



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0053804
(43) 공개일자 2022년05월02일

(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 10-2020-0137964
(22) 출원일자 2020년10월23일
심사청구일자 2020년10월23일

(71) 출원인
두산에너지빌리티 주식회사
경상남도 창원시 성산구 두산볼보로 22 (귀곡동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
이창용
세종특별자치시 나리1로 15, 306동 103호(한솔동, 첫마을3단지)
조형희
서울특별시 용산구 서빙고로 35, 103동 2902호(한강로3가, 용산시티파크1단지)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 천지, 윤병국, 이영규

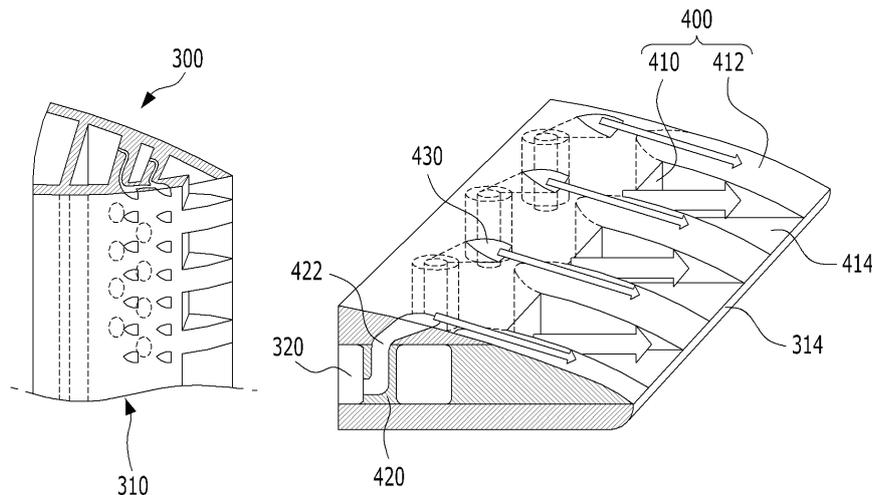
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조

(57) 요약

개시되는 발명은 리딩 에지, 트레일링 에지, 상기 리딩 에지와 트레일링 에지를 연결하는 압력면과 흡입면을 포함하는 익형 단면 형상의 블레이드부를 구비하고, 상기 블레이드부 내부에 냉각 유체가 흐르는 공동부 채널을 구비한 터빈 블레이드에 있어서, 상기 트레일링 에지는 상기 압력면의 스펠 방향을 따라, 상기 압력면의 일부가 절개되어 형성되면서 상기 공동부 채널과 연통하는 슬롯 및 상기 압력면이 남아 있는 랜드부가 교대로 배열되고, 상기 슬롯의 상류측에는 상기 공동부 채널 안에 배치된 핀-핀 구조물이 구비되며, 상기 핀-핀 구조물의 내부에 형성된 마이크로 채널을 통해 상기 냉각 유체가 도입되고, 상기 마이크로 채널에 도입된 냉각 유체는 상기 압력면 표면에 형성된 필름 냉각층을 통해 배출되는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조에 관한 것이다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

F05D 2240/304 (2013.01)

F05D 2240/35 (2013.01)

F05D 2260/202 (2013.01)

(72) 발명자

김정주

경기도 분당구 판교원로82번길 30, 1304동 1403호
(운중동, 산운마을13단지아파트)

최승영

서울특별시 서대문구 증가로24라길 10, 204호(북가
좌동)

박희승

서울특별시 서대문구 연희로8길 28-53, 407호(연희
동)

명세서

청구범위

청구항 1

리딩 에지, 트레일링 에지, 상기 리딩 에지와 트레일링 에지를 연결하는 압력면과 흡입면을 포함하는 익형 단면 형상의 블레이드부를 구비하고, 상기 블레이드부 내부에 냉각 유체가 흐르는 공동부 채널을 구비한 터빈 블레이드에 있어서,

상기 트레일링 에지는 상기 압력면의 스핀 방향을 따라, 상기 압력면의 일부가 절개되어 형성되면서 상기 공동부 채널과 연통하는 슬롯 및 상기 압력면이 남아 있는 랜드부가 교대로 배열되고,

상기 슬롯의 상류측에는 상기 공동부 채널 안에 배치된 핀-휀 구조물이 구비되며,

상기 핀-휀 구조물의 내부에 형성된 마이크로 채널을 통해 상기 냉각 유체가 도입되고,

상기 마이크로 채널에 도입된 냉각 유체는 상기 압력면 표면에 형성된 필름 냉각홀을 통해 배출되는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 핀-휀 구조물은 상기 공동부 채널을 흐르는 냉각 유체를 상기 마이크로 채널로 도입하는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 핀-휀 구조물은 상기 흡입면 내부에 형성된 냉각 유체 채널을 통해 상기 냉각 유체를 상기 마이크로 채널로 도입하는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 필름 냉각홀은 상기 랜드부의 연장 선상에 위치하는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 필름 냉각홀은 상기 트레일링 에지를 따라 하나의 열을 이루고, 상기 필름 냉각홀의 열은 상기 리딩 에지 쪽을 향하는 방향으로 제1 열 내지 제n 열의 복수 개의 열이 이격 배치되는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1 열에 포함된 각 필름 냉각홀은 상기 랜드부의 연장 선상에 위치하고,

제2 열 이후의 필름 냉각홀은 선행하는 열의 필름 냉각홀에 대해 엇갈리게 배치되는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 7

제5항에 있어서,

각각의 열에 포함된 필름 냉각홀은 모두 상기 랜드부의 연장 선상에 위치하는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 핀-휀 구조물 내부의 마이크로 채널에 요철 구조물이 형성된 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 핀-휀 구조물 내부의 마이크로 채널이 나선형 유로를 형성하는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 핀-휀 구조물 내부의 마이크로 채널에 코일이 구비되는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 핀-휀 구조물 내부의 마이크로 채널과 상기 필름 냉각홀 사이를 연결하는 압력면 내부에, 충돌제트 공간이 형성된 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조.

청구항 12

외부 공기를 흡입하여 압축하는 압축기;

상기 압축기에서 압축된 공기에 연료를 혼합하여 연소시키는 연소기; 및

내부에 터빈 블레이드와 터빈 베인이 장착되며, 상기 연소기로부터 배출되는 연소 가스에 의해 상기 터빈 블레이드가 회전하는 터빈;을 포함하며,

상기 터빈 블레이드는 리딩 에지, 트레일링 에지, 상기 리딩 에지와 트레일링 에지를 연결하는 압력면과 흡입면을 포함하는 익형 단면 형상의 블레이드부를 구비하고, 상기 블레이드부 내부에 냉각 유체가 흐르는 공동부 채널을 구비하고,

상기 트레일링 에지는 상기 압력면의 스펀 방향을 따라, 상기 압력면의 일부가 절개되어 형성되면서 상기 공동부 채널과 연통하는 슬롯 및 상기 압력면이 남아 있는 랜드부가 교대로 배열되며,

상기 슬롯의 상류측에는 상기 공동부 채널 안에 배치된 핀-휀 구조물이 구비되고,

상기 핀-휀 구조물의 내부에 형성된 마이크로 채널을 통해 상기 냉각 유체가 도입되며,

상기 마이크로 채널에 도입된 냉각 유체는 상기 압력면 표면에 형성된 필름 냉각홀을 통해 배출되는 것을 특징으로 하는 터빈기관.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 핀-휀 구조물은,

상기 공동부 채널을 흐르는 냉각 유체를 상기 마이크로 채널로 도입하거나,

또는 상기 흡입면 내부에 형성된 냉각 유체 채널을 통해 상기 냉각 유체를 상기 마이크로 채널로 도입하는 것을 특징으로 하는 터빈기관.

