



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2009년08월20일  
(11) 등록번호 10-0912997  
(24) 등록일자 2009년08월12일

(51) Int. Cl.  
G06F 17/50 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2003-0058612  
(22) 출원일자 2003년08월25일  
심사청구일자 2006년08월23일  
(65) 공개번호 10-2004-0018950  
(43) 공개일자 2004년03월04일  
(30) 우선권주장  
10/227,643 2002년08월26일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
US05961279 A1  
wo99/30065 A1  
US6435011B1  
US6378371B1

(73) 특허권자  
제너럴 일렉트릭 캄파니  
미합중국 뉴욕, 웨벡테디, 원 리버 로우드  
(72) 발명자  
사샤르하미드레자  
미국뉴욕주12065클리프톤파크위싱턴레인25  
턴퀴스트노먼아놀드  
미국뉴욕주12160슬론즈빌코빈힐로드1432알알#1  
덩크오스만사임  
미국뉴욕주12180트로이나이로이드라이브107  
(74) 대리인  
김창세, 장성구

전체 청구항 수 : 총 8 항

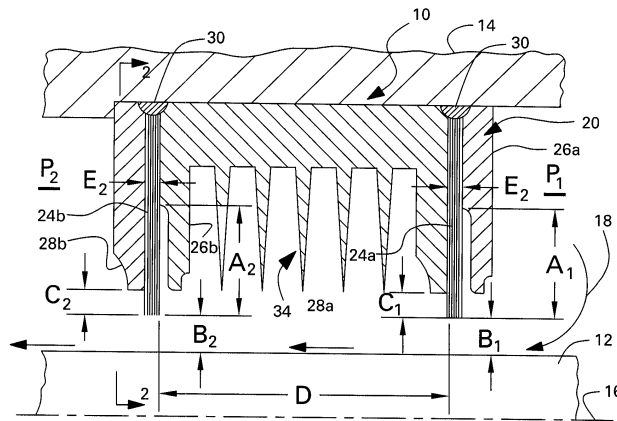
심사관 : 김자영

(54) 다단 시일 및 설계 방법

(57) 요약

다단 브러시 시일(20, 22)은 이 시일과 상대 회전을 하는 인접한 랜드(12)를 따라서 차압(P1-P2)을 집합적으로 분담시키기 위해 처음에 언급한 설계로 제조되었다. 이 시일은 그로부터 블로다운(blowdown)없이 부하를 분담하도록 변형되었다. 시일(20, 22)은 랜드와의 회전 안정성을 보장하도록 더욱 변형되었다. 시일은 그의 압력 블로다운을 결정하기 위한 압력하에서 제조 및 시험되었다. 그 후, 시일은 블로다운하에서 압력의 부하를 분담시키도록 다시 변형되었다. 이러한 방법에 있어서, 시일은 블로다운 영향하에서 부하를 원위치에 분담시킨다.

대표도 - 도1



**특허청구의 범위**

**청구항 1**

다단 시일(10)을 설계하는 방법에 있어서,

시일과 상대 회전하는 랜드(12)를 따라서 차압을 집합적으로 밀봉하기 위한 공통 설계를 갖는 초기의 제 1 및 제 2 브러시 시일(20, 22)을 규정하는 단계와,

블로다운 없이 상기 차압으로부터 부하를 분담시키도록 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일의 공통 설계 특징부를 수정시키는 단계와,

상기 랜드와의 회전 안정성을 보장하기 위해 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일을 수정시키는 단계와,

압력하에서 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일의 압력 블로다운을 결정하는 단계와,

상기 블로다운하에서 상기 압력의 부하를 균일하게 분담하도록 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일의 공통 설계 특징부를 수정시키기 위해 압력하에서 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일의 압력 블로다운을 결정하는 상기 단계로부터 얻은 정보를 이용하는 단계를 포함하는

다단 시일 설계 방법.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 브러시 시일(20, 22)은 전방 판(26a, 26b)과 후방 판(28a, 28b) 사이에 축방향으로 장착된 강모(24a, 24b)의 팩을 포함하는 상기 공통 설계 특징부를 초기에 특정하고, 상기 강모의 말단 단부는 자유 길이(free length)만큼 연장하며,

상기 강모는 상기 랜드와의 회전 안정성을 보장하기 위해 상기 랜드와의 마찰시 열 발생을 최소화하도록 자유 길이 및 강성을 변화시키는

다단 시일 설계 방법.

**청구항 4**

제 3 항에 있어서,

상기 압력 블로다운을 결정하는 단계는 상기 차압에 의해 상기 시일을 가로질러 움직인 유체(18)의 압력, 온도 및 질량 유동을 측정하기 위해 상기 시일을 시험하는 단계를 포함하고,

상기 측정된 압력, 온도 및 질량 유동은 상기 각각의 시일에 대한 블로다운을 결정하기 위해 해석되는

다단 시일 설계 방법.

