



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년03월13일  
(11) 등록번호 10-1716010  
(24) 등록일자 2017년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F01D 11/02 (2006.01) F01D 11/08 (2006.01)  
F01D 5/20 (2006.01) F02C 7/28 (2006.01)  
F16J 15/40 (2006.01) F16J 15/447 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7013458  
(22) 출원일자(국제) 2012년12월12일  
심사청구일자 2014년05월20일  
(85) 번역문제출일자 2014년05월20일  
(65) 공개번호 10-2014-0088572  
(43) 공개일자 2014년07월10일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2012/082206  
(87) 국제공개번호 WO 2013/089139  
국제공개일자 2013년06월20일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2011-272355 2011년12월13일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2006291967 A\*  
JP2008075510 A\*  
JP2004332616 A\*  
JP2011080452 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
미쓰비시 히타치 파워 시스템즈 가부시기가이샤  
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이  
3초메 3-1  
(72) 발명자  
구와무라 요시히로  
일본 1088215 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16방  
5고 미쓰비시 주교교 가부시기가이샤 내  
마츠모토 가즈유키  
일본 1088215 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16방  
5고 미쓰비시 주교교 가부시기가이샤 내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
장수길, 차영란, 이미정, 성재동

전체 청구항 수 : 총 6 항

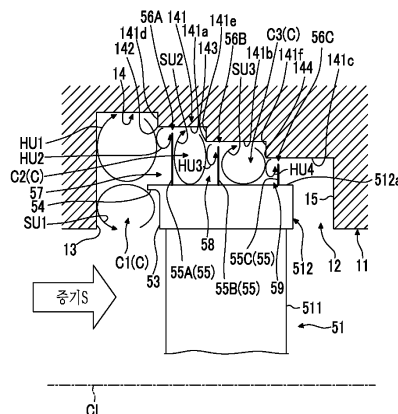
심사관 : 이정혜

(54) 발명의 명칭 터빈

(57) 요약

본 발명에 관한 터빈은, 블레이드와, 상기 블레이드에 대해서 상대 회전하는 구조체를 구비하고, 유체가 유통하는 터빈에 있어서, 상기 블레이드의 직경방향 선단부, 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중, 어느 일방에 형성된 스텝부와, 타방으로부터 상기 스텝부를 향하여 연장되어, 상기 스텝부와 사이에 미소 간극을 형성하는 쉘핀과, 상기 유체의 유통방향에서 상기 쉘핀보다 상류측에 형성되어, 상기 유체가 충돌하는 흐름 충돌면과, 상기 흐름 충돌면으로부터 상류측을 향하여 돌출되는 볼록부와, 상기 흐름 충돌면에 대향하는 대향면을 구비한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

**오야마 히로하루**

일본 1088215 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16방 5  
고 미즈비시 주교교 가부시키키가이샤 내

**다나카 요시노리**

일본 1088215 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16방 5  
고 미즈비시 주교교 가부시키키가이샤 내

**우에하라 히데카즈**

일본 1088215 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16방 5  
고 미즈비시 주교교 가부시키키가이샤 내

**마치다 유키노리**

일본 1088215 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16방 5  
고 미즈비시 주교교 가부시키키가이샤 내

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

블레이드와, 상기 블레이드의 직경방향 선단측에 간극을 통하여 설치됨과 함께 상기 블레이드에 대해서 상대 회전하는 구조체를 구비하고, 상기 간극에 유체가 유통하는 터빈에 있어서,

상기 블레이드의 직경방향 선단부 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중 어느 일방에 형성되어, 직경방향으로의 복수의 단차를 가지는 스텝부와,

상기 블레이드의 직경방향 선단부 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중 타방으로부터 상기 스텝부를 향하여 연장되어, 상기 스텝부와 사이에 미소 간극을 형성하는 복수의 쉘핀과,

상기 블레이드의 직경방향 선단부 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중 타방에 형성됨과 함께, 상기 유체의 유통방향에서 상기 쉘핀보다 상류측에 형성되어, 상기 유체가 충돌하는 흐름 충돌면과,

상기 흐름 충돌면에 대향하는 대향면을 구비하고,

상기 쉘핀, 상기 흐름 충돌면 및 상기 일방에 의해 캐비티가 형성되며,

상기 흐름 충돌면으로부터 상류측을 향해 돌출하며, 상기 캐비티를 상기 일방측의 공간과 상기 타방측의 공간으로 구분하는 볼록부를 더 구비하고,

상기 스텝부는 축방향을 따르는 축방향 벽면, 및 모서리부를 개재하여 상기 축방향 벽면에 접속되고, 또한 직경방향을 따르는 직경방향 벽면을 가지며,

복수의 상기 쉘핀은 축방향으로 간격을 두고 배치되고, 상기 스텝부의 각 단차에 있어서의 상기 직경방향 벽면 및 상기 모서리부보다 하류 측의 위치에 각각 고정되어 있고,

상기 흐름 충돌면에 충돌하는 상기 유체에 의해 상기 캐비티의 타방측의 공간에, 상기 흐름 충돌면을 거쳐 상기 볼록부를 따라서 흐르는 주 소용돌이가 발생하고,

상기 주 소용돌이의 일부가 상기 볼록부에 의해 박리되어, 상기 캐비티의 일방측의 공간에 상기 주 소용돌이와는 반대 방향의 제1 박리 소용돌이가 발생하고,

상기 제1 박리 소용돌이의 일부가 상기 스텝부에서 박리되어, 상기 제1 박리 소용돌이와는 반대 방향의 제2 박리 소용돌이가 발생하고,

상기 제2 박리 소용돌이가 상기 미소 간극에 있어서 상기 유체의 누설량을 저감시키는 축류 효과를 발휘하는, 터빈.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 스텝부의 표면에, 상기 쉘핀보다 피삭성이 뛰어난 쾌삭재가 설치되어 있는 터빈.

#### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 스텝부가 상기 구조체에 형성되고,

상기 쉘핀이 상기 블레이드에 설치되어 있는 터빈.

#### 청구항 4

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,

상기 구조체가, 회전 구동되는 축체를 수용하는 케이싱이며,  
상기 블레이드가, 상기 축체에 고정되어 상기 케이싱의 측으로 뻗는 동익인 터빈.

#### 청구항 5

청구항 1 또는 청구항 2에 있어서,  
상기 구조체가, 회전 구동되는 축체이며,  
상기 블레이드가, 상기 축체를 수용하는 케이싱에 고정되어 상기 축체의 측으로 뻗는 정익인 터빈.

#### 청구항 6

블레이드와 상기 블레이드에 대해서 상대 회전하는 구조체 사이의 간극에서의 유체의 리크량을 저감화하는 쉘 구조에 있어서,

상기 블레이드의 직경방향 선단부 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중 어느 일방에 형성되어, 직경방향으로의 복수의 단차를 가지는 스텝부와,

상기 블레이드의 직경방향 선단부 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중 타방으로부터 상기 스텝부를 향하여 연장되어, 상기 스텝부와 사이에 미소 간극을 형성하는 복수의 쉘핀과,

상기 블레이드의 직경방향 선단부 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중 타방에 형성됨과 함께, 상기 유체의 유동방향에서 상기 쉘핀보다 상류측에 형성되어, 상기 유체가 충돌하는 흐름 충돌면과,

상기 흐름 충돌면에 대향하는 대향면을 구비하고,

상기 쉘핀, 상기 흐름 충돌면 및 상기 일방에 의해 캐비티가 형성되며,

상기 흐름 충돌면으로부터 상류측을 향해 돌출하며, 상기 캐비티를 상기 일방측의 공간과 상기 타방측의 공간으로 구분하는 볼록부를 더 구비하고,

상기 스텝부는 축방향을 따르는 축방향 벽면, 및 모서리부를 개재하여 상기 축방향 벽면에 접속되고, 또한 직경방향을 따르는 직경방향 벽면을 가지며,

복수의 상기 쉘핀은 축방향으로 간격을 두고 배치되고, 상기 스텝부의 각 단차에 있어서의 상기 직경방향 벽면 및 상기 모서리부보다 하류 측의 위치에 각각 고정되어 있고,

상기 흐름 충돌면에 충돌하는 상기 유체에 의해 상기 캐비티의 타방측의 공간에, 상기 흐름 충돌면을 거쳐 상기 볼록부를 따라서 흐르는 주 소용돌이가 발생하고,

상기 주 소용돌이의 일부가 상기 볼록부에 의해 박리되어, 상기 캐비티의 일방측의 공간에 상기 주 소용돌이와는 반대 방향의 제1 박리 소용돌이가 발생하고,

상기 제1 박리 소용돌이의 일부가 상기 스텝부에서 박리되어, 상기 제1 박리 소용돌이와는 반대 방향의 제2 박리 소용돌이가 발생하고,

상기 제2 박리 소용돌이가 상기 미소 간극에 있어서 상기 유체의 누설량을 저감시키는 축류 효과를 발휘하는, 쉘 구조.

#### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 예를 들면, 발전 플랜트, 화학 플랜트, 가스 플랜트, 제철소, 선박 등에 이용되는 터빈에 관한 것이다.

[0002] 본원은, 2011년 12월 13일에 일본에 출원된 일본 특허출원 2011-272355호에 대하여 우선권을 주장하고, 그 내용을 여기에 원용한다.