청구항 14

제12항에 있어서,
상기 필름 냉각홀은 상기 랜드부의 연장 선상에 위치하는 것을 특징으로 하는 터빈기관.

청구항 15

제12항에 있어서,
상기 필름 냉각홀은 상기 트레일링 에지를 따라 하나의 열을 이루고, 상기 필름 냉각홀의 열은 상기 리딩 에지 쪽을 향하는 방향으로 제1 열 내지 제n 열의 복수 개의 열이 이격 배치되는 것을 특징으로 하는 터빈기관.

청구항 16

제15항에 있어서,
상기 제1 열에 포함된 각 필름 냉각홀은 상기 랜드부의 연장 선상에 위치하고,
제2 열 이후의 필름 냉각홀은 선행하는 열의 필름 냉각홀에 대해 엇갈리게 배치되는 것을 특징으로 하는 터빈기관.

청구항 17

제15항에 있어서,
각각의 열에 포함된 필름 냉각홀은 모두 상기 랜드부의 연장 선상에 위치하는 것을 특징으로 하는 터빈기관.

청구항 18

제12항에 있어서,
상기 핀-휀 구조물 내부의 마이크로 채널에 요철 구조물이 형성되거나,
상기 핀-휀 구조물 내부의 마이크로 채널이 나선형 유로를 형성하거나,
또는 상기 핀-휀 구조물 내부의 마이크로 채널에 코일이 구비되는 것을 특징으로 하는 터빈기관.

청구항 19

제12항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 핀-휀 구조물 내부의 마이크로 채널과 상기 필름 냉각홀 사이를 연결하는 압력면 내부에, 충돌제트 공간이 형성된 것을 특징으로 하는 터빈기관.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 가스터빈의 터빈 블레이드에 관한 것으로서, 트레일링 에지에서의 냉각 효율을 향상시킬 수 있는 새로운 트레일링 에지 냉각 구조에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 터빈기관이란 증기, gas와 같은 압축성 유체의 흐름을 이용하여 충격력 또는 반동력으로 회전력을 얻는 기계장치로, 증기를 이용하는 증기터빈 및 고온의 연소가스를 이용하는 가스터빈 등이 있다.

[0003] 이 중에서, 가스터빈은 크게 압축기와 연소기와 터빈으로 구성된다. 압축기는 공기를 도입하는 공기 도입구가 구비되고, 압축기 케이싱 내에 다수개의 압축기 베인과, 압축기 블레이드가 교대로 배치되어 있다. 외부로부터 도입된 공기는 복수 단으로 이루어진 회전하는 압축기 블레이드를 거치면서 점차로 압축되어 목표로 하는 압력까지 상승한다.

- [0004] 연소기는 압축기에서 압축된 압축 공기에 대하여 연료를 공급하고 버너로 점화함으로써 고온고압의 연소 가스를 생성한다.
- [0005] 터빈은 터빈 케이싱 내에 복수의 터빈 베인과, 터빈 블레이드가 교대로 배치되어 있다. 또한, 압축기와 연소기와 터빈 및 배기실의 중심부를 관통하도록 로터가 배치되어 있다.
- [0006] 로터는 양단부가 베어링에 의해 회전 가능하게 지지된다. 그리고, 로터에 복수의 디스크가 고정되어, 각각의 블레이드가 연결되는 동시에, 배기실측의 단부에 발전기 등의 구동축이 연결된다.
- [0007] 이러한 가스터빈은 4 행정 기관의 피스톤과 같은 왕복운동 기구가 없기 때문에 피스톤-실린더와 같은 상호 마찰 부분이 없어 윤활유의 소비가 극히 적으며 왕복 운동기계의 특징인 진폭이 대폭 감소되고, 고속운동이 가능한 장점이 있다.
- [0008] 가스터빈의 작동에 대해서 간략하게 설명하면, 압축기에서 압축된 공기가 연료와 혼합되어 연소됨으로써 고온의 연소 가스가 만들어지고, 이렇게 만들어진 연소 가스는 터빈축으로 분사된다. 분사된 연소 가스가 상기 터빈 베인 및 터빈 블레이드를 통과하면서 회전력을 생성시키고, 이에 상기 로터가 회전하게 된다.
- [0009] 가스터빈의 효율에 영향을 미치는 인자는 매우 다양하다. 근래의 가스터빈 개발에서는 연소기에서의 연소 효율 향상, 터빈 입구 온도의 상승을 통한 열역학적 효율의 향상, 압축기와 터빈에서의 공력 효율 향상 등 다양한 방면으로 연구가 진행되고 있다.
- [0010] 발전용 산업 가스터빈의 등급(class)은 터빈 입구 온도(TIT, Turbine Inlet Temperature)로 구분할 수 있는데, 현재 G 등급과 H 등급의 가스터빈이 선두 자리를 차지하고 있으며, 가장 최신의 가스터빈은 J 등급에 도달한 예도 발견된다. 가스터빈의 등급이 높을수록 효율과 터빈 입구 온도는 모두 올라가는데, H 등급의 가스터빈은 터빈 입구 온도가 1,500℃에 달하기 때문에 그만큼 내열소재의 개발과 냉각기술의 발전이 요구된다.
- [0011] 내열 설계는 가스터빈 전반에 걸쳐 필요한데, 고온의 연소 가스가 발생하고 유동하는 연소기와 터빈에서 특히 중요하다. 가스터빈의 냉각은 압축기에서 만들어진 압축 공기를 이용하는 공랭식인데, 터빈의 경우 몇 개의 스테이지에 걸쳐 회전하는 터빈 블레이드 사이에 터빈 베인이 고정 배치되는 복잡한 구조로 인해 냉각 설계가 더욱 어려운 점이 많다.
- [0012] 터빈 블레이드의 경우를 보자면, 고온의 열 응력 환경으로부터 터빈 블레이드를 보호하고자 수많은 냉각 홀과 냉각 슬롯이 형성되어 있는데, 터빈 블레이드의 냉각은 크게 충돌 냉각과 필름 냉각으로 나누어 볼 수 있다. 충돌 냉각은 고압의 압축 공기가 고온 부재 표면에 직접 충돌하여 냉각을 일으키는 것이고, 필름 냉각은 고온 환경에 노출된 부재 표면에 열전도율이 매우 낮은 공기층을 얇게 형성함으로써 냉각과 함께 고온 환경으로부터의 열전달을 억제하는 것이다. 터빈 블레이드에서도, 터빈 블레이드 내면에서는 충돌 냉각을 일으키고, 고온의 연소 가스가 흐르는 터빈 블레이드 외면에서는 필름 냉각을 일으키는 복합적인 냉각을 수행하고 있으며, 이를 통해 고온 환경에서 터빈 블레이드를 보호할 수 있게 된다.
- [0013] 이러한 여러 냉각설계에서도 터빈 블레이드는 고온·고압의 환경에서 회전하는 부품이기에, 파손이 가장 빈번하게 발생하는 부품 중 하나이다. 그 중, 터빈 블레이드의 트레일링 에지는 두께가 얇은 에어포일 형상으로 인해 충분한 양의 냉각 유체를 공급하기가 어렵고, 외부의 충격파(Shock) 및 후류(Wake) 발생에 따른 압력 장의 변동이 발생하여 열적·구조적으로 취약한 부분이다. 또한, 트레일링 에지 내부에 냉각 유로를 구성하게 되면 트레일링 에지의 두께가 증가하여 후류 발생에 의한 공력 손실을 초래하게 된다.
- [0014] 이와 같이 터빈 블레이드의 트레일링 에지에 대해 충분한 냉각 성능과 공력 성능을 양립시키기에는 여러 제약 조건이 따르는바, 이를 해결할 수 있는 새로운 트레일링 에지 냉각 구조에 대한 개발이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0015] (특허문헌 0001) 미국등록특허 제8,591,189호 (2013.11.26 등록)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명은 열적·구조적으로 취약한 터빈 블레이드의 트레일링 에지에 대해 공력 성능을 희생하지 않고도 충분한 냉각 효율을 확보할 있는 새로운 트레일링 에지 냉각 구조를 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 발명은 리딩 에지, 트레일링 에지, 상기 리딩 에지와 트레일링 에지를 연결하는 압력면과 흡입면을 포함하는 익형 단면 형상의 블레이드부를 구비하고, 상기 블레이드부 내부에 냉각 유체가 흐르는 공동부 채널을 구비한 터빈 블레이드에 있어서, 상기 트레일링 에지는 상기 압력면의 스펜 방향을 따라, 상기 압력면의 일부가 절개되어 형성되면서 상기 공동부 채널과 연통하는 슬롯 및 상기 압력면이 남아 있는 랜드부가 교대로 배열되고, 상기 슬롯의 상류측에는 상기 공동부 채널 안에 배치된 핀-휠 구조물이 구비되며, 상기 핀-휠 구조물의 내부에 형성된 마이크로 채널을 통해 상기 냉각 유체가 도입되고, 상기 마이크로 채널에 도입된 냉각 유체는 상기 압력면 표면에 형성된 필름 냉각홀을 통해 배출되는 것을 특징으로 하는 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조에 관한 것이다.

