

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) . Int. Cl.⁷
F01D 5/00

(45) 공고일자 2005년03월07일
(11) 등록번호 10-0471958
(24) 등록일자 2005년02월03일

(21) 출원번호 10-1999-0059305
(22) 출원일자 1999년12월20일

(65) 공개번호 10-2000-0048258
(43) 공개일자 2000년07월25일

(30) 우선권주장 09/218,228 1998년12월22일 미국(US)

(73) 특허권자 제너럴 일렉트릭 캄파니
미합중국 뉴욕, 쉐넥스터디, 원 리버 로우드

(72) 발명자 슈미트마크크리스토퍼
미국뉴욕주12309니스카유나클리프톤파크로드1449

(74) 대리인 김창세
장성구

심사관 : 원유철

(54) 터빈

요약

터빈 로터에 있어서, 로터의 다양한 구성요소 부품 사이의 열부정합이 특히 정지 및 시동과 같은 과정 운전 도중 발생한다. 열 매체가 유동하여 다른 부품과의 유해한 열부정합을 가질 수도 있는 터빈의 부품 중의 하나를 가열 또는 냉각시킨다. 부품 중의 하나를 지나는 냉각 매체의 유동을 터빈의 열 응답 부품의 상대적 운동에 응답하여 수동적으로 제어함으로써, 유동 통로를 통과하는 열 매체의 유동은 유동을 증가 또는 감소시키도록 조절될 수 있어, 열부정합을 소정의 한계내에 유지하도록 부품 중의 하나의 온도를 조절하게 된다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 한 쌍의 터빈 요소의 열 응답을 조절하는 바람직한 방식을 도시하는 터빈의 일부의 부분 단면도,

도 2는 터빈의 정지 도중 상이한 상대적인 위치에 있는 수동적 시일의 확대도. 도 3은 터빈의 시동 도중 상이한 상대적인 위치에 있는 수동적 시일의 확대도.

도면의 주요부품에 대한 부호의 설명

10 : 터빈 로터 12, 14, 16, 18 : 로터 휠

20, 22, 24 : 스페이서 42 : 후미 샤프트 휠

44 : 후미 샤프트 72 : 환형 시일

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 일반적으로 터빈에 관한 것으로, 특히 발전용 육상 가스 터빈(land-based gas turbines)에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 본 발명은 자동 위치설정 열 응답 시일(self-positioning thermally responsive seal)을 사용하여 부품 중의 하나를 따른 열 매체의 유동을 제어함으로써 과도 운전(transient operation) 도중 로터 부품 사이의, 예컨대 터빈 휠 및 후미 샤프트 휠 사이의 열부정합(thermal mismatch)을 조정하는 것에 관한 것이다.

전형적인 가스 터빈에 있어서, 터빈 로터는 로터 휠과 스페이서를 적층함으로써 형성되며, 적층된 다수의 휠과 스페이서는 서로 볼트 체결된다. 은축이음된(rabbeted) 조인트가 통상 스페이서와 휠 사이에 제공된다. 보다 발전된 형태의 가스 터빈에 있어서, 베킷을 냉각하기 위해 로터를 관통해 냉각 회로가 제공된다. 예를 들면, 냉각 증기는 베킷을 냉각하기 위해 로터의 림(rim)을 따라서 하나 또는 그 이상의 터빈 단의 베킷으로 유동하도록 로터 조립체의 일부를 형성하는 후미 샤프트를 통해 제공된다. 사용된 냉각 증기는 또한 베킷으로부터 로터의 림을 따라서 후미 샤프트를 통해 복귀 통로로 유동한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

