



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0111854
(43) 공개일자 2015년10월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01D 11/00 (2006.01) *F01D 5/02* (2006.01)
F01D 9/04 (2006.01) *F16J 15/16* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
F01D 11/003 (2013.01)
F01D 5/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-0038855
- (22) 출원일자 2015년03월20일
심사청구일자 없음
- (30) 우선권주장
14/226,617 2014년03월26일 미국(US)

- (71) 출원인
제네럴 일렉트릭 컴퍼니
미국, 뉴욕 12345, 웬넥태디, 원 리버 로드
- (72) 발명자
사테 아침 미히르
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 리서치 서클 1 케이[1-3비]4
비드카 라홀 아닐
미국 뉴욕주 12309-1027 니스카유나 리서치 서클 1
제 샤오큭
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 리서치 서클 1 10
4디 빌딩 59더블유
- (74) 대리인
김태홍, 김진희

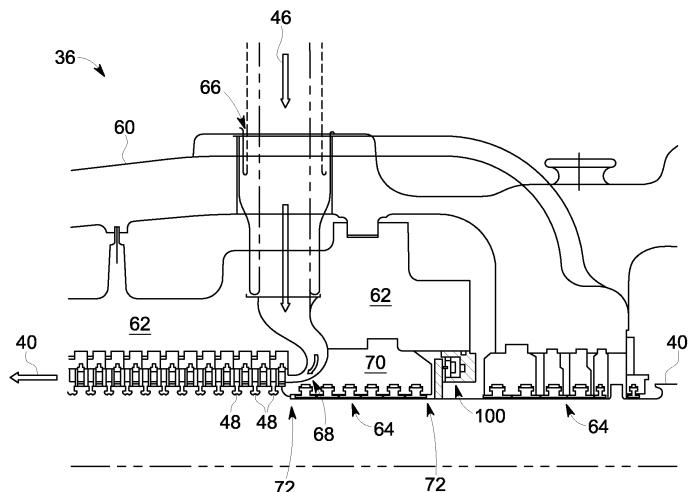
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 국소 탄력성 유체역학 패드를 지닌 페이스 시일

(57) 요약

본 개시의 실시예는 터빈의 로터 둘레에 배치되도록 구성된 스테이터 링에 관한 것이며, 스테이터 링은 스테이터 링의 실링 페이스로부터 연장되는 복수 개의 유체역학 패드를 포함하고, 복수 개의 유체 역학 패드 각각은 로터 링과 유체역학적으로 맞물리도록 구성된다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류

F01D 9/04 (2013.01)

F16J 15/16 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

스팀 터빈; 및

스팀 터빈의 로터에 커플링되는 로터 링과, 스팀 터빈의 고정 하우징에 커플링되는 스테이터 링을 포함하는 스팀 터빈의 페이스 시일

을 포함하고, 상기 스테이터 링은 스테이터 링의 실링 페이스에서부터 연장되고 로터 링과 맞물리도록 구성되는 복수 개의 패드를 포함하는 것인 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 복수 개의 패드 각각은 스테이터 링의 실링 페이스에 형성된 각각의 리세스에 배치되는 것인 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 복수 개의 패드 각각은 각각의 리세스에서부터 각각의 패드로 연장되는 적어도 하나의 각각의 스프링에 의해 로터 링을 향해 압박되는 것인 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 복수 개의 패드 각각은 스테이터 링의 둘레 주변에서 대략 등간격으로 이격되는 것인 시스템.

청구항 5

로터;

로터 둘레에 배치되는 고정 하우징; 및

로터 둘레에 배치되고, 로터에 커플링되는 로터 링과, 고정 하우징에 커플링되는 스테이터 링을 포함하는 페이스 시일

을 포함하고, 상기 스테이터 링은 스테이터 링의 실링 페이스에서부터 로터 링으로 연장되는 복수 개의 유체역학 패드를 포함하는 것인 터빈.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 스테이터 링은 고정 하우징에 커플링되는 백킹 부분을 포함하고, 상기 스테이터 링은 로터 링과 유체역학적으로 맞물리도록 구성되는 것인 터빈.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 스테이터 링은 백킹 부분과 스테이터 링 사이에서 연장되는 스프링에 의해 로터 링을 향해 압박되는 것인 터빈.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 복수 개의 유체역학 패드 각각은 스테이터 링에 형성된 각각의 포켓 내에 배치되고, 상기 복수 개의 유체역학 패드 각각은 각각의 포켓과 각각의 유체역학 패드 사이에 배치되는 각각의 패드 스프링에 의해 로터 링을 향해 압박되거나, 또는 복수 개의 유체역학 패드 각각은 각각의 포켓과 각각의 유체 역학 패드 사이에 배치되는 4개의 각각의 패드 스프링에 의해 로터 링을 향해 압박되고, 4개의 각각의 패드 스프링은 각각의 패드에 각각 배치되는 것인 터빈.

청구항 9

제5항에 있어서, 상기 유체역학 패드 각각은 적어도 하나의 유체역학적 표면 처리부 또는 미크론 길이의 프로파일을 포함하는 것인 터빈.

청구항 10

제5항에 있어서, 상기 복수 개의 유체역학 패드는 스테이터 링 둘레 주변에서 대략 등간격으로 이격되는 것인 터빈.

청구항 11

제5항에 있어서, 상기 복수 개의 유체역학 패드는 스테이터 링을 따라 반경방향으로 대략 동일하게 위치 설정되는 것인 터빈.

청구항 12

터빈의 로터 둘레에 배치되도록 구성되는 스테이터 링을 포함하고, 상기 스테이터 링은 스테이터 링의 실링 페이스로부터 연장되는 복수 개의 유체역학 패드를 포함하며, 복수 개의 유체역학 패드 각각은 로터 링과 유체역학적으로 맞물리도록 구성되는 것인 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 복수 개의 유체역학 패드 각각은 스테이터 링에 형성되는 각각의 리세스 내에 배치되는 것인 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서, 각각의 상기 유체역학 패드는 각각의 리세스와 각각의 유체역학 패드 사이에서 연장되는 적어도 하나의 각각의 패드 스프링에 의해 로터 링을 향해 압박되는 것인 시스템.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 복수 개의 유체역학 패드 각각은 적어도 하나의 유체역학적 표면 프로파일 또는 처리부를 포함하는 것인 시스템.

발명의 설명**기술 분야**

[0001] 여기에 개시되는 주제는 터보기계에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 터보기계의 다수의 구성요소들 사이의 흐름 누설을 감소 또는 차단하기 위한 페이스 시일에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 터보기계는 압축기 및/또는 가스 터빈, 스템 터빈 및 수력 발전 터빈과 같은 터빈을 포함한다. 일반적으로, 터보기계는 로터를 포함하는데, 로터는 터보기계 블레이드를 지지하는 샤프트 또는 드럼일 수 있다. 예컨대, 터보기계 블레이드는 터보기계의 로터를 따라 단계적으로 배열될 수 있다. 터보기계는 터보기계의 다수의 구성요소들 간의 흐름(예컨대, 작동 유체 흐름) 누설을 감소시키거나 차단하기 위해 다양한 시일을 더 포함할 수 있다. 예컨대, 터보기계는 샤프트(예컨대, 회전 샤프트)와 터보기계의 하우징 간의 흐름 누설을 감소시키거나 차단하도록 구성된 하나 이상의 페이스 시일을 포함할 수 있다. 유감스럽게도, 통상의 페이스 시일은 조립하기 어려울 수 있고, 및/또는 페이스가 크게 변형되기 쉬워 조기 마모 또는 성능 악화를 초래할 수 있다.

발명의 내용

[0003] 일실시예에서, 시스템은 스템 터빈 및 스템 터빈의 페이스 시일을 포함한다. 페이스 시일은 스템 터빈의 로터에 커플링되는 로터 링과, 스템 터빈의 고정 하우징에 커플링되는 스테이터 링을 포함하며, 스테이터 링은 스테이터 링의 실링 페이스에서부터 연장되고 로터 링과 맞물리는 복수 개의 패드를 포함한다.

[0004] 다른 실시예에서, 터빈은 로터, 로터 둘레에 배치되는 고정 하우징 및 로터 둘레에 배치되는 페이스 시일을 포함한다. 페이스 시일은 로터에 커플링되는 로터 링과, 고정 하우징에 커플링되는 스테이터 링을 포함하며, 스테이터 링은 스테이터 링의 실링 페이스에서부터 로터 링으로 연장되는 복수 개의 유체역학 패드를 포함한다.

[0005] 다른 실시예에서, 시스템은 터빈의 로터 둘레에 배치되도록 구성된 스테이터 링을 포함하고, 스테이터 링은 스테이터 링의 실링 페이스에서부터 연장되는 복수 개의 유체역학 패드를 포함하며, 복수 개의 유체역학 패드 각각은 로터 링과 유체역학적으로 맞물리도록 구성된다.

도면의 간단한 설명

[0006] 본 발명의 이들 및 다른 피쳐(feature), 양태 및 장점은, 첨부도면을 참고하여 아래의 상세한 설명을 읽을 때에 더 잘 이해될 것이고, 첨부도면에서 유사한 도면부호는 도면 전반에 걸쳐 유사한 부품을 나타낸다.

도 1은 가스 터빈 시스템, 증기 터빈 및 열 회수 스팀 발생기(HRSG) 시스템을 갖는 조합형 사이클 발전 시스템의 일실시예의 개략도.

도 2는 스팀 터빈의 페이스 시일을 예시하는, 스팀 터빈의 실시예의 부분 단면도.