**청구항 5**

다단 시일(10)에 있어서,

전방 판(26a, 26b)과 후방 판(28a, 28b) 사이에 축방향으로 장착된 강모(24a, 24b)의 팩을 각각 포함하는 제 1 및 제 2 브러시 시일(20, 22)을 포함하며, 상기 강모의 말단 단부는 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일과 상대 회전하는 랜드(12)를 따라서 차압을 집합적으로 밀봉하도록 자유 길이만큼 연장하고,

상기 제 1 및 제 2 브러시 시일은 상기 강모의 압력 블로다운하에서 상기 랜드와의 회전 안정성을 가진 채 상기 차압에 의한 부하를 균일하게 분담시키도록 상이하게 구성된 공통 설계 특징부를 갖는

다단 시일.

**청구항 6**

제 5 항에 있어서,

상기 공통 설계 특징부는 상기 강모의 말단 단부와 상기 랜드(12) 사이에 간극을 가지며, 상기 간극은 상기 압력의 부하를 분담시키도록 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일에서 상이한

다단 시일.

**청구항 7**

제 5 항에 있어서,

상기 공통 설계 특징부는 상기 강모 팩의 팩킹 밀도이고, 상기 팩킹 밀도는 상기 압력의 부하를 분담시키도록 상기 제 1 및 제 2 시일에 대해 상이한

다단 시일.

**청구항 8**

다단 시일을 설계하는 방법에 있어서,

시일과 상대 회전하는 랜드(12)를 따라서 차압을 집합적으로 밀봉하도록 초기 제 1 및 제 2 브러시 시일(20, 22)을 규정하는 단계와,

블로다운없이 상기 차압에 의한 부하를 분담시키도록 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일을 수정하는 단계와,

상기 랜드와의 회전 안정성을 보장하도록 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일을 수정하는 단계와,

압력하에서 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일의 압력 블로다운을 결정하는 단계와,

상기 블로다운하에서 상기 압력의 부하를 분담하도록 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일을 수정하기 위해 압력하에서 상기 제 1 및 제 2 브러시 시일의 압력 블로다운을 결정하는 상기 단계로부터 얻은 정보를 이용하는 단계를 포함하는

다단 시일 설계 방법.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

제 8 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 시일(20, 22)은 전방 판(26a, 26b)과 후방 판(28a, 28b) 사이에 축방향으로 장착된 강모(24a, 24b)의 팩을 각각 갖도록 초기에 규정되고, 상기 강모의 말단 단부는 자유 길이만큼 연장하며,

상기 강모는 상기 랜드와의 회전 안정성을 보장하도록 상기 랜드와 마찰시의 열 발생을 최소화하기 위해 자유 길이와 강성을 수정하는

다단 시일 설계 방법.

**명세서**

**발명의 상세한 설명**

**발명의 목적**

**발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술**

<10> 본 발명은 회전 시일, 특히 다단 브러시 시일에 관한 것이다.

<11> 다양한 형태의 엔진 또는 모터는 그의 비교적 고압 영역과 저압 영역을 분리하도록 구성된 다양한 형태의 시일

을 그 내에 포함한다. 예를 들면, 가스 및 증기 터빈 엔진은 그 내에 여러 단을 가지며, 이 여러 단에서 공기, 연소 가스 및 증기가 하류로 이동하여 그의 압력 및 온도가 변한다.

