



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0150657
(43) 공개일자 2022년11월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01D 5/20 (2006.01) F01D 5/14 (2006.01)
F01D 5/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F01D 5/20 (2013.01)
F01D 5/141 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0057902
(22) 출원일자 2021년05월04일
심사청구일자 2021년05월04일

(71) 출원인
국방과학연구소
대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160 (수남동)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김정우
대전광역시 유성구 북유성대로488번길 160
조형희
서울특별시 서대문구 연세로 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
(유)한양특허법인

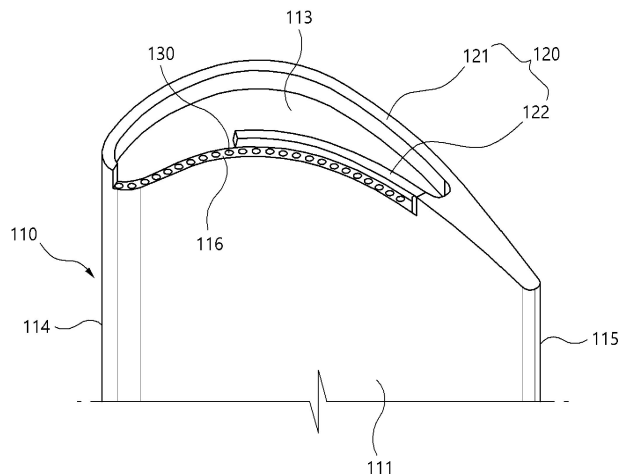
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 선반 스켈러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드

(57) 요약

본 발명은 익형의 블레이드 하우징 및 상기 블레이드 하우징의 끝단면인 팁 면의 가장자리부로부터 연장된 스켈러 팁(squealer tip)을 포함하고, 상기 스켈러 팁은 상기 팁 면의 가장자리부 중 일 부분에만 형성된 것을 특징으로 하는 가스터빈 블레이드로서, 본 발명에 의하면, 팁 면에서의 고온 주유동 재부착 및 스윙 유동 형성을 억제하여 팁 면의 막냉각 성능을 극대화하고, 추가적으로 공력손실을 저감할 수 있다.

대표도 - 도6



(52) CPC특허분류

F01D 5/183 (2013.01)

F05D 2220/32 (2013.01)

F05D 2260/20 (2013.01)

(72) 발명자

이주형

서울특별시 서대문구 연세로 50

방민호

서울특별시 서대문구 연세로 50

김정주

서울특별시 서대문구 연세로 50

최승영

서울특별시 서대문구 연세로 50

김태현

서울특별시 서대문구 연세로 50

박희승

서울특별시 서대문구 연세로 50

명세서

청구범위

청구항 1

익형의 블레이드 하우징; 및

상기 블레이드 하우징의 끝단면인 팁 면의 가장자리로부터 연장된 스컬러 팁(squealer tip)을 포함하고,

상기 스컬러 팁은 상기 팁 면의 가장자리부 중 일 부분에만 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 스컬러 팁은,

상기 팁 면의 가장자리부 중 상기 블레이드 하우징의 흡입면 측으로부터 연장 형성된 흡입면 측 스컬러 팁; 및

상기 팁 면의 가장자리부 중 상기 블레이드 하우징의 압력면 측으로부터 연장 형성된 압력면 측 스컬러 팁을 포함하는 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 압력면 측 스컬러 팁은 상기 팁 면의 압력면 측 일 부분에만 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 블레이드 하우징의 전연부 끝단으로부터 일정 길이만큼의 상기 팁 면의 압력면 측에는 상기 압력면 측 스컬러 팁이 형성되지 않는 선반부가 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 선반부에는 복수 개의 냉각홀이 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 6

청구항 4에 있어서,

상기 압력면 측 스컬러 팁은 상기 팁 면의 압력면 측으로부터 이격되어 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 압력면 측 스컬러 팁이 상기 팁 면의 압력면 측으로부터 이격된 구간의 상기 팁 면 상에는 복수 개의 냉각홀이 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 압력면 측 스컬러 팁은 상부로 갈수록 상기 압력면 측 방향으로 경사지게 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 9