도 3은 터보기계의 페이스 시일의 실시예를 예시하는, 터보기계의 부분 단면도.

도 4는 주 실링 링의 분할 링 구성을 예시하는, 페이스 시일의 주 실링 링의 실시예의 사시도.

도 5는 터보기계의 페이스 시일의 실시예를 예시하는, 터보기계의 부분 단면도.

도 6은 주 실링 링의 국소 탄력성 실링 패드를 예시하는 페이스 시일의 주 실링 링의 실시예의 사시도.

도 7은 주 실링 링의 국소 탄력성 실링 패드를 예시하는, 페이스 시일의 주 실링 링의 실시예의 사시도.

도 8은 주 실링 링의 국소 탄력성 실링 패드를 예시하는, 페이스 시일의 주 실링 링의 실시예의 사시도.

도 9는 주 실링 링의 국소 탄력성 실링 패드를 압박하는 스프링을 예시하는, 페이스 시일의 주 실링 링의 실시예의 부분 사시도.

도 10은 주 실링 링의 국소 탄력성 실링 패드의 구성을 예시하는, 페이스 시일의 주 실링 링의 실시예의 사시도.

도 11은 주 실링 링의 국소 탄력성 실링 패드의 구성을 예시하는, 페이스 시일의 주 실링 링의 실시예의 사시도.

도 12는 주 실링 링의 표면 피쳐를 예시하는, 페이스 시일의 주 실링 링의 실시예의 사시도.

도 13은 주 실링 링의 표면 피쳐를 예시하는, 페이스 시일의 주 실링 링의 실시예의 사시도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007] 본 개시의 실시예는 페이스 시일을 통한 누설을 감소시키고, 페이스 시일의 성능 및 수명을 향상시키도록 구성된 피쳐를 갖는 개선된 페이스 시일에 관한 것이다. 이해하다시피, 페이스 시일은, 메이팅 링(mating ring)(예컨대, 회전 링)과 실링 관계 또는 인터페이스를 형성하는 주(主) 링(예컨대, 고정 링)을 포함할 수 있다. 예컨대, 주 링과 메이팅 링은 페이스 시일을 통한 작동 유체의 누설을 감소시키거나 차단하도록 구성될 수 있다. 소정 실시예에서, 주 링은 롤링 인터페이스와 같은 베어링 요소를 지닌 분할 구성을 가질 수 있다. 보다 상세하게는, 주 링은 협동하여 주 링을 형성하는 2개 이상의 세그먼트를 포함할 수 있고, 주 링은 2개 이상의 세그먼트들 사이에 하나 이상의 롤링 인터페이스(예컨대, 베어링 요소)를 포함할 수 있다. 예컨대, 2개 이상의 세그먼트가 서로 접할 때, 하나 이상의 핀 또는 다른 라운딩된 요소가 2개 이상의 세그먼트들 사이에 배치될 수 있다. 아래에서 설명하는 방식에서는, 2개 이상의 세그먼트들 사이의 베어링 요소(예컨대, 롤링 인터페이스)가 주 링의 2개 이상의 세그먼트들 간의 저마찰 상태 이동(예컨대, 축방향 이동)을 가능하게 할 수 있다. 이러한 방식으로, 주 링의 세그먼트들 각각은 페이스 시일의 메이팅(예컨대, 회전) 링에 대하여 그 자체의 유체역학적 평형을 달성할 수 있다. 더욱이, 주 링의 롤링 인터페이스는 주 링의 세그먼트들 각각으로부터의 반경방향 압력 또는 하중을 흡수하거나 지지하도록 구성될 수 있다.

[0008] 소정 실시예에서, 페이스 시일의 주 링은 메이팅 링과 맞물리도록 구성된 국소 탄력성 유체역학 패드를 포함한다. 즉, 주 링의 국소 탄력성 유체역학 패드 각각은 메이팅 링과 별도의 실링 관계를 형성하도록 구성될 수 있다.

다. 상세하게는, 유체역학 패드 각각은 (예컨대, 주 링에 커플링된 스프링에 의해) 개별적으로 메이팅 링을 향해 압박될 수 있다. 이러한 방식으로, 유체역학 패드 각각은 메이팅 링의 동적으로 변하는 방위를 개별적으로 따를 수 있고, 이에 따라 주 링과 메이팅 링 간의 전체 실링 인터페이스와 누설 차단을 향상시킬 수 있다. 추가로, 유체역학 패드는, 주 링과 메이팅 링 간의 콕킹 또는 부분적인 접촉을 방지하기 위해 세그먼트화된 주 링이 보다 균일한 방식으로 메이팅 링을 향해 접근하는 것을 보장한다. 더욱이, 아래에서 상세히 설명하는 바와 같이, 유체역학 패드 각각은 증대된 누설 캡을 감소시키면서 주 링과 메이팅 링 간의 직접 접촉을 차단할 수 있다.

[0009] 아래의 설명에서는, 페이스 시일의 다수의 구성요소들(예컨대, 주 링, 메이팅 링, 유체역학 패드 등) 간의 접촉을 참고로 할 수 있다는 점에 유념해야만 한다. 그러나, 그러한 구성요소들 간의 접촉에 대한 언급은, 상기한 구성요소들 사이의 실제 접촉보다는 그러한 구성요소들 또는 구성 요소들의 일부들 사이에 매우 작은 캡(예컨대, 0.01 내지 0.25 mm 캡)을 포함할 수 있다는 점을 이해해야만 한다.

[0010] 이제 도면으로 돌아가면, 도 1은, 본 개시의 페이스 시일이 사용될 수 있는 다양한 터보기계들을 구비하는 종래의 조합형 사이클 시스템(10)의 실시예의 개략적인 블럭선도이다. 구체적으로는, 터보기계는 페이스 시일을 포함할 수 있으며, 페이스 시일은 롤링 인터페이스를 지닌 분할 구성물을 갖는 주 링 및/또는 국소 탄력성 유체역학 패드를 지닌 주 링을 포함할 수 있다. 도시한 바와 같이, 조합형 사이클 시스템(10)은 압축기(12), 연료 노즐(16)을 갖는 연소기(14) 및 가스 터빈(18)을 구비하는 가스 터빈 시스템(11)을 포함한다. 연료 노즐(16)은 천연 가스나 신가스와 같은 액체 연료 및/또는 가스 연료를 연소기(14)로 라우팅한다. 연소기(14)는 연료-공기 혼합물을 점화시켜 연소시킨 다음, 고온 압축 연소 가스(20)(예컨대, 배기 가스)를 가스 터빈(18)으로 보낸다. 터빈 블레이드(22)는 예시한 바와 같이 로터(24)에 커플링되며, 로터는 또한 조합형 사이클 시스템(10) 전반에 걸쳐 다수의 다른 구성요소에 커플링된다. 예컨대, 터빈 블레이드(22)는 단계적으로 배열될 수 있다. 즉, 터빈 블레이드(22)는 로터(24)의 다양한 축방향 위치에서 로터(24) 주위에 둘레방향으로 배열될 수 있다. 연소 가스(20)가 가스 터빈(18)에서 터빈 블레이드(22)를 통과할 때, 가스 터빈(18)은 회전하도록 구동되어, 로터(24)가 회전축(26)을 따라 회전되도록 한다. 소정 실시예에서, 가스 터빈(18)은 가스 터빈 내의 로터-스테이터 캡을 통한 연소 가스(20)의 바람직하지 않은 누설을 감소 또는 차단하도록 구성된 페이스 시일을 포함할 수 있다. 궁극적으로, 연소 가스(20)는 배기구(28)(예컨대, 배기관, 배기 스택, 소음기 등)를 통해 가스 터빈(18)을 빠져나간다.

[0011] 예시적인 실시예에서, 압축기(12)는 압축기 블레이드(30)를 포함한다. 압축기(12) 내의 압축기 블레이드(30)도 또한 로터(24)에 커플링되어, 로터(24)가 전술한 방식으로 가스 터빈(18)에 의해 회전 구동될 때에 회전한다. 터빈 블레이드(22)와 같이, 압축기 블레이드(30)도 또한 단계적으로 배열될 수 있다. 압축기 블레이드(30)는 압축기(12) 내에서 회전할 때에 흡기구로부터 나온 공기를 압축 공기(32)로 압축하고, 이 압축 공기는 연소기(14), 연료 노즐(16) 및 조합형 사이클 시스템(10)의 다른 부분으로 라우팅된다. 추가로, 압축기(12)는 압축기 내의 다양한 로터-스테이터 캡을 통한 압축 공기(32)의 바람직하지 않은 누설을 차단하도록 구성된 페이스 시일을 포함할 수 있다.

[0012] 연료 노즐(16)은 압축 공기(32)와 연료를 혼합하여 적절한 연료-공기 혼합물을 생성하고, 이 연료-공기 혼합물은 연소기(14) 내에서 연소되어 터빈(18)을 구동하는 연소 가스(20)를 생성한다. 더욱이, 로터(24)는 제1 부하(34)에 커플링되어, 제1 부하가 로터(24)의 회전을 통해 작동될 수 있다. 예컨대, 제1 부하는 발전 플랜트 또는 외부 기계식 부하와 같은 조합형 사이클 시스템(10)의 회전 출력을 통해 파워를 생성할 수 있는 임의의 적절한 디바이스일 수 있다. 예컨대, 제1 부하(34)는 발전기, 비행기의 프로펠러 및 기타를 포함할 수 있다.

