



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0037814  
(43) 공개일자 2020년04월09일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
F04D 29/041 (2006.01) F04D 1/06 (2006.01)  
F04D 29/22 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
F04D 29/041 (2013.01)  
F04D 1/06 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2020-7005539
- (22) 출원일자(국제) 2018년07월17일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2020년02월25일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/042464
- (87) 국제공개번호 WO 2019/045894  
국제공개일자 2019년03월07일
- (30) 우선권주장  
15/691,899 2017년08월31일 미국(US)

- (71) 출원인  
플로우서브 매니지먼트 컴퍼니  
미국 텍사스 75039 어빙 스위트 2300 노스 오커너  
볼르바드5215
- (72) 발명자  
브루우르스, 케빈  
미국 텍사스 75039 어빙 스위트 2300 노스 오커너  
볼르바드5215 플로우서브 매니지먼트 컴퍼니
- (74) 대리인  
특허법인필앤은지

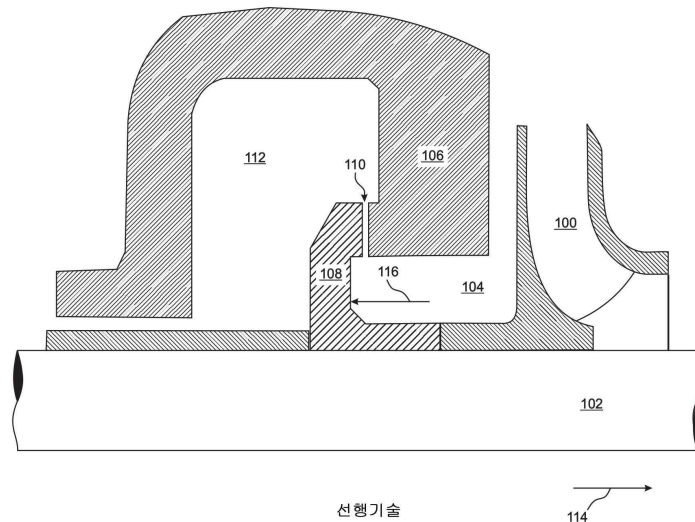
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **축방향 스러스트 밸런싱 디바이스**

(57) 요약

로터리 펌프와 같은 회전하는 샤프트 장치를 위한 축방향 스러스트 밸런싱 메커니즘은 자기-조절 스러스트 보상을 제공하는 한편 회전자 요소와 고정자 요소 사이의 접촉과 마모를 피한다. 샤프트에 고정된 회전자 요소는 비-회전 고정자의 원통형 압형 섹션에 인접하지만 내부에서 연장되지 않는 원통형 수형 섹션을 포함함으로써, 그 사이에 형성된 틈새는 축방향 스러스트 샤프트 변위에 의해 폭이 변한다. 압형 섹션 내부에서 가압된 유체는 갭 크기에 의해 제어되는 회전자에 스러스트-보상력을 인가한다. 압형 섹션은 수형 섹션보다 직경이 커서, 그 사이의 접촉을 방지한다. 개시된 메커니즘은 스러스트-보상 드럼과 결합되어 조절될 수 있는 잔류 레벨로 스러스트를 감소시킬 수 있다. 회전자와 고정자는 그 사이에 복수의 갭들과 중간 챔버들을 제공하도록 단계적으로 변화될 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류  
*F04D 29/2266* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

축방향 스러스트(thrust)에 의해 발생하는 축방향 변위를 받는 샤프트를 구비하는 장치의 스러스트 조절 메커니즘으로서,

회전가능한 샤프트에 길이 방향으로 고정되고 상기 샤프트와 동축인 제1 세그먼트, 및 상기 샤프트를 둘러싸지만 길이 방향으로 상기 샤프트에 고정되지 않는 제2 세그먼트를 구비하고, 상기 제1 세그먼트와 상기 제2 세그먼트는 상기 장치의 작동 동안 그들 사이에 상대 회전이 있도록 구성되고, 상기 제2 세그먼트는 고압 유체 영역과 유체 연통하고;

상기 제1 세그먼트와 상기 제2 세그먼트 중 어느 하나에 포함된 원통형 수형(male) 섹션, 및 상기 제1 세그먼트와 상기 제2 세그먼트 중 다른 하나에 포함된 원통형 암형(female) 섹션을 구비하고, 상기 수형 섹션은 원형 리딩 에지에 의해 종결되고 상기 암형 섹션은 상기 수형 섹션의 상기 원형 리딩 에지보다 직경이 더 큰 원형 개구에 의해 전방 에지에서 종결되고;

상기 수형 섹션의 리딩 에지와 상기 암형 섹션의 전방 에지 사이에 압력 릴리프 갭을 형성할 수 있도록, 상기 수형 섹션의 상기 리딩 에지는 상기 암형 섹션 속으로 들어가지 않고 상기 암형 섹션의 상기 전방 에지에 근접하게 위치되고, 가압된 유체는 상기 압력 릴리프 갭을 통해 상기 제2 세그먼트로부터 상기 제1 세그먼트를 지나서 저압 영역으로 유동할 수 있는 한편, 상기 축방향 스러스트에 대항하는 축방향 보상력은 상기 가압된 유체에 의해 상기 제1 세그먼트에 인가되고,

상기 압력 릴리프 갭은 상기 축방향 변위에 의해 크기가 감소됨으로써, 축방향 스러스트와 축방향 변위가 증가될 때 보상력이 증가되고, 결과적으로 상기 압력 릴리프 갭의 크기가 감소되는, 스러스트 조절 메커니즘.

#### 청구항 2

청구항 1에서,

상기 장치는 컴프레서(compressor)인, 스러스트 조절 메커니즘.

#### 청구항 3

청구항 1 또는 청구항 2에서,

상기 장치는 터빈(turbin)인, 스러스트 조절 메커니즘.

#### 청구항 4

청구항 1 내지 청구항 3 중 어느 한 항에서,

상기 장치는 터빈으로서 회전하는 펌프인, 스러스트 조절 메커니즘.

#### 청구항 5

청구항 1 내지 청구항 4 중 어느 한 항에서,

상기 장치는 터보 펌프인, 스러스트 조절 메커니즘.

## 청구항 6

청구항 5에서,  
상기 장치는 다단 터보 펌프인, 스러스트 조절 메커니즘.

## 청구항 7

청구항 5 또는 청구항 6에서,  
상기 압형 섹션은 상기 터보 펌프의 임펠러를 지나서 누출되는 유체로 채워지도록 구성된, 스러스트 조절 메커니즘.