익형의 블레이드 하우징; 및

상기 블레이드 하우징의 끝단면인 팁 면의 가장자리로부터 연장된 스컬러 팁(squealer tip)을 포함하고,

상기 스컬러 팁의 일 부분은 상기 팁 면의 일 측으로부터 이격되어 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 스컬러 팁은 상기 팁 면의 가장자리부 중 일 부분에만 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 스컬러 팁은 상기 블레이드 하우징의 압력면 측 팁 면의 일 부분에만 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 팁 면의 압력면 측에는 복수 개의 냉각홀이 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 13

청구항 12에 있어서,

상기 팁 면의 압력면 측에 상기 스컬러 팁이 형성되지 않은 영역 및 상기 스컬러 팁이 상기 팁 면의 압력면 측으로부터 이격된 영역에 복수 개의 상기 냉각홀이 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

청구항 14

청구항 11에 있어서,

상기 압력면 측 스컬러 팁은 상부로 갈수록 상기 압력면 측 방향으로 경사지게 형성된 것을 특징으로 하는,

선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 가스터빈 블레이드에 관한 것으로서, 고온 취약성을 해소하기 위한 선반 스컬러 팁을 가지는 가스터빈 블레이드에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 가스터빈은 고온, 고압의 연소가스로 터빈을 가동시키는 회전형 열기관으로서, 압축기와 그 압축기에 의한 압축 공기가 유입되는 연소기와, 연소기에 의해 연소된 고온, 고압의 연소가스가 터빈을 회전시키도록 구성된다.

[0003] 도 1에서 참조되는 가스터빈 블레이드(10)는 고온의 환경에서 작동되기 때문에 가스터빈의 다른 고온 부품 중 파손이 빈번하다. 그 중에서도 블레이드 팁은 가스터빈 블레이드의 가장 파손에 취약한 부분이다. 이는 고온의 가스가 슈라우드 케이싱(shroud casing)과 블레이드와의 간극 사이로 지나가 팁에서 높은 열부하가 발생하기 때문이다. 이를 방지하기 위해 도 1과 같은 스컬러 팁(11, squealer tip)을 블레이드에 적용하여 레버런스 씰(labyrinth seal)과 같이 유동저항을 증가시켜 고온의 가스가 누설되는 것을 줄인다.

[0004] 최근에는 팁 면의 열부하 및 공력손실 저감을 목적으로 도 2와 같이 선반 스컬러 팁(Shelf squealer tip)이 가스터빈 블레이드(20)에 적용되고 있다. 선반 스컬러 팁은 압력면의 림(21, Rim)이 팁 면 내측으로 일부 이동한 형태이며, 림이 이동하면서 생긴 선반(Shelf) 영역(22)에 팁 표면 냉각을 위한 막냉각 홀(23)이 적용된다.

[0005] 도 3은 선반 스컬러 팁 적용 시, 팁 면 근처 고온 유동의 흐름을 나타낸 것이다. 고온 유동은 전연부의 림을 지나 팁 면 내부에 재부착된 뒤, 스윙(Swirl) 유동을 형성하여 팁 캐비티 내부를 흐른다. 이로 인해 유동이 재부착되는 지점인 전연부의 열부하가 증가하며, 막냉각 유체가 혼합되어 전연부 및 압력면을 따라 냉각성능이 크게 하락하게 된다.

[0006] 도 4는 팁 면의 열부하(Nusselt 수) 분포이며, 도 5는 팁 면의 막냉각 효율 분포이다. 도 4 및 도 5에서 참조되는 바와 같이, 이러한 전연부 열부하 집중 및 불균일한 냉각 특성은 팁 면에서의 열응력을 유발하여 터빈 블레이드의 수명에 악영향을 미친다.