[0013] 조합형 사이클 시스템(10)은 [예컨대, 스팀 터빈(36)의 샤프트(40)의 회전을 통해] 제2 부하(38)를 구동하기 위한 스팀 터빈(36)도 포함한다. 예컨대, 제2 부하(38)는 전력을 생성하기 위한 발전기일 수 있다. 그러나, 제1 부하(34) 및 제2 부하(38)는 가스 터빈 시스템(11) 및 스팀 터빈(36)에 의해 구동 가능한 다른 타입의 부하일 수도 있다. 추가로, 가스 터빈 시스템(11) 및 스팀 터빈(36)은 예시한 실시예에서는 별도의 부하[예컨대, 제1 부하(34) 및 제2 부하(38)]를 구동하지만, 가스 터빈 시스템(11)과 스팀 터빈(36)은 단일 샤프트를 통해 단일 부하를 구동하도록 텐덤식으로 활용될 수도 있다.

[0014] 조합형 사이클 시스템(10)은 열 회수 스팀 발생기(Heat Recovery Steam Generator; HRSG) 시스템(42)을 더 포함한다. 가스 터빈(18)으로부터 나온 가열된 배기 가스(44)는, 물을 가열하여 스팀 터빈(36)을 작동시키는 데 사용되는 스팀(46)을 생성하는 HRSG 시스템(42)으로 이송된다. 이해하다시피, HRSG 시스템(42)은, 스팀 터빈(36)을 작동시키는 데 사용되는 스팀(46)을 발생시키고 가열하기 위해 다양한 이코노마이저, 컨덴서, 증발기,

히터 등을 포함할 수 있다. HRSG 시스템(42)에 의해 발생된 스텁(46)은 스텁 터빈(36)의 터빈 블레이드(48)를 통과한다. 전술한 것과 유사하게, 스텁 터빈(36)의 터빈 블레이드(48)는 샤프트(40)를 따라 단계적으로 배열될 수 있고, 스텁 터빈(36)은 스텁 터빈(36) 내의 다양한 로터-스테이터 캡을 통한 스텁(46)의 바람직하지 않은 누설을 차단하는 페이스 시일을 포함할 수 있다. 스텁(46)이 스텁 터빈(36) 내의 터빈 블레이드(48)를 통과할 때, 스텁 터빈(36)의 터빈 블레이드(48)는 회전 구동되고, 이것은 샤프트(40)가 회전되게 하여, 제2 부하(38)를 작동시킨다.

[0015] 아래의 설명에서는, 축(26)을 따른 축방향(50), 축(26)으로부터 멀어지는 반경방향(52) 및 압축기(12), 가스 터빈(18) 또는 스텁 터빈(36)의 축(26) 둘레의 둘레 방향(54)과 같은 다양한 방향 또는 축을 참고로 할 수 있다. 추가로 전술한 바와같이, 아래의 페이스 시일은 임의의 다양한 터보기계[예컨대, 압축기(12), 가스 터빈(18) 또는 스텁 터빈(36)]와 함께 사용될 수 있지만, 아래의 설명은 스텁 터빈(36)과 관련하여 개선된 페이스 시일을 설명한다.

[0016] 도 2는 스텁 터빈(36) 내의 페이스 시일(100)의 위치를 예시하는, 스텁 터빈(36)의 부분 단면도이다. 전술한 바와 같이, 스텁 터빈(36)은 스텁 터빈(36) 내의 다양한 로터-스테이터 캡을 통한 작동 유체[예컨대, 스텁(46)]의 누설을 감소 또는 차단하기 위한 하나 이상의 페이스 시일(100)을 포함할 수 있다.

[0017] 예시한 실시예에서, 스텁 터빈(36)은 케이싱(60), 내측 쉘(62) 및 스텁 터빈(36)의 샤프트(40) 둘레에 배치되는 실링 구성요소(64)를 포함한다. 도시한 바와 같이, 스텁(46)은 유입구(66)를 통해 스텁 터빈(36)의 유입구축(68)으로 진입한다. 전술한 바와 같이, 스텁(46)은 터빈 블레이드(48)의 회전을 일으킬 수 있고, 이에 따라 샤프트(40)의 회전을 일으킬 수 있다. 도시한 바와 같이, 몇몇 실링 구성요소(64)들은 스텁 터빈(36)의 스테이터 구성요소(70)와 스텁 터빈(36)의 샤프트(40) 사이에 사행형 통로(예컨대, 사행형 실링 통로)를 형성한다. 이해하다시피, 스텁(46)은 스텁 터빈(36) 내에서 터빈 블레이드(48) 측으로 지향되지만, 스텁(46)의 일부는 스텁 터빈(36)의 누설 영역(72)을 통해 누설되고, 이것은 스텁 터빈(36)의 효율을 감소시킬 수 있다. 따라서, 스텁 터빈(36)은 스텁 터빈(36) 내에서의 스텁(46) 흐름 누설을 차단하거나 감소시키는 페이스 시일(100)도 포함한다.

[0018] 도 3은, 엔드페킹(endpacking) 영역에서 제1 구역(102)(예컨대, 상류 구역)으로부터 제2 구역(104)(예컨대, 하류 구역)으로의 스텁(46) 흐름 누설을 차단 또는 감소시키도록 구성되는 페이스 시일(100)의 실시예를 예시하는, 스텁 터빈(36)의 부분 단면도이다. 구체적으로, 페이스 시일(100)은 주 링(106)(고정 링)과 메이팅 링(108)(로터 링)을 포함한다. 주 링(106)은 스텁 터빈(36)의 내측 쉘(62)에 부착되고, 단지 축방향(50)으로만 이동 가능하다. 예컨대, 주 링(106)은 보조 시일(118)과 회전 방지 피쳐(128)를 통해 고정 하우징(110)에 부착될 수 있다. 메이팅 링(108)(로터 링)은 샤프트(40)(또는 로터)의 일체형 부분일 수도 있고, 샤프트(40)에 커플링되는 서비스가 편한 개별 구성요소일 수 있다. 더욱이, 메이팅 링(108)은 기계적 조립을 통해 스텁 터빈(36)의 샤프트(40)에 고정된다. 보다 상세하게는, 메이팅 링(108)은 제1 유지 플랜지(112) 및 제2 유지 플랜지(114)에 의해 샤프트(40)에 고정된다. 제1 유지 플랜지(112)와 제2 유지 플랜지(114)는 협동하여 샤프트(40)에 메이팅 링(108)을 축방향으로 구속한다. 예컨대, 브레이징, 용접, 기계식 파스너[예컨대, 볼트(116)], 마찰식 끼워맞춤, 나사 결합 또는 다른 유지 메커니즘을 사용하여 메이팅 링(108)을 제1 유지 플랜지(112) 및 제2 유지 플랜지(114)에 고정하고, 제1 유지 플랜지(112) 및 제2 유지 플랜지(114)를 샤프트(40)에 고정할 수 있다. 볼트(116)는 샤프트(40)와 플랜지(112)에 대해 플랜지(114)를 조이는 한편, 회전 링(108)의 압박과, 이에 따른 임의의 틸팅을 방지한다. 샤프트(40)가 터빈 블레이드(48)를 거쳐 흐르는 스텁(46)에 의해 회전을 일으킬 때, 메이팅 링(108)도 회전을 일으킬 것이다.

[0019] 더욱이, 보조 시일(118)(예컨대, 환형 시일)이 주 링(106)과 고정 하우징(110) 사이에 배치된다. 보조 시일(118)이 제위치에 있는 경우, 고정 하우징(110)과 주 링(106) 사이의 누설이 제한되는 한편, 주 링(106)이 회전하는 메이팅 링(108)(회전 링)에 대해 축방향으로 이동하여, 고정 하우징(110)에 대한 로터(40)의 상이한 열팽창으로 인한 또는 역추력으로 인한 축방향(50)으로의 로터(40)의 임의의 병진 이동을 수용한다. 보조 시일(118) 직경, 또는 소위 압력 균형 직경은 주 링(106)의 폐쇄력을 제어하도록 선택된다. 이와 유사하게, 시일(120)은 메이팅 링(108)과 제1 유지 플랜지(112) 사이에 배치된다. 시일(118, 120)들은 고정 시일이다. 이들 시일은 페이스 시일(100)과 고정 하우징(110) 및 샤프트(40) 사이에서의 스텁(46) 또는 다른 작동 유체의 누설을 차단할 수 있다. 이해하다시피, 다른 실시예에서는 페이스 시일(100)이 페이스 시일(100)의 다양한 구성요소와 스텁 터빈(36) 사이에서의 스텁(46) 또는 다른 작동 유체 흐름을 차단하기 위해 다른 개수 또는 타입의 시일을 포함할 수 있다.

[0020] 도시한 바와 같이, 주 링(106)과 메이팅 링(108)은 실링 인터페이스(122)를 형성한다. 앞서 언급한 바와 같이,

실링 인터페이스(122)는 스텁 터빈(36)의 제1 구역(고압 구역)(102)(예컨대, 상부 구역)으로부터 제2 구역(104)(저압 구역)(예컨대, 하류 구역)으로의 스텁(46) 또는 다른 작동 유체의 누설을 감소 또는 차단하도록 구성된다. 백킹 부분(126)에서 스프링(129)이 리세스(130) 내에 배치되고 주 링(106)에 커플링되며, 주 링(106)에 축방향 힘을 가한다. 이러한 방식으로, 주 링(106)은 페이스 시일(100)의 메이팅 링(108)을 향해 압박되어, 시일 인터페이서(122)를 형성할 수 있다. 상세하게는, 스프링(129)이 주 링(106)에 압박력을 가할 때, 주 링(106)의 페이스(132)는 메이팅 링(108)의 페이스(134)를 향해 강제될 수 있다. 추가로, 도 3에 도시한 실시예는 백킹 부분(126)의 하나의 리세스(130) 내에 배치되는 하나의 스프링(129)을 예시하고 있지만, 다른 실시예는 백킹 부분(126)의 둘레 주위에 있는 각각의 리세스(130) 내에 배치되는 다수의 스프링을 포함할 수 있다. 이와 유사하게, 다른 실시예에서는 각각의 리세스(130)가 메이팅 링(108)을 향해 주 링(106)을 압박하도록 구성된 다수의 스프링(129)을 포함할 수 있다.

