



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0103005
(43) 공개일자 2017년09월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01D 11/02 (2006.01) F16J 15/22 (2006.01)
F16J 15/44 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F01D 11/02 (2013.01)
F16J 15/22 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7022656
(22) 출원일자(국제) 2016년02월09일
심사청구일자 2017년08월14일
(85) 번역문제출일자 2017년08월14일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2016/053801
(87) 국제공개번호 WO 2016/132966
국제공개일자 2016년08월25일
(30) 우선권주장
JP-P-2015-031944 2015년02월20일 일본(JP)

(71) 출원인
미쓰비시 히타치 파워 시스템즈 가부시카이가이사
일본 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나토미라이
3초메 3-1
(72) 발명자
요시다 아즈미
일본 1088215 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16방
5고 미쓰비시 주교교 가부시카이가이사 내
우에하라 히데카즈
일본 1088215 도쿄도 미나토쿠 고난 2초메 16방
5고 미쓰비시 주교교 가부시카이가이사 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한상욱, 김성환, 성재동

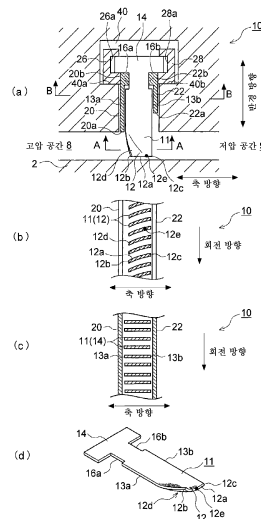
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 터빈용 시일 장치 및 터빈, 및 시일 장치용 박판

(57) 요약

고압 공간과 저압 공간을 이격하도록 로터 주위에 설치되는 터빈의 시일 장치는, 상기 로터의 외주면에 따라 배열되고, 또한 상기 로터의 반경 방향에 있어서의 외측에 위치해서 상기 터빈의 정지부에 지지되는 기단부와, 상기 로터의 반경 방향에 있어서의 내측에 위치해서 상기 로터의 외주면에 대향하는 선단부를 갖는 선단부를 각각 포함하는 복수의 박판을 구비하고, 각각의 상기 박판은, 상기 기단부측에 있어서 상기 박판의 폭 방향이 상기 로터의 축 방향과 평행하며, 각각의 상기 박판의 상기 선단부는, 상기 박판의 폭 방향을 따른 단면에 있어서, 고압 공간측의 일단부가 저압 공간측의 타단부보다도 상기 로터의 회전 방향에 있어서의 하류측에 위치한다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

F16J 15/44 (2013.01)

(72) 발명자

오야마 히로하루

일본 2208401 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나
토미라이 3쵸메 3-1 미즈비시 히타치 파워 시스템
즈 가부시키키가이샤 내

오자키 고헤이

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

하마다 가츠히사

일본 2208401 가나가와켄 요코하마시 니시쿠 미나
토미라이 3쵸메 3-1 미즈비시 히타치 파워 시스템
즈 가부시키키가이샤 내

스기시타 히데아키

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

니시카와 도요하루

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

구와무라 요시히로

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

하타노 고헤이

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

마츠야마 게이스케

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

명세서

청구범위

청구항 1

고압 공간과 저압 공간을 이격하도록 로터의 주위에 설치되는 터빈의 시일 장치이며,
상기 로터의 외주면에 따라 배열되고, 또한 상기 로터의 반경 방향에 있어서의 외측에 위치해서 상기 터빈의 정지부에 지지되는 기단부와, 상기 로터의 반경 방향에 있어서의 내측에 위치해서 상기 로터의 외주면에 대향하는 선단면을 갖는 선단부를 각각 포함하는 복수의 박판을 구비하고,
각각의 상기 박판은, 상기 기단부측에 있어서 상기 박판의 폭 방향이 상기 로터의 축 방향과 평행하며,
각각의 상기 박판의 상기 선단부는, 상기 박판의 폭 방향을 따른 단면에 있어서, 고압 공간측의 일단부가 저압 공간측의 타단부보다도 상기 로터의 회전 방향에 있어서의 하류측에 위치하는 것을 특징으로 하는, 터빈용 시일 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 각각의 상기 박판은,
상기 박판의 폭 방향에 있어서의 가장 상기 고압 공간에 가까운 제1 위치에 있어서의, 상기 기단부에서 상기 선단부로의 상기 회전 방향의 하류측으로의 상기 박판의 위치 어긋남량을 Δx_1 로 하고,
상기 박판의 폭 방향에 있어서의 가장 상기 저압 공간에 가까운 제2 위치에 있어서의, 상기 기단부에서 상기 선단부로의 상기 회전 방향의 하류측으로의 상기 박판의 위치 어긋남량을 Δx_2 로 했을 때,
 $\Delta x_1 > \Delta x_2 > 0$ 의 관계가 성립되는 것을 특징으로 하는, 터빈용 시일 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 각각의 상기 박판은, 상기 기단부와 상기 선단부 사이에 위치하고, 상기 기단부와 상기 선단부를 연결하는 만곡 형상의 비틀림부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 터빈용 시일 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 각각의 상기 박판은, 상기 고압 공간측에서 상기 저압 공간측에 근접함에 따라서 상기 반경 방향의 내측을 향하는 적어도 1개의 굴곡선으로 굴곡되어 있는 것을 특징으로 하는, 터빈용 시일 장치.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 고압 공간에 면하도록 설치되고, 상기 복수 박판의 고압 공간측의 제1 측면 중 외주측 영역을 덮는 제1 사이드 플레이트와,
상기 저압 공간에 면하도록 설치되고, 상기 복수 박판의 저압 공간측의 제2 측면 중 외주측 영역을 덮는 제2 사이드 플레이트를 구비하고,
각각의 상기 박판의 상기 제1 측면은, 상기 제2 사이드 플레이트에 의해 상기 제2 측면이 덮인 영역보다도, 상기 로터의 반경 방향에 있어서의 내측까지 상기 제1 사이드 플레이트에 의해 덮여 있는 것을 특징으로 하는, 터빈용 시일 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 각각 상기 박판의 상기 선단면의 반경 방향 위치는, 상기 로터의 축 방향에 있어서, 상기 고압 공간 측인 쪽이 상기 저압 공간측보다도 상기 로터의 외주면으로부터 이격되는 것과 같은 분포를 갖고, 또한 상기 고압 공간에 가장 가까운 축 방향 위치에 있어서의 상기 박판의 상기 선단면의 반경 방향 위치는 상기 제2

사이드 플레이트의 내주연보다도 상기 반경 방향의 내측에 위치하는 것을 특징으로 하는, 터빈용 시일 장치.

청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 복수 박판의 기반부측을 보유 지지하는 리테이너를 더 구비하고,
상기 제1 사이드 플레이트 및 상기 제2 사이드 플레이트는, 각각 상기 리테이너와 상기 복수 박판의 양측면 사이에 놓여진 상태에서, 상기 리테이너에 의해 지지되는 것을 특징으로 하는, 터빈용 시일 장치.

청구항 8

터빈익을 갖는 로터와,
상기 로터 주위의 환상 공간을 고압 공간과 저압 공간으로 이격하도록 로터 주위에 설치된 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 기재된 터빈용 시일 장치를 구비하는 것을 특징으로 하는, 터빈.

청구항 9

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 기재된 터빈용 시일 장치용의 박판.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 터빈에 사용되는 터빈용 시일 장치 및 터빈, 및 시일 장치용 박판에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 가스 터빈이나 증기 터빈 등의 터빈에 있어서는, 로터의 외주면과 스테이터의 선단부 사이에, 고압측에서 저압측으로 흐르는 유체의 누설량을 저감하기 위한 시일 장치가 설치되어 있다.

[0003] 이러한 종류의 시일 장치로서, 특허문헌 1 내지 3 등에 기재된 바와 같이, 복수의 박판(리프)이 로터의 주위 방향으로 다층 형상으로 배열된 박판 시일 구조가 알려져 있다. 통상, 터빈의 정지 시에는 박판은 로터에 접촉한 상태이지만, 터빈의 운전 시에는 박판 선단부가 로터 주위면으로부터 부상하여, 박판이 로터와 비접촉인 상태, 또는 비접촉 상태와 접촉 상태가 시계열적으로 혼재한 상태가 된다. 박판 시일 구조는, 래비린스 시일 구조와 비교하여, 클리어런스가 작기 때문에 유체의 누설량이 적고, 또한 박판은 로터와 비접촉인 상태가 많으므로 박판의 마모가 발생하기 어려워, 시일 수명이 길다고 하는 이점을 갖는다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 국제 공개 제2000/003164호
(특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2002-13647호 공보
(특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제2005-2995호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그러나 특허문헌 1 내지 3의 박판 시일 구조에 있어서는, 터빈의 운전 중, 박판과 로터의 비접촉 상태가 적절하게 형성되지 않을 경우, 박판 선단부가 로터에 과도하게 접촉해서 마모할 가능성이 있어, 시일 수명이 길다고 하는 이점이 손상될 우려가 있다.

[0006] 또한, 박판 시일 구조에 있어서는 다른 문제점으로서, 박판은 기반부가 스테이터에 지지되어 선단부측이 자유단 부인 외팔보 구조로 되어 있고, 그 박판의 주위를 유체가 흐르므로, 플러터에 의한 박판의 진동이 발생할 가능

성이 있다.

