



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년01월13일
(11) 등록번호 10-2488973
(24) 등록일자 2023년01월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01D 5/18 (2006.01) F01D 25/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F01D 5/186 (2013.01)
F01D 25/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0003610
(22) 출원일자 2021년01월11일
심사청구일자 2021년01월11일
(65) 공개번호 10-2022-0101510
(43) 공개일자 2022년07월19일
(56) 선행기술조사문헌
EP03628819 A1*
KR1020050079212 A*
W02018186891 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
두산에너지빌리티 주식회사
경상남도 창원시 성산구 두산볼보로 22 (귀곡동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
박정신
경기도 성남시 분당구 정자일로 146, 101동 1208호(정자동, 엠코헤리츠 1단지)
양기훈
경기도 용인시 처인구 지삼로590번길 29, 305동 1001호(삼가동, 용인 행정타운 두산위브 3단지아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 천지

전체 청구항 수 : 총 6 항

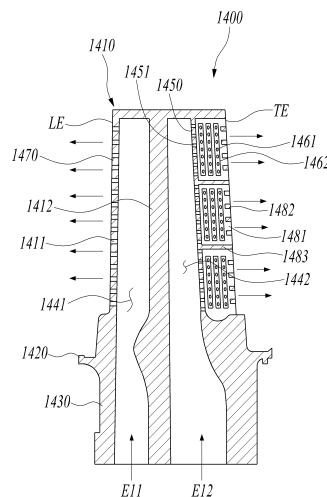
심사관 : 김희영

(54) 발명의 명칭 터빈용 에어포일 및 이를 포함하는 터빈

(57) 요약

본 발명의 일 측면에 따른 에어포일은 리딩 엣지와 트레일링 엣지를 가지며, 상기 트레일링 엣지와 연결되어 상기 트레일링 엣지로 공기를 배출하는 후방 냉각유로, 상기 후방 냉각 유로에 형성된 복수의 냉각 핀, 상기 냉각 핀들을 연결하며 상기 냉각 핀을 지지하는 유동 가이드 막대를 포함하고, 상기 냉각 핀은 상기 유동 가이드 막대의 상부로 돌출된 상부 핀, 상기 유동 가이드 막대의 하부로 돌출된 하부 핀, 상기 유동 가이드 막대에 삽입된 중간 핀을 포함할 수 있다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

F01D 5/183 (2013.01)

F05D 2220/32 (2013.01)

F05D 2260/202 (2013.01)

F05D 2260/2212 (2013.01)

(72) 발명자

이기돈

경상남도 김해시 율하2로 87, 509동 403호(율하동,
율상마을모아미래도5단지)

조형희

서울특별시 용산구 서빙고로 35, 103동 2902호(한
강로3가, 용산시티파크1단지)

박희승

서울특별시 서대문구 연희로8길 28-53, 407호

최석민

세종특별자치시 대평1길 27, 102동 904호(대평동,
해들마을1단지)

김용진

서울특별시 금천구 시흥대로101길 3-22, 1동 305
호(독산동, 도하, 군인아파트)

김수원

인천광역시 서구 송학로450번길 22 해뜨는 집D 30
2호

명세서

청구범위

청구항 1

리딩 엣지 및 트레일링 엣지를 갖는 에어포일에 있어서,
 상기 트레일링 엣지와 연결되어 상기 트레일링 엣지로 공기를 배출하는 후방 냉각유로;
 상기 후방 냉각 유로에 형성된 복수의 냉각 핀; 및
 상기 냉각 핀들을 연결하며 상기 냉각 핀을 지지하는 유동 가이드 막대;
 를 포함하고,
 상기 냉각 핀은 상기 유동 가이드 막대의 상부로 돌출된 상부 핀, 상기 유동 가이드 막대의 하부로 돌출된 하부 핀, 상기 유동 가이드 막대에 삽입된 중간 핀을 포함하며,
 상기 유동 가이드 막대는 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하는 윗지부와 상기 윗지부의 선단에 연결되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부와 상기 윗지부의 후단에 연결되며 호형으로 돌출된 후방 볼록부를 포함하고,
 상기 유동 가이드 막대의 표면에는 난류를 형성하는 복수의 난류 형성 돌기 또는 난류 형성 홈이 형성되며,
 상기 난류 형성 돌기 또는 상기 난류 형성 홈은 상기 전방 볼록부를 제외하고 상기 윗지부와 상기 후방 볼록부에만 형성된 에어포일.

청구항 2

제1 항에 있어서,
 상기 유동 가이드 막대는 상기 에어포일의 높이방향으로 이어져 형성된 에어포일.

청구항 3

제2 항에 있어서,
 상기 유동 가이드 막대는 냉각 공기를 상기 후방 냉각 유로의 일측 면으로 가압하는 제1 경사면과 냉각 공기를 상기 후방 냉각 유로의 타측 면으로 가압하는 제2 경사면을 포함하는 에어포일.

청구항 4

삭제

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

회전 가능한 로터 디스크와, 상기 로터 디스크에 설치되는 복수의 터빈 블레이드와 회전하지 않게 고정된 터빈 베인을 포함하는 터빈으로서,

상기 터빈 블레이드는 날개 형상으로 이루어지며 리딩 엣지와 트레일링 엣지를 갖는 에어포일과 상기 에어포일의 하부에 결합된 플랫폼부와 상기 플랫폼부에서 하부로 돌출되어 상기 로터 디스크에 결합되는 루트부를 포함하고,

상기 에어포일은,

상기 트레일링 엣지와 연결되어 상기 트레일링 엣지로 공기를 배출하는 후방 냉각유로;

상기 후방 냉각 유로에 형성된 복수의 냉각 핀; 및

상기 냉각 핀들을 연결하며 상기 냉각 핀을 지지하는 유동 가이드 막대;

를 포함하고,

상기 냉각 핀은 상기 유동 가이드 막대의 상부로 돌출된 상부 핀, 상기 유동 가이드 막대의 하부로 돌출된 하부 핀, 상기 유동 가이드 막대에 삽입된 중간 핀을 포함하며,

상기 유동 가이드 막대는 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하는 윗지부와 상기 윗지부의 선단에 연결되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부와 상기 윗지부의 후단에 연결되며 호형으로 돌출된 후방 볼록부를 포함하고,

상기 유동 가이드 막대의 표면에는 난류를 형성하는 복수의 난류 형성 돌기 또는 난류 형성 홈이 형성되며,

상기 난류 형성 돌기 또는 상기 난류 형성 홈은 상기 전방 볼록부를 제외하고 상기 윗지부와 상기 후방 볼록부에만 형성된 터빈.

청구항 12

제11 항에 있어서,

상기 유동 가이드 막대는 상기 에어포일의 높이방향으로 이어져 형성된 터빈.

청구항 13

제12 항에 있어서,

상기 유동 가이드 막대는 냉각 공기를 상기 후방 냉각 유로의 일측 면으로 가압하는 제1 경사면과 냉각 공기를 상기 후방 냉각 유로의 타측 면으로 가압하는 제2 경사면을 포함하는 터빈.

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 터빈용 에어포일 및 이를 포함하는 터빈에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가스 터빈은 압축기에서 압축된 압축 공기와 연료를 혼합하여 연소시키고, 연소로 발생된 고온의 가스로 터빈을 회전시키는 동력 기관이다. 가스 터빈은 발전기, 항공기, 선박, 기차 등을 구동하는데 사용된다.

[0003] 일반적으로 가스 터빈은 압축기, 연소기 및 터빈을 포함한다. 압축기는 외부 공기를 흡입하여 압축한 후 연소기로 전달한다. 압축기에서 압축된 공기는 고압 및 고온의 상태가 된다. 연소기는 압축기로부터 유입된 압축 공기와 연료를 혼합해서 연소시킨다. 연소로 인해 발생된 연소 가스는 터빈으로 배출된다. 연소 가스에 의해 터빈 내부의 터빈 블레이드가 회전하게 되며, 이를 통해 동력이 발생된다. 발생된 동력은 발전, 기계 장치의 구동 등 다양한 분야에 사용된다.

