음 식:
- [0038]  $0.5 \leq h/t \leq 10$
- [0039] 으로 나타나는 관계가 충족되고 있다.
- [0040] 상기 구성 (4)에서는, 시일 편의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 후향 단차면의 높이  $h$ 의 비  $h/t$ 가 0.5 이상임으로써, 유체의 흐름이 후향 단차면의 존재를 느낄 수 있고, 후향 단차면으로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 비  $h/t$ 가 10 이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0041] (5) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (1) 또는 (2)에 있어서,
- [0042] 상기 박리 촉진부는, 상기 시일 편의 하류면에 고정된 선재에 의해 구성되어 있다.
- [0043] 상기 구성 (5)에서는, 선재에 의해, 시일 편의 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.
- [0044] (6) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (5)에 있어서,
- [0045] 상기 시일 편의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,
- [0046] 상기 선재의 직경을  $\phi$ 라 했을 때, 다음 식:
- [0047]  $0.5 \leq \phi/t \leq 10$
- [0048] 으로 나타나는 관계가 충족되고 있다.
- [0049] 상기 구성 (6)에서는, 시일 편의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 선재의 직경  $\phi$ 의 비  $\phi/t$ 가 0.5 이상임으로써, 유체의 흐름이 선재의 존재를 느낄 수 있고, 선재로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 비  $\phi/t$ 가 10 이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0050] (7) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (1) 또는 (2)에 있어서,
- [0051] 상기 박리 촉진부는, 상기 시일 편의 하류면의 균원측과 선단측이 서로 다른 기울기로 교차되는 폴딩부에 의해 구성되어 있다.
- [0052] 상기 구성 (7)에서는, 폴딩부에 의해, 시일 편의 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.
- [0053] (8) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (7)에 있어서,
- [0054] 상기 폴딩부에서 상기 시일 편의 하류면의 균원측과 선단측이 서로 교차하는 각도는  $7^\circ$  이상  $45^\circ$  이하이다.
- [0055] 상기 구성 (8)에서는, 폴딩부에서 시일 편의 하류면의 균원측과 선단측이 서로 교차하는 각도가  $7^\circ$  이상임으로써, 유체의 흐름이 폴딩부의 존재를 느낄 수 있고, 폴딩부로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 각도가  $45^\circ$  이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0056] (9) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (1) 또는 (2)에 있어서,

- [0057] 상기 박리 측진부는, 상기 시일 편의 하류면으로부터 돌출되는 돌기에 의해 구성되어 있다.
- [0058] 상기 구성 (9)에서는, 돌기에 의해, 시일 편의 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.
- [0059] (10) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (9)에 있어서,
- [0060] 상기 시일 편의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,
- [0061] 상기 시일 편의 하류면에 따른 상기 돌기의 길이를  $w$ 라 하고,
- [0062] 상기 시일 편의 하류면으로부터의 상기 돌기의 돌출 높이를  $h$ 라 했을 때, 이하의 2개의 식:
- [0063]  $0.5 \leq w/t$
- [0064]  $0.5 \leq h/t \leq 10$
- [0065]으로 나타나는 관계가 각각 충족되고 있다.
- [0066] 상기 구성 (10)에서는, 시일 편의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 돌기의 길이  $w$ 의 비  $w/t$  및 시일 편의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 돌기의 돌출 높이  $h$ 의 비  $h/t$ 가 0.5 이상임으로써, 유체의 흐름이 돌기의 존재를 느낄 수 있고, 돌기로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 비  $h/t$ 가 10 이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0067] (11) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (1) 또는 (2)에 있어서,
- [0068] 상기 박리 측진부는, 상기 시일 편의 하류면에 개구되는 홈에 의해 구성되어 있다.
- [0069] 상기 구성 (11)에서는, 홈에 의해, 시일 편의 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.
- [0070] (12) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (11)에 있어서,
- [0071] 상기 시일 편의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,
- [0072] 상기 시일 편의 하류면에 따른 상기 홈의 폭을  $w$ 라 하고,
- [0073] 상기 홈의 깊이를  $h$ 라 했을 때, 이하의 2개의 식:
- [0074]  $h \leq w$
- [0075]  $0.5 \leq h/t \leq 10$
- [0076]으로 나타나는 관계가 각각 충족되고 있다.
- [0077] 상기 구성 (12)에서는, 홈의 개구 폭  $w$ 가 홈의 깊이  $h$  이상이며 또한 시일 편의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 홈의 깊이  $h$ 의 비  $h/t$ 가 0.5 이상임으로써, 유체의 흐름이 홈의 존재를 느낄 수 있고, 홈으로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 비  $h/t$ 가 10 이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0078] (13) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (1) 또는 (2)에 있어서,
- [0079] 상기 박리 측진부는, 상기 시일 편의 하류면에 형성된 오목부에 의해 구성되어 있다.
- [0080] 상기 구성 (13)에서는, 오목부에 의해, 시일 편의 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.
- [0081] (14) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (13)에 있어서,
- [0082] 상기 오목부의 벽면과 상기 시일 편의 선단측이 서로 교차하는 각도는  $7^\circ$  이상이다.
- [0083] 상기 구성 (14)에서는, 오목부의 벽면과 시일 편의 선단측이 서로 교차하는 각도가  $7^\circ$  이상임으로써, 유체의 흐름이 오목부의 벽면과 시일 편의 선단측 사이의 경계의 존재를 느낄 수 있고, 오목부에 의해 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다.
- [0084] 한편, 시일 편의 하류면에 따라 시일 편의 선단을 향하여 흐르는 유체의 유로 폭이 서서히 확대되고 있을 경우, 하류면에 따라 흐르는 유체의 속도가 서서히 저하된다. 유체의 속도가 저하되면, 박리점이 정해지지 않고, 공동 내의 주위 방향으로 압력 분포가 발생하기 쉬워진다. 그리고 이 결과, 주위 방향의 2차 흐름이 발생한다는 문제가 있다.

- [0085] 이 점에서, 상기 구성 (14)에서는, 시일 핀의 하류면에 오목부를 형성함으로써, 하류면에 따라 시일 핀의 선단을 향하여 흐르는 유체의 유로 폭의 확대율을 저하시킬 수 있어, 유속의 감소를 억제할 수 있다. 이에 의해, 공동 내에서 주위 방향의 불균일한 압력 분포의 발생이 억제되므로 주위 방향의 2차 흐름의 발생이 억제되어, 공동에 있어서의 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0086] (15) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (1) 또는 (2)에 있어서,
- [0087] 상기 박리 측진부는, 상기 시일 핀의 하류면에 형성됨과 함께, 상기 시일 핀의 돌출 방향과는 반대측을 향한 전향 단차면에 의해 구성되어 있다.
- [0088] 상기 구성 (15)에서는, 전향 단차면에 의해, 시일 핀의 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.
- [0089] (16) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (15)에 있어서,
- [0090] 상기 시일 핀의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고,
- [0091] 상기 전향 단차면의 높이를  $h$ 라 했을 때, 다음 식:
- [0092]  $0.5 \leq h/t \leq 10$
- [0093] 으로 나타나는 관계가 충족되고 있다.
- [0094] 상기 구성 (16)에서는, 시일 핀의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 전향 단차면의 높이  $h$ 의 비  $h/t$ 가 0.5 이상임으로써, 유체의 흐름이 전향 단차면의 존재를 느낄 수 있고, 전향 단차면으로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 비  $h/t$ 가 10 이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0095] (17) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (1) 또는 (2)에 있어서,
- [0096] 상기 박리 측진부는, 상기 시일 핀의 하류면에 형성됨과 함께, 상기 시일 핀의 선단측이 근원측보다도 얇아지도 록 경사진 경사면에 의해 구성되어 있다.
- [0097] 상기 구성 (17)에서는, 경사면에 의해, 시일 핀의 하류면에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.
- [0098] (18) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (17)에 있어서,
- [0099] 상기 경사면의 경사 각도는  $7^\circ$  이상  $45^\circ$  이하이다.
- [0100] 상기 구성 (18)에서는, 경사면의 경사 각도가  $7^\circ$  이상임으로써, 유체의 흐름이 경사면의 존재를 느낄 수 있고, 경사면으로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 경사 각도가  $45^\circ$  이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 및 박리 소용돌이의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0101] (19) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 구성 (1) 내지 (18) 중 어느 하나에 있어서,
- [0102] 상기 시일 핀은, 상기 로터의 직경 방향에 대하여 경사져서 연장되어 있다.
- [0103] 상기 구성 (19)에서는, 시일 핀이 로터의 직경 방향에 대하여 경사져 있음으로써, 축류 효과가 커져, 시일 간극을 흐르는 유체의 누설 흐름을 한층 더 저감할 수 있다.
- [0104] 한편, 시일 핀이 로터의 직경 방향에 대하여 경사져 있는 경우, 시일 핀의 하류면에 따라 시일 핀의 선단을 향하여 흐르는 유체의 유로 폭이 서서히 확대되어, 유체의 속도가 저하된다. 유체의 속도가 저하되면, 박리점이 정해지지 않고, 공동 내의 주위 방향으로 압력 분포가 발생하기 쉬워진다. 그리고 이 결과, 주위 방향의 2차 흐름이 발생한다는 문제가 있다.
- [0105] 또한, 시일 핀이 로터의 직경 방향에 대하여 경사져 있음으로써, 공동 내의 애스펙트비가 커져, 공동 내의 주 소용돌이가 직경 방향으로 긴 종장(縱長) 형상이 된다. 종장 형상의 주 소용돌이는, 진원 형상에 가까워지려고 하는 성질이 있기 때문에, 주 소용돌이의 중심이 변동하기 쉬워, 소용돌이 구조가 불안정해지기 쉽다.
- [0106] 이 점에서, 상기 구성 (19)에서는, 박리 측진부에 의해 박리점을 결정함으로써, 자오면 내에 있어서의 소용돌이 구조가 안정되므로, 주위 방향의 불균일한 압력 분포의 발생이 억제되어, 주위 방향의 2차 흐름의 발생이 방지된다. 이로 인해, 시일 핀이 로터의 직경 방향에 대하여 경사져 있음에 따른 축류 효과 증대의 장점을 충분히 향수할 수 있고, 누설 흐름을 저감할 수 있다.