#### 배경 기술

- [0003] 종래부터, 증기 터빈의 일종으로서, 내부를 증기가 유통하는 케이싱과, 이 케이싱의 내부에 회전 가능하게 설치된 축체를 가지는 것이 알려져 있다. 이 증기 터빈에서는, 케이싱의 내주면에 정익(靜翼)이 고정됨과 함께, 축체의 외주면에 동익(動翼)이 고정되어, 정익과 동익이 축방향으로 교대로 복수 단에 걸쳐 설치된다.
- [0004] 이 증기 터빈은, 작동 방식의 차이에 따라, 증동 터빈과 반동 터빈으로 크게 분류된다. 증동 터빈이란, 증기로부터 받는 충격력에만 의하여 동익이 회전하는 것이다. 이 증동 터빈에서는, 정익이 노즐 형상을 가지고, 이 정익을 통과한 증기가 동익에 분사되어, 증기로부터 받는 충격력에만 의하여 동익이 회전한다. 한편, 반동 터빈은, 정익의 형상이 동익과 동일하며, 이 정익을 통과한 증기로부터 받는 충격력과, 동익을 통과할 때에 발생하는 증기의 팽창에 대한 반동력에 의하여 동익이 회전하는 것이다.
- [0005] 그런데, 이러한 증기 터빈에서는, 동익의 선단부와 케이싱과의 사이에, 직경방향으로 소정 폭의 간극이 형성되어 있으며, 또 정익의 선단부와 축체와의 사이에도, 직경방향으로 소정 폭의 간극이 형성되어 있다. 그리고, 축체의 축선 방향으로 흐르는 증기의 일부가, 이들 동익이나 정익의 선단부의 간극을 지나 하류측으로 리크된다. 여기에서, 동익과 케이싱과의 사이의 간극으로부터 하류측으로 리크되는 증기는, 동익에 대해서 충격력도 반동력도 부여하지 않기 때문에, 증동 터빈이나 반동 터빈에 관계없이, 동익을 회전시키는 구동력으로서 거의 기여하지 않는다. 또, 정익과 축체와의 사이의 간극으로부터 하류측으로 리크되는 증기도, 정익을 넘어도 그 속도가 변화하지 않고 또 팽창도 발생하지 않기 때문에, 증동 터빈이나 반동 터빈에 관계없이, 하류측의 동익을 회전시키기 위한 구동력으로서 거의 기여하지 않는다. 따라서, 증기 터빈의 성능 향상을 위해서는, 동익이나 정익의 선단부의 간극에 있어서의 증기의 리크량을 저감시키는 것이 중요해진다.
- [0006] 따라서, 동익이나 정익의 선단부의 간극으로부터 증기가 리크되는 것을 방지하는 수단으로서, 셸핀이 종래 이용되고 있다. 이 셸핀은, 예를 들면 동익의 선단부에 이용하는 경우, 동익 및 케이싱 중 어느 일방으로부터 돌출되어, 타방과의 사이에 미소한 간극을 형성하도록 설치된다.
- [0007] 그런데, 동익으로서, 그 선단부를 구성하는 슈라우드의 상류측면, 즉 증기류가 충돌하는 면에, 상류측을 향하여 돌출되는 볼록부를 형성한 것이 종래 알려져 있다(예를 들면, 특허문헌 1 및 특허문헌 2를 참조).
- [0008] 그러나, 이들 특허문헌 1 및 특허문헌 2에는, 슈라우드에 이 볼록부를 형성하는 의의에 관해서는 기재되어 있지 않다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 일본 특허공개공보 2006-291967호  
(특허문헌 0002) 일본 특허공개공보 평02-030903호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0010] 그러나, 동익이나 정익의 선단부에 셸핀이 설치되는 종래의 증기 터빈에서는, 셸핀이 동익이나 정익의 측으로부터 돌출되는 경우, 하류측으로의 증기의 리크를 방지하는 셸 성능이 양호하게 얻어지지 않는다는 문제가 있다.
- [0011] 도 8은, 종래의 증기 터빈에 대하여 동익(80)의 선단부 주변을 나타내는 개략 단면도이다.
- [0012] 동익(80)을 구성하는 슈라우드(81)로부터 셸핀(82)이 돌출되는 경우, 동익(80)에 부딪친 증기(S)는, 동익(80)의 상류측에 형성된 캐비티(C)의 내부에 주소용돌이(SU)를 형성한다. 그리고, 이 주소용돌이(SU)가 슈라우드(81)의 모서리부(83)에 부딪쳐 그 일부가 박리됨으로써, 박리 소용돌이(HU)가 형성된다. 그러나, 이 박리 소용돌이(HU)는, 셸핀(82)의 선단부에 있어서 케이싱(84)으로부터 셸핀(82)의 측을 향하여 흐르고 있다.
- [0013] 따라서, 이 박리 소용돌이(HU)는, 축류 효과 즉 셸핀(82)의 선단과 케이싱(84)과의 사이의 미소 간극(85)을 지나 하류측으로 리크되는 증기(S)를 직경방향으로 압축함으로써 리크량을 저감시키는 효과가 작다. 이로써, 동익(80)으로부터 셸핀(82)이 돌출되는 구성으로는, 셸 성능이 양호하게 얻어지지 않았다.
- [0014] 본 발명은, 이러한 사정을 고려하여 이루어진 것이며, 그 목적은, 날개체 및 구조체 중 어느 일방으로부터 타방

을 향하여 썰핀이 뺀 터빈에 있어서, 썰핀의 선단과 날개체 또는 구조체와의 사이의 간극에 있어서의 증기의 리크량을 저감화하는 수단을 제공하는 것에 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0015] (1) 본 발명에 관한 터빈은, 블레이드와, 상기 블레이드의 직경방향 선단측에 간극을 통하여 설치됨과 함께 상기 블레이드에 대해서 상대 회전하는 구조체를 구비하고, 상기 간극에 유체가 유통하는 터빈에 있어서, 상기 블레이드의 직경방향 선단부 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중 어느 일방에 형성되어, 직경방향으로의 단차를 가지는 스텝부와, 상기 블레이드의 직경방향 선단부 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중 타방으로부터 상기 스텝부를 향하여 연장되어, 상기 스텝부와 사이에 미소 간극을 형성하는 썰핀과, 상기 유체의 유통방향에서 상기 썰핀보다 상류측에 형성되어, 상기 유체가 충돌하는 흐름 충돌면과, 상기 흐름 충돌면으로부터 상류측을 향하여 돌출되는 볼록부와, 상기 흐름 충돌면에 대향하는 대향면을 구비한다.
- [0016] 이러한 구성에 의하면, 흐름 충돌면에 충돌한 유체가, 흐름 충돌면과 대향면과의 사이인 볼록부보다 블레이드 기단측의 공간에, 주소용돌이를 형성한다. 그리고, 볼록부에서 주소용돌이의 일부가 박리됨으로써, 흐름 충돌면과 대향면과의 사이인 볼록부보다 블레이드 선단측의 공간에, 박리 소용돌이가 발생한다. 또한, 스텝부의 모서리부에서 박리 소용돌이의 일부가 박리됨으로써, 썰핀의 상류측에 형성되는 확폭(擴幅)부의 내부에, 박리 소용돌이가 발생한다. 그리고, 이 확폭부에 발생한 박리 소용돌이는, 썰핀의 선단과 구조체와의 사이에 형성되는 미소 간극의 위치에 있어서, 썰핀으로부터 구조체의 측을 향하여 흐른다.
- [0017] 이로써, 이 박리 소용돌이는, 미소 간극에 있어서의 유체의 리크량을 저감시키는, 이른바 축류 효과를 발휘한다.
- [0018] (2) 상기 스텝부의 표면에, 상기 썰핀보다 피삭성이 뛰어난 쾌삭재가 설치되어 있는 것이 바람직하다.
- [0019] 이러한 구성에 의하면, 터빈의 기동 시에는, 블레이드에 발생하는 열신장이 구조체에 발생하는 열신장보다 커짐으로써, 나아가서는 블레이드가 동익인 경우에 원심 신장이 발생함으로써, 썰핀이 쾌삭재를 절삭한다. 그 후, 터빈이 정격운전으로 이행되고, 블레이드의 열신장이 구조체의 열신장과 동등한 크기, 또는, 구조체의 열신장보다 작아짐으로써, 썰핀은 쾌삭재로부터 떨어진 상태가 된다. 그리고, 이 때, 썰핀과 쾌삭재와의 사이의 직경방향 폭은, 쾌삭재가 없는 경우에 있어서의 썰핀과 스텝부와와의 사이의 직경방향 폭과 비교하여 좁은 것이다.
- [0020] 이로써, 썰핀의 선단부에 있어서의 유체의 리크량을 저감시킬 수 있다.
- [0021] (3) 상기 스텝부가 상기 구조체에 형성되고, 상기 썰핀이 상기 블레이드에 설치되어 있는 것이 바람직하다.
- [0022] 이러한 구성에 의하면, 썰핀의 선단부가 블레이드로부터 떨어진 위치가 되기 때문에, 썰핀의 선단부와 구조체와의 슬라이딩에 의한 열이, 블레이드에 전해지기 어렵다.
- [0023] (4) 상기 구조체가, 회전 구동되는 축체를 수용하는 케이싱이며, 상기 블레이드가, 상기 축체에 고정되어 상기 케이싱의 측으로 뺀 동익인 것이 바람직하다.
- [0024] 이러한 구성에 의하면, 동익의 선단부에 있어서, 썰핀과 케이싱과의 사이에 형성되는 미소 간극으로부터의 유체의 리크량을 최소한으로 억제할 수 있다.
- [0025] (5) 상기 구조체가, 회전 구동되는 축체이며, 상기 블레이드가, 상기 축체를 수용하는 케이싱에 고정되어 상기 축체의 측으로 뺀 정익인 것이 바람직하다.
- [0026] 이러한 구성에 의하면, 정익의 선단부에 있어서, 썰핀과 축체와의 사이에 형성되는 미소 간극으로부터의 유체의 리크량을 최소한으로 억제할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0027] 본 발명에 관한 터빈에 의하면, 블레이드 및 구조체 중 어느 일방으로부터 타방을 향하여 썰핀이 뺀 터빈에 있어서, 썰핀의 선단과 블레이드 또는 구조체와의 사이의 간극에 있어서의 증기의 리크량을 저감화할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 제1 실시형태에 관한 증기 터빈을 나타내는 개략 단면도이다.

도 2는 도 1에 있어서의 동익의 선단부 주변을 확대한 부분 확대 단면도이다.

도 3은 박리 소용돌이의 축류 효과에 대하여 설명하는 도이며, 도 2에 있어서의 제1 썰핀의 선단부 주변을 확대한 부분 확대 단면도이다.

도 4는 제2 실시형태에 관한 동익의 선단부 주변을 나타내는 개략 단면도이다.

도 5a는 제2 실시형태에 관한 증기 터빈의 작용 효과를 설명하는 도이다.

도 5b는 제2 실시형태에 관한 상기 터빈의 작용 효과를 설명하는 도이다.

도 6은 제3 실시형태에 관한 동익의 선단부 주변을 나타내는 개략 단면도이다.

도 7은 제4 실시형태에 관한 정익의 선단부 주변을 나타내는 개략 단면도이다.