[0004] 최근에는 터빈의 효율을 증가시키기 위하여 터빈으로 유입되는 가스의 온도(Turbine Inlet Temperature: TIT)가 지속적으로 상승하는 추세에 있는데, 이로 인하여 터빈 블레이드의 내열처리 및 냉각의 중요성이 부각되고 있다.

[0005] 터빈 블레이드를 냉각하기 위한 방법으로는 필름 쿨링과 인터널 쿨링 방식이 있다. 필름 쿨링 방식은 터빈 블레이드의 외면에 코팅막을 형성하여 외부에서 블레이드로 열전달을 막는 방식이다. 필름 쿨링 방식에 의하면 블레이드에 도포되는 내열도료가 블레이드의 내열 특성 및 기계적 내구성을 결정된다.

[0006] 인터널 쿨링 방식은 냉각유체와 블레이드의 열교환을 통해서 블레이드를 냉각하는 방식이다. 일반적으로 터빈 블레이드는 가스터빈의 압축기로부터 추출된 압축된 냉각 공기를 이용하여 냉각한다. 압축기에 의해 압축된 압축 공기는 가스 터빈의 연소기에서 사용하기 위해 생성되는 것이므로, 터빈 블레이드의 냉각을 위해 압축기로부터 추출되는 압축 공기의 양을 증가시킨다면 가스 터빈의 전체 효율이 저하된다. 따라서 효율적인 블레이드의 냉각을 위해서는 적은 양의 냉각유체로 블레이드를 효율적으로 냉각해야 한다.

선행기술문헌

특허문헌

(특허문헌 0001) 국제공개공보 W02018/186891(2018.10.11.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 상기한 바와 같은 기술적 배경을 바탕으로, 본 발명은 냉각 성능이 향상된 에어포일, 및 터빈을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본 발명의 일 측면에 따른 에어포일은 리딩 엣지와 트레일링 엣지를 가지며, 상기 트레일링 엣지와 연결되어 상기 트레일링 엣지로 공기를 배출하는 후방 냉각유로, 상기 후방 냉각 유로에 형성된 복수의 냉각 핀, 상기 냉각 핀들을 연결하며 상기 냉각 핀을 지지하는 유동 가이드 막대를 포함하고, 상기 냉각 핀은 상기 유동 가이드 막대의 상부로 돌출된 상부 핀, 상기 유동 가이드 막대의 하부로 돌출된 하부 핀, 상기 유동 가이드 막대에 삽입된 중간 핀을 포함할 수 있다.
- [0009] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대는 상기 에어포일의 높이방향으로 이어져 형성될 수 있다.
- [0010] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대는 냉각 공기를 상기 후방 냉각 유로의 일측 면으로 가압하는 제1 경사면과 냉각 공기를 상기 후방 냉각 유로의 타측 면으로 가압하는 제2 경사면을 포함할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대는 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대는 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하는 윗지부와 상기 윗지부의 선단에 연결되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부와 상기 윗지부의 후단에 연결되며 호형으로 돌출된 후방 볼록부를 포함할 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대의 표면에는 난류를 형성하는 복수의 난류 형성 돌기가 형성될 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 난류 형성 돌기는 상기 윗지부와 상기 후방 볼록부에만 형성될 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대의 표면에는 난류를 형성하는 복수의 난류 형성 홈이 형성될 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대는 선단에 위치되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부와 후단에 위치되며 오목하게 함몰된 후방 홈부와 상기 전방 볼록부와 상기 후방 홈부를 연결하며 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하는 윗지부를 포함할 수 있다.
- [0017] 삭제
- [0018] 본 발명의 다른 측면에 따른 터빈은 회전 가능한 로터 디스크와, 상기 로터 디스크에 설치되는 복수의 터빈 블레이드를 포함하며, 상기 터빈 블레이드는 날개 형상으로 이루어지며 리딩 엣지와 트레일링 엣지를 갖는 에어포일과 상기 에어포일의 하부에 결합된 플랫폼부와 상기 플랫폼부에서 하부로 돌출되어 상기 로터 디스크에 결합되는 루트부를 포함하고, 상기 에어포일은, 상기 트레일링 엣지와 연결되어 상기 트레일링 엣지로 공기를 배출하는 후방 냉각유로, 상기 후방 냉각 유로에 형성된 복수의 냉각 핀, 상기 냉각 핀들을 연결하며 상기 냉각 핀을 지지하는 유동 가이드 막대를 포함하고, 상기 냉각 핀은 상기 유동 가이드 막대의 상부로 돌출된 상부 핀, 상기 유동 가이드 막대의 하부로 돌출된 하부 핀, 상기 유동 가이드 막대에 삽입된 중간 핀을 포함할 수 있다.
- [0019] 본 발명의 다른 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대는 상기 에어포일의 높이방향으로 이어져 형성될 수 있다.
- [0020] 본 발명의 다른 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대는 냉각 공기를 상기 후방 냉각 유로의 일측 면으로 가압하는 제1 경사면과 냉각 공기를 상기 후방 냉각 유로의 타측 면으로 가압하는 제2 경사면을 포함할 수 있다.
- [0021] 본 발명의 다른 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대는 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소할 수 있다.
- [0022] 본 발명의 다른 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대는 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하는 윗지부와 상기 윗지부의 선단에 연결되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부와 상기 윗지부의 후단에 연결되며 호형으로 돌출된 후방 볼록부를 포함할 수 있다.
- [0023] 본 발명의 다른 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대의 표면에는 난류를 형성하는 복수의 난류 형성 돌기가 형성될 수 있다.
- [0024] 본 발명의 다른 측면에 따른 상기 난류 형성 돌기는 상기 윗지부와 상기 후방 볼록부에만 형성될 수 있다.

- [0025] 본 발명의 다른 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대의 표면에는 난류를 형성하는 복수의 난류 형성 홈이 형성될 수 있다.
- [0026] 본 발명의 다른 측면에 따른 상기 유동 가이드 막대는 선단에 위치되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부와 후단에 위치되며 오목하게 함몰된 후방 홈부와 상기 전방 볼록부와 상기 후방 홈부를 연결하며 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하는 윗지부를 포함할 수 있다.
- [0027] 삭제

발명의 효과

- [0028] 본 발명의 일 측면에 따른 에어포일, 터빈에 의하면 냉각 핀들에 유동 가이드 막대가 결합되며, 냉각 핀들은 유동 가이드 막대의 상부 또는 하부로 돌출된 부분을 포함하므로 유동 가이드 막대가 냉각 공기를 에어포일의 내벽으로 밀어서 냉각 효율이 향상될 수 있을 뿐만 아니라 유로 면적이 감소하여 유속이 증가하며, 난류성이 증가하여 냉각 효율이 더욱 향상될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0029] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 가스 터빈의 내부가 도시된 도면이다.
- 도 2는 도 1의 가스 터빈의 일부를 잘라 본 종단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 터빈 블레이드를 도시한 사시도이다.
- 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 터빈 블레이드를 도시한 종단면도이다.
- 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대를 도시한 사시도이다.
- 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따른 에어포일을 잘라 본 부분 단면도이다.
- 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 베인을 도시한 종단면도이다.
- 도 8은 본 발명의 제1 실시예에 따른 냉각 핀의 누셀트 수와 종래 냉각 핀의 누셀트 수를 비교한 그래프이다.
- 도 9는 종래 냉각 핀의 흡입면에서의 열/물질전달 분포를 나타낸 그래프이고, 도 10은 본 발명의 제1 실시예에 따른 냉각 핀의 흡입면에서의 열/물질전달 분포를 나타낸 그래프이다.
- 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대를 도시한 단면도이다.
- 도 12는 본 발명의 제3 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대를 도시한 단면도이다.
- 도 13은 본 발명의 제4 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대를 도시한 단면도이다.
- 도 14는 본 발명의 제5 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대를 도시한 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예를 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0031] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0032] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 이 때, 첨부된 도면에서 동일한 구성 요소는 가능한 동일한 부호로 나타내고 있음에 유의한다. 또한, 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략할 것이다. 마찬가지로 이유로 첨부 도면에 있어서 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 개략적으로 도시되었다.