## 발명의 효과

- [0107] 본 발명 중 적어도 하나의 실시 형태에 따르면, 누설 흐름을 종래보다도 저감 가능한 개량된 시일 장치를 구비하는 터빈이 제공된다.

## 도면의 간단한 설명

- [0108] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 터빈의 개략적인 구성을 도시하는 단면도이다.
- 도 2는 도 1의 일부를 확대하여 개략적으로 도시하는 자오 단면도이다.
- 도 3은 도 2 중의 영역 III을 확대하여 개략적으로 도시하는 자오 단면도이다.
- 도 4는 도 3 중의 영역 IV의 확대도이다.
- 도 5는 도 2 중의 영역 V를 확대하여 개략적으로 도시하는 자오 단면도이다.
- 도 6은 도 5 중의 영역 VI의 확대도이다.
- 도 7은 몇 가지 실시 형태에 따른 터빈(1)의 도 3에 대응하는 도면이다.
- 도 8은 도 7 중의 영역 VIII의 확대도이다.
- 도 9는 몇 가지 실시 형태에 따른 터빈(1)의 도 3에 대응하는 도면이다.
- 도 10은 도 9 중의 영역 X의 확대도이다.
- 도 11은 몇 가지 실시 형태에 따른 터빈(1)의 도 4에 대응하는 도면이다.
- 도 12는 몇 가지 실시 형태에 따른 터빈(1)의 도 4에 대응하는 도면이다.
- 도 13은 몇 가지 실시 형태에 따른 터빈(1)의 도 4에 대응하는 도면이다.
- 도 14는 몇 가지 실시 형태에 따른 터빈(1)의 도 4에 대응하는 도면이다.
- 도 15는 몇 가지 실시 형태에 따른 터빈(1)의 도 3에 대응하는 도면이다.
- 도 16은 도 15 중의 영역 XVI의 확대도이다.
- 도 17은 공동에 있어서의 소용돌이 구조를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 18은 공동에 있어서의 소용돌이 구조를 설명하기 위한 도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0109] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 몇 가지 실시 형태에 대하여 설명한다. 단, 실시 형태로서 기재되어 있거나, 또는 도면에 도시되어 있는 구성 부품의 치수, 재질, 형상, 그 상대적 배치 등을, 본 발명의 범위를 이것에 한정하는 취지가 아니며, 단순한 설명예에 지나지 않는다.
- [0110] 예를 들어, 「어떤 방향으로」, 「어떤 방향에 따라」, 「평행」, 「직교」, 「중심」, 「동심」 혹은 「동축」 등의 상대적 혹은 절대적인 배치를 나타내는 표현은, 염밀하게 그러한 배치를 나타낼 뿐만 아니라, 공차, 혹은, 동일한 기능이 얻어지는 정도의 각도나 거리를 가져서 상대적으로 변위하고 있는 상태도 나타내는 것으로 한다.
- [0111] 예를 들어, 「동일」, 「동등하다」 및 「균질」 등의 사물이 동등한 상태임을 나타내는 표현은, 염밀하게 동등한 상태를 나타낼 뿐만 아니라, 공차, 혹은, 동일한 기능이 얻어질 정도의 차가 존재하고 있는 상태도 나타내는 것으로 한다.
- [0112] 예를 들어, 사각 형상이나 원통 형상 등의 형상을 나타내는 표현은, 기하학적으로 염밀한 의미에서의 사각 형상이나 원통 형상 등의 형상을 나타낼 뿐만 아니라, 동일한 효과가 얻어지는 범위에서, 요철부나 모파기부 등을 포함하는 형상도 나타내는 것으로 한다.
- [0113] 한편, 하나의 구성 요소를 「마련하다」, 「갖추다」, 「구비한다」, 「포함한다」, 또는, 「가진다」라는 표현은, 다른 구성 요소의 존재를 제외하는 배타적인 표현은 아니다.
- [0114] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 터빈(1)의 개략적인 구성을 도시하는 단면도이다. 터빈(1)은 중압 증기

터빈이며, 케이싱(차실)(3)과, 로터(5)를 구비하고 있다. 케이싱(3)은 로터(5)의 중간부를 둘러싸고 있으며, 로터(5)의 양단부가, 레이디얼 베어링(7)에 의해 회전 가능하게 지지되어 있다.

[0115] 터빈(1)은 축류 터빈이며, 로터(5)에는, 로터(5)의 축 방향(이하, 간단히 축 방향이라고도 함)으로 서로 이격하여 복수의 동익열(9)이 고정되어 있다. 한편, 케이싱(3)에는, 익환(13, 14)을 통해, 축 방향으로 서로 이격된 복수의 정익열(16)이 고정되어 있다.

[0116] 익환(13, 14)과 로터(5)의 사이에는 통 형상의 내부 유로(18)가 형성되고, 내부 유로(18)에 정익열(16) 및 동익열(9)이 배치된다. 각 정익열(16)은 로터(5)의 주위 방향(이하, 간단히 주위 방향이라고도 함)으로 배열된 복수의 정익(20)으로 이루어지고, 각 정익(20)이 익환(13, 14)에 대하여 고정되어 있다. 각 동익열(9)은 주위 방향으로 배열된 복수의 동익(터빈 동익)(22)으로 이루어지고, 각 동익(22)은 로터(5)에 대하여 고정되어 있다. 각 정익열(16)에서는 증기의 흐름이 가속되고, 각 동익열(9)에서는 증기의 에너지가 로터(5)의 회전 에너지로 변환된다. 로터(5)는 예를 들어 발전기(23)에 접속되고, 로터(5)에 의해 발전기(23)가 구동된다.

[0117] 또한, 케이싱(3)은 축 방향에서 중앙에 증기 입구(3a)를 가짐과 함께, 증기 입구(3a)의 양측에 2개의 증기 출구(3b)를 갖고 있으며, 터빈(1)은 복류 배기식 터빈이다. 이로 인해, 케이싱(3)의 내부에는, 축 방향에서 중앙으로부터 서로 반대측을 향하는 2개의 내부 유로(18)가 형성되어 있다.

[0118] 도 2는 도 1의 일부를 확대하여 개략적으로 도시하는 자오 단면도이다. 구체적으로는, 도 2는 상이한 정익열(16)에 속하는 2개의 정익(20, 20)과, 정익(20, 20)의 이웃에 배치된 2개의 동익(22, 22)을, 로터(5) 및 익환(13)과 함께 개략적으로 도시하고 있다.

[0119] 도 2에 도시한 바와 같이, 로터(5)에는, 주위 방향을 따라 연장되는 날개 흄(24)이 형성되어 있다. 한편, 동익(22)은 서로 일체로 형성된 익근부(26), 날개 본체(날개 프로필부)(27) 및 슈라우드(팁 슈라우드부)(28)를 갖는다. 익근부(26)가 날개 흄(24)에 감합됨으로써, 동익(22)은 로터(5)에 고정된다. 동익(22)의 슈라우드(28)와 대향하는 익환(13)의 부분에는, 시일 부재(29)가 설치되고, 시일 부재(29)는 슈라우드(28)와 익환(13) 사이의 직경 방향 간극(제1 직경 방향 간극)(30)의 누설 흐름을 제한 가능한 시일 장치(100)의 일부를 구성하고 있다.