[0007] 상술한 사정을 감안하여, 본 발명의 적어도 일 실시 형태는, 박판(리프)의 로터에 대한 비접촉 상태를 적절하게 실현하면서 박판의 플러터에 의한 진동을 효과적으로 억제할 수 있는 터빈용 시일 장치 및 터빈, 및 시일 장치용 박판을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] (1) 본 발명의 적어도 일 실시 형태에 관한 터빈용 시일 장치는,
- [0009] 고압 공간과 저압 공간을 이격하도록 로터의 주위에 설치되는 터빈의 시일 장치이며,
- [0010] 상기 로터의 외주면에 따라 배열되고, 또한 상기 로터의 반경 방향에 있어서의 외측에 위치해서 상기 터빈의 정지부에 지지되는 기단부와, 상기 로터의 반경 방향에 있어서의 내측에 위치해서 상기 로터의 외주면에 대향하는 선단면을 갖는 선단부를 각각 포함하는 복수의 박판을 구비하고,
- [0011] 각각의 상기 박판은, 상기 기단부측에 있어서 상기 박판의 폭 방향이 상기 로터의 축 방향과 평행하며,
- [0012] 각각의 상기 박판의 상기 선단부는, 상기 박판의 폭 방향을 따른 단면에 있어서, 고압 공간측의 일단부가 저압 공간측의 타단부보다도 상기 로터의 회전 방향에 있어서의 하류측에 위치하는 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 (1)의 구성에 의하면, 각각의 박판은, 기단부측에 있어서 박판의 폭 방향이 로터의 축 방향과 평행하게 되어 있다. 그로 인해, 박판의 기단부측은 동압의 영향을 받기 어려워, 로터의 축 방향에 대하여 기단부측이 비틀어져서 선단부측의 로터 외주면으로부터의 부상을 저해하는 것을 억제할 수 있다.
- [0014] 한편, 각각의 박판 선단부는, 박판의 폭 방향을 따른 단면에 있어서, 고압 공간측의 일단부가 저압 공간측의 타단부보다도 로터의 회전 방향에 있어서의 하류측에 위치하게 되어 있다. 이로 인해, 박판의 선단부 중 적어도 고압 공간측의 영역에서는, 고압 공간측에서 저압 공간측을 향하는 유체의 흐름에 대하여 0° 를 초과하는 영역을 갖는다. 이에 의해, 고압 공간측의 선단부 영역은 동압의 영향을 받아서 로터 외주면으로부터 부상하기 쉬워져, 로터와 박판과의 비접촉 상태를 적절하게 실현할 수 있다. 즉, 박판의 고압 공간측의 선단부 영역이 동압의 영향에 의해 로터 외주면으로부터 밀어 올려져 부상하기 쉬워진다. 또한, 동압의 영향을 받아서 고압 공간측의 선단부 영역이 로터의 축 방향에 대하여 비틀어져 변형되기 때문에, 저압 공간측에서의 박판끼리의 접촉이 일어나기 쉬워진다. 이렇게 박판끼리가 접촉하면 박판끼리가 서로 지지하게 되므로, 플러터에 의한 박판의 진동을 억제할 수 있게 된다.
- [0015] (2) 몇 가지 실시 형태에서는, 상기 (1)의 구성에 있어서,
- [0016] 각각의 상기 박판은,
- [0017] 상기 박판의 폭 방향에 있어서의 가장 상기 고압 공간에 가까운 제1 위치에 있어서의, 상기 기단부에서 상기 선단부로의 상기 회전 방향의 하류측으로의 상기 박판의 위치 어긋남량을 Δx_1 로 하고,
- [0018] 상기 박판의 폭 방향에 있어서의 가장 상기 저압 공간에 가까운 제2 위치에 있어서의, 상기 기단부에서 상기 선단부로의 상기 회전 방향의 하류측으로의 상기 박판의 위치 어긋남량을 Δx_2 로 했을 때,
- [0019] $\Delta x_1 > \Delta x_2 > 0$ 의 관계가 성립된다.
- [0020] 상기 (2)의 구성에 의하면, 저압 공간측에 있어서도 박판의 선단부가 기단부에 비하여 로터의 회전 방향 하류측으로 위치 어긋남되어 있으므로, 저압 공간측에서의 박판끼리의 접촉이 한층 더 일어나기 쉬워진다.
- [0021] (3) 일 실시 형태에서는, 상기 (1) 또는 (2)의 구성에 있어서,
- [0022] 각각의 상기 박판은, 상기 기단부와 상기 선단부 사이에 위치하고, 상기 기단부와 상기 선단부를 연결하는 만곡형상의 비틀림부를 더 포함한다.
- [0023] 상기 (3)의 구성에 의하면, 박판 주위에 있어서 흐름의 박리가 발생하기 어려우므로, 박판 선단부를 부상시키기 위한 박판 간의 정압 분포의 형성을 저해하지 않고, 박판 선단부의 비접촉 상태를 안정적으로 실현할 수 있다.
- [0024] (4) 다른 실시 형태에서는, 상기 (1) 또는 (2)의 구성에 있어서,
- [0025] 각각의 상기 박판은, 상기 고압 공간측에서 상기 저압 공간측에 근접함에 따라서 상기 반경 방향의 내측을 향하

는 적어도 1개의 굴곡선에 의해 굴곡되어 있다.

- [0026] 상기 (4)의 구성에 의하면, 박판 선단부의 가공이 용이해진다.
- [0027] (5) 몇 가지의 실시 형태에서는, 상기 (1) 내지 (4) 중 어느 하나의 구성에 있어서,
- [0028] 상기 고압 공간에 면하도록 설치되고, 상기 복수의 박판의 고압 공간측의 제1 측면 중 외주측 영역을 덮는 제1 사이드 플레이트와,
- [0029] 상기 저압 공간에 면하도록 설치되고, 상기 복수의 박판의 저압 공간측의 제2 측면 중 외주측 영역을 덮는 제2 사이드 플레이트를 구비하고,
- [0030] 각각의 상기 박판의 상기 제1 측면은, 상기 제2 사이드 플레이트에 의해 상기 제2 측면이 덮인 영역보다도, 상기 로터의 반경 방향에 있어서의 내측까지 상기 제1 사이드 플레이트에 의해 덮여 있다.
- [0031] 상기 (5)의 구성에 의하면, 박판 간의 간극에, 박판의 로터 측단부로부터 스테이터 측단부를 향하는 상부 방향 흐름이 형성되므로, 박판을 로터 주위면으로부터 부상시키기 위한 적절한 정압 분포를 형성할 수 있다. 따라서, 로터와 박판과의 비접촉 상태를 안정적으로 유지할 수 있다.
- [0032] (6) 일 실시 형태에서는, 상기 (5)의 구성에 있어서,
- [0033] 각각의 상기 박판의 상기 선단면의 반경 방향 위치는, 상기 로터의 축 방향에 있어서, 상기 고압 공간측 쪽이 상기 저압 공간측보다도 상기 로터의 외주면으로부터 이격되는 것과 같은 분포를 갖고, 또한 상기 고압 공간에 가장 가까운 축 방향 위치에 있어서의 상기 박판 선단면의 반경 방향 위치는 상기 제2 사이드 플레이트의 내주 연보다도 상기 반경 방향의 내측에 위치한다.
- [0034] 상기 (6)의 구성에 의하면, 고압 공간측에 있어서의 상술한 상부 방향 흐름의 유량이 증가함과 함께, 저압 공간측에 있어서의 박판 간의 간극이 비교적 좁아진다. 그로 인해, 상부 방향 흐름에 기인한 박판의 비틀림 변형이 커져, 비틀림 변형에 수반하는 저압 공간측에서의 박판끼리의 접촉이 한층 더 일어나기 쉬워진다. 이에 의해, 플러터에 의한 박판의 진동을 효과적으로 억제할 수 있다.
- [0035] (7) 몇 가지의 실시 형태에서는, 상기 (1) 내지 (6)의 구성에 있어서,
- [0036] 상기 복수의 박판의 기단부측을 보유 지지하는 리테이너를 더 구비하고,
- [0037] 상기 제1 사이드 플레이트 및 상기 제2 사이드 플레이트는, 각각, 상기 리테이너와 상기 복수의 박판의 양측면 사이에 놓여진 상태에서, 상기 리테이너에 의해 지지된다.
- [0038] (8) 본 발명의 적어도 일 실시 형태에 관한 터빈은,
- [0039] 터빈익을 갖는 로터와,
- [0040] 상기 로터 주위의 환상 공간을 고압 공간과 저압 공간으로 이격하도록 로터의 주위에 설치된 상기 (1) 내지 (7) 중 어느 하나에 기재된 시일 장치를 구비하는 것을 특징으로 한다.
- [0041] 상기 (8)의 구성에 의하면, 로터와 박판과의 비접촉 상태를 안정적으로 유지할 수 있어, 박판의 마모를 방지할 수 있음과 함께, 플러터에 의한 박판의 진동을 억제할 수 있으므로, 신뢰성이 높은 터빈을 제공할 수 있다.
- [0042] (9) 본 발명의 적어도 일 실시 형태에 관한 시일 장치용의 박판은,
- [0043] 상기 (1) 내지 (7) 중 어느 하나에 기재된 시일 장치용 박판인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0044] 본 발명의 적어도 일 실시 형태에 따르면, 박판의 기단부측은 동압의 영향을 받기 어렵고, 선단부측은 동압의 영향을 받아서 로터 외주면으로부터 부상하기 쉬워지므로, 로터와 박판과의 비접촉 상태를 적절하게 실현할 수 있다.
- [0045] 또한, 동압의 영향을 받아서 고압 공간측의 선단부 영역이 로터의 축 방향에 대하여 비틀어져 변형되므로, 저압 공간측에서의 박판끼리의 접촉이 일어나기 쉬워진다. 따라서, 플러터에 의한 박판의 진동을 억제할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[0046] 도 1은 몇 가지의 실시 형태에 관한 증기 터빈을 나타내는 개략 구성도이다.

도 2의 (a)는 몇 가지의 실시 형태에 관한 시일 장치를 모식적으로 도시하는 사시도이며, (b)는 시일 장치에 있어서의 박판의 배치를 모식적으로 도시하는 도면이다.

도 3의 (a)는 일 실시 형태에 관한 박판 간의 간극에 있어서의 정압 분포를 도시한 도면이며, (b)는 로터의 회전축에 수직인 단면이며, 박판의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 4의 (a)는 일 실시 형태에 관한 시일 장치의 단면도이며, (b)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 A 방향 화살표도이며, (c)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 B 방향 화살표도이며, (d)는 (a)에 나타내는 박판의 사시도이다.

도 5의 (a)는 다른 실시 형태에 관한 시일 장치의 단면도이며, (b)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 C 방향 화살표도이며, (c)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 D 방향 화살표도이며, (d)는 (a)에 나타내는 박판의 사시도이다.

도 6의 (a)는 다른 실시 형태에 관한 시일 장치의 단면도이며, (b)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 E 방향 화살표도이며, (c)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 F 방향 화살표도이며, (d)는 (a)에 나타내는 박판의 사시도이다.

도 7의 (a)는 다른 실시 형태에 관한 시일 장치의 단면도이며, (b)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 G 방향 화살표도이며, (c)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 H 방향 화살표도이며, (d)는 (a)에 나타내는 박판의 사시도이다.

도 8의 (a)는 다른 실시 형태에 관한 시일 장치의 단면도이며, (b)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 I 방향 화살표도이며, (c)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 J 방향 화살표도이며, (d)는 (a)에 나타내는 박판의 사시도이다.

도 9는 도 8에 나타내는 박판의 사시도이다.

도 10은 박판 간의 간격에 대해서 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 다른 실시 형태에 관한 가스 터빈을 나타내는 개략 구성도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0047] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 몇 가지 실시 형태에 대해서 설명한다. 단, 실시 형태로서 기재되어 있거나 또는 도면에 도시되어 있는 구성 부품의 치수, 재질, 형상, 그 상대적 배치 등은, 본 발명의 범위를 이에 한정하는 취지가 아닌, 단순한 설명에 지나지 않는다.

[0048] 처음에, 본 실시 형태에 관한 터빈의 일례로서, 도 1에 도시하는 증기 터빈(1)에 대해서 설명한다. 또한, 도 1은, 몇 가지의 실시 형태에 관한 증기 터빈(1)을 나타내는 개략 구성도이다.

[0049] 도 1에 도시한 바와 같이, 몇 가지의 실시 형태에 관한 증기 터빈(1)은, 증기 입구(4)로부터 케이싱(차실)(7a) 내에 도입된 증기에 의해, 로터(2)를 회전 구동하도록 구성되어 있다. 또한, 이 도 1에 있어서, 배기실 등의 증기 배출 기구는 생략하고 있다.