[0021] 메이팅 링(108)이 주 링(106)에 대해 선회할 때, 유체역학 피쳐(예컨대, 도 10 내지 도 13에 도시한 홈 또는 패드)가 필름 두께[주 링(106)과 메이팅 링(108) 사이의 캡]에 있어서 둘레방향 구배를 형성하며, 둘레방향 구배는 인터페이스[페이스(132, 134)]에서 유체역학적 압력을 발생시키고, 이에 따라 동작 중에 페이스(132)가 페이스(134)에 접촉하는 것을 방지하는 분리력을 발생시킨다. 이것은 유체역학적 개방력이 주 링(106) 상에 작용하는 외력에 의해 그리고 스프링(129)에 의해 형성되는 순(純) 폐쇄력보다 큰 경우에 일어난다. 주 링(106) 및/또는 메이팅 링(108)의 표면 피쳐(홈, 패드 등)와, 주 링(106) 및 메이팅 링(106)의 치수, 그리고 스프링(129) 힘을 선택하는 것에 의해 주 링(106)과 메이팅 링(108) 사이의 소망하는 평형 "라이딩(riding)" 캡을 얻을 수 있다. 스텁/가스의 누설 체적은 이러한 평형 라이딩 캡의 크기에 의해 결정된다. 일부 추가의 힘(예컨대, 작동 시의 열 또는 압력 천이로 인한 일시적인 힘)이 메이팅 링(108)으로 하여금 주 링(106)을 향해 이동하게 하는 경우, 캡은 평형값 미만으로 감소한다. 이러한 감소된 캡은 주 링(106)과 메이팅 링(108) 사이의 인터페이스에서의 유체역학적 힘에 있어서의 증가를 유발한다. 이러한 증가된 유체역학적 힘은 추가의 힘(예컨대, 작동 시의 열 또는 압력 천이로 인한 일시적인 힘)에 저항하고, 추가의 힘으로 일어날 뻔한 주 링(106)과 메이팅 링(108)의 접촉을 방지한다. 이러한 점에서, 주 링(106)과 메이팅 링(108) 사이의 약간 더 작은 캡에서 동적 평형이 다시 얻어진다. 다른 한편으로, 일시적인 동요가 순 폐쇄력을 감소시키면, 유체역학적 힘은 그 본래 설계값 미만으로 떨어지고, 본래 설계값에 비해 주 링(106)과 메이팅 링(108) 사이의 약간 더 큰 캡에서 동적 평형이 다시 얻어진다. 거의 일정한 작은 캡을 유지하는 상기한 동적 비접촉 작동은 페이스 시일(100)이 누설을 극소화로 유지하면서 기계적인 악화 없이 작동되도록 한다. 이해하다시피, 유체역학적 압력 분포와 유체역학적 필름 강성을 형성하는 데 기여하는 주 링(106)과 메이팅 링(108)의 표면 피쳐[그리고 폐쇄력을 형성하는 데 기여하는 주 링(106) 및 메이팅 링(108)과 스프링(129)의 치수 및 형상]는 소망하는 평형 라이딩 캡 크기와, 이에 따라 소망하는 누설 특징 및 비접촉 작동을 달성하도록 선택될 수 있다.

[0022] 아래에서 설명한 바와 같이 페이스 시일(100)의 소정 실시예에서는 주 링(106)이 분할 구성을 가질 수 있다. 보다 구체적으로는, 주 링(106)은, 협동하여 주 링(106)을 형성하는 2개 이상의 둘레방향 분할 또는 분리 세그먼트를 포함할 수 있다. 추가로, 백킹 부분(126)도 분할 구성을 가질 수 있다. 더욱이, 주 링(106)의 2개의 세그먼트들 사이의 결합 인터페이스는 롤러 인터페이스를 포함할 수 있다. 이와 같이, 아래에서 설명하는 방식으로 롤러 인터페이스는 주 링(106)의 2개 이상의 세그먼트들 사이에서의 상대적인 축방향 이동을 가능하게 할 수 있다. 이러한 방식으로, 페이스 시일(100) 성능을 향상시킬 수 있다. 예컨대, 주 링(106)의 세그먼트들 사이의 상대적인 축방향 이동은 페이스 시일(100)의 바람직하지 않은 누설 캡을 감소시키거나 제어할 수 있고, 페이스 시일(100)의 동적 평형을 향상시킬 수 있으며, 및/또는 스텁 터빈(36)의 작동 중에 페이스 시일(100)의 다양한 구성요소의 기계적 마모 및 열화를 감소시킬 수 있다. 더욱이, 주 링(106)의 분할 구성을 페이스 시일(100)을 보다 큰 터빈[예컨대, 스텁 터빈(36)]과 함께 사용하는 것을 가능하게 하는데, 그 이유는 분할 구성을 통해, 페이스 시일(100)을 로터(샤프트)(40)의 일단부로부터 슬라이딩 - 대직경 터빈에서는 불가능할 수 있음 - 시켜야만 하는 대신에 페이스 시일(100)이 특정 축방향 위치에 직접 조립 가능하기 때문이다. 이것은 개별 탄력성 분할 링 구성을 의해 제공되는 주요한 장점 중 한가지이다.

[0023] 도 4는 페이스 시일(100)의 주 링(106)의 사시도이다. 특히, 예시한 주 링(106)의 실시예는 분할 구성을 갖는다. 즉, 주 링(106)은 둘레방향으로 다수의 세그먼트로 분할된다. 상세하게는, 예시한 실시예에서 주 링(106)은 제1 세그먼트(150) 및 제2 세그먼트(152)를 포함하며, 제1 세그먼트(150) 및 제2 세그먼트(152)는 협동하여 주 링(106)을 형성한다. 즉, 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)는 함께 결합되어 주 링(106)을 형성한다. 특히, 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)는 결합 인터페이스(154)에서 결합된다. 아래에서 더 상세히 설명하다시피, 결합 인터페이스(154)는, 결합 인터페이스(154)에 롤링 부재를 포함하는 것에 의해 주 링(106)의 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)의 상대적인 축방향 이동을 가능하게 하도록 구성된다.

추가로, 예시한 실시예는 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)를 포함하지만, 다른 실시예는 둘레방향으로 분할되고 협동하여 주 링(106)을 형성하는 다른 개수의 세그먼트(예컨대, 3개, 4개, 5개, 6개 이상)를 포함할 수 있다. 더욱이, 소정 실시예에서는 백킹 부분(126)도 세그먼트화 구성을 가질 수 있다. 예컨대, 예시한 실시예에서 주 링(106)의 제1 세그먼트(150)는 백킹 부분(126)의 제1 세그먼트(158)도 또한 포함한다. 이와 유사하게, 주 링(106)의 제2 세그먼트(152)는 백킹 부분(126)의 제2 세그먼트(162)도 또한 포함한다. 그러나, 다른 실시예에서는 백킹 부분(126)과 주 링(106)이 각각 상이한 개수의 세그먼트를 가질 수 있다.

[0024] 전술한 바와 같이, 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)는 주 링(106)의 결합 인터페이스(154)에서 서로 접한다. 세그먼트 결합 인터페이스(154)는, 결합 이터페이스(154)를 통한 직접적인 누설 통로를 감소시키기 위해 중첩된 단차형 인터페이스를 특징으로 한다. 도시한 바와 같이, 각각의 결합 인터페이스(154)는 제1 결합 페이스(164), 제2 결합 페이스(166) 및 롤러 결합 페이스(168)를 포함한다. 특히, 각각의 결합 인터페이스(154)의 제1 결합 페이스(164)와 제2 결합 페이스(166)는 둘레방향(54)으로 서로 오프셋되어 있으며, 일반적으로 반경방향(52)으로 연장된다. 또한, 각각의 결합 인터페이스(154)의 제2 결합 페이스(166)는 제1 결합 페이스(164)와 롤러 결합 페이스(168) 사이에서 둘레방향(54)으로 연장된다. 이와 같이, 각각의 결합 인터페이스는 거의 L자 형상 구성을 갖는다. 즉, 주 링(106)의 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)는 거의 L자 형상 라인을 따라 분할된다. 예컨대, 거의 반경방향(52)으로 연장되는 제1 결합 페이스(164)와 거의 둘레방향(54)으로 연장되는 제2 결합 페이스(166)는 함께 결합되어 L자 형상을 형성한다. 아래에서 설명하는 방식에서, 주 링(106)의 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152) 사이의 결합 인터페이스(154)의 이러한 L자 형상 구성은, 주 링(106)이 조립될 때에 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152) 간의 상대적인 축방향 이동을 가능하게 하면서 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152) 간의 실링 관계를 제공한다. L자 형상 구성은 주 링(106)의 외경으로 부터의 누설을 방지하는데, 그 이유는 롤러 결합 페이스(168)를 따른 임의의 가능한 누설이 제2(예컨대, 수직) 결합 페이스(166)에서 차단되기 때문이다. 즉, L자 형상 구성은 누설에서의 감소를 가능하게 하는 사행식 유로를 형성한다. 또한, 제1 결합 페이스(164)를 따라, 임의의 가능한 누설을 더욱 방지하기 위해 심(shim)이 배치될 수 있다.