- [0033] 이하에서는 본 발명의 제1 실시예에 따른 가스 터빈에 대해서 설명한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스 터빈의 내부가 도시된 도면이며, 도 2는 도 1의 가스 터빈의 일부를 잘라 본 종단면도이다.
- [0035] 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 본 실시예를 따르는 가스 터빈(1000)의 열역학적 사이클은 이상적으로는 브레이튼 사이클(Brayton cycle)을 따를 수 있다. 브레이튼 사이클은 등엔트로피 압축(단열 압축), 정압 급열, 등엔트로피 팽창(단열 팽창), 정압 방열로 이어지는 4가지 과정으로 구성될 수 있다. 즉, 대기의 공기를 흡입하여 고압으로 압축한 후 정압 환경에서 연료를 연소하여 열에너지를 방출하고, 이 고온의 연소 가스를 팽창시켜 운동에너지로 변환시킨 후에 잔여 에너지를 담은 배기가스를 대기 중으로 방출할 수 있다. 즉, 압축, 가열, 팽창, 방열의 4 과정으로 사이클이 이루어질 수 있다.
- [0036] 위와 같은 브레이튼 사이클을 실현하는 가스 터빈(1000)은 도 1에 도시된 바와 같이, 압축기(1100), 연소기(1200) 및 터빈(1300)을 포함할 수 있다. 이하의 설명은 도 1을 참조하겠지만, 본 발명의 설명은 도 1에 예시적으로 도시된 가스 터빈(1000)과 동등한 구성을 가진 터빈 기관에 대해서도 폭넓게 적용될 수 있다.
- [0037] 도 1을 참조하면, 가스 터빈(1000)의 압축기(1100)는 외부로부터 공기를 흡입하여 압축할 수 있다. 압축기(1100)는 압축기 블레이드(1130)에 의해 압축된 압축 공기를 연소기(1200)에 공급하고, 또한 가스 터빈(1000)에서 냉각이 필요한 고온 영역에 냉각용 공기를 공급할 수 있다. 이때, 흡입된 공기는 압축기(1100)에서 단열 압축 과정을 거치게 되므로, 압축기(1100)를 통과한 공기의 압력과 온도는 올라가게 된다.
- [0038] 압축기(1100)는 원심 압축기(centrifugal compressors)나 축류 압축기(axial compressor)로 설계되는데, 소형 가스 터빈에서는 원심 압축기가 적용되는 반면, 도 1에 도시된 것과 같은 대형 가스 터빈(1000)은 대량의 공기를 압축해야 하기 때문에 다단 축류 압축기(1100)가 적용되는 것이 일반적이다. 이때, 다단 축류 압축기(1100)에서는, 압축기(1100)의 블레이드(1130)는 센터 타이로드(1120)와 로터 디스크의 회전에 따라 회전하여 유입된 공기를 압축하면서 압축된 공기를 후단의 압축기 베인(1140)으로 이동시킨다. 공기는 다단으로 형성된 블레이드(1130)를 통과하면서 점점 더 고압으로 압축된다.
- [0039] 압축기 베인(1140)은 하우징(1150)의 내부에 장착되며, 복수의 압축기 베인(1140)이 단을 형성하며 장착될 수 있다. 압축기 베인(1140)은 전단의 압축기 블레이드(1130)로부터 이동된 압축 공기를 후단의 블레이드(1130) 측으로 안내한다. 일 실시예에서 복수의 압축기 베인(1140) 중 적어도 일부는 공기의 유입량의 조절 등을 위해 정해진 범위 내에서 회전 가능하도록 장착될 수 있다.
- [0040] 압축기(1100)는 터빈(1300)에서 출력되는 동력의 일부를 사용하여 구동될 수 있다. 이를 위해, 도 1에 도시된 바와 같이, 압축기(1100)의 회전축과 터빈(1300)의 회전축은 토크 튜브(1170)에 의하여 직결될 수 있다. 대형 가스 터빈(1000)의 경우, 터빈(1300)에서 생산되는 출력의 거의 절반 정도가 압축기(1100)를 구동시키는데 소모될 수 있다.
- [0041] 한편, 연소기(1200)는 압축기(1100)의 출구로부터 공급되는 압축 공기를 연료와 혼합하여 등압 연소시켜 높은 에너지의 연소 가스를 만들어 낼 수 있다. 연소기(1200)에서는 유입된 압축공기를 연료와 혼합, 연소시켜 높은 에너지의 고온, 고압 연소가스를 만들어 내며, 등압연소과정으로 연소기 및 터빈부품이 견딜 수 있는 내열한도까지 연소가스온도를 높이게 된다.
- [0042] 연소기(1200)는 셀 형태로 형성되는 하우징 내에 다수가 배열될 수 있으며, 연료분사노즐 등을 포함하는 버너(Burner)와, 연소실을 형성하는 연소기 라이너(Combustor Liner), 그리고 연소기와 터빈의 연결부가 되는 트랜지션 피스(Transition Piece)를 포함하여 구성된다.
- [0043] 한편, 연소기(1200)에서 나온 고온, 고압의 연소가스는 터빈(1300)으로 공급된다. 공급된 고온 고압의 연소 가스가 팽창하면서 터빈(1300)의 터빈 블레이드(1400)에 충동, 반동력을 주어 회전 토크가 야기되고, 이렇게 얻어진 회전 토크는 상술한 토크 튜브(1170)를 거쳐 압축기(1100)로 전달되고, 압축기(1100) 구동에 필요한 동력을 초과하는 동력은 발전기 등을 구동하는데 사용된다.
- [0044] 터빈(1300)은 로터 디스크(1310)와 로터 디스크(1310)에 방사상으로 배치되는 복수 개의 터빈 블레이드(1400)와 베인(1500)을 포함한다.
- [0045] 로터 디스크(1310)는 대략 원판 형태를 가지고 있고, 그 외주부에는 복수의 홈이 형성되어 있다. 홈은 굴곡면을 갖도록 형성되며 홈에 터빈 블레이드(1400)와 베인(1500)이 삽입된다. 터빈 블레이드(1400)는 도브테일 등의 방식으로 로터 디스크(1310)에 결합될 수 있다. 베인(1500)은 회전하지 않도록 고정되며 터빈 블레이드(1400)를

통과한 연소 가스의 흐름 방향을 안내한다.