[0018] 여기서, 상기 핀-휠 구조물은 상기 공동부 채널을 흐르는 냉각 유체를 상기 마이크로 채널로 도입할 수 있다.

[0019] 또는, 상기 핀-휠 구조물은 상기 흡입면 내부에 형성된 냉각 유체 채널을 통해 상기 냉각 유체를 상기 마이크로 채널로 도입할 수도 있다.

[0020] 그리고, 상기 필름 냉각홀은 상기 랜드부의 연장 선상에 위치할 수 있다.

[0021] 그리고, 상기 필름 냉각홀은 상기 트레일링 에지를 따라 하나의 열을 이루고, 상기 필름 냉각홀의 열은 상기 리딩 에지 쪽을 향하는 방향으로 제1 열 내지 제n 열의 복수 개의 열이 이격 배치될 수 있다.

[0022] 이때, 상기 제1 열에 포함된 각 필름 냉각홀은 상기 랜드부의 연장 선상에 위치하고, 제2 열 이후의 필름 냉각홀은 선행하는 열의 필름 냉각홀에 대해 엇갈리게 배치될 수 있다.

[0023] 또는, 각각의 열에 포함된 필름 냉각홀은 모두 상기 랜드부의 연장 선상에 위치할 수도 있다.

[0024] 본 발명의 실시형태에 따라서는, 상기 핀-휠 구조물 내부의 마이크로 채널에 요철 구조물이 형성될 수 있다.

[0025] 또는, 상기 핀-휠 구조물 내부의 마이크로 채널이 나선형 유로를 형성할 수 있다.

[0026] 그리고, 대안으로서 상기 핀-휠 구조물 내부의 마이크로 채널에 코일이 구비될 수도 있다.

[0027] 그리고, 본 발명의 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조에서, 상기 핀-휠 구조물 내부의 마이크로 채널과 상기 필름 냉각홀 사이를 연결하는 압력면 내부에, 충돌제트 공간이 형성될 수 있다.

[0028] 한편, 본 발명은 터빈기관으로서, 외부 공기를 흡입하여 압축하는 압축기;와, 상기 압축기에서 압축된 공기에 연료를 혼합하여 연소시키는 연소기; 및 내부에 터빈 블레이드와 터빈 베인이 장착되며, 상기 연소기로부터 배출되는 연소 가스에 의해 상기 터빈 블레이드가 회전하는 터빈;을 포함하며, 상기 터빈 블레이드는 리딩 에지, 트레일링 에지, 상기 리딩 에지와 트레일링 에지를 연결하는 압력면과 흡입면을 포함하는 익형 단면 형상의 블레이드부를 구비하고, 상기 블레이드부 내부에 냉각 유체가 흐르는 공동부 채널을 구비하고, 상기 트레일링 에지는 상기 압력면의 스펜 방향을 따라, 상기 압력면의 일부가 절개되어 형성되면서 상기 공동부 채널과 연통하는 슬롯 및 상기 압력면이 남아 있는 랜드부가 교대로 배열되며, 상기 슬롯의 상류측에는 상기 공동부 채널 안에 배치된 핀-휠 구조물이 구비되고, 상기 핀-휠 구조물의 내부에 형성된 마이크로 채널을 통해 상기 냉각 유체가 도입되며, 상기 마이크로 채널에 도입된 냉각 유체는 상기 압력면 표면에 형성된 필름 냉각홀을 통해 배출되는 것을 특징으로 하는 터빈기관을 제공할 수 있다.

발명의 효과

[0029] 본 발명에 따른 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조는 냉각 성능의 향상을 가져온다. 핀-휠 구조물의 마이크로 채널과 필름 냉각홀이 설치된 트레일링 에지의 컷백 형상에는 랜드부가 고온 가스에 노출되지 않도록 보호되고, 냉각 유체와 컷백 표면이 닿는 면적이 증가함으로써 컷백 표면에서의 필름 냉각 효율이 향상된다. 또한, 마이크로 채널과 필름 냉각홀, 그리고 충돌제트 공간을 통해 터빈 블레이드 트레일링 에지 내부에서의 전 열면적이 증대되어 내부 냉각 성능도 향상된다.

[0030] 그리고, 본 발명의 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조에 의하면 와류 흘림 현상이 저감된다. 필름 냉각이 설치된 컷백에서는 유동 정체 영역 및 전단층이 거의 형성되지 않고 와류 흘림 현상이 미비하게 된다. 따라서 고온 가스와 냉각 유체가 혼합되지 않고 컷백 표면의 하류까지 냉각 유체가 고르게 분사됨으로써 냉각 성능의 저하를 방지할 수 있다.

[0031] 아울러 본 발명에 의하면 터빈 블레이드의 공력 성능 향상도 기대할 수 있다. 핀-휀 구조물의 마이크로 채널과 필름 냉각홀이 설치된 컷백 형상은 트레일링 에지의 냉각 성능을 기존보다 향상시킬 수 있다. 이를 기반으로 트레일링 에지의 두께를 기존보다 더 얇게 제작할 수 있는 여력이 생기고, 트레일링 에지의 두께를 줄여 후류 발생을 저감함으로써 공력 손실을 크게 줄일 수 있다.