- <12> 터빈 엔진은 출력 일(output work) 및 성능 효율을 최대화하기 위해 실제로 크게 제조된다. 또한, 대형 터빈은 대응하여 그를 통과하는 유체 유동의 큰 압력 강하를 가지며, 이는 작동동안 적절한 밀봉을 필요로 한다.
- <13> 래버린스 시일(labyrinth seal)에 있어서, 일렬의 환형 시일 치형부는 그들 사이의 소망하지 않는 마찰 가능성을 감소시키기 위해 그들 사이에 반경방향 간극을 둔 채로 그와 함께 상대 회전을 위한 협동 랜드에 매우 인접해 배치된다. 터빈 엔진에 일반적으로 설치되는 시일의 다른 형태는 브러시 시일로서, 한 묶음의 강모가 지지판 사이에 배치되고, 강모의 말단 단부는 인접한 랜드와 함께 회전 시일로 작용하도록 지지판으로부터 자유롭게 연장한다. 강모는 랜드로부터 경사지고 그와 함께 작은 간극을 형성할 수 있거나 또는 그와 함께 간섭 접촉될 수 있다.
- <14> 브러시 시일은 터빈 엔진내의 매우 높은 압력을 효과적으로 밀봉하는 능력을 제공하는 반면, 예를 들면 랜드와의 상대 회전동안 안정성을 유지하고 작동동안 적절한 긴 수명을 갖는다.
- <15> 경험적으로 단일 단 브러시 시일(single stage brush seal)은 실제 한계를 대응식으로 감소시키기 위한 1개의 적절한 안전 계수를 가지고 약 400psid 까지의 차압을 밀봉하는 실제 한계를 가짐을 알 수 있다. 브러시 시일의 초과 가압(over-pressurization)은 과도한 누출, 브러시 시일의 소성 변형 또는 짧은 시간내에 피로 파손을 야기시킨다.
- <16> 브러시 시일은 연속하여 배치될 수 있지만, 경험적으로 400psid를 초과하는 매우 높은 차압을 밀봉하는 능력은 실질적으로 400psid 한계의 두배 이하로 제한되며, 각각의 시일에 대해 그들 사이의 부하 분담의 실제적인 변화의 관점에서 안전 계수에 의해 대응식으로 감소됨을 알 수 있다. 그리고, 경험적으로 2개 이상의 추가적인 일련의 브러시 시일은 그들 다단 브러시 시일을 가로질러 부여된 증가된 차압을 밀봉하는 실제적인 능력을 갖지 않음을 알 수 있다.
- <17> 2개 또는 그 이상의 단의 동일 브러시 시일에 있어서, 제 1 단은 브러시 시일 조립체를 가로질러 전체 압력의 부하중 일부분을 분담할 수 있으며, 최종 브러시 시일은 전체 압력의 부하중 대부분을 지지할 수 있다. 따라서, 다단 브러시 시일의 밀봉 능력은 최종 단에 의해 제한되며, 대응식으로 작동동안 시일이 안전하게 지지할 수 있는 최대 차압을 제한한다.
- <18> 각각의 시일 단의 부하 분담 능력을 변화시키기 위해 인접한 랜드와의 밀봉 간극을 변화시키는 것이 공지되어 있다. 그러나, 시일 간극의 특정값은 전체 밀봉 능력에 영향을 미치고, 보다 큰 간극은 부하 능력을 감소시키는 반면, 보다 작은 간극은 부하 능력을 증가시킨다.
- <19> 그러나, 작은 간극은 엔진의 전이 작동동안 강모와 랜드의 마찰을 증가시키고, 마찰은 대응식으로 요소를 가열시킨다. 전형적인 실시예에 있어서, 랜드는 회전 샤프트의 외경에 의해 규정되고, 브러시 시일은 고정되어 있다. 강모와 샤프트의 마찰은 그의 국부적인 가열 및 대응하는 열 팽창을 초래하고, 이는 회전 샤프트의 안정성에 악영향을 미칠 수 있다. 마찰하에서 샤프트가 열 팽창하기 때문에, 샤프트의 마찰 가열을 더욱 증가시키는 동안 마찰력은 더욱 증가한다. 그리고, 샤프트는 흔들림과 같은 소망하지 않는 불안정성에 노출되며, 이는 전체 엔진의 갑작스런 운전 중단을 필요로 할 수 있다.
- <20> 또한 강모의 기하학적 구성은 그의 최대 밀봉 능력에 영향을 미친다. 연질 또는 가요성 강모는 차압하에서 많이 굽혀질 수 있으며, 경질 또는 강성 강모는 랜드와의 마찰하에서 마찰 가열을 증가시킨다. 또한, 강모의 꺾을 가로질러 가해지는 차압은 그 안에 블로다운을 초래하며, 여기서 경사진 강모는 반경방향 내측으로 약간 편향되며, 이는 랜드와의 마찰동안 마찰 가열을 대응식으로 증가시킨다.
- <21> 브러시 시일의 이러한 서로 관련된 작동 효과의 관점에서, 종래에 공지된 다단 브러시 시일은 연속한 2개의 브러시 시일로 제한되고, 그 안의 적절한 안전 계수에 근거하여 550psid인 전체 차압의 현존 실제 한계를 갖는다. 그리고, 다수 시일 단 사이에서 부하 분담을 달성하는 능력은 강모 마찰 및 로터 안정성에 의해 제한된다.
- <22> 따라서, 그의 최대 부하 지지 능력을 증가시키기 위해 향상된 다단 브러시 시일을 제공하는 것이 바람직하다.

**발명이 이루고자 하는 기술적 과제**

- <23> 다단 브러시 시일은 이 시일과 상대 회전하는 인접 랜드를 따라서 차압을 집합적으로 분담시키기 위한 그의 초

기 설계를 규정함으로써 제조된다. 시일은 그로부터의 블로다운없이 부하를 부담시키도록 수정된다. 시일은 랜드와의 회전 안정성을 보장하도록 더욱 수정된다. 시일은 그의 압력 블로다운을 결정하기 위한 압력하에서 제조 및 시험된다. 그 후, 시일은 블로다운하에서 압력의 부하를 분담하도록 다시 수정된다. 이러한 방법에서, 시일은 블로다운의 영향하에서 원 위치에 부하를 분담시킨다.

<24> 바람직하고 예시적인 실시예에 따른 본 발명은 그의 다른 장점 및 이점과 함께 첨부도면을 참조하여 하기에 상술된 상세한 설명에 자세히 설명되어 있다.

**발명의 구성 및 작용**

<25> 도 1에는 로터 샤프트의 예시적인 형태인 환형 랜드(12) 둘레에 동심원으로 배치된 다단 환형 시일(10)이 단면도로 도시되어 있다. 시일은 로터 샤프트의 축 또는 종방향 중심선 축(16)을 중심으로 동축으로 환형 시일 지지체(14)에 적절하게 장착된다.

<26> 이 시일은 대형 산업용 가스 또는 증기 터빈 엔진에서 사용하기 위한 것으로 도 1에 구성되어 있으며, 이 시일은 회전 샤프트를 둘러싸는 고정형 또는 고정자 요소이다. 변형 실시예에서, 랜드(12)는 고정형일 수 있고, 시일은 랜드에 대해 회전 운동하도록 장착된다.