- [0046] 도 3은 본 발명의 제1 실시예에 따른 터빈 블레이드를 도시한 사시도이고, 도 4는 본 발명의 제1 실시예에 따른 터빈 블레이드를 도시한 종단면도이다.
- [0047] 도 3 및 도 4를 참조하여 설명하면, 터빈 블레이드(1400)는 날개 형상의 에어포일(1410)과 에어포일(1410)의 하부에 결합된 플랫폼부(1420) 및 플랫폼부(1420)의 아래로 돌출되어 로터 디스크에 결합되는 루트부(1430)를 포함한다. 에어포일(1410)은 날개 형상의 곡면판으로 이루어질 수 있으며, 가스 터빈(1000)의 사양에 따라 최적화된 익형을 갖도록 형성될 수 있다.
- [0048] 플랫폼부(1420)는 에어포일(1410)과 루트부(1430) 사이에 위치하며 대략 사각판 또는 사각기둥 형상으로 이루어질 수 있다. 플랫폼부(1420)는 이웃한 터빈 블레이드(1400)의 플랫폼부(1420)와 그 측면이 서로 접하여 터빈 블레이드들(1400) 사이의 간격을 유지시키는 역할을 한다.
- [0049] 루트부(1430)는 대략 전나무 형태의 굴곡부를 가지며, 이는 로터 디스크(1310)의 슬롯에 형성된 굴곡부의 형태와 대응하도록 형성된다. 여기서, 루트부(1430)의 결합구조는 반드시 전나무 형태를 가질 필요는 없고, 도브 테일 형태를 갖도록 형성될 수도 있다. 루트부(1430)의 하단에는 냉각 공기의 공급을 위한 제1 유입구(E11)와 제2 유입구(E12)가 형성될 수 있다.
- [0050] 에어포일(1410)은 연소 가스의 흐름 방향을 기준으로 상류측에 배치되는 리딩 엣지(LE)와 하류측에 배치되는 트레일링 엣지(TE)를 구비할 수 있다. 또한, 에어포일(1410)에서 연소가스가 유입되는 전면에는 외측방으로 볼록한 곡면을 이루며 돌출된 흡입면(S1)이 형성되고, 에어포일(1410)의 후면에는 흡입면(S1) 측으로 오목하게 함몰된 곡면을 이루는 압력면(S2)이 형성된다. 에어포일(1410)의 흡입면(S1)과 압력면(S2)의 압력차가 발생하여 터빈(1300)이 회전하게 된다.
- [0051] 에어포일(1410)의 표면에는 다수의 쿨링홀(1411)이 형성되는데, 쿨링홀(1411)들은 에어포일(1410)의 내부에 형성되는 냉각 유로와 연통되어 냉각 공기를 에어포일(1410)의 표면에 공급한다.
- [0052] 에어포일(1410)은 외형을 이루는 외벽(1470), 외벽(1470)의 내부에 형성된 냉각유로들(1441, 1442), 분할판(1412), 격벽(1483), 및 다공판(1450)을 포함할 수 있다.
- [0053] 에어포일(1410)은 리딩 엣지(LE)와 연결된 전방 냉각유로(1441), 트레일링 엣지(TE)와 연결된 후방 냉각유로(1442)를 포함할 수 있다. 에어포일(1410)은 에어포일(1410)의 높이방향으로 이어져 에어포일(1410)의 내부 공간을 분할하는 분할판(1412)을 포함하며, 분할판(1412)에 의하여 전방 냉각유로(1441)와 후방 냉각유로(1442)가 분리될 수 있다. 다만 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며, 에어포일(1410)은 2개 이상의 분할판(1412)을 포함하고, 에어포일(1410)의 내부에는 3개 이상의 냉각 유로가 형성될 수도 있다.
- [0054] 전방 냉각유로(1441)는 터빈 블레이드(1400)의 하부에 형성된 제1 유입구(E11)와 연통되고, 후방 냉각유로(1442)는 터빈 블레이드(1400)의 하부에 형성된 제2 유입구(E12)와 연통된다.
- [0055] 후방 냉각유로(1442)와 트레일링 엣지(TE) 사이에는 다공판(1450)이 설치될 수 있다. 다공판(1450)은 후방 냉각유로(1442)의 높이 방향으로 이어진다. 다공판(1450)에는 복수의 홀(1451)이 형성되며, 다공판(1450)과 트레일링 엣지(TE) 사이의 공간은 에어포일(1410)의 높이 방향으로 이격된 격벽(1483)에 의하여 분할될 수 있다. 격벽(1483)의 한쪽 단부는 다공판(1450)에 연결되고, 격벽(1483)의 다른쪽 단부는 트레일링 엣지(TE)에 연결될 수 있다.
- [0056] 에어포일(1410)은 후방 냉각유로(1442)와 연결되어 후방 냉각유로(1442)의 공기를 배출시키되 트레일링 엣지(TE)의 높이 방향으로 이격 형성된 복수의 후단 쿨링 슬롯(1481)과, 후단 쿨링 슬롯(1481) 사이에 형성되어 후단 쿨링 슬롯(1481)을 분할하는 분할 돌기(1482)를 더 포함할 수 있다. 다공판(1450)을 통과하여 후방 냉각유로(1442)로 유입된 공기들은 후단 쿨링 슬롯(1481)을 통해서 배출된다.
- [0057] 제1 유입구(E11)를 통해서 공급된 공기는 에어포일(1410)을 냉각한 후에 쿨링홀(1411)을 통해서 배출되며, 제2 유입구(E12)를 통해서 공급된 공기 중 일부는 쿨링홀(1411)을 통해서 배출되고, 나머지 공기는 후단 쿨링 슬롯(1481)을 통해서 배출된다.
- [0058] 도 5는 본 발명의 제1 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대를 도시한 사시도이고, 도 6은 본 발명의 제1 실시예에 따른 에어포일을 잘라 본 부분 단면도이다.
- [0059] 도 4 내지 도 6을 참조하여 설명하면, 에어포일(1410)은 다공판(1450)과 트레일링 엣지(TE) 사이 설치된 냉각

핀(1461)과 유동 가이드 막대(1462)를 더 포함할 수 있다.

- [0060] 냉각 핀(1461)은 원기둥 형상으로 이루어지며 복수의 냉각 핀(1461)이 후방 냉각 유로(1442)에 간격을 두고 배열될 수 있다. 유동 가이드 막대(1462)는 에어포일(1410)의 높이방향으로 이어져 복수의 냉각 핀(1461)들을 연결한다. 유동 가이드 막대(1462)는 냉각 핀(1461)들을 지지할 뿐만 아니라 냉각 공기의 유동을 안내하여 냉각 효율을 향상시킨다.
- [0061] 냉각 핀(1461)은 유동 가이드 막대(1462)의 상부로 돌출된 상부 핀(1461a), 유동 가이드 막대(1462)의 하부로 돌출된 하부 핀(1461b), 유동 가이드 막대(1462)에 삽입된 중간 핀(1461c)을 포함할 수 있다. 상부 핀(1461a)과 하부 핀(1461b)은 에어포일(1410)의 벽면으로부터 열을 전달 받고 중간 핀(1461c)은 유동 가이드 막대(1462)로 열을 전달한다. 또한, 상부 핀(1461a), 하부 핀(1461b), 및 유동 가이드 막대(1462)는 냉각 공기에 의하여 냉각될 수 있다.
- [0062] 유동 가이드 막대(1462)는 트레일링 엣지(TE)를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하도록 이루어질 수 있다. 또한 유동 가이드 막대(1462)는 트레일링 엣지(TE)를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하는 웻지부(1462a)와 웻지부(1462a)의 선단에 연결되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부(1462b)와 웻지부(1462a)의 후단에 연결되며 호형으로 돌출된 후방 볼록부(1462c)를 포함할 수 있다. 여기서 후방 볼록부(1462c)의 곡률 반경은 전방 볼록부(1462b)의 곡률 반경보다 더 작게 형성된다.
- [0063] 또한, 유동 가이드 막대(1462)는 냉각 공기를 후방 냉각 유로(1442)의 일측 면으로 가압하는 제1 경사면(SL11)과 냉각 공기를 후방 냉각 유로(1442)의 타측 면으로 가압하는 제2 경사면(SL12)을 포함할 수 있다. 여기서 냉각 유로(1442)의 일측 면과 타측 면은 간격을 두고 서로 마주하는 면이 된다.
- [0064] 이에 따라 유동 가이드 막대(1462)를 따라 이동하는 냉각 공기는 트레일링 엣지(TE)를 향하여 이동하는 과정에서 제1 경사면(SL11)에 의하여 에어포일(1410)의 일측 내면으로 가압되고, 제2 경사면(SL12)에 의하여 에어포일(1410)의 타측 내면으로 가압되어 냉각 효율이 향상될 수 있다.
- [0065] 또한, 유동 가이드 막대(1462)에 의하여 유로 면적이 감소하여 유속이 증가하며, 후방으로 갈수록 두께가 감소하며, 후방 볼록부(1462c)에서 유동 박리가 발생하고 난류성이 증가하여 냉각 효율이 향상될 수 있다.
- [0066] 도 7은 본 발명의 제1 실시예에 따른 베인을 도시한 종단면도이다.
- [0067] 도 7을 참조하여 설명하면, 베인(1500)은 이너 슈라우드(1520), 아우터 슈라우드(1530), 및 이너 슈라우드(1520)와 아우터 슈라우드(1530) 사이에 위치하는 에어포일(1510)을 포함한다. 이너 슈라우드(1520)에는 공기가 유입되는 제1 유입구(E21)와 제2 유입구(E22)가 형성될 수 있다. 다만 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며 제1 유입구(E21)와 제2 유입구(E22)는 아우터 슈라우드(1530)에 형성될 수도 있다.
- [0068] 에어포일(1510)은 연소 가스의 흐름 방향을 기준으로 상류측에 배치되는 리딩 엣지(LE)와 하류측에 배치되는 트레일링 엣지(TE)를 구비할 수 있다. 에어포일(1510)의 표면에는 다수의 쿨링홀(1511)이 형성되는데, 쿨링홀(1511)들은 에어포일(1510)의 내부에 형성되는 냉각 유로와 연통되어 냉각 공기를 에어포일(1510)의 표면에 공급한다.
- [0069] 에어포일(1510)은 외형을 이루는 외벽(1570), 외벽(1570)의 내부에 형성된 냉각유로들(1541, 1542), 분할판들(1512), 격벽(1583), 및 다공판(1550)을 포함할 수 있다.
- [0070] 에어포일(1510)은 리딩 엣지(LE)와 연결된 전방 냉각유로(1541), 트레일링 엣지(TE)와 연결된 후방 냉각유로(1542)를 포함할 수 있다. 에어포일(1510)은 에어포일(1510)의 높이방향으로 이어져 에어포일(1510)의 내부 공간을 분할하는 분할판(1512)을 포함하며, 분할판(1512)에 의하여 전방 냉각유로(1541)와 후방 냉각유로(1542)가 분리될 수 있다.
- [0071] 다만 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니며, 에어포일(1510)은 2개 이상의 분할판(1512)을 포함하고, 에어포일(1510)의 내부에는 3개 이상의 냉각 유로가 형성될 수도 있다.
- [0072] 전방 냉각유로(1541)는 터빈 베인(1500)의 하부에 형성된 제1 유입구(E21)와 연통되고, 후방 냉각유로(1542)는 터빈 베인(1500)의 하부에 형성된 제2 유입구(E22)와 연통된다.
- [0073] 후방 냉각유로(1542)와 트레일링 엣지(TE) 사이에는 다공판(1550)이 설치될 수 있다. 다공판(1550)은 후방 냉각유로(1542)의 높이 방향으로 이어진다. 다공판(1550)에는 복수의 홀(1551)이 형성되며, 다공판(1550)과 트레일링 엣지(TE) 사이의 공간은 에어포일(1510)의 높이 방향으로 이격된 격벽(1583)에 의하여 분할될 수 있다. 격벽