[0007] 이상의 배경기술에 기재된 사항은 발명의 배경에 대한 이해를 돕기 위한 것으로서, 이 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 이미 알려진 종래기술이 아닌 사항을 포함할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-1509384호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하고자 안출된 것으로서, 본 발명은 팁 면에서의 고온 주유동 재부착 및 스윙 유동 형성을 억제하여 팁 면의 막냉각 성능을 극대화하고, 추가적으로 공력손실을 저감할 수 있는 선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드를 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 관점에 의한 선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드는, 익형의 블레이드 하우징 및 상기 블레이드 하우징의 끝단면인 팁 면의 가장자리부로부터 상기 블레이드 하우징의 길이 방향으로 연장된 스컬러 팁(squealer tip)을 포함하고, 상기 팁 면의 가장자리부 중 일 부분에는 상기 스컬러 팁이 형성되지 않은 것을 특징으로 한다.

[0011] 그리고, 상기 스컬러 팁은, 상기 블레이드 하우징의 흡입면 측 팁 면의 가장자리부로부터 연장 형성된 흡입면 측 스컬러 팁 및 상기 블레이드 하우징의 압력면 측 팁 면의 가장자리부로부터 연장 형성된 압력면 측 스컬러 팁을 포함하는 것을 특징으로 한다.

- [0012] 또한, 상기 압력면 측 팁 면의 가장자리부 중 일 부분에는 상기 압력면 측 스켈러 팁이 형성되지 않은 것을 특징으로 한다.
- [0013] 그리고, 상기 압력면 측 스켈러 팁은 상기 압력면 측 팁 면의 가장자리부 중 상기 블레이드 하우징의 전연부 끝단으로부터 일정 길이만큼 형성되지 않은 것을 특징으로 한다.
- [0014] 나아가, 상기 압력면 측 스켈러 팁이 형성되지 않은 상기 팁 면의 가장자리부에는 복수 개의 냉각홀이 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0015] 그리고, 상기 압력면 측 스켈러 팁은 상기 팁 면의 가장자리로부터 일정 간격 이격되어 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0016] 또한, 상기 압력면 측 스켈러 팁과 상기 팁 면의 가장자리와의 이격 공간의 상기 팁 면 상에는 복수 개의 냉각홀이 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0017] 다음으로, 본 발명의 다른 일 관점에 의한 선반 스켈러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드는, 익형의 블레이드 하우징 및 상기 블레이드 하우징의 끝단면인 팁 면의 가장자리로부터 상기 블레이드 하우징의 길이 방향으로 연장된 스켈러 팁(squaler tip)을 포함하고, 상기 스켈러 팁의 일 부분은 상기 팁 면의 가장자리로부터 일정 간격 이격되어 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0018] 그리고, 상기 팁 면의 가장자리부 중 일 부분에는 상기 스켈러 팁이 형성되지 않은 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 상기 블레이드 하우징의 압력면 측 팁 면의 가장자리부 중 일 부분에는 상기 스켈러 팁이 형성되지 않은 것을 특징으로 한다.
- [0020] 그리고, 상기 압력면 측 팁 면의 가장자리부에는 복수 개의 냉각홀이 형성된 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 상기 압력면 측 팁 면의 가장자리부 중 상기 스켈러 팁이 형성되지 않은 영역 및 상기 스켈러 팁이 상기 압력면 측 팁 면의 가장자리로부터 이격된 영역에 복수 개의 상기 냉각홀이 형성된 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명의 선반 스켈러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드에 의하면, 전연부에서 막냉각 유체가 분사됨에 따라 블레이드에 진입한 유동이 팁 면 내부에 부착되지 않는다. 또한, 기존 기술과 달리 팁 간극에서 누설된 유동이 팁 누설 와류로 발달하는 것 이외에 복잡한 유동 특성이 나타나지 않는다.
- [0023] 따라서, 고온 유동이 막냉각 유체로 인해 상대적으로 적게 유입되어 높은 막냉각 성능을 보인다. 특히, 터빈 블레이드에서 가장 많은 열부하가 집중되는 전연부 영역의 막냉각 효율이 기존 기술 대비 대폭 증가한다.
- [0024] 그리고, 팁 면의 냉각성능 개선을 통한 블레이드 팁 영역의 파손 방지 및 수명 향상, 공력손실 저감을 통한 가스터빈의 효율 개선에 기여할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0025] 도 1 및 도 2는 종래의 가스터빈 블레이드의 예를 도시한 것이다.
- 도 3 내지 도 5는 도 2의 종래 가스터빈 블레이드에 의한 해석 결과를 나타낸 것이다.
- 도 6은 본 발명에 의한 선반 스켈러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드를 도시한 것이다.
- 도 7은 본 발명에 의한 선반 스켈러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드의 평면 형상을 도시한 것이다.
- 도 8은 도 7의 A-A' 단면 형상이고, 도 9는 도 7의 B-B' 단면 형상이다.
- 도 10은 본 발명의 선반 스켈러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드에 의한 팁 면 부근의 유동 특성을 나타낸 것이다.
- 도 11은 본 발명의 선반 스켈러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드의 팁 면 막냉각 효율 분포도를 나타낸 것이다.
- 도 12는 종래 기술과 본 발명의 팁 면 막냉각 효율 분포도를 비교한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0026] 본 발명과 본 발명의 동작상의 이점 및 본 발명의 실시에 의하여 달성되는 목적을 충분히 이해하기 위해서는 본