[0120] 또한, 로터(5)와 동익(22)을 합하여 로터 어셈블리라고도 칭한다.

[0121] 또한 도 2에 도시한 바와 같이, 익환(13)은 주위 방향으로 연장되는 날개 흄(32)을 갖는다. 한편, 정익(20)은 서로 일체로 형성된 익근부(33), 날개 본체(날개 프로필부)(34) 및 슈라우드(허브 슈라우드부)(35)를 갖는다. 익근부(33)가 날개 흄(32)에 감합됨으로써, 정익(20)은 익환(13)에 고정되고, 익환(13)을 통해 케이싱(3)에 고정된다. 또한, 정익(20)의 슈라우드(35)에는, 시일 부재(37)가 설치되고, 시일 부재(37)는 슈라우드(35)와 로터(5) 사이의 직경 방향 간극(제2 직경 방향 간극)(40)의 누설 흐름을 제한 가능한 시일 장치(200)의 일부를 구성하고 있다.

[0122] 도 3은 도 2 중의 영역 III를 확대하여 개략적으로 도시하는 자오 단면도이다. 도 4는 도 3 중의 영역 IV의 확대도이다. 도 5는 도 2 중의 영역 V를 확대하여 개략적으로 도시하는 자오 단면도이다. 도 6은 도 5 중의 영역 VI의 확대도이다. 도 7, 도 9 및 도 15는, 몇 가지 실시 형태에 따른 터빈(1)의 도 3에 각각 대응하는 도면이다. 도 8, 도 10 및 도 16은, 도 7 중의 영역 VIII, 도 9 중의 영역 X 및 도 14의 영역 XVI의 각각 확대도이다. 도 11 내지 도 14는, 몇 가지 실시 형태에 따른 터빈(1)의 도 4에 각각 대응하는 도면이다. 도 17 및 도 18은, 공동에 있어서의 소용돌이 구조를 설명하기 위한 도면이다.

[0123] 도 3, 도 5, 도 7, 도 9 및 도 15에 각각 도시한 바와 같이, 시일 장치(100, 200)는, 적어도 하나의 단차면 [102(102A, 102B), 202]과, 적어도 2개의 시일 편[104(104A, 104B, 104C), 204(204A, 204B)]과, 박리 촉진부 [106(106A, 106B), 206]를 갖는다.

[0124] 또한, 복수의 부호를 팔호로 묶고 있는 경우, 도면에는, 팔호 내의 부호만을 부여하고, 팔호 앞의 부호를 부여하지 않았다. 팔호 앞 부호는, 팔호 내의 부호 중 1개 이상을 가리키는 경우에 명세서 중에서 사용하기로 한다.

[0125] 단차면(102)은 제1 직경 방향 간극(30)에 면하는 동익(22)의 직경 방향 외면에 형성됨과 함께 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 동익(22)의 직경 방향 외면을 로터(5)의 축 방향에서 적어도 2개의 구획[108(108A, 108B, 108C)]으로 구획하고 있다.

[0126] 즉, 구획(108)은 단차면(102)을 통해 이어져 있고, 유체의 흐름 방향에서 하류의 구획(108B, 108C)은, 상류의 구획(108A, 108B)보다도, 직경 방향에서 외측에 위치하고 있다. 구획(108B, 108C)은, 단차면(102)을 갖고서 구

획(108A, 108B)으로부터 직경 방향으로 돌출된 스텝부[109(109A, 109B)]에 의해 구성되어 있다.

[0127] 단차면(202)은 제2 직경 방향 간극(40)에 면하는 로터(5)의 외주면에 형성됨과 함께 유체의 흐름 방향에서 상류를 향하고, 로터(5)의 외주면을 로터(5)의 축 방향에서 적어도 2개의 구획[208(208A, 208B)]으로 구획하고 있다.

[0128] 즉, 구획(208)은 단차면(202)을 통해 이어져 있고, 유체의 흐름 방향에서 하류의 구획(208B)은, 상류의 구획(208A)보다도, 직경 방향에서 외측에 위치하고 있다. 구획(208B)은, 단차면(202)을 갖고서 구획(208A)으로부터 직경 방향으로 돌출된 스텝부(209)에 의해 구성되어 있다.

[0129] 적어도 2개의 시일 핀(104)은 동익(22)을 둘러싸는 위요 부재, 즉 익환(13)으로부터 적어도 2개의 구획(108)을 향하여 각각 돌출됨과 함께 적어도 2개의 구획(108)과 시일 간극[110(110A, 110B)]을 가지며 각각 대향한다. 적어도 2개의 시일 핀(104)은 서로의 사이에 공동[112(112A, 112B)]을 형성하고 있다. 시일 간극(110)은 단차면(102)으로부터 축 방향으로 이격되어 있고, 공동(112)은 로터(5)의 축 방향에서 적어도 하나의 단차면(102)에 걸쳐서 연장되어 있다.

[0130] 적어도 2개의 시일 핀(204)은 정익(20)으로부터 적어도 2개의 구획(208)을 향하여 각각 돌출됨과 함께 적어도 2개의 구획(208)과 시일 간극[210(210A, 210B)]을 가지며 각각 대향한다. 적어도 2개의 시일 핀(204)은 서로의 사이에 공동(212)을 형성하고 있다. 시일 간극(210)은 단차면(202)으로부터 축 방향으로 이격되어 있고, 공동(212)은 로터(5)의 축 방향에서 적어도 하나의 단차면(202)에 걸쳐서 연장되어 있다.

[0131] 박리 촉진부(106, 206)는, 제1 직경 방향 간극(30) 또는 제2 직경 방향 간극(40)에 있어서의 유체의 흐름 방향에서 시일 핀(104, 204)의 하류면에 형성되고, 하류면[114(114A, 114B), 214]에 따르는 유체의 흐름을 박리시키도록 구성되어 있다.

[0132] 상기 구성에서는, 시일 핀(104, 204) 사이의 공동(112, 212)이, 단차면(102, 202)에 걸쳐서 축 방향으로 연장되어 있으므로, 도 17에 도시한 바와 같이, 공동(112, 212) 내의 상류측에 주 소용돌이 MV가 형성되는 한편, 하류측에 박리 소용돌이 CV가 형성된다.

[0133] 그리고, 상기 구성에서는, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 형성된 박리 촉진부(106, 206)에 의해, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 흐름이 박리되는 박리점 SP가 결정된다. 자오면 내에서의 박리점 SP의 위치가 결정됨으로써, 박리점 SP의 위치가 주위 방향으로 변동되는 것이 방지되고, 시일 핀(104, 204) 사이의 공동(112, 212)에 있어서의 주위 방향의 속도 변동(2차 흐름)이 억제된다. 이 결과, 공동(112, 212)의 유동장이 주위 방향으로 균일해져, 공동(112, 212)에 있어서의 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 강화를 도모할 수 있고, 축류 효과가 향상되어, 시일 간극(110, 210)을 통한 누설 흐름을 저감시킬 수 있다.

[0134] 몇 가지 실시 형태에서는, 박리점 SP는, 로터(5)의 주위 방향으로 연속적으로 환상으로 연장되고, 로터(5)와 동심 위에 배치되어 있다.

[0135] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 3, 도 5, 도 7, 도 9 및 도 15에 각각 도시한 바와 같이, 로터(5)의 축방향에 따른 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)의 선단 TP로부터 공동(112, 212)의 축 방향 최원방부까지의 거리를  $W$ 라 하고, 로터(5)의 직경 방향에 따른 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)의 선단으로부터 공동(112, 212)의 직경 방향 최원방부까지의 거리를  $R$ 이라 하고, 시일 핀(104, 204)의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고, 로터(5)의 축 방향에 따른 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)의 선단 TP로부터 유체의 흐름의 박리를 일으키는 박리 촉진부(106, 206)의 형상 변화점까지의 거리를  $x$ 라 하고, 로터(5)의 직경 방향에 따른 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)의 선단 TP로부터 박리 촉진부(106, 206)의 형상 변화점까지의 거리를  $y$ 라 했을 때, 다음 2개의 식:

$$0 < x \leq W/2$$

$$t \leq y \leq R/2$$

[0138] 으로 나타나는 관계가 각각 충족되고 있다.

[0139] 상기 구성에서는, 거리  $x$ 가 거리  $W$ 의 절반 이하이고, 또한, 거리  $y$ 가 거리  $R$ 의 절반 이하임으로써, 박리 촉진부(106, 206)가 공동(112, 212)에 있어서의 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 생성을 방해하는 일 없이, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다. 이 결과, 공동(112, 212)에

있어서의 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 강도의 최대화를 도모할 수 있고, 축류 효과가 향상되어, 시일 간극(110, 210)을 통과한 누설 흐름을 저감시킬 수 있다.