(1583)의 한쪽 단부는 다공판(1550)에 연결되고, 격벽(1583)의 다른쪽 단부는 트레일링 엣지(TE)에 연결될 수 있다.

- [0074] 에어포일(1510)은 후방 냉각유로(1542)와 연결되어 후방 냉각유로(1542)의 공기를 배출시키되 트레일링 엣지(TE)의 높이 방향으로 이격 형성된 복수의 후단 쿨링 슬롯(1581)과, 후단 쿨링 슬롯(1581) 사이에 형성되어 후단 쿨링 슬롯(1581)을 분할하는 분할 돌기(1582)를 더 포함할 수 있다. 다공판(1550)을 통과하여 후방 냉각유로(1542)로 유입된 공기들은 후단 쿨링 슬롯(1581)을 통해서 배출된다.
- [0075] 제1 유입구(E21)를 통해서 공급된 공기는 에어포일을 냉각한 후에 쿨링홀(1511)을 통해서 배출되며, 제2 유입구(E22)를 통해서 공급된 공기 중 일부는 쿨링홀(1511)을 통해서 배출되고, 나머지 공기는 후단 쿨링 슬롯(1581)을 통해서 배출된다.
- [0076] 에어포일(1510)은 다공판(1550)과 트레일링 엣지(TE) 사이 설치된 냉각 핀(1561)과 유동 가이드 막대(1562)를 더 포함할 수 있다. 냉각 핀(1561)과 유동 가이드 막대(1562)는 터빈 블레이드(1400)에 설치된 냉각 핀(1461) 및 유동 가이드 막대(1462)와 동일한 구조로 이루어지므로 중복 설명을 생략한다.
- [0077] 도 8은 본 발명의 제1 실시예에 따른 냉각 핀의 누셀트 수와 종래 냉각 핀의 누셀트 수를 비교한 그래프이다. 여기서 종래의 냉각 핀은 유동 가이드 막대와 연결되지 않지만 본 발명의 제1 실시예와 모든 조건이 동일한 원기둥 형상의 냉각 핀이 설치된 경우이다. 도 8은 터빈 블레이드(1400)에 설치된 냉각핀의 누셀트 수를 측정하였다.
- [0078] 도 8에 도시된 바와 같이 유동 가이드 막대(1462)가 설치되면 냉각 핀(1461)만 설치된 경우에 비하여 흡입면(S1)과 압력면(S2)에서 누셀트 수가 10% 이상 증가한 것을 알 수 있다.
- [0079] 도 9는 종래 냉각 핀의 흡입면측 내면에서의 열/물질전달 분포를 나타낸 그래프이고, 도 10은 본 발명의 제1 실시예에 따른 냉각 핀(1461)의 흡입면(S1)측 내면에서의 열/물질전달 분포를 나타낸 그래프이다. 여기서 흡입면(S1)측 내면이라 함은 후방 냉각 유로(1442)에서 흡입면(S1)을 이루는 벽면의 안쪽 면을 의미한다. 도 9 및 도 10에 도시된 바와 같이 본 제1 실시예에 따른 냉각 핀(1461)은 유동 가이드 막대(1462)가 결합되어 종래에 비하여 흡입면(S1)에서 열전달 물질이 더 많이 분포함을 알 수 있다. 이에 따라 본 제1 실시예에 따른 냉각 핀(1461)은 종래에 비하여 냉각 효율이 현저히 향상될 수 있다.
- [0080] 이하에서는 본 발명의 제2 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대에 대해서 설명한다. 도 11은 본 발명의 제2 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대를 도시한 단면도이다.
- [0081] 도 11을 참조하여 설명하면, 냉각 핀(2561)은 원기둥 형상으로 이루어지며 복수의 냉각 핀(2561)이 후방 냉각 유로에 간격을 두고 배열될 수 있다. 유동 가이드 막대(2562)는 에어포일의 높이방향으로 이어져 복수의 냉각 핀(2561)들을 연결한다. 유동 가이드 막대(2562)는 냉각 핀(2561)들을 지지할 뿐만 아니라 냉각 공기의 유동을 안내하여 냉각 효율을 향상시킨다.
- [0082] 냉각 핀(2561)은 유동 가이드 막대(2562)의 상부로 돌출된 상부 핀(2561a), 유동 가이드 막대(2562)의 하부로 돌출된 하부 핀(2561b), 유동 가이드 막대(2562)에 삽입된 중간 핀(2561c)을 포함할 수 있다. 상부 핀(2561a)과 하부 핀(2561b)은 에어포일의 벽면으로부터 열을 전달 받고 중간 핀(2561c)은 유동 가이드 막대(2562)로 열을 전달한다. 또한, 상부 핀(2561a), 하부 핀(2561b), 및 유동 가이드 막대(2562)는 냉각 공기에 의하여 냉각될 수 있다.
- [0083] 유동 가이드 막대(2562)는 선단에 형성되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부(2564)와 후단에 형성된 모서리부(2563)와 전방 볼록부(2564)와 모서리부(2563)를 연결하는 2개의 경사면(SL21, SL22)을 포함할 수 있다. 또한 유동 가이드 막대(2562)는 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하도록 이루어질 수 있다.
- [0084] 이에 따라 유동 가이드 막대(2562)는 냉각 공기를 냉각 유로의 벽면으로 가압하여 냉각 효율이 향상될 수 있다.
- [0085] 이하에서는 본 발명의 제3 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대에 대해서 설명한다. 도 12는 본 발명의 제3 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대를 도시한 단면도이다.
- [0086] 도 12를 참조하여 설명하면, 냉각 핀(3561)은 원기둥 형상으로 이루어지며 복수의 냉각 핀(3561)이 후방 냉각 유로에 간격을 두고 배열될 수 있다. 유동 가이드 막대(3562)는 에어포일의 높이방향으로 이어져 복수의 냉각 핀(3561)들을 연결한다. 유동 가이드 막대(3562)는 냉각 핀(3561)들을 지지할 뿐만 아니라 냉각 공기의 유동을 안내하여 냉각 효율을 향상시킨다.