<27> 다른 구성에 있어서, 시일 및 랜드는 엔진에서 작동동안 상대 회전을 하며, 시일은 이 시일의 축방향 대향 측면 상에 유지되는 차압을 밀봉하도록 구성된다. 예를 들면, 증기와 같은 유체(18)는 고압(P1)인 시일의 우측에 유지되며 보다 낮은 압력(P2)하에 유지되는 시일의 좌측상의 영역에 대해 시일과 랜드 사이의 누출을 최소화하기 위한 다단 시일에 의해 효과적으로 밀봉된다.

<28> 작동동안 시일을 가로질러 작용하는 차압(P1-P2)은 비교적 높을 수 있고, 예를 들면 약 400psid 이상이며, 2개의 안전 계수를 갖는 2개 또는 그 이상의 단인 종래의 브러시 시일의 현재 공지된 최대 차압 능력인 약 550psid 보다 실질적으로 높을 수 있다. 전술된 바와 같이, 종래의 브러시 시일은 시일 또는 로터 불안정성에 대해 증가된 손상 위험성이 그러한 매우 높은 압력을 밀봉할 수 있는 능력을 갖지 않는다.

<29> 도 1에 도시된 다단 시일은 공통 설계를 공유하는 제 1 및 제 2 환형 브러시 시일(20, 22)을 포함한다. 각각의 브러시 시일은 환형 팩, 또는 환형 전방 지지판(26a, 26b)과 환형 후방 백킹판(backing plate)(28a, 28b) 사이에 축방향으로 장착된 다수의 강모(24a, 24b)를 포함한다.

<30> 종래의 방법에서 제 1 및 제 2 강모(24a, 24b)의 기반 또는 베이스 단부는 대응하는 용접부(30)에 의해 각각의 제 1 및 제 2 전방 및 후방 판의 대응 베이스 단부에 적절하게 연결된다.

<31> 개개의 브러시 시일(20, 22)은 이후 보다 자세히 상술되는 본 발명에 따라 변형되는 것을 제외하고는 종래의 공통 설계를 갖는다. 예를 들면, 강모의 말단 단부는 인접한 랜드(12)에 대해 대응하는 반경방향 간극(B1, B2)을 규정하기 위한 대응하는 후방 판(28a, 28b)의 말단 단부로부터 곡선형 방식으로 연장하는 장착판 사이에 적층된 강모의 베이스 단부로부터 자유 길이(free length)(A1, A2)로 연장한다.

<32> 도 1에 도시된 예시적인 실시예에서, 강모 팩은 환형 후방 판(28a, 28b)의 반경방향 전체 길이를 지나 연장하고 그로부터 반경방향 내측으로 연장한다. 후방 판의 대응하는 말단 단부로부터 강모의 말단 단부의 반경방향 내측 연장부는 대응하는 펜스 높이(C1, C2)를 규정한다.

<33> 대응식으로, 협동 전방 판(26a, 26b)은 그들의 반경방향 내측 말단 단부로부터 반경방향 외측의 리세스를 가지며 이 리세스는 그의 대응하는 자유 길이(A1, A2)를 규정하기 위한 강모와의 축방향 겹을 제공한다. 도 1에 도시된 실시예에 있어서, 브러시 시일의 2개의 단은 그의 강모 팩 사이에 측정된 축방향 공간(D)에 의해 축방향으로 이격된다.

<34> 따라서, 작동동안 고압 유체(18)는 제 1 브러시 시일(20)의 제 1 전방 판(26 a)에 수용되고, 그 안의 샤프트의 회전을 방해하지 않는 대응하는 작은 반경방향 간극(B1)을 유지한 채 제 1 팩의 강모(24a)에 의해 효과적으로 밀봉된다. 그러나, 유체(18)중 일부는 제 1 강모(24a)와 제 1 간극(B1)을 통해 누출되어 하류의 제 2 브러시 시일(22)로 유동한다. 그 후 이러한 저압 유체는 샤프트 둘레에 작은 반경방향 제 2 간극(B2)을 갖는 제 2 팩의 강모(24b)에 의해 밀봉된다. 그리고, 이러한 저압 유체중 일부는 제 2 강모(24b)와 제 2 간극(B2)을 통과해 제 2 후방 판(28b)의 표면 가까이에 유지된 저압 영역으로 누출된다.

<35> 도 2에 도시된 바와 같이, 도 1에 도시된 제 1 강모(24a) 뿐만 아니라 제 2 강모(24b)는 대응하는 장착 판 사이

에서 접선으로부터 약 45° 내지 약 60° 의 경사각을 갖고 접선방향으로 경사진다. 샤프트 랜드(12)의 회전 방향은 도 2에서 반시계방향으로 도시되며, 강모는 그로부터 대향식으로 경사져 그들 사이에 우발적인 마찰하에서 반경방향 외측으로 굽혀지거나 또는 굴곡될 수 있다.

