



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년05월24일

(11) 등록번호 10-2669090

(24) 등록일자 2024년05월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

F01D 5/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

F01D 5/186 (2013.01)

F01D 5/183 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0142541

(22) 출원일자 2021년10월25일

심사청구일자 2021년10월25일

(65) 공개번호 10-2023-0000393

(43) 공개일자 2023년01월02일

(30) 우선권주장

1020210082484 2021년06월24일 대한민국(KR)

(56) 선행기술조사문헌

JP2000230402 A*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

두산에너지빌리티 주식회사

경상남도 창원시 성산구 두산볼보로 22 (귀곡동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김예지

경기도 수원시 영통구 영통로 498, 155동 1001호

조형희

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 천지

전체 청구항 수 : 총 20 항

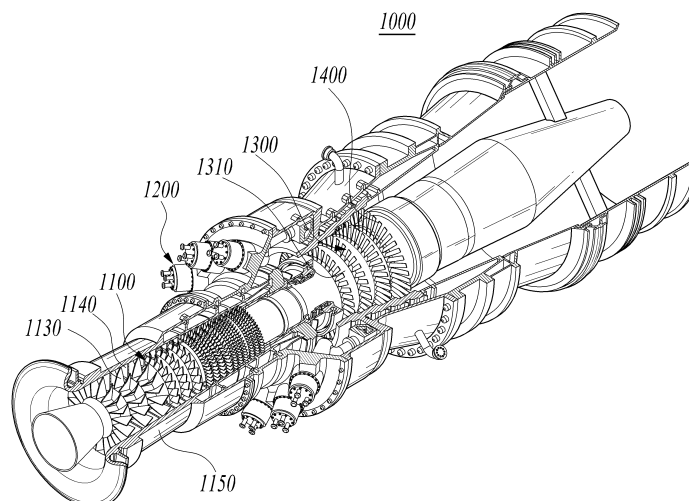
심사관 : 김희영

(54) 발명의 명칭 냉각홀을 구비하는 터빈 블레이드 및 이를 포함하는 터빈

(57) 요약

본 발명은 터빈 블레이드 및 이를 포함하는 터빈에 관한 것으로, 보다 상세하게는 냉각홀이 형성된 터빈 블레이드 및 이를 포함하는 터빈에 관한 것이다. 이러한 본 발명에 따른 냉각홀을 구비하는 터빈 블레이드 및 이를 포함하는 터빈은 터빈 블레이드에 확장부와 요홈부를 포함하는 냉각홀이 복수 개 형성되고, 복수 개의 냉각홀들이 에어포일의 저온영역 측과 고온영역 측에서 서로 다르게 형성되거나 서로 다르게 배치되어, 냉각 효율이 극대화된다는 효과가 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

F05D 2220/32 (2013.01)

F05D 2260/202 (2013.01)

(72) 발명자

현민주

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교

박희승

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교

최승영

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교

김태현

서울특별시 서대문구 연세로 50 연세대학교

(56) 선행기술조사문헌

JP2017096285 A*

US05651662 A*

US20110123312 A1*

US20160003152 A1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

리딩 엣지 및 트레일링 엣지가 형성되고, 내부에 냉각 유체가 유동하는 냉각 유로가 형성된 에어포일; 및
상기 에어포일에서 상기 냉각 유로와 외부가 연통되도록 형성되며, 입구 및 출구가 형성된 복수 개의 냉각홀을 포함하고,

상기 에어포일의 외주부는 냉각 유체의 온도 분포에 따라 온도가 상대적으로 낮은 저온영역과, 플랫폼에 가까울수록 온도가 상대적으로 높은 고온영역을 포함하며,

상기 냉각홀은

상기 출구에 사각형 형상으로 형성된 확장부, 및 상기 확장부로부터 상기 트레일링 엣지를 향하여 함몰된 다각형 형상의 요홈부가 형성되며, 상기 출구의 형상이 상기 에어포일의 저온영역 측과 고온영역 측에서 다르게 형성되어 고온영역에서 상기 냉각홀을 통해 더 많은 냉각 유체가 유동하도록 하고,

상기 확장부는, 상기 리딩 엣지와 상기 트레일링 엣지를 잇는 직선과 나란한 제1방향으로의 폭인 제1-1폭이 상기 입구의 내경보다 작게 형성되고, 제1방향과 수직한 제2방향으로의 폭인 제1-2폭이 상기 입구의 내경보다 크게 형성된 터빈 블레이드.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 출구의 크기가 상기 에어포일의 저온영역 측과 고온영역 측에서 다르게 형성되는 터빈 블레이드.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 출구의 크기가 상기 에어포일의 저온영역 측에서 고온영역 측으로 갈수록 증가하도록 형성되는 터빈 블레이드.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 고온영역 측과 멀어질수록, 상기 요홈부가 상기 고온영역 측에 가깝게 배치되는 터빈 블레이드.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 요홈부가 상기 고온영역을 제외한 영역에서 상기 고온영역 측을 향하여 경사각을 갖도록 형성되고,

상기 경사각은 상기 고온영역 측으로부터 멀어질수록 증가하도록 형성되는 터빈 블레이드.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 리딩 엣지와 상기 트레일링 엣지를 잇는 직선과 나란한 방향이 제1방향일 때, 상기 요홈부의 상기 제1방향으로의 폭인 제2-1폭이 상기 고온영역 측과 상기 저온영역 측에서 서로 다르게 형성되는 터빈 블레이드.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 제2-1폭이

상기 고온영역 측과 가까워질수록 증가하도록 형성되는 터빈 블레이드.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 복수 개의 냉각홀은

상기 입구의 면적이 모두 동일한 터빈 블레이드.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 복수 개의 냉각홀은

상기 에어포일에 교차 패턴으로 배치되는 터빈 블레이드.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 요홈부에 첨단부가 형성되는 터빈 블레이드.

청구항 11

리딩 엣지 및 트레일링 엣지가 형성되고, 내부에 냉각 유체가 유동하는 냉각 유로가 형성된 에어포일; 및

상기 에어포일에서 상기 냉각 유로와 외부가 연통되도록 형성되며, 입구 및 출구가 형성된 복수 개의 냉각홀을 포함하고,

상기 에어포일의 외주부는 냉각 유체의 온도 분포에 따라 온도가 상대적으로 낮은 저온영역과, 플랫폼에 가까울수록 온도가 상대적으로 높은 고온영역을 포함하며,

상기 냉각홀은

상기 출구에 사각형 형상으로 형성된 확장부, 및 상기 확장부로부터 상기 트레일링 엣지를 향하여 함몰된 다각형 형상의 요홈부가 형성되며, 단위 면적당 개수가 상기 에어포일의 저온영역 측과 고온영역 측에서 서로 다르게 형성되어 고온영역에서 상기 냉각홀을 통해 더 많은 냉각 유체가 유동하도록 하고,

상기 확장부는, 상기 리딩 엣지와 상기 트레일링 엣지를 잇는 직선과 나란한 제1방향으로의 폭인 제1-1폭이 상기 입구의 내경보다 작게 형성되고, 제1방향과 수직한 제2방향으로의 폭인 제1-2폭이 상기 입구의 내경보다 크게 형성된 터빈 블레이드.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 단위 면적당 개수가 상기 고온영역 측에 가까워질수록 증가하도록 형성되는 터빈 블레이드.

