



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0056517
(43) 공개일자 2017년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F03B 3/02 (2006.01) F03B 3/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F03B 3/02 (2013.01)
F03B 3/121 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7004603
(22) 출원일자(국제) 2015년04월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2017년02월20일
(86) 국제출원번호 PCT/CA2015/050367
(87) 국제공개번호 WO 2016/011537
국제공개일자 2016년01월28일
(30) 우선권주장
62/027,910 2014년07월23일 미국(US)

(71) 출원인
안드리츠 하이드로 엘티디.
캐나다 퀘벡 에이치9알 1비9 포인테-클레어 트랜스-캐나다 하이웨이 6100
(72) 발명자
본 펠런버그, 스벤
캐나다 퀘벡 에이치3제이 1취3 몬트리얼 루 퀘스넬2225
(74) 대리인
특허법인 무한

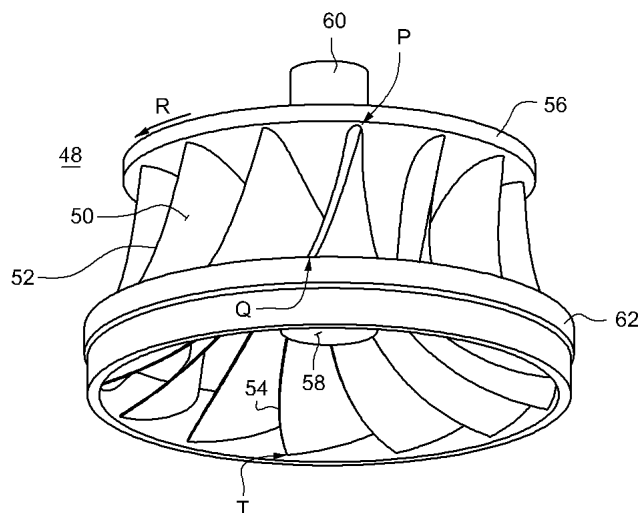
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 짧은 블레이드 및 짧은 밴드를 가지는 프랜시스 터빈

(57) 요약

프랜시스 터빈 러너는, 단축된 밴드 길이 및 단축된 블레이드 길이를 포함하고, 회전 방향으로 상기 크라운과 상기 리딩 엣지의 접합부를 선행하는 상기 밴드와 상기 리딩 엣지의 접합부를 가지는 역전된 러너 블레이드 리딩 엣지(reversed runner blade leading edge)와 결합되고, 밴드리스 러너는, 단축된 주변부 길이 및 단축된 블레이드 길이를 포함하고, 회전 방향으로 상기 리딩 엣지가 상기 크라운에 연결되는 것에 앞서 존재하는 상기 러너의 상기 외곽 주변부에서의 상기 리딩 엣지 코너를 가지는 역전된 러너 블레이드 리딩 엣지와 결합된다. 추가적인 기능으로, 상기 러너 블레이드 위에 뒤집힌 트레일링 엣지 만곡 디자인을 포함하여서 상기 블레이드의 길이를 더 단축할 수 있다.

대표도 - 도11



(52) CPC특허분류

F03B 3/125 (2013.01)

F05B 2240/242 (2013.01)

Y02E 10/223 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

17% (0.17) 보다 크지 않은 밴드 길이 비율을 갖는 밴드;

크라운;

상기 크라운으로부터 상기 밴드로 연장하는 러너 블레이드들; 및

회전 방향으로 상기 크라운과 리딩 엣지 사이의 접합부에 선행하는 상기 밴드와 상기 러너 블레이드의 리딩 엣지 사이의 접합부를 포함하는 수압 터빈 러너.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 러너 블레이드의 상기 리딩 엣지를 향해 구부러진 상기 크라운 및 밴드 사이에 만곡을 가진 상기 러너 블레이드의 트레일링 엣지를 더 포함하는 터빈 러너.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 밴드 길이 비율은 상기 러너의 회전축에 평행한 방향에 따른 상기 밴드의 길이 및 상기 트레일링 엣지의 접합부에서 상기 밴드의 직경의 비율인 터빈 러너.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 리딩 엣지는 음의 경사각을 가지는 터빈 러너.

청구항 5

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 밴드 길이 비율은 15% (0.15) 보다 작은 터빈 러너.

청구항 6

17% (0.17) 보다 크지 않은 주변부 길이 비율을 가지는 러너의 외곽 주변부;

크라운;

상기 크라운으로부터 상기 러너의 상기 외곽 주변부로 연장하는 러너 블레이드들; 및

상기 러너의 외곽 주변부에서 상기 러너 블레이드들의 각각의 리딩 엣지의 코너를 포함하고,

상기 코너는, 상기 리딩 엣지가 상기 크라운을 연결하는 코너의 회전 방향으로 앞서 존재하는 터빈 러너.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 러너 블레이드의 상기 리딩 엣지를 향해 구부러진 상기 크라운 및 상기 러너의 상기 외곽 주변부 사이에 만곡을 가진 상기 러너 블레이드의 트레일링 엣지를 더 포함하는 러너.

청구항 8

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 주변부 길이 비율은 상기 러너의 회전축에 평행한 방향에 따른 상기 외곽 주변부에서의 상기 러너 블레이드의 엣지의 높이 및 상기 러너의 상기 외곽 주변부의 직경의 비율인 러너.

청구항 9

제 6 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 리딩 엣지는 음의 경사각을 가지는 러너.

청구항 10

제 6 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 외곽 주변부 길이 비율이 15% (0.15) 보다 작은 터빈 러너.

청구항 11

제 6 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 블레이드들의 최외곽 주변의 엣지에 부착되는 환형 밴드를 더 포함하는 터빈 러너.

청구항 12

17% (0.17) 보다 크지 않은 밴드 길이 비율을 갖는 밴드, 크라운, 상기 크라운으로부터 상기 밴드로 연장하는 러너 블레이드들, 및 상기 러너의 회전 방향으로 크라운과 상기 리딩 엣지 사이의 접합부를 선행하는 상기 밴드 및 상기 러너 블레이드의 리딩 엣지 사이의 접합부를 포함하는 러너;

상기 러너의 상류에 위치되는 나선형의 케이싱;

상기 러너 및 상기 나선형의 케이싱 사이에 위치되는 분배기; 및

상기 러너로부터 하류에 위치된 드래프트 튜브를 포함하는 수압 터빈.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 러너 블레이드의 상기 리딩 엣지를 향해 구부러진 상기 크라운 및 상기 밴드 사이에 만곡을 가진 상기 러너 블레이드의 트레일링 엣지를 더 포함하는 터빈 러너.

청구항 14

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 밴드 길이 비율은,

상기 분배기 바닥으로부터 상기 러너의 회전축에 평행한 방향에 따른 상기 밴드에서의 상기 트레일링 엣지의 부착 지점으로 측정된 상기 밴드 길이와, 상기 트레일링 엣지와 접합부에서 상기 밴드의 직경의 비율인 터빈 러너.