도 8은 종래의 증기 터빈에 대하여 동익의 선단부 주변을 나타내는 개략 단면도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] [제1 실시형태]
- [0030] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태에 대하여 설명한다. 먼저, 본 발명의 제1 실시형태에 관한 증기 터빈의 구성에 대하여 설명한다. 도 1은, 제1 실시형태에 관한 증기 터빈(1)을 나타내는 개략 단면도이다.
- [0031] 증기 터빈(1)은, 증공의 케이싱(10)과, 이 케이싱(10)의 내부에 유입되는 증기(S)(유체)의 양과 압력을 조정하는 조정 밸브(20)와, 케이싱(10)의 내부에 회전 가능하게 설치되어, 도시하지 않은 발전기 등의 기계에 동력을 전달하는 축체(30)와, 케이싱(10)에 지지된 환형상 정익군(40)과, 축체(30)에 설치된 환형상 동익군(50)(블레이드)과, 축체(30)를 축(CL) 둘레로 회전 가능하게 지지하는 베어링부(60)를 구비하고 있다.
- [0032] 케이싱(10)은, 내부 공간이 기밀하게 밀봉되어 있음과 함께, 증기(S)의 유로로 되어 있다. 이 케이싱(10)은, 그 내벽면에 고정된 링형상의 구획판 외륜(11)(구조체)을 가지고 있다. 그리고, 이 구획판 외륜(11)에 축체(30)가 삽입통과되어 있다.
- [0033] 조정 밸브(20)는, 케이싱(10)의 내부에 복수개 장착되어 있으며, 각각 도시하지 않은 보일러로부터 증기(S)가 유입되는 조정 밸브실(21)과, 밸브체(22)와, 밸브 시트(23)를 구비하고 있으며, 밸브체(22)가 밸브 시트(23)로부터 떨어지면 증기 유로가 개방되어, 증기실(24)을 통하여 증기(S)가 케이싱(10)의 내부 공간으로 유입되도록 되어 있다.
- [0034] 축체(30)는, 축 본체(31)와, 이 축 본체(31)의 외주로부터 직경방향으로 연장된 복수의 디스크(32)를 구비하고 있다. 이 축체(30)는, 회전 에너지를, 도시하지 않은 발전기 등의 기계에 전달하도록 되어 있다.
- [0035] 환형상 정익군(40)은, 축체(30)의 둘레방향을 따라 복수의 정익(41)이 케이싱(10)의 내측면에 설치되어 이루어진 것이다. 이 정익(41)은, 기단부가 상기 구획판 외륜(11)에 의하여 지지된 날개 본체(42)와, 이 날개 본체(42)의 직경방향 선단부를 둘레방향으로 연결하는 링형상의 허브 슈라우드(43)를 가지고 있다. 그리고, 이 허브 슈라우드(43)에는, 직경방향으로 소정 폭의 간극을 통하도록 하여, 축체(30)가 삽입통과되어 있다.
- [0036] 그리고, 이와 같이 구성되는 6개의 환형상 정익군(40)이, 축체(30)의 축방향으로 소정 간격으로 설치되어 있으며, 증기(S)의 압력 에너지를 속도 에너지로 변환하여, 하류측에 인접하는 동익(51)측으로 안내하도록 되어 있다.
- [0037] 베어링부(60)는, 축체(30)를 직경방향으로 받는 저널 베어링 장치(61)와, 축체(30)를 축방향으로 받는 스러스트 베어링 장치(62)를 가지고, 축체(30)를 회전 가능하게 지지하고 있다.
- [0038] 환형상 동익군(50)은, 축체(30)의 둘레방향을 따라 복수의 동익(51)이 설치되어 이루어지는 것이다. 이 동익(51)은, 기단부가 상기 디스크(32)에 고정된 날개 본체(511)와, 이 날개 본체(511)의 직경방향 선단부를 둘레방향으로 연결하는 링형상의 팁 슈라우드(512)(도 1에는 도시하지 않음)를 가지고 있다. 그리고, 이와 같이 구성되는 6개의 환형상 동익군(50)이, 6개의 환형상 정익군(40)의 하류측에 인접하도록 하여 각각 설치되어 있다.
- [0039] 이로써, 1조 1단이 되는 환형상 정익군(40) 및 환형상 동익군(50)이, 축방향을 따라 함께 6단에 걸쳐 구성되어 있다.
- [0040] 여기에서, 도 2는, 도 1에 있어서의 동익(51)의 선단부 주변을 확대한 부분 확대 단면도이다.



- [0041] 도 2에 나타내는 구획판 외륜(11)의 내주면에는, 둘레방향을 따라 환형상 홈(12)이 형성되어 있다. 이 환형상 홈(12)은, 상류측 벽면(13)(대향면)과, 바닥면(14)과, 하류측 벽면(15)에 의하여 형성되어 있다. 그리고, 바닥면(14)에 있어서의 틈 슈라우드(512)에 대향하는 위치에는, 계단형상의 스텝부(141)가 형성되어 있다. 이 스텝부(141)는, 하류측으로 감에 따라 동익(51)의 측으로 돌출되는 3개의 단차로 이루어지고, 측방향을 따르는 3개의 측방향 벽면(내주면)(141a, 141b, 141c)과, 직경방향을 따르는 3개의 직경방향 벽면(141d, 141e, 141f)을 가지고 있다.
- [0042] 다만, 스텝부(141)는, 적어도 측방향 벽면(141a)과 직경방향 벽면(141d)을 가지고 있으면 충분하며, 그 단차의 수는 3단에 한정되지 않고 임의로 변경이 가능하다.
- [0043] 한편, 도 2에 나타내는 바와 같이, 동익(51)의 선단부에는, 상술과 같이 링형상의 틈 슈라우드(512)가 배치되어 있다. 이 틈 슈라우드(512)는, 단면 대략 직사각형 형상을 가지고, 구획판 외륜(11)의 상류측 벽면(13)에 대향하는 위치에는, 증기(S)가 충돌하는 증기 충돌면(53)(흐름 충돌면)이 형성되어 있다. 그리고, 이 증기 충돌면(53)에 있어서의 직경방향 선단부에는, 상류측을 향하여 돌출되는 볼록부(54)가 형성되어 있다. 이 볼록부(54)는, 단면 대략 직사각형 형상을 가지고, 틈 슈라우드(512)의 직경방향 선단부에 형성되어 있다.
- [0044] 다만, 볼록부(54)의 단면 형상은, 본 실시형태의 직사각형에 한정되지 않고 임의로 설계 변경이 가능하며, 예를 들면 삼각형이나 반원형으로 할 수도 있다.
- [0045] 또, 틈 슈라우드(512)의 단면 형상도 본 실시형태에 한정되지 않고, 예를 들면 하류측으로 감에 따라 직경방향을로의 두께가 얇아지는 계단 형상이어도 된다.
- [0046] 또, 볼록부(54)를 형성하는 위치는, 틈 슈라우드(512)의 증기 충돌면(53)에 있어서의 직경방향 선단부에 한정되지 않고, 예를 들면 직경방향 중앙부나 직경방향 기단부여도 된다.
- [0047] 또, 볼록부(54)의 선단을 상류측 벽면(13)에 근접한 위치까지 돌출시켜, 볼록부(54)와 상류측 벽면(13)과의 사이에 미소한 간극을 형성함으로써, 이른바 측방향 씰핀으로서 볼록부(54)를 구성하여도 된다.
- [0048] 그리고, 도 2에 나타내는 바와 같이, 틈 슈라우드(512)의 외주면(512a)에는, 측방향으로 소정 간격으로 3개의 씰핀(55)이, 직경방향으로 돌출되어 각각 설치되어 있다. 이 중, 가장 상류측에 위치하는 제1 씰핀(55A)은, 그 기단부가 직경방향 벽면(141d)보다 약간 하류측의 위치에 고정되고, 그 선단부가 스텝부(141)의 측방향 벽면(141a)에 근접한 위치에 도달하고 있다.
- [0049] 이로써, 제1 씰핀(55A)과 측방향 벽면(141a)과의 사이에는, 미소 간극(56A)이 형성되어 있다.
- [0050] 또, 2번째로 상류측에 위치하는 제2 씰핀(55B)은, 그 기단부가 직경방향 벽면(141e)보다 약간 하류측의 위치에 고정되고, 그 선단부가 스텝부(141)의 측방향 벽면(141b)에 근접한 위치에 도달하고 있다.
- [0051] 이로써, 제2 씰핀(55B)과 측방향 벽면(141b)과의 사이에는, 미소 간극(56B)이 형성되어 있다.
- [0052] 또, 가장 하류측에 위치하는 제3 씰핀(55C)은, 그 기단부가 직경방향 벽면(141f)보다 약간 하류측에 고정되고, 그 선단부가 스텝부(141)의 측방향 벽면(141c)에 근접한 위치에 도달하고 있다.
- [0053] 이로써, 제3 씰핀(55C)과 측방향 벽면(141c)과의 사이에는, 미소 간극(56C)이 형성되어 있다.
- [0054] 그리고, 이와 같이 구성되는 씰핀(55)은, 제1 씰핀(55A), 제2 씰핀(55B), 및 제3 씰핀(55C)의 순으로 그 길이가 서서히 짧아지고 있다.
- [0055] 다만, 씰핀(55)의 길이나 형상이나 설치 위치나 개수 등은 본 실시형태에 한정되지 않고, 틈 슈라우드(512) 및/또는 구획판 외륜(11)의 단면 형상 등에 따라 적절히 설계 변경이 가능하다.
- [0056] 또, 미소 간극(56A, 56B, 56C)의 치수는, 케이싱(10)이나 동익(51)의 열신장량, 동익의 원심 신장량 등을 고려한 후, 씰핀(55)과 구획판 외륜(11)이 접촉하는 일이 없는 안전한 범위 내에서, 최소의 값으로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0057] 본 실시형태에서는, 3개의 미소 간극(56A, 56B, 56C)을 모두 동일한 치수로 설정하고 있지만, 필요에 따라서, 씰핀(55)마다 미소 간극(56A, 56B, 56C)을 상이한 치수로 설정하여도 된다.
- [0058] 그리고, 이러한 동익(51)의 선단부 주변의 구성에 의하면, 도 2에 나타내는 바와 같이, 구획판 외륜(11)과 3개의 씰핀(55)과 틈 슈라우드(512)에 의하여, 3개의 캐비티(C)가 형성되어 있다.