로터 휠 및 스페이서가 적층되어 있고, 터빈의 운전 도중, 즉 시동(startup), 정상상태 운전 및 정지(shutdown) 도중 변화하는 온도가 상이한 시각에 다양한 로터 요소에 가해지므로, 터빈 로터 요소 사이의 열부정합은 터빈 운전의 특정 단계 동안 결과적인 유해한 영향을 일으키는 이러한 요소의 상대적 운동을 야기하도록 충분히 커질 수 있다. 예를 들면, 로터 휠과 인접 스페이서 사이의 열부정합은 그들 사이의 은축이음된 조인트를 개방할 수 있다. 증기 냉각 회로가 후미 샤프트 및 최종 터빈 단(즉, 제 4 단)의 휠과 결합되는 후미 샤프트 휠내에 제공되기 때문에 이러한 부정합은 현재의 발전된 가스 터빈 형태에서 특히 발생한다. 정상상태 운전 도중, 터빈 로터의 요소 사이의 특히 후미 샤프트와 최종단 휠 사이의 열부정합은 소정의 허용 가능한 범위내에 놓임을 알 수 있을 것이다. 이 범위내의 열 응답은 휠과 스페이서 또는 후미 샤프트와 최종단 휠 사이의 상대적인 운동을 일으키기에 충분하지 않으며, 따라서 은축이음된 조인트는 이동하거나 또는 위로 개방되지 않는다. 따라서, 정상상태 운전에서는, 터빈 로터 부품의 상대적 운동이 없는데, 터빈 로터 부품의 상대적 운동이 있는 경우에는, 로터가 균형을 잃게되어, 고 진동과 상당한 비용의 재균형조절 또는 로터 교체에 대한 요구를 유발한다.

그러나, 터빈의 정지 도중, 고온의 연소ガ스는 더 이상 고온 가스 통로를 통해 유동하지 않으며, 비교적 짧은 시간 후(대략, 1시간 후) 터빈은 3000rpm으로부터 7rpm으로 서행한다. 이러한 낮은 rpm에서의 터빈을 통한 최저한의 유동, 증기 냉각 회로의 정지, 및 터빈 휠의 비교적 큰 질량에 의해, 터빈 휠의 온도는 후미 샤프트의 온도 감소보다 실질적으로 느린 속도로 감소하여, 이들 요소 사이에 열부정합을 일으킬 수 있을 것이다. 터빈 정지 도중 이들 요소 사이에 280°F 정도의 열부정합이 입증되었다. 이와 같은 큰 열부정합은 은축이음된 조인트를 해제하여 요소 사이에 상대적 운동을 야기한다. 물론, 시간이 지나감에 따라, 열부정합은 이들 요소 사이에 실질적인 열 평형이 있을 때까지 감소한다.

마찬가지로, 터빈의 시동시, 열부정합은 다양한 로터 요소 사이에서 발생한다. 예를 들면, 시동시, 터빈의 고온 가스 통로를 통해 유동하는 고온 가스는 최종단 터빈 휠을 그 큰 질량 때문에 매우 천천히 가열한다. 이와는 반대로, 냉각 매체(초기에는 공기이고 이후에는 증기임)를 반송하는 후미 샤프트 및 후미 샤프트 휠은 오히려 빨리 가열되어, 후미 샤프트와 최종단 휠 사이의 열부정합을 일으킨다. 이는 다시 이들 요소 사이의 은축이음된 조인트를 개방시킬 수 있어, 잠재적으로 로터의 불균형이 초래될 수 있다.

터빈 로터 부품의 열 응답을 제어하는 다른 방법이 고려되었다. 본 발명의 실시예에 따르면, 과도 운전 도중 열 응답에 따른 열 매체의 유동과 그에 따른 터빈 부품의 상대적 운동을 제어하기 위해 시일이 제공된다. 즉, 시일의 위치에서의 터빈 부품의 상대적 위치가 터빈 시동 및 정지 도중 잠재적으로 열부정합되는 부품으로의 열 매체의 유동을 제어한다. 예를 들면, 터빈 정지 도중, 최종단 휠이 후미 샤프트 휠에 비하여 천천히 냉각될 경우, 시일은 후미 샤프트 휠에 대한 유동하는 열 매체의 냉각 효과를 감소시키도록 열 매체 유동 통로에 위치되어, 최종단 휠과 후미 샤프트 휠 사이의 열부정합을 감소시키게 된다. 상세하게는, 열 매체를 후미 샤프트 휠의 표면을 지나 유동시키고 터빈 부품의 고유의 열 응답 상대 운동의 결과로서 열 매체의 유량을 감소시킴으로써, 정지 도중 열부정합이 감소될 수 있다. 예컨대, 후미 샤프트 휠과 열 전달 관계에 있는 열 매체용 유동 통로내에서 배출 프레임과 후미 샤프트 휠 사이에 시일을 위치시킴으로써, 정지 도중 배출 프레임과 로터의 상대적 운동에 의해 시일이 열 매체의 유동을 감소시키게 된다. 이것이 정지 도중 후미 샤프트 휠과 제 4 단 휠 사이의 열부정합을 감소시킨다. 시일 자체는 어떠한 이동 부품도 갖지 않으며 열 매체의 유동을 제어하도록 수동적으로 응답함을 알 수 있을 것이다.