[0140] 또한 시일 편(104, 204)의 선단의 두께  $t$ 는, 시일 편(104, 204)의 하류면(114, 214)의 선단에서의 하류면(114, 214)의 접선과, 당해 접선과 평행이며, 시일 편(104, 204)의 상류면의 선단을 통과하는 평행선 사이의 간격이다.

[0141] 또한, 형상 변화점은, 박리 촉진부(106, 206)에 있어서 유체의 흐름의 박리를 야기하는 형상의 변화점이며, 많은 경우에 있어서 박리점 SP와 일치한다. 따라서 이하에서는, 형상 변화점을 박리점 SP라고도 칭한다.

[0142] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 3 내지 도 6에 도시한 바와 같이, 박리 촉진부(106, 206)는, 시일 편(104, 204)의 하류면(114, 214)에 형성됨과 함께, 시일 편(104, 204)의 돌출 방향을 향한 후향 단차면[120(120A, 120B), 220]에 의해 구성되어 있다.

[0143] 상기 구성에서는, 후향 단차면(120, 220)에 의해, 시일 편(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.

[0144] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 4 및 도 6에 도시한 바와 같이, 시일 편(104, 204)의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고, 후향 단차면(120, 220)의 높이를  $h$ 라 했을 때, 다음 식:

$$0.5 \leq h/t \leq 10$$

[0146] 으로 나타나는 관계가 충족되고 있다.

[0147] 상기 구성에서는, 시일 편(104, 204)의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 후향 단차면(120, 220)의 높이  $h$ 의 비  $h/t$ 가 0.5 이상임으로써, 유체의 흐름이 후향 단차면(120)의 존재를 느낄 수 있고, 후향 단차면(120, 220)으로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 비  $h/t$ 가 10 이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.

[0148] 또한, 박리 촉진부(106, 206)가 후향 단차면(120, 220)인 경우, 박리점 SP는, 시일 편(104, 204)의 근원측과 후향 단차면(120, 220)이 교차하는 교선에 의해 형성된다. 후향 단차면(120, 220)은 로터(5)의 주위 방향으로 연장되는 환상면이며, 후향 단차면(120, 220)의 높이  $h$ 는, 박리점 SP에 있어서의 하류면(114, 214)의 접선과, 당해 접선과 평행이며, 후향 단차면(120, 220)과 하류면(114, 214)의 선단측이 교차하는 위치를 통과하는 평행 선과의 간격이다.

[0149] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 4 및 도 6에 도시한 바와 같이, 시일 편(104, 204)은, 후향 단차면(120, 220)에 의해 선단측과 근원측으로 구획되고, 시일 편(104)의 선단측의 두께는, 근원측의 두께보다도 얇다.

[0150] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 7 및 도 8에 도시한 바와 같이, 박리 촉진부(106, 206)는, 시일 편(104, 204)의 하류면(114, 214)에 고정된 선재[122(122A, 122B)], 예를 들어 와이어에 의해 구성된다.

[0151] 상기 구성에서는, 선재(122)에 의해, 시일 편(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.

[0152] 또한, 박리 촉진부(106, 206)가 선재(122)에 의해 구성되어 있는 경우, 선재(122)의 외주면의 일부가 박리점 SP를 구성한다. 선재(122)는 시일 편(104, 204)에 따라 로터(5)의 주위 방향으로 환상으로 연장되어 있고, 예를 들어 용접에 의해 시일 편(104, 204)에 고정할 수 있다.

[0153] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 8에 도시한 바와 같이, 시일 편(104, 204)의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고, 선재(122)의 직경을  $\phi$ 라 했을 때, 다음 식:

$$0.5 \leq \phi/t \leq 10$$

[0155] 으로 나타나는 관계가 충족되고 있다.

[0156] 상기 구성에서는, 시일 편(104, 204)의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 선재(122)의 직경  $\phi$ 의 비  $\phi/t$ 가 0.5 이상임으로써, 유체의 흐름이 선재(122)의 존재를 느낄 수 있고, 선재(122)로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 비  $\phi/t$ 가 10 이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.

[0157] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 9 및 도 10에 도시한 바와 같이, 박리 촉진부(106, 206)는, 시일 편(104, 204)의

하류면(114, 214)의 근원측과 선단측이 서로 다른 기울기로 교차하는 폴딩부[124(124A, 124B)]에 의해 구성되어 있다.

[0158] 상기 구성에서는, 폴딩부(124)에 의해, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.

[0159] 몇 가지 실시 형태에서는, 폴딩부(124)에서 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)의 근원측과 선단측이 서로 교차하는 각도  $\theta$ 는,  $7^\circ$  이상  $45^\circ$  이하이다.

[0160] 상기 구성에서는, 폴딩부(124)에서 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)의 근원측과 선단측이 서로 교차하는 각도  $\theta$ 가  $7^\circ$  이상임으로써, 유체의 흐름이 폴딩부(124)의 존재를 느낄 수 있고, 폴딩부(124)로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 각도가  $45^\circ$  이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.

[0161] 또한, 박리 측진부(106, 206)가 폴딩부(124)에 의해 구성되어 있는 경우, 박리점 SP는, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)의 근원측과 선단측이 교차하는 교선이며, 로터(5)의 주위 방향으로 환상으로 연장되어 있다. 각도  $\theta$ 는, 교선의 위치에서의 근원측의 접선과 선단측의 접선이 이루는 각도이다.

[0162] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 11에 도시한 바와 같이, 박리 측진부(106, 206)는, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)으로부터 돌출되는 돌기(126B)에 의해 구성되어 있다.

[0163] 상기 구성에서는, 돌기(126B)에 의해, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.

[0164] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 11에 도시한 바와 같이, 시일 핀(104, 204)의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따른 돌기(126B)의 길이를  $w$ 라 하고, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)으로부터의 돌기의 돌출 높이를  $h$ 라 했을 때, 이하의 2개의 식:

$$0.5 \leq w/t$$

$$0.5 \leq h/t \leq 10$$

[0167] 으로 나타나는 관계가 각각 충족되고 있다.

[0168] 상기 구성에서는, 시일 핀(104, 204)의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 돌기(126B)의 길이  $w$ 의 비  $w/t$  및 시일 핀(104, 204)의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 돌기(126B)의 돌출 높이  $h$ 의 비  $h/t$ 가  $0.5$  이상임으로써, 유체의 흐름이 돌기(126B)의 존재를 느낄 수 있고, 돌기(126B)로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 비  $h/t$ 가  $10$  이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.

[0169] 몇 가지 실시 형태에서는, 시일 핀(104, 204)의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 돌기(126B)의 길이  $w$ 의 비  $w/t$ 는  $10$  이하이다.

[0170] 몇 가지 실시 형태에서는, 돌기(126B)는, 로터(5)의 주위 방향으로 환상으로 연장되고, 주위 방향과 직교하는 단면 형상이 사각 형상을 갖고 있다. 돌기(126B)는, 시일 핀(104)의 근원측 및 선단측에 측벽을 갖고, 돌기(126B)의 1개의 외면은, 그 양측의 측벽 사이를 시일 핀(104)의 하류면(114)과 평행하게 연장되어 있다. 이 경우, 박리점 SP는, 돌기(126B)의 외면과 근원측의 측벽이 교차하는 환상의 교선에 의해 구성된다. 돌기(126B)의 높이  $h$ 는, 시일 핀(104)의 하류면(114)의 근원측과 돌기(126B)의 측벽이 교차하는 위치에 있어서의 시일 핀(104)의 하류면(114)의 접선과, 당해 접선과 평행하여 박리점 SP를 통과하는 평행선 사이의 간격이다.

[0171] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 12에 도시한 바와 같이, 박리 측진부(106, 206)는, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 개구되는 흄(128B)에 의해 구성되어 있다.

[0172] 상기 구성에서는, 흄(128B)에 의해, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.