- [0059] 이 중, 가장 상류측에 위치하는 제1 캐비티(C1)는, 구획판 외륜(11)의 상류측 벽면(13)과, 동일한 구획판 외륜(11)의 바닥면(14)과, 제1 셸핀(55A)과, 팁 슈라우드(512)의 증기 충돌면(53)에 의하여 형성되어 있다.
- [0060] 또, 2번째로 상류측에 위치하는 제2 캐비티(C2)는, 제1 셸핀(55A)과, 구획판 외륜(11)의 바닥면(14)과, 제2 셸핀(55B)과, 팁 슈라우드(512)의 외주면(512a)에 의하여 형성되어 있다.
- [0061] 또, 가장 하류측에 위치하는 제3 캐비티(C3)는, 제2 셸핀(55B)과, 구획판 외륜(11)의 바닥면(14)과, 제3 셸핀(55C)과, 팁 슈라우드(512)의 외주면(512a)에 의하여 형성되어 있다.
- [0062] 여기에서, 도 2에 나타내는 바와 같이, 제1 캐비티(C1)는, 축방향을 따른 단면으로 대략 직사각형 형상을 가지고 있다. 단, 상술과 같이 제1 셸핀(55A)은, 직경방향 벽면(141d)보다 약간 하류측의 위치에 고정되어 있다. 따라서, 제1 캐비티(C1)의 축방향 하류부에는, 축방향으로 약간 확폭된 확폭부(57)가 형성되어 있다.
- [0063] 또, 도 2에 나타내는 바와 같이, 제2 캐비티(C2)도, 축방향을 따른 단면으로 대략 직사각형 형상을 가지고 있다. 단, 상술과 같이 제2 셸핀(55B)은, 직경방향 벽면(141e)보다 약간 하류측의 위치에 고정되어 있다. 따라서, 제2 캐비티(C2)의 축방향 하류부에도, 축방향으로 약간 확폭된 확폭부(58)가 형성되어 있다.
- [0064] 또한, 제3 캐비티(C3)도, 축방향을 따른 단면으로 대략 직사각형 형상을 가지고 있다. 단, 상술과 같이 제3 셸핀(55C)은, 직경방향 벽면(141f)보다 약간 하류측의 위치에 고정되어 있다. 따라서, 제3 캐비티(C3)의 축방향 하류부에도, 축방향으로 약간 확폭된 확폭부(59)가 형성되어 있다.
- [0065] 다음으로, 제1 실시형태에 관한 증기 터빈(1)의 작용 효과에 대하여, 도 1 및 도 2를 이용하여 설명한다.
- [0066] 도 1에 나타내는 조정 밸브(20)를 개방 상태로 하면, 도시하지 않은 보일러로부터 케이싱(10)의 내부에 증기(S)가 유입된다. 이 증기(S)는, 각 단의 환형상 정익군(40)에 의하여 환형상 동익군(50)으로 안내되어, 환형상 동익군(50)이 회전을 개시한다. 이로써, 환형상 동익군(50)에 의하여 증기(S)의 에너지가 회전 에너지로 변환되고, 이 회전 에너지가, 환형상 동익군(50)과 일체적으로 회전하는 축체(30)로부터 도시하지 않은 발전기 등에 대해서 전달된다.
- [0067] 이 때, 환형상 정익군(40)을 통과한 증기(S)의 일부가, 환형상 동익군(50)의 회전 구동에 기여하는 일 없이, 도 2에 나타내는 3개의 셸핀(55)과 구획판 외륜(11)과의 사이의 미소 간극(56A, 56B, 56C)을 지나, 하류측으로 리크된다.
- [0068] 이 증기(S)의 리크에 대하여 보다 상세하게 설명한다.
- [0069] 도 2에 나타내는 바와 같이, 환형상 정익군(40)을 통과하여 축방향으로 흐르는 증기(S)는, 그 일부가 팁 슈라우드(512)의 증기 충돌면(53)에 충돌한다. 그렇게 하면, 제1 캐비티(C1)의 내부로서 볼록부(54)로부터 블레이드 기반측의 영역에는, 예를 들면 도 2에서는 반시계 방향의 주소용돌이(SU1)가 발생한다.
- [0070] 그리고, 이 주소용돌이(SU1)의 일부가 볼록부(54)에서 박리됨으로써, 제1 캐비티(C1)의 내부로서 볼록부(54)로부터 블레이드 선단측의 영역에는, 박리 소용돌이(HU1)가 발생한다. 이 박리 소용돌이(HU1)의 회전 방향은, 주소용돌이(SU1)와 역회전 즉 도 2에서는 시계 방향이다.
- [0071] 그리고, 스텝부(141)의 모서리부(142)에서 박리 소용돌이(HU1)의 일부가 더욱 박리됨으로써, 제1 캐비티(C1)의 확폭부(57)에는, 박리 소용돌이(HU2)가 발생한다. 이 박리 소용돌이(HU2)의 회전 방향은, 박리 소용돌이(HU1)와 역회전 즉 도 2에서는 반시계 방향이다. 그리고, 이 박리 소용돌이(HU2)는, 제1 셸핀(55A)과 구획판 외륜(11)과의 사이의 미소 간극(56A)에 있어서의 증기(S)의 리크량을 저감시키는, 이른바 축류 효과를 발휘한다.
- [0072] 여기에서, 도 3은, 박리 소용돌이(HU2)의 축류 효과에 대하여 설명하는 도이며, 도 2에 있어서의 제1 셸핀(55A)의 선단부 주변을 확대한 부분 확대 단면도이다.
- [0073] 반시계 방향의 박리 소용돌이(HU2)는, 미소 간극(56A)의 위치에서, 제1 셸핀(55A)으로부터 구획판 외륜(11)의 측을 향하여 흐르고 있다. 따라서, 이 박리 소용돌이(HU2)는, 직경방향 외향의 관성력을 가지고 있다. 이로써, 미소 간극(56A)을 지나 하류측으로 리크되는 증기(S)는, 박리 소용돌이(HU2)의 관성력으로 축방향 벽면(141a)측으로 압입됨으로써, 도 3에 일점 쇄선으로 나타내는 바와 같이 직경방향으로의 폭이 줄어든다.
- [0074] 이와 같이, 박리 소용돌이(HU2)는, 증기(S)를 직경방향으로 압축함으로써 그 리크량을 저감시키는 효과, 즉 축류 효과를 가지고 있다. 또, 이 축류 효과는, 박리 소용돌이(HU2)의 관성력이 클 수록, 즉 박리 소용돌이(HU2)의 유속이 빠를 수록, 그 효과가 커진다.

- [0075] 그리고, 도 2에 나타내는 바와 같이, 미소 간극(56A)으로부터 리크된 증기(S)는, 제2 캐비티(C2)로 유입된다. 이 증기(S)는, 구획판 외륜(11)의 직경방향 벽면(141e)에 충돌함으로써, 시계 방향의 주소용돌이(SU2)를 형성한다. 그리고, 스텝부(141)의 모서리부(143)에서 주소용돌이(SU2)의 일부가 박리됨으로써, 제2 캐비티(C2)의 확폭부(58)에 있어서, 반시계 방향의 박리 소용돌이(HU3)가 발생한다. 이 박리 소용돌이(HU3)는, 미소 간극(56B)의 위치에서, 제2 쉘핀(55B)으로부터 구획판 외륜(11)의 측을 향하여 흐르고 있다.
- [0076] 따라서, 이 박리 소용돌이(HU3)도, 상기 박리 소용돌이(HU2)와 마찬가지로, 미소 간극(56B)에 있어서의 증기(S)의 리크량을 저감시키는 축류 효과를 발휘한다.
- [0077] 또한, 미소 간극(56B)으로부터 리크된 증기(S)는, 제3 캐비티(C3)로 유입된다. 이 증기(S)는, 구획판 외륜(11)의 직경방향 벽면(141f)에 충돌함으로써, 시계 방향의 주소용돌이(SU3)를 형성한다. 그리고, 스텝부(141)의 모서리부(144)에서 주소용돌이(SU3)의 일부가 박리됨으로써, 제3 캐비티(C3)의 확폭부(59)에 있어서, 반시계 방향의 박리 소용돌이(HU4)가 발생한다. 이 박리 소용돌이(HU4)는, 미소 간극(56C)의 위치에서, 제3 쉘핀(55C)으로부터 구획판 외륜(11)의 측을 향하여 흐르고 있다.
- [0078] 따라서, 이 박리 소용돌이(HU4)도, 상기 박리 소용돌이(HU2)와 마찬가지로, 미소 간극(56C)에 있어서의 증기(S)의 리크량을 저감시키는 축류 효과를 발휘한다.
- [0079] 이와 같이, 제1 캐비티(C1), 제2 캐비티(C2), 제3 캐비티(C3)에 있어서 박리 소용돌이(HU2), 박리 소용돌이(HU3), 박리 소용돌이(HU4)의 축류 효과에 따라 증기(S)의 리크량을 각각 저감시킴으로써, 증기(S)의 리크량을 최소한으로 억제할 수 있다. 다만, 축방향을 따른 캐비티(C)의 수는 3개에 한정되지 않고, 임의의 수만큼 형성할 수 있다.
- [0080] [제2 실시형태]
- [0081] 다음으로, 본 발명의 제2 실시형태에 관한 증기 터빈의 구성에 대하여 설명한다.
- [0082] 제2 실시형태에 관한 증기 터빈은, 제1 실시형태의 증기 터빈(1)과 비교하면, 도 1에 나타내는 케이싱(10)의 내벽면에 고정된 구획판 외륜(11)의 구성만이 상이하다. 그 이외의 구성에 대해서는 제1 실시형태와 동일하므로, 동일한 부호를 이용하여, 여기에서는 설명을 생략한다.
- [0083] 도 4는, 제2 실시형태에 관한 동익(51)의 선단부 주변을 나타내는 개략 단면도이다.
- [0084] 본 실시형태에서는, 구획판 외륜(11)에 형성된 환형상 홈(12)의 바닥면(14)을 덮고, 쾌삭재(16)가 균일한 두께로 시공되고 있다. 이 쾌삭재(16)는, 슬라이딩 마찰열이 적고, 쉘핀(55)보다 피삭성이 뛰어난 재료로 구성되어 있다.
- [0085] 이 쾌삭재(16)로서는, 예를 들면, 코발트, 니켈, 크롬, 알루미늄, 및 이트륨계의 재료(CoNiCrAlY계 재료)나, 니켈, 크롬, 알루미늄계의 재료(NiCrAl계 재료)나, 니켈, 크롬, 철, 알루미늄, 붕소, 및 질소계의 재료(NiCrFeAlBN계 재료) 등, 공지의 쾌삭성 재료 각종으로 이루어지는 어브레이더블(abradable)재가 이용된다.
- [0086] 다만, 쾌삭재(16)로서는, 상기 어브레이더블재 외, 금속 또는 세라믹 등으로 이루어지는 허니콤층을 이용할 수 있다.
- [0087] 다만, 본 실시형태에서는 환형상 홈(12)의 바닥면(14)의 전체에 쾌삭재(16)를 시공하였지만, 쾌삭재(16)는, 적어도 스텝부(141)에 있어서의 3개의 쉘핀(55)에 대향하는 위치에 시공하면 충분하다.
- [0088] 구체적으로는, 제1 쉘핀(55A)에 대향하는 축방향 벽면(141a), 제2 쉘핀(55B)에 대향하는 축방향 벽면(141b) 및 제3 쉘핀(55C)에 대향하는 축방향 벽면(141c)에 시공하면 된다.
- [0089] 또, 쾌삭재(16)는, 바닥면(14)의 전체에 걸쳐 균일한 두께일 필요는 없고, 위치에 따라 두께를 적절히 변경하여도 상관없다.
- [0090] 다음으로, 제2 실시형태에 관한 증기 터빈(1)의 작용 효과에 대하여, 제1 실시형태와 상이한 점을 중심으로 설명한다. 도 5a 및 도 5b는, 제2 실시형태에 관한 증기 터빈의 작용 효과를 설명하는 도이다.
- [0091] 증기 터빈(1)에서는, 그 기동 시에 환형상 동익군(50)에 열이 들어가고, 그 열에 의한 환형상 동익군(50)의 열신장이, 케이싱(10)의 열신장보다 커짐으로써, 또한 환형상 동익군(50)에 원심 신장이 발생함으로써, 쉘핀(55)이 구획판 외륜(11)에 접촉하는 경우가 있다.