이와는 반대로, 시동 도중, 동일한 시일이 보다 부피가 작아서 보다 쉽게 가열되는 터빈 부품을 냉각하는 열 매체의 유동을 증가시켜, 인접한 터빈 부품과의 열부정합을 소정의 열부정합내에 유지시킨다. 특히, 배출 프레임과 터빈 로터 사이에 위치한 시일은 전방 폐쇄 플레이트 공동을 통하는 열 매체의 유동 통로를 개방하여, 증가된 유동이 발생하고, 후미 샤프트 휠내의 열 증가 속도를 낮추어, 이 휠과 제 4 단 휠 사이의 열부정합이 소정 한계내에 유지된다.

본 발명에 따른 바람직한 실시예에 있어서, 열 매체를 유동시키기 위한 터빈내의 유동 통로를 규정하는 제 1 및 제 2 부품으로서, 그들 사이에 상대적 운동을 발생시키는 인가된 온도에 대한 상이한 열 응답을 갖는 제 1 및 제 2 부품과, 상기 제 1 부품에 의해 유동 통로내에 지지되는 시일을 포함하며, 상기 시일은 유동 통로를 통과하는 열 매체의 유동을 조절하도록 상기 부품 사이의 상대적 운동에 응답하여, 상기 부품 중의 하나의 온도를 조절하도록 유동 통로를 통과하는 열 매체의 유동을 증가시키거나 또는 감소시키는, 터빈이 제공된다.

본 발명에 따른 다른 바람직한 실시예에 있어서, 열 매체를 유동시키기 위한 터빈내의 유동 통로를 규정하는 제 1 및 제 2 부품으로서, 그들 사이에 상대적 운동을 발생시키는 인가된 온도에 대한 상이한 열 응답을 갖는 제 1 및 제 2 부품과, 상기 부품 중의 하나에 의해 유동 통로내에 지지되는 시일과, 제 2 부품에 연결되어 있고 그에 가해진 상이

한 온도에 응답하여 그들 사이에 열부정합을 일으키는 제 3 부품을 포함하며, 상기 시일은 유동 통로를 따라서 시일을 지나는 열 매체의 유동을 조절하도록 제 1 및 제 2 부품 사이의 상대적 운동에 응답하여, 제 2 및 제 3 부품 사이의 열부정합이 소정 범위내에 놓이도록 제 3 부품의 온도를 조절하는, 터빈이 제공된다.

본 발명에 따른 또 다른 바람직한 실시예에 있어서, 열 매체를 유동시키기 위한 유동 통로를 규정하는 제 1 및 제 2 부품으로서, 상기 부품 사이의 상대적 운동을 발생시키는 인가된 온도에 대해 상이한 열 응답을 갖는 제 1 및 제 2 부품을 포함하는 터빈에서, 부품 사이의 상대적 운동에 응답하여 유통 통로를 따르는 열 매체의 유동을 수동적으로 조절하여 상기 유동을 증가시키거나 또는 감소시킴으로써 상기 부품 중의 하나의 온도를 조절하는 단계를 포함하는, 상기 부품 중의 하나의 온도를 조절하는 방법이 제공된다.