청구항 15

제 12 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 리딩 엣지는 음의 경사각을 가지는 터빈 러너.

청구항 16

제 12 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 밴드 길이 비율이 15% (0.15) 보다 작은 터빈 러너.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 프랜시스 터빈과 같은 수압 터빈들에 관한 것이다. 본 발명은 특히 프랜시스 터빈의 러너의 블레이드들 및 밴드에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 도 1은, 수압 에너지를 토크로 변화하여 전기 발전기(미도시)를 구동하도록 구성된 종래의 프랜시스 수압 터빈(1, francis hydraulic turbine)을 도시한다. 물은 일반적으로 나선형의 케이싱(2)을 통해 터빈(1)의 회전 러너(3)를 둘러싸는 분배기(13)로 흐른다. 분배기(13)는 스테이 베인들(132, stay vanes) 및 가이드 베인들(130, guide vanes)을 가질 수 있다. 물은 수직 축을 갖는 터빈 내부로의 수평 방향을 따라 일반적으로 나선형 운동으로 러너 안쪽으로 흐른다. 물의 회전 속도는 러너가 축을 중심으로 회전하도록 한다. 물이 러너를 통해 흐르면, 물의 수송 구성 요소가 수평 흐름으로부터 일반적으로 수직 유출로 바뀐다. 러너로부터, 물은 러너 밑의 드래프트 튜브(5)의 수직 콘(cone) 안으로 흐른다.

[0003] 수평축을 갖는 터빈의 경우, 물은 일반적으로 나선형 운동으로 러너 안쪽으로 흐른다. 물의 회전 속도는 러너가 축을 중심으로 회전하도록 한다. 물이 러너를 통해 흐르면, 물은 일반적으로 수평한 유출로 바뀐다. 러너로부터, 물은 러너에서 하류에 있는 드래프트 튜브의 수평 콘 안으로 흐른다.

[0004] 프랜시스 터빈의 러너(3)는 보통 러너(3)의 축(11)을 따르는 밴드(8)를 향해 연장되는 회전의 표면을 가지는 크라운(6) 및 크라운(6)의 회전의 표면으로부터 환형 밴드(8, annular band)로 연장되는 블레이드들(7)을 포함한다. 각각의 블레이드(7)는 리딩 엣지(leading edge) 및 트레일링 엣지(trailing edge)를 갖는다. 이들 엣지들의 단부들은 크라운(6) 및 밴드(8)에 연결된다. 러너(3)는 터빈 내의 바닥 링(22) 위에 위치될 수 있다.

[0005] 물은 러너(3)로 들어가고, 블레이드들의 리딩 엣지들 주위로 흐르고, 블레이드들의 사이로 흐르고, 및 블레이드들의 트레일링 엣지들을 지나서, 드래프트 튜브(5) 안으로 흐른다.

[0006] 물의 속도는 일반적으로 러너 안의 크라운 근처보다 밴드 근처에서 더 빠르다. 고속의 물 흐름은, 에너지의 일부가 마찰로 손실되는 마와 같이, 터빈의 효율을 감소시키는 밴드 근처 및 부근에서 상대적으로 높은 수압 마찰을 초래한다. 고속의 물은 또한 러너에서 낮은 정압을 야기한다. 낮은 압력은 크라운, 밴드 및 블레이드들의 표면들을 손상시킬 수 있는 캐비테이션 기포의 형성을 야기할 수 있다.

- [0007] 워터 터빈들의 분야에서, 러너 밴드는 쉬라우드(shroud) 또는 링으로도 알려져 있다. 크라운은 또한 허브로 알려져 있다. 블레이드의 리딩 엣지 또한 인렛 엣지(inlet edge) 또는 유입 엣지(inflow edge)로 알려져 있다. 블레이드의 트레일링 엣지 또한, 러너 블레이드의 유출 엣지(outflow edge) 또는 아웃렛 엣지(outlet edge)로 알려져 있다. 본 개시는 상이한 러너 구성 요소들에 대해서 관하여 상호 교환 적으로 이 용어들을 사용할 수 있다.
- [0008] 도 2 및 3은 러너(9)의 회전축(11)을 주위로 방향(R)로 회전하는 예시적인 종래의 프랜시스 터빈(9) 각각의 측면도 및 저면도이다. 러너(9)는 러너 블레이드들(10)의 환형 어레이, 환형 밴드(12) 및 크라운(14)을 포함한다. 러너(9)는 크라운(14)에서 보았을 때, 시계 방향으로 회전한다. 크라운(14)은 회전축(11)을 따르는 밴드(12)를 보통 마주보는 회전의 표면을 갖는다. 크라운(14) 안의 구멍(23)은 축(11)과 동축이고, 발전기(generator)를 위한 샤프트를 수용할 수 있다.
- [0009] 도 2는 삽화의 목적을 위해 밴드(12) 상에 겹쳐진(superimpose) 블레이드들(10)의 단부들(18)을 도시한다. 블레이드들(10)의 단부들은 밴드(12)에 연결되고, 예를 들어, 용접되지만, 밴드(12)를 통해 연장될 필요는 없다. 블레이드들(10)의 단부들(18)은 러너(9)의 실제 실시 예에서, 밴드(12)를 통해 보이지 않을 수 있다.
- [0010] 블레이드들(12)은 러너(9)의 밴드(12) 및 크라운(14) 사이에서 환형 어레이로 배열된다. 블레이드들(10)은 물을 나선형의 케이싱(2)으로부터 도 1에 도시된 바와 같이 드래프트 튜브(5) 안쪽으로 및 크라운 과 밴드 사이에서 흐르게 하도록 보낸다.
- [0011] 각각의 블레이드(10)는 리딩 엣지(16)로부터 트레일링 엣지(20)로 커브로 연장되는 유사한 형상을 갖는다. 선단 엣지(16)는 러너(9)에 대해, 인렛(inlet)에 있고, 트레일링 엣지(20)는 아웃렛(outlet)에 있다. 가상-유선들(17, 19)(pseudo-streamlines)은 블레이드들(10)의 형상을 나타낸다. 솔리드 가상-유선들(17, solid pseudo-streamlines)은 블레이드들(10)의 흡입 측 상에 도시되고, 대시 가상-유선들(19, dashed pseudo-streamlines)은 블레이드들(10)의 압력 측 상에 도시된다. 블레이드들(10)의 흡입 측들은 러너의 회전(R) 방향을 향하고, 압력 측들은 회전(R) 방향과 반대를 향한다. 각각의 가상-유선들(17, 19)은, 리딩 엣지(16)로부터 트레일링 엣지(20)로 블레이드(10)의 표면 상에 그려진다.
- [0012] 각각의 블레이드(10)는 4개의 코너들(P, Q, S, T)를 갖는다. 블레이드 단부(21)의 두개의 코너들(P, S)는 크라운(14)과 인접하고, 두개의 코너들(Q, T)는, 밴드(12)와 인접한다. 코너(P)는 크라운(14)의 상류 영역 근처에 있고, 코너(S)는 크라운(14)의 하류 영역(25)에 있다. 코너(Q)는 밴드(12)의 제 1 림에 가까이 위치되고, 코너(T)는 밴드(12)의 제 2 림의 근처에 있는 것과 함께, 블레이드 단부(18)의 코너들(Q, T)는 밴드(12)에 인접한다.
- [0013] 크라운(14)의 외부 표면은 블레이드들(10)의 단부들(21)을 지지한다. 단부들(21)은 크라운(14)과 연결될 수 있고, 예를 들어, 용접에 의해 연결될 수 있다. 크라운(14)은 드라이브 샤프트(drive shaft)를 수용하기 위한 내부 구멍을 가질 수 있다. 크라운(14)의 외부 표면의 부분(24)은 흐름 방향(streamwise direction)으로 블레이드들(10)의 코너들(S)를 넘어 연장된다. 크라운(14)의 외부 표면의 부분(24)은 드래프트 튜브(5)를 마주본다.
- [0014] 밴드(12)는 블레이드들(10)의 단부들(18)을 지지하는 환형 구조물이다. 밴드(12)는 터빈 러너(3)의 축(11)을 향해 구부러지는 만곡을 가질 수 있다. 만곡은 블레이드들(10)의 엣지들(18)과 일치한다. 밴드는 길이(L) 및 직경(D)을 갖는다. 길이(L)은 분배기(13)의 바닥과 밴드(8)에서의 트레일링 엣지(T) 사이에서 측정된 거리이다. 직경(D)은 러너(3)의 아웃렛 직경이고, 트레일링 엣지(T)와의 접합부에서의 밴드(12)의 직경이다. 본원에서 "밴드 길이 비율"로 불리는 정규화된 밴드 길이는 밴드의 직경에 대한 밴드의 길이의 비율(L/D)에 의해서 특징지어질 수 있다.
- [0015] 종래의 러너는 적어도 17% (0.17)의 밴드 길이 비율을 갖는다. 이것들은 본 출원의 문맥 상에서 긴 러너들(long runners)로 불린다.
- [0016] 본 출원의 문맥 상에서, 짧은 러너들(short runners)로 언급되는 러너들은 17% (0.17)보다 작은 밴드 길이 비율을 갖는다. 짧은 러너들은 과거에 시도되었지만, 러너에 손상을 입히고, 그것의 수압 효율을 감소시키는 심각한 캐비테이션 손상들을 겪는다. 긴 블레이드들을 가진 긴 밴드 러너의 경우 캐비테이션은 대개 과도하지 않다. 종래의 지식은 밴드들 및 블레이드들은 캐비테이션을 피하기 위해 길어야 한다는 것이다.
- [0017] 긴 러너 안의 밴드 및 블레이드들의 증가된 길이는 러너의 질량을 증가시킨다. 긴 러너의 수압 효율은 보다 긴 블레이드들 긴 밴드의 증가된 젖은 표면 구역들(wetted surface areas)로 인한 수압 마찰 손실의 증가로 인해