[0050] 구체적으로는, 증기 터빈(1)은 로터(2)측에 설치된 복수의 동익(6)과, 케이싱(7a) 및 해당 케이싱(7a)측에 설치된 복수의 정익(7b)을 포함하는 스테이터(정지부)(7)와, 정익(7b)의 선단부에 설치된 시일 장치(10)를 구비한다.

[0051] 복수의 동익(6)과 복수의 정익(7b)은, 로터(2)의 회전축(0)의 방향(이하, 축 방향이라고 칭함)에 교대로 배열되어 있다. 축 방향을 따라서 흐르는 증기가 동익(6) 및 정익(7b)을 통과함으로써 로터(2)가 회전하고, 로터(2)에 부여된 회전 에너지가 축단부로부터 취출되어서 발전 등에 이용되도록 되어 있다.

[0052] 이하, 도 2 내지 도 10을 참조하여, 몇 가지의 실시 형태에 관한 시일 장치(10)의 구체적인 구성에 대해서 설명한다.

[0053] 도 2의 (a)는 몇 가지의 실시 형태에 관한 시일 장치(10)를 모식적으로 도시하는 사시도이며, (b)는 시일 장치(10)에 있어서의 박판(11)의 배치를 모식적으로 도시하는 도면이다. 도 3의 (a)는 일 실시 형태에 관한 박판(11) 사이의 간극에 있어서의 정압 분포를 도시한 도면이며, (b)는 로터(2)의 회전축(0)에 수직인 단면이며, 박판(11)의 동작을 설명하기 위한 도면이다. 도 4 내지 도 9는, 각 실시 형태에 관한 시일 장치(10)의 구성을 도시하는 도면이다. 도 10은, 박판(11) 사이의 간격에 대해서 설명하기 위한 도면이다.

[0054] 도 2 내지 도 8에 도시한 바와 같이, 본 실시 형태에 관한 시일 장치(10)는, 고압 공간(8)과 저압 공간(9)을 이격하도록 로터(2)의 주위에 설치되고, 고압 공간(8)으로부터 저압 공간(9)에 누설되는 유체(연소 가스)의 누설

량을 저감하도록 구성된다. 이 시일 장치(10)는, 복수의 박판(리프)(11)이 로터(2)의 주위 방향으로 다층 형상으로 배열된 박판 시일 구조를 갖고 있다.

- [0055] 몇 가지의 실시 형태에 있어서, 시일 장치(10)는 로터(2)의 외주면에 따라 배열된 복수의 박판(11)과, 고압 공간(8)에 면하도록 설치된 제1 사이드 플레이트(20)와, 저압 공간(9)에 면하도록 설치된 제2 사이드 플레이트(22)를 구비한다.
- [0056] 구체적으로는, 복수의 박판(11)은 로터(2)와 스테이터(7) 사이의 환상 공간에 설치되어 있고, 서로 미소 공간을 이격해서 로터(2)의 주위 방향으로 다층 형상으로 배열되어 있다. 복수의 박판(11)은, 로터(2)의 축 방향에 대하여 폭 방향 위치가 대략 일치하고 있다.
- [0057] 각 박판(11)은, 가요성을 갖고 있으며, 기단부(14)측이 스테이터(7)에 고정되고, 선단부(12)가 자유단부로서 로터(2)측에 위치한다. 각 박판(11)은, 로터(2)의 외주면에 대하여 주위 방향에 있어서 예각을 이루도록 경사져서 배치된다. 즉, 각 박판(11)은, 로터(2)의 반경 방향에 대하여 0° 를 초과하는 각도를 갖게 경사져서 배치된다. 증기 터빈(1)의 정지 시[로터(2)의 정지 시]에 있어서는, 각 박판(11)의 선단부(12)는, 로터(2)의 외주면에 접촉한 상태로 되어 있다.
- [0058] 제1 사이드 플레이트(20)는, 환상의 박판이며, 고압 공간(8)에 면하도록 설치되고, 복수의 박판(11)의 고압 공간(8)측의 제1 측면(13a) 중 외주측 영역[기단부(14)측의 영역]을 덮도록 형성되어 있다.
- [0059] 제2 사이드 플레이트(22)는, 환상의 박판이며, 저압 공간(9)에 면하도록 설치되고, 복수의 박판(11)의 저압 공간(9)측의 제2 측면(13b) 중 외주측 영역[기단부(14)측의 영역]을 덮도록 형성되어 있다.
- [0060] 또한, 본 실시 형태에 있어서 외주측이란, 로터(2)의 반경 방향에 있어서의 외측이다.
- [0061] 일 실시 형태에서는, 각각의 박판(11)의 제1 측면(13a)은, 제2 사이드 플레이트(22)에 의해 제2 측면(13b)이 덮인 영역보다도, 로터(2)의 반경 방향에 있어서의 내측까지 제1 사이드 플레이트(20)에 의해 덮여 있다. 즉, 로터(2)의 외주면으로부터 제1 사이드 플레이트(20)의 내주연(20a)[로터(2) 측단부]까지의 거리가, 로터(2)의 외주면으로부터 제2 사이드 플레이트(22)의 내주연(22a)[로터(2) 측단부]까지의 거리보다도 작다.
- [0062] 이 구성에 의해, 박판(11) 사이의 간극에, 박판(11)의 로터(2)측의 단부로부터 스테이터(7)측의 단부를 향하는 상부 방향 흐름이 형성되고, 박판(11)을 로터(2)의 외주면으로부터 부상시키기 위한 적절한 정압 분포를 형성할 수 있다. 따라서, 로터(2)와 박판(11)과의 비접촉 상태를 안정적으로 유지할 수 있다.
- [0063] 여기서, 도 3의 (a) 및 (b)를 참조하여, 시일 장치(10)의 동작에 대해서 설명한다. 또한, 도 3의 (a)는 박판(11) 사이의 간극을 지나는 평면에 따른 시일 장치(10)의 단면을 나타내고 있으며, 도 3의 (b)는 박판(11)의 폭 방향에 수직인 평면에 따른 시일 장치(10)의 단면, 즉 로터(2)의 축 방향에 수직인 단면을 나타내고 있다.
- [0064] 도 3의 (a) 및 (b)에 도시한 바와 같이, 박판(11)은 로터(2)의 외주면에 대하여 경사져 있으므로, 해당 로터(2)에 면하는 하면(11b)과, 그 이면이며 스테이터(7)(도 1 참조)에 면하는 상면(11a)을 갖고 있다. 또한, 도 3의 (a)에 나타내는 구성예에서는, 박판(11)의 폭 방향에 있어서, 박판(11)과 제2 사이드 플레이트(22) 사이의 간극은, 박판(11)과 제1 사이드 플레이트(20) 사이의 간극보다도 크다.
- [0065] 도 3의 (a)에 도시한 바와 같이, 증기 터빈(1)의 운전 시[로터(2)의 회전 시], 고압 공간(8)으로부터 저압 공간(9)을 향하는 유체압이 각 박판(11)에 가해진 경우, 각 박판(11)의 상면(11a) 및 하면(11b)에 대하여, 고압 공간(8)측의 선단부(12)의 단부 r1에서 가장 유체압이 높고, 또한 대각의 코너부 r2를 향해 서서히 유체압이 약해지는 정압 분포(30a)가 형성된다.
- [0066] 즉, 고압 공간(8)측으로부터 저압 공간(9)측을 향해 흐르는 유체(g)는, 박판(11) 사이의 간극을 통과할 때, 도 3의 (a)의 점선으로 나타내는 흐름을 형성한다. 구체적으로는, 고압 공간(8)으로부터 로터(2)의 외주면과 제1 사이드 플레이트(20)의 내주연(20a)과의 사이를 지나 박판(11) 사이의 간극으로 유입한 유체(g)는, 고압 공간(8)측의 선단부(12)의 단부 r1로부터 저압 공간(9)측의 기단부(14)측의 코너부 r2의 방향을 향하는 상부 방향 흐름을 형성한다. 상부 방향 흐름은, 박판(11) 사이의 간극에 있어서 고압 공간(8)측의 선단부(12)의 단부 r1측으로부터 방사 형상으로 형성된다. 그리고 유체(g)는, 박판(11)과 제2 사이드 플레이트(22) 사이의 간극에 있어서 하부 방향 흐름을 형성하고, 로터(2)의 외주면과 제2 사이드 플레이트(22)의 내주연(22a) 사이를 지나 저압 공간(9)으로 유출한다.
- [0067] 이에 의해, 도 3의 (b)에 도시한 바와 같이, 각 박판(11)의 상면(11a) 및 하면(11b)에 수직으로 가해지는 유체

압 분포(30b, 30c)는, 선단부(12)측에 가까울수록 크고, 또한 기단부(14)측을 향할수록 작아지는 삼각 분포 형상이 된다.

[0068] 이 상면(11a) 및 하면(11b)의 각각에 있어서의 유체압 분포(30b, 30c)의 형상은 서로 대략 동일한 것이 되지만, 각 박판(11)이 로터(2)의 외주면에 대하여 예각을 이루게 경사져서 배치되어 있으므로, 이들 상면(11a) 및 하면(11b)에 있어서의 각 유체압 분포(30b, 30c)의 상대 위치가 치수 s1만큼 어긋나 있으며, 박판(11)의 기단부(14)측으로부터 선단부(12)측을 향하는 임의점 P에 있어서의 상면(11a) 및 하면(11b)의 유체압을 비교한 경우, 양자에서 차가 발생하게 된다.

[0069] 즉, 박판(11)의 길이 방향에 있어서의 임의점 P에 있어서, 하면(11b)에 가해지는 유체압(이것을 Fb로 함) 쪽이 상면(11a)에 가해지는 가스압(이것을 Fa로 함)보다도 높아지므로, 박판(11)을 로터(2)보다 뜨게 하도록 변형시키는 방향으로 작용한다. 이때, 각 박판(11)의 선단부(12) 근방에서는 반대가 되어, 상면(11a)에만 유체압이 가해지지만, 이 힘은 로터(2)의 외주면과 박판(11)의 선단부 사이를 흐르는 유체(g)의 유체압이, 박판(11)의 선단부(12)를 로터(2)의 외주면으로부터 뜨게 하는 방향으로 작용(이것을 Fc로 함)해서 상쇄하므로, 박판(11)의 선단부를 로터(2)에 대하여 누르려고 하는 힘을 발생시키지 않는다. 따라서, 각 박판(11)에 가해지는 유체압에 의한 압력 하중은, $(Fb + Fc) > Fa$ 가 되므로, 각 박판(11)을 로터(2)의 외주면보다 부상시키도록 변형시킬 수 있게 된다.

[0070] 따라서, 각 박판(11)의 상면(11a) 및 하면(11b) 사이에 압력차를 발생하게 하여, 이들 박판(11)이 로터(2)의 외주면보다 부상하도록 변형시켜서 비접촉 상태를 형성할 수 있다. 또한, 증기 터빈(1)의 운전 시에는, 박판(11)과 로터(2)가 주로 비접촉 상태가 되지만, 비접촉 상태와 접촉 상태가 시계열적으로 혼재한 상태가 되는 경우도 있다.