따라서, 본 발명의 주된 목적은, 터빈 과도 운전 상태, 즉, 운전 정지/시동 도중 터빈 부품의 열 응답 상대적 운동에 의해 위치되는 시일을 사용하여 요소 중의 하나의 표면으로의 가열 또는 냉각 매체의 공급을 수동적으로 조절함으로써 부품 사이의 열부정합을 제어하는, 터빈 부품 냉각/가열 중대 장치 및 방법을 제공한다.

발명의 구성 및 작용

도 1을 참조하면, 예컨대, 전형적인 4단 터빈 로터의 부분을 형성하는 로터 훨(12, 14, 16, 18)과 훨 사이에 번갈아 위치된 스페이서(20, 22, 24)와 같은, 적층된 요소들로 구성되는 터빈 로터(10)를 구비하는 터빈의 일부분이 도시되어 있다. 훨 및 스페이서 요소는 다수의 기다란 원주방향으로 연장하는 볼트[이 볼트 중 하나만이 참조부호(26)로 도시되어 있음]에 의해 로터내에 함께 유지됨을 알 수 있을 것이다. 훨(12, 14, 16, 18)은 각각 다수의 원주방향으로 이격된 터빈 버킷(12a, 14a, 16a, 18a)을 장착한다. 노즐(30, 32, 34, 36)은 각각 버킷(12a, 14a, 16a, 18a)과 함께 단(stage)을 형성한다. 훨과 스페이서는 축방향으로 서로 정렬되고 은축이음된 조인트가 훨과 스페이서 사이에 제공됨을 주시하기 바란다. 예시적인 은축이음된 조인트(40)가 후미 샤프트(44)의 일부를 형성하는 후미 샤프트 훨(42)과 최종단 훨(last-stage wheel)(18) 사이에 도시되어 있다. 은축이음된 조인트는 터빈의 모든 운전 범위에 걸쳐 서로 고정되어 유지된다. 도시된 바와 같이, 후미 샤프트(44)는 후미 베어링 공동(66)에 의해 둘러싸인 후미 베어링(46)내에서 로터(10)와 함께 회전 할 수 있다.

본 출원인의 보다 발전된 가스 터빈 설계에 있어서, 후미 샤프트(44)는 계류중인 미국 특허 출원 제 09/216,363 호에 상세하게 기술되고 도시된 보어 튜브 조립체를 수용한다. 일반적으로, 보어 튜브 조립체는 환형 증기 냉각 통로(52) 및 사용 증기 냉각 복귀 통로(54)를 각각 규정하는 외측 튜브(48) 및 내측 튜브(50)를 구비한다. 통로(52, 54)는, 로터의 림을 중심으로 이격된 종방향으로 연장하는 튜브와 연통하는, 반경방향으로 연장하는 보어 또는 도관(56, 58)의 세트를 통해 로터의 외측 림으로 또는 이 외측 림으로부터 증기를 각각 전달한다. 간략히 말하자면, 증기 통로(52) 및 보어(56)를 통해 공급된 증기가 냉각 증기를 제 1 및 제 2 단의 버킷에 공급하며, 보어(58) 및 복귀 통로(54)는 복귀를 위해 버킷으로부터 사용된 냉각 증기를 수용한다.

전술한 바와 같이, 로터의 다양한 요소 사이의 열부정합은 터빈의 운전중, 특히 정지 및 터빈 시동 중 발생한다. 정상 상태의 터빈 운전 도중, 터빈의 여러 요소 사이에서의 온도 분포는 터빈의 운전에 유해한 영향을 미치지 않는 소정의 열부정합 범위내에 놓인다. 그러나, 과도 운전, 즉 정지 및 시동 도중, 열부정합은 상당히 커서 조절되어야만 한다. 예를 들면, 후미 샤프트 훨(42)과 최종단(즉, 제 4 단)의 훨(18) 사이의 은축이음된 조인트(40)는 과도 운전 도중 은축이음을 개방하거나 해제할 수도 있는 허용 가능한 열부정합을 넘어서는 상당한 열부정합을 갖는다. 즉, 이러한 상태에 의해 요소가 서로에 대해 이동할 수 있게 되어 로터가 균형을 잃게 됨으로써, 고 진동 및 비용이 드는 재균형 조절 또는 로터 교체에 대한 요구를 초래한다.