- <36> 개별적인 강모(24a, 24b)는 몇 밀(mil)로 측정된 비교적 작은 직경을 가진 채로 합금 강과 같은 종래의 재료로 형성될 수 있다. 강모의 재료 조성, 길이, 직경 및 경사 각도는 샤프트 랜드(12)와의 마찰동안 그의 결과적인 굽힘 강도에 영향을 미친다.
- <37> 위에서 지적인 바와 같이, 2단 브러시 시일(20, 22)은 차압(P1-P2)에 의한 압력의 부하를 분담하도록 동일하게 구성될 수 있지만, 그의 종래의 구성은 약 550psid를 초과하는 높은 차압을 견딜 수 없다. 이러한 종래의 설계에 있어서 강모는 비교적 경직될 수 있으며, 강모와의 마찰동안 샤프트의 가열을 증가시킬 수 있고, 그의 흔들림을 포함해 샤프트 불안정성을 초래할 수 있다.
- <38> 그러나, 본 발명에 따르면, 2개의 브러시 시일(20, 22)은 때때로 강모-랜드 마찰로 인한 로터 안정성에 악영향을 미치는 일없이 집합적인 부하 지지 능력을 실질적으로 향상시키도록 적절히 변형될 수 있다.
- <39> 보다 자세하게, 도 3은 로터 안정성을 가지면서 증가된 부하 지지 능력을 갖는 구조로 도 1 및 도 2에 도시된 다단 시일(10)을 제조하는 예시적인 실시예를 흐름도 형식으로 도시한다. 이 방법은 다단 시일이 사용되도록 의도된 환경을 규정하는 종래의 경계 조건 또는 엔진 조건에서 시작한다. 예를 들면, 경계 조건은 고압(P1) 및 저압(P2), 그들 사이의 대응하는 차압, 유체(18)의 온도, 샤프트의 회전 속도, 반경방향 치수를 포함해 샤프트(12)와 시일 사이의 전반적인 형상, 및 강모와 랜드 사이의 가동 폐쇄체를 포함해 시일의 고정자와 로터 요소 사이의 예상된 차등 열 성장(differential thermal growth)을 포함한다.
- <40> 2개의 브러시 시일(20, 22)의 초기 구성은 예상된 고압 작동 부하하에서 개별 부하 지지 능력을 최대화하기 위한 종래의 방식에 명시되어 있다. 따라서 대응하는 초기 시일 설계는 대응하는 최대 압력의 부하를 견디기 위해 경사진 강모의 최대 굽힘 강도를 갖는다.
- <41> 도 1 및 도 2에 도시된 시일의 예시적인 실시예에 있어서, 강모는 회전 랜드와의 공칭 작동을 위해 회전 랜드(12)와 적절한 간극(B1, B2)을 갖도록 초기에 설계된다. 시일 요소가 샤프트에 대해 차등 열 팽창하기 때문에, 로터 랜드(12)와의 접촉을 최소화하기 위해서 및 그에 따라 발생하는 대응 열을 최소화하기 위해 초기에 선택된 시일 간극이 축소되거나 또는 확대된다. 보다 큰 반경방향 간극은 밀봉 성능을 감소시키며, 또한 엔진의 효율을 감소시킬 수 있다.
- <42> 2차원(2D) 전산 유동 모델은 대응 소프트웨어에서 적절히 규명되며, 블로다운을 고려함이 없이 그들 사이의 압력의 부하를 바람직하게는 동일하게 분담시키기 위한 2개의 시일의 반경방향 간극(B1, B2)을 결정 또는 설정하기 위해 도 3에 개략적으로 도시된 종래의 디지털식으로 프로그램가능한 컴퓨터(32)에서 해석된다. 이 프로세스 중 현 단계에서, 다단 시일의 설계는 종래의 것이며, 실제 환경에서 시일의 원위치 작동에서 발생할 수 있는 블로다운을 고려함이 없이 실시된다. 2차원 유동 모델링 소프트웨어는 미국 버지니아주 찰틀리 소재의 ABZ 인코포레이티드로부터 상업적으로 입수가 가능한 "Design Flow Solutions"과 같은 종래의 것이다.
- <43> 대응하는 반경방향 간극(B1, B2)을 조절함으로써, 압력의 부하가 2개의 시일 사이에 동일하게 분담될 수 있지만, 이는 블로다운을 고려함이 없이 시일 성능의 단지 해석적 예측이다. 실제로, 블로다운은 분리된 브러시 시일 사이의 하중 분담을 포함해 다단 시일의 성능에 상당한 영향을 미친다.
- <44> 다단 시일은 그의 가장 취약한 시일만큼만 강하다. 그 안의 2개의 브러시 시일중 어느 하나의 파손은 나머지 브러시 시일을 즉시 파손시키며, 따라서 종래의 2단 브러시 시일은 작동의 적절한 안전 계수를 갖게끔 설계되고, 앞에서 지적인 바와 같이 압력의 부하 능력상에 대응 한도를 갖는다.
- <45> 적절한 안전 계수는 종래에 있어 예를 들면 약 2개의 적절한 안전 계수를 갖는 2D 모델에 의해 예측된 부하에 따라 강모(24a, 24b)의 제 1 및 제 2 팩의 대응하는 펜스 높이(C1, C2) 및 대응하는 두께(E1, E2)(도 1 참조)를 설정함으로써 다단 시일의 설계에 도입될 수 있다.
- <46> 블로다운은 시일의 의도된 환경에서 시일의 중요한 작동 변수이고 도 2에 개략적으로 도시되어 있다. 가압 유체(18)가 양 팩의 개별 강모(24a, 24b) 사이를 통과할 때, 강모는 점선으로 도시한 바와 같이 탄성적으로 굽혀지거나 또는 반경방향 내측으로 변위되며, 이는 강모의 말단 단부와 랜드(12) 사이의 유효 간극을 감소시킨다. 압력하에서 강모의 반경방향 내측 변형은 몇 밀 또는 밀리미터의 작은 크기로 나타나며 차압하에서 작동동안 블로다운 효과를 나타낸다.