[0071] 이상의 설명에서는, 고압 공간(8)측으로부터 가압되었을 때의 차압을 이용하여, 각 박판(11)을 로터(2)에 대하여 비접촉 상태로 하는 메커니즘에 대해서 설명했지만, 이외에도, 로터(2)의 회전에 의한 동압 효과의 작용도 동시에 받아서 각 박판(11)이 부상한다.

[0072] 즉, 각 박판(11)은, 판 두께에 의해 결정되는 소정의 강성을 로터(2)의 축 방향에 갖도록 설계되어 있다. 또한, 각 박판(11)은, 상술한 바와 같이 로터(2)의 회전 방향에 대하여 로터(2)의 외주면과 이루는 각이 예각이 되도록 스테이터(7)에 설치되어 있고, 로터(2)의 정지 시에는, 각 박판(11)의 선단부가 소정의 예압으로 로터(2)에 접촉하고 있지만, 로터(2)의 회전 시에는 로터(2)가 회전함으로써 발생하는 동압 효과에 의해 각 박판(11)의 선단부가 부상하므로, 박판(11)과 로터(2)가 비접촉 상태가 된다.

[0073] 상술한 구성을 갖는 시일 장치(10)는, 박판(11)의 로터(2)에 대한 비접촉 상태를 적절하게 실현하면서 박판(11)의 플러터에 의한 진동을 효과적으로 억제할 목적으로, 또한 이하의 구성을 구비하고 있다.

[0074] 도 4 내지 도 8에 도시한 바와 같이, 몇 가지의 실시 형태에 관한 시일 장치(10)에 있어서, 각각의 박판(11)은, 기단부(14)측에 있어서 박판(11)의 폭 방향이 로터(2)의 축 방향과 평행해지도록 구성되어 있다. 즉, 도 4 내지 도 8의 각 실시 형태에 있어서 (c)에 나타내는 기단부(14)측의 단면과 같이, 박판(11)의 제1 측면(13a)과 제2 측면(13b) 사이의 폭 방향이, 로터(2)의 축 방향에 대하여 평행하게 되어 있다.

[0075] 이에 의해, 박판(11)의 기단부(14)측은 동압의 영향을 받기 어렵고, 로터(2)의 축 방향에 대하여 기단부(14)측이 비틀어져서 선단부(12)측의 부상을 저해하는 것을 억제할 수 있다.

[0076] 한편, 각각의 박판(11)의 선단부(12)는, 박판(11)의 폭 방향을 따른 단면에 있어서, 고압 공간(8)측의 일단부가 저압 공간(9)측의 타단부보다도 로터(2)의 회전 방향에 있어서의 하류측에 위치한다. 즉, 도 4 내지 도 8의 각 실시 형태에 있어서 (b)에 나타내는 선단부(12)측의 단면과 같이, 고압 공간(8)측의 단부(12b)가, 저압 공간(9)측의 단부(12c)보다도 로터(2)의 회전 방향에 있어서의 하류측에 위치하고 있다.

[0077] 이로 인해, 박판(11)의 선단부(12) 중 적어도 고압 공간(8)측의 영역에서는, 고압 공간(8)측으로부터 저압 공간(9)측을 향하는 유체의 흐름에 대하여 0° 를 초과하는 영각을 갖는다. 이에 의해, 고압 공간(8)측의 선단부(12) 영역은 동압의 영향을 받아서 로터(2)의 외주면으로부터 부상하기 쉬워져, 로터(2)와 박판(11)과의 비접촉 상태를 적절하게 실현할 수 있다. 즉, 박판(11)의 고압 공간(8)측의 선단부(12) 영역이 동압의 영향에 의해 로터(2)의 외주면으로부터 밀어 올려져서 부상하기 쉬워진다. 또한, 동압의 영향을 받아서 고압 공간(8)측의 선단부(12) 영역이 로터(2)의 축 방향에 대하여 비틀어져 변형되므로, 저압 공간(9)측에서의 박판(11)끼리의 접촉이 일어나기 쉬워진다. 이렇게 박판(11)끼리가 접촉하면 박판(11)끼리가 서로 지지하게 되므로, 플러터에 의한

박판(11)의 진동을 억제할 수 있게 된다.

- [0078] 구체적으로는, 로터(2)의 회전 시, 박판(11)의 선단부(12)는, 상술한 바와 같이 정압 분포에 의해 로터(2)의 외주면으로부터 부상하고, 해당 로터(2)의 외주면에 대하여 비접촉 상태가 된다. 이때, 가요성 박판(11)은, 기단부(14)로부터 선단부(12)까지의 길이 방향에 있어서 약간 만곡한 형상이 된다. 여기서, 상기한 바와 같이, 각각의 박판(11)의 선단부(12)에 있어서 고압 공간(8)측의 단부(12b)가 저압 공간(9)측의 단부(12c)보다도 로터(2)의 회전 방향에 있어서의 하류측에 위치할 경우, 동압의 영향에 의해 고압 공간(8)측의 단부(12b)의 부상량 쪽이 저압 공간(9)측의 단부(12c)의 부상량보다도 커진다. 즉, 도 4 내지 도 8의 (b)에 나타내는 선단부(12)의 단면과 같이, 원래 고압 공간(8)측의 단부(12b) 쪽이 저압 공간(9)측의 단부(12c)보다도 로터(2)의 회전 방향 하류측에 위치하고 있었던 것이, 동압의 영향을 받아서 고압 공간(8)측의 단부(12b)가 한층 더 부상함으로써, 고압 공간(8)측의 단부(12b)의 위치가 또한 로터(2)의 회전 방향 하류측으로 어긋난다. 그로 인해, 박판(11)은, 그 폭 방향에 대하여 한층 더 비틀어져서 변형하게 된다.
- [0079] 한편, 도 10에 도시한 바와 같이, 복수의 박판(11)은 로터(2)의 주위 방향에 배치되어 있으므로, 박판(11)의 기단부(14)를 지나는 원주 길이 R_2 는 선단부(12)를 지나는 원주 길이 R_1 보다도 크다. 이 원주 길이 R_2 와 원주 길이 R_1 의 주위 길이차에 의해, 인접하는 박판(11)의 기단부(14) 사이의 거리 ΔT_2 는 선단부(12) 사이의 거리 ΔT_1 보다도 커진다. 즉, 인접하는 박판(11)에 있어서의 선단부(12)끼리의 간격은, 기단부(14)끼리의 간격보다도 좁게 되어 있다. 특히, 선단부(12)끼리의 간격은, 로터(2)의 외주면에 보다 가까운 저압 공간(9)측에 있어서 좁아진다. 그로 인해, 박판(11)의 선단부(12)에 있어서 상술한 비틀림 변형이 발생한 경우, 저압 공간(9)측에서의 박판(11)끼리의 접촉이 일어나기 쉬워진다. 이렇게 박판(11)끼리가 접촉하면, 박판(11)끼리가 서로 지지하게 되므로, 플러터에 의한 박판(11)의 진동을 억제할 수 있다.
- [0080] 일 실시 형태에 있어서, 시일 장치(10)는, 고압 공간(8)에 가장 가까운 축 방향 위치에 있어서의 박판 선단면(12a)의 반경 방향 위치가, 제1 사이드 플레이트(20)의 내주연(20a)보다도 반경 방향의 내측에 위치하고 있다.
- [0081] 예를 들어, 박판 선단면(12a)의 반경 방향 위치가 제1 사이드 플레이트(20)의 내주연(20a)보다도 반경 방향의 외측일 경우, 로터(2)의 외주면과 박판 선단면(12a) 사이의 공간이 과도하게 커지고, 박판(11)이 부상했을 때에 로터(2)의 외주면과 박판 선단면(12a) 사이의 클리어런스가 넓어져, 축 시일 효과가 저하되어 버릴 가능성이 있다.
- [0082] 그로 인해, 상기 구성에 의하면, 박판 선단면(12a)의 반경 방향 위치가, 제1 사이드 플레이트(20)의 내주연(20a)보다도 반경 방향의 내측이 되도록 했으므로, 로터(2)의 외주면과 박판 선단면(12a) 사이의 공간을 적절하게 형성할 수 있어, 축 시일 효과를 유지하면서 플러터에 의한 진동의 억제가 가능하게 된다.
- [0083] 또한, 일 실시 형태에 있어서, 각각의 박판(11)의 선단면(12a)의 반경 방향 위치는, 로터(2)의 축 방향에 있어서, 고압 공간(8)측인 쪽이 저압 공간(9)측보다도 로터(2)의 외주면으로부터 이격되는 것과 같은 분포를 갖고 있다. 즉, 각 박판(11)은, 박판 선단면(12a) 중 고압 공간(8)측의 단부(12b)와 로터(2)의 외주면과의 거리 쪽이, 저압 공간(9)측의 단부(12c)와 로터(2)의 외주면과의 거리보다도 커지게 구성되어 있다. 그리고 고압 공간(8)측의 단부(12b)와 저압 공간(9)측의 단부(12c) 사이에 있어서는, 고압 공간(8)측으로부터 저압 공간(9)측을 향해, 연속적으로 또는 단속적으로, 또는 단계적으로 박판 선단면(12a)과 로터(2)의 외주면 사이의 거리가 작아지도록, 박판(11)의 선단부(12)가 형성되어 있다. 또한, 박판(11)의 선단부(12)는, 고압 공간(8)에 가장 가까운 축 방향 위치에 있어서의 박판 선단면(12a)의 반경 방향 위치가, 제2 사이드 플레이트(22)의 내주연(22a)보다도 반경 방향의 내측에 위치하도록 구성되어 있다. 즉, 박판 선단면(12a) 중 고압 공간(8)측의 단부(12b)와 로터(2)의 외주면과의 거리가, 제2 사이드 플레이트(22)의 내주연(22a)과 로터(2)의 외주면과의 거리보다도 작다.
- [0084] 이 구성에 의하면, 고압 공간(8)측에 있어서의 상술한 상부 방향 흐름의 유량이 증가함과 함께, 저압 공간(9)측에 있어서의 박판(11) 사이의 간극이 비교적 좁아진다. 그로 인해, 상부 방향 흐름에 기인한 박판(11)의 비틀림 변형이 커지고, 비틀림 변형에 수반하는 저압 공간(9)측에서의 박판(11)끼리의 접촉이 한층 더 일어나기 쉬워진다. 이에 의해, 플러터에 의한 박판(11)의 진동을 효과적으로 억제할 수 있다.
- [0085] 이 경우, 시일 장치(10)는 고압 공간(8)에 가장 가까운 축 방향 위치에 있어서의 박판 선단면(12a)의 반경 방향 위치가, 제1 사이드 플레이트(20)의 내주연(20a)보다도 반경 방향의 내측에 위치하고 있어도 된다.
- [0086] 예를 들어, 박판 선단면(12a)의 반경 방향 위치가 제1 사이드 플레이트(20)의 내주연(20a)보다도 반경 방향의

외측일 경우, 로터(2)의 외주면과 박판 선단면(12a) 사이의 공간이 과도하게 커지고, 박판(11)이 부상했을 때에 로터(2)의 외주면과 박판 선단면(12a) 사이의 클리어런스가 넓어져, 축 시일 효과가 저하되어 버릴 가능성이 있다.