- [0092] 따라서, 썰핀(55)과 구획판 외륜(11)과의 사이에는, 기동 시에도 양자가 접촉하지 않는 충분한 크기의 직경방향 폭(W1)(도 5b에 나타냄)이 설정된다.
- [0093] 이것에 대하여, 본 실시형태의 구성에 의하면, 증기 터빈(1)의 기동 시에는 환형상 동익군(50)에 발생하는 열신장이 케이싱(10)에 발생하는 열신장보다 커짐으로써, 나아가서는 환형상 동익군(50)에 원심 신장이 발생함으로써, 도 5a에 나타내는 바와 같이, 썰핀(55)의 선단부가 캐삭재(16)를 절삭한다. 그 후, 소정 시간이 경과하면, 증기 터빈(1)은 정격운전으로 이행된다.
- [0094] 그렇게 하면, 환형상 동익군(50)의 열신장이, 케이싱(10)의 열신장과 동등한 크기, 또는, 케이싱(10)의 열신장보다 작아짐으로써, 도 5b에 나타내는 바와 같이, 썰핀(55)은 그 선단부가 캐삭재(16)로부터 떨어진 상태가 된다. 그리고 이 때, 썰핀(55)의 선단부와 캐삭재(16)와의 사이의 직경방향 폭(W2)은, 직경방향 폭(W1)과 비교하여 매우 좁은 것이다.
- [0095] 이로써, 썰핀(55)의 선단부에 있어서의 증기(S)의 리크량을 저감시킬 수 있다.
- [0096] [제3 실시형태]
- [0097] 다음으로, 본 발명의 제3 실시형태에 관한 증기 터빈의 구성에 대하여 설명한다.
- [0098] 제3 실시형태에 관한 증기 터빈은, 제1 실시형태의 증기 터빈(1)과 비교하면, 도 1에 나타내는 구획판 외륜(11) 및 동익(51)의 구성이 각각 상이하다. 그 이외의 구성에 대해서는 제1 실시형태와 동일하기 때문에, 동일한 부호를 이용하며, 여기에서는 설명을 생략한다.
- [0099] 도 6은, 제3 실시형태에 관한 동익(51)의 선단부 주변을 나타내는 개략 단면도이다.
- [0100] 본 실시형태에서도, 제1 실시형태와 마찬가지로, 구획판 외륜(11)의 내주면에는 둘레방향을 따라 환형상 홈(12)이 형성되어 있다. 이 환형상 홈(12)은, 상류측 벽면(13)과, 바닥면(14)과, 하류측 벽면(15)에 의하여 형성되어 있다. 그리고, 바닥면(14)에 있어서의 팁 슈라우드(512)에 대향하는 위치에는, 계단형상의 스텝부(145)가 형성되어 있다.
- [0101] 이 스텝부(145)는, 4개의 단차로 이루어지고, 축방향을 따르는 4개의 축방향 벽면(내주면)(145a, 145b, 145c, 145d)과, 직경방향을 따르는 4개의 직경방향 벽면(145e, 145f, 145g, 145h)을 가지고 있다. 그리고, 증기(S)가 충돌하는 직경방향 벽면(145f)(흐름 충돌면)에는, 상류측을 향하여 돌출되는 볼록부(70)가 형성되어 있다.
- [0102] 한편, 도 6에 나타내는 바와 같이, 동익(51)의 선단부에 배치된 팁 슈라우드(512)는, 그 외주면(512a)에 계단형상의 스텝부(71)가 형성된 점에서 제1 실시형태와는 상이하다.
- [0103] 팁 슈라우드(512)에 대하여, 그 이외의 구성은 제1 실시형태와 동일하기 때문에, 동일한 부호를 붙이고, 여기서는 설명을 생략한다.
- [0104] 이 스텝부(71)는, 3개의 단차로 이루어지고, 축방향을 따르는 3개의 축방향 벽면(내주면)(71a, 71b, 71c)과, 직경방향을 따르는 3개의 직경방향 벽면(71d, 71e, 71f)을 가지고 있다. 그리고, 증기(S)가 충돌하는 직경방향 벽면(71f)(흐름 충돌면)에는, 상류측을 향하여 돌출되는 볼록부(72)가 형성되어 있다.
- [0105] 그리고, 본 실시형태에서는, 도 6에 나타내는 바와 같이, 직경방향으로 뻗는 3개의 썰핀(73)이, 축방향으로 소정 간격으로 각각 설치된다.
- [0106] 이 중, 가장 상류측에 위치하는 제1 썰핀(73A)은, 그 기반부가, 팁 슈라우드(512)의 외주면(512a)으로서 직경방향 벽면(145e)보다 약간 하류측의 위치에 고정되어 있다. 그리고, 제1 썰핀(73A)의 선단부는, 구획판 외륜(11)의 축방향 벽면(145a)에 근접한 위치에 도달하고 있다.
- [0107] 이로써, 제1 썰핀(73A)과 축방향 벽면(145a)과의 사이에는, 미소 간극(74A)이 형성되어 있다.
- [0108] 또, 2번째로 상류측에 위치하는 제2 썰핀(73B)은, 그 기반부가, 구획판 외륜(11)의 축방향 벽면(145b)으로서 직경방향 벽면(71e)보다 약간 하류측의 위치에 고정되어 있다. 그리고, 제2 썰핀(73B)의 선단부는, 팁 슈라우드(512)의 축방향 벽면(71b)에 근접한 위치에 도달하고 있다.
- [0109] 이로써, 제2 썰핀(73B)과 축방향 벽면(71b)과의 사이에는, 미소 간극(74B)이 형성되어 있다.
- [0110] 또, 가장 하류측에 위치하는 제3 썰핀(73C)은, 그 기반부가, 팁 슈라우드(512)의 축방향 벽면(71c)으로서 직경방향 벽면(145h)보다 약간 하류측의 위치에 고정되어 있다. 그리고, 제3 썰핀(73C)의 선단부는, 구획판 외륜

(11)의 축방향 벽면(145d)에 근접한 위치에 도달하고 있다.