어려움을 겪는다. 러너의 캐비테이션을 줄이고, 러너 성능을 개선하려는 노력들은 미국 특허 제6,135,716 호 및 제4,479,757 호에 개시되어 있다. 러너에 있어서, 러너 성능을 개선하고 러너 안의 캐비테이션을 줄이고자 하는 필요가 남아있다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

- [0018] 짧은 러너는 선행하는 리딩 엣지들을 가지는 짧은 블레이드들을 구비하는 것으로 이해되어 왔다. 짧은 러너는 긴 러너에 비해 젖은 표면 구역을 적게 가지고 있고, 이것은 수압 마찰을 감소시키고, 성능의 개선을 유발한다. 짧은 러너는 밴드를 가질 수 있고, 밴드리스(bandless) (쉬라우드리스(shroudless))일 수 있다.
- [0019] 선행하는 리딩 엣지에 있어서, 리딩 엣지가 러너의 회전 방향으로 크라운을 연결하는 지점에 앞서서 리딩 엣지는 밴드를 연결한다. 선행하는 리딩 엣지는 역전된 리딩 엣지(reversed leading edge)로도 불릴 수 있다.
- [0020] 선행하는 리딩 엣지는 블레이드의 압력 하중(pressure loading)를 크라운을 향하게 및 밴드와 멀어지게 이동시킨다. 하중은 압력과 흡입 면 사이에 압력의 차이의 결과로서, 블레이드 표면 상의 다양한 위치들에 적용되는 수압 힘을 나타낸다. 하중의 이동으로 인해, 블레이드들은 밴드와 크라운 사이에 보다 균일하게 적재된다.
- [0021] 블레이드의 하중을 밴드로부터 멀리 멀어지게 이동시키는 것은 밴드 근처의 블레이드 표면들 및 밴드에서의 캐비테이션 위험을 줄인다. 캐비테이션 위험을 줄임으로써, 짧은 블레이드는 실용적이게 된다. 블레이드 두께 및 블레이드 각도들의 분포와 같은 다른 블레이드 파라미터들은 캐비테이션 위험 및 캐비테이션으로 인해 러너가 손상될 위험을 감소시키도록 선택될 수 있다.
- [0022] 선행하는 리딩 엣지들을 가지는 짧은 블레이드들의 조합은 종래의 긴 러너에 비해 감소된 수압 마찰을 갖는 짧은 러너를 야기한다. 짧은 러너 내의 캐비테이션 위험은 허용 가능한 수준 이내에 있다. 짧은 러너는 종래의 긴 러너보다 적은 무게를 가지고, 이것은 러너를 제조하는 데 필요한 적은 제조 비용 및 재료들의 비용을 야기한다.
- [0023] 짧은 블레이드의 트레일링 엣지들은 뒤집어질 수 있다. 뒤집힌 트레일링 엣지(inverted trailing edge)는 블레이드의 리딩 엣지를 향해 구부러진 만곡을 가진다. 만곡은 밴드로부터 러너의 크라운으로 트레일링 엣지의 전체 길이를 따라 연장된다. 뒤집힌 트레일링 엣지는 가상-유선들(17, 19)를 따르는, 특히 블레이드의 중간-스팬 영역들(mid-span regions)에서의 블레이드의 길이를 감소시킨다. 블레이드들의 길이를 단축시키는 것은 블레이드의 젖은 표면 구역을 감소시키고, 따라서 수압 마찰을 감소시킨다.
- [0024] 짧은 러너는 기존의 러너를 교체하는데 사용될 수 있고, 특히 러너를 내부에 삽입하기 위한 기존의 수압 터빈 안에 사용 가능한 공간이 거의 없는 경우에 그러하다. 짧은 러너는 또한 새로운 터빈 어셈블리 설계가 기존의 터빈을 제작하는데 필요한 크기들 및 비용들보다 감소된 크기와 적은 제작 및 재료의 비용을 가지는 것을 허용한다.
- [0025] 짧은 러너는 밴드, 크라운, 선행하는 리딩 엣지들을 가지는 짧은 블레이드들의 어레이 및 17% (0.17)보다 작은 밴드 길이 비율을 포함할 수 있다. 또한, 블레이드들의 트레일링 엣지들은 뒤집어 질 수 있고, 즉, 크라운 및 밴드 사이에서 리딩 엣지를 향하여 구부러진다.
- [0026] 밴드리스 터빈 러너는 크라운, 선행하는 리딩 엣지들을 가지는 짧은 블레이드들의 어레이 및 17% (0.17)보다 적은 주변부 길이 비율을 가지는 러너의 외곽 주변부를 포함할 수 있다. 또한, 블레이드들의 트레일링 엣지들은 뒤집어 질 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1은 스테이 베인들 및 가이드 베인들을 갖는 분배기, 러너, 드래프트 튜브 및 나선형의 케이싱을 갖는 종래의 프랜시스 터빈의 부분 단면도이다.
- 도 2는, 프랜시스 터빈을 위한 종래의 러너의 개략도이다.
- 도 3은, 종래의 러너의 저면도이다.
- 도 4는, 짧은 밴드 및 짧은 블레이드들을 갖는 짧은 러너의 측면도이다.