[0025] 이해하다시피, 스텁 터빈(36)의 작동 중에, 주 링(106)의 외경 압력[예컨대, 화살표 170으로 나타내는 반경방향 내측 압력]은 주 링(106)의 내경 압력[예컨대, 화살표 172로 나타내는 반경방향 외측 압력]보다 클 수 있다. 그 결과, 페이스 시일(100)의 주 링(106)은 반경방향 내측의 순 압력을 받을 수 있다. 인터페이스(168) 상에 내측방향 하중을 흡수하기 위한 베어링 요소(174)(롤러 핀)가 없으면, 주 링(106) 상에 작용하는 반경방향 내측 순 압력은 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)가 각각의 결합 인터페이스(154)의 제1 결합 인터페이스(164)와 제2 결합 인터페이스(166)에서 서로 동일한 높이로 되거나 접하게 할 수 있다. 이들 인터페이스 간의 접촉은 세그먼트(150, 152)들 간의 자유로운 상대적인 축방향 이동을 방지할 것이다. 따라서, 제1 결합 페이스(164)와 제2 결합 페이스(166)는, 반경방향 내측 순 압력 하중이 인터페이스(168) 상의 롤러 핀[예컨대, 베어링 요소(174)]에 의해 지탱되는 동안에 최소 캡을 갖도록 구성된다. 소정 실시예에서, 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)는 캡을 최소화하고 결합 인터페이스(154)의 실링을 향상시키기 위해 제1 결합 페이스(164)와 제2 결합 페이스(166)에서 타이트한 공차를 갖도록 제조될 수 있다. 추가로 또는 대안으로서, 결합 인터페이스(154)는 결합 인터페이스(154)의 실링을 향상시키기 위해 제1 결합 페이스(164)에 배치되는 시일 스트립을 포함할 수 있다. 제1 결합 페이스(164)와 제2 결합 페이스(166) 간의 실링은 페이스 시일(100)의 세그먼트 결합부를 통한 스텁(46) 또는 다른 작동 유체의 바람직하지 않은 누설을 차단하는 데 기여한다. 게다가, 예시한 실시예에서는 주 링(106)의 수직축(173)을 중심으로 한, 결합 인터페이스(154)[예컨대, 제1 결합 페이스(164) 및 제2 결합 페이스(166)]들의 대칭 방위가 축방향 압력 불균형을 감소시킨다.

[0026] 앞서 언급한 바와 같이, 주 링(106)의 결합 인터페이스(154) 각각은 롤러 결합 페이스(168)를 포함한다. 보다 상세하게는, 롤러 결합 페이스(168) 각각은 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152) 사이에 배치되는 하나 이상의 롤러 핀(174)을 포함한다. 롤러 핀(174)의 원통 형상으로 인해, 롤러 결합 페이스(168)가 주 링(106) 상에 작용하는 반경방향 내측 순 압력을 전달 또는 이송하는 것이 가능해지고, 또한 주 링(106)의 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)가 서로에 대해 축방향[예컨대, 방향 50]으로 이동하는 것이 가능하다. 이러한 방식으로, 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152) 각각은 스텁 터빈(36)의 작동 중에 메이팅 링(108)에 대하여 그 자체의 유체역학적 평형을 달성할 수 있다. 보다 상세하게는, 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)가 서로 독립적으로 축방향으로 자유롭게 이동할 때, 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152) 사이의 상대적인 틸팅이 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152) 상의 대응하는 유체역학적 압력[예컨대, 다른 세그먼트에 비해 메이팅 링(108)에 보다 근접한 세그먼트에 대한 보다 큰 유체역학적 압력]에 의해 보정될 것이다. 자가 보정 유체역학적 압력으로 인해, 세그먼트는 동력 평형이 다시 얻어질 때까지 다른 세그먼트에 대해 축방향으로 이동하게

될 수 있다. 그 결과, 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)는 메이팅 링(108)에 대하여 그들 각각의 평형 위치에서 작동하거나 "라이딩"할 수 있고, 제1 세그먼트(150) 및 제2 세그먼트(152)와 메이팅 링(108) 간의 쓸림의 발생을 감소시킬 수 있다. 이러한 방식으로, 페이스 시일(100)의 기계적 열화가 감소될 수 있고, 페이스 시일(100)의 수명이 향상될 수 있으며, 메인더너스가 감소될 수 있다.

[0027] 도 5는 국소 탄력성 유체역학 패드(200)를 갖는 주 링(106)을 예시하는, 페이스 시일(100)의 실시예의 부분 단면도이다. 상세하게는, 국소 탄력성 유체역학 패드(200)는 페이스 시일(100)의 메이팅 링(108)을 향하는 주 링(106) 내에 그리고 주 링에 인접하게 배치된다. 즉, 예시한 국소 탄력성 유체역학 패드(200)는 주 링(106)의 포켓 또는 리세스(202) 내에 배치된다. 추가로, 유체역학 패드(200)는 각각 하나 이상의 스프링(204)(예컨대, 코일 스프링)에 의해 메이팅 링(108)을 향해 압박될 수 있다. 그 결과, 유체역학 패드(200)는 메이팅 링(108)과 맞물리도록 구성된다. 국소 탄력성 유체역학 패드(200)의 기능들 중 한가지는 주 링의 페이스(132) 대부분이 메이팅 링 페이스(134)에 근접해지기 전에 메이팅 링(108)과 맞물리는 것이다. 국소 탄력성 유체역학 패드(200)는 주 링(106)을 메이팅 링(108)과 적절히 정렬시키는 데에도 또한 기여한다. 게다가, 소정 실시예에서는 유체역학 패드(200) 각각이 [예컨대, 유체역학 패드(200)의 축방향 페이스(206) 상에서] 미크론 길이 수준의 프로파일을 가질 수 있고, 페이스 시일(100)이 비접촉식 작동을 유지하도록 하기 위해 각각의 유체역학 패드(200)의 둘레방향(54)으로 및/또는 각각의 유체역학 패드(200)의 반경방향(52)으로의 축방향 흠 깊이 변화가 각각의 유체역학 패드(200)에 대한 유체역학적 압력의 고유한 프로파일을 발생시킨다. 이와 유사하게, 주 링의 실링 페이스(208) 및/또는 메이팅 링의 실링 페이스(210)가 아래에서 상세히 설명하는 바와 같이 페이스 시일(100)의 유체역학적 하중 지탱 성능을 향상시키기 위해 다양한 프로파일 또는 표면 피쳐도 또한 가질 수 있다는 점에 유념해야만 한다.

[0028] 언급한 바와 같이, 스프링(204)은 주 링(106)의 각각의 포켓 또는 리세스(202) 내에 배치된다. 즉, 리세스(202)는, 페이스 시일(100)이 조립될 때에 페이스 시일(100)의 메이팅 링(108)을 향하는 주 링(106)에 형성된다. 이해하다시피, 스프링(204)은 유체역학 패드(200)에 대한 소정 자유도를 허용하도록 구성된다. 예컨대, 스프링(204)은 주 링(106)의 평면 내외로의 제1 병진 이동 자유도[예컨대, 축방향(50)으로의 이동], 둘레방향(54)으로의 흔들림 또는 피봇팅의 제2 회전 자유도 및 반경방향(52)으로의 흔들림 또는 피봇팅의 제3 회전 자유도를 허용할 수 있다. 따라서, 유체역학 패드(200)는 메이팅 링(108)의 방위 및/또는 왜곡을 보다 양호하게 추종할 수 있다. 그 결과, 유체역학 패드(200)는 주 링(106)과 메이팅 링(108) 간의 접촉을 차단할 수 있고, 페이스 시일(100)의 주 링(106)과 메이팅 링(108) 사이의 큰 누설 캡의 형성도 또한 차단할 수 있다. 즉, 유체역학 패드(200)는 메이팅 링(108)에 대하여 주 링(106)을 "유체역학적으로 로킹된" 위치에 유지하는 것이 가능하다. 개별 포켓 스프링(204)에 의해 촉진되는 국소 폐쇄력과, 개별 유체역학 패드(200)에 의해 촉진되는 국소 유체역학적 개방력은, 주 링(106)이 메이팅 링(108)과 접촉하는 일 없이 메이팅 링(108)과 동적 평형을 달성하도록 정확하게 기능하는 것을 돋는다. 이것은, 작동력이 주 링(106)과 메이팅 링(108) 사이에 웨지 형상 캡을 형성하려고 하는 경우에 쓸림을 방지하거나 감소시키는 데 기여할 수 있다. 그러한 이벤트 중에, 메이팅 링(108)에 더 근접한 주 링(106) 상의 유체역학 패드(200)는 보다 큰 유체역학적 개방력을 생성하는 경향이 있을 것이고, 메이팅 링(108)으로부터 떨어진 유체역학 패드(200)에 비해 대응하는 국소 스프링(204)을 백킹 부분(126) 내로 더욱 압박할 것이다. 개방력에 있어서의 이러한 반경방향 차이는 주 링(106)의 장동(nutation)을 형성할 것이고, 웨지 평상 캡을 평행하게 하려고 할 것이다. 페이스 시일(100)이 그러한 평행한 캡과 함께 라이딩하는 것은 쓸림 가능성성을 감소시킨다. 이러한 방식으로, 주 링(106)과 메이팅 링(108) 간의 쓸림 및 기계적 열화를 감소시킬 수 있고, 또한 스텁(46)의 누설을 매우 낮은 설계값으로 유지할 수 있다. 이해하다시피, 페이스 시일(100)의 구성요소의 기계적 열화에 있어서의 감소는 스텁 터빈(36)의 정지 시간과 메인더너스 비용을 감소시킬 수 있고, 페이스 시일(100)의 구성요소의 유효 수명을 증가시킬 수 있으며, 스텁(46)의 누설 감소는 스텁 터빈(36)의 효율을 향상시킬 것이다.