[0173] 몇 가지 실시 형태에서는, 시일 핀(104, 204)의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따른 흄(128B)의 개구의 폭을  $w$ 라 하고, 흄(128B)의 깊이를  $h$ 라 했을 때, 이하의 2개의 식:

$$h \leq w$$

- [0175]  $0.5 \leq h/t \leq 10$
- [0176] 으로 나타나는 관계가 각각 충족되고 있다.
- [0177] 상기 구성에서는, 흄(128B)의 개구의 폭  $w$ 가 흄(128B)의 깊이  $h$  이상이며 또한 시일 핀(104, 204)의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 흄(128B)의 깊이  $h$ 의 비  $h/t$ 가 0.5 이상임으로써, 유체의 흐름이 흄(128B)의 존재를 느낄 수 있고, 흄(128B)으로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 비  $h/t$ 가 10 이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0178] 몇 가지 실시 형태에서는, 흄(128B)은, 로터(5)의 주위 방향으로 확장되고, 주위 방향과 직교하는 단면 형상이 사각 형상을 갖고 있다. 흄(128B)은, 시일 핀(104)의 근원측 및 선단측에 측벽을 갖고, 흄(128B)의 1개의 저면은, 그 양측의 측벽 사이를 시일 핀(104)의 하류면(114)과 평행하게 연장하고 있다. 이 경우, 박리 점 SP는, 흄(128B)의 측벽과 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)의 근원측이 교차하는 환상의 교선에 의해 구성된다. 흄(128B)의 깊이  $h$ 는, 박리 점 SP에 있어서의 시일 핀(104)의 하류면(114)의 접선과, 당해 접선과 평행이며 시일 핀(104)의 근원측의 흄(128B)의 측벽과 흄(128B)의 저면이 교차하는 위치를 통과하는 평행선 사이의 간격이다.
- [0179] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 13에 도시한 바와 같이, 박리 측진부(106, 206)는, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 형성된 오목부(130B)에 의해 구성되어 있다.
- [0180] 상기 구성에서는, 오목부(130B)에 의해, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.
- [0181] 몇 가지 실시 형태에서는, 오목부(130B)의 벽면과 시일 핀(104, 204)의 선단측이 서로 교차하는 각도  $\theta$ 는  $7^\circ$  이상이다. 또한, 오목부(130B)의 벽면은, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114)의 근원측에 의해 구성되고, 하류면(114)의 선단측에 대하여 오목해지도록 만곡되어 있다.
- [0182] 상기 구성에서는, 오목부(130B)의 벽면과 시일 핀(104, 204)의 선단측이 서로 교차하는 각도  $\theta$ 가  $7^\circ$  이상임으로써, 유체의 흐름이 오목부(130B)의 벽면과 시일 핀(104, 204)의 선단측 사이의 경계의 존재, 즉 박리 점 SP의 존재를 느낄 수 있고, 오목부(130B)에 의해 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다.
- [0183] 한편, 도 17에 도시한 바와 같이, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따라 시일 핀(104, 204)의 선단을 향하여 흐르는 유체의 유로 폭이 서서히 확대되고 있을 경우, 하류면(114, 214)에 따라 흐르는 유체의 속도가 서서히 저하된다. 유체의 속도가 저하되면, 박리 점 SP가 정해지지 않고, 공동(112, 212) 내의 주위 방향으로 압력 분포가 발생하기 쉬워진다. 그리고 이 결과, 주위 방향의 2차 흐름이 발생한다는 문제가 있다.
- [0184] 이 점, 상기 구성에서는, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 오목부(130B)를 형성함으로써, 하류면(114, 214)에 따라 시일 핀(104, 204)의 선단을 향하여 흐르는 유체의 유로 폭의 확대율을 저하시킬 수 있어, 유속의 감소를 억제할 수 있다. 이에 의해, 공동(112, 212) 내에서 주위 방향의 불균일한 압력 분포의 발생이 억제되므로 주위 방향의 2차 흐름의 발생이 억제되어, 공동(112, 212)에 있어서의 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0185] 또한, 하류면(114, 214)에 따라 시일 핀(104, 204)의 선단을 향하여 흐르는 유체의 유로 폭의 확대율은, 도 17 및 도 18에 도시한 바와 같이, 소용돌이 중심과 하류면(114) 사이의 거리를 A라 하고, 소용돌이 중심과 시일 간극(110B) 사이의 거리를 B라 했을 때, 거리 A에 대한 거리 B의 비 B/A로 표시된다. 도 17 및 도 18로부터 명백해진 바와 같이, 로터(5)의 직경 방향에 대한 시일 핀(104, 204)의 기울기가 커질수록, 유로 폭의 확대율 B/A는 커진다.
- [0186] 몇 가지 실시 형태에서는, 오목부(130B)의 벽면과 시일 핀(104, 204)의 선단측이 서로 교차하는 각도  $\theta$ 의 상한은, 시일 핀(104, 204)의 강도를 고려하여 설정된다.
- [0187] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 14에 도시한 바와 같이, 박리 측진부(106, 206)는, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 형성됨과 함께, 시일 핀(104, 204)의 돌출 방향과는 반대측을 향한 전향 단차면(132B)에 의해 구성되어 있다.
- [0188] 상기 구성에서는, 전향 단차면(132B)에 의해, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.

- [0189] 몇 가지 실시 형태에서는, 시일 핀(104, 204)의 선단에 있어서의 두께를  $t$ 라 하고, 전향 단차면(132B)의 높이를  $h$ 라 했을 때, 다음 식:
- [0190]  $0.5 \leq h/t \leq 10$
- [0191] 으로 나타나는 관계가 충족되고 있다.
- [0192] 상기 구성에서는, 시일 핀(104, 204)의 선단에 있어서의 두께  $t$ 에 대한 전향 단차면(132B)의 높이  $h$ 의 비  $h/t$ 가 0.5 이상임으로써, 유체의 흐름이 전향 단차면(132B)의 존재를 느낄 수 있고, 전향 단차면(132B)으로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 비  $h/t$ 가 10 이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0193] 또한, 박리 측진부(106, 206)가 전향 단차면(132B)인 경우, 박리점 SP는, 시일 핀(104, 204)의 균원측과 전향 단차면(132B)이 교차하는 교선에 의해 형성된다. 전향 단차면(132B)은 로터(5)의 주위 방향으로 연장되는 환상 면이며, 전향 단차면(132B)의 높이  $h$ 는, 하류면(114, 214)의 균원측과 전향 단차면(132B)이 교차하는 위치에서의 하류면(114, 214)의 접선과, 당해 접선과 평행하며 박리점 SP를 통과하는 평행선 사이의 간격이다.
- [0194] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 3 내지 도 14에 도시한 바와 같이, 시일 핀(104, 204)은, 로터(5)의 직경 방향에 대하여 경사져서 연장되어 있다.
- [0195] 상기 구성에서는, 시일 핀(104, 204)이 로터(5)의 직경 방향에 대하여 경사져 있음으로써, 축류 효과가 커지고, 시일 간극(110, 210)을 흐르는 유체의 누설 흐름을 한층 더 저감할 수 있다.
- [0196] 한편, 시일 핀(104, 204)이 로터(5)의 직경 방향에 대하여 경사져 있는 경우, 도 17에 도시하는 바와 같이, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 유로 폭이 선단을 향하여 확대되어, 유체의 속도가 저하된다. 유체의 속도가 저하되면, 박리점 SP가 정해지지 않고, 공동(112, 212) 내의 주위 방향으로 압력 분포가 발생하기 쉬워진다. 그리고 이 결과, 주위 방향의 2차 흐름이 발생한다는 문제가 있다.
- [0197] 또한, 시일 핀(104, 204)이 로터(5)의 직경 방향에 대하여 경사져 있음으로써, 공동(112, 212) 내의 애스펙트비가 커지고, 공동(112, 212) 내의 주 소용돌이 MV가 직경 방향으로 긴 종장 형상이 된다. 종장 형상의 주 소용돌이 MV는, 진원 형상에 가까워지려고 하는 성질이 있기 때문에, 주 소용돌이 MV의 중심이 변동되기 쉬워, 소용돌이 구조가 불안정해지기 쉽다.
- [0198] 이 점, 상기 구성 (17)에서는, 박리 측진부(106, 206)에 의해 박리점 SP를 결정함으로써, 자오면 내에 있어서의 소용돌이 구조가 안정되므로, 주위 방향의 불균일한 압력 분포의 발생이 억제되어, 주위 방향의 2차 흐름의 발생이 방지된다. 이로 인해, 시일 핀(104, 204)이 로터(5)의 직경 방향에 대하여 경사져 있음에 따른 축류 효과 증대의 장점을 충분히 향수할 수 있고, 누설 흐름을 저감할 수 있다.
- [0199] 또한, 공동(112, 212) 내의 애스펙트비는, 도 17 및 도 18에 도시한 바와 같이, 로터(5)의 직경 방향에 대한 시일 핀(104, 204)의 기울기를 고려한 로터(5)의 축 방향에 따르는 공동(112, 212)의 폭 C와, 로터(5)의 직경 방향에 대한 시일 핀(104, 204)의 기울기를 고려한 로터(5)의 직경 방향에 따르는 공동(112, 212)의 높이 D 사이의 비 D/C이다.
- [0200] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 3 내지 도 14에 도시한 바와 같이, 시일 핀(104, 204)은, 선단측이 균원측보다도 시일 간극(110, 210)을 흐르는 유체의 흐름 방향에서 상류에 위치하도록, 로터(5)의 직경 방향에 대하여 경사져서 연장되어 있다.
- [0201] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 15 및 도 16에 도시한 바와 같이, 시일 핀(104, 204)은, 로터(5)의 직경 방향으로 연장되어 있다.
- [0202] 몇 가지 실시 형태에서는, 도 15 및 도 16에 도시한 바와 같이, 박리 측진부(106, 206)는, 경사면[134(134A, 134B)]에 의해 구성된다.
- [0203] 상기 구성에서는, 경사면(134)에 의해, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)에 따르는 유체의 흐름을 박리시킬 수 있다.
- [0204] 몇 가지 실시 형태에서는, 경사면(134)은 시일 핀(104, 204)의 선단측이 균원측보다도 얇아지도록 경사져 있다. 이 경우, 박리점 SP는, 시일 핀(104, 204)의 하류면(114, 214)과 경사면(134)이 교차하는 교선에 의해 구성된다.