청구항 13

회전 가능하게 배치되는 터빈 로터 디스크;

상기 터빈 로터 디스크에 배치되는 복수 개의 터빈 블레이드; 및

고정 배치되는 복수 개의 터빈 베인을 포함하고,

상기 터빈 블레이드는

리딩 엣지 및 트레일링 엣지가 형성되며, 내부에 냉각 유체가 유동하는 냉각 유로가 형성된 에어포일; 및

상기 에어포일에서 상기 냉각 유로와 외부가 연통되도록 형성되고, 입구 및 출구가 형성된 복수 개의 냉각홀을 포함하며,

상기 에어포일의 외주부는 냉각 유체의 온도 분포에 따라 온도가 상대적으로 낮은 저온영역과, 플랫폼에 가까울수록 온도가 상대적으로 높은 고온영역을 포함하며,

상기 냉각홀은

상기 출구에 사각형 형상으로 형성된 확장부, 및 상기 확장부로부터 상기 트레일링 엣지를 향하여 함몰된 다각형 형상의 요홈부가 형성되고, 상기 출구의 형상이 상기 에어포일의 저온영역 측과 고온영역 측에서 다르게 형성되어 고온영역에서 상기 냉각홀을 통해 더 많은 냉각 유체가 유동하도록 하고,

상기 확장부는, 상기 리딩 엣지와 상기 트레일링 엣지를 잇는 직선과 나란한 제1방향으로의 폭인 제1-1폭이 상기 입구의 내경보다 작게 형성되고, 제1방향과 수직한 제2방향으로의 폭인 제1-2폭이 상기 입구의 내경보다 크게 형성된 터빈.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 출구의 크기가 상기 에어포일의 저온영역 측에서 고온영역 측으로 갈수록 커지도록 형성되는 터빈.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 고온영역 측과 멀어질수록, 상기 요홈부가 상기 고온영역 측에 가깝게 배치되는 터빈.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 요홈부가 상기 고온영역을 제외한 영역에서 상기 고온영역 측을 향하여 경사각을 갖도록 형성되고,

상기 경사각은 상기 고온영역 측으로부터 멀어질수록 커지도록 형성되는 터빈.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

상기 냉각홀은

상기 리딩 엣지와 상기 트레일링 엣지를 잇는 직선과 나란한 방향이 제1방향일 때, 상기 요홈부의 상기 제1방향으로의 폭인 제2-1폭이 상기 고온영역 측과 가까워질수록 커지도록 형성되는 터빈.

청구항 18

제 13 항에 있어서,
상기 복수 개의 냉각홀은
상기 입구의 면적이 모두 동일한 터빈.

청구항 19

제 13 항에 있어서,
상기 복수 개의 냉각홀은
상기 에어포일에 교차 패턴으로 배치되는 터빈.

청구항 20

회전 가능하게 배치되는 터빈 로터 디스크;
상기 터빈 로터 디스크에 배치되는 복수 개의 터빈 블레이드; 및
고정 배치되는 복수 개의 터빈 베인을 포함하고,
상기 터빈 블레이드는,
리딩 엣지 및 트레일링 엣지가 형성되며, 내부에 냉각 유체가 유동하는 냉각 유로가 형성된 에어포일; 및
상기 에어포일에서 상기 냉각 유로와 외부가 연통되도록 형성되고, 입구 및 출구가 형성된 복수 개의 냉각홀을 포함하며,
상기 에어포일의 외주부는 냉각 유체의 온도 분포에 따라 온도가 상대적으로 낮은 저온영역과, 플랫폼에 가까울수록 온도가 상대적으로 높은 고온영역을 포함하며,
상기 냉각홀은
상기 출구에 사각형 형상으로 형성된 확장부, 및 상기 확장부로부터 상기 트레일링 엣지를 향하여 함몰된 다각형 형상의 요홈부가 형성되고, 단위 면적당 개수가 상기 에어포일의 고온영역 측에 가까워질수록 증가하도록 형성되어 고온영역에서 상기 냉각홀을 통해 더 많은 냉각 유체가 유동하도록 하고,
상기 확장부는, 상기 리딩 엣지와 상기 트레일링 엣지를 잇는 직선과 나란한 제1방향으로의 폭인 제1-1폭이 상기 입구의 내경보다 작게 형성되고, 제1방향과 수직한 제2방향으로의 폭인 제1-2폭이 상기 입구의 내경보다 크게 형성된 터빈.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 터빈 블레이드 및 이를 포함하는 터빈에 관한 것으로, 보다 상세하게는 냉각홀이 형성된 터빈 블레이드 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 방법 중에는 막냉각 방식이 있다. 막냉각 방식은 터빈 블레이드에 형성된 막냉각 홀에 의해서 이루어진다. 막냉각 홀 형상 중에는 대표적으로 홀의 입구와 출구 면적이 동일한 원형 홀이 있다. 원형 홀의 경우 홀 출구에서의 분사 속도가 빨라서 냉각 유체가 터빈 블레이드의 표면을 덮지 못할 수 있다. 이 경우, 냉각 유체가 연소 가스의 유동을 뚫고 나가 막냉각 효율이 감소될 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

(특허문헌 0001) 공개특허공보 제10-2017-0020008호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 상기한 바와 같은 기술적 배경을 바탕으로, 본 발명은 냉각 효율이 향상된 냉각홀을 구비하는 터빈 블레이드 및 이를 포함하는 터빈을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 실시예에 따른 터빈 블레이드는 에어포일, 냉각홀을 포함한다. 에어포일은 리딩 엣지 및 트레일링 엣지가 형성되고, 내부에 냉각 유체가 유동하는 냉각 유로가 형성된다. 냉각홀은 복수 개가 에어포일에서 냉각 유로와 외부가 연통되도록 형성되며, 입구 및 출구가 형성된다. 냉각홀은 출구에 확장부, 및 확장부로부터 트레일링 엣지를 향하여 함몰된 요홈부가 형성되며, 출구의 형상이 에어포일의 저온영역 측과 고온영역 측에서 다르게 형성된다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 블레이드는 냉각홀이 출구의 크기가 에어포일의 저온영역 측과 고온영역 측에서 다르게 형성될 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 블레이드는 냉각홀이 출구의 크기가 에어포일의 저온영역 측에서 고온영역 측으로 갈수록 증가하도록 형성될 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 블레이드는 냉각홀이 고온영역 측과 멀어질수록, 요홈부가 고온영역 측에 가까게 배치될 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 블레이드는 냉각홀이 요홈부가 고온영역을 제외한 영역에서 고온영역 측을 향하여 경사각을 갖도록 형성되고, 경사각은 고온영역 측으로부터 멀어질수록 증가하도록 형성될 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 블레이드는 냉각홀이 리딩 엣지와 트레일링 엣지를 잇는 직선과 나란한 방향이 제1방향일 때, 요홈부의 제1방향으로의 폭인 제2-1폭이 고온영역 측과 저온영역 측에서 서로 다르게 형성될 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 블레이드는 제2-1폭이 고온영역 측과 가까워질수록 증가하도록 형성될 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 블레이드는 복수 개의 냉각홀이 입구의 면적이 모두 동일할 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 블레이드는 복수 개의 냉각홀이 에어포일에 교차 패턴으로 배치될 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 블레이드는 냉각홀이 요홈부에 첨단부가 형성될 수 있다.

[0017] 본 발명의 실시예에 따른 터빈 블레이드는 에어포일, 냉각홀을 포함한다. 에어포일은 리딩 엣지 및 트레일링 엣지가 형성되고, 내부에 냉각 유체가 유동하는 냉각 유로가 형성된다. 냉각홀은 복수 개가 에어포일에서 냉각 유로와 외부가 연통되도록 형성되며, 입구 및 출구가 형성된다. 냉각홀은 출구에 확장부, 및 확장부로부터 트레일링 엣지를 향하여 함몰된 요홈부가 형성되며, 단위 면적당 개수가 에어포일의 저온영역 측과 고온영역 측에서 서로 다르게 형성된다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈 블레이드는 냉각홀이 단위 면적당 개수가 고온영역 측에 가까워질수록 증가하

도록 형성될 있다.