[0032] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1은 본 발명에 따른 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조가 적용될 수 있는 가스터빈의 전체적인 구성을 도시한 도면.

도 2는 터빈 블레이드의 트레일링 에지에 형성되는 종래의 컷백 구조를 도시한 도면.

도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 트레일링 에지 냉각 구조의 기본 구성을 도시한 도면.

도 5 및 도 6은 복수 열을 이루는 층돌 냉각홀의 배치에 관한 실시형태를 도시한 도면.

도 7 내지 도 9는 핀-휀 구조물에 구비되는 마이크로 채널의 다양한 실시형태를 도시한 도면.

도 10은 압력면 내부에 층돌제트 공간이 형성된 실시형태를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 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.

[0035] 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.

[0036] 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.

[0038] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예가 적용되는 가스터빈(100)의 일 예가 도시되어 있다. 상기 가스 터빈(100)은 하우징(102)을 구비하고 있고, 하우징(102)의 후측에는 터빈을 통과한 연소가스가 배출되는 디퓨저(106)가 구비되어 있다. 그리고, 디퓨저(106)의 앞쪽으로 압축된 공기를 공급받아 연소시키는 연소기(104)가 배치된다.

[0039] 공기의 흐름 방향을 기준으로 설명하면, 하우징(102)의 상류측에 압축기 섹션(110)이 위치하고, 하류 측에 터빈 섹션(120)이 배치된다. 그리고, 압축기 섹션(110)과 터빈 섹션(120)의 사이에는 터빈 섹션에서 발생된 회전토크를 압축기 섹션으로 전달하는 토크 전달부재로서의 토크 튜브(130)가 배치되어 있다.

[0040] 압축기 섹션(110)에는 복수(예를 들어 14매)의 압축기 로터 디스크(140)가 구비되고, 각각의 압축기 로터 디스크(140)들은 타이로드(150)에 의해서 축 방향으로 이격되지 않도록 체결되어 있다.

[0041] 구체적으로, 각각의 압축기 로터 디스크(140)는 대략 중앙을 타이로드(150)가 관통한 상태로 서로 축 방향을 따

라서 정렬되어 있다. 여기서, 이웃한 각각의 압축기 로터 디스크(140)는 대향하는 면이 타이로드(150)에 의해 압착되어, 상대 회전이 불가능하도록 배치된다.

- [0042] 압축기 로터 디스크(140)의 외주면에는 복수 개의 블레이드(144)가 방사상으로 결합되어 있다. 각각의 블레이드(144)는 루트부(146)를 구비하여 압축기 로터 디스크(140)에 체결된다.
- [0043] 각각의 로터 디스크(140)의 사이에는 하우징에 고정되어 배치되는 베인(미도시)이 위치한다. 상기 베인은 로터 디스크와는 달리 고정되어 있어 회전하지 않으며, 압축기 로터 디스크의 블레이드를 통과한 압축 공기의 흐름을 정렬하여 하류측에 위치하는 로터 디스크의 블레이드로 공기를 안내하는 역할을 하게 된다.
- [0044] 루트부(146)의 체결방식은 탄젠셜 타입(tangential type)과 액셜 타입(axial type)이 있다. 이는 상용되는 가스 터빈의 필요 구조에 따라 선택될 수 있으며, 통상적으로 알려진 도브테일 또는 전나무 형태(Fir-tree)를 가질 수 있다. 경우에 따라서는, 상기 형태 외의 다른 체결장치, 예를 들어 키 또는 볼트 등의 고정구를 이용하여 블레이드를 로터 디스크에 체결할 수 있다.
- [0045] 타이로드(150)는 복수 개의 압축기 로터 디스크(140)들의 중심부를 관통하도록 배치되어 있으며, 일측 단부는 최상류측에 위치한 압축기 로터 디스크 내에 체결되고, 타측 단부는 토크 튜브(130) 내에서 고정된다.
- [0046] 타이로드(150)의 형태는 가스터빈에 따라 다양한 구조로 이뤄질 수 있으므로, 반드시 도 1에 제시된 형태로 한정될 것은 아니다. 즉, 도시된 바와 같이 하나의 타이로드가 로터 디스크의 중앙부를 관통하는 형태를 가질 수도 있고, 복수 개의 타이로드가 원주상으로 배치되는 형태를 가질 수도 있으며, 이들의 혼용도 가능하다.
- [0047] 도시되지는 않았으나, 가스 터빈의 압축기에는 유체의 압력을 높이고 난 후 연소기 입구로 들어가는 유체의 유동각을 설계 유동각으로 맞추기 위하여 디퓨저(diffuser)의 다음 위치에 안내깃 역할을 하는 베인이 설치될 수 있으며, 이를 디스윌러(deswirl)라고 한다.
- [0048] 연소기(104)에서는 유입된 압축공기를 연료와 혼합, 연소시켜 높은 에너지의 고온, 고압 연소가스를 만들어 내며, 등압 연소과정으로 연소기 및 터빈부품이 견딜 수 있는 내열한도까지 연소가스온도를 높이게 된다.
- [0049] 가스터빈의 연소시스템을 구성하는 연소기는 셀 형태로 형성되는 케이싱 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.
- [0050] 구체적으로, 라이너는 연료노즐에 의해 분사되는 연료가 압축기의 압축공기와 혼합되어 연소되는 연소공간을 제공한다. 이러한 라이너는, 공기와 혼합된 연료가 연소되는 연소공간을 제공하는 화염통과, 화염통을 감싸면서 환형공간을 형성하는 플로우 슬리브를 포함할 수 있다. 또한 라이너의 전단에는 연료노즐이 결합되며, 측벽에는 점화기가 결합된다.
- [0051] 한편 라이너의 후단에는, 연소가스를 터빈 측으로 보낼 수 있도록 트랜지션 피스가 연결된다. 이러한 트랜지션 피스는 연소가스의 높은 온도에 의한 파손이 방지되도록 외벽부가 압축기로부터 공급되는 압축공기에 의해 냉각된다.
- [0052] 이를 위해 상기 트랜지션피스에는 공기를 내부로 분사시킬 수 있도록 냉각을 위한 홀들이 마련되며, 압축공기는 홀들을 통해 내부에 있는 본체를 냉각시킨 후 라이너 측으로 유동된다.
- [0053] 라이너의 환형공간에는 전술한 트랜지션 피스를 냉각시킨 냉각공기가 유동되며, 라이너의 외벽에는 플로우 슬리브의 외부에서 압축공기가 플로우 슬리브에 마련되는 냉각 홀들을 통해 냉각공기로 제공되어 충돌할 수 있다.
- [0054] 한편, 연소기에서 나온 고온, 고압의 연소가스는 상술한 터빈 섹션(120)으로 공급된다. 공급된 고온 고압의 연소가스가 팽창하면서 터빈의 회전날개에 충돌, 반동력을 주어 회전 토크가 야기되고, 이렇게 얻어진 회전 토크는 상술한 토크 튜브를 거쳐 압축기 섹션으로 전달되고, 압축기 구동에 필요한 동력을 초과하는 동력은 발전기 등을 구동하는데 쓰이게 된다.
- [0055] 터빈 섹션은 기본적으로는 압축기 섹션과 그 구조가 유사하다. 즉, 터빈 섹션(120)에도 압축기 섹션의 압축기 로터 디스크와 유사한 복수의 터빈 로터 디스크(180)가 구비된다. 따라서, 터빈 로터 디스크(180) 역시, 방사상으로 배치되는 복수 개의 터빈 블레이드(184)를 포함한다. 터빈 블레이드(184) 역시 도브테일 등의 방식으로 터빈 로터 디스크(180)에 결합할 수 있다. 아울러, 터빈 로터 디스크(180)의 블레이드(184)의 사이에도 하우징에 고정되는 베인(미도시)이 구비되어, 블레이드를 통과한 연소가스의 흐름 방향을 유도하게 된다.