- [0111] 이로써, 제3 셸핀(73C)과 축방향 벽면(145d)과의 사이에는, 미소 간극(74C)이 형성되어 있다.
- [0112] 다만, 셸핀(73)의 길이나 형상이나 설치 위치나 개수 등은 본 실시형태에 한정되지 않고, 틱 슈라우드(512) 및/또는 구획판 외륜(11)의 단면 형상 등에 따라 적절히 설계 변경이 가능하다.
- [0113] 그리고, 이러한 동익(51)의 선단부 주변의 구성에 의하면, 도 6에 나타내는 바와 같이, 구획판 외륜(11)과 3개의 셸핀(73)과 틱 슈라우드(512)에 의하여, 3개의 캐비티(C)가 형성되어 있다.
- [0114] 이 중, 가장 상류측에 위치하는 제1 캐비티(C1)는, 제1 실시형태와 동일한 구성이다.
- [0115] 또, 2번째로 상류측에 위치하는 제4 캐비티(C4)는, 제1 셸핀(73A)과, 구획판 외륜(11)의 바닥면(14)과, 제2 셸핀(73B)과, 틱 슈라우드(512)의 외주면(512a)에 의하여 형성되어 있다.
- [0116] 또, 가장 하류측에 위치하는 제5 캐비티(C5)는, 제2 셸핀(73B)과, 구획판 외륜(11)의 바닥면(14)과, 제3 셸핀(73C)과, 틱 슈라우드(512)의 외주면(512a)에 의하여 형성되어 있다.
- [0117] 다만, 본 실시형태에서는, 제4 캐비티(C4)를 형성하는 직경방향 벽면(145f)이, 본 발명에 관한 흐름 충돌면에 상당하고, 동일한 제4 캐비티(C4)를 형성하는 제1 셸핀(73A)의 하류측면이, 본 발명에 관한 대향면에 상당한다.
- [0118] 또, 제5 캐비티(C5)를 형성하는 직경방향 벽면(71f)이, 본 발명에 관한 흐름 충돌면에 상당하고, 동일한 제5 캐비티(C5)를 형성하는 제2 셸핀(73B)의 하류측면이, 본 발명에 관한 대향면에 상당한다.
- [0119] 다음으로, 제3 실시형태에 관한 증기 터빈(1)의 작용 효과에 대하여, 제1 실시형태와 상이한 점을 중심으로 설명한다.
- [0120] 도 6에 나타내는 바와 같이, 축방향으로 흐르는 증기(S)가 증기 충돌면(53)에 충돌하면, 제1 실시형태와 동일하게 하여, 제1 캐비티(C1)의 내부에는 주소용돌이(SU1)와 박리 소용돌이(HU1)와 박리 소용돌이(HU2)가 발생한다. 그리고, 박리 소용돌이(HU2)는, 미소 간극(74A)에 있어서의 증기(S)의 리크량을 저감시키는, 이른바 축류 효과를 발휘한다.
- [0121] 그리고, 미소 간극(74A)으로부터 리크된 증기(S)는, 제4 캐비티(C4)로 유입된다. 이 증기(S)는, 구획판 외륜(11)의 직경방향 벽면(145f)에 충돌함으로써, 시계 방향의 주소용돌이(SU4)를 형성한다. 그리고, 볼록부(70)에서 주소용돌이(SU4)의 일부가 박리됨으로써, 반시계 방향의 박리 소용돌이(HU5)가 발생한다. 또한, 틱 슈라우드(512)의 모서리부(75)에서 박리 소용돌이(HU5)의 일부가 박리됨으로써, 제4 캐비티(C4)의 확폭부(76)에는 시계 방향의 박리 소용돌이(HU6)가 발생한다.
- [0122] 이 박리 소용돌이(HU6)는, 미소 간극(74B)의 위치에서, 제2 셸핀(73B)으로부터 틱 슈라우드(512)의 측을 향하여 흐르고 있다. 따라서, 이 박리 소용돌이(HU6)도, 미소 간극(74B)에 있어서의 증기(S)의 리크량을 저감시키는 축류 효과를 발휘한다.
- [0123] 또한, 미소 간극(74B)으로부터 리크된 증기(S)는, 제5 캐비티(C5)로 유입된다. 이 증기(S)는, 틱 슈라우드(512)의 직경방향 벽면(71f)에 충돌함으로써, 반시계 방향의 주소용돌이(SU5)를 형성한다. 그리고, 틱 슈라우드(512)의 볼록부(72)에서 주소용돌이(SU5)의 일부가 박리됨으로써, 시계 방향의 박리 소용돌이(HU7)가 발생한다. 또한, 구획판 외륜(11)의 모서리부(146)에서 박리 소용돌이(HU7)의 일부가 박리됨으로써, 제5 캐비티(C5)의 확폭부(77)에는 반시계 방향의 박리 소용돌이(HU8)가 발생한다.
- [0124] 이 박리 소용돌이(HU8)는, 미소 간극(74C)의 위치에서, 제3 셸핀(73C)으로부터 구획판 외륜(11)의 측을 향하여 흐르고 있다. 따라서, 이 박리 소용돌이(HU8)도, 미소 간극(74C)에 있어서의 증기(S)의 리크량을 저감시키는 축류 효과를 발휘한다.
- [0125] 이와 같이, 제3 실시형태에 의하면, 제1 캐비티(C1), 제4 캐비티(C4), 제5 캐비티(C5)에 있어서 박리 소용돌이(HU2), 박리 소용돌이(HU6), 박리 소용돌이(HU8)의 축류 효과에 따라 증기(S)의 리크량을 각각 저감시킬 수 있다.
- [0126] 이로써, 본 실시형태에 의하면, 증기(S)의 리크량을 제1 실시형태보다 더욱 최소한으로 억제할 수 있다. 다만, 축방향을 따른 캐비티(C)의 수는 3개에 한정되지 않고, 임의의 수만큼 형성할 수 있다.
- [0127] [제4 실시형태]



- [0128] 다음으로, 본 발명의 제4 실시형태에 관한 증기 터빈의 구성에 대하여 설명한다.
- [0129] 제4 실시형태에 관한 증기 터빈은, 도 1에 나타내는 환형상 정익군(40)이 본 발명에 관한 블레이드에 상당함과 함께, 축체(30)가 본 발명에 관한 구조체에 상당하는 점에서 제1 실시형태와는 상이하다. 그 이외의 구성에 대해서는 제1 실시형태와 동일하기 때문에, 동일한 부호를 이용하여, 여기에서는 설명을 생략한다.
- [0130] 도 7은, 제4 실시형태에 관한 정익(41)의 선단부 주변을 나타내는 개략 단면도이다.
- [0131] 축체(30)의 외주면에는, 둘레방향을 따라 환형상 홈(33)이 형성되어 있다. 이 환형상 홈(33)은, 상류측 벽면(34)(대향면)과, 바닥면(35)과, 하류측 벽면(36)에 의하여 형성되어 있다. 그리고, 바닥면(35)에 있어서의 정익(41)에 대향하는 위치에는, 계단형상의 스텝부(351)가 형성되어 있다.
- [0132] 이 스텝부(351)는, 하류측으로 감에 따라 정익(41)의 측으로 돌출되는 3개의 단차로 이루어지고, 축방향을 따르는 3개의 축방향 벽면(외주면)(351a, 351b, 351c)과, 직경방향을 따르는 3개의 직경방향 벽면(351d, 351e, 351f)을 가지고 있다.
- [0133] 다만, 스텝부(351)는, 적어도 축방향 벽면(351a)과 직경방향 벽면(351d)을 가지고 있으면 충분하고, 그 단차의 수는 3단에 한정되지 않고 임의로 변경이 가능하다.
- [0134] 한편, 도 7에 나타내는 바와 같이, 정익(41)의 선단부에는, 상술과 같이 링형상의 허브 슈라우드(43)가 배치되어 있다. 이 허브 슈라우드(43)는, 단면 대략 직사각형 형상을 가지고, 축체(30)의 상류측 벽면(34)에 대향하는 위치에는, 증기(S)가 충돌하는 증기 충돌면(44)(흐름 충돌면)이 형성되어 있다.
- [0135] 그리고, 이 증기 충돌면(44)에 있어서의 직경방향 선단부에는, 상류측을 향하여 돌출되는 볼록부(45)가 형성되어 있다. 이 볼록부(45)는, 단면 대략 직사각형 형상을 가지고, 허브 슈라우드(43)의 직경방향 선단부에 형성되어 있다.
- [0136] 다만, 볼록부(45)의 단면 형상은, 본 실시형태의 직사각형에 한정되지 않고 임의로 설계 변경이 가능하며, 예를 들면 삼각형이나 반원형으로 할 수도 있다. 또, 허브 슈라우드(43)의 단면 형상도 본 실시형태에 한정되지 않고, 예를 들면 하류측으로 감에 따라 직경방향으로의 두께가 얇아지는 계단 형상이어도 된다.
- [0137] 또, 볼록부(45)를 형성하는 위치는, 허브 슈라우드(43)의 증기 충돌면(44)에 있어서의 직경방향 선단부에 한정되지 않고, 예를 들면 직경방향 중앙부나 직경방향 기단부여도 된다.
- [0138] 또, 볼록부(45)의 선단을 상류측 벽면(34)에 근접한 위치까지 돌출시켜, 볼록부(45)와 상류측 벽면(34)과의 사이에 미소한 간극을 형성함으로써, 이른바 축방향 씰핀으로서 볼록부(45)를 구성하여도 된다.
- [0139] 그리고, 도 7에 나타내는 바와 같이, 허브 슈라우드(43)의 내주면(43a)에는, 축방향으로 소정 간격으로 3개의 씰핀(46)이, 직경방향으로 돌출하여 각각 설치되어 있다.
- [0140] 이 중, 가장 상류측에 위치하는 제1 씰핀(46A)은, 그 기단부가 직경방향 벽면(351d)보다 약간 하류측의 위치에 고정되고, 그 선단부가 축방향 벽면(351a)에 근접한 위치에 도달하고 있다. 이로써, 제1 씰핀(46A)과 축방향 벽면(351a)과의 사이에는, 미소 간극(47A)이 형성되어 있다.
- [0141] 또, 2번째로 상류측에 위치하는 제2 씰핀(46B)은, 그 기단부가 직경방향 벽면(351e)보다 약간 하류측의 위치에 고정되고, 그 선단부가 축방향 벽면(351b)에 근접한 위치에 도달하고 있다. 이로써, 제2 씰핀(46B)과 축방향 벽면(351b)과의 사이에는, 미소 간극(47B)이 형성되어 있다.
- [0142] 또, 가장 하류측에 위치하는 제3 씰핀(46C)은, 그 기단부가 직경방향 벽면(351f)보다 약간 하류측에 고정되고, 그 선단부가 축방향 벽면(351c)에 근접한 위치에 도달하고 있다. 이로써, 제3 씰핀(46C)과 축방향 벽면(351c)과의 사이에는, 미소 간극(47C)이 형성되어 있다.
- [0143] 그리고, 이와 같이 구성되는 씰핀(46)은, 제1 씰핀(46A), 제2 씰핀(46B), 및 제3 씰핀(46C)의 순으로 그 길이가 서서히 짧아지고 있다.
- [0144] 다만, 씰핀(46)의 길이나 형상 및 설치 위치나 개수 등은 본 실시형태에 한정되지 않고, 허브 슈라우드(43) 및/또는 축체(30)의 단면 형상 등에 따라 적절히 설계 변경이 가능하다.
- [0145] 그리고, 이러한 정익(41)의 선단부 주변의 구성에 의하면, 도 7에 나타내는 바와 같이, 축체(30)와 3개의 씰핀(46)과 허브 슈라우드(43)에 의하여, 3개의 캐비티(C)가 형성되어 있다.