## 청구항 8

청구항 1 내지 청구항 7 중 어느 한 항에서,  
상기 저압 영역은 상기 장치의 유체 입구 영역인, 스러스트 조절 메커니즘.

## 청구항 9

청구항 1 내지 청구항 8 중 어느 한 항에서,  
상기 장치는 상기 축방향 스러스트를 대향하지만 상기 축방향 스러스트를 소거하지 않도록 구성되는 스러스트 감소 드럼 메커니즘을 더 구비하고,  
상기 드럼 메커니즘은 비-회전 통로 내에서 상기 통로에 대하여 회전하도록 구성된 원통형 드럼 섹션, 및 상기 축방향 변위와 무관한 방사상 갭 크기를 가지고 상기 드럼과 상기 통로 사이에 형성된 방사상 갭을 구비하고,  
상기 드럼과 상기 통로의 어느 하나는 길이 방향으로 상기 샤프트에 고정되고, 상기 드럼 메커니즘에 의해 보상되지 않는 잔류 축방향 스러스트는 상기 스러스트 조절 메커니즘에 의해 조절되는, 스러스트 조절 메커니즘.

## 청구항 10

청구항 1 내지 청구항 9 중 어느 한 항에서,  
상기 장치는 복수의 수형 섹션들과 대응하는 복수의 압형 섹션들을 포함하고,  
대응하는 수형 섹션들과 압형 섹션들의 리딩 에지와 전방 에지는, 가압된 유체가 고압 유체 영역으로부터 저압 영역으로 유동함에 따라 상기 가압된 유체가 가로지르는 복수의 갭들과 중간 챔버들을 형성하기 위해, 서로 인접하게 되어 있고,  
복수의 갭들의 각각은 회전가능한 샤프트의 축방향 변위에 의해 감소되는 크기를 가진, 스러스트 조절 메커니즘.

## 청구항 11

청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 한 항에서,  
회전자 요소의 수형 섹션이 고정자 요소의 압형 섹션으로 들어가기 전에 보상력의 크기가 축방향 스러스트의 크기의 적어도 90%까지 상승하도록 구성된, 메커니즘.

## 발명의 설명

**기술분야**

- [0001] 본 출원은 인용에 의해 그 전체 내용이 본 명세서에 통합되는 2017년 8월 1 일자로 출원된 미국 출원 번호 15/691,899의 우선권을 주장한다.
- [0002] 본 발명은 회전 샤프트 디바이스들에 관한 것으로서, 보다 상세하게, 회전 샤프트 디바이스들 내의 스러스트(thrust) 밸런싱 메커니즘들에 관한 것이다.

**배경기술**

- [0003] 회전 샤프트 디바이스들 내에서, 특히 임펠러 구동 펌프들 내에서, 일반적으로 "스러스트(thrust)"로 지칭되는 축방향 힘들이 회전 샤프트에 가해지는 메커니즘 내부에서 압력 차이가 발생하는 것이 일반적이다. 예를 들어, 원심 펌프 내에서, 임펠러(또는 각각의 임펠러)는 임펠러의 양측 상의 압력과 형상 차이들 때문에 약간의 스러스트를 생성하는 경향이 있다.
- [0004] 일부의 경우들에서, 이러한 축방향 스러스트 힘들은 회전 샤프트를 지지하는 베어링들에 의해 대향되고 흡수된다. 그러나, 베어링들이 임펠러에 의해 발생된 모든 스러스트를 흡수하도록 요구하는 것은 바람직하지 않을 수 있다. 예를 들어, 고압 다단 펌프 내에서 발생하는 순수 스러스트는 어떤 방식으로 보상되지 않는 한 베어링들에 허용되지 않는 마모를 유발할 수 있다. 따라서, 오프셋(offsetting) 스러스트를 발생시켜 스러스트 효과를 보상함으로써, 베어링들 상에 부여되는 스러스트 보상 하중을 감소시키거나 제거하는, 회전 샤프트 장치 내부의 메커니즘을 포함하는 것이 종종 바람직하다.
- [0005] 다단 로터리(rotary) 펌프 내에서 발생하는 스러스트는 종종 오프셋될 수 있고, 예를 들어, 축방향 스플릿 펌프(axial split pump)들 내에서, 짝수의 스테이지들을 포함하고 임펠러들을 반대 방향으로 향하게 함으로써, 펌프 스테이지들의 하나의 절반에 의해 발생된 스러스트는 펌프 스테이지들의 다른 절반에 의해 발생된 대략 동일하고 반대되는 스러스트에 의해 오프셋된다. 그러나, 특히, 고압에서 작동하는 배럴(barrel) 펌프들과 같은 펌프들의 경우, 반대되는 임펠러들을 사용하여 축방향 스러스트를 밸런싱하는 것은 항상 실용적이지는 않다. 나아가서, 반대되는 임펠러들을 가진 펌프들의 경우에도, 가장 안쪽의 임펠러 스테이지들은 펌프 내부의 압력에 의존하는 순수 축방향 스러스트를 생성하는 경향이 있다.
- [0006] 스러스트 보상을 위해 사용되는 다른 접근법은, 밸런싱 "디스크"를 포함하는 것이다. 단순화된 예에 따르면, 도 1의 단면도에 제시된 바와 같이, 임펠러(100)가 회전 샤프트(102)에 고정된다. 이 예에서, 임펠러(100)를 지나서 누출되는 공정(process) 유체는 샤프트(102)와 펌프 하우징(106) 사이에 형성되고 임펠러(100) 뒤에 있는 누설 챔버(104) 내에 수집된다. 누설 챔버(104)의 일단은 샤프트(100)에 고정되는 스러스트 밸런싱 "디스크"(108)에 의해 경계를 이룬다.
- [0007] 밸런싱 디스크(108)는 디스크(108)의 외부 테두리와 펌프 하우징(106) 사이에 좁은 축방향 갭(110)이 형성되도록 구성된다. 누설 유체는 이러한 "압력 릴리프" 갭(110)을 통과하여, 펌프 입구와 유체 연통하는 수집 챔버(112) 속으로 흐를 수 있다. 이러한 구성에 따르면, 수집 챔버(112) 내의 유체 압력은 입구 압력과 대략 동일하지만, 누설 챔버(104) 내의 유체 압력은 입구 압력보다 더 높다. 결과적으로, 임펠러(100)에 의해 생성된 축방향 스러스트(114)에 대향하는 보상 스러스트(116)가 밸런싱 디스크(108)에 적용된다.
- [0008] 보상 스러스트(116)가 임펠러 스러스트(114)보다 작으면, 회전 샤프트(100)는 도 1의 축방향에서 우측으로 이동하여 압력 릴리프 갭(110)이 좁아져서 누설 챔버(104) 내의 압력을 상승시킴으로써, 밸런싱 스러스트(116)를 증가시킨다. 반대로, 밸런싱 스러스트(116)가 임펠러 스러스트(114)보다 더 크면, 샤프트(100)는 축방향에서 좌측으로 이동하여 압력 릴리프 갭(110)이 확대되어 누설 챔버(104) 내의 압력을 감소시킨다. 보상 스러스트는 잔류 축방향 스러스트에 의해 야기되는 회전 샤프트(100)의 축방향 이동에 직접적으로 반응하기 때문에, 영(zero)의 순수 스러스트에 근접할 수 있는 매우 낮은 수준의 축방향 스러스트를 유지할 수 있는 자기 조절(self-regulating) 효과의 결과를 낳는다.
- [0009] 반경 방향의 압력 릴리프 갭(110)은 스러스트 보상에 중요하다는 것을 도 1로부터 명백하다. 불행하게도, 일부 펌프 디자인들의 경우, 예를 들어, 펌프 시동 동안 및/또는 펌프 속도의 예기치 않은 변동들로 인해, 밸런싱 디스크(108)와 하우징(106) 사이에 물리적 접촉이 있을 수 있다. 따라서, 밸런싱 디스크는 축방향 스러스트 보상을 위한 항상 적절한 접근법은 아니다.
- [0010] 예를 들어, 넓은 범위의 작동 속도가 예상될 때 및/또는 펌프 속도에 일시적인 변동이 가능한 경우에, 스러스트