[0029] 앞서 언급한 바와 같이, 각각의 유체역학 패드(200)의 축방향 페이스(206)는 페이스 시일(100)의 작동을 향상시키기 위해 다양한 프로파일을 가질 수 있다. 예컨대, 메이팅 링(108)이 일방향(예컨대, 시계방향)으로 유체역학 패드를 지나 스핀할 때에 유체역학적 힘의 발생이 가능하도록 하기 위해, 하나 이상의 유체역학 패드(200)의 페이스(206)가 회전 방향[예컨대, 둘레방향(54)]으로 수렴하는 프로파일을 가질 수 있다. 다른 실시예에서, 유체역학 패드(200)는 스텁 터빈(36)의 2방향 작동을 가능하게 하도록 파형 프로파일을 가질 수 있다. 다른 실시예에서, 하나 이상의 유체역학 패드(200)의 페이스(206)는 반경방향(52)으로 단차를 가질 수 있는데, 이 단차는 유체역학적 압력 분포를 개선하는 (흐름 충돌로 인한) 추가의 동적 압력 성분을 발생시키도록 스텁(46)의 반경방향(52) 내측 흐름에 대한 댐(dam) 쟈션을 형성한다. 그러한 피쳐는 다양한 페이스 시일(100) 구성요소의 공차 요구 또는 요건을 감소시키는 데 기여할 수 있다. 주 링(106)의 실링 페이스(208)와 메이팅 링(108)의 실링

페이스(210)도 페이스 시일(100)의 유체역학적 하중 지탱 성능을 향상시키기 위한 다양한 프로파일 또는 표면 피쳐를 가질 수 있다.

[0030] 더욱이, 각각의 유체역학 패드(200)를 압박하는 스프링(204)의 개수와, 각각의 유체역학 패드(200)에 대한 스프링(204)의 위치는 다른 실시예들에서 변할 수 있다. 예컨대, 예시한 실시예에서, 유체역학 패드(200)는 일반적으로 유체역학 패드(200)의 중앙에 커플링되는 하나의 스프링(204)에 의해 메이팅 링(108)을 향해 압박된다. 다른 실시예에서, 각각의 유체역학 패드(200)는 유체역학 패드(200)를 메이팅 링(108)을 향해 압박하는 다수의 스프링(204)을 가질 수 있다. 예컨대, 각각의 유체역학 패드(200)는 유체역학 패드(200)의 각각의 코너에 각각 커플링되는 4개의 스프링(204)에 의해 메이팅 링(108)을 향해 압박될 수 있다. 다른 예에 있어서 소정 실시예에서는, 각각의 유체역학 패드(200)가 유체역학 패드(200)의 중심으로부터 [예컨대, 반경방향(52) 내측 또는 외측으로] 오프셋되어 유체역학 패드(200)에 커플링되는 스프링(204)을 포함할 수 있다. 도시한 코일 스프링 대신에 리프 스프링이 사용될 수 있다.

[0031] 도 6 및 도 7은, 주 링(106)의 국소 탄력성 유체역학 패드(200)를 예시하는, 페이스 시일(100)의 주 링(106)의 실시예의 사시도이다. 앞서 언급한 바와 같이, 국소 탄력성 유체역학 패드(200) 각각은 하나 이상의 스프링(204)에 의해 지지될 수 있다. 그 결과, 각각의 유체역학 패드(200)는 주 링(106)의 평면 내외로 개별적으로 [예컨대, 다른 유체역학 패드(200)와 무관하게] 이동할 수 있다. 이러한 방식으로, 각각의 유체역학 패드(200)는 열에 의해 생성되는 힘, 압력에 의해 생성되는 힘, 및/또는 일시적인 힘에 기인하는 메이팅 링(108)의 동적으로 변하는 배향을 따를 수 있다.

[0032] 예시한 실시예에서, 주 링(106)은 주 링(106) 둘레에서 둘레방향(54)으로 실질적으로 등간격으로 이격된 6개의 국소 탄력성 유체역학 패드(200)를 포함한다. 그러나, 다른 실시예에서, 주 링(106)은 아래에서 설명하는 바와 같이 다른 개수의 유체역학 패드(200) 및/또는 다른 구성으로 배열되는 유체역학 패드(200)를 포함할 수 있다.

예컨대, 예시한 실시예에서, 유체역학 패드(200)는 주 링(106)을 따라 반경방향(52)으로 거의 유사한 위치를 갖는다. 그러나, 다른 실시예에서, 유체역학 패드(200)는 반경방향(52)으로 엇갈리게 배치될 수 있다. 예컨대, 하나의 유체역학 패드(200)는 제1 반경방향(52) 위치를 가질 수 있고, 인접한 유체역학 패드(200)는 제2 반경방향(52) 위치를 가질 수 있기 때문에, 주 링(106) 주위에서 둘레방향(54)으로 엇갈린 배열을 형성할 수 있다.

[0033] 더욱이, 도시한 주 링(106)의 실시예는, 도 4에 관하여 전술한 것과 마찬가지로 제1 세그먼트(150)와 제2 세그먼트(152)를 포함한다. 또한, 주 링(106)의 결합 인터페이스(154)는, 제1 세그먼트와 제2 세그먼트의 상대 축 방향(50) 이동을 가능하게 하기 위해 롤리 핀(174)을 포함한다. 그러나, 주 링(106)의 다른 실시예는 세그먼트화 구성이 아니라 국소 탄력성 유체역학 패드(200)를 포함할 수 있다는 점에 유념해야만 한다. 이와 유사하게, 다른 실시예에서 주 링(106)은 전술한 국소 탄력성 유체역학 패드(200)가 아니라 세그먼트화 구성을 포함할 수 있다.

[0034] 도 8 및 도 9는, 주 링(106)의 국소 탄력성 유체역학 패드(200)를 예시하는 페이스 시일(100)의 주 링(106)의 다른 실시예의 사시도이다. 상세하게는, 도 8은 국소 탄력성 유체역학 패드(200)를 갖는 주 링(106)을 예시하며, 여기에서 각각의 국소 탄력성 유체역학 패드(200)는 주 링(106)의 페이스를 관통하여 절결된 각각의 리세스(202) 내의 4개의 스프링(204)에 의해 메이팅 링(108)을 향해 압박된다. 도시한 바와 같이, 각각의 리세스(202)는 리세스(202)의 4개의 코너 각각에 하나의 스프링(204)을 포함한다. 그러한 구성은, 소망하는 모멘트 특징을 제공하여 주 링(106)에서의 임의의 텔팅 바이어스를 보정하도록 유체역학 패드(200)의 4개의 코너에서 각각 스프링(204) 강성을 조정하는 능력을 제공한다. 예컨대, 상부 코너에 있는 스프링(204)의 강성을 증가시키는 것에 의해, 유체역학 패드(200)의 외경에 근접한 영역의 탄력성을 내경의 탄력성보다 적게 할 수 있고, 이에 따라 유체역학 패드(200)의 외경에서보다 유체역학 패드(200)의 내경에서 유막 두께를 국소적으로 두껍게 되도록 하여, 내경의 유막 두께가 외경의 유막 두께보다 얇아지게 하는 텔팅 발생 작동 현상을 보상할 수 있다.

예시한 실시예에서는 스프링(204)이 코일 스프링이지만, 다른 실시예에서는 스프링(204)이 리프 스프링 또는 빔과 같은 다른 타입의 스프링일 수 있다. 도 9는 국소 탄력성 유체역학 시일(20)을 갖는 주 링(106)의 실시예를 예시하며, 여기에서 각각의 국소 탄력성 유체역학 시일(200)은 주 링(106)의 각각의 리세스(202) 내에 배치된 각각의 벨로우즈 스프링(300)에 의해 압박된다. 벨로우즈의 두께, 벨로우즈 턴들 사이의 간격 및 턴들의 개수를 선택하는 것에 의해, 시일의 유체역학적 성능을 불안정하게 하는 (예컨대, 편류로 인한) 임의의 공기역학적 모멘트에 저항하는 유체역학 패드의 탄력성 메커니즘의 구조적 모멘트 특징 및 소망하는 힘을 얻을 수 있다. 각각의 국소 탄력성 유체역학 시일(200)은 예시한 실시예에서는 하나의 벨로우즈 스프링(300)에 의해 압박되지

만, 다른 실시예는 다른 개수의 벨로우즈 스프링(300)을 포함할 수 있다.