도 5는, 도 4에 도시된 짧은 러너의 저면도이다.

도 6은, 도 4에 도시된 러너의 평면도이고, 크라운은 블레이드들을 설명하기 위한 점선으로 도시되어있다.

도 7은, 리딩 엣지를 나타내는 짧은 러너의 사시도이고, 블레이드의 표면 상에 가상-유선들이 그려진다.

도 8은, 도 7에 도시된 러너 블레이드의 사시도 및 블레이드의 평면도를 제공한다.

도 9는, 도 7에 도시된 러너 블레이드의 사시도 및 트레일링 엣지를 도시한다.

도 10은, 짧은 러너 블레이드의 세로분할선도이다.

도 11은, 짧은 러너의 다른 실시 예의 측면 및 저면의 사시도이다.

도 12는, 도 11에 도시된 짧은 러너의 단면도이다.

도 13은, 뒤집힌 트레일링 엣지를 가진 짧은 러너의 다른 실시 예의 측면 및 저면의 사시도이다.

도 14는, 도 13에 도시된 짧은 러너의 단면도이다.

도 15는, 짧은 러너 및 종래의 긴 러너의 수압 효율을 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 도 4 및 5는 선행하는 리딩 엣지를 구비한 블레이드들(30)을 갖는 프랜시스 터빈을 위한 짧은 러너(26)를 도시한다. 짧은 러너(26)는 축(28)을 중심으로 방향(R)으로 회전한다. 밴드 길이 비율(L/D)은 17% (0.17)보다 작고, 15% (0.15)보다 작을 수 있고, 7% 내지 11%이내 일 수 있다.
- [0029] 짧은 러너(26)은 러너 블레이드들(30)의 환형 어레이, 환형 밴드(32) 및 크라운(34)을 포함한다. 러너(26)를 크라운(34)에서 볼 때, 방향(R)은 시계 방향이다. 크라운(34)은 러너(26)의 축(28)을 따라 밴드(32)를 향해 연장되는 회전의 표면을 가질 수 있다. 각각의 블레이드(30)는 리딩 엣지(36) 및 트레일링 엣지(40)을 포함할 수 있다.
- [0030] 리딩 엣지(36)는 러너(26)에 대해 상류 인렛에 있고, 물 또는 다른 수압 유체를 위한 분배기 및 나선형의 케이싱으로부터 하류에 있다. 트레일링 엣지들(40)은 러너(26)의 하류 단부에 있고, 러너(26)의 하류일 수 있는 드래프트 튜브를 마주본다. 솔리드 가상-유선들(17)은 블레이드 도면의 흡입 측에 도시되고, 대시 가상-유선들(19)은 블레이드 도면의 압력 측에 도시된다. 가상-유선들(17, 19)은 설명의 목적을 위한 것이고, 블레이드의 표면 상의 구조를 나타내지 않으며 실제 유선을 나타내지도 않는다.
- [0031] 각각의 블레이드(30)의 제 1 엣지(33)는, 크라운(34)의 외곽 표면에 고정되고, 제 2 엣지(38)은 밴드(32)의 내부 표면에 고정된다. 제 1 엣지(33)의 코너들(P, S)는 각각 크라운의 외곽 표면의 상류 영역과 하류 영역에 있다. 코너들(Q, T)는 각각 밴드(32)의 상류 및 하류 영역들에 있다.
- [0032] 밴드 길이(L)은 종래의 밴드들에 비해서 짧다. 짧은 밴드 길이(L)를 수용하기 위해서, 블레이드 길이는 엣지(38)를 따라서 단축된다. 도 2 및 4의 비교는, 밴드 길이(L) 및 짧은 러너(26)의 블레이드들(30)의 엣지(38)의 길이가 긴 러너(9)의 블레이드들(10)보다 짧다는 것을 보여준다.
- [0033] 대시 가상-유선들(19) 및 솔리드 가상-유선들(17)을 통해 묘사된 바와 같이, 블레이드(30)의 만곡은 짧은 엣지(38) 및 짧은 밴드(32)를 수용하기 위한 비율을 갖는다.
- [0034] 도 6은 각각의 블레이드(30)의 선행하는 리딩 엣지(36)를 나타낸다. 선행하는 리딩 엣지(36)에서, 밴드(32)에서의 엣지의 코너(Q)는 러너의 회전의 방향(R)으로 크라운(34)에서 코너(P)의 앞쪽에서 각을 이룬다. 경사각(θ)은 짧은 러너(26)의 축(28)으로부터 코너들(Q, P)를 향해 측정된 블레이드(30)의 리딩 엣지(36)의 코너들(Q, P) 사이의 각이다. 코너(P)가 회전 방향(R)으로 코너(Q)보다 앞서있을 때, 양의 경사각이 존재한다. 도 6에 도시된 바와 같이 음의 경사각($\theta < 0^\circ$)은 선행하는 리딩 엣지를 나타낸다.
- [0035] 선행하는 리딩 엣지 접합부(Q)는 블레이드의 수압 하중을 밴드(32)로부터 멀어지게 및 크라운(34)을 향하게 이동시킨다. 그 이동은, 밴드(32) 근처의 수압 하중을 감소시키고, 그것에 의해 밴드(34) 근처의 블레이드들(30)의 부분들 및 밴드(32)에서 캐비테이션 위험을 감소시킨다. 크라운(34)을 향한 수압 하중의 이동은 또한 블레이드(30)의 스패(span)를 따라 보다 균일한 하중을 제공한다.
- [0036] 도 7, 8 및 9는 짧은 러너(26)안의 블레이드(30)를 다른 시점들에서 본 것들이다. 블레이드(30)는 블레이드(3

0)를 흡입측을 바라보는 각도에서 보았을 때, 도7에서 도시된 도면 내에서, "V" 자 형태로 보여질 수 있다. 블레이드(30)의 엣지(33)는 크라운에 부착되고, 엣지(38)는 밴드에 부착된다. 블레이드의 코너들(P, Q, S, T)는 도 4, 5 및 6에 도시된 코너들과 일치한다.