보다 상세하게는, 정지 도중, 다양한 터빈 단의 고온 가스 통로를 통한 고온 가스의 유동 및 보어 튜브 냉각 회로 조립체를 통한 증기의 유동이 중단된다. 훨(18)이 매우 큰 질량을 가지며 터빈의 정상상태 운전 도중 고온으로 가열되기 때문에, 훨(18)은 후미 샤프트 훨(42)에서의 열 손실에 비해 매우 느린 속도로 열을 손실하여, 은축이음된 조인트(40)에서의 큰 열부정합을 일으킨다. 전술한 바와 같이, 열부정합은 280°F 정도로 를 수 있는데, 이는 은축이음의 개방을 야기할 수 있다. 마찬가지로, 큰 열부정합이 시동시에 발생한다. 시동시, 훨(18)은 차가우며, 통로(52, 54) 및 보어 튜브(56, 58)를 통한 냉각 매체(즉, 처음에는 공기이고 이후에는 냉각 증기임)의 유동에 의해 후미 샤프트(42)에 흡수되는 열의 증가 속도에 비해 고온 가스 통로로부터 비교적 느리게 열을 흡수한다. 따라서, 실질적인 열 구배 또는 열부정합이 과도 상황 도중, 즉 훨(18)이 정지 도중 후미 훨(42)에 비해 상승된 온도를 갖는 동안, 이들 2개 요소 사이에서 발생하며, 후미 훨(42)은 시동 중 훨(18) 온도에 비해 상승된 온도를 갖는다.

열 매체는 전방 폐쇄 플레이트(62)와 후미 샤프트 훨(42)의 후미 표면 사이의 공동(60)에 공급된다. 열 매체는 적합한 공급원으로부터 공급될 수 있으며 후미 샤프트 훨의 반경방향 표면을 지나 외측으로 최종단의 후미의 고온 가스 통로내로 유동한다.

열 매체의 유동을 수동적으로 제어하여 터빈 운전의 과도 상태 도중 열부정합을 감소시키기 위해, 부품 사이에 상대적 운동을 발생시키는 인가 온도에 대한 상이한 열 응답을 갖는 터빈 부품 사이에 환형 시일(72)이 제공된다. 도시된 실시예에 있어서, 시일(72)은 공동(60)의 하류의 열 매체의 유동 통로내에 또한 로터(10) 또는 배출 프레임(74)상에 위치된다. 시일(72)은 배출 프레임 또는 로터의 상대적인 축방향 운동에 응답하여 이들 부품 사이의 환형 개구를 확대하거나 또는 감소시킴을 알 수 있을 것이다. 정지 도중, 예를 들면, 최종단 훨(18)이 후미 샤프트 훨(42)보다 천천히 냉각될 경우, 후미 샤프트 훨(42)을 지나 유동하는 열 매체의 유동을 감소시켜, 후미 샤프트 훨의 냉각 속도를 훨(18)의 냉각 속도에 보다 근접하게 대응하는 정도로 감소시키는 것이 바람직하다. 정지 도중, 배출 프레임 및 로터의 열 응답은 그들 사이의 환형 개구를 폐쇄하는 방향으로 그들의 상대적인 운동을 일으킨다. 개구를 폐쇄함으로써, 시일(72)은 후미 샤프트 훨을 지나는 냉각 매체의 유량을 감소시켜 후미 샤프트 훨의 냉각 속도를 낮춘다. 이러한 방식으로, 후미 샤프트 훨과 제 4 단 훨 사이의 열부정합은 소정 한계내에 유지된다. 즉, 열부정합은, 이러한 한계내에 유지될 때, 정지 도중 은축이음된 조인트를 개방할 수도 있는 후미 샤프트 훨(42)과 제 4 단 훨(18) 사이의 상대적인 운동을 일으키지 않는다. 따라서, 허용 가능한 열부정합이 유지된다.