- [0057] 도 2는 터빈 블레이드의 트레일링 에지에서의 냉각 성능을 향상시키기 위한 컷백 구조에 대해 도시하고 있다. 근래의 터빈 블레이드의 트레일링 에지는 컷백 (Cutback) 형태로 제작되는 경우가 많다. 컷백은 도 2와 같이 블레이드부 압력면의 트레일링 에지 일부를 잘라낸 형상으로, 압력면의 일부를 절개함에 따라 흡입면이 노출되고, 또한 절개된 부분이 블레이드부 내부의 공동부 채널과 연통하는 슬롯으로 형성된다.
- [0058] 이러한 슬롯은 절개되지 않은 랜드부로 분할된 단락 슬롯의 형태로 나타나며, 냉각 유체를 컷백 표면으로 분사함으로써 트레일링 에지를 냉각하는 방식이다. 컷백 형상은 공동부 채널의 내부 냉각 유로를 포함하는 트레일링 에지 형상보다 냉각 성능이 우수하며, 이를 기반으로 트레일링 에지를 더욱 얇게 설계할 수 있어 공력 손실 또한 저감할 수 있다.
- [0059] 그러나 도 2의 컷백 형상에는 단락 슬롯의 윗 벽면을 구성하는 립(Lip)이 존재한다. 립 후방에서는 유동 정체 영역 및 전단층(Shear layer)이 형성되어 와류 흘림(Vortex shedding)이 발생하며, 이로 인해 고온 가스와 냉각 유체가 혼합되면서 컷백 표면 하류 영역에서의 냉각 성능이 감소한다. 또한, 단락 슬롯의 옆 벽면을 구성하는 랜드부 표면은 고온 가스에 그대로 노출되므로 열적으로 매우 취약하다는 단점을 안고 있다.
- [0060] 본 발명은 도 2와 같은 종래의 트레일링 에지 컷백 냉각 구조를 한층 개선하기 위한 것으로서, 그 상세한 구성을 첨부한 도면을 참조하여 상세히 설명한다.
- [0061] 도 3 및 도 4는 본 발명에 따른 터빈 블레이드의 트레일링 에지 냉각 구조(이하, "트레일링 에지 냉각 구조"라 함)의 일 실시형태를 도시하고 있다. 터빈 블레이드(300)는 일반적인 구성, 즉 리딩 에지(312)와 트레일링 에지(314), 상리딩 에지(312)와 트레일링 에지(314)를 연결하는 압력면(316)과 흡입면(318)을 포함하는 익형 단면 형상의 블레이드부(310)를 구비하고, 블레이드부(310) 내부에 냉각 유체가 흐르는 공동부 채널(320)을 구비하고 있다.
- [0062] 그리고, 도 2의 컷백 구조와 유사하게, 트레일링 에지(314)의 압력면(316) 스캔 방향을 따라 압력면(316)의 일부가 절개되어 슬롯(410)이 형성된다. 슬롯(410)은 터빈 블레이드(300) 내부의 공동부 채널(320)과 연통하여 냉각 유체를 토출하게 되며, 압력면(316)이 남아 있는(절개되지 않은) 랜드부(412)와 슬롯(410)이 교대로 배열되는 단락 슬롯의 형태를 이룬다.
- [0063] 슬롯(410)의 상류측에는 공동부 채널(320) 안에 핀-휀(Pin-Fin) 구조물(420)이 배치된다. 핀-휀 구조물(420)은 슬롯(410)으로 토출되는 냉각 유체에 난류 성분을 만듦으로써 냉각 성능을 향상시키기 위한 구성이다. 또한, 핀-휀 구조물(420)은 두께가 얇은 트레일링 에지(314)의 구조적 강도를 향상시키는 역할도 한다.
- [0064] 본 발명에서는 핀-휀 구조물(420)을 중공 구조로 만들어서 그 내부에 마이크로 채널(422)을 형성하고 있다. 핀-휀 구조물(420) 내부의 마이크로 채널(422)에는 냉각 유체가 도입된다. 여기서, 상류라 함은, 터빈 블레이드(300)의 리딩 에지(312)에서 트레일링 에지(314)쪽으로 흐르는 연소 가스, 또는 터빈 블레이드(300) 내부의 공동부 채널(320)을 통해 트레일링 에지(314)의 슬롯(410)으로 흐르는 냉각 유체의 흐름 어떤 것을 기준으로 해도 무방하며, 대체로 특별한 언급이 없는 한 리딩 에지(312)쪽을 상류측으로 보면 된다.
- [0065] 그리고, 마이크로 채널(422)에 도입된 냉각 유체는 압력면(316) 표면에 형성된 필름 냉각층(430)을 통해 배출된다. 도 2의 종래 기술과 비교한다면, 중공 구조의 핀-휀 구조물(420) 내부의 마이크로 채널(422)을 통해 압력면(316) 표면의 필름 냉각층(430)로 냉각 유체를 공급함에 본 발명의 큰 기술적 특징이 있음을 알 수 있다. 필름 냉각층(430)을 통해 나온 냉각 유체는 트레일링 에지(314)의 컷백(400) 구조에 필름 냉각을 일으킨다. 종래에는 슬롯(410)의 옆 벽면과 컷백 표면(414)에서만 필름 냉각 효과를 얻을 수 있지만, 본 발명에서는 필름 냉각층(430)이 컷백(400)의 상류 측에 위치함으로써 슬롯(410)의 윗 벽면을 구성하는 립이나 슬롯(410)의 옆 벽면을 구성하는 랜드부(412) 표면에도 필름 냉각을 일으킬 수 있다.
- [0066] 특히, 본 발명은 공동부 채널(320) 안에 배치되는 핀-휀 구조물(420)을 중공 구조로 만들고, 이 핀-휀 구조물(420) 내부의 마이크로 채널(422)을 필름 냉각층(430)에 대한 공급 유로로 구성함으로써 많은 이점을 얻을 수 있다. 즉, 얇을수록 공력 성능에 유리한 트레일링 에지(314)의 두께를 키우지 않고도 필름 냉각층(430)에 냉각 유체를 공급하는 통로를 확보할 수 있다. 또한, 핀-휀 구조물(420) 내부의 마이크로 채널(422)이 열 전달면을 형성함에 따라 트레일링 에지(314) 내부에서의 전열면적이 증대되어 내부 냉각 성능이 향상되는 효과도 얻을 수 있다.
- [0067] 도 3 및 도 4는 핀-휀 구조물(420) 내부의 마이크로 채널(422)로 냉각 유체를 도입하는 두 가지 실시형태를 각

각 도시하고 있다. 도 2의 실시형태는 공동부 채널(320)을 흐르는 냉각 유체를 바로 마이크로 채널(422)로 도입하는 구성을 보여준다. 공동부 채널(320)을 흐르는 냉각 유체의 흐름에 마주보는 핀-핀 구조물(420)의 일면에 마이크로 채널(422)의 입구를 형성하여 냉각 유체를 핀-핀 구조물(420) 내부로 도입하게 된다. 도 3은 흡입면(318) 내부에 형성된 별도의 냉각 유체 채널(424)을 통해 마이크로 채널(422)로 냉각 유체를 도입하는 실시형태에 관한 것이다. 트레이링 에지(314)의 슬롯(410)으로 향하는 냉각 유체의 일부를 마이크로 채널(422)로 빼내지 않기에, 구조적으로는 좀 복잡해지지만, 컷백 표면(414)에서의 충분한 냉각 성능을 확보하는데 유리한 점이 있다.