[0035] 도 10 및 도 11은, 주 링(106)의 국소 탄력성 유체역학 패드(200)의 다른 구성을 예시하는, 페이스 시일(100)의 주 링(106)의 다른 실시예의 사시도이다. 상세하게는, 도 10 및 도 11에서 주 링(106)은 국소 탄력성 유체역학 패드(200)의 제1 반경방향 내측 세트(310)와, 국소 탄력성 유체역학 패드(200)의 제2 반경방향 외측 세트(312)를 포함한다. 또한, 국소 탄력성 유체역학 패드의 제1 반경방향 내측 세트(310)와 제2 반경방향 외측 세트(312)는 주 링(106) 둘레에서 둘레방향(54)으로 서로 엇갈리게 배치된다. 그러나, 다른 실시예에서, 제1 반경방향 내측 세트(310)와 제2 반경방향 외측 세트(312)는 둘레방향으로 서로 엇갈리게 배치되지 않을 수도 있다. 또한 이해하다시피, 제1 반경방향 내측 세트(310)와 제2 반경방향 외측 세트(312)는 동일하거나 다른 개수의 국소 탄력성 유체역학 패드(200)를 가질 수 있다. 게다가, 도 11에서는 극소 탄력성 유체역학 패드(200)의 각각의 제2 반경방향 외측 세트(312)가 표면 처리부(314)를 포함한다. 상세하게는, 국소 탄력성 유체역학 패드(200)의 각각의 제2 반경방향 외측 세트(312)는 각각의 유체역학 패드(200) 상의 각각의 페이스(206) 상에 미크론 길이 수준의 프로파일 또는 홈(314)을 포함한다. 이해하다시피, 각각의 유체역학 패드(200)의 각각의 페이스(206) 상의 미크론 수준의 프로파일 또는 홈(314)은 주 링(106)의 내경(316)을 향한 추가의 압력을 발생시킬 수 있고, 이에 따라 주 링(106)이 메이팅 링(108)과 접촉하는 것을 방지하는 추가의 유체역학적 분리력을 제공할 수 있다.

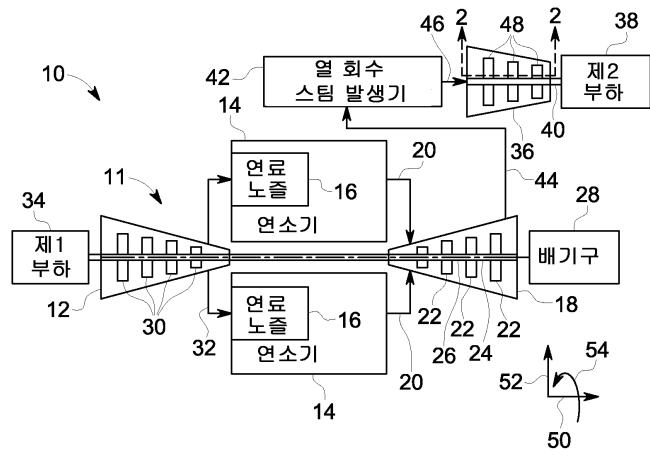
[0036] 도 12 및 도 13은, 주 링(106)의 실링 페이스(208) 상에 형성되는 다양한 표면 처리부 또는 피쳐를 예시하는, 페이스 시일(100)의 주 링(106)의 다른 실시예의 사시도이다. 예컨대, 도 12에서 주 링(106)의 실링 페이스(208)는, 실링 페이스(208)의 외경(322)에서부터 내경(324)을 향해 연장되는 홈(320)(예컨대, 나선형 홈)을 포함한다. 이해하다시피, 홈(320)은 완전히는 아니지만 실링 페이스(208)의 내경(324) 측으로 연장되는 실링 페이스(208)에 형성되는 리세스일 수 있다. 오히려, 각각의 홈(320)은 댐 부분(326)을 갖는다. 이와 같이, 스템(46) 또는 다른 가스가 스템 터빈(36)의 작동 중에 외경측으로부터 홈(320)에 진입하고 홈을 통해 흘러, 홈의 곡률을 따라 각각의 홈(320)의 댐 부분(326)을 향해 가속되고, 최종적으로 댐 부분(326)에 충돌하며, 이에 따라 동적 압력 상승을 형성시켜 유체역학적 분리력을 제공한다. 이러한 방식으로, 홈(320)은 주 링(106)의 내경(324)을 향하는 추가의 압력을 발생을 가능하게 할 수 있다. 도 13에서, 주 링(106)의 실링 페이스(208)는 Y자 형상 홈(330)을 포함한다. 도시한 바와 같이, 각각의 Y자 형상 홈(330)은 실링 페이스(208)의 중간에서부터 스템 부분(332)에서 시작되는 내경(324)과 외경(322) 모두를 향해 연장되어, Y자 형상 홈(330)을 형성하는데, Y자 형상 홈은 내경과 외경에 이르기 전에 종결된다. 스템(46) 또는 다른 가스는 구멍(334)을 통해 Y자 형상 홈(330)에 공급된다. Y자 형상 홈(330)은 외경(322)과 내경(324)을 향해 동시에 유체를 펌핑하여, 주 링(106)의 외경(322) 또는 내경(324) 근처에 있는 영역에 유체역학적 압력을 발생시킨다. 상기한 Y자 형상 구성의 홈의 경우, Y자 형상의 외측 분지부와 내측 분지부가, 메이팅 링의 실링 페이스(210)의 임의의 코닝을 따르는 데 필요한 자가 보정 유체역학적 힘을 제공한다.

[0037] 이해하다시피, 앞서 설명한 실시예들의 각각의 피쳐(예컨대, 표면 처리부 및/또는 프로파일)는 페이스 시일(100)의 다른 구성요소들 중 하나 이상의 일부로서 개별적으로 또는 함께 임의로 조합되어 포함될 수 있다. 예컨대, 도 12 및 도 13에서 주 실링 페이스(208)에 대해 도시된 유체역학적 피쳐는 메이팅 링의 실링 페이스(210)에 적용될 수 있고, 이때 주 실링 페이스(208)는 평편한 블랭크 표면이다. 또한, 당업자라면, 전술한 다양한 구성, 표면 처리부 및 다른 피쳐가 본 개시의 범주 내에 있는 것으로 고려되는 다른 구성을 가질 수 있다는 것을 이해할 것이다.

[0038] 상기 기술된 설명은 본 발명을 개시하기 위해 그리고 또한 임의의 디바이스 또는 시스템을 만들고 사용하며 임의의 포함되는 방법을 수행하는 등, 당업자가 본 발명을 실시할 수 있도록 하기 위해 최상의 모드를 포함하는 예를 이용한다. 본 발명의 특허가능한 범위는 청구범위에 의해 규정되며, 당업자에게 떠오를 수 있는 다른 예들도 포함할 수 있다. 상기한 다른 예들은 청구범위와 실질적으로 상이하지 않은 구조 요소를 갖는다면 또는 청구범위와 실질적으로 차이가 없는 등가의 구조 요소를 포함한다면 청구범위의 범주 내에 속하는 것으로 의도된다.