[0037] 도 10은 도 7 내지 9에 도시된 블레이드(30)의 트레일링 엣지(40) 및 리딩 엣지(36)를 도시하는 짧은 러너의 세로분할선도(meridional view)이다. 블레이드(30)의 엣지(33)는 크라운(34)의 외곽 표면을 나타내는 프로파일 라인(44, profile line)과 인접한 것으로 도시된다. 블레이드(30)의 맞은편 엣지(38)는 밴드의 내부 표면의 프로파일 라인(44)과 인접한다. 차트의 수직축(Z)은 회전축을 나타내고, 수평 반경(r)은 러너의 축(28)으로부터 밴드와 트레일링 엣지와의 접합부(지점 T)로의 거리를 나타낸다.

[0038] 짧은 블레이드(30)상의 트레일링 엣지(40)의 도치(inversion)는 트레일링 엣지의 S 및 T의 코너들 사이의 직선(46)과 비교하여 트레일링 엣지(40)의 만곡으로부터 분명하다. 트레일링 엣지(40)는 블레이드(30)의 리딩 엣지(36)를 향하여 구부러진 형상을 갖는다. 뒤집힌 트레일링 엣지와는 대조적으로, 종래의 트레일링 엣지(20)(도 10에 점선으로 도시됨)는 리딩 엣지(36)로부터 멀어지게 구부러지고, 따라서, 직선(46)으로부터 바깥쪽으로 휘어진다(bow).

[0039] 뒤집힌 트레일링 엣지(40)는 블레이드(30)의 길이를 단축시키고, 특히 블레이드의 중간-스팬(M) 영역에서 그러하다. 블레이드(30)의 단축은 블레이드(30)의 젖은 표면 구역을 감소시키고, 따라서 블레이드(30) 및 물 사이의 수압 마찰을 감소시킨다. 감소된 마찰은 물 안의 에너지를 샤프트에 적용되는 토크로 변환하는데 있어, 프랜시스 터빈의 효율을 증가시킨다.

[0040] 짧은 러너의 전체 젖은 표면 구역은 종래의 긴 러너의 젖은 표면 구역과 비교하여 15% 또는 그 이상 감소될 수 있다. 짧은 러너의 젖은 표면 구역의 감소는 종래의 긴 러너에 비해 짧은 블레이드들 및 짧은 밴드로 인한 것이다. 젖은 표면 구역의 감소는 짧은 러너 상의 블레이드들의 트레일링 엣지들을 뒤집음으로써 보다 커질 수 있고, 예를 들어, 20% 이상 커질 수 있다.

[0041] 수압 표면 마찰은 러너의 젖은 표면들 상의 전단 응력을 측정함으로써 정량화 할 수 있다. 표면들 상의 전단 응력은 러너의 젖은 표면들 위로 흐르는 물과 러너 표면 사이의 마찰의 결과이다. 표면 구역을 감소시키는 것은 수압 마찰을 만들어내는 물에 의해 전단 응력이 발생하는 구역을 감소시킨다. 짧은 러너의 감소된 젖은 표면 구역은 긴 러너에 비해 30% 또는 그 이상으로 표면위로 합쳐진 수압 전단 응력을 감소시킬 수 있다. 수압 전단 응력의 양을 줄임으로써, 마찰로 인한 에너지 손실이 줄어들고, 따라서, 보다 많은 에너지가 러너의 샤프트를 구동하는 토크로 변환될 수 있다.

[0042] 도 11 및 12는 짧은 러너(48)의 다른 실시 예를 도시한다. 러너(48)는 샤프트(60)를 수용하도록 된다. 각각의 블레이드들(50)은 코너들(P, Q)를 가진 선행하는 리딩 엣지(52)를 구비한다. 각각의 블레이드(50)의 트레일링 엣지(54)는 리딩 엣지(52)로부터 구부러지게 멀어지는 만곡을 가진 것으로 도시된다. 크라운(58)의 하류 단부는 러너(48)의 축(28)과 수직이다. 밴드(62)는 프랜시스 터빈 내의 정지된 바닥 링(stationary bottom ring)과 일치하도록, 단차된(steppped) 외부의 원통형 표면을 가질 수 있다.

[0043] 도 13 및 14는 도 11 및 12에 도시된 짧은 러너(48)와 트레일링 엣지(66)를 제외하고, 유사한 짧은 러너(64)의 다른 실시 예를 도시한다. 짧은 러너(64)의 트레일링 엣지(66)는 리딩 엣지(52)를 향해 구부러지게 멀어지는 트레일링 엣지(66)의 엣지들 T 및 S 사이의 구부러진 엣지로부터 분명한 바와 같이, 뒤집어진다.

[0044] 도 15는 종래의 롱 러너의 수압 효율과 러너들(26, 48 및 64)과 같은 짧은 러너의 수압 효율의 그래프로 된 비교이다. Y-축 상의 효율은 종래의 롱 러너의 최고 효율(peak efficiency)로 정규화 된다. X-축 상의 방출(discharge)은 최고 효율에서의 방출로 정규화 된다. 짧은 러너의 성능 효율(68)은 종래의 긴 러너의 성능 효율(70)보다 일관되게 높다. 효율은 나선형의 케이싱의 인렛에서 수압 시스템에 들어가는 에너지에서 드래프트 튜브의 아웃렛에서 수압 시스템을 떠나는 에너지를 뺀 값에 대한 샤프트 상의 토크로 전환되는 에너지의 비율로서 정의된다.

[0045] 짧은 러너는 또한 수평 터빈 안에 사용될 수 있다. 수평 터빈을 위한 짧은 러너는 러너의 축으로서, 수평 축을 대신 가질 수 있다. 짧은 러너는, 수직 터빈의 짧은 러너의 장점들이 수평 터빈에서도 볼 수 있도록 수행할 수 있다.

[0046] 또한, 밴드리스(bandless, shroudless) 러너들은 짧은 블레이드 및 선행하는 리딩 엣지를 가질 수 있다. 밴드리스 러너들은 프랜시스 및 카플란(kaplan) 터빈에 사용될 수 있다. 밴드리스 러너의 선행하는 리딩 엣지는 리딩 엣지가 밴드리스 러너의 회전 방향으로 크라운과 연결되는 것에 앞서 존재하는 러너의 외곽 주변부에서의 리딩

엣지를 가지는 것으로 정의될 수 있다.