- [0205] 몇 가지 실시 형태에서는, 시일 편(104, 204)의 하류면(114, 214)과 경사면(134)이 이루는 경사 각도  $\theta$ 는  $7^\circ$  이상  $45^\circ$  이하이다.
- [0206] 상기 구성에서는, 경사 각도  $\theta$ 가  $7^\circ$  이상임으로써, 유체의 흐름이 경사면(134)의 존재를 느낄 수 있고, 경사면(134)으로 유체의 흐름을 확실하게 박리시킬 수 있다. 한편, 각도가  $45^\circ$  이하임으로써, 박리에 의한 압력 손실을 억제할 수 있고, 주 소용돌이 MV 및 박리 소용돌이 CV의 강도가 저하되는 것을 방지할 수 있다.
- [0207] 본 발명은 상술한 실시 형태에 한정되지 않고, 상술한 실시 형태에 변경을 가한 형태나, 이를 형태를 조합한 형태도 포함한다.
- [0208] 예를 들어, 슈라우드(35)는 인테그럴 슈라우드에 한정되지 않고, 다이어프램을 구성하는 내륜이어도 된다. 즉, 터빈(1)은 반동 터빈에 한정되지 않고, 충동 터빈이어도 된다.
- [0209] 또한 예를 들어, 터빈(1)은 중압 증기 터빈에 한정되지 않고, 고압이나 저압의 증기 터빈이어도 된다. 또한, 터빈(1)은 단류식이어도 된다. 또한, 터빈(1)은 가스 터빈이어도 되고, 작동유체는 증기에 한정되지 않는다.

### 부호의 설명

- [0210]
- 1: 터빈
  - 3: 케이싱(차실)
  - 3a: 증기 입구
  - 3b: 증기 출구
  - 5: 로터
  - 7: 레이디얼 베어링
  - 9: 동익열
  - 13: 익환
  - 14: 익환
  - 16: 정익열
  - 18: 내부 유로
  - 20: 정익
  - 22: 동익
  - 23: 발전기
  - 24: 날개 흠
  - 26: 익근부
  - 27: 날개 본체(날개 프로필부)
  - 28: 슈라우드(팁 슈라우드부)
  - 29: 시일 부재
  - 30: 직경 방향 간극(제1 직경 방향 간극)
  - 32: 날개 흠
  - 33: 익근부
  - 34: 날개 본체(날개 프로필부)
  - 35: 슈라우드(허브 슈라우드부)
  - 37: 시일 부재

40: 직경 방향 간극(제2 직경 방향 간극)

100: 시일 장치

102(102A, 102B): 단차면

104(104A, 104B, 104C): 시일 편

106(106A, 106B): 박리 촉진부

108(108A, 108B): 구획

109(109A, 109B): 스텝부

110(110A, 110B): 시일 간극

112(112A, 112B): 공동

114(114A, 114B): 하류면

120(120A, 120B): 후향 단차면

122(122A, 122B): 선재

124(124A, 124B): 풀딩부

126B: 돌기

128B: 홈

130B: 오목부

132B: 전향 단차면

134(134A, 134B): 경사면

200: 시일 장치

202: 단차면

204(204A, 204B): 시일 편

206: 박리 촉진부

208(208A, 208B): 구획

209: 스텝부

210(210A, 210B): 시일 간극

212: 공동

214: 하류면

MV: 주 소용돌이

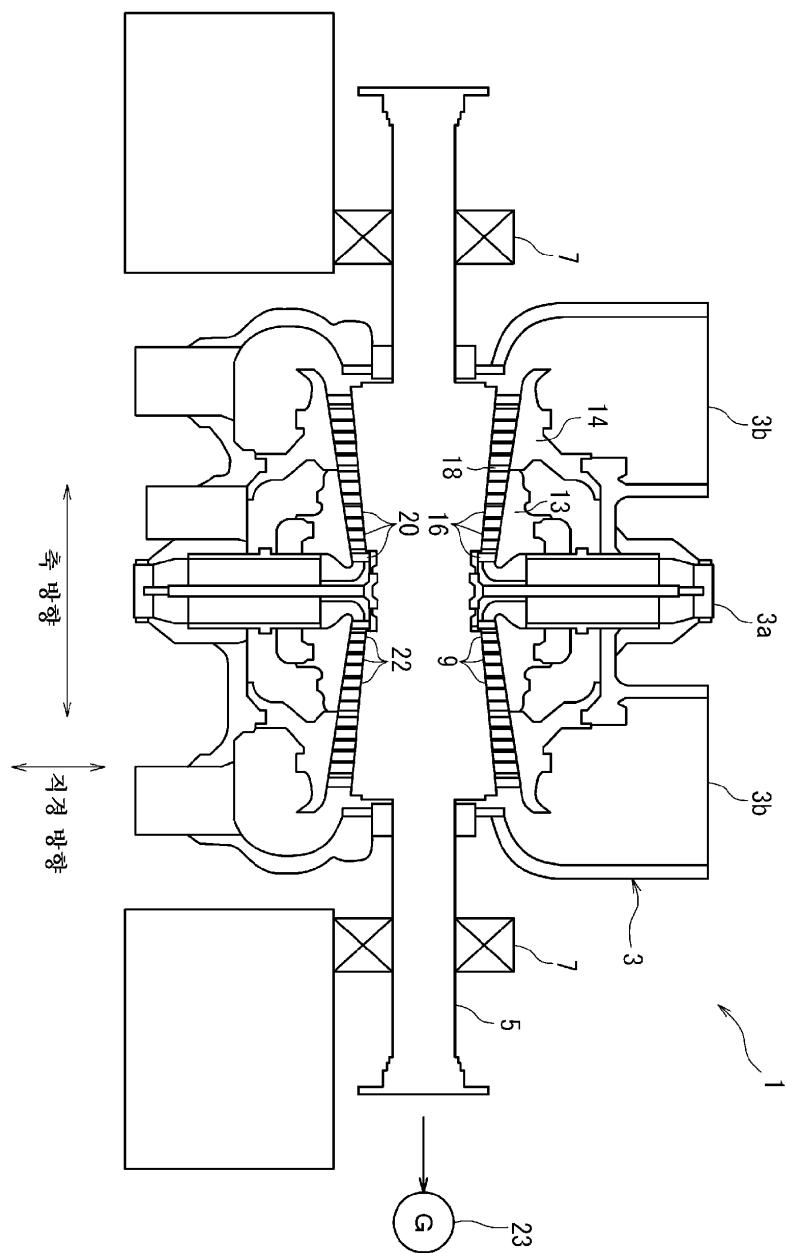
CV: 박리 소용돌이

SP: 박리점(형상 변화점)