이와는 반대로, 시동 도중, 최종단 휠이 가열되는 것보다 빠른 속도로 후미 샤프트 휠이 가열되는 경우, 그 열 증가 속도를 낮추기 위해 후미 샤프트 휠 표면을 따라서 열 매체의 유동을 증가시키는 것이 바람직하다. 즉, 시동 도중, 배출 프레임 및 로터의 열 응답이 그들 사이의 환형 개구를 개방시키는 방향으로 상대적인 운동을 일으킨다. 유동 통로의 개방이 후미 샤프트 휠에 가해지는 열 매체의 냉각 효과를 증가시켜, 시동 도중의 후미 샤프트 휠과 최종단 휠 사이의 열부정합을 감소시킨다. 일단 터빈의 정상상태 운전이 달성되면, 부품 사이의, 즉 휠(18)과 후미 샤프트 휠(42) 사이의 실질적인 온도 평형으로 인해 열부정합은 허용 가능한 한계내에 유지된다. 따라서, 인가 온도에 대해 상이한 열 응답을 갖는 터빈 부품 사이에, 즉 제 1 및 제 2 부품(74, 42) 사이의 열 매체 유동 통로에 시일(72)을 배치함으로써, 상기 부품 사이의 상대적인 운동에 의해 시일이 유동 통로를 통과하는 유동을 제어하게 하여, 제 2 부품, 즉 후미 샤프트 휠(42)과 제 3 부품 사이의 열부정합을 소정의 부정합내에 유지시키도록 제 2 부품의 온도를 조절한다.

본 발명이 현재 가장 실용적이고 바람직한 실시예로 고려되는 것과 관련하여 기술되었지만, 본 발명은 개시된 실시예에 한정되지는 않으며, 첨부된 특허청구범위의 정신 및 범위내에 포함되는 다양한 변형 및 균등한 구성을 커버하는 것으로 의도됨이 이해되어야 한다.

발명의 효과

본 발명은 유동 통로를 통과하는 열 매체의 유동을 조절하여 일 부품의 온도를 조절함으로써 열부정합을 소정 한계내에 유지되게 한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

터빈에 있어서,

상기 터빈내에 열 매체를 유동시키기 위한 유동 통로를 규정하는 제 1 및 제 2 부품으로서, 상기 부품 사이에 상대적 운동을 발생시키는 인가된 온도에 대한 상이한 열 응답을 갖는, 상기 제 1 및 제 2 부품과,

상기 제 1 부품과 제 2 부품 중 하나에 의해 상기 유동 통로내에 지지되는 시일을 포함하며,

상기 시일은 상기 양 부품 사이의 상대적 운동에 응답하여 상기 유동 통로를 통과하는 열 매체의 유동을 조절함으로써, 상기 유동 통로를 통과하는 열 매체의 유동을 증가시키거나 또는 감소시켜 상기 제 2 부품의 온도를 조절하며,

제 3 부품과 상기 제 2 부품이 서로 연결되고 상이한 인가 온도에 응답하여 이들 사이에 과도 열부정합(transient thermal mismatch)을 일으키며, 상기 시일은 상기 유동 통로를 통과하는 열 매체의 유동을 조절하여 상기 제 2 부품을 일정 온도로 가열 또는 냉각시킴으로써 상기 제 2 부품과 상기 제 3 부품의 열부정합의 크기가 소정의 열부정합의 범위내에 놓이며,

상기 제 3 부품은 버킷을 장착하기 위한 터빈 로터 휠을 구성하고 상기 제 2 부품은 상기 터빈 로터 휠과 은축이음된 조인트를 갖는 인접 휠을 구성하며, 상기 인접 휠은 가열 또는 냉각되어 상기 터빈 로터 휠과 상기 인접 휠 사이의 열부정합을 소정의 열부정합내로 감소시킴으로써 양 휠 사이의 은축이음된 조인트의 상대적 변위를 방지하는

터빈.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 시일은 상기 제 1 및 제 2 부품 중 하나가 상기 제 1 및 제 2 부품 중 다른 하나를 향하는 운동에 응답하여 상기 유동 통로를 통과하는 유동을 감소시켜 상기 양 부품 중의 한쪽 또는 다른 쪽으로부터 상기 열 매체로의 열 전달을 감소시키는

터빈.