[0047] 짧은 밴드리스 러너는 17%(0.17)보다 작은 러너의 주변부 길이 비율을 갖는다. 주변부 길이 비율(L/D)은 러너의 하부 분배기와 러너의 외곽 주변에서의 트레일링 엣지의 지점 사이에서 측정된 길이(L)와, 러너의 외곽 주변부에서의 러너의 직경으로서, 밴드리스 러너의 아웃렛 직경인 직경(D) 사이의 비율이다.

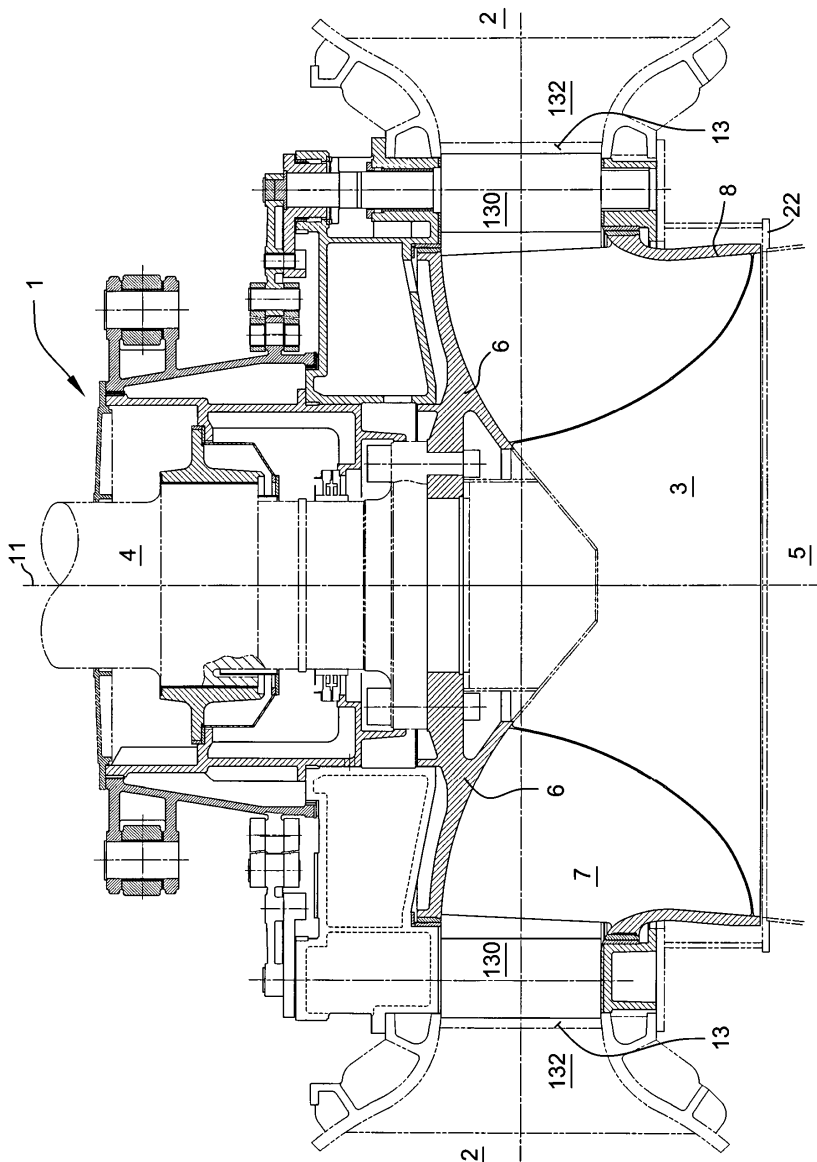
[0048] 밴드리스 러너 상의 짧은 블레이드들의 외곽 주변부 엣지들은 정지된 케이싱(stationary casing)의 바닥 링의 표면을 마주보도록 되고, 블레이드들은 블레이드의 주변부 엣지 및 정지된 케이싱의 표면 사이에서의 물의 흐름을 허용하지 않게 될 수 있다. 예를 들어, 짧은 블레이드들의 외곽 주변 엣지들은 정지된 표면에 대해서 시일(seal)을 형성할 수 있다. 짧은 밴드리스 러너는 밴드를 가진 짧은 러너와 같이 유사한 장점을 가진다.

[0049] 터빈 내의 짧은 러너의 장점은 경량 러너를 제공하는 것, 수압 마찰을 감소시키는 것, 수압 효율을 증가시키는 것 및 허용 가능한 캐비테이션 거동을 유지하는 것을 포함할 수 있고, 이에 제한되지 않는다.

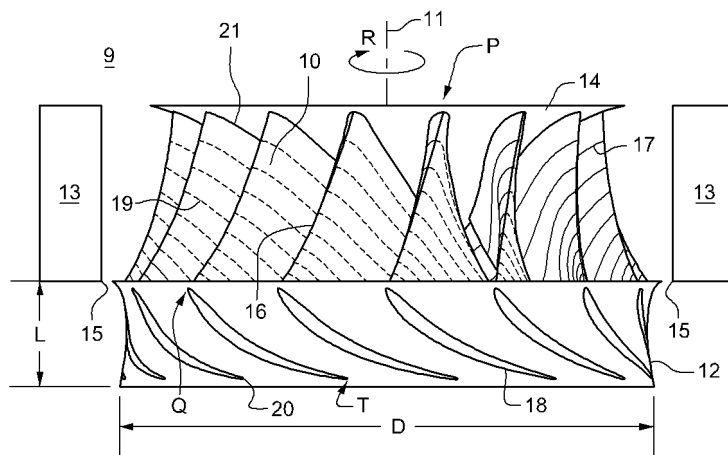
[0050] 본 발명은 현재 가장 실용적이고 바람직한 실시 예로 여겨지는 것과 관련하여 설명되었지만, 본 발명은 개시된 실시 예에 한정되는 것이 아니라 오히려 첨부된 청구범위의 사상 및 범위 내에 포함되는 다양한 변형 및 균등한 구성을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면