- [0019] 본 발명의 실시예에 따른 터빈은 터빈 로터 디스크, 터빈 블레이드, 터빈 베인을 포함한다. 터빈 로터 디스크는 회전 가능하게 배치된다. 터빈 블레이드는 복수 개가 터빈 로터 디스크에 배치된다. 터빈 베인은 복수 개가 고정 배치된다. 터빈 블레이드는 에어포일, 냉각홀을 포함한다. 에어포일은 리딩 엣지 및 트레일링 엣지가 형성되며, 내부에 냉각 유체가 유동하는 냉각 유로가 형성된다. 냉각홀은 복수 개가 에어포일에서 냉각 유로와 외부가 연통되도록 형성되고, 입구 및 출구가 형성된다. 냉각홀은 출구에 확장부, 및 확장부로부터 트레일링 엣지를 향하여 함몰된 요홈부가 형성되고, 출구의 형상이 에어포일의 저온영역 측과 고온영역 측에서 다르게 형성된다.
- [0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈은 냉각홀이 출구의 크기가 에어포일의 저온영역 측에서 고온영역 측으로 갈수록 커지도록 형성될 수 있다.
- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈은 냉각홀이 고온영역 측과 멀어질수록, 요홈부가 고온영역 측에 가깝게 배치될 수 있다.
- [0022] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈은 냉각홀이 요홈부가 고온영역을 제외한 영역에서 고온영역 측을 향하여 경사각을 갖도록 형성되고, 경사각은 고온영역 측으로부터 멀어질수록 커지도록 형성될 수 있다.
- [0023] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈은 냉각홀이 리딩 엣지와 트레일링 엣지를 잇는 직선과 나란한 방향이 제1방향일 때, 요홈부의 제1방향으로의 폭인 제2-1폭이 고온영역 측과 가까워질수록 커지도록 형성될 수 있다.
- [0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈은 복수 개의 냉각홀이 입구의 면적이 모두 동일할 수 있다.
- [0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 터빈은 복수 개의 냉각홀이 에어포일에 교차 패턴으로 배치될 수 있다.
- [0026] 본 발명의 실시예에 따른 터빈은 터빈 로터 디스크, 터빈 블레이드, 터빈 베인을 포함한다. 터빈 로터 디스크는 회전 가능하게 배치된다. 터빈 블레이드는 복수 개가 터빈 로터 디스크에 배치된다. 터빈 베인은 복수 개가 고정 배치된다. 터빈 블레이드는 에어포일, 냉각홀을 포함한다. 에어포일은 리딩 엣지 및 트레일링 엣지가 형성되며, 내부에 냉각 유체가 유동하는 냉각 유로가 형성된다. 냉각홀은 복수 개가 에어포일에서 냉각 유로와 외부가 연통되도록 형성되고, 입구 및 출구가 형성된다. 냉각홀은 출구에 확장부, 및 확장부로부터 트레일링 엣지를 향하여 함몰된 요홈부가 형성되고, 단위 면적당 개수가 에어포일의 고온영역 측에 가까워질수록 증가하도록 형성된다.

발명의 효과

- [0027] 본 발명에 따른 터빈 블레이드 및 이를 포함하는 터빈은 확장부와 요홈부를 포함하는 냉각홀이 형성되어, 냉각 효율이 향상된다는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 가스 터빈의 내부 모습을 나타낸 사시도이다.
- 도 2는 도 1의 가스 터빈의 일부를 절개하여 나타낸 단면도이다.
- 도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 터빈 블레이드를 나타낸 것이다.
- 도 4는 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀을 나타낸 것이다.
- 도 5는 도 4의 냉각홀의 출구를 나타낸 것이다.
- 도 6은 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀에 첨단부가 형성된 것을 나타낸 것이다.
- 도 7은 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀에서 토출되는 냉각 유체의 유동을 종래의 경우와 비교하여 나타낸 것이다.
- 도 8은 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀이 저온영역 측에서 고온영역 측으로 갈수록 크기가 커지는 것을 나타낸 것이다.
- 도 9는 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀이 저온영역 측에서 고온영역 측으로 갈수록 단위 면적당 개수가 증가하는 것을 나타낸 것이다.
- 도 10은 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀이 교차 패턴으로 배치된 것을 나타낸 것이다.

도 11은 본 발명의 제2실시예에 따른 냉각홀이 고온영역 측에서 저온영역 측으로 갈수록 요홈부가 고온영역 측에 더욱 가깝게 배치되는 것을 나타낸 것이다.

도 12는 본 발명의 제3실시예에 따른 냉각홀이 고온영역 측에서 저온영역 측으로 갈수록 요홈부가 고온영역 측을 향해 더욱 경사지도록 배치되는 것을 나타낸 것이다.

도 13은 본 발명의 제4실시예에 따른 냉각홀이 저온영역 측에서 고온영역 측으로 갈수록 제2-1폭이 증가하도록 배치되는 것을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 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.
- [0030] 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 명세서 상에 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.
- [0031] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 이때, 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] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명에 따른 냉각홀을 구비하는 터빈 블레이드 및 이를 포함하는 터빈에 대하여 상세히 설명한다.
- [0035] 도 1은 본 발명의 제1실시예에 따른 가스 터빈의 내부 모습을 나타낸 사시도이고, 도 2는 도 1의 가스 터빈의 일부를 절개하여 나타낸 단면도이며, 도 3은 본 발명의 제1실시예에 따른 터빈 블레이드를 나타낸 것이고, 도 4는 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀을 나타낸 것이며, 도 5는 도 4의 냉각홀의 출구를 나타낸 것이고, 도 6은 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀에 첨단부가 형성된 것을 나타낸 것이며, 도 7은 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀에서 토출되는 냉각 유체의 유동을 종래의 경우와 비교하여 나타낸 것이고, 도 8은 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀이 저온영역 측에서 고온영역 측으로 갈수록 크기가 커지는 것을 나타낸 것이며, 도 9는 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀이 저온영역 측에서 고온영역 측으로 갈수록 단위 면적당 개수가 증가하는 것을 나타낸 것이고, 도 10은 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀이 교차 패턴으로 배치된 것을 나타낸 것이다.
- [0037] 이하, 도 1 및 도 2를 참조하여 본 발명의 제1실시예에 따른 가스 터빈(1000)에 대하여 설명한다. 본 발명의 제1실시예를 따른 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.
- [0038] 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.
- [0039] 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.
- [0040] 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 공기

를 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.

[0041] 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.

[0042] 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 구동 시키는데 소모될 수 있다.

[0043] 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 높게 된다.

[0044] 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.

[0045] 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.

[0046] 터빈(1300)은 로터 디스크(1310)와 로터 디스크(1310)에 방사상으로 배치되는 복수 개의 터빈 블레이드(1400)와 터빈 베인(1500)을 포함한다. 로터 디스크(1310)는 대략 원판 형태를 가지고 있고, 그 외주부에는 복수의 홈이 형성되어 있다. 홈은 굴곡면을 갖도록 형성되며 홈에 터빈 블레이드(1400)가 삽입된다. 터빈블레이드(1400)는 도브테일 등의 방식으로 로터 디스크(1310)에 결합될 수 있다. 터빈 베인(1500)은 회전하지 않도록 고정되며 터빈 블레이드(1400)를 통과한 연소 가스의 흐름 방향을 안내한다.

[0048] 이하, 도 3 내지 도 5를 참조하여, 본 발명의 제1실시예에 따른 터빈 블레이드(1400) 및 이를 포함하는 터빈(1300)에 대하여 더욱 상세히 설명한다. 본 발명의 제1실시예에 따른 터빈 블레이드(1400)는 에어포일(1410) 및 냉각홀(1440)을 포함한다.

[0049] 에어포일(1410)의 횡단면이 익형이고, 반경 방향을 종방향으로 하여 길게 연장되어 형성될 수 있다. 에어포일(1410)에는 연소 가스의 유동이 통과할 수 있다. 에어포일(1410)에는 리딩 엣지(1411), 트레일링 엣지(1412), 압력면(1413), 흡입면(1414)이 형성될 수 있다. 에어포일(1410)에서 리딩 엣지(1411)는 연소 가스 유동의 상류 측에 형성되고, 트레일링 엣지(1412)는 연소 가스 유동의 하류 측에 형성될 수 있다. 압력면(1413)과 흡입면(1414)은 리딩 엣지(1411)와 트레일링 엣지(1412) 사이에 형성될 수 있다. 압력면(1413)은 에어포일(1410)에서 오목하게 형성될 수 있다. 흡입면(1414)은 압력면(1413)의 배면에서 볼록하게 형성될 수 있다. 압력면(1413)과 흡입면(1414)에서의 압력 차이에 따라, 터빈 블레이드(1400)는 회전할 수 있다.