보상을 위해 때때로 사용되는 다른 접근법은 밸런싱 "드럼"을 포함하는 것이다. 간단화된 예는 도 2에 제시되어 있다.

[0011] 도 2의 예에서, 임펠러(100) 뒤에 있는 누설 챔버(104)는 소위, 밸런싱 "드럼"(200)에 의해 그 일단에서 종결되고, 도 1의 축방향 갭(100) 대신에, 방사상 갭(202)에 의해 하우징(106)으로부터 분리되는 점에서 도 1의 밸런싱 디스크(108)와 주요하게 다르다. 도 2의 예에서, 보상 스톱(116)은 본질적으로 도 1의 밸런싱 디스크(108)와 동일한 메커니즘에 의해 생성된다. 주요한 차이는 갭(202)의 크기가 축방향 샤프트 위치의 함수로서 변하지 않기 때문에, 스톱 보상 "자기-조정"이 없다는 것이다. 대신에, 누설 챔버(104) 내의 유체 압력은 임펠러 출구 압력의 고정된 백분율로 유지되는 경향이 있다. 밸런싱 드럼 방식의 장점은 드럼(200)과 하우징(106) 사이의 접촉과 마모의 위험이 거의 없거나 전혀 없다는 것이다. 그 단점은 밸런싱 드럼이 샤프트의 축방향 위치의 변화에 직접적으로 반응하지 않고, 결과적으로 특히, 펌프가 가변 속도로 작동되는 경우, 잔류 스톱(114)이 밸런싱 디스크보다 더 넓은 범위에 걸쳐 변화되는 경향이 있다는 것이다. 따라서, 베어링들은 밸런싱 디스크의 경우보다 더 큰 잔류 스톱들을 흡수하도록 요구될 수 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0012] 그러므로, 회전축 시스템 내에서 축방향 스톱의 자기-조정과 잠재적으로 거의 완전한 밸런싱을 제공하는 한편 밸런싱 메커니즘과 장치 하우징 사이의 접촉과 마모의 가능성을 회피하는 축방향 스톱 밸런싱 메커니즘이 필요하다.

#### 과제의 해결 수단

[0013] 밸런싱 디스크와 유사한 자기-조정 스톱 보상을 제공함으로써, 축방향 스톱의 거의 완전한 소거를 제공할 수 있는 한편, 동시에 밸런싱 메커니즘의 회전자 요소와 고정자 요소 사이의 접촉과 마모의 가능성을 사실상 회피할 수 있는, 회전 샤프트 장치를 위한 축방향 스톱 밸런싱 메커니즘이 개시된다. 개시된 디바이스는 밸런싱 디스크들과 밸런싱 드럼들의 특징들을 결합하기 때문에 본 명세서에서 "하이브리드" 밸런싱 메커니즘으로 명명된다. 이러한 디바이스는 터보 펌프들, 컴프레서들, 터빈들 및 터보 차저들을 포함하지만 이에 한정되지는 않는 축방향 스톱을 받는 임의의 회전축 장치에 적용될 수 있다.

[0014] 구체적으로, 개시된 하이브리드 메커니즘은 회전 샤프트에 고정된 회전자(rotor) 요소 및 하우징과 일체이거나 하우징에 고정되는 대응하는 고정자(stator) 요소를 포함한다. 회전자는 고정자와 동축이고 고정자보다 더 작은 직경을 가진 점에서, 회전자와 고정자는 도 2의 하우징(106) 및 드럼(200)과 유사한 방식으로 구성된다. 그러나, 도 2의 밸런싱 드럼과 달리, 본 발명에 따르면, 회전자는 고정자 내부가 아니라 고정자에 인접하게 위치된다. 결과적으로, 정상 작동 중에 회전자와 고정자 사이에 형성되는 압력 릴리프 갭은 수평도 아니고 수직도 아니지만, 대신에 가해지는 스톱들에 의해 샤프트가 축방향을 이동될 때 방향과 크기 모두 변화된다.

[0015] 따라서, 개시된 메커니즘은 도 1과 같은 스톱 보상 디스크에 의해 제공되는 피드백과 유사한 피드백 효과가 수립된다. 그러나, 개시된 메커니즘은, 고정자의 직경이 회전자의 직경보다 더 작기 때문에, 회전자와 고정자 사이에 직접적인 축방향 접촉의 임의의 위험도 없다. 결과적으로, 회전 샤프트가 큰 움직임으로 변위되면, 회전자는 고정자의 속으로 간단히 들어가기 시작하고, 도 2의 보정 드럼과 매우 유사하게 작동할 것이다.