발명의 바람직한 실시 예를 예시하는 첨부 도면 및 첨부 도면에 기재된 내용을 참조하여야만 한다.

- [0027] 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기술이나 반복적인 설명은 그 설명을 줄이거나 생략하기로 한다.
- [0028] 도 6은 본 발명에 의한 선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드를 도시한 것이고, 도 7은 본 발명에 의한 선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드의 평면 형상을 도시한 것이다. 그리고, 도 8은 도 7의 A-A' 단면 형상이고, 도 9는 도 7의 B-B' 단면 형상이다.
- [0029] 이하, 도 6 내지 도 9를 참조하여 본 발명의 일 실시예에 의한 선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드를 설명하기로 한다.
- [0030] 본 발명의 일 실시예에 의한 선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드는 익형의 블레이드 하우징(110), 블레이드 하우징(110)으로부터 연장 형성되는 스컬러 팁(120), 스컬러 팁(120)에 의해 형성되는 선반부(116)에 형성되는 냉각홀(130)을 포함하여 구성된다.
- [0031] 그래서, 블레이드 하우징(110) 내측에 형성된 냉각 유체 챔버(또는 내부 냉각 유로)로부터 냉각홀(130)을 통해 냉각 유체가 배출됨으로써 팁 면(113)이 냉각될 수 있도록 구성된다.
- [0032] 블레이드 하우징(110)의 형상은 도면에 도시된 형상에만 국한되는 것은 아니며, 익형이나 이와 유사한 형상인 것이 바람직하다.
- [0033] 또한, 전연부(114, 앞전, leading edge)가 상대적으로 폭이 넓고, 후연부(115, 뒷전, trailing edge)가 상대적으로 폭이 좁은 형상인 것이 바람직하다.
- [0034] 그리고, 블레이드 하우징(110)의 양 측면 중 일 측면은 압력면(111, pressure side)이 되고, 타 측면은 흡입면(112, suction side)이 된다.
- [0035] 스컬러 팁(120)은 블레이드 하우징(110)의 끝단인 팁 면(113)의 둘레로부터 블레이드의 길이 방향으로 일정 높이 연장되어 돌출 형성된다.
- [0036] 이는 팁 간극으로 누설되는 고온 유동을 억제하고 블레이드 팁 면(113)으로 재부착되는 유동을 최소화하기 위한 것으로, 이를 위해 선반부(shelf)와 냉각홀(130)을 구성한다.
- [0037] 즉, 스컬러 팁(120)은 팁 면(113)의 가장자리로부터 돌출 형성되며, 흡입면(112) 측 팁 면(113) 가장자리로부터 돌출된 흡입면 측 스컬러 팁(121)과, 압력면(111) 측 팁 면(113) 가장자리로부터 돌출된 압력면 측 스컬러 팁(122)으로 구분할 수 있다.
- [0038] 흡입면 측 스컬러 팁(121)은 전체 흡입면(112)의 폭만큼의 길이를 갖도록 돌출 형성되는 반면, 압력면 측 스컬러 팁(122)은 후연부(115)로부터 일정 길이만큼의 길이만을 갖도록 돌출 형성됨으로써, 전연부(114) 끝단과 일정 길이만큼은 스컬러 팁이 형성되지 않도록 단락부가 형성되게 한다.
- [0039] 나아가, 압력면 측 스컬러 팁(122)은 압력면(111)으로부터 연장되지 않고, 즉 팁 면(113)의 가장자리로부터 일정 간격 이격되어 돌출 형성되며, 팁 면(113)을 기준으로 상부로 갈수록 외측 방향으로 경사진 형태로 돌출 형성된다.
- [0040] 그래서, 압력면(111) 측의 팁 면(113) 상에는 선반부(116)가 형성된다. 즉, 앞서 설명한 압력면 측 스컬러 팁(122)이 형성되지 않은 단락부와, 압력면 측 스컬러 팁(122)과 팁 면(113) 가장자리와의 이격 공간이 선반부(116)가 된다.
- [0041] 그리고, 이 같은 선반부(116) 상에 복수 개의 냉각홀(130)이 줄지어 배열됨으로써 형성된다.
- [0042] 이와 같이, 본 발명은 팁 면(113)에서의 고온 주유동 재부착 및 스월 유동 형성을 억제하여 팁 면(113)의 막냉각 성능을 극대화하고, 추가적으로 공력손실을 저감할 수 있도록 압력면(111) 측에 단락 림(rim)이 적용된 선반 스컬러 팁을 가진다.
- [0043] 즉, 본 발명은 기존 기술과 달리 압력면(111)의 전연부(114) 근처 림이 단락되어있으며, 림이 단락되면서 노출된 전연부(114)를 보호하도록 해당 부분에 냉각홀(130)이 추가로 배치된 형태이며, 압력면(111) 측의 단락되지 않은 부분은 경사진 림을 갖는 형태인 것이다.
- [0044] 도 10은 본 발명의 선반 스컬러 팁을 갖는 가스터빈 블레이드에 의한 팁 면 부근의 유동 특성을 나타낸 것이다.