- [0087] 그로 인해, 상기 구성에 의하면, 박판 선단면(12a)의 반경 방향 위치가, 제1 사이드 플레이트(20)의 내주연(20a)보다도 반경 방향의 내측이 되도록 했으므로, 로터(2)의 외주면과 박판 선단면(12a) 사이의 공간을 적절하게 형성할 수 있어, 축 시일 효과를 유지하면서 플러터에 의한 진동 억제가 가능하게 된다.
- [0088] 또한, 고압 공간(8)측의 단부(12b)와 저압 공간(9)측의 단부(12c) 사이에 있어서는, 고압 공간(8)측으로부터 저압 공간(9)측을 향해, 연속적으로 또는 단속적으로, 또는 단계적으로 박판 선단면(12a)과 로터(2)의 외주면 사이의 거리가 작아지도록, 박판(11)의 선단부(12)가 형성되어 있어도 된다.
- [0089] 이어서, 각 실시 형태에 관한 시일 장치(10)의 구체적인 구성예에 대해서 설명한다. 또한, 도 4 내지 도 9에 있어서는, 구성이 같은 부위에는 동일한 부호를 부여하고, 구성이 상위한 부위에만 다른 부호를 붙이고 있다.
- [0090] 도 4의 (a)는 일 실시 형태에 관한 시일 장치의 단면도이며, (b)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 A 방향 화살표도이며, (c)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 B 방향 화살표도이며, (d)는 (a)에 나타내는 박판의 사시도이다.
- [0091] 일 실시 형태에 있어서는 시일 장치(10)에 있어서, 각각의 박판(11)은 기단부(14)와 선단부(12) 사이에 위치하고, 기단부(14)와 선단부(12)를 연결하는 만곡 형상의 비틀림부(12d)를 더 포함한다. 도시되는 예에서는, 비틀림부(12d)는 고압 공간(8)측의 단부(12b)로부터, 저압 공간(9)측의 단부(12c)보다도 고압 공간(8)측의 위치(12e)까지의 사이에 형성된다.
- [0092] 이 구성에 의하면, 박판(11)의 주위에 있어서 흐름의 박리가 발생하기 어렵기 때문에, 박판(11)의 선단부(12)를 부상시키기 위한 박판(11) 사이의 정압 분포의 형성을 저해하지 않고, 박판(11)의 선단부(12)의 비접촉 상태를 안정적으로 실현할 수 있다.
- [0093] 도 5의 (a)는 다른 실시 형태에 관한 시일 장치의 단면도이며, (b)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 C 방향 화살표도이며, (c)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 D 방향 화살표도이며, (d)는 (a)에 나타내는 박판의 사시도이다.
- [0094] 다른 실시 형태에 있어서는 시일 장치(10)에 있어서, 각각의 박판(11)은, 기단부(14)와 선단부(12) 사이에 위치하고, 기단부(14)와 선단부(12)를 연결하는 만곡 형상의 비틀림부(12d)를 더 포함한다. 도시되는 예에서는, 비틀림부(12d)는 고압 공간(8)측의 단부(12b)로부터 저압 공간(9)측의 단부(12c)까지의 전체 영역에 걸쳐서 형성된다. 또한, 이 구성에서는, 회전 방향에 있어서는 저압 공간(9)측의 단부(12c)의 위치는, 기단부(14)측의 제2 측면(13b)의 위치와 대략 일치하고 있다. 즉, 제2 측면(13b)은, 기단부(14)로부터 선단부(12)까지 직선 형상으로 형성되어 있다.
- [0095] 이 구성에 의하면, 박판(11)의 주위에 있어서 흐름의 박리가 발생하기 어렵기 때문에, 박판(11)의 선단부(12)를 부상시키기 위한 박판(11) 사이의 정압 분포의 형성을 저해하지 않고, 박판(11)의 선단부(12)의 비접촉 상태를 안정적으로 실현할 수 있다.
- [0096] 도 6의 (a)는 다른 실시 형태에 관한 시일 장치의 단면도이며, (b)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 E 방향 화살표도이며, (c)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 F 방향 화살표도이며, (d)는 (a)에 나타내는 박판의 사시도이다.
- [0097] 다른 실시 형태에 있어서는 시일 장치(10)에 있어서, 각각의 박판(11)은, 고압 공간(8)측으로부터 저압 공간(9)측에 근접함에 따라서 반경 방향의 내측을 향하는 1개의 굴곡선(12g)에 의해 굴곡한 굴곡부(12f)를 더 포함한다. 굴곡선(12g)은, 고압 공간(8)측의 제1 측면(13a)으로부터 저압 공간(9)측의 제2 측면(13b)까지 직선 형상으로 연장되어 있다. 단, 굴곡선(12g)의 구성은 이에 한정되는 것은 아니며, 예를 들어 고압 공간(8)측의 제1 측면(13a)으로부터, 단부(12b)와 단부(12c) 사이의 선단면(12a)까지 직선 형상으로 연장되어 있어도 된다. 또한, 굴곡선(12g)은, 2개 이상 설치되어 있어도 된다.
- [0098] 이 구성에 의하면, 만곡면을 형성할 필요가 없으므로, 박판(11)의 선단부(12)의 가공이 용이해진다.
- [0099] 도 7의 (a)는 다른 실시 형태에 관한 시일 장치의 단면도이며, (b)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 G 방향 화살표도이며, (c)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 H 방향 화살표도이며, (d)는 (a)에 나타내는 박판의 사시도이다.
- [0100] 다른 실시 형태에 있어서는 시일 장치(10)에 있어서, 각각의 박판(11)은, 고압 공간(8)측의 제1 측면(13a)에 평행한 만곡 개시선(12i)을 경계로 하여, 제1 측면(13a)측이 회전 방향 하류측을 향해 만곡한 만곡부(12h)를 더 포함한다. 만곡 개시선(12i)은, 선단면(12a)으로부터 기단부(14)보다도 선단부(12)측까지 연장되어 있다. 즉,

기단부(14)측에는, 박판(11)의 폭 방향이 축 방향에 대하여 평행한 영역이 존재하고 있으며, 이 영역보다도 선단부(12)측에 있어서 만곡부(12h)가 형성되어 있다.

- [0101] 이 구성에 의하면, 박판(11)의 폭 방향에 대해서만 만곡을 형성하면 되므로, 박판(11)의 선단부(12)의 가공이 비교적 용이해진다.
- [0102] 도 8의 (a)는 다른 실시 형태에 관한 시일 장치의 단면도이며, (b)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 I 방향 화살표도이며, (c)는 (a)에 나타내는 시일 장치의 J 방향 화살표도이며, (d)는 (a)에 나타내는 박판의 사시도이다. 도 9는 도 8에 나타내는 박판의 사시도이다.
- [0103] 다른 실시 형태에 있어서의 시일 장치(10)에 있어서, 각각의 박판(11)은 기단부(14)와 선단부(12) 사이에 위치하고, 기단부(14)와 선단부(12)를 연결하는 만곡 형상의 비틀림부(12j)를 더 포함한다. 도시되는 예에서는, 비틀림부(12j)는 고압 공간(8)측의 단부(12b)로부터 저압 공간(9)측의 단부(12c)까지의 전체 영역에 걸쳐서 형성된다. 또한, 이 구성에서는, 회전 방향에 있어서의 저압 공간(9)측의 단부(12c)는, 기단부(14)측의 제2 측면(13b)의 위치보다도 회전 방향 하류측에 위치하고 있다. 즉, 제2 측면(13b)은 선단부(12)측에 있어서 단부가 하류측을 향하도록 만곡하고 있다.
- [0104] 구체적으로는, 도 9에 도시한 바와 같이, 박판(11)의 폭 방향에 있어서의 가장 고압 공간(8)에 가까운 단부(12b)(제1 위치)에 있어서의, 기단부(14)로부터 선단부(12)로의 회전 방향의 하류측으로의 박판(11)의 위치 어긋남량을 Δx_1 로 하고, 박판(11)의 폭 방향에 있어서의 가장 저압 공간(9)에 가까운 단부(12c)(제2 위치)에 있어서의, 기단부(14)로부터 선단부(12)로의 회전 방향의 하류측으로의 박판(11)의 위치 어긋남량을 Δx_2 로 했을 때, 각각의 박판(11)은 $\Delta x_1 > \Delta x_2 > 0$ 의 관계가 성립하도록 구성된다. 또한, 이 도 9에 있어서는, 위치 어긋남량은 박판(11)의 기단부(14)측(평면 영역)을 따른 평면(M)에서 단부(12b)까지의 거리를 위치 어긋남량 Δx_1 로 하고, 평면(M)에서 단부(12c)까지의 거리를 위치 어긋남량 Δx_2 로 하고 있다.
- [0105] 이 구성에 의하면, 저압 공간(9)측에 있어서도 박판(11)의 선단부(12)가 기단부(14)에 비하여 로터(2)의 회전 방향 하류측으로 위치 어긋나져 있으므로, 저압 공간(9)측에서의 박판(11)끼리의 접촉이 한층 더 일어나기 쉬워진다.
- [0106] 또한, 이 구성에서는, 회전 방향에 있어서의 저압 공간(9)측의 단부(12c)의 위치는, 기단부(14)측의 제2 측면(13b)의 위치보다도 회전 방향 하류측에 위치한다.
- [0107] 일 실시 형태에서는, 상술한 시일 장치(10)는, 이하에 나타내는 구성을 더 구비하고 있어도 된다.
- [0108] 도 4 내지 도 8에 도시한 바와 같이, 시일 장치(10)는 복수의 박판(11)의 기단부(14)측을 보유 지지하는 한 쌍의 리테이너(26, 28)를 더 구비한다. 그리고 제1 사이드 플레이트(20) 및 제2 사이드 플레이트(22)는, 각각 리테이너(26, 28)와 복수의 박판(11)의 양측면(13a, 13b) 사이에 놓여진 상태에서, 리테이너(26, 28)에 의해 지지된다.
- [0109] 구체적인 구성으로서, 스테이터(7)에는 리테이너(26, 28)와, 제1 사이드 플레이트(20) 및 제2 사이드 플레이트(22)와, 복수의 박판(11)을 보유 지지하기 위한 환상의 보유 지지 공간(40)이 형성되어 있다. 보유 지지 공간(40)은, 로터(2)의 회전축(0)에 따른 단면에 있어서 T자 형상으로 형성되어 있다. 보유 지지 공간(40)은, 로터(2)의 반경 방향 내주측에 형성되어, 고압 공간(8) 및 저압 공간(9)에 연통하는 제1 공간(41)과, 로터(2)의 반경 방향 외주측에 형성되어, 제1 공간(41)에 연통하는 제2 공간(42)을 포함한다.
- [0110] 박판(11)은, 기단부(14)측의 판 폭이 선단부(12)측의 판 폭보다 폭이 넓은 대략 T자형을 갖고 있으며, 기단부(14)와 선단부(12) 사이의 양측면(13a, 13b)에, 선단부(12)측보다 판 폭이 좁은 절결부(16a, 16b)가 설치되어 있다.
- [0111] 한 쌍의 리테이너(26, 28)는, 각각 오목부(26a, 28a)를 갖고 있으며, 로터(2)의 회전축(0)을 포함하는 단면에서 본 경우에 대략 「コ」자 형상을 이루고 있다. 한 쌍의 리테이너(26, 28)는, 오목부(26a, 28a)에는 박판(11)의 기단부(14)가 끼워 넣어진 상태에서 제2 공간(42)에 수용되어 있다. 즉, 한 쌍의 리테이너(26, 28)는 로터(2)의 주위 방향으로 다층 형상으로 배열되는 복수의 박판(11)의 기단부(14)를 양측면(13a, 13b)으로부터 끼워 넣어 지지하도록 구성된다. 이때, 리테이너(26, 28)의 로터(2)측의 측면이, 제2 공간(42)의 로터(2)측의 벽면(42a, 42b)에 접촉함으로써, 해당 리테이너(26, 28)에 끼움 지지된 박판(11)이 스테이터(7)측에 지지되게 되어 있다.