[0016] 일부 실시예들에서, 개시된 메커니즘은 제공되는 유일한 스톱 보상이고, 일부 실시예들에서, 개시된 메커니즘은 임펠러 또는 다른 샤프트가 장착된 장치에 의해 발생하는 스톱의 적어도 90%를 보상한다. 다른 실시예들에서, 보다 통상적인 보상 드럼이 장치 내에 포함되고, 전체 스톱의 상당 부분을 보상하도록 구성됨으로써, 개시된 하이브리드 메커니즘은 드럼에 의해 보상되지 않는 잔류 스톱을 결국에는 보상하기 위해 요구된다.

[0017] 실시예들에서, 누설 챔버로부터 수집 챔버로 흐르는 유체는 복수의 압력 릴리프 갭들을 통해 흐를 필요가 있다. 실시예들에서, 이러한 접근법은 샤프트의 축방향 이동의 함수로서 누설 챔버 압력의 변화를 향상시킴으로써 피드백 효과를 증가시킨다.

[0018] 본 발명은 축방향 스톱에 의해 야기되는 축방향 변위를 받는 샤프트를 가진 장치를 위한 스톱 조절 메커니즘에 관한 것이다. 메커니즘은 회전가능한 샤프트에 길이 방향으로 고정되고 샤프트에 동축인 제1 세그먼트, 및 샤프트를 둘러싸지만 길이 방향으로 샤프트에 고정되지 않은 제2 세그먼트를 구비하고, 제1 세그

먼트와 제2 세그먼트는 장치의 작동 동안 그들 사이에 상대 회전이 있도록 구성되고, 제2 세그먼트는 고압 유체 영역, 제1 세그먼트와 제2 세그먼트 중 어느 하나에 포함된 원통형 암형(female) 섹션, 및 제1 세그먼트와 제2 세그먼트 중 다른 하나에 포함된 원통형 수형(male) 섹션과 유체 연통하고, 상기 수형 섹션은 원형 리딩 에지(leading edge)에 의해 종결되고, 상기 암형 섹션은 수형 섹션의 원형 리딩 에지보다 직경이 더 큰 원형 개구에 의해 그것의 전방 에지에서 종결되며, 수형 섹션의 리딩 에지는 암형 섹션 속으로 들어가지 않으면서 암형 섹션의 전방 에지에 근접하기 때문에, 수형 섹션의 리딩 에지와 암형 섹션의 전방 에지 사이에 압력 릴리스 갭이 형성되고, 그 갭을 통해 가압된 유체가 제2 세그먼트로부터 제1 세그먼트를 지나 저압 영역까지 흐를 수 있는 한편, 상기 축방향 스러스트에 대항하는 축방향 보상력이 가압된 유체에 의해 제1 세그먼트로 인가되고, 상기 압력 릴리스 갭은 상기 축방향 변위에 의해 크기가 감소되기 때문에, 축방향 스러스트와 축방향 변위가 증가될 때 보상력이 증가되고, 압력 릴리스 갭의 크기는 결과적으로 감소된다.

- [0019] 다양한 실시예들에서, 장치는 컴프레서 또는 터빈, 터빈으로서 회전하는 펌프, 터보 펌프 또는 다단 터보 펌프이다.
- [0020] 임의의 전술한 실시예들에서, 암형 섹션은 터보 펌프의 임펠러를 지나서 누출되는 유체로 채워지도록 구성될 수 있다.
- [0021] 임의의 전술한 실시예들에서, 저압 영역은 장치의 유체 입구 영역일 수 있다.
- [0022] 임의의 전술한 실시예들에서, 장치는 축방향 스러스트를 대항하지만 그 스러스트를 소거하지 않도록 구성된 스러스트 감소 드럼 메커니즘을 더 구비할 수 있고, 상기 드럼 메커니즘은 비-회전 통로(passage) 내부에서 통로에 대해 회전하도록 구성된 원통 드럼 섹션, 및 드럼과 상기 축방향 변위와 무관한 방사상 갭 사이를 가지고 드럼과 통로 사이에 형성된 방사상 갭을 구비하고, 상기 드럼과 통로 중 하나는 길이 방향으로 샤프트에 고정되고, 드럼 메커니즘에 의해 보상되지 않는 잔류 축방향 스러스트는 스러스트 조절 메커니즘에 의해 조절된다.
- [0023] 임의의 전술한 실시예들에서, 장치는 복수의 수형 섹션들과 대응하는 복수의 암형 섹션들을 포함할 수 있고, 대응하는 수형 섹션들과 암형 섹션들의 리딩 에지들과 전방 에지들은, 가압된 유체가 고압 유체 영역으로부터 저압 영역으로 유동함에 따라 가압된 유체가 가로지르는 갭들과 중간 챔버들을 형성하기 위해, 서로 근접하도록 되어 있고, 복수의 갭들 각각은 회전가능한 샤프트의 축방향 변위에 의해 감소되는 사이즈를 갖는다.
- [0024] 임의의 전술한 실시예들에서, 메커니즘은 회전자의 수형 섹션이 고정자의 암형 섹션으로 들어가기 전에 보상력의 크기가 축방향 스러스트의 크기의 적어도 90%까지 상승하도록 구성될 수 있다.
- [0025] 본 명세서에 기술된 특징들과 장점들은 모든 것을 포함하는 것이 아니며, 특히 도면, 명세서 및 청구범위를 고려하여 많은 부가적인 특징들과 장점들이 당업자에게 명백할 것이다. 더욱이, 본 명세서에서 사용된 언어는 원칙적으로 가독성과 설명적 목적을 위해 선택되었으며, 본 발명의 주제의 범위를 제한하지 않음을 유의해야 한다.