- [0146] 이 중, 가장 상류측에 위치하는 제6 캐비티(C6)는, 축체(30)의 상류측 벽면(34)과, 동일한 축체(30)의 바닥면(35)과, 제1 셸핀(46A)과, 허브 슈라우드(43)의 증기 충돌면(44)에 의하여 형성되어 있다.
- [0147] 또, 2번째로 상류측에 위치하는 제7 캐비티(C7)는, 제1 셸핀(46A)과, 축체(30)의 바닥면(35)과, 제2 셸핀(46B)과, 허브 슈라우드(43)의 내주면(43a)에 의하여 형성되어 있다.
- [0148] 또, 가장 하류측에 위치하는 제8 캐비티(C8)는, 제2 셸핀(46B)과, 축체(30)의 바닥면(35)과, 제3 셸핀(46C)과, 허브 슈라우드(43)의 내주면(43a)에 의하여 형성되어 있다.
- [0149] 여기에서, 도 7에 나타내는 바와 같이, 제6 캐비티(C6)는, 축방향을 따른 단면으로 대략 직사각형 형상을 가지고 있다. 단, 상술과 같이 제1 셸핀(46A)은, 직경방향 벽면(351d)보다 약간 하류측의 위치에 고정되어 있다. 따라서, 제6 캐비티(C6)의 축방향 하류부에는, 축방향으로 약간 확폭된 확폭부(48A)가 형성되어 있다.
- [0150] 또, 도 7에 나타내는 바와 같이, 제7 캐비티(C7)도, 축방향을 따른 단면으로 대략 직사각형 형상을 가지고 있다. 단, 상술과 같이 제2 셸핀(46B)은, 직경방향 벽면(351e)보다 약간 하류측의 위치에 고정되어 있다. 따라서, 제7 캐비티(C7)의 축방향 하류부에도, 축방향으로 약간 확폭된 확폭부(48B)가 형성되어 있다.
- [0151] 또한, 제8 캐비티(C8)도, 축방향을 따른 단면으로 대략 직사각형 형상을 가지고 있다. 단, 상술과 같이 제3 셸핀(46C)은, 직경방향 벽면(351f)보다 약간 하류측의 위치에 고정되어 있다. 따라서, 제8 캐비티(C8)의 축방향 하류부에도, 축방향으로 약간 확폭된 확폭부(48C)가 형성되어 있다.
- [0152] 다음으로, 제4 실시형태에 관한 증기 터빈(1)의 작용 효과에 대하여, 도 7을 이용하여 설명한다.
- [0153] 축방향으로 흐르는 증기(S)는, 그 일부가 허브 슈라우드(43)의 증기 충돌면(44)에 충돌한다. 그렇게 하면, 제6 캐비티(C6)의 내부로서 볼록부(45)로부터 블레이드 기단측의 영역에는, 예를 들면 도 7에서는 시계 방향의 주소용돌이(SU6)가 발생한다. 그리고, 이 주소용돌이(SU6)의 일부가 볼록부(45)에서 박리됨으로써, 제6 캐비티(C6)의 내부로서 볼록부(45)로부터 블레이드 선단측의 영역에는, 박리 소용돌이(HU9)가 발생한다. 이 박리 소용돌이(HU9)의 회전 방향은, 주소용돌이(SU6)와 역회전 즉 도 7에서는 반시계 방향이다.
- [0154] 그리고, 축체(30)의 모서리부(49A)에서 박리 소용돌이(HU9)의 일부가 더욱 박리됨으로써, 제6 캐비티(C6)의 확폭부(48A)에는, 박리 소용돌이(HU10)가 발생한다. 이 박리 소용돌이(HU10)의 회전 방향은, 박리 소용돌이(HU9)와 역회전 즉 도 7에서는 시계 방향이며, 미소 간극(47A)의 위치에서, 제1 셸핀(46A)으로부터 축체(30)의 측을 향하여 흐르고 있다.
- [0155] 따라서, 이 박리 소용돌이(HU10)는, 미소 간극(47A)에 있어서의 증기(S)의 리크량을 저감시키는, 이른바 축류 효과를 발휘한다.
- [0156] 그리고, 미소 간극(47A)으로부터 리크된 증기(S)는, 제7 캐비티(C7)로 유입된다. 이 증기(S)는, 축체(30)의 직경방향 벽면(351e)에 충돌함으로써, 반시계 방향의 주소용돌이(SU7)를 형성한다.
- [0157] 그리고, 축체(30)의 모서리부(49B)에서 주소용돌이(SU7)의 일부가 박리됨으로써, 제7 캐비티(C7)의 확폭부(48B)에 있어서, 시계 방향의 박리 소용돌이(HU11)가 발생한다. 이 박리 소용돌이(HU11)는, 미소 간극(47B)의 위치에서, 제2 셸핀(46B)으로부터 축체(30)의 측을 향하여 흐르고 있다.
- [0158] 따라서, 이 박리 소용돌이(HU11)도, 미소 간극(47B)에 있어서의 증기(S)의 리크량을 저감시키는 축류 효과를 발휘한다.
- [0159] 또한, 미소 간극(47B)으로부터 리크된 증기(S)는, 제8 캐비티(C8)로 유입된다. 이 증기(S)는, 축체(30)의 직경방향 벽면(351f)에 충돌함으로써, 반시계 방향의 주소용돌이(SU8)를 형성한다.
- [0160] 그리고, 축체(30)의 모서리부(49C)에서 주소용돌이(SU8)의 일부가 박리됨으로써, 제8 캐비티(C8)의 확폭부(48C)에 있어서, 시계 방향의 박리 소용돌이(HU12)가 발생한다. 이 박리 소용돌이(HU12)는, 미소 간극(47C)의 위치에서, 제3 셸핀(46C)으로부터 축체(30)의 측을 향하여 흐르고 있다.
- [0161] 따라서, 이 박리 소용돌이(HU12)도, 미소 간극(47C)에 있어서의 증기(S)의 리크량을 저감시키는 축류 효과를 발휘한다.
- [0162] 이와 같이, 제6 캐비티(C6), 제7 캐비티(C7), 제8 캐비티(C8)에 있어서 박리 소용돌이(HU10), 박리 소용돌이(HU11), 박리 소용돌이(HU12)의 축류 효과에 따라 증기(S)의 리크량을 각각 저감시킴으로써, 증기(S)의 리크량을 최소한으로 억제할 수 있다.



- [0163] 다만, 축방향을 따른 캐비티(C)의 수는 3개에 한정되지 않고, 임의의 수만큼 형성할 수 있다.
- [0164] 다만, 상술한 실시형태에 있어서 나타낸 각 구성 부재의 여러 형상이나 조합, 혹은 동작 순서 등은 일례이며, 본 발명의 주지로부터 이탈하지 않는 범위에 있어서 설계 요구 등에 근거하여 다양하게 변경 가능하다.
- [0165] 예를 들면, 상기 실시형태에서는, 환형상 홈(12)이나 스텝부(141, 145)를 구획판 외륜(11)에 형성하였다. 그러나, 구획판 외륜(11)은 본 발명에 필수 구성은 아니며, 구획판 외륜(11)을 설치하지 않고, 환형상 홈(12)이나 스텝부(141, 145)를 케이싱(10)에 형성하여도 된다.
- [0166] 또, 상기 실시형태에서는, 본 발명을 복수식(復水式) 증기 터빈에 적용하였지만, 다른 형식의 증기 터빈, 예를 들면, 2단 추기 터빈, 추기 터빈, 혼기 터빈 등에 적용할 수도 있다.
- [0167] 또한, 상기 실시형태에서는, 본 발명을 증기 터빈에 적용하였지만, 가스 터빈에도 적용할 수 있고, 나아가서는, 회전날개를 가지는 모든 기기에 본 발명을 적용할 수 있다.

### 산업상 이용가능성

- [0168] 본 발명은, 블레이드와, 상기 블레이드의 직경방향 선단측에 간극을 통하여 설치됨과 함께 상기 블레이드에 대해서 상대 회전하는 구조체를 구비하고, 상기 간극에 유체가 유통하는 터빈에 있어서, 상기 블레이드의 직경방향 선단부 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중 어느 일방에 형성되어, 직경방향으로의 단차를 가지는 스텝부와, 상기 블레이드의 직경방향 선단부 및 상기 구조체에 있어서의 상기 직경방향 선단부에 대향하는 부위 중 타방으로부터 상기 스텝부를 향하여 연장되어, 상기 스텝부와 사이에 미소 간극을 형성하는 쉘핀과, 상기 유체의 유통방향에서 상기 쉘핀보다 상류측에 형성되어, 상기 유체가 충돌하는 흐름 충돌면과, 상기 흐름 충돌면으로부터 상류측을 향하여 돌출되는 볼록부와, 상기 흐름 충돌면에 대향하는 대향면을 구비하는 터빈에 관한 것이다. 본 발명에 의하면, 블레이드 및 구조체 중 어느 일방으로부터 타방을 향하여 쉘핀이 뻗는 터빈에 있어서, 쉘핀의 선단과 블레이드 또는 구조체와의 사이의 간극에 있어서의 증기의 리크량을 저감화할 수 있다.

### 부호의 설명

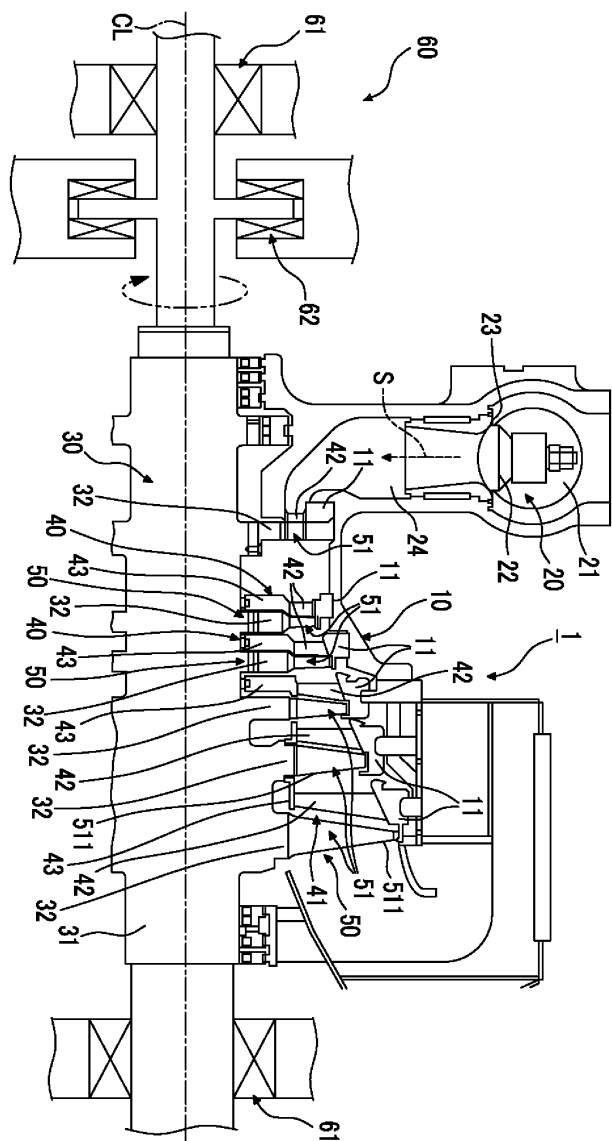
- [0169] 1 증기 터빈
- 10 케이싱
- 11 구획판 외륜
- 12 환형상 홈
- 13 상류측 벽면
- 14 바닥면
- 141 스텝부
- 141a, 141b, 141c 축방향 벽면
- 141d, 141e, 141f 직경방향 벽면
- 142~144, 146 모서리부
- 145 스텝부
- 145a, 145b, 145c, 145d 축방향 벽면
- 145e, 145f, 145g, 145h 직경방향 벽면
- 15 하류측 벽면
- 16 폐쇄재
- 20 조정 밸브
- 21 조정 밸브실