- [0112] 제1 사이드 플레이트(20) 및 제2 사이드 플레이트(22)는, 각각 로터(2)의 반경 방향 외주측에 돌출부(20b, 22b)를 갖고 있다. 돌출부(20b, 22b)는 박판(11)의 절결부(16a, 16b)에 걸림 결합하도록 되어 있다. 그리고 제1 사이드 플레이트(20) 및 제2 사이드 플레이트(22)는, 각각 리테이너(26, 28)와 복수의 박판(11)의 양측면(13a, 13b) 사이에 놓여진 상태에서, 리테이너(26, 28)에 의해 지지된다.
- [0113] 또한, 도시는 생략하지만, 제2 공간(42)에는, 각 리테이너(26, 28) 사이에 끼움 지지되고, 이들에 대한 각 박판(11)의 덜거거림을 저감하기 위한 스페이서가 설치되어 있어도 된다. 또한, 제2 공간(42)에는, 환상으로 배열된 복수의 박판(11)을, 로터(2)의 회전축과 동축을 이루도록 부상 상태로 지지하기 위한 복수의 압박 부재(예를 들어 판 스프링)가 설치되어 있어도 된다.
- [0114] 상술한 바와 같이, 본 발명의 실시 형태에 따르면, 박판(11)의 기반부(14)측은 동압의 영향을 받기 어렵고, 선단부(12)측은 동압의 영향을 받아서 로터(2)의 외주면으로부터 부상하기 쉬워지므로, 로터(2)와 박판(11)과의 비접촉 상태를 적절하게 실현할 수 있다.
- [0115] 또한, 동압의 영향을 받아서 고압 공간(8)측의 선단부(12) 영역이 로터(2)의 축 방향에 대하여 비틀어져 변형되므로, 저압 공간(9)측에서의 박판(11)끼리의 접촉이 일어나기 쉬워진다. 따라서, 플러터에 의한 박판(11)의 진동을 억제할 수 있게 된다.
- [0116] 본 발명은, 상술한 실시 형태에 한정되지 않고, 상술한 실시 형태에 변형을 더한 형태나, 이들의 형태를 적절히 조합한 형태도 포함한다.
- [0117] 예를 들어, 상술한 실시 형태에서는, 본 실시 형태에 관한 터빈의 일례로서 증기 터빈(1)에 대해서 설명했지만, 본 실시 형태에 관한 터빈은 이에 한정되는 것은 아니며, 도 11에 도시하는 가스 터빈(51) 등의 다른 터빈이라도 된다.
- [0118] 도 11에 도시하는 가스 터빈(51)은, 압축 공기를 생성하기 위한 압축기(53)와, 압축 공기 및 연료를 사용해서 연소 가스를 발생시키기 위한 연소기(54)와, 연소 가스에 의해 회전 구동되도록 구성된 터빈(55)을 구비한다. 예를 들어 발전용 가스 터빈(51)의 경우, 터빈(55)에는, 도시하지 않은 발전기가 연결되어, 터빈(55)의 회전 에너지에 의해 발전이 이루어지게 되어 있다. 이러한 종류의 가스 터빈(51)에서는, 터빈(55)의 회전 에너지가 로터(52)[도 1의 로터(2)에 대응]를 통해 압축기(53)의 동력원으로서 사용된다.
- [0119] 구체적으로는, 터빈(55)은 로터(52)측에 설치된 복수의 동익(56)[도 1의 동익(6)에 대응]과, 케이싱(57a) 및 해당 케이싱(57a)측에 설치된 복수의 정익(57b)[도 1의 정익(7b)에 대응]을 포함하는 스테이터(정지부)(57)와, 정익(57b)의 선단부에 설치된 시일 장치(50)를 구비한다. 이 시일 장치(50)로서, 상술한 시일 장치(10)를 사용할 수 있다.
- [0120] 복수의 동익(56)과 복수의 정익(57b)은, 로터(52)의 회전축(0)의 방향(이하, 축 방향이라고 칭함)에 교대로 배열되어 있다. 축 방향을 따라서 흐르는 연소 가스가 동익(56) 및 정익(57b)을 통과함으로써 로터(52)가 회전하고, 로터(52)에 부여된 회전 에너지가 축단부로부터 취출되어서 발전 등에 이용되게 되어 있다.
- [0121] 예를 들어, 「어떤 방향으로」, 「어떤 방향을 따라」, 「평행」, 「직교」, 「중심」, 「동심」 또는 「동축」 등의 상대적 또는 절대적인 배치를 나타내는 표현은, 엄밀하게 그러한 배치를 나타낼 뿐만 아니라, 공차, 또는 동일한 기능을 얻을 수 있을 정도의 각도나 거리를 가지고 상대적으로 변위하고 있는 상태도 나타내는 것으로 한다.
- [0122] 예를 들어, 「동일」, 「동등한」 및 「균질」 등의 사물이 동등한 상태인 것을 나타내는 표현은, 엄밀과 다른 없는 상태를 나타낼 뿐만 아니라, 공차, 또는 동일한 기능을 얻을 수 있을 정도의 차가 존재하고 있는 상태도 나타내는 것으로 한다.
- [0123] 예를 들어, 사각 형상이나 원통 형상 등의 형상을 나타내는 표현은, 기하학적으로 엄밀한 의미에서의 사각 형상이나 원통 형상 등의 형상을 나타낼 뿐만 아니라, 동일한 효과가 얻어지는 범위에서, 요철부나 모따기부 등을 포함하는 형상도 나타내는 것으로 한다.
- [0124] 한편, 하나의 구성 요소를 「구비하는」, 「포함하는」 또는 「갖는다」라고 하는 표현은, 다른 구성 요소의 존재를 제외하는 배타적인 표현은 아니다.

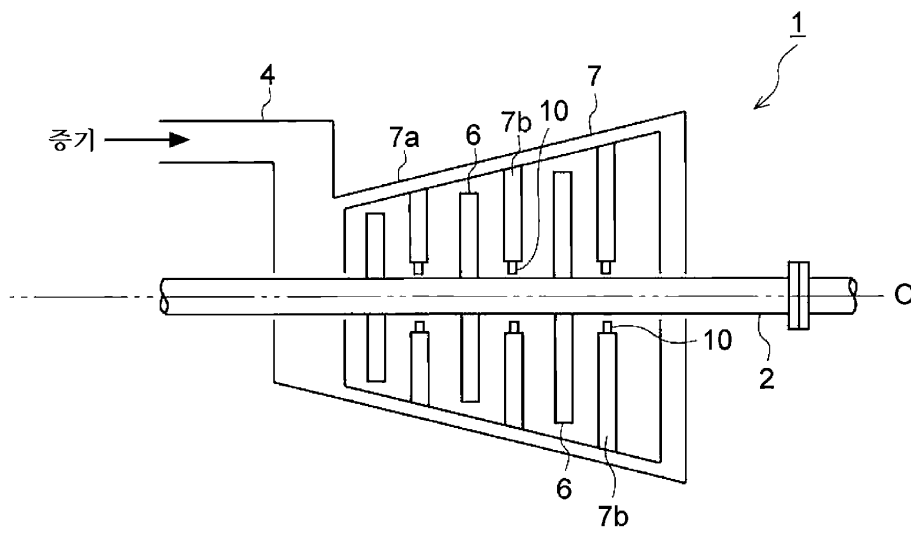
부호의 설명

- [0125]
- 1 : 증기 터빈
 - 2 : 로터
 - 4 : 증기 입구
 - 6 : 동익
 - 7 : 스테이터
 - 7a : 케이싱
 - 7b : 정익
 - 8 : 고압 공간
 - 8b : 정익
 - 9 : 저압 공간
 - 10 : 시일 장치
 - 11 : 박판
 - 11a : 상면
 - 11b : 하면
 - 12 : 선단부
 - 12a : 박판 선단면
 - 12b : 고압 공간측의 단부
 - 12c : 저압 공간측의 단부
 - 12d, 12j : 비틀림부
 - 12f : 굴곡부
 - 12g : 굴곡선
 - 12h : 만곡부
 - 12i : 만곡 개시선
 - 12e : 변곡점
 - 13a : 제1 측면
 - 13b : 제2 측면
 - 14 : 기단부
 - 16a, 16b : 절결부
 - 20 : 제1 사이드 플레이트
 - 22 : 제2 사이드 플레이트
 - 26, 28 : 리테이너
 - 40 : 보유 지지 공간
 - 51 : 가스 터빈
 - 52 : 로터
 - 53 : 압축기
 - 54 : 연소기