**도면의 간단한 설명**

- [0026] 도 1은 선행기술의 스러스트 보상 디스크의 개략적 단면도이다.
- 도 2는 선행기술의 스러스트 보상 드럼의 개략적 단면도이다.
- 도 3a는 본 발명의 실시예들이 적용될 수 있는 로터리 펌프의 측면도이다.
- 도 3b는 도 3a의 펌프의 단면도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예가 구현되는 도 3b의 펌프의 영역의 확대 단면도이다.
- 도 5는 저-스러스트(low-thrust) 구성에서 도시된 도 4의 실시예의 확대 단면도이다.
- 도 6은 고-스러스트(high-thrust) 구성에서 도시된 도 4의 실시예의 확대 단면도이다.
- 도 7은 그들 사이에 중간 챔버를 가진 2개의 압력 릴리프 갭들을 형성하는 계단식(step-wise) 회전자 구역과 고정자 영역을 포함하는 일 실시예의 단면도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에서 축방향 샤프트 위치의 함수로서 스러스트를 보상하는 그래프로서, 계산 유체 역학에 의해 생성된 점들을 분석 곡선과 비교한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0027] 벨런싱 디스크와 유사한 자기-조절 스러스트 보상을 제공함으로써 축방향 스러스트의 완전하거나 거의 완전한 소거를 제공할 수 있는 한편, 벨런싱 메커니즘의 회전자 요소와 고정자 요소 사이의 접촉과 마모의 임의의 가능성을 사실상 없애는, 회전 샤프트 장치를 위한 축방향 스러스트 벨런싱 메커니즘이 개시된다. 개시된 디바이스는, 벨런싱 디스크(자체-조절 스러스트 보상)와 벨런싱 드럼(회전자 요소와 고정자 요소 사이의 축방향 접촉이 불가능)과 연관된 이점들을 단일 메커니즘으로 결합하기 때문에, 본 명세서에서 "하이브리드(hybrid)" 벨런싱 메커니즘으로 명명된다. 디바이스는 터보 펌프들, 컴프레서들, 터빈들 및 터보 차저들을 포함하지만 이에 한정되지 않는 축방향 스러스트를 받는 임의의 회전 샤프트 장치에 적용할 수 있다.
- [0028] 도 3a는 본 발명의 일 실시예가 포함되는 다단식 로터리 펌프의 측면도이다. 도 3b는 복수의 임펠러 스테이지들이 명확하게 보이는 도 3a의 펌프의 단면도이다. 도 4는 도 3b에 도시된 영역 내에서 최종 임펠러 스테이지 뒤의 영역의 확대도이다. 도 4에서, 개시된 실시예는 고정자 요소의 제1 영역(106) 내부에 들어 있는 회전자 요소의 제1 영역(200)에 의해 형성된 벨런싱 드럼 섹션을 포함하는 것을 알 수 있다. 또한, 실시예는, 제2 영역(402) 내부에 중간 챔버(404)가 형성되어 유체가 수집될 수 있도록, 직경이 더 작지만 고정자 요소의 대응 영역(402)의 바로 바깥에 위치하는 회전자 요소의 제2 영역(400)을 포함하는 하이브리드 벨런싱 섹션을 포함한다. 도 4의 점선 원으로 표시된 영역은 도 5에서 확대된다.
- [0029] 도 5를 참조하면, 회전자 요소(400)와 고정자 요소(402)는, 회전자 요소(400)가 고정자 요소(402)와 동축이고 고정자 요소(402) 보다 더 작은 직경을 갖도록 구성된다. 직경들의 이러한 차이(502)는 회전자 요소(400)와 고정자 요소(402) 사이의 최소 갭(502)을 나타낸다. 그러나, 본 발명에 따르면, 도 2의 벨런싱 드럼(200)과 달리, 회전자 요소(400)는 고정자 요소(402)의 내부가 아닌 고정자 요소(402)에 인접하게 위치된다. 결과적으로, 정상 작동 동안 이러한 영역 내에서 회전자 요소와 고정자 요소 사이에 형성되는 압력 릴리프 갭(500)은, 수평도 아니고 수직도 아니지만, 대신에 인가되는 축방향 스러스트에 의해 샤프트(102)가 축방향으로 이동될 때 방향과 크기 모두 변한다.
- [0030] 도 5에서, 스러스트가 상대적으로 낮기 때문에, 회전자 요소(400)가 고정자 요소(402)로부터 이격되게 함으로써, 중간 챔버(404)와 수집 챔버(112) 사이의 유효 압력 릴리프 갭(500)은 수평으로부터 대략 55°의 각도로 기울어진다. 도 6에서, 스러스트가 증가되면, 샤프트(102)를 오른쪽으로 이동시켜 갭(500)을 좁히고 갭의 방향을 수평에 더 가깝게 이동시킨다. 갭(500)이 더 좁아지면, 회전자 요소(400)를 가로지르는 압력 차이가 증가됨으로써, 증가된 스러스트를 보상하게 된다. 실시예들에서, 압력 릴리프 갭(500)의 각도는, 축방향 스러스트와 샤프트의 결과적인 변위에 따라, 0°와 70° 사이에서 변할 수 있다.
- [0031] 따라서, 개시된 보상 메커니즘에 따르면, 도 1과 같은 스러스트 보상 디스크에 의해 제공되는 피드백과 유사한 피드백 효과가 수렴된다. 그러나, 개시된 메커니즘은, 회전자 요소(400)가 고정자 요소(402)보다 직경이 더 작기 때문에, 회전자 요소(400)와 고정자 요소(402) 사이의 직접적인 접촉의 임의의 위험이 없으므로, 그들 사이에 최소 갭(500)이 항상 유지된다. 만약, 회전 샤프트(102)가 큰 읍셋에 의해 변위되면, 회전자 요소(400)는 고정자 요소(402)의 내부로 간단히 들어가고, 도 2의 보상 드럼(200)과 매우 유사하게 기능할 것이다.
- [0032] 전술한 바와 같이, 도 4 내지 도 6의 실시예는 벨런싱 드럼(106, 200, 110)과 본 발명의 하이브리드 벨런싱 메커니즘(402, 400, 404)을 결합한다. 따라서, 누설 챔버(104) 내에 수집되는 유체는 중간 챔버(404)에 도달하기 전에 드럼 갭(110)을 통해 흐를 필요가 있다. 그러면, 유체는 수집 챔버(112)에 도달하기 전에 각진 갭(500)을 통해 흐른다. 하이브리드 벨런싱 섹션의 최소 회전자/고정자 클리어런스(502)는 실시예의 요구 사항에 따라 동일한 크기 또는 상이한 크기일 수 있다.
- [0033] 일부 실시예들에서, 개시된 하이브리드 벨런싱 메커니즘은 제공된 유일한 스러스트 보상이며, 일부 실시예들에서, 개시된 메커니즘은 임펠러 또는 다른 샤프트-장착된 장치에 의해 발생하는 스러스트의 적어도 90%를 보상한다.
- [0034] 도 7의 실시예에서, 누설 챔버(104)로부터 수집 챔버(112)로 유동하는 유체는 제2 가변 각도 갭(700)을 통과하여 수집 챔버(112) 속으로 유동하기 전에 제1 가변 각도 갭(500)을 통과하여 중간 챔버(604) 속으로 유동할 필요가 있다. 실시예들에서, 이러한 접근법은 샤프트(102)의 축방향 이동의 함수로서 누설 챔버 압력의 변화를 향상시킴으로써 개시된 메커니즘의 피드백 효과를 증가시킨다. 유사한 방식으로, 다양한 실시예들은 3개 이상의 가변 갭들과 중간 챔버들을 포함한다.
- [0035] 도 8은 시뮬레이션된 "CFD"(계산 유체 역학) 데이터의 점들과 회전 샤프트(102)의 축방향 위치의 함수로서 실시