[0068] 그리고, 도 3 및 도 4를 보면, 컷백(400) 상류의 필름 냉각홀(430)이 랜드부(412)의 연장 선상에 위치하고 있다. 이는 컷백(400) 구조에서 슬롯(410)의 옆 벽면을 구성하는 랜드부(412) 표면은 고온 가스에 그대로 노출되므로 열적으로 매우 취약하기에, 냉각 측면에서 가장 문제가 되는 랜드부(412)에서 확실한 필름 냉각 효과가 나타나도록 필름 냉각홀(430)을 배치한 결과이다. 랜드부(412) 표면의 냉각이 가장 중요하겠지만, 필름 냉각홀(430)을 몇 개의 열로 구성하면 좀더 다양한 배치를 통해 여러 가지의 냉각 효과를 구현할 수도 있다.

[0069] 도 5 및 도 6은 필름 냉각홀(430)의 열을 복수 개 설치했을 때의 두 가지 실시형태를 보여준다. 복수의 필름 냉각홀(430)은 트레이링 에지(314)의 스캔 방향을 따라 하나의 열을 이루게 되고, 이러한 필름 냉각홀(430)의 열은 트레이링 에지(314)에 가장 근접한 제1 열(431)로부터 리딩 에지(312) 쪽을 향하는 방향으로 제2 열(432), 제3 열(433), ... 제n 열(여기서, n은 자연수)까지 복수 개가 적절한 간격으로 이격 배치될 수 있다.

[0070] 도 5에서는 필름 냉각홀(430)의 열이 제1 열(431)부터 제3 열(433)까지 3개 열로 구성되는 예를 보여주고, 도 6은 제1 열(431)과 제2 열(432)로 구성되는 예를 보여주고 있다. 물론, 필름 냉각홀(430)의 열의 개수는 설계 조건에 따라 다양하게 구성될 수 있으며, 도면은 하나의 예를 보여주는 것으로 이해해야 한다.

[0071] 도 5의 실시형태는 각각의 필름 냉각홀(430) 열에 포함된 각각의 필름 냉각홀(430)이 모두 랜드부(412)의 연장 선상에 위치하는 경우이다. 이러한 실시형태는 컷백(400) 구조에서 고온 가스에 그대로 노출되는 랜드부(412) 표면을 확실히 냉각하는데 유리한 구조라 할 수 있다.

[0072] 도 6의 실시형태는, 제1 열(431)에 포함된 각 필름 냉각홀(430)은 랜드부(412)의 연장 선상에 위치하고, 제2 열(432) 이후의 필름 냉각홀(430)은 선행하는 열(제2 열에 대해서는 제1 열이 선행하는 열에 해당)의 필름 냉각홀(430)에 대해 엇갈리게 배치되는 것이다. 트레이링 에지(314)에 가장 근접한 제1 열(431)의 필름 냉각홀(430)은 고온 가스에 노출된 랜드부(412) 표면을 냉각하도록 하고, 그 이후의 반 피치(즉, 랜드부 사이 거리의 절반)만큼 엇갈린 필름 냉각홀(430) 열은 컷백 표면(414)에서의 진단층 형성 및 와류 흐름 발생에 의한 고온 가스와 냉각 유체의 혼합을 억제하는 역할을 하도록 한다. 이러한 필름 냉각홀(430)의 엇갈림 배치는 트레이링 에지(314)에서의 냉각 성능과 공력 성능을 조화롭게 향상시키는데 유리하다고 말할 수 있다.

[0073] 그리고, 도 7 내지 도 10의 실시형태는 컷백(400) 구조의 트레이링 에지(314) 표면에서의 냉각 성능 및/또는 공력 성능만이 아니라, 트레이링 에지(314)의 내부 냉각 성능까지 함께 끌어올릴 수 있는 다양한 예를 보여준다.

[0074] 먼저, 도 8 내지 도 10의 실시형태는, 중공의 핀-핀 구조물(420) 내부에서의 열 전달 효율을 향상시킬 수 있는 다양한 구성을 보여준다. 핀-핀 구조물(420)의 양단은 압력면(316)과 흡입면(318)에 접합 내지 결합되어 있기에, 핀-핀 구조물(420)에서의 열 소산이 촉진되면 트레이링 에지(314) 영역에서의 냉각 성능도 올라가게 된다.

[0075] 도 8은 핀-핀 구조물(420) 내부의 마이크로 채널(422)에 요철 구조물(440)이 형성된 것이고, 도 9는 핀-핀 구조물(420) 내부의 마이크로 채널(422)이 나선형 유로(442)를 형성하는 실시형태를 보여준다. 또한, 마이크로 채널(422)의 형태에 변화를 주는 것은 물론, 도 10과 같이 핀-핀 구조물(420)의 마이크로 채널(422)에 코일(444)을 삽입함으로써 열전달 효과를 촉진하는 실시형태도 가능하다.

[0076] 그리고, 도 7은 트레이링 에지(314)의 내부에 충돌 냉각 효과를 부여하는 실시예를 도시하고 있다. 도 8 내지 도 10의 실시형태는 도 7의 트레이링 에지 냉각 구조에 복합적으로 적용될 수 있다. 도 7을 참조하면, 핀-핀 구조물(420) 내부의 마이크로 채널(422)과 필름 냉각홀(430) 사이를 연결하는 압력면(316) 내부에 충돌제트 공간(434)이 형성되어 있다. 핀-핀 구조물(420)의 마이크로 채널(422)을 통과하여 분사되는 냉각 유체는 충돌제트 공간(434)에 부딪혀 충돌제트로서 압력면(316)을 냉각하고, 이후에는 필름 냉각홀(430)을 빠져나가 필름 냉각을 수행하게 된다. 따라서, 충돌제트 공간(434) 역시 트레이링 에지(314)의 내부 냉각 성능에 기여하게 된다.

[0077] 한편, 본 발명은 외부 공기를 흡입하여 압축하는 압축기와, 상기 압축기에서 압축된 공기에 연료를 혼합하여 연소시키는 연소기와, 내부에 터빈 블레이드(300)와 터빈 베인이 장착되며, 연소기로부터 배출되는 연소 가스에

의해 터빈 블레이드(300)가 회전하는 터빈을 포함하는 터빈기관에 대해, 상기에서 설명한 트레일링 에지 냉각 구조를 제공할 수 있다. 본 발명이 적용될 수 있는 터빈기관(100)의 일례는 도 1에 도시되어 있다.