- <47> 블로다운이 랜드(12)와의 강모 간극에 영향을 미치기 때문에, 블로다운은 로터 안정성에도 영향을 미친다. 따라서, 종래의 전산 유체 역학(CFD)은 2D 모델에서 예상되는 부하 분담 분포를 입증하기 위해 사용될 수 있으며, 회전 샤프트와 함께 작동하는 것과 관련하여 시일 안정성 변수를 추가적으로 제공한다. CFD 해석은 동일한 또는 상이한 디지털식 프로그램가능한 컴퓨터(32)에서 3차원(3D)으로 실시된다. CFD 소프트웨어는 미국 뉴욕주 멜빌 소재의 CD-adapco로부터 상업적으로 입수가능한 STAR-CD와 같은 것이 종래의 것이다.
- <48> 3D 해석을 사용함으로써, 2개 시일의 초기 설계는 예를 들면 허용되지 않는 흔들림없이 로터 요소의 안정한 작동을 보장하기 위한 적절한 안정 기준을 만족하도록 더욱 수정될 수 있다. 바람직하게는, 3D 해석은 2개 강모 팩의 자유 길이(A1, A2), 그들 사이의 축방향 공간(D), 및 강모의 결과적인 굽힘 강성을 명시하기 위해 사용된다.
- <49> 또한, 3D 해석은 적절한 안정성을 유지하면서 강모와 랜드의 마찰에 의한 열 발생을 최소화하기 위해 자유 길이, 축방향 공간, 및 추가적으로 시일 간극(B1, B2)을 최적화하도록 사용될 수 있다.
- <50> 전술된 다단 시일을 제조하는 방법은 로터 안정성을 유지하면서 그들 사이에 부하를 실질적으로 동일하게 분담시키기 위해 그의 적절한 설계를 명시하도록 차례로 해석적으로 바람직하게 실시된다. 그러나, 이렇게 설계된 다단 시일의 본래 작동은 성능면에서 실제 변하게 되며, 이는 해석적으로 완전히 예측될 수 없다.
- <51> 따라서, 해석적으로 설계된 다단 시일은 그의 의도된 또는 본래 환경에서 그의 성능을 경험적으로 결정하기 위해 적절한 사이즈 또는 스케일로 실제 제작 및 시험된다.
- <52> 다단 시일의 시험시, 각 시일의 블로다운을 밝히거나 결정하기 위해 압력, 온도 및 질량 유동이 시일의 고압측과 저압측 사이에서 측정된다. 그의 측정된 성능에 근거하여 각 시일의 블로다운을 결정하기 위해 전술된 동일한 2D 유동 모델이 종래의 방법으로 사용될 수 있다.
- <53> 그 후 2D 유동 모델은 측정된 블로다운의 영향하에서 압력의 부하를 실질적으로 동일하게 분담하기 위한 각각의 시일에 대해 반경방향 간극(B1, B2)을 재설정하도록 재사용될 수 있다. 그들을 가로질러서 압력의 부하를 동일하게 분담시키기 위해 그의 대응하는 측정된 블로다운과 관련한 2개 간극(B1, B2)의 개별 사이즈를 증가 또는 감소시키기 위해 공학적 판단 또는 시행 착오가 사용될 수 있다.
- <54> 이러한 방법에서, 다단 시일은 먼저 블로다운 영향없이 종래의 방법으로 해석적으로 설계되고, 그 후 본래의 작동 안정성을 위해 최적화되며, 그 후 시일 성능 및 거동을 측정하기 위해 제작 및 시험된다. 그 후 시험에 의한 경험적인 데이터는 차압 하에서 블로다운을 결정하기 위해 사용되고, 시일 설계는 측정된 블로다운을 이용해 안정한 작동을 달성하면서 부하를 동일하게 분담시키도록 더욱 수정될 수 있다.
- <55> 다단 시일의 이러한 제조 방법은 2개의 브러시 시일로 귀결되며, 이러한 시일은 로터 안정성을 유지한 채 압력의 부하를 실질적으로 동일하게 분담시킬 것을 필요로 하는 것 외에는 설계 및 구조상 동일할 수 있다. 이러한 방법에서, 2개의 브러시 시일은 압력의 부하를 동일하게 보다 정확하게 분담하도록 설계될 수 있으며, 이는 다단 시일을 가로질러 작용하는 전체 차압을 안전하게 분담시키는 그들의 집합적 능력을 대응식으로 증가시킨다. 2개의 브러시 시일의 기하학적인 면에서 비교적 적은 그렇지만 중요한 변화는 그의 차압 능력에서 실질적인 향상을 달성할 수 있으며, 이것은 블로다운의 영향에도 불구하고 의도된 환경에서 신뢰성있게 얻어질 수 있다.
- <56> 또한, 이 방법은 3개 또는 그 이상의 브러시 시일 단을 도입하여 각각의 시일에서 블로다운의 영향을 포함해 그들 사이의 부하 분담을 정확하게 제어하도록 더욱 사용될 수 있다. 전술된 바와 같이, 2개의 단을 초과하는 종래의 다단 브러시 시일은 제 3 또는 그 이상의 단에 대해 부하 지지 능력에서 약간의 향상을 갖는다.
- <57> 상술된 다단 시일의 다른 향상은 의도된 환경에서 연장된 시간에 걸쳐서 다단 시일의 거동 및 그의 성능을 예측 또는 더욱 시험함으로써 얻어질 수 있다. 오랜 기간의 시일의 작동은 성능에 영향을 미치는 마모 또는 다른 요인에 의한 성능 변화를 가져온다. 시간에 따른 시일 성능의 평가는 엔진 조건 또는 개별 단의 블로다운에서의 변화를 결정할 수 있으며, 이는 연장된 작동 시간에 걸쳐 그의 향상된 성능을 유지하기 위해 시일 설계를 더욱 수정하도록 사용될 수 있다.
- <58> 본 발명의 특정 장점은, 그의 단일 설계 특징부가 바람직하게 동일한 부하 분담을 가진 채로 블로다운에 따라 압력의 부하를 분담시키기 위한 상이한 구성을 갖는 것을 제외하고는, 2개의 브러시 시일(20, 22)이 실질적으로 동일하거나 또는 공통 설계를 가질 수 있다는 것이다. 도 3에 도시된 방법은 사이즈 및 치수 그리고 재료 특성을 포함해 그의 실질적으로 동일한 설계 특징부 및 구성을 갖는 각각의 브러시 시일의 정의로부터 시작한다. 각각의 브러시 시일은 대응하는 전방 및 후방 판 사이에 장착되며, 다양한 기하학적 치수(A, B, C, E)를 갖는