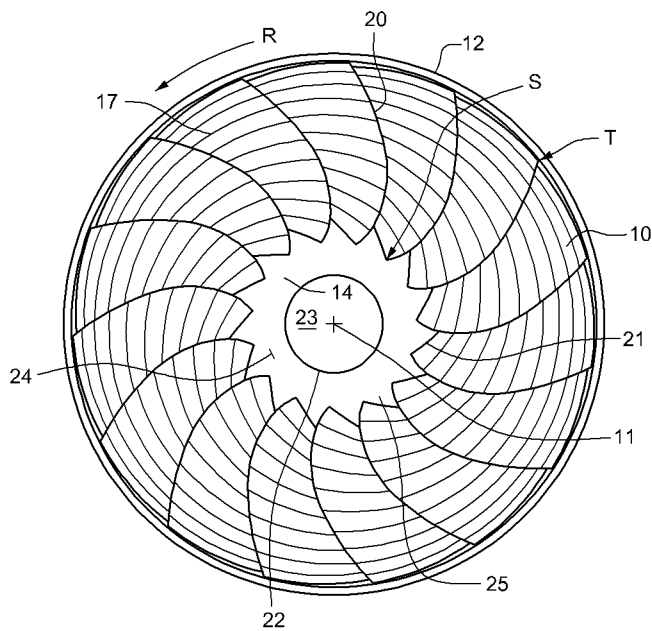
도면1



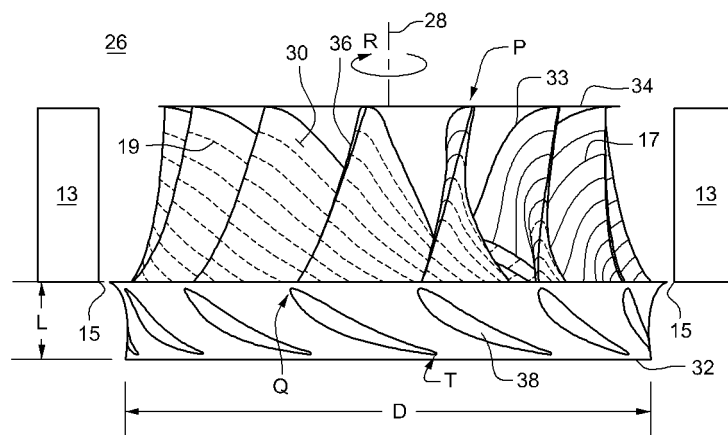
도면2



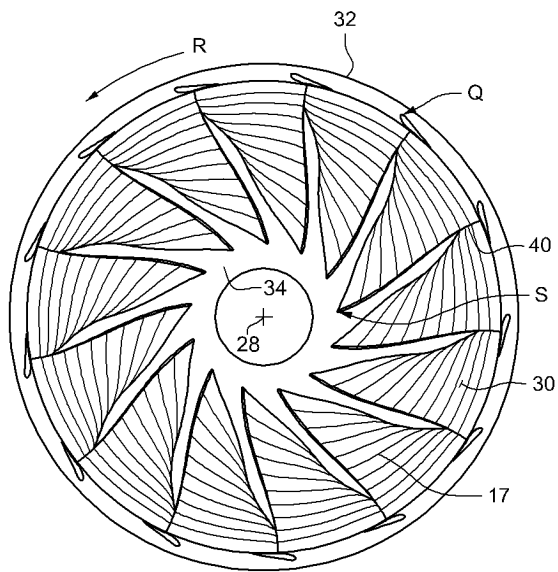
도면3



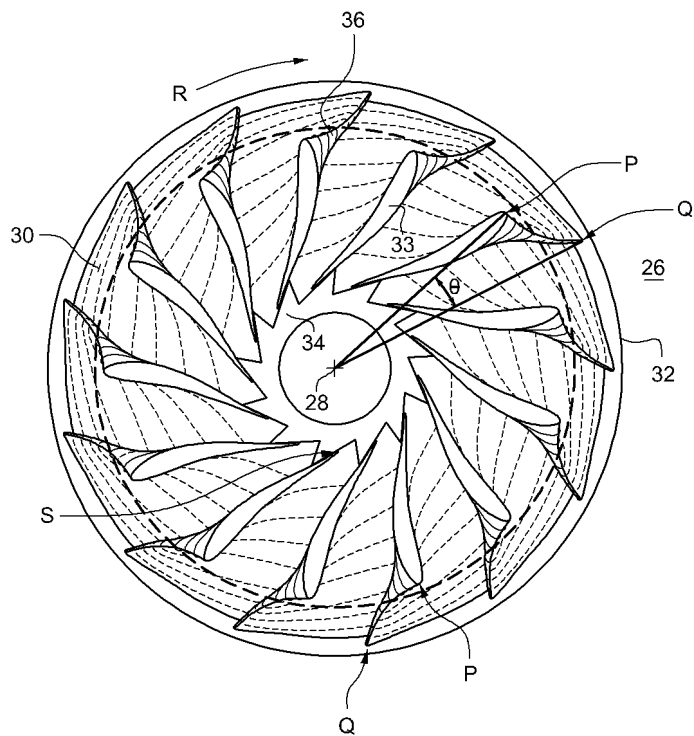
도면4



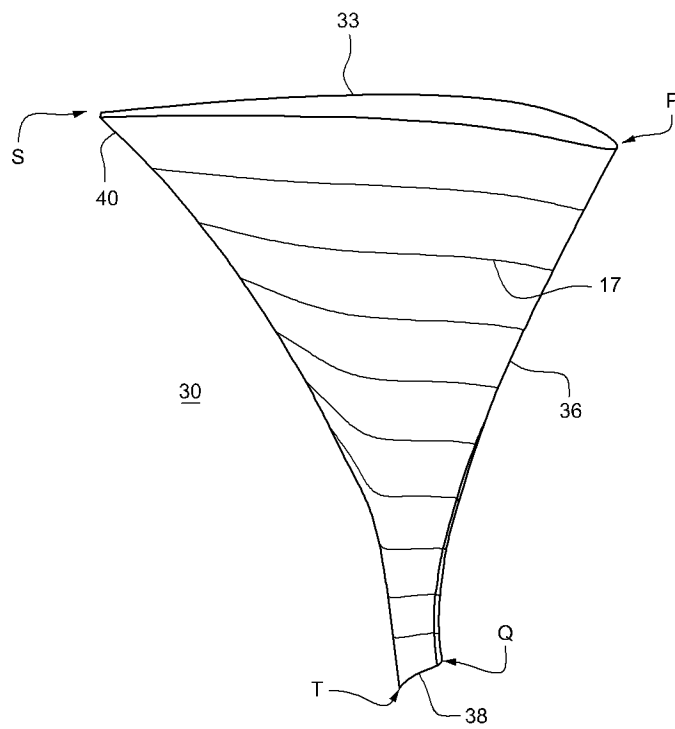
도면5



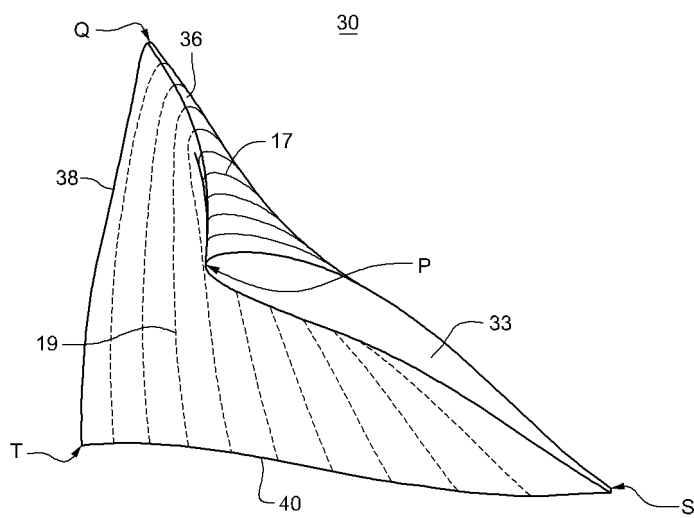
도면6