[0050] 터빈 블레이드(1400)는 플랫폼(1420)과 루트(1430)를 포함할 수 있다. 플랫폼(1420)은 에어포일(1410)의 반경 방향 내측 단부에 배치될 수 있다. 플랫폼(1420)은 대략 두께를 갖는 사각 플레이트 형상으로 형성될 수 있다. 플랫폼(1420)은 에어포일(1410)을 지지할 수 있다. 플랫폼(1420)은 복수 개의 터빈 블레이드(1400) 간의 간격을 유지시킬 수 있다.

[0051] 루트(1430)는 플랫폼(1420)의 반경 방향 내측에 배치될 수 있다. 루트(1430)는 로터 디스크(1310)에 고정 결합된다. 터빈 블레이드(1400)의 루트(1450)는 복수 개가 로터 디스크(1310)에 방사상으로 배치될 수 있다. 이에 따라, 로터 디스크(1310)가 회전시, 루트(1450)도 함께 회전할 수 있다. 루트(1450)는 전나무 형태 또는 도브테일 형태로 형성될 수 있다.

- [0052] 에어포일(1410)의 내부에는 냉각 유체(F)가 유동하는 냉각 유로(CS)가 형성된다. 냉각 유체(F)는 압축기(1100)에서 압축된 공기일 수 있다. 냉각 유로(CS)는, 루트(1430)와 플랫폼(1420)을 순차적으로 통과하여, 에어포일(1410)에 이르도록 형성될 수 있다. 이 경우, 냉각 유체(F)는 루트(1430)를 통해서 에어포일(1410)에 유입될 수 있다.
- [0053] 에어포일(1410)에는 냉각 유로(CS)와 외부를 연통시키고, 입구 및 출구(O)가 형성된 냉각홀(1440)이 형성된다. 냉각홀(1440)은 에어포일(1410)의 측벽에 형성될 수 있다. 냉각홀(1440)은 복수 개가 구비된다. 냉각홀(1440)의 입구는 내경이 D인 원형으로 형성될 수 있다. 냉각홀(1440)은 입구로부터 출구(O)를 향하여 일정 구간에서 내경이 D인 관형으로 형성될 수 있다. 냉각홀(1440)은 내경이 D로 일정한 구간을 지나, 출구(O)까지 종단면적이 확장되는 구간을 포함할 수 있다. 출구(O)의 단면적은 입구의 단면적보다 크게 형성될 수 있다. 이 경우, 냉각 유체(F)의 출구(O)에서의 유속이 감소하여, 냉각 유체(F)가 터빈 블레이드(1400)의 표면에 더욱 많이 부착될 수 있고, 키드니 와류의 발생을 저감할 수 있다는 장점이 있다.
- [0054] 냉각홀(1440)은 에어포일(1410)에 복수 개가 형성될 수 있다. 이 때, 복수 개의 냉각홀(1440)은 각각의 입구 내경이 모두 D로 일정하게 형성될 수 있다. 이 경우, 각각의 냉각홀(1440)의 입구에 유입되는 냉각 유체(F)의 유량이 모두 균일하게 형성될 수 있다.
- [0055] 냉각홀(1440)은 에어포일(1410)의 표면을 기준으로 전체적으로, 경사지게 배치될 수 있다. 예를 들어, 냉각홀(1440)은 입구에서 출구(O)를 향해갈수록 트레일링 엣지(1412)를 향하도록 경사지게 형성될 수 있다.
- [0056] 이하, 터빈 블레이드(1400)의 회전축과 나란한 방향 또는 리딩 엣지(1411)와 트레일링 엣지(1412)를 잇는 직선과 나란한 방향을 제1방향(A1)이라 하고, 제1방향(A1)과 수직한 방향을 제2방향(A2)이라 정의한다.
- [0057] 냉각홀(1440)의 출구(O)는 확장부(1441)와 요홈부(1442)를 포함할 수 있다. 확장부(1441)는 대략 사각형 형상일 수 있다. 확장부(1441)는 각진 사각형 형상일 수도 있고, 꼭짓점 부분이 곡선으로 형성된 사각형 형상일 수 있다. 확장부(1441)는 대략 직사각형 형상일 수 있고, 경우에 따라서 평행사변형, 사다리꼴과 같은 형상으로 형성될 수도 있다. 확장부(1441)의 구체적인 형상은 터빈 블레이드(1400)의 운전 조건 및 환경에 따라 최적화될 수 있음은 물론이다.
- [0058] 확장부(1441)는 적어도 일부 구간에서 제1방향(A1)으로의 폭인 제1-1폭(W1-1)이 일정하게 유지되도록 형성될 수 있다. 확장부(1441)는 적어도 일부 구간에서 제1-1폭(W1-1)이 일정하게 유지된 채로, 제2방향(A2)으로 길게 연장되어 형성될 수도 있다. 확장부(1441)는 제1-1폭(W1-1)과, 제2방향(A2)으로의 폭인 제1-2폭(W1-2)을 갖는 사각형 형상으로 형성될 수도 있다. 확장부(1441)의 제1-1폭(W1-1)은 입구의 내경(D)보다 작거나 같은 크기로 형성될 수 있다. 위와 같이 제1-1폭(W1-1)이 일정한 구간에서는, 확장부(1441)에서 냉각 유체(F)가 제2방향(A2)의 지점마다 균일한 양으로 토출될 수 있다.
- [0059] 요홈부(1442)는 확장부(1441)의 트레일링 엣지(1412) 측 가장자리에서 함몰되어 형성될 수 있다. 요홈부(1442)는 트레일링 엣지(1412)를 향하여 함몰되어 형성될 수 있다. 요홈부(1442)는 단부가 곡선형으로 둥글게 형성될 수도 있다. 또한, 요홈부(1442)는 대략 사각형의 형상으로 형성될 수도 있다. 이 경우, 요홈부(1442)는 제1방향(A1)으로의 폭인 제2-1폭(W2-1)과, 제2방향(A2)으로의 폭인 제2-2폭(W2-2)을 갖는 사각형 형상으로 형성될 수도 있다. 요홈부(1442)의 구체적인 형상은 터빈 블레이드(1400)의 운전 조건 및 환경에 따라 최적화될 수 있음은 물론이다.
- [0060] 확장부(1441)와 요홈부(1442)의 경계 부분에는 곡선부(1443)가 형성될 수 있다. 곡선부(1443)는 확장부(1441)와 요홈부(1442)가 만나는 모서리 부분에서 형성될 수 있다. 곡선부(1443)는 냉각홀(1440) 출구(O)의 외측에 곡률 중심이 배치되고 일정한 곡률 반경을 갖는 곡선의 형상으로 형성될 수 있다. 곡선부(1443)는 두 개의 곡선부(1443)가 서로 이격된 채로 형성될 수 있다. 곡선부(1443)는 확장부(1441)와 요홈부(1442)에서 와류가 형성되는 것을 방지하여, 냉각 유체(F)가 원활하게 토출될 수 있도록 할 수 있다.
- [0062] 이하, 도 6을 더 참조하여 첨단부(1444)가 형성된 냉각홀(1440)에 대하여 상세히 설명한다. 요홈부(1442)에는 확장부(1441)로부터 트레일링 엣지(1412)를 향하여 단부가 뾰족하게 함몰된 첨단부(1444)가 형성될 수도 있다. 요홈부(1442)는 일정 구간에서 제2방향(A2)으로의 폭이 일정하게 유지되는 부분과, 제2방향(A2)으로의 폭이 감소하는 첨단부(1444)를 포함할 수 있다. 이와 다르게, 확장부(1441)에서부터 단부에 이르기까지 제2방향(A2)으로의 폭이 계속하여 감소하여 첨단부(1444)에 이르도록 형성될 수도 있다.
- [0063] 요홈부(1442)에 첨단부(1444)가 형성된 경우, 요홈부(1442)로부터 토출되는 냉각 유체(F)는 첨단부(1444) 측으

로 안내된다. 첨단부(1444) 측으로 냉각 유체(F)가 안내됨에 따라, 냉각 유체(F)의 유동은 첨단부(1444) 측으로 집중될 수 있다.