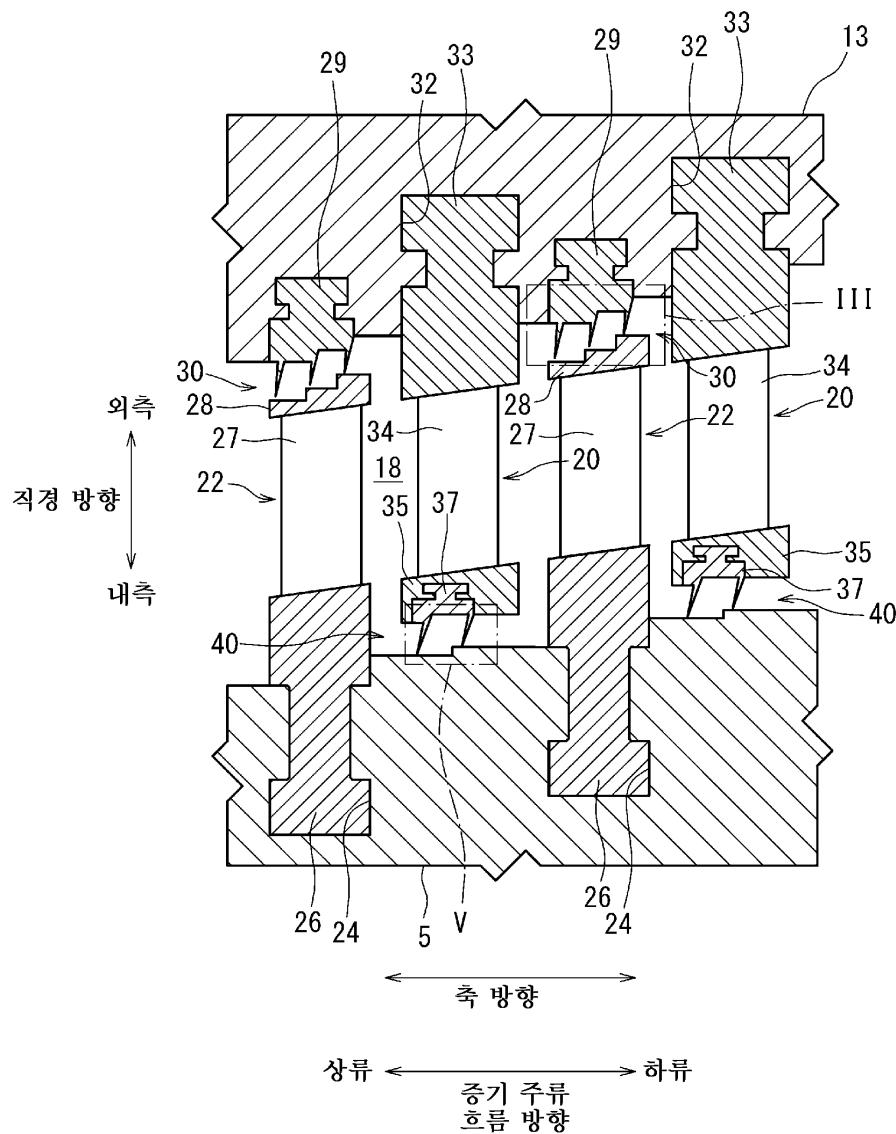
TP: 텁 시일의 하류면의 선단

도면

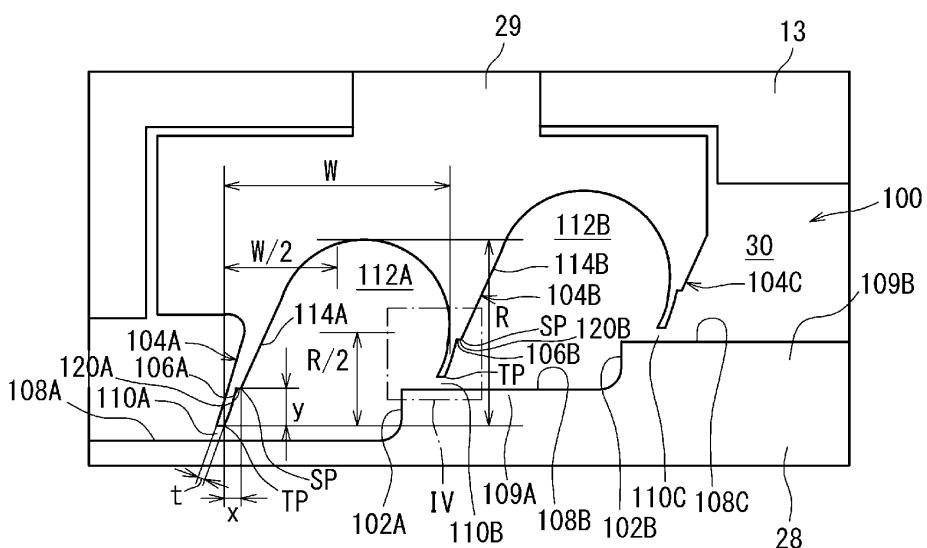
도면1



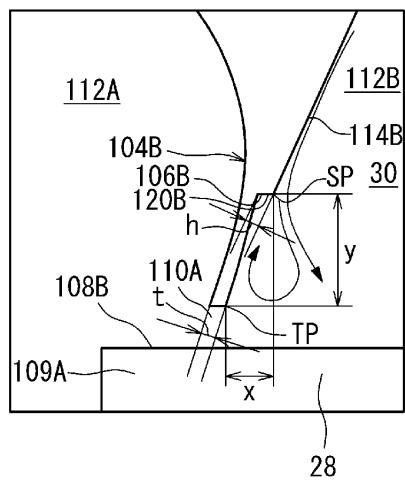
도면2



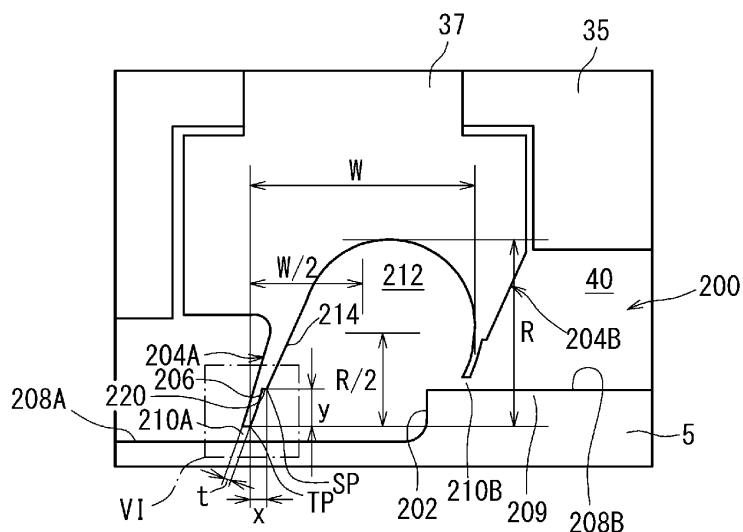
도면3



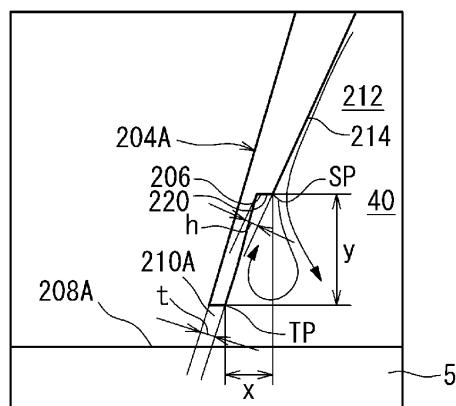
## 도면4



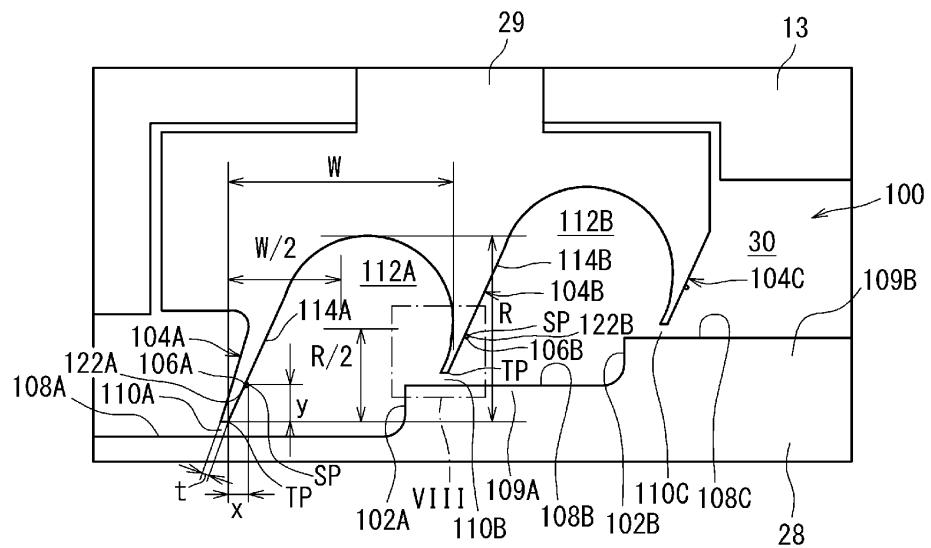
## 도면5



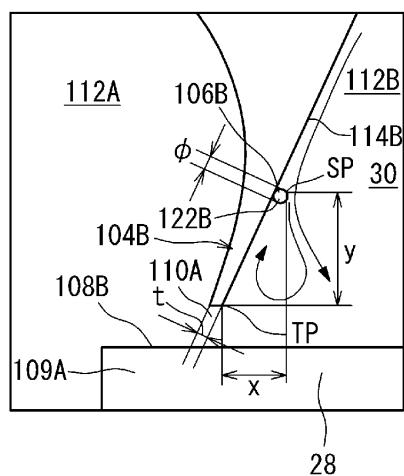
## 도면6



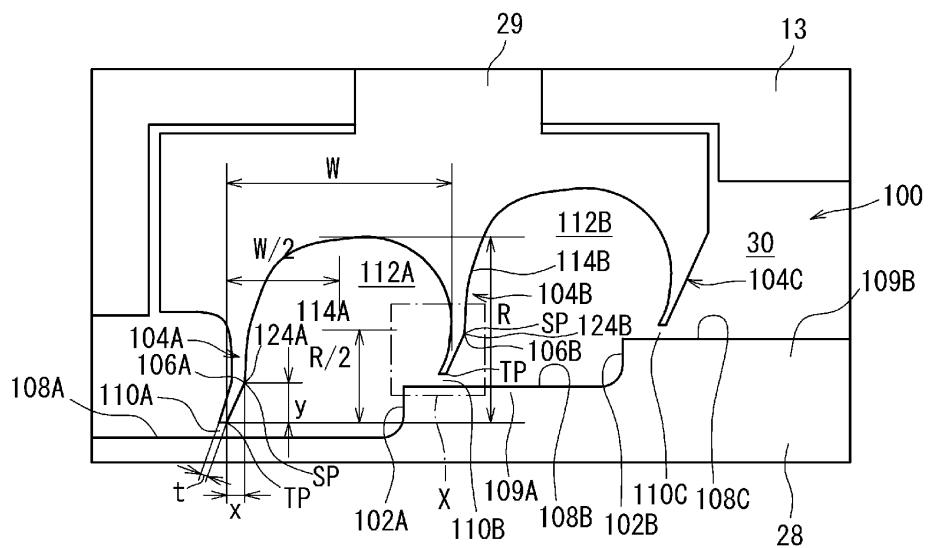