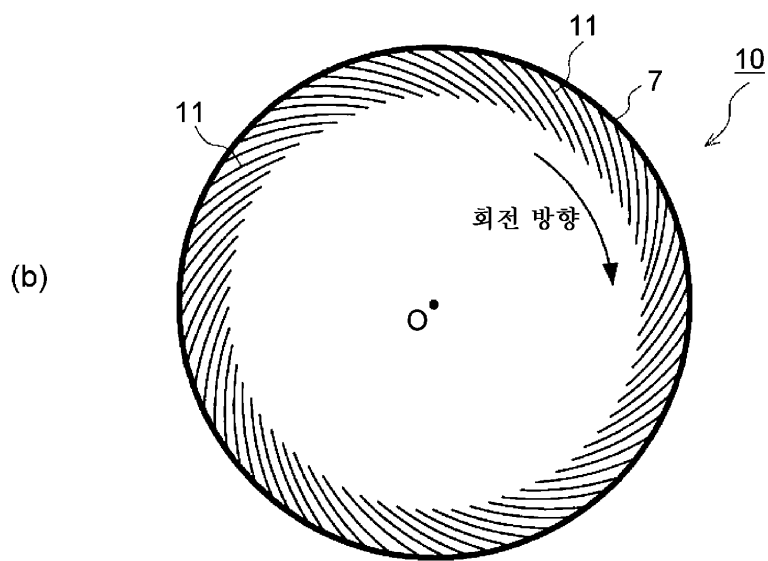
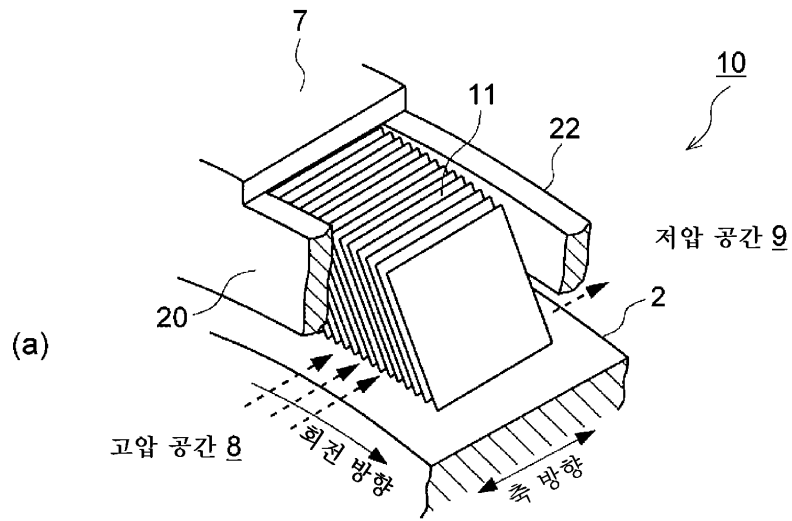
- 55 : 터빈
- 56 : 동익
- 57 : 스테이터
- 57a : 케이싱
- 57b : 정익
- 58 : 고압 공간
- 58b : 정익
- 59 : 저압 공간
- 50 : 시일 장치

도면

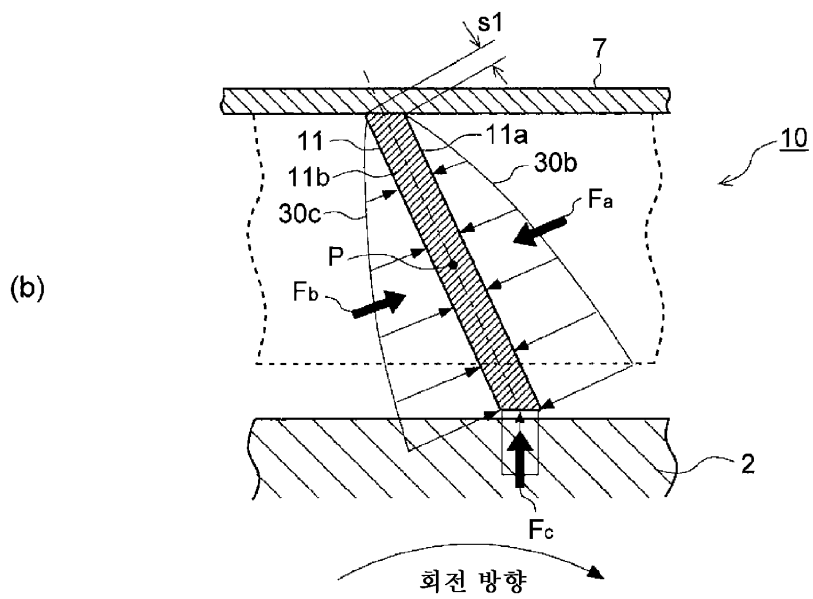
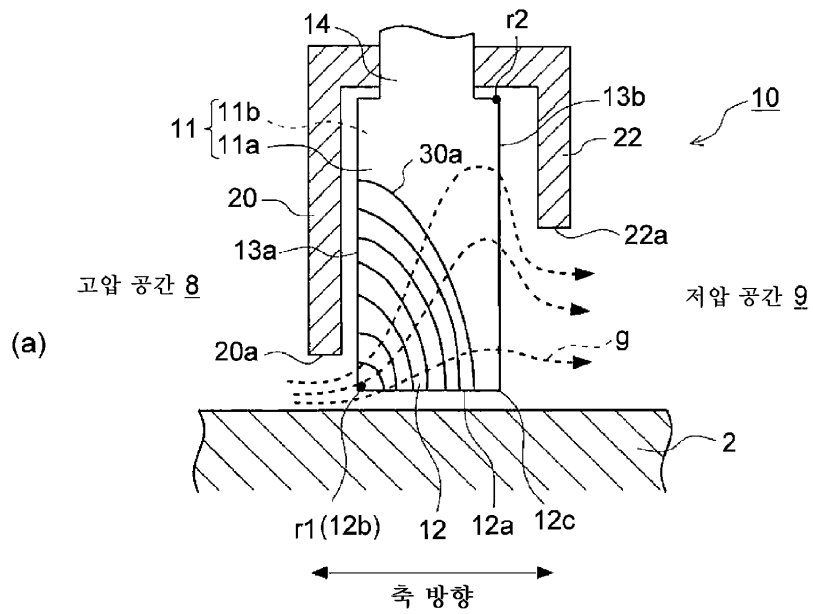
도면1