- [0065] 이하, 도 7을 더 참조하여, 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀(1440)에서의 유동을 보다 자세히 설명한다. 도 7은, 냉각 유체(F)가 유동하는 냉각홀(1440)의 측면을, 종래의 경우와 본 발명의 일 실시예에 따른 경우를 나누어 나타낸 것이다. 도 7에서는 온도분포가 도시되어 있다. 온도분포는 유체의 온도가 T, 연소 가스 입구 유동의 온도가 TH, 냉각 유체(F)의 출구 유동의 온도 Tc일 때, $(TH-T)/(TH-Tc)$ 의 파라미터로 나타낼 수 있다.
- [0066] 요홈부(1442)에서 토출되는 냉각 유체(F)의 유동은, 확장부(1441)에서 토출되는 냉각 유체(F)의 유동보다, 에어포일(1410)의 표면에서 트레일링 엣지(1412)를 향하여 더욱 길게 부착되어 형성될 수 있다. 요홈부(1442)에서 토출되는 냉각 유체(F)는 확장부(1441)에서 토출되는 냉각 유체(F)의 유동을 트레일링 엣지(1412)를 향하여 유도할 수 있다. 이에 따라, 종래의 경우(도 6(a))보다 냉각 유체(F)의 유동이 에어포일(1410)의 표면에 부착된 채로 더욱 멀리 뻗어나감을 알 수 있다(도 6 (b)).
- [0068] 이하, 도 8 내지 도 10을 참조하여, 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀(1440)의 배치에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀(1440)은 출구(O)의 형상이 에어포일(1410)에서 저온영역(LA) 측과 고온영역(HA) 측에서 다르게 형성될 수 있다. 또한, 본 발명의 제1실시예에 따른 냉각홀(1440)은 에어포일(1410)에서 저온영역(LA) 측과 고온영역(HA) 측에서 서로 다르게 배치될 수도 있다.
- [0069] 이 때, 저온영역(LA)과 고온영역(HA)은 에어포일(1410)에서의 온도 분포에 따라 각각 온도가 가장 낮은 영역과 온도가 가장 높은 영역을 의미한다. 도면에서는 저온영역(LA)이 상측에 위치하고 고온영역(HA) 하측에 위치한 것으로 도시되어 있으나, 이는 일 예시일 뿐, 저온영역(LA) 및 고온영역(HA)은 이에 한정되는 것은 아니다. 저온영역(LA)과 고온영역(HA)은 터빈 블레이드(1400)의 최적화에 따라 위치가 달라질 수 있고, 터빈(1300)의 운전 조건, 운전 상황, 연소 가스의 유동 등 여러 요인에 따라 위치가 달라질 수도 있다.
- [0071] 도 8에 도시된 바와 같이, 냉각홀(1440)은 에어포일(1410)에서 저온영역(LA) 측과 고온영역(HA) 측에서 서로 다른 크기로 배치될 수 있다.
- [0072] 냉각홀(1440)은 에어포일(1410)의 저온영역(LA) 측에 가까워질수록 단면적이 감소하고, 고온영역(HA) 측에 가까워질수록 단면적이 증가하도록 형성될 수 있다. 복수 개의 냉각홀(1440) 입구의 내경이 모두 D로 일정한 경우, 냉각홀(1440)의 단면적이 커질수록 토출되는 냉각 유체(F)의 유속은 감소한다. 냉각 유체(F)의 유속이 감소하는 경우, 냉각 유체(F)가 에어포일(1410)의 표면에 더욱 부착될 수 있다. 이에 따라, 에어포일(1410)의 냉각은 저온영역(LA) 측에서 고온영역(HA) 측으로 갈수록 더욱 원활하게 형성될 수 있다.
- [0073] 복수 개의 냉각홀(1440) 입구의 내경이 저온영역(LA) 측에서 고온영역(HA) 측으로 갈수록 증가할 수도 있다. 이 경우, 저온영역(LA) 측 냉각홀(1440)보다 고온영역(HA) 측 냉각홀(1440)에서 더욱 더 많은 냉각 유체(F)가 유동할 수 있다. 냉각 유체(F)의 유량이 증가하면, 냉각 성능이 증가할 수 있다. 이에 따라, 에어포일(1410)의 냉각은 저온영역(LA) 측에서 고온영역(HA) 측으로 갈수록 더욱 원활하게 형성될 수 있다.
- [0074] 도 9에 도시된 바와 같이, 냉각홀(1440)은 단위 면적당 개수가 에어포일(1410)의 저온영역(LA) 측과 고온영역(HA) 측에서 서로 다르게 형성될 수 있다.
- [0075] 냉각홀(1440)은 에어포일(1410)의 저온영역(LA) 측에 가까워질수록 단위 면적당 개수가 감소하고, 고온영역(HA) 측에 가까워질수록 단위 면적당 개수가 증가하도록 형성될 수 있다. 각각의 냉각홀(1440)에 있어서, 토출되는 냉각 유체(F)의 유량이 모두 동일하다고 가정할 경우, 냉각홀(1440)의 단위 면적당 개수가 많은 곳일 수록, 단위 면적당 냉각 유체(F)의 토출 유량은 증가한다. 단위 면적당 냉각 유체(F)의 토출 유량이 증가할 경우 냉각이 더욱 원활하게 형성될 수 있다. 이에 따라, 에어포일(1410)의 냉각은 저온영역(LA) 측에서 고온영역(HA) 측으로 갈수록 더욱 원활하게 형성될 수 있다.
- [0077] 한편, 도 10에 도시된 바와 같이, 복수 개의 냉각홀(1440)은 교차 패턴으로 배치될 수 있다. 복수 개의 냉각홀(1440)들은 서로 교번적으로 배치될 수 있다. 복수 개의 냉각홀(1440) 중 어느 하나의 냉각홀(1440)은 인접한 냉각홀(1440)들의 사이에 배치될 수 있다. 예를 들어, 어느 하나의 냉각홀(1440)의 확장부(1441)는 인접한 두 개의 냉각홀(1440)들의 요홈부(1442)들 사이에 배치될 수 있다. 또한, 어느 하나의 냉각홀(1440)의 요홈부(1442)는 인접한 두 개의 냉각홀(1440)들의 확장부(1441)들 사이에 배치될 수 있다.
- [0078] 이와 같이, 복수 개의 냉각홀(1440)들이 교차 패턴으로 배치될 경우, 냉각홀(1440)이 차지하는 에어포일(1410)에서의 면적이 감소한다. 이 경우, 냉각홀(1440)이 동일 면적 대비 에어포일(1410)에 더욱 더 많이 형성될 수

있다. 냉각홀(1440)의 개수가 증가할 경우, 냉각홀(1440)에서 토출되는 냉각 유체(F)의 총 유량이 증가하므로, 에어포일(1410)의 냉각이 더욱 원활하게 형성될 수 있다는 장점이 있다.