예에 의해 제공되는 보상 스퍼스트를 나타내는 분석 모델의 그래프이다. 이러한 특성의 적용에서, 축방향 위치가 곡선의 가장 가파른 영역에 있을 때, 축방향 위치가 0.1mm만 이동하면, 대략 2,000 파운드의 보상 스퍼스트의 변경으로 이어진다. 그러나, 이러한 수량은 특정 응용 분야에 따라 상당히 달라질 수 있다.

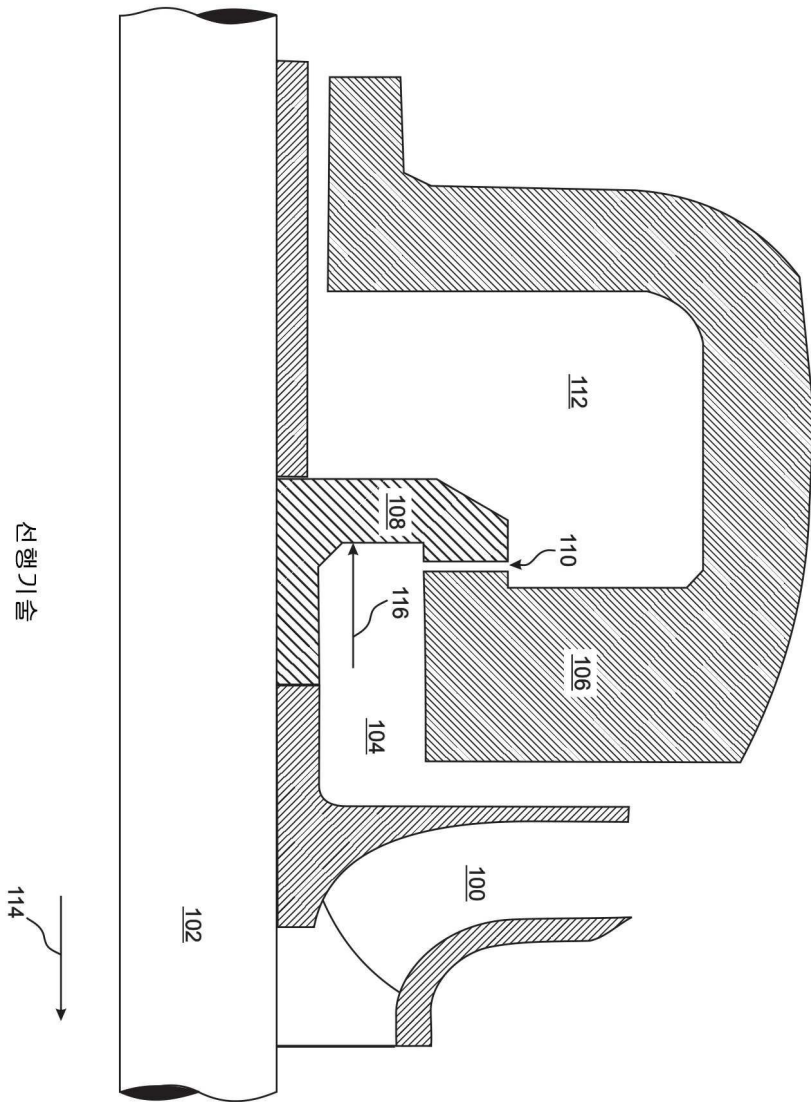
[0036] 본 발명의 실시예들에 대한 기술한 설명은 예시와 설명의 목적으로 제시되었다. 본 명세서의 각각의 페이지와 그에 대한 특성, 식별 또는 번호가 매겨진 모든 내용은 명세서의 형식이나 배치에 관계없이 모든 목적을 위해 본 명세서의 실질적인 부분으로 간주된다.

[0037] 본 명세서에서 예시적으로 개시된 본 발명은 본 명세서에 구체적으로 개시되지 않고 본질적으로 필요하지 않은 임의의 요소가 없는 상태에서 적절하게 실시될 수 있다. 그러나, 본 명세서는 완전한 것이 아니다. 본 발명은 제한된 수의 형태로 도시되어 있지만, 본 발명의 범위는 이들 형태로만 한정되는 것이 아니라 그 사상을 벗어나지 않으면서 다양한 변경과 수정이 가능하다. 당업자는 기술한 설명에 포함된 청구된 주제와 관련된 교시를 학습한 후에 본 개시에 비추어 많은 수정과 변형이 가능하다는 것을 이해할 것이다. 따라서, 청구된 주제는 본 명세서에서 달리 지시되거나 문맥상 명백하게 모순되지 않는 한, 기술한 요소의 모든 가능한 변형에서의 임의의 조합을 포함한다. 특히, 종속항이 서로 논리적으로 호환되지 않는 한, 이하의 종속항에 제시된 제한은 본 개시의 범위를 벗어나지 않으면서 임의의 수와 순서로 그들의 대응하는 독립항과 조합될 수 있다.