청구항 3.

제 1 항에 있어서,

상기 시일은 상기 제 1 및 제 2 부품 중 하나가 상기 제 1 및 제 2 부품 중 다른 하나와 이격되는 운동에 응답하여 상기 유동 통로를 통과하는 유동을 증가시켜 상기 양 부품 중의 한쪽 또는 다른 쪽으로부터 상기 열 매체로의 열 전달을 촉진시키는

터빈.

청구항 4.

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 부품은 각각 터빈의 정지 요소 및 회전 요소를 구성하는 터빈.

청구항 5.

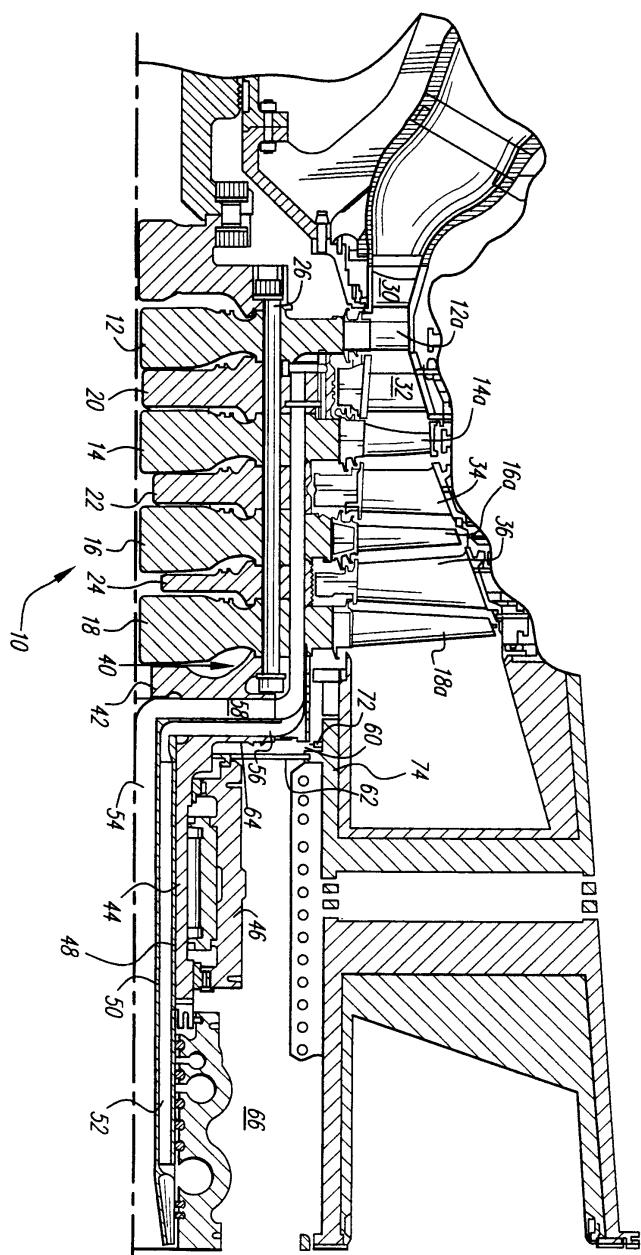
청구항 6.

청구항 7.

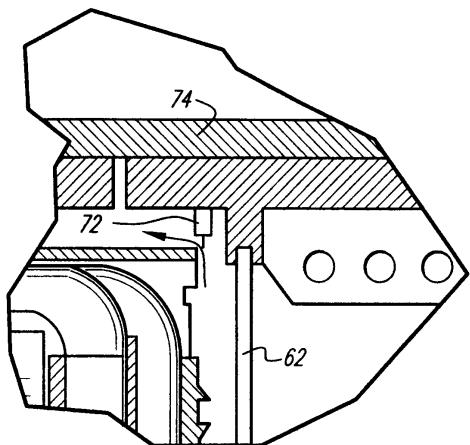
청구항 8.

도면

도면1



도면2



도면3