- [0081] 도 11은 본 발명의 제2실시예에 따른 냉각홀이 고온영역 측에서 저온영역 측으로 갈수록 요홈부가 고온영역 측에 더욱 가깝게 배치되는 것을 나타낸 것이다.
- [0082] 이하, 도 11을 참조하여, 본 발명의 제2실시예에 따른 터빈 블레이드(1400) 및 이를 포함하는 터빈(1300)에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명의 제2실시예에 따른 터빈 블레이드(1400)는 냉각홀(1440)을 제외하고는 본 발명의 제1실시예에 따른 터빈 블레이드(1400)와 동일하므로, 이에 대한 중복 설명은 생략한다.
- [0083] 본 발명의 제2실시예에 따른 터빈 블레이드(1400)는 냉각홀(1440)이 저온영역(LA) 측과 고온영역(HA) 측에서, 요홈부(1442)가 확장부(1441)에 대한 상대적 위치가 달라지도록 배치된다. 냉각홀(1440)의 요홈부(1442)는 고온영역(HA) 측과 멀어질수록 고온영역(HA) 측에 가깝게 배치될 수 있다.
- [0084] 요홈부(1442)의 중앙 부분과 확장부(1441)의 중앙 부분은 이격거리(d)만큼 이격되어 배치될 수 있다. 요홈부(1442)는 고온영역(HA)에서 이격거리(d)가 0일 수 있다. 즉, 고온영역(HA)에서 요홈부(1442)의 중앙 부분은 확장부(1441)의 중앙 부분과 일치되도록 배치될 수 있다. 요홈부(1442)는 저온영역(LA)에서 이격거리(d)가 최대일 수 있다. 즉, 저온영역(LA)에서 요홈부(1442)의 중앙 부분은 확장부(1441)의 중앙 부분과 최대의 이격거리(d)로 이격되고, 요홈부(1442)가 확장부(1441)의 가장 자리에 배치될 수 있다. 요홈부(1442)는 고온영역(HA) 측으로부터 멀어질수록 이격거리(d)가 증가하면서 고온영역(HA) 측에 가깝게 배치될 수 있다.
- [0085] 위와 같이, 요홈부(1442)가 고온영역(HA) 측으로부터 멀어질수록 고온영역(HA) 측에 가깝게 배치될 경우, 냉각홀(1440)로부터 토출되는 냉각 유체(F)가 고온영역(HA) 측에 더욱 더 많이 유동될 수 있어, 에어포일(1410)이 더욱 효과적으로 냉각될 수 있다는 장점이 있다.
- [0087] 도 12는 본 발명의 제3실시예에 따른 냉각홀이 고온영역 측에서 저온영역 측으로 갈수록 요홈부가 고온영역 측을 향해 더욱 경사지도록 배치되는 것을 나타낸 것이다.
- [0088] 이하, 도 12를 참조하여, 본 발명의 제3실시예에 따른 터빈 블레이드(1400) 및 이를 포함하는 터빈(1300)에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명의 제3실시예에 따른 터빈 블레이드(1400)는 냉각홀(1440)을 제외하고는 본 발명의 제1실시예에 따른 터빈 블레이드(1400)와 동일하므로, 이에 대한 중복 설명은 생략한다.
- [0089] 본 발명의 제3실시예에 따른 터빈 블레이드(1400)는 냉각홀(1440)이 고온영역(HA)을 제외한 영역에서, 요홈부(1442)가 고온영역(HA)을 향하여 경사지게 형성된다.
- [0090] 요홈부(1442)는 확장부(1441)에 대하여 경사각(a)을 갖도록 형성될 수 있다. 경사각(a)은 확장부(1441)를 기준으로 한 확장부(1441)와 요홈부(1442) 사이에 형성된 사이각 중 작은 각을 의미한다. 경사각(a)은 냉각홀(1440)이 고온영역(HA) 측으로부터 멀게 배치될수록 감소될 수 있다. 경사각(a)은 냉각홀(1440)이 저온영역(LA) 측에 가깝게 배치될수록 감소될 수 있다. 경사각(a)은 고온영역(HA)에서 직각일 수 있다. 경사각(a)은 저온영역(LA)에서 가장 작을 수 있다.
- [0091] 위와 같이, 요홈부(1442)가 고온영역(HA) 측으로부터 멀어지거나 저온영역(LA) 측에 가까워질수록 경사각(a)이 감소되도록 냉각홀(1440)이 배치될 경우, 냉각홀(1440)로부터 토출되는 냉각 유체(F)가 고온영역(HA) 측을 향해 더욱 더 많이 유동될 수 있어, 에어포일(1410)이 더욱 효과적으로 냉각될 수 있다는 장점이 있다.
- [0093] 도 13은 본 발명의 제4실시예에 따른 냉각홀이 저온영역 측에서 고온영역 측으로 갈수록 제2-1폭이 증가하도록 배치되는 것을 나타낸 것이다.
- [0094] 이하, 도 13을 참조하여, 본 발명의 제4실시예에 따른 터빈 블레이드(1400) 및 이를 포함하는 터빈(1300)에 대하여 상세히 설명한다. 본 발명의 제4실시예에 따른 터빈 블레이드(1400)는 냉각홀(1440)을 제외하고는 본 발명의 제1실시예에 따른 터빈 블레이드(1400)와 동일하므로, 이에 대한 중복 설명은 생략한다.
- [0095] 본 발명의 제4실시예에 따른 터빈 블레이드(1400)는 냉각홀(1440)이 저온영역(LA) 측과 고온영역(HA) 측에서, 요홈부(1442)의 제2-1폭(W2-1)이 서로 다르게 형성된다.
- [0096] 요홈부(1442)의 제2-1폭(W2-1)은 고온영역(HA) 측과 가까워질수록 증가하도록 형성될 수 있다. 요홈부(1442)의 제2-1폭(W2-1)은 저온영역(LA) 측과 가까워질수록 감소하도록 형성될 수 있다. 제2-1폭(W2-1)은 고온영역(HA)에서 가장 크고, 저온영역(LA)에서 가장 작을 수 있다. 이 때, 확장부(1441)의 제1-1폭(W1-1)은 각각의 냉각홀(1440)에서 동일할 수 있다. 즉, 냉각홀(1440)은 확장부(1441)의 제1-1폭(W1-1)은 동일하되, 요홈부(1442)의

제2-1폭(W2-1)이 고온영역(HA) 측으로 갈수록 증가하도록 형성될 수 있다.

[0097] 요흡부(1442)의 제2-1폭(W2-1)이 증가할수록 냉각홀(1440)에서 토출되는 냉각 유체(F) 중 요흡부(1442)를 통과하는 냉각 유체(F)가 차지하는 유량의 비율이 증가할 수 있다. 또한, 요흡부(1442)의 제2-1폭(W2-1)이 증가할수록 냉각 유체(F)가 요흡부(1442)에서 더 먼곳까지 안내될 수 있다. 그 결과 에어포일(1410)의 냉각이 더욱 효과적으로 이루어질 수 있다는 장점이 있다.

[0098] 만약, 복수 개의 냉각홀(1440)들의 입구 내경(D)이 모두 동일한 경우, 고온영역(HA) 측에 배치된 냉각홀(1440)에서의 냉각 유체(F)의 유속은, 저온영역(LA) 측에 배치된 냉각홀(1440)에서의 냉각 유체(F)의 유속보다 낮게 형성될 수 있다. 이 경우, 냉각 유체(F)가 에어포일(1410)에 더욱 더 원활하게 부착될 수 있다는 장점이 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 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이러한 수정, 변경 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함된다고 할 것이다.