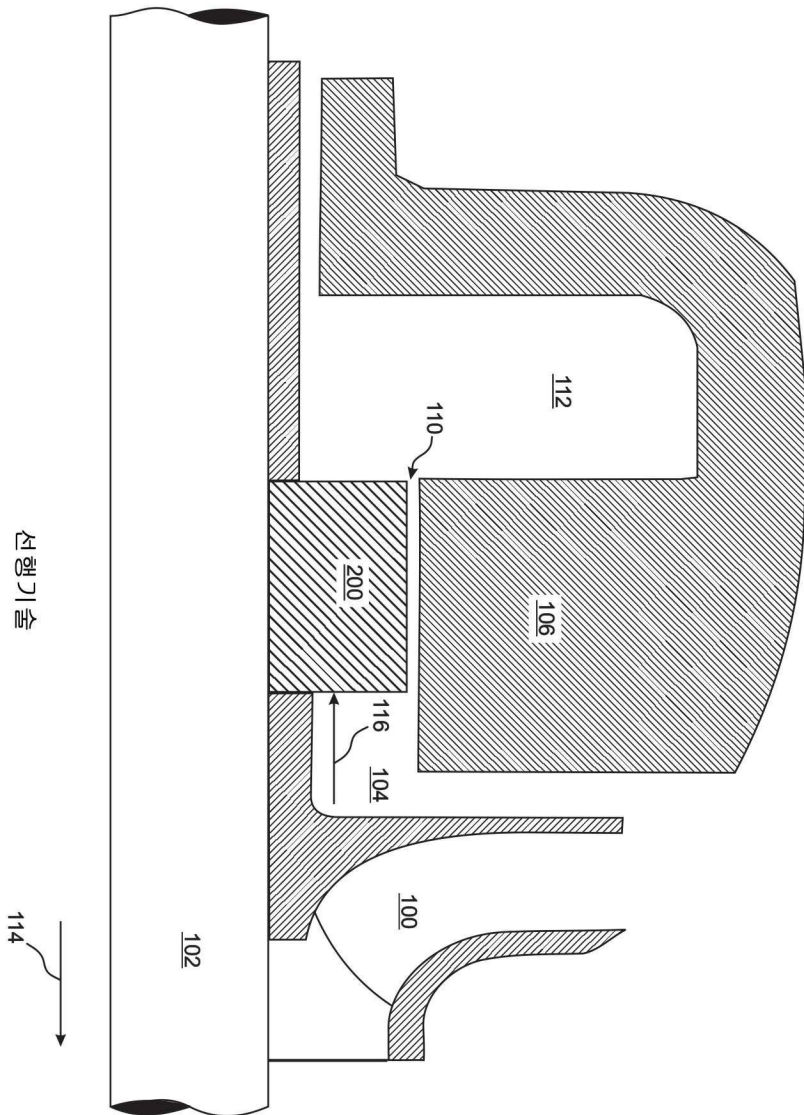
**부호의 설명**

- [0038] 102...회전 샤프트
- 104...누설 챔버
- 110...드럼 겹
- 112...수집 챔버
- 200...벨런싱 드럼
- 400...회전자 요소
- 402...고정자 요소
- 404...중간 챔버
- 500...겹
- 502...최소 회전자/고정자 클리어런스
- 604...중간 챔버