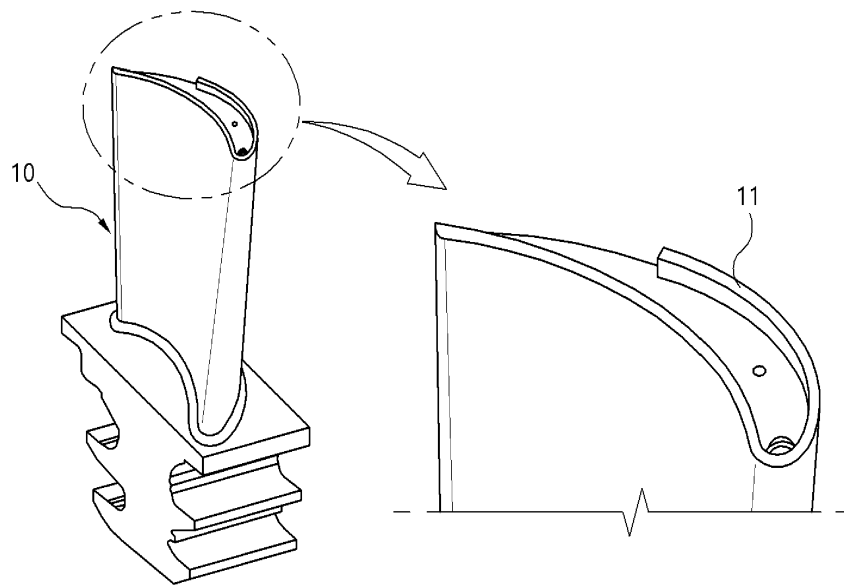
- [0045] 도 3의 종래 기술과 비교하면, 종래 기술의 경우 앞서 언급한 것과 같이, 유동이 전연부의 림을 지나 팁 면 내부에 재부착된 뒤 스윙 유동을 형성하면서 팁 면 내부에서 복잡한 유동 특성이 나타난다. 반면에 본 발명의 경우는, 전연부에서 막냉각 유체가 분사됨에 따라 블레이드에 진입한 유동이 팁 면 내부에 부착되지 않는다. 또한, 기존 기술과 달리 팁 간극에서 누설된 유동이 팁 누설 와류로 발달하는 것 이외에 복잡한 유동 특성이 나타나지 않는다.
- [0046] 도 11은 본 발명의 선반 스컬러 림을 갖는 가스터빈 블레이드의 팁 면 막냉각 효율 분포도를 나타낸 것이다.
- [0047] 도 5의 종래 기술과 비교하면, 종래 기술의 경우 고온 유동이 팁 면 내부로 유입되어 스윙 유동 등의 복잡한 와류를 형성하여 흡입면 측 일부를 제외하고는 대부분 영역에서 낮은 막냉각 효율을 보인다. 그러나 본 발명의 경우, 고온 유동이 막냉각 유체로 인해 상대적으로 적게 유입되어 높은 막냉각 성능을 보인다. 특히, 터빈 블레이드에서 가장 많은 열부하가 집중되는 전연부 영역의 막냉각 효율이 기존 기술 대비 대폭 증가하였음을 확인할 수 있다.