부호의 설명

[0100] 1300 : 터빈

1400 : 터빈 블레이드 1410 : 에어포일

1411 : 리딩 엣지 1412 : 트레일링 엣지

1413 : 압력면 1414 : 흡입면

1420 : 플랫폼 1430 : 루트

1440 : 냉각홀 1441 : 확장부

1442 : 요흡부 1443 : 곡선부

1444 : 첨단부

CS : 냉각 유로

A1 : 제1방향 A2 : 제2방향

a : 경사각

d : 이격거리

F : 냉각 유체

HA : 고온영역 LA : 저온영역

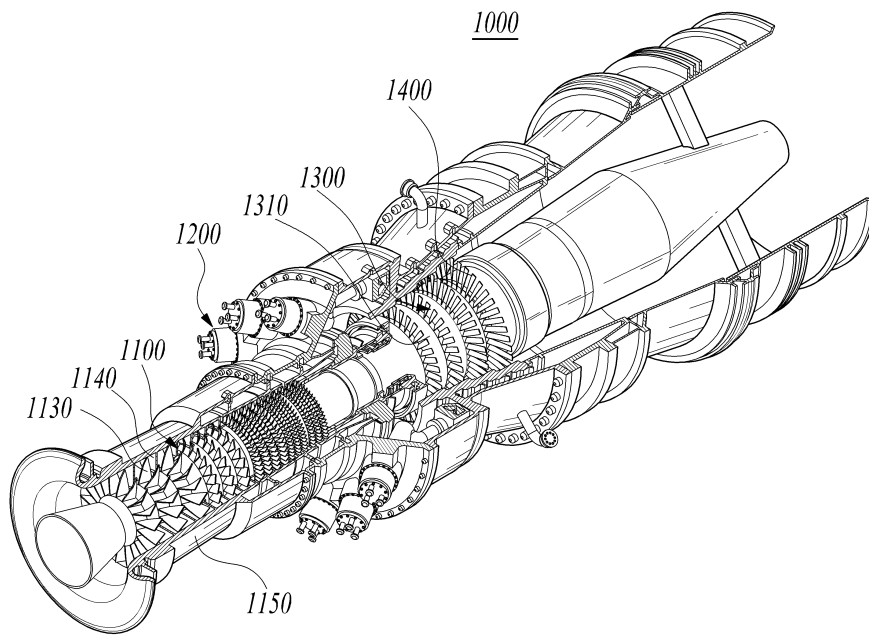
I : 입구 O : 출구

W1-1 : 제1-1폭 W1-2 : 제1-2폭

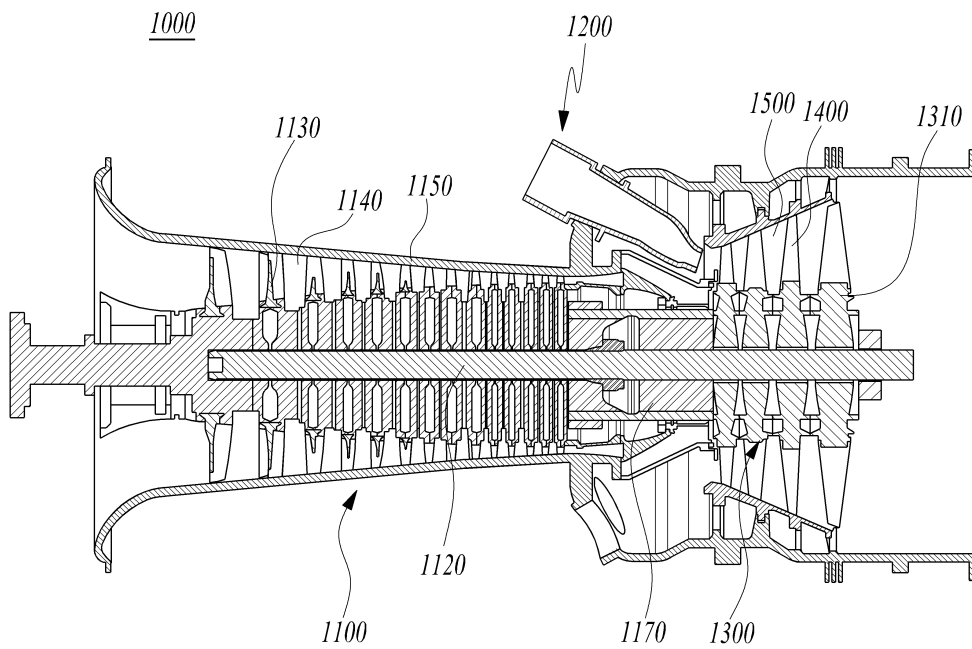
W2-1 : 제2-1폭 W2-2 : 제2-2폭

도면

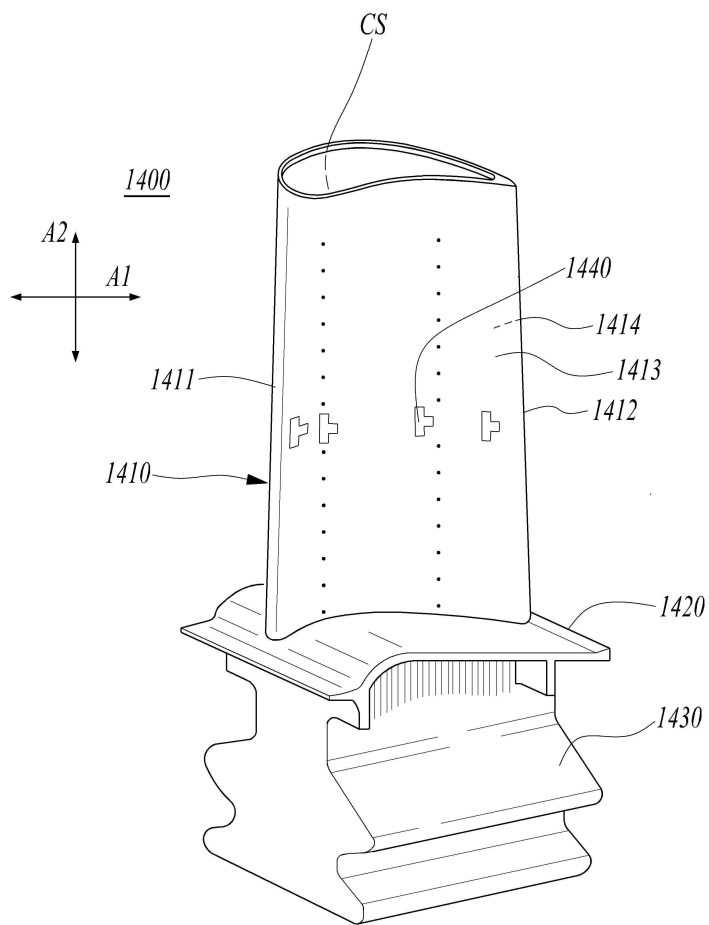