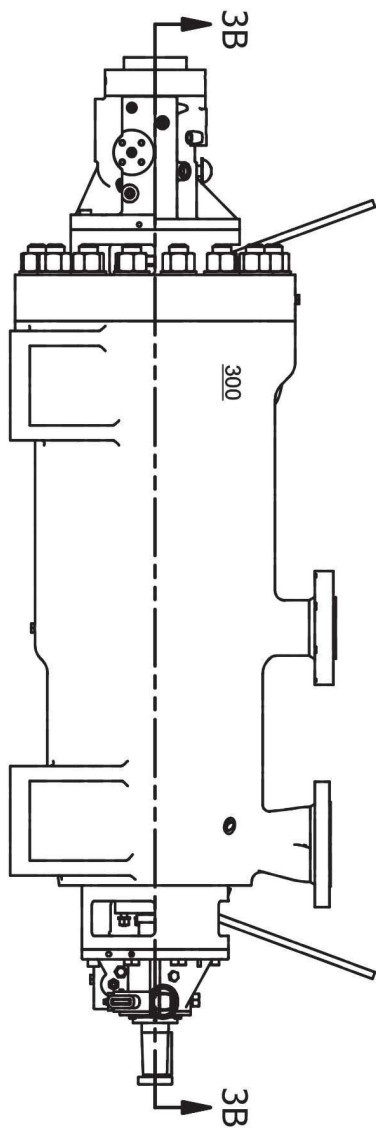
도면  
도면1



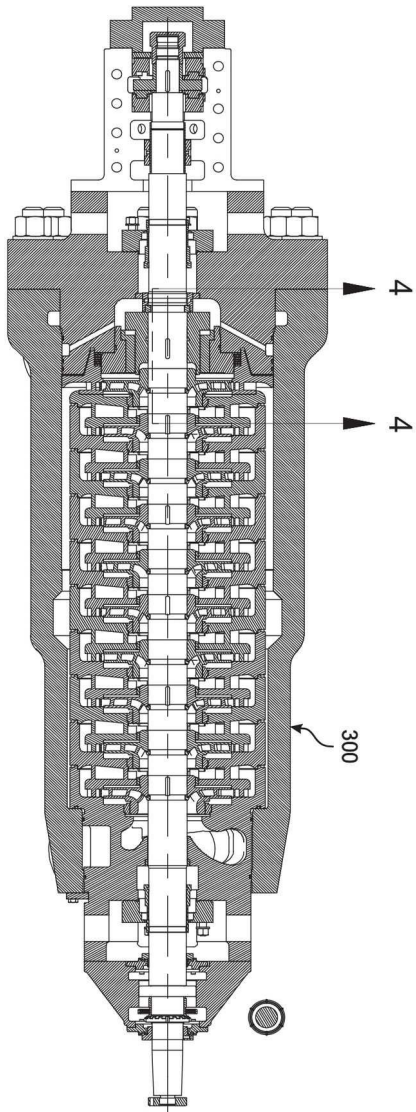
도면2



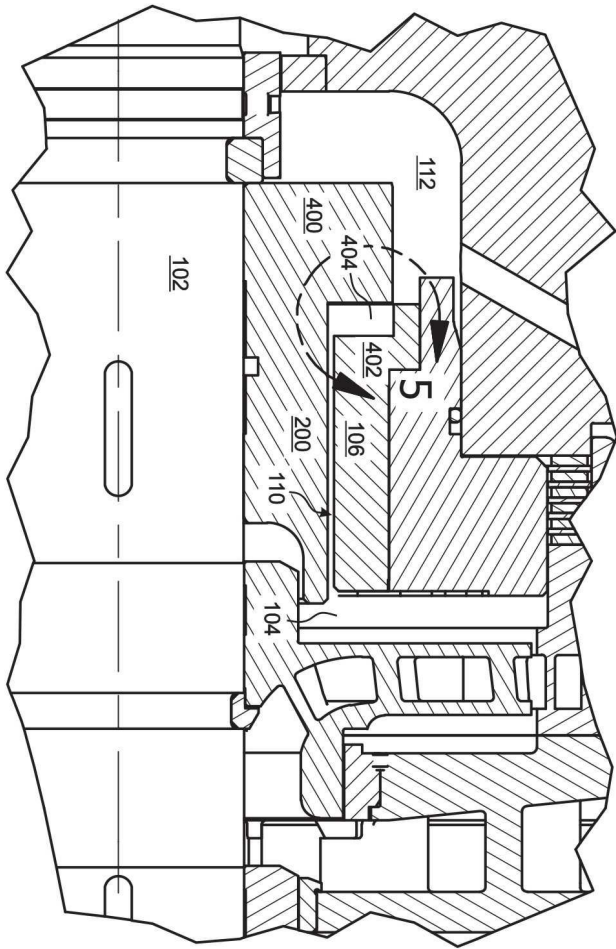
도면3a



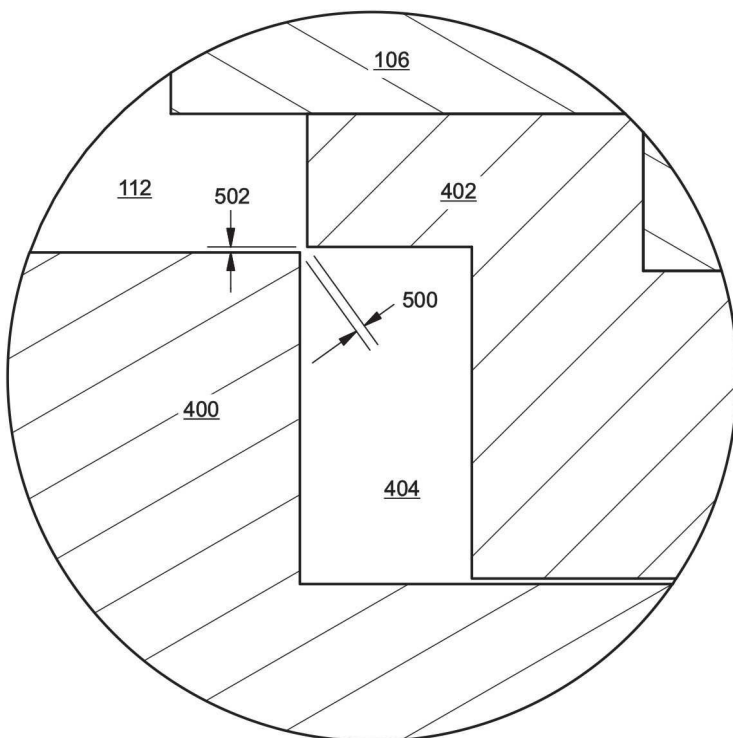
도면3b



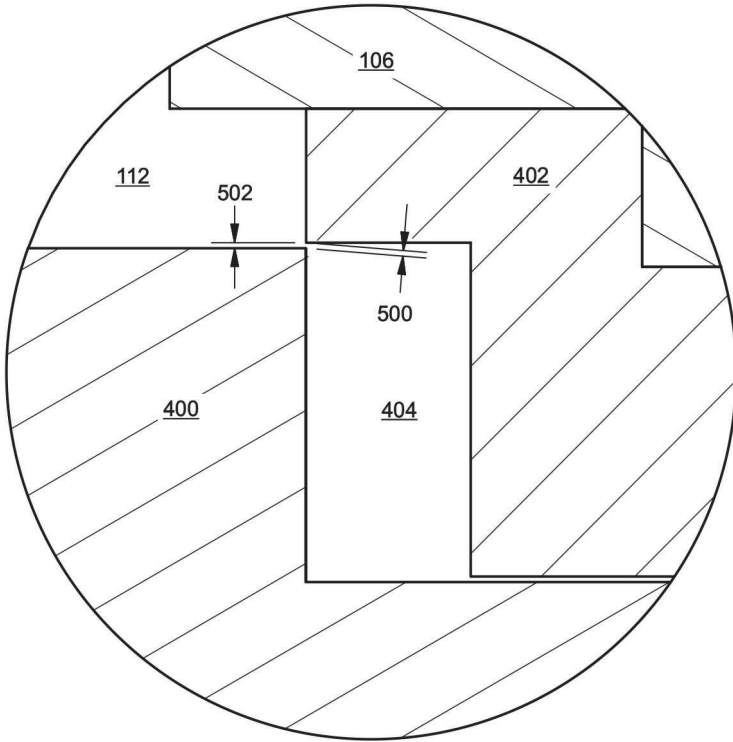
도면4



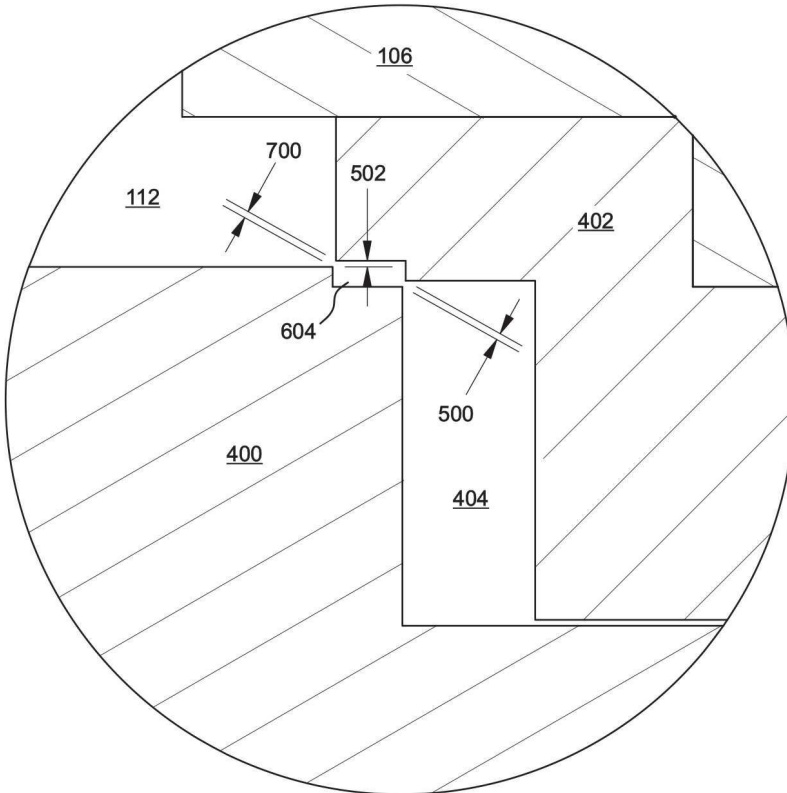
도면5



도면6



도면7



도면8