22 밸브체  
23 밸브 시트  
24 증기실  
30 축체  
31 축 본체  
32 디스크  
33 환형상 홈  
34 상류측 벽면  
35 바닥면  
351 스텝부  
351a, 351b, 351c 축방향 벽면  
351d, 351e, 351f 직경방향 벽면  
36 하류측 벽면  
40 환형상 정익군  
41 정익  
42 날개 본체  
43 허브 슈라우드  
43a 내주면  
44 증기 충돌면  
45 볼록부  
46 썰핀  
46A 제1 썰핀  
46B 제2 썰핀  
46C 제3 썰핀  
47A~47C 미소 간극  
48A~48C 확폭부  
49A~49C 모서리부  
50 환형상 동익군  
51 동익  
511 날개 본체  
512 팁 슈라우드  
512a 외주면  
53 증기 충돌면  
54 볼록부  
55 썰핀  
55A 제1 썰핀

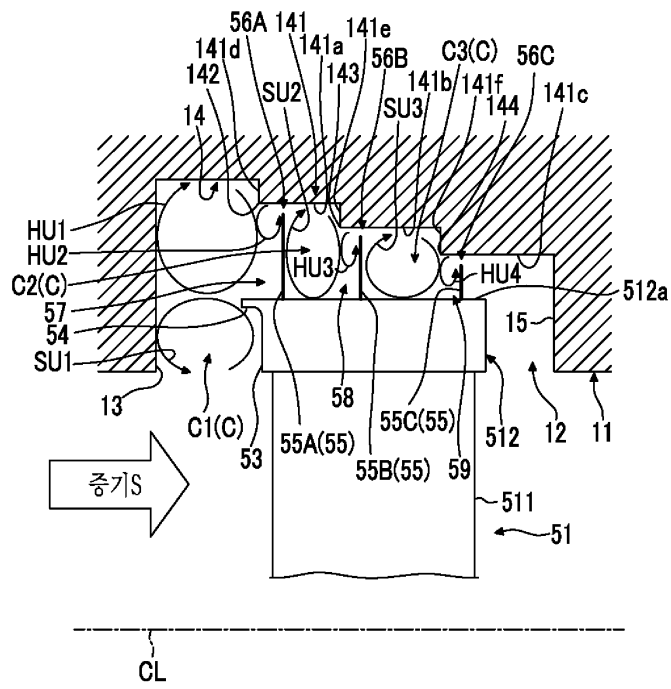
55B 제2 셸핀  
55C 제3 셸핀  
56A~56C 미소 간극  
57~59 확폭부  
60 베어링부  
61 저널 베어링 장치  
62 스러스트 베어링 장치  
70 블록부  
71 스텝부  
71a, 71b, 71c 축방향 벽면  
71d, 71e, 71f 직경방향 벽면  
72 블록부  
73 셸핀  
73A 제1 셸핀  
73B 제2 셸핀  
73C 제3 셸핀  
74A~74C 미소 간극  
75~77 모서리부  
C 캐비티  
C1 제1 캐비티  
C2 제2 캐비티  
C3 제3 캐비티  
C4 제4 캐비티  
C5 제5 캐비티  
C6 제6 캐비티  
C7 제7 캐비티  
C8 제8 캐비티  
HU1~HU12 박리 소용돌이  
S 증기  
SU1~SU8 주소용돌이  
W1 직경방향 폭  
W2 직경방향 폭

도면

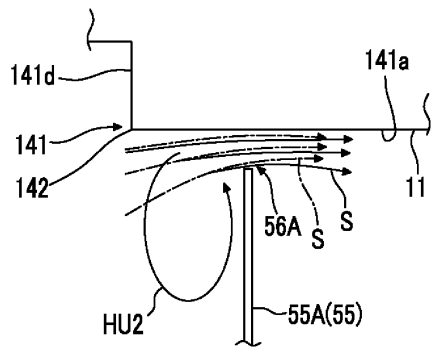
도면1



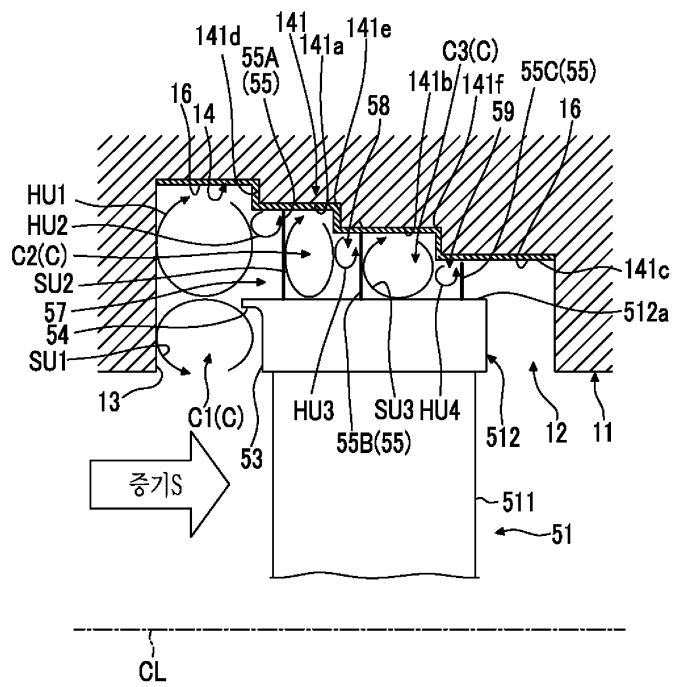
도면2



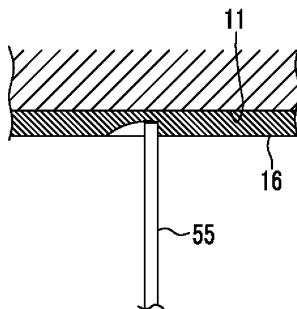
도면3



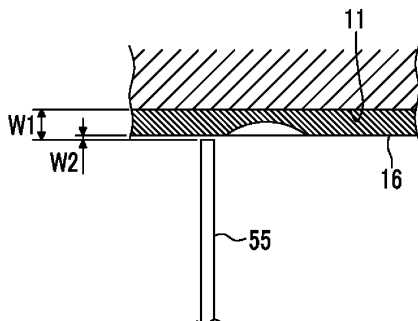
도면4



도면5a

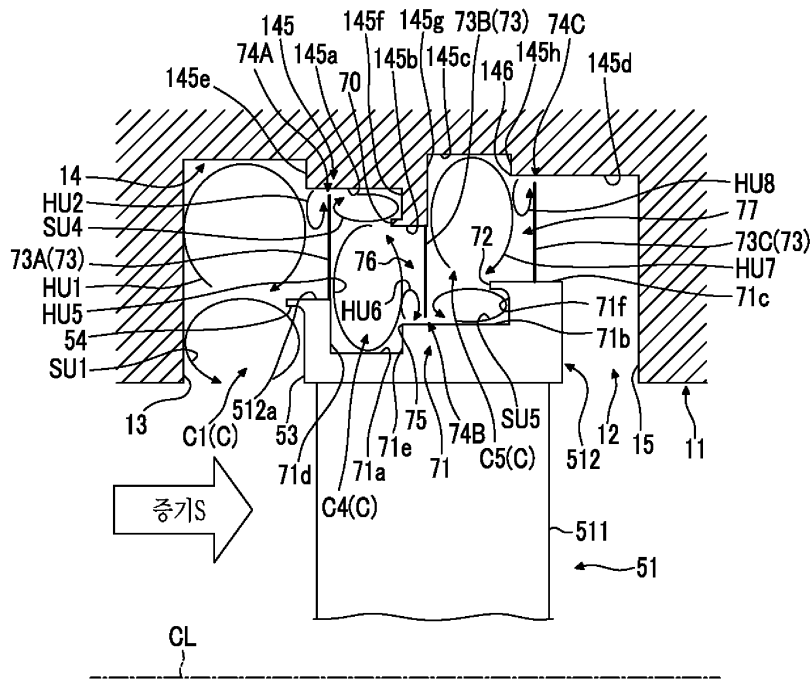


도면5b

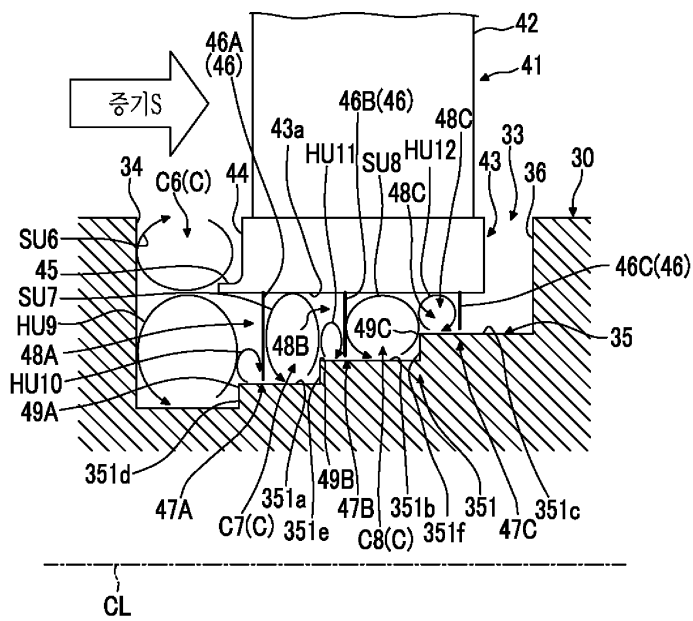




도면6



도면7



도면8