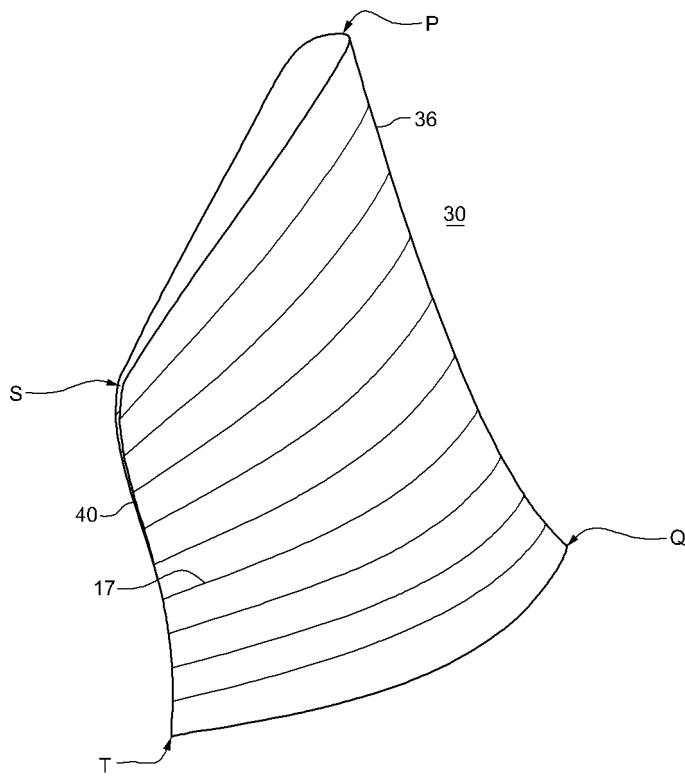
도면7



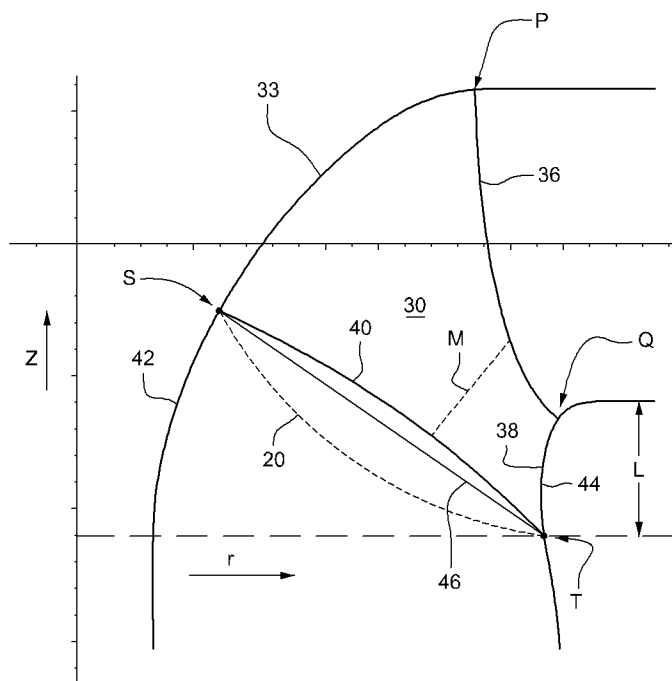
도면8



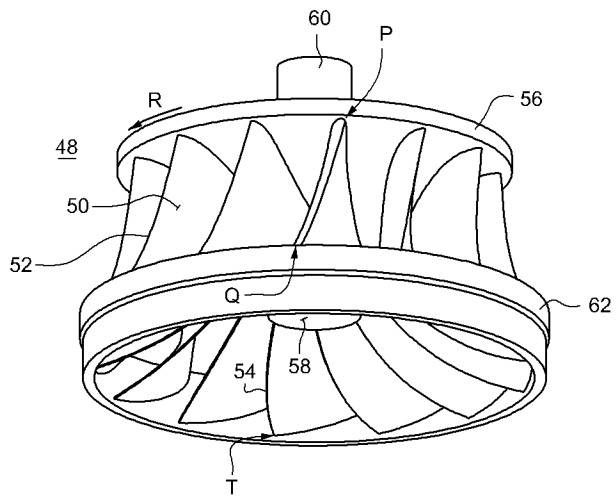
도면9



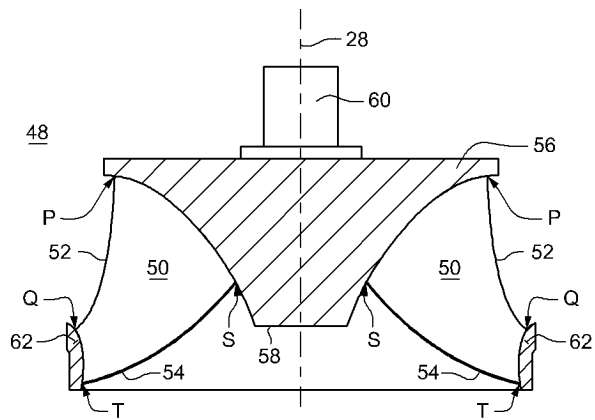
도면10



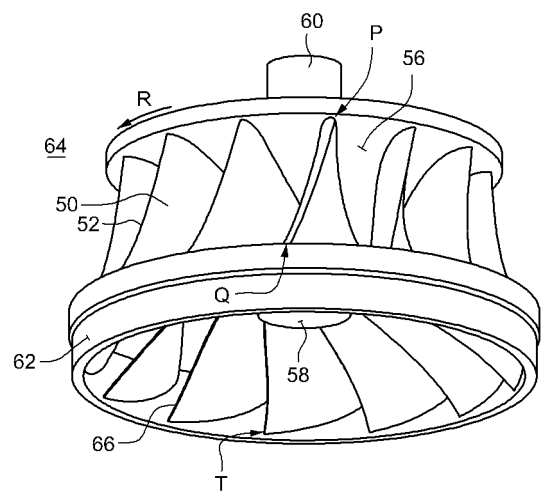
도면11



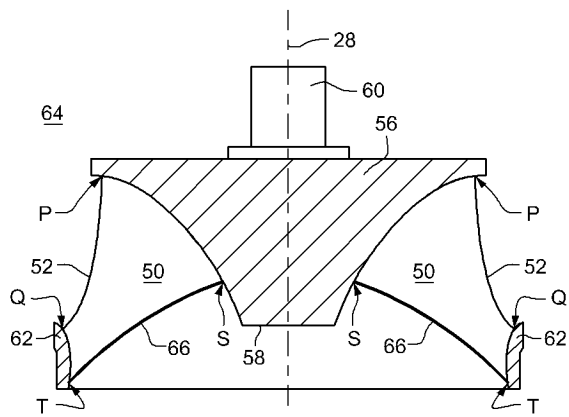
도면12



도면13



도면14



도면15