- [0087] 냉각 핀(3561)은 유동 가이드 막대(3562)의 상부로 돌출된 상부 핀(3561a), 유동 가이드 막대(3562)의 하부로 돌출된 하부 핀(3561b), 유동 가이드 막대(3562)에 삽입된 중간 핀(3561c)을 포함할 수 있다. 상부 핀(3561a)과 하부 핀(3561b)은 에어포일의 벽면으로부터 열을 전달 받고 중간 핀(3561c)은 유동 가이드 막대(3562)로 열을 전달한다. 또한, 상부 핀(3561a), 하부 핀(3561b), 및 유동 가이드 막대(3562)는 냉각 공기에 의하여 냉각될 수 있다.
- [0088] 유동 가이드 막대(3562)는 선단에 위치되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부(3562b)와 후단에 위치되며 오목하게 함몰된 후방 홈부(3562c)와 전방 볼록부(3562b)와 후방 홈부(3562c)를 연결하며 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하는 웻지부(3562a)를 포함할 수 있다.
- [0089] 전방 볼록부(3562b)는 유동 가이드 막대(3562)로 유입하는 유동을 안내하며, 웻지부(3562a)는 냉각 공기를 가압하여 후방 냉각 유로의 내벽으로 이동시킨다. 또한, 후방 홈부(3562c)는 난류를 유도하여 냉각 효율을 향상시킬 수 있다.
- [0090] 이하에서는 본 발명의 제4 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대에 대해서 설명한다. 도 13은 본 발명의 제4 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대를 도시한 단면도이다.
- [0091] 도 13을 참조하여 설명하면, 냉각 핀(4561)은 원기둥 형상으로 이루어지며 복수의 냉각 핀(4561)이 후방 냉각 유로에 간격을 두고 배열될 수 있다. 유동 가이드 막대(4562)는 에어포일의 높이방향으로 이어져 복수의 냉각 핀(4561)들을 연결한다. 유동 가이드 막대(4562)는 냉각 핀(4561)들을 지지할 뿐만 아니라 냉각 공기의 유동을 안내하여 냉각 효율을 향상시킨다.
- [0092] 유동 가이드 막대(4562)는 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하는 웻지부(4562a)와 웻지부(4562a)의 선단에 연결되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부(4562b)와 웻지부(4562a)의 후단에 연결되며 호형으로 돌출된 후방 볼록부(4562c)를 포함할 수 있다. 또한 유동 가이드 막대(4562)의 표면에는 난류를 형성하는 복수의 난류 형성 돌기(4562d)가 형성될 수 있다.
- [0093] 난류 형성 돌기(4562d)는 반구 형상으로 이루어질 수 있으며, 유동 가이드 막대(4562)의 표면에 균일한 간격으로 이격 배치될 수 있다. 난류 형성 돌기(4562d)는 웻지부(4562a)와 후방 볼록부(4562c)에만 형성되며, 전방 볼록부(4562b)에는 형성되지 않는다. 이에 따라 냉각 공기는 전방 볼록부(4562b)로 유입될 때에는 전방 볼록부(4562b)의 안내를 받아 층류 유동으로 유동하며, 웻지부(4562a)와 후방 볼록부(4562c)를 타고 흐를 때 난류를 형성하여 난류가 냉각 핀(4561)과 접촉하여 냉각 효율이 극대화될 수 있다.
- [0094] 이와 같이 난류 형성 돌기(4562d)가 형성되면, 유동 가이드 막대(4562)의 표면에서 난류가 형성되어 에어포일의 냉각 효율이 더욱 증가할 수 있다.
- [0095] 이하에서는 본 발명의 제5 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대에 대해서 설명한다. 도 14는 본 발명의 제5 실시예에 따른 냉각 핀과 유동 가이드 막대를 도시한 단면도이다.
- [0096] 도 14를 참조하여 설명하면, 냉각 핀(5561)은 원기둥 형상으로 이루어지며 복수의 냉각 핀(5561)이 후방 냉각 유로에 간격을 두고 배열될 수 있다. 유동 가이드 막대(5562)는 에어포일의 높이방향으로 이어져 복수의 냉각 핀(5561)들을 연결한다. 유동 가이드 막대(5562)는 냉각 핀(5561)들을 지지할 뿐만 아니라 냉각 공기의 유동을 안내하여 냉각 효율을 향상시킨다. 유동 가이드 막대(5562)는 트레일링 엣지를 향하여 갈수록 두께가 점진적으로 감소하는 웻지부(5562a)와 웻지부(5562a)의 선단에 연결되며 호형으로 돌출된 전방 볼록부(5562b)와 웻지부(5562a)의 후단에 연결되며 호형으로 돌출된 후방 볼록부(5562c)를 포함할 수 있다. 또한 유동 가이드 막대(5562)의 표면에는 난류를 형성하는 복수의 난류 형성 홈(5562d)이 형성될 수 있다.
- [0097] 난류 형성 홈(5562d)은 호형으로 함몰된 구조로 이루어질 수 있으며, 유동 가이드 막대(5562)의 표면에 균일한 간격으로 이격 배치될 수 있다. 난류 형성 홈(5562d)은 웻지부(5562a)와 후방 볼록부(5562c)에만 형성되며, 전방 볼록부(5562b)에는 형성되지 않는다. 이에 따라 냉각 공기는 전방 볼록부(5562b)로 유입될 때에는 전방 볼록부(5562b)의 안내를 받아 층류 유동으로 유동하며, 웻지부(5562a)와 후방 볼록부(5562c)를 타고 흐를 때 난류를 형성하여 난류가 냉각 핀(4561)과 접촉하여 냉각 효율이 극대화될 수 있다.
- [0098] 이와 같이 난류 형성 홈(5562d)이 형성되면, 유동 가이드 막대(5562)의 표면에서 난류가 형성되어 에어포일의 냉각 효율이 더욱 증가할 수 있다.
- [0099] 이상, 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등

에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함된다고 할 것이다.

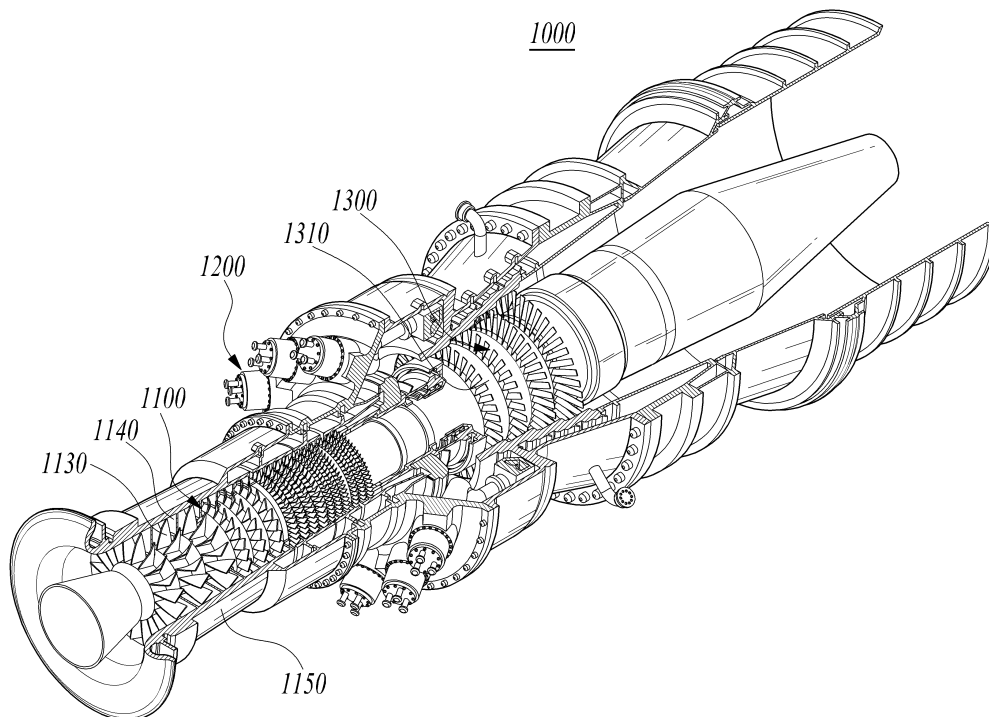
부호의 설명

[0100]