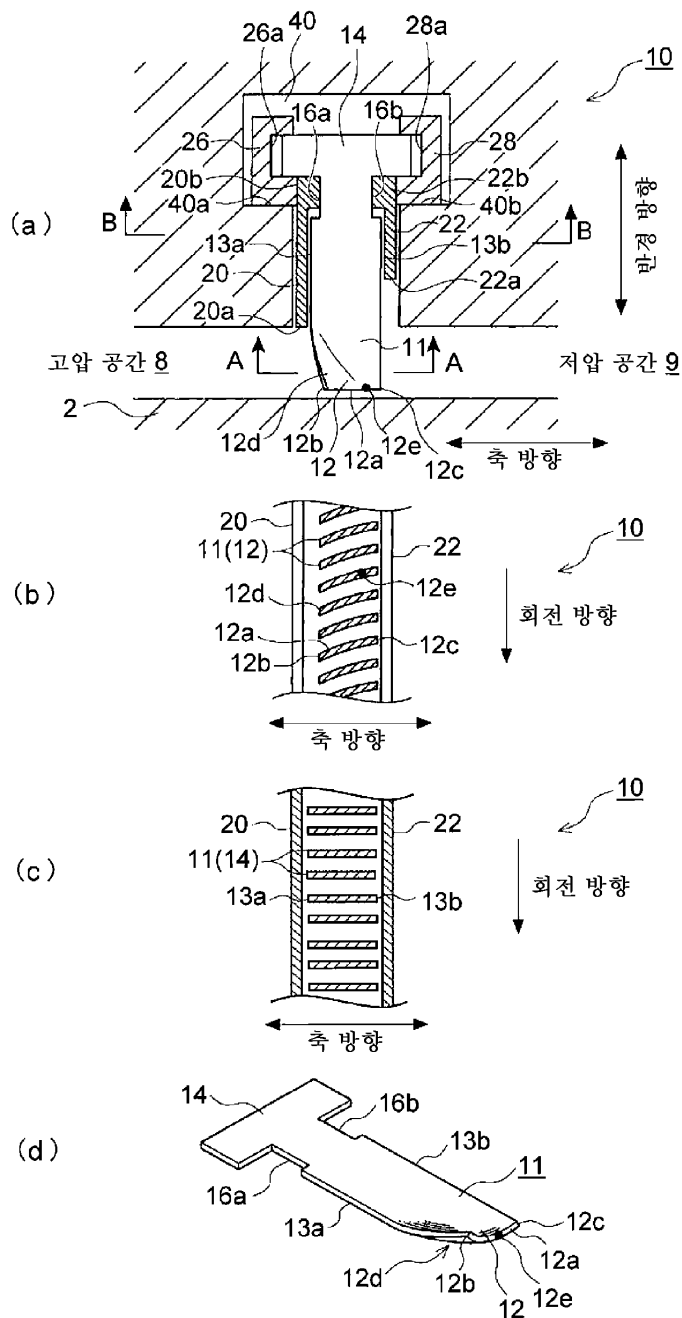
도면2



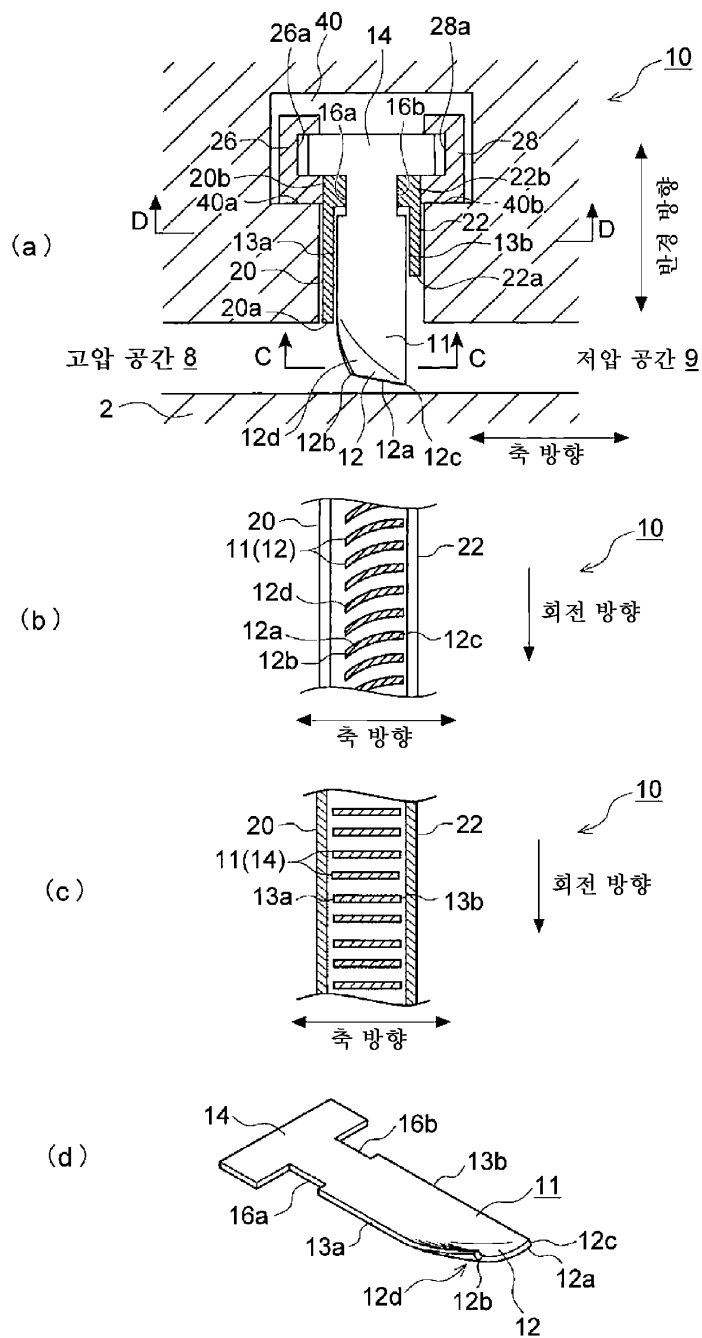
도면3



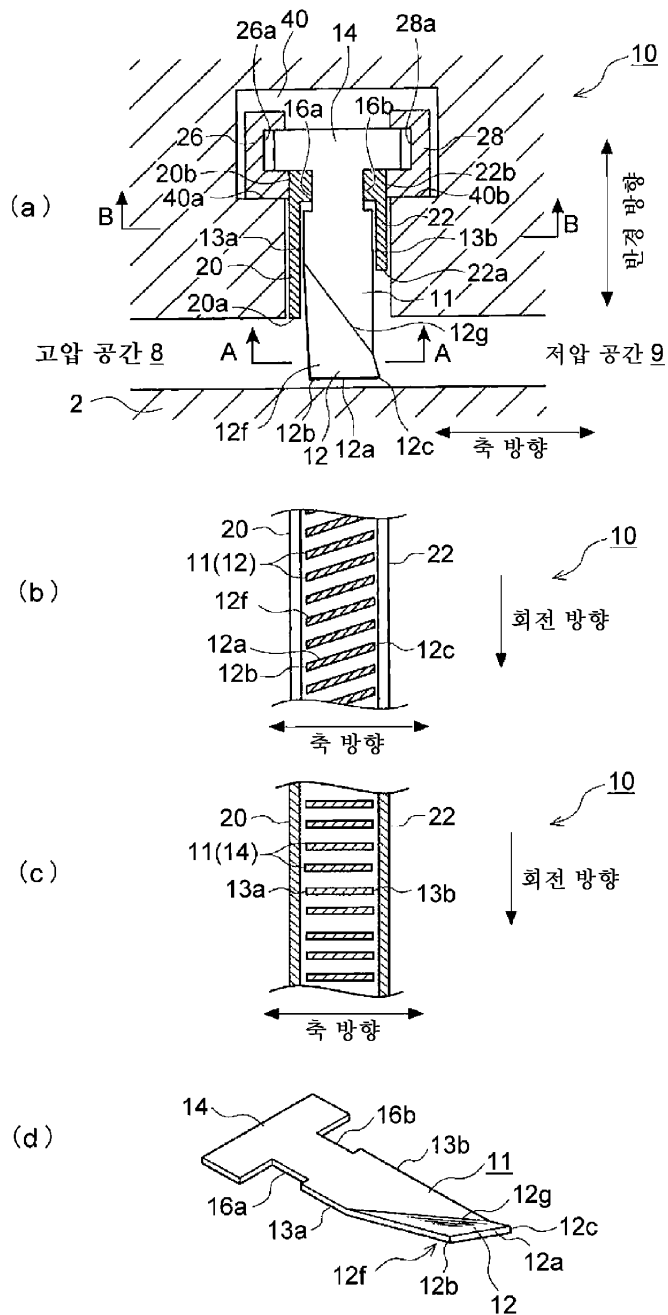
도면4



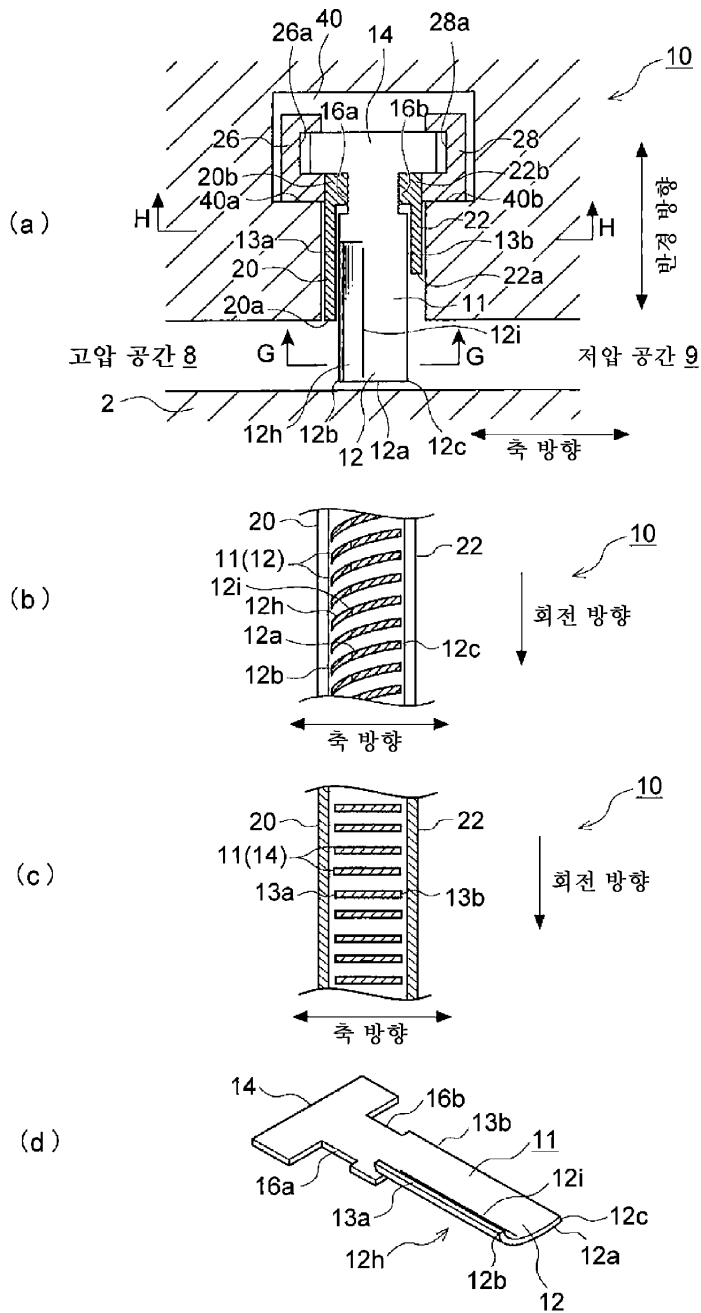
도면5



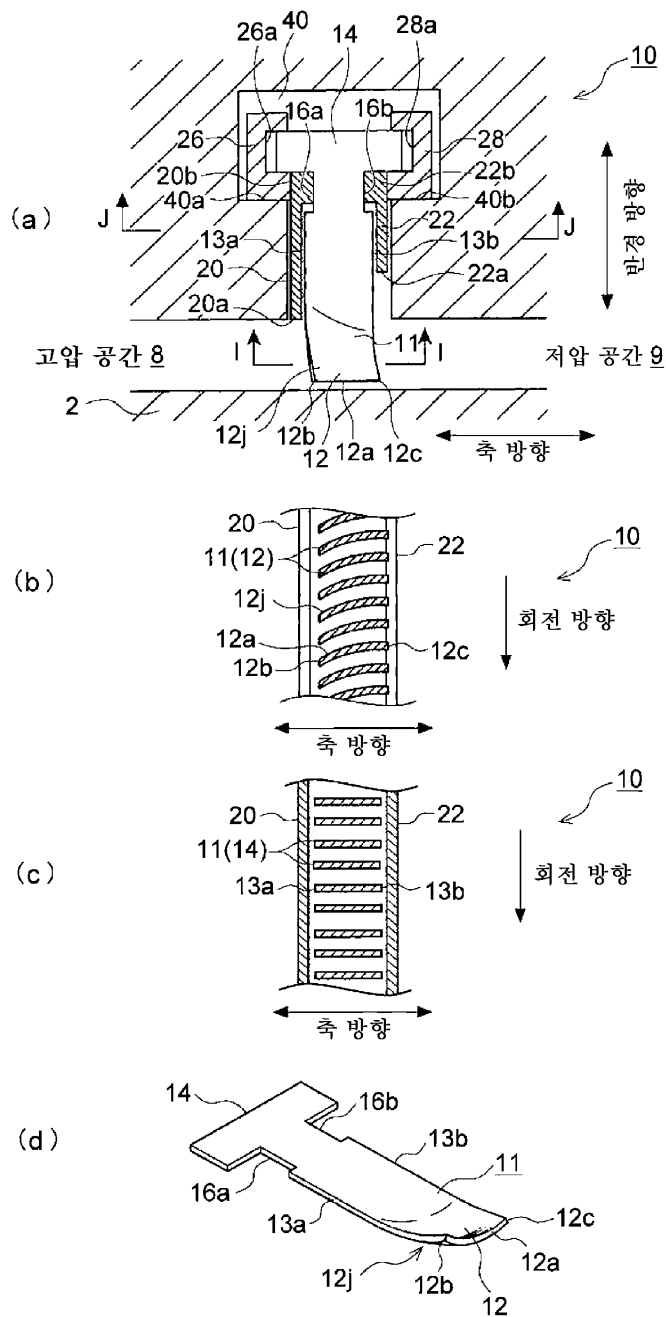
도면6



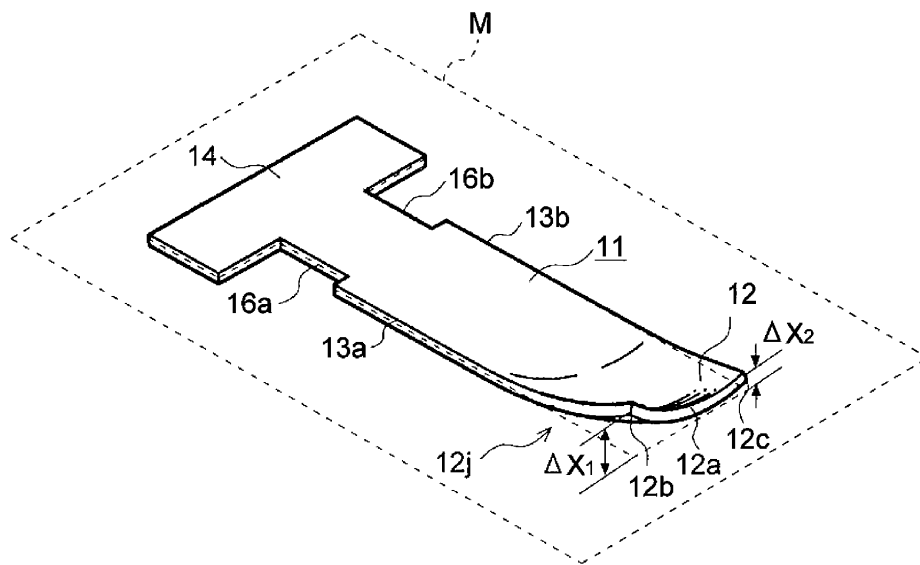
도면7



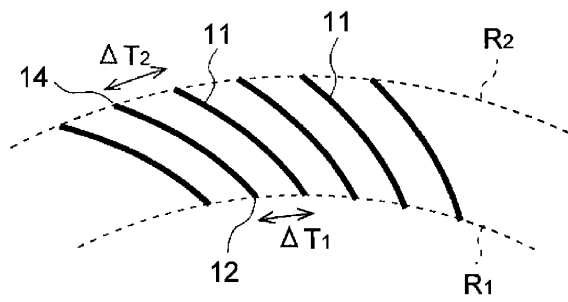
도면8



도면9



도면10



도면11