강모의 팩을 포함한다. 그리고, 2개의 시일은 치수(D)만큼 축방향으로 이격되어 있다.

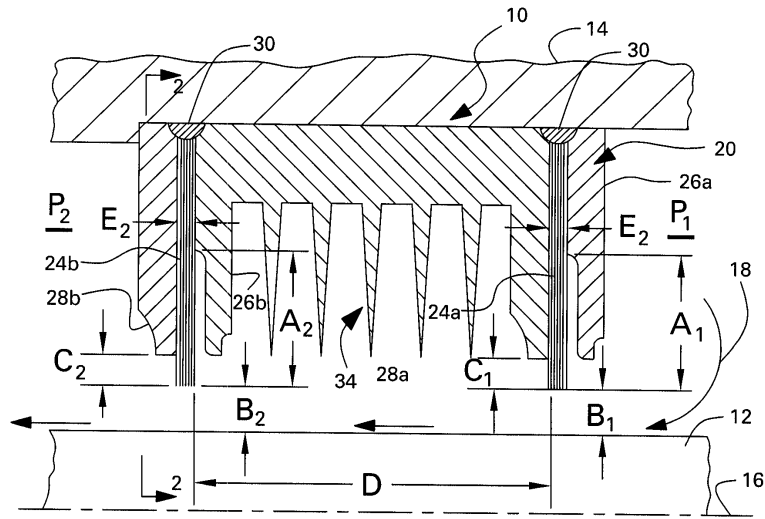
- <59> 전술된 일련의 처리 단계에서 브러시 시일의 초기 설계를 수정함으로써, 시일은 소망하는 바와 같이 적절히 작은 변형내에서 실질적으로 동일하게 그들을 가로질러 적용되는 전체 압력의 부하를 분담하도록 재구성된다. 그리고, 이러한 부하 분담은 각각의 시일에 대응하는 블로다운을 야기하는 적용된 압력의 부하의 효과 하에서 의도된 환경에 가해진다.
- <60> 샤프트 마찰동안 시일 성능 및 안정성 양자에 영향을 미치는 전술된 브러시 시일의 2개의 설계 특징은 랜드(12)와의 강모 간극(B1, B2)과, 강모 팩의 팩킹 밀도이다. 팩킹 밀도는 각 브러시 시일의 주변 둘레의 원주방향의 단위 길이당 강모의 수로서 표시된다.
- <61> 2개의 브러시 시일은 블로다운의 영향하에서 2개의 브러시 시일에 압력의 부하를 바람직하게는 동일하게 분담시키기 위한 전술된 방법에 따라 결정된 상이한 브러시 시일에 대한 상이한 구성을 갖는 바람직한 실시예에서 그의 단일 설계 특징을 제외하고는 설계 및 구조가 실질적으로 동일할 수 있다.
- <62> 도 3에 도시된 방법에 의해 제조된 도 1 및 도 2에 도시된 브러시 시일의 일 실시예에 있어서, 시일은 강모의 말단 단부와 인접한 랜드(12) 사이의 개별 간극(B1, B2)을 제외하고는 구조상 동일할 수 있다. 브러시 시일의 초기 설계에 있어서, 2개의 간극은 동일할 수 있지만, 샤프트(12)와의 마찰동안 작동 안정성을 가지면서, 블로다운 조건하에서 그들 사이에 균일한 부하 분담을 달성하기 위한 전술된 방법에 따라 수정될 수 있다.
- <63> 개별 간극의 특정 값은 작동의 경계 조건에 근거한 설계에 따라서 및 시일과 합동 랜드의 기본 형상에 따라 변한다. 그러나, 종래의 2단 브러시 시일이 전체 부하를 대체로 불균일하게 분담시키기 때문에(보다 많은 부하가 상류 시일보다는 하류 시일에 의해 지지됨), 의도된 매우 높은 압력의 부하를 받기 쉬운 블로다운하에서 소망하는 균일한 부하 분담을 달성하기 위해, 도 1에 도시된 하류측의 제 2 브러시 시일(22)의 간극(B2)은 상류측의 제 1 브러시 시일(20)의 간극(B1)보다 큰 것이 바람직하다. 대응하여, 2개의 브러시 시일 설계는 그의 강모의 동일한 팩킹 밀도를 포함해 동일할 수 있다.