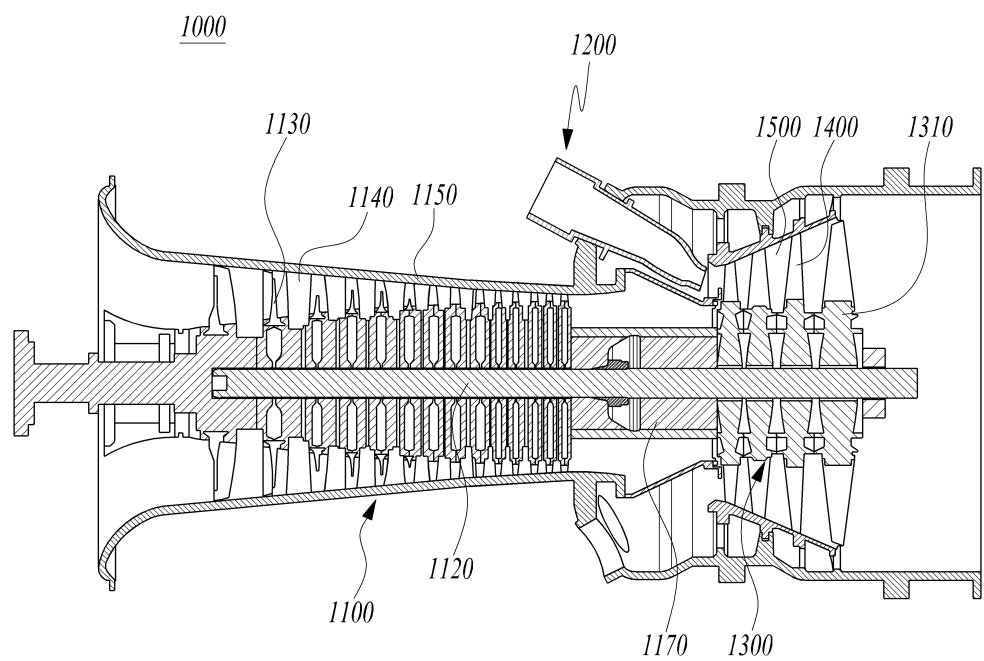
1000: 가스 터빈	1100: 압축기
1130: 압축기 블레이드	1140: 베인
1150: 하우징	1170: 토크 튜브
1200: 연소기	1300: 터빈
1310: 로터 디스크	1400: 터빈 블레이드
1410, 1510: 에어포일	1411, 1511: 쿨링홀
1412, 1512: 분할판	1441, 1541: 전방 냉각유로
1442, 1542: 후방 냉각유로	1450, 1550: 다공판
1451, 1551: 홀	1420: 플랫폼부
1430: 루트부	
1461, 2561, 3561, 4561, 5561: 냉각 핀	
1462, 2562, 3562, 4562, 5562: 유동 가이드 막대	
1470, 1570: 외벽	1483, 1583: 격벽
1500: 베인	1520: 이너 슈라우드
1530: 아우터 슈라우드	