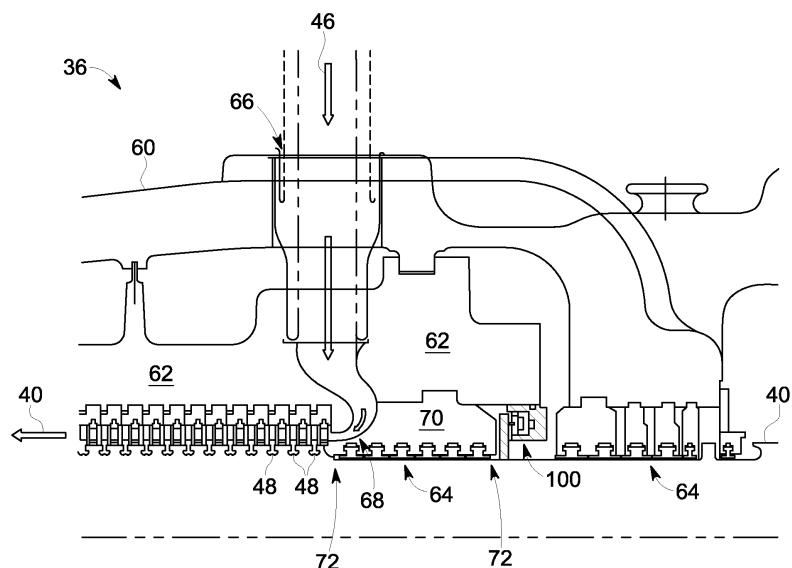
도면

도면1

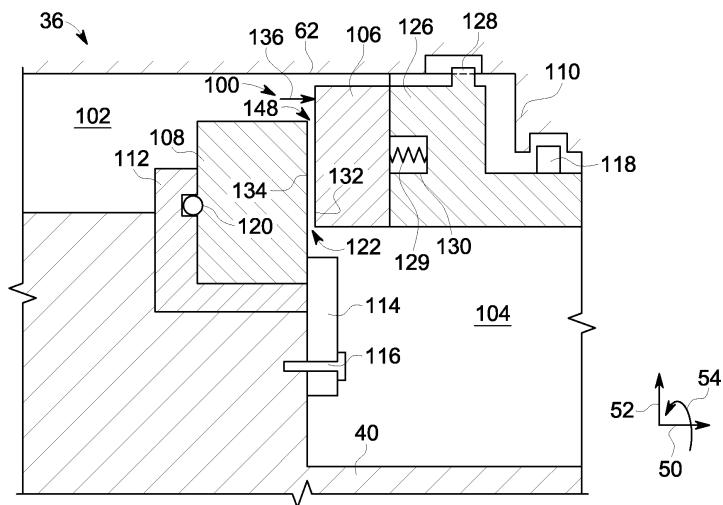


종래 기술

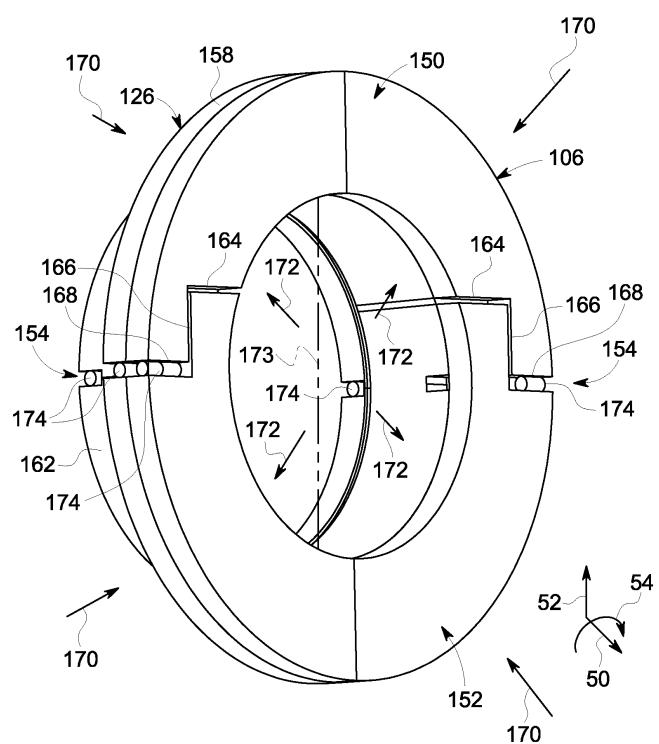
도면2



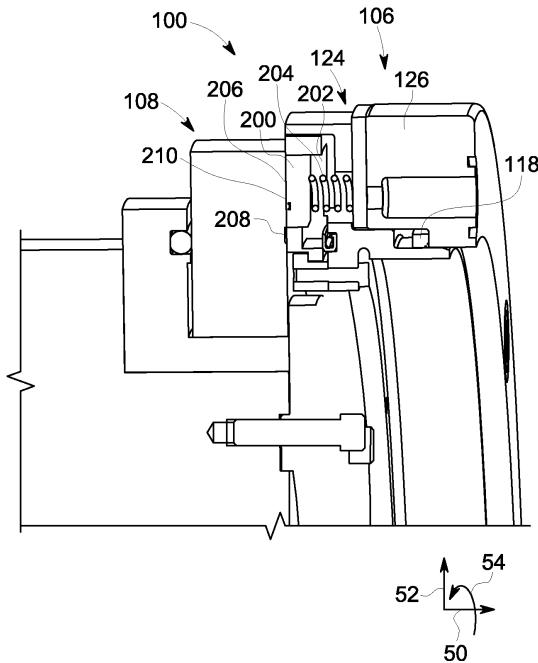
도면3



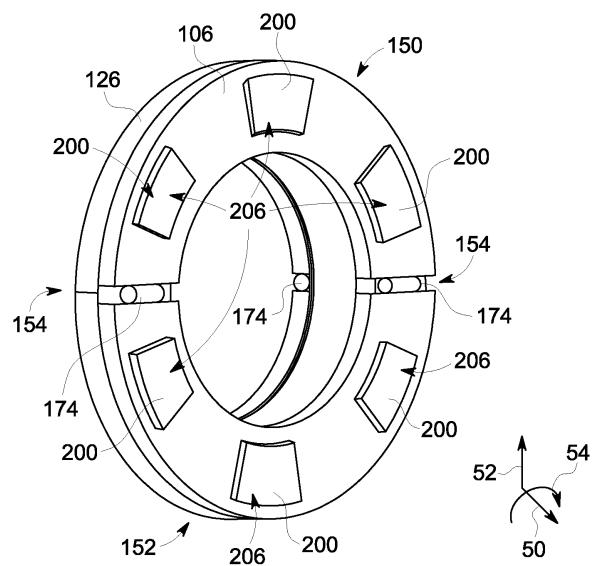
도면4



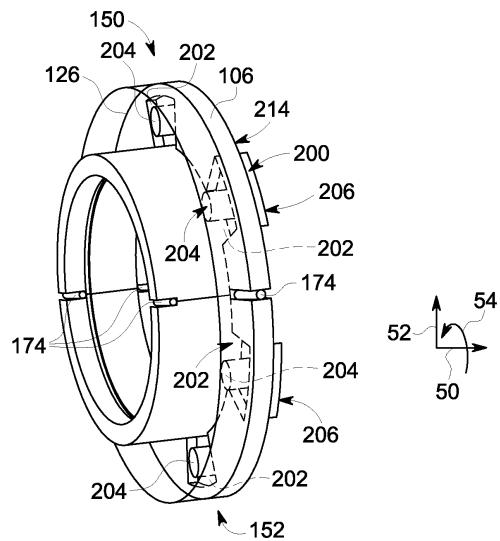
도면5



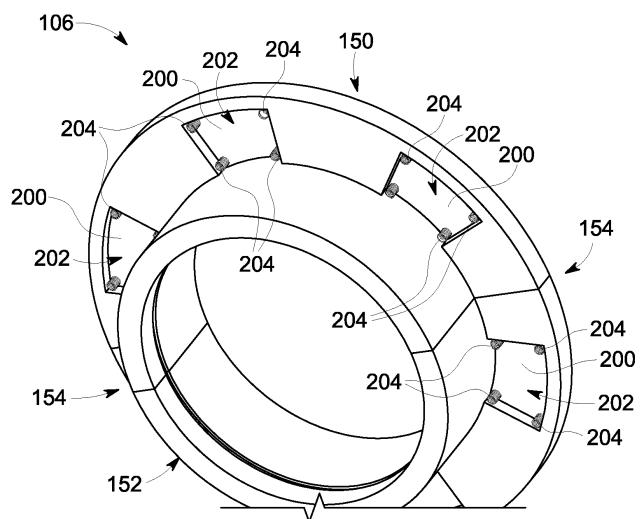
도면6



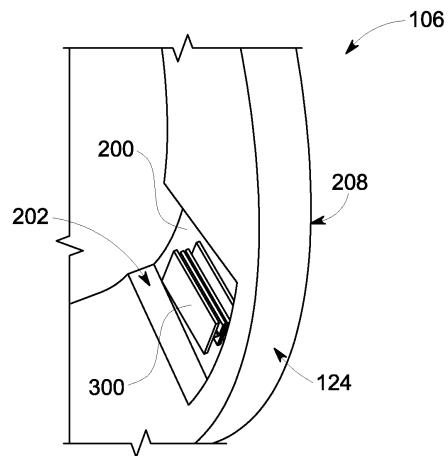
도면7



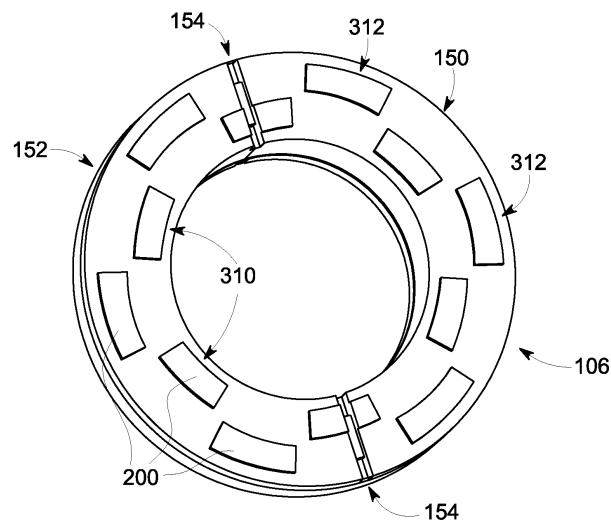
도면8



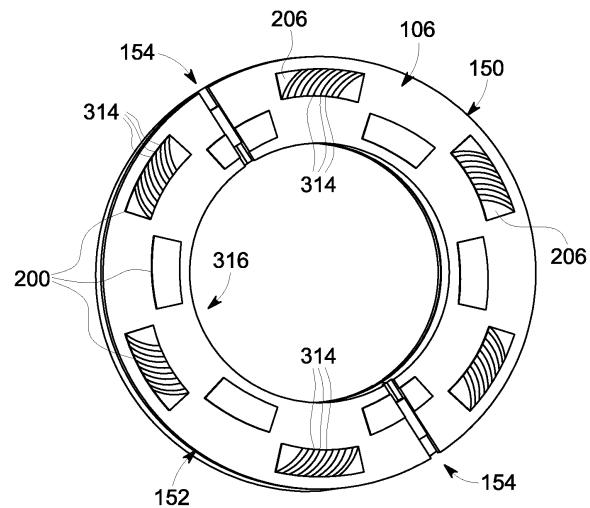
도면9



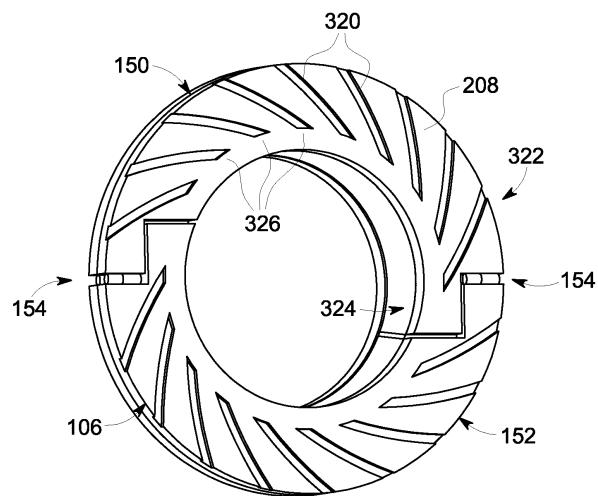
도면10



도면11



도면12



도면13