- <64> 도 3에 도시된 다른 실시예에 있어서, 2개의 브러시 시일의 개별적인 팩킹 밀도는 로터 안정성을 가진 채로 블로다운하에서 균일한 부하 분담을 위한 2개의 시일과는 상이한 단일 또는 공통 설계 특징과 같을 수 있다. 이러한 실시예에 있어서, 2개의 브러시 시일의 개별적인 간극(B1, B2)은 서로 동일할 수 있으며, 예를 들면 강모의 단부와 샤프트 사이에 강제 끼워맞춤 또는 접촉 끼워맞춤을 제공하도록 0(zero)이다. 작동동안 강모가 회전 랜드(12)와 접촉하여 마찰하지만, 강모는 랜드에 대한 마찰력을 증가시키고 랜드의 마찰 가열에 의해 안정성에 영향을 미치는 블로다운을 받기 쉽다.
- <65> 그럼에도 불구하고, 도 3에 개시된 방법은 2개의 브러시 시일 사이의 블로다운에 따른 압력의 부하를 분담시키기 위한 그의 요구값을 결정하기 위해 간극 또는 팩킹 밀도와 같은 상이한 설계 특징을 주시할 수 있다. 팩킹 밀도가 강모 사이의 유체 유동의 누출에 영향을 미치기 때문에, 강모 단부 간극과 같은 것은 블로다운하에서 그의 의도된 균일한 분포를 달성하기 위해 2개의 브러시 시일에 의해 지지되는 각각의 부하량을 조정하기 위해 전술된 방법에 따라 적응 또는 최적화될 수 있다.
- <66> 도 3에 도시된 방법의 다른 장점은 도 1에 도시된 다단 시일(10)이 예를 들면 그 안에 도시된 래버린스 시일(34)과 같은 추가적인 밀봉 능력을 갖거나 가지지 않은 채로 2개 또는 그 이상의 브러시 시일을 연속해 포함할 수 있다는 것이다. 래버린스 시일은 회전 랜드(12)와 대응하는 단부 간극을 갖는 일련의 축방향으로 이격된 환형 치형부에 의해 규정된다.
- <67> 도 1에 도시된 래버린스 시일(34)은 도시된 바와 같이 제 1 후방 판(28a)과 제 2 전방 판(26b)의 베이스 단부와 일체로 형성된 공통 환형 플랜지로부터 연장한다. 이러한 방법에서, 3단의 시일이 다단 시일의 축방향 대향 단부 사이에 전체 차압 부하를 집합적으로 분담시키도록 제공된다.
- <68> 래버린스 시일(34) 자체는 전체 압력의 부하중 일부를 분담하기 위해 종래의 실시예에 따라 설계 및 구성될 수 있으며, 나머지 압력의 부하는 도 3에 도시된 방법에 따라 구성된 2개의 브러시 시일(20, 22) 사이에 균일하게 분담된다. 전체 압력의 부하중 일부는 제 1 및 제 2 브러시 시일(20, 22) 사이에 실질적으로 동일하게 분담될 수 있고, 그들의 개별 부하는 그의 상이한 설계의 관점에서 래버린스 시일의 압력의 부하와는 상이하다. 브러시 시일의 향상된 밀봉 능력의 관점에서, 도 1에 도시된 2개의 브러시 시일은 전체 다단 시일을 가로질러 전체 압력의 부하중 실질적인 대부분을 집합적으로 지지한다.
- <69> 도 3에 도시된 설계 방법에 시험에 의해 결정된 블로다운의 영향 및 로터 안정성의 효과를 도입함으로써, 브러



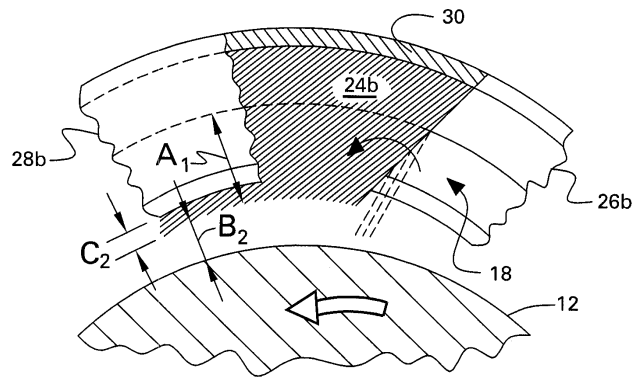


도면

도면1



도면2



도면3