[0078] 터빈기관(100)에 구비되는 트레일링 에지 냉각 구조는, 터빈 블레이드(300)의 트레일링 에지(314)의 압력면(316) 스펜 방향을 따라 슬롯(410) 및 랜드부(412)가 교대로 배열되고, 슬롯(410)의 상류측에는 공동부 채널(320) 안에 배치된 핀-휀 구조물(420)이 구비된다. 그리고, 핀-휀 구조물(420)의 내부에 형성된 마이크로 채널(422)을 통해 냉각 유체가 도입되며, 마이크로 채널(422)에 도입된 냉각 유체는 압력면(316) 표면에 형성된 필름 냉각홀(430)을 통해 배출된다. 트레일링 에지 냉각 구조는 앞서 설명한 바와 같기에, 이에 대한 반복되는 설명은 생략한다.

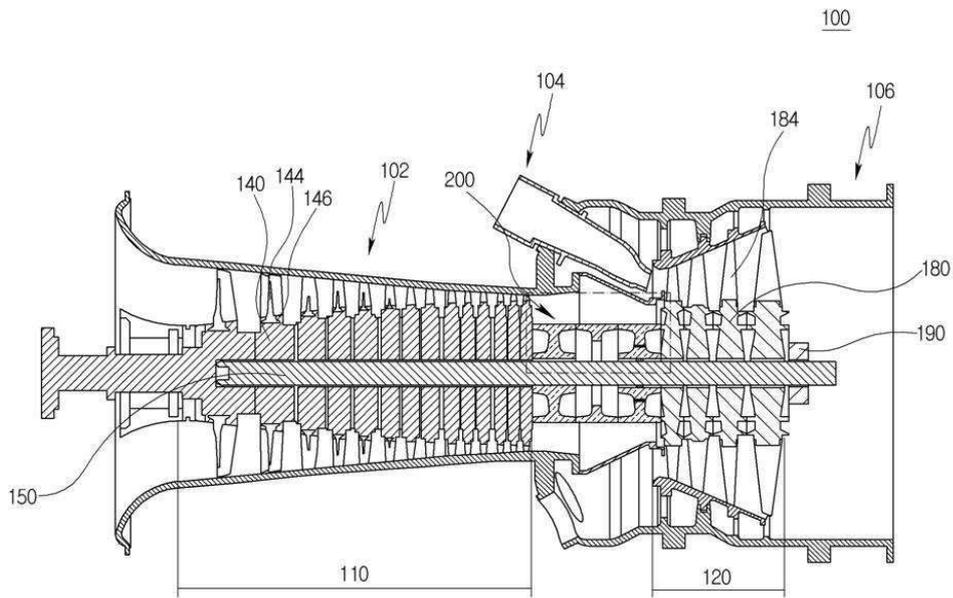
[0080] 이상, 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이러한 수정, 변경 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함된다고 할 것이다.

부호의 설명

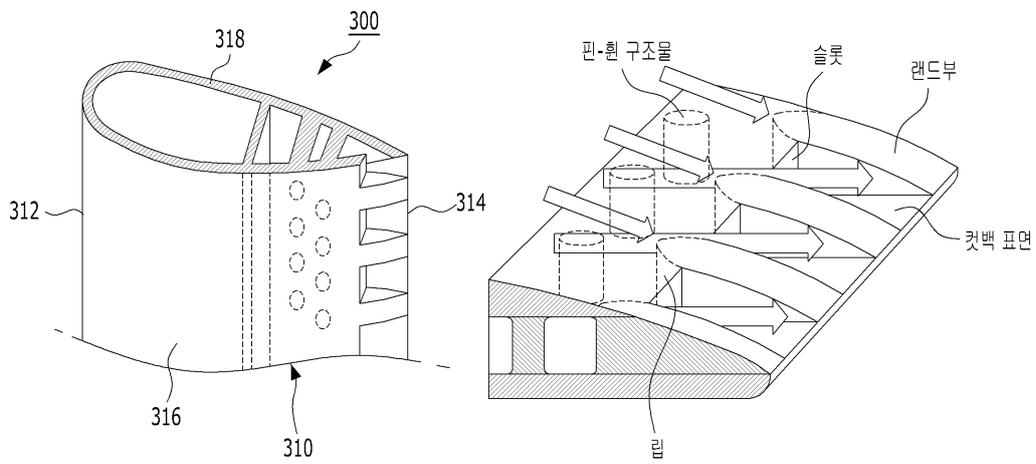
- [0081] 300: 터빈 블레이드 310: 블레이드부
 312: 리딩 에지 314: 트레일링 에지
 316: 압력면 318: 흡입면
 320: 공동부 채널 400: 컷백
 410: 슬롯 412: 랜드부
 414: 컷백 표면 420: 핀-휀 구조물
 422: 마이크로 채널 424: 냉각 유체 채널
 430: 필름 냉각홀 431: 제1 열
 432: 제2 열 433: 제3 열
 434: 층돌제트 공간 440: 요철 구조물
 442: 나선형 유로 444: 코일