도면1



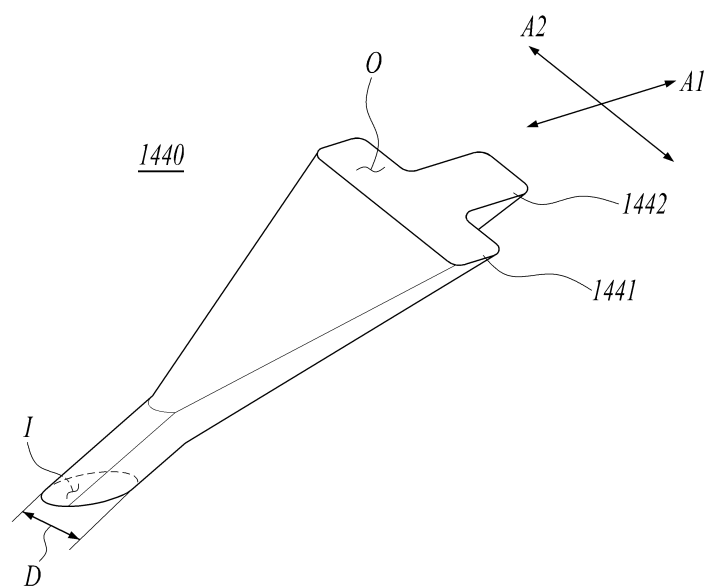
도면2



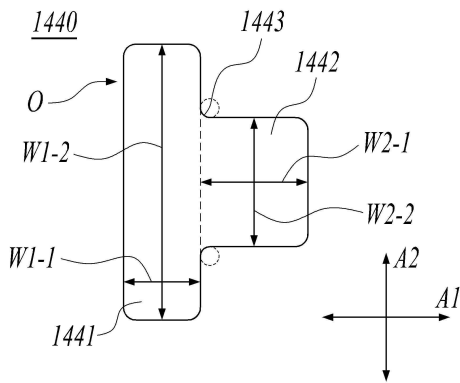
도면3



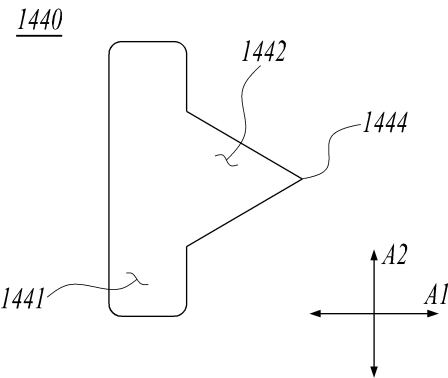
도면4



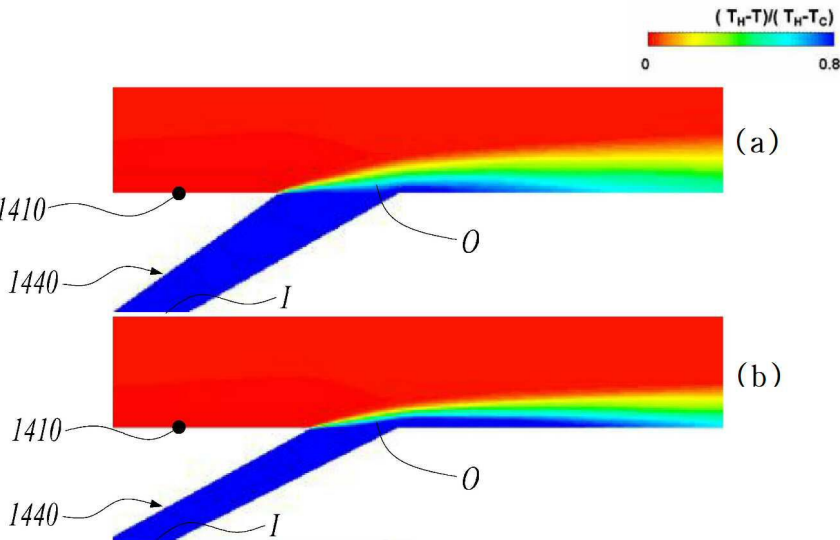
도면5



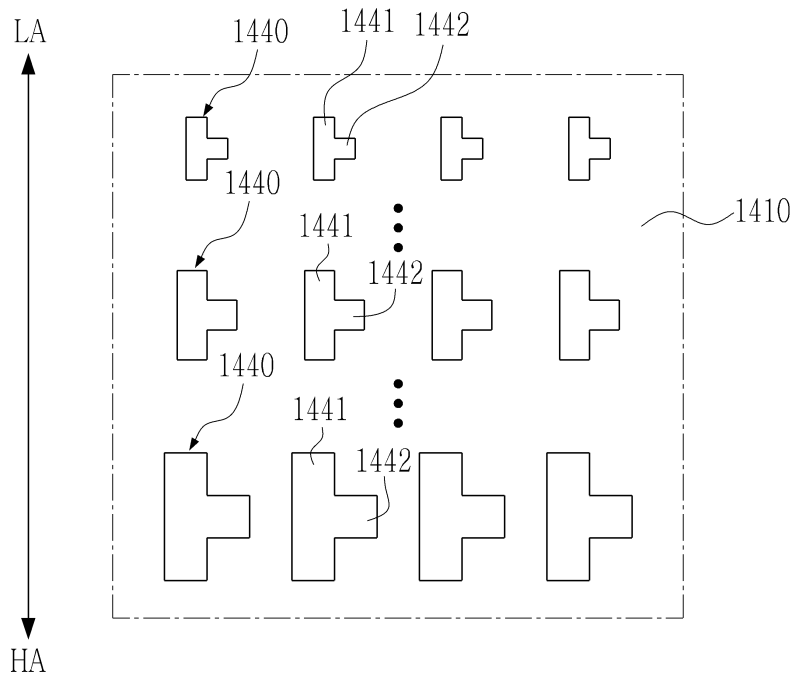
도면6



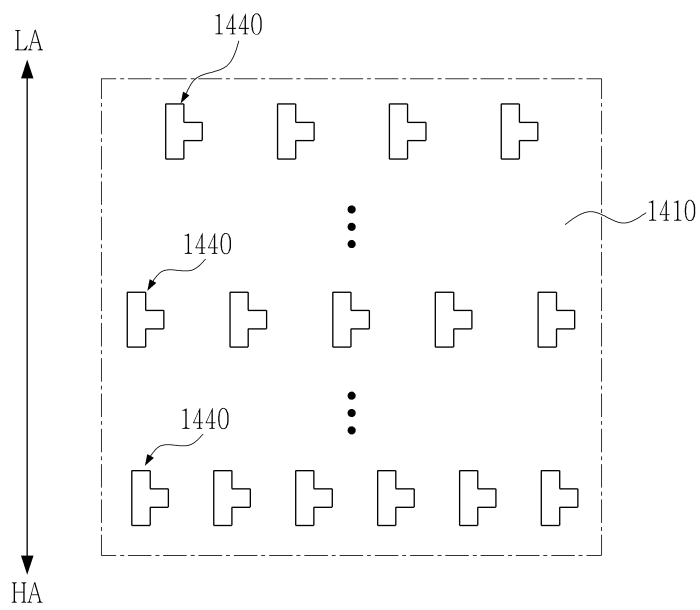
도면7



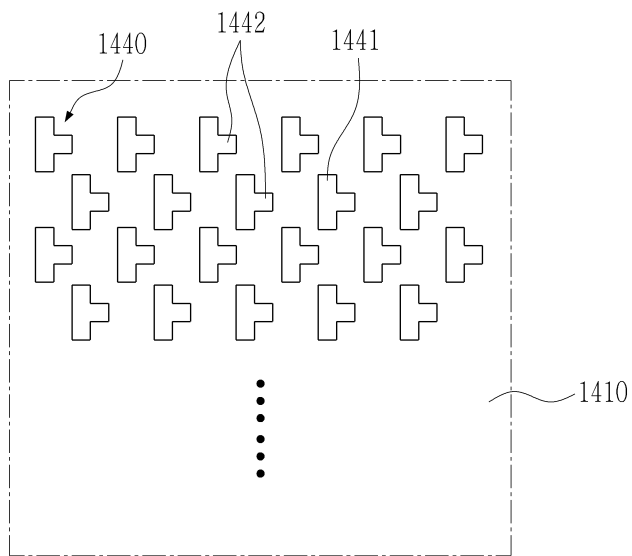
도면8



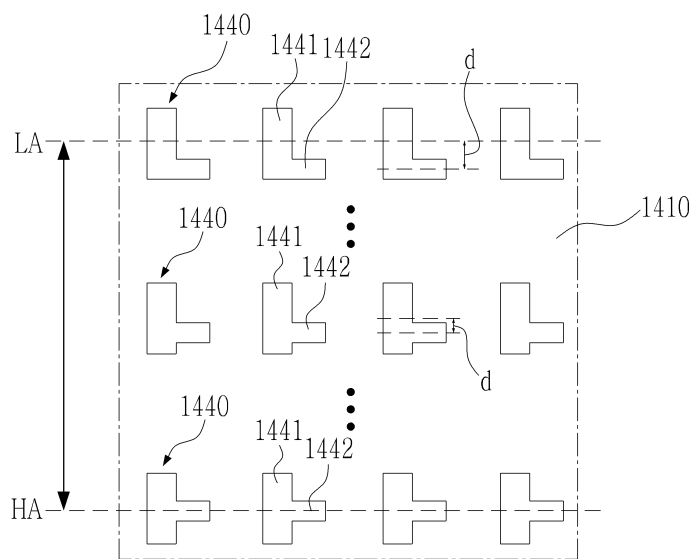
도면9



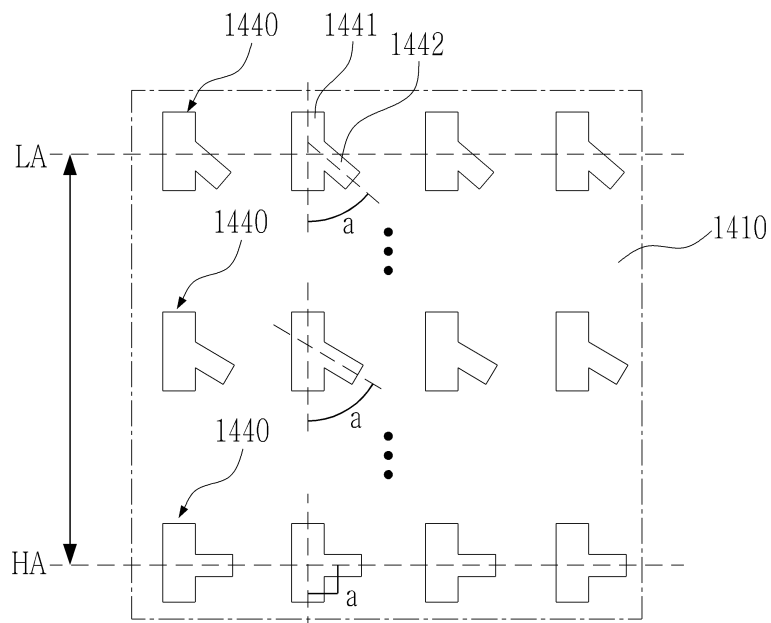
도면10



도면11



도면12



도면13