도면

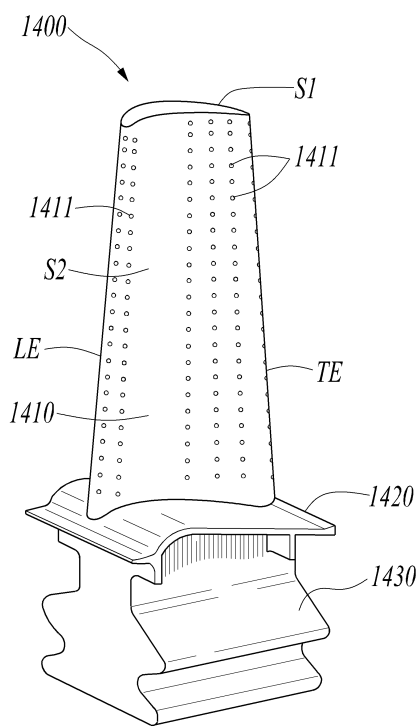
도면1



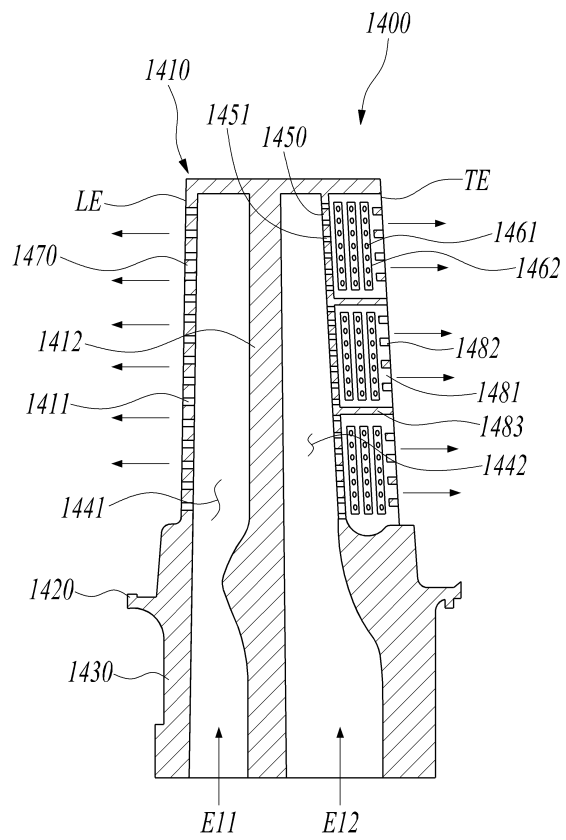
도면2



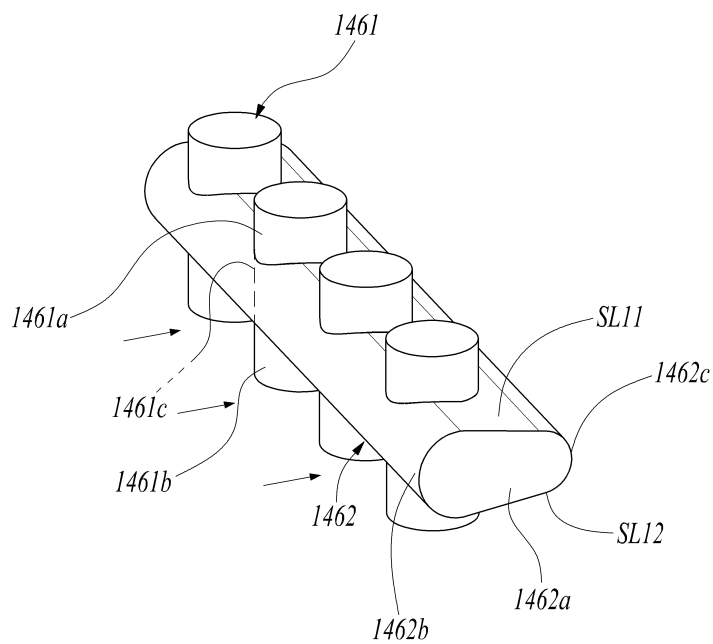
도면3



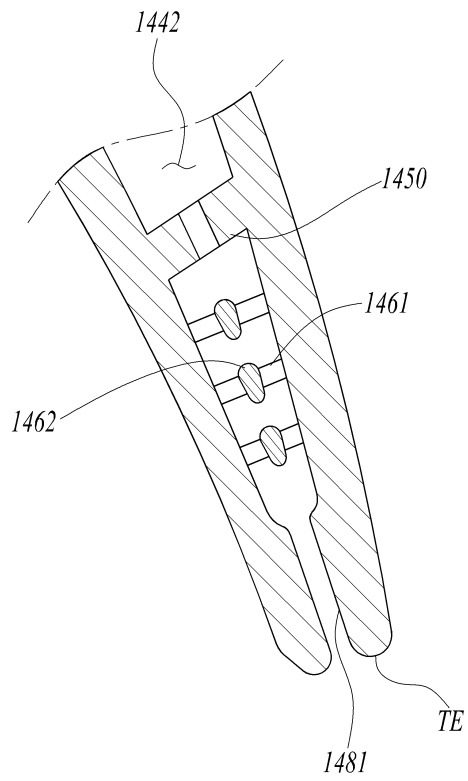
도면4



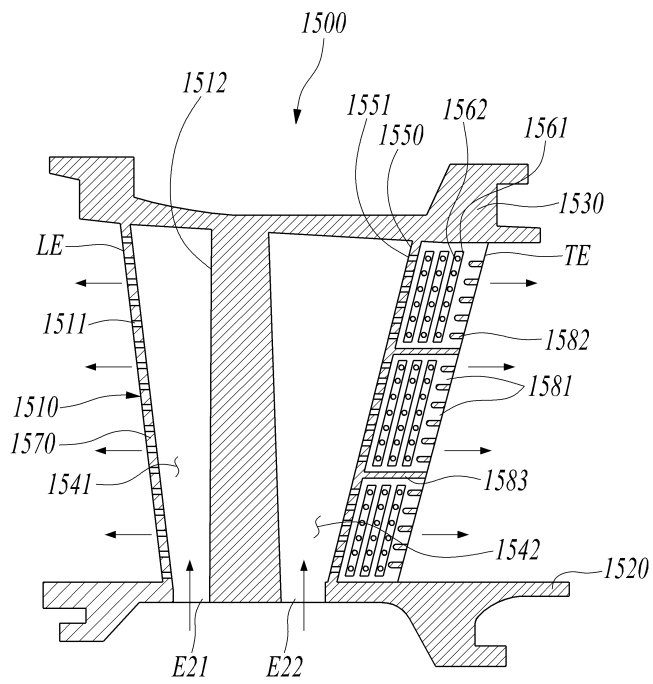
도면5



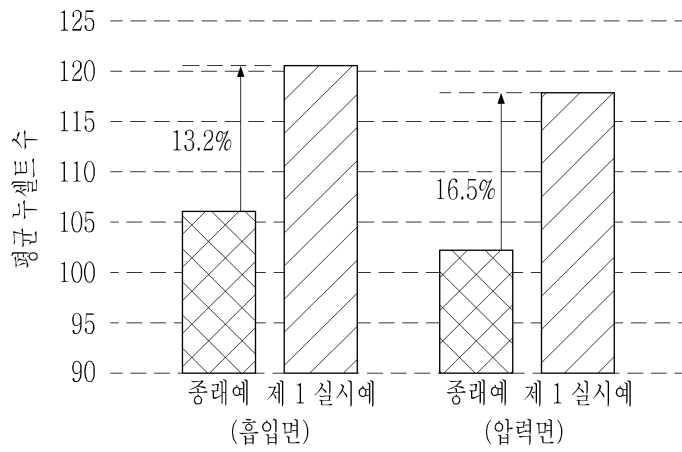
도면6



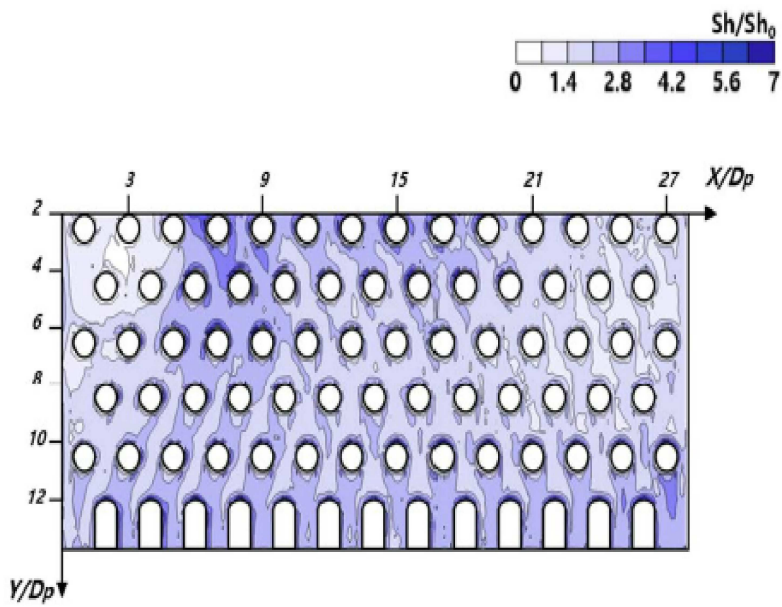
도면7



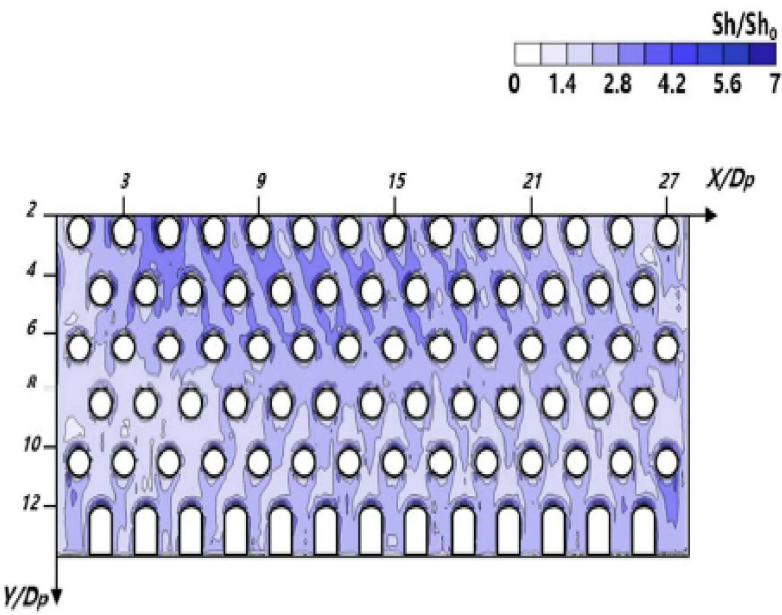
도면8



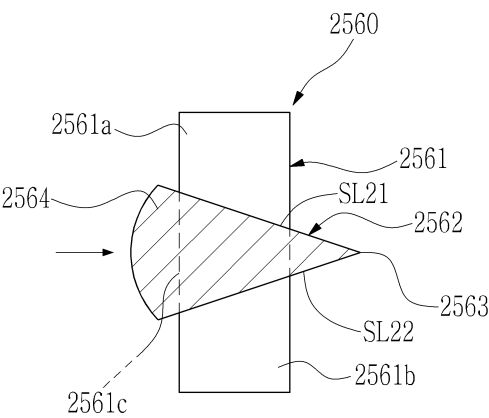
도면9



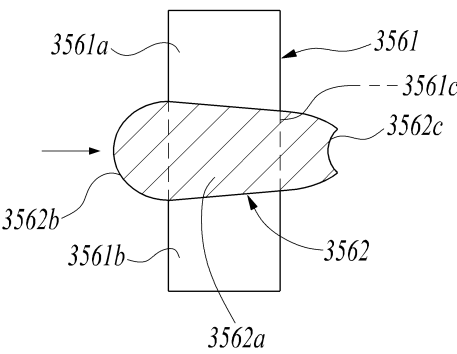
도면10



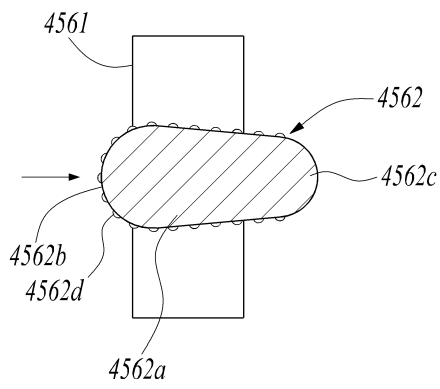
도면11



도면12



도면13



도면14