도면

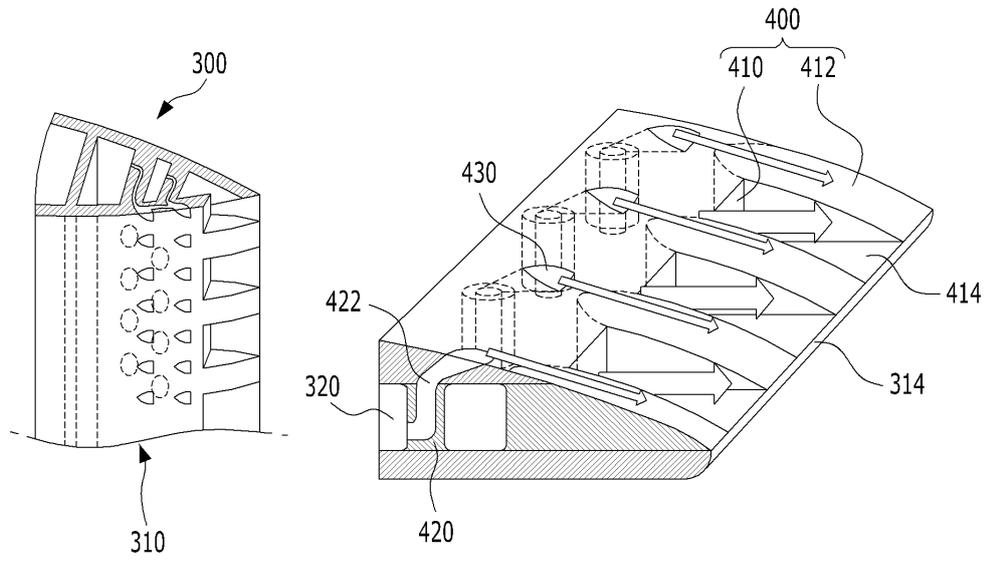
도면1



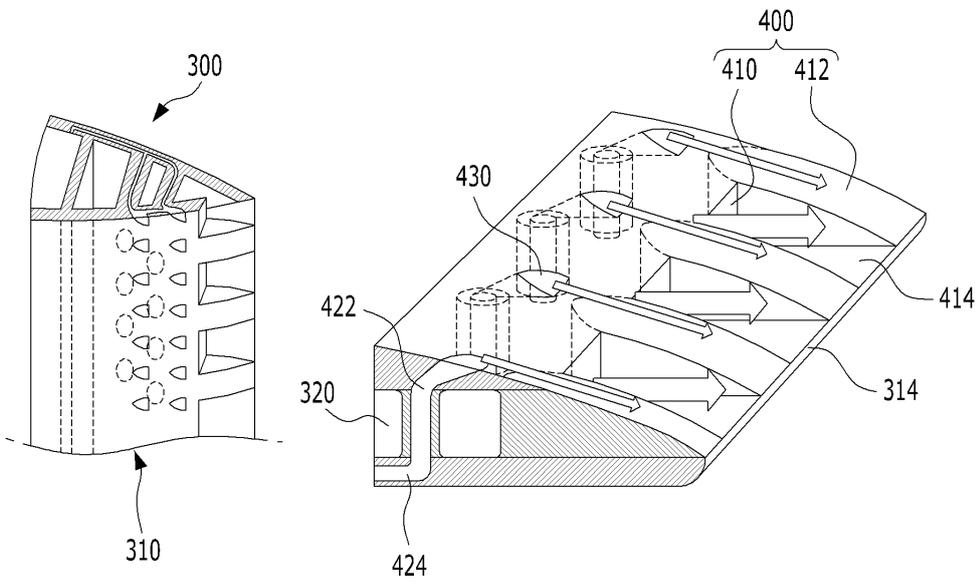
도면2



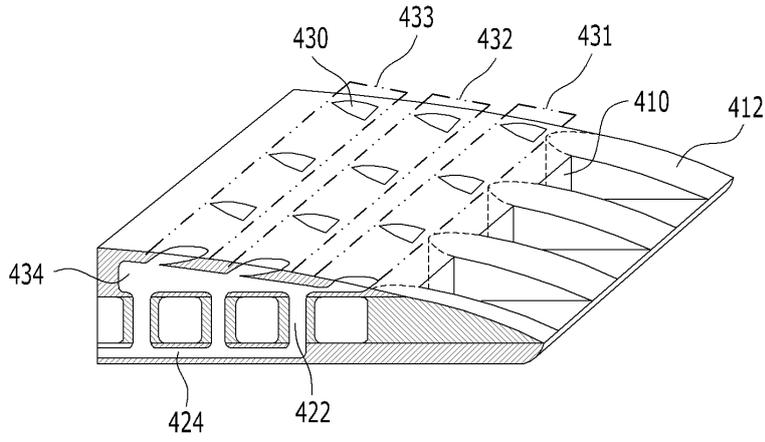
도면3



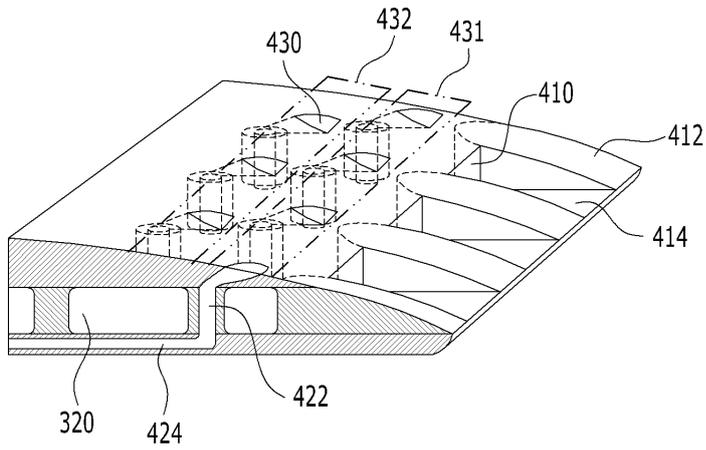
도면4



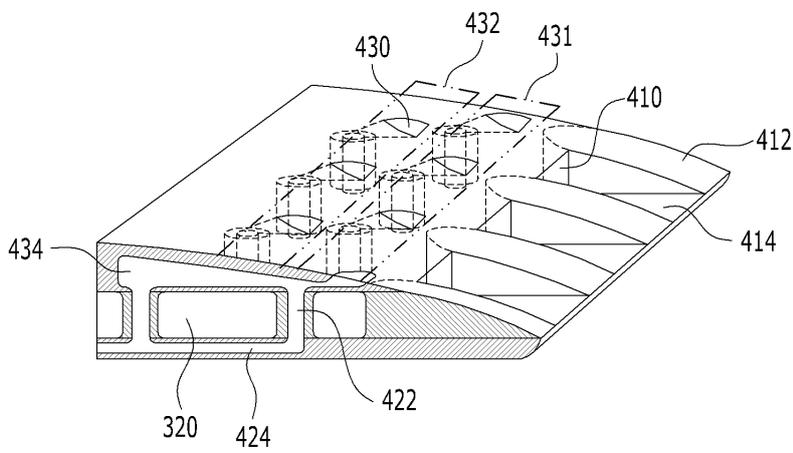
도면5



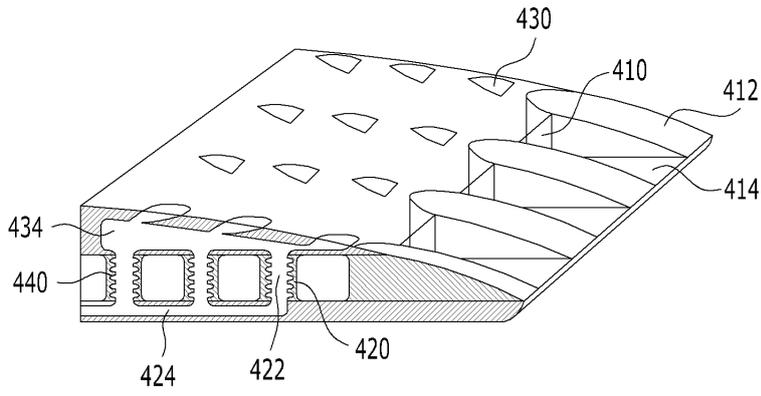
도면6



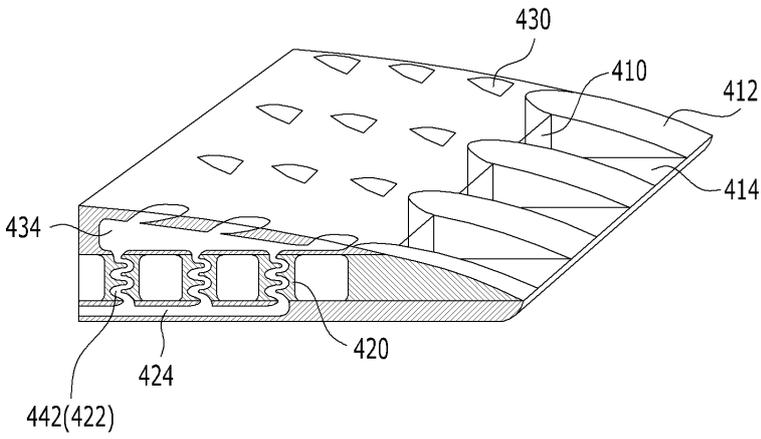
도면7



도면8



도면9



도면10