## 도면7



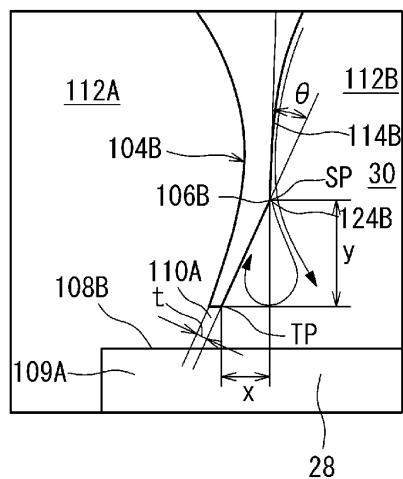
## 도면8



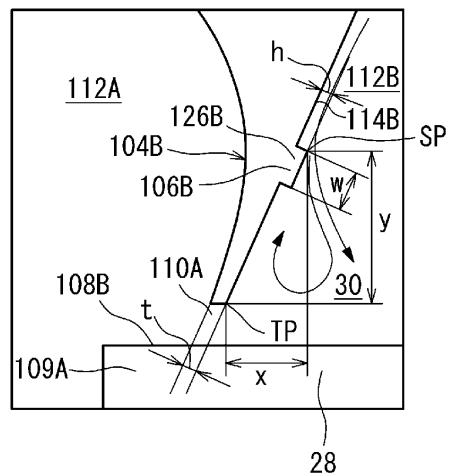
### 도면9



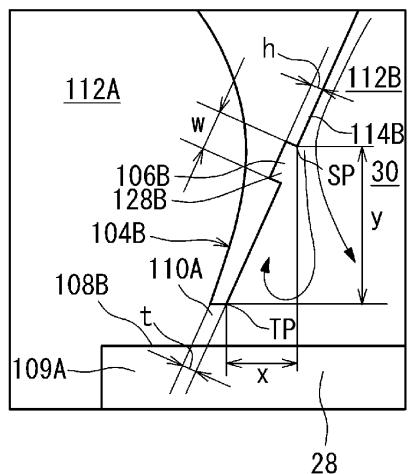
## 도면10



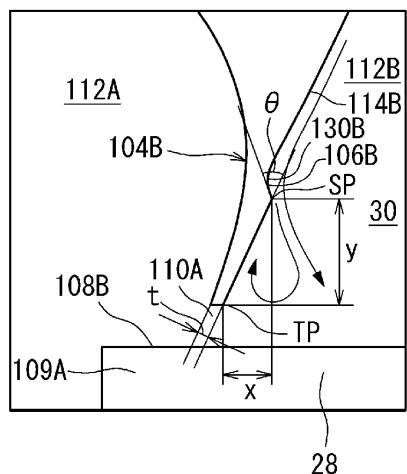
## 도면11



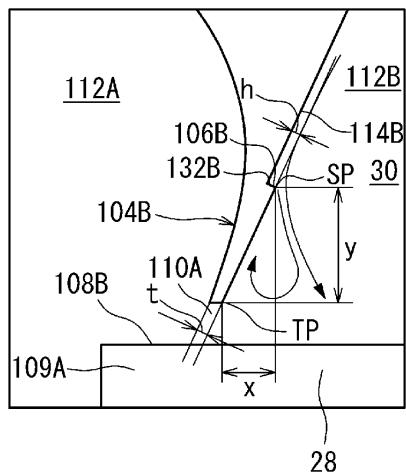
## 도면12



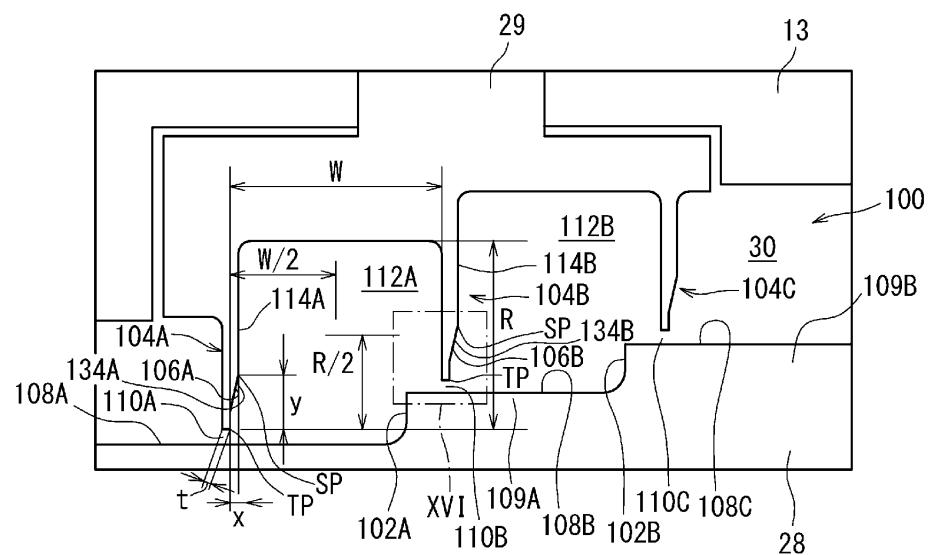
도면13



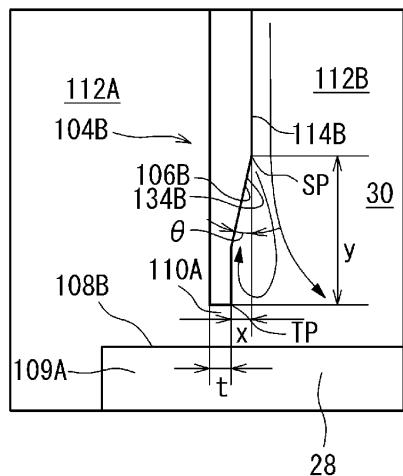
도면14



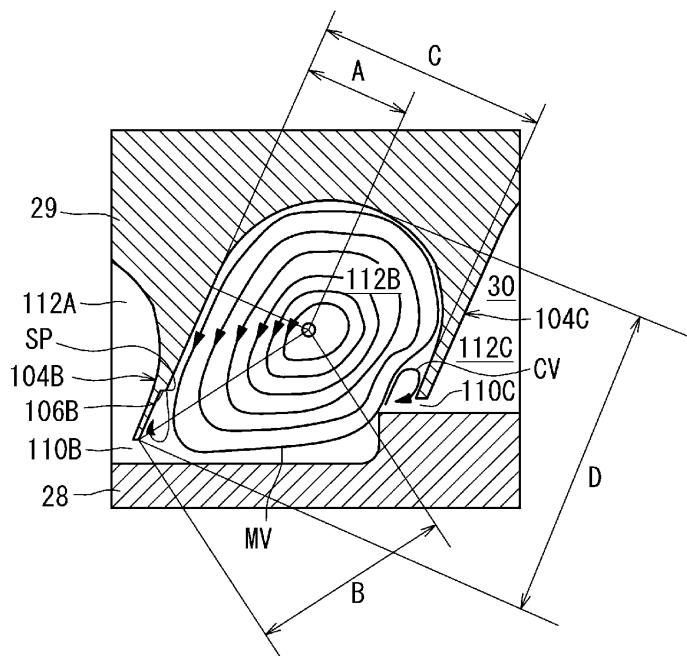
도면15



도면16



도면17



도면18