- [0048] 그리고, 도 12는 종래 기술과 본 발명의 팁 면의 면적 평균 막냉각 효율과 블레이드의 평균 전압력 손실계수를 비교한 것이다. 단락된 림이 적용된 본 발명의 평균 막냉각 효율은 기존 기술 대비 약 91% 상승하였고, 평균 전압력 손실계수는 2% 감소하였다. 따라서 본 발명이 터빈 블레이드에 적용되는 경우 팁 면의 냉각성능 개선을 통한 블레이드 팁 영역의 파손 방지 및 수명 향상, 공력손실 저감을 통한 가스터빈의 효율 개선에 기여할 것으로 예상된다.
- [0049] 본 발명은 추가로 1) 림이 단락되는 길이에 대한 범위 및 단락되는 위치, 2) 단락되지 않은 림의 각도에 대한 범위, 3) 선반 영역에 배치되는 막냉각 홀의 개수, 위치, 각도에 대한 범위를 제안할 수 있다.
- [0050] 이상과 같은 본 발명은 예시된 도면을 참조하여 설명되었지만, 기재된 실시 예에 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고 다양하게 수정 및 변형될 수 있음은 이 기술의 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명하다. 따라서 그러한 수정 예 또는 변형 예들은 본 발명의 특허청구범위에 속한다 하여야 할 것이며, 본 발명의 권리범위는 첨부된 특허청구범위에 기초하여 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

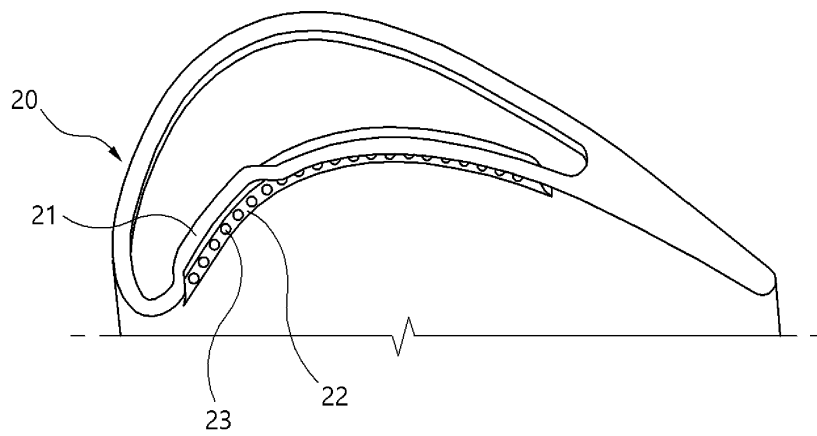
- [0051] 110 : 블레이드 하우징
- 111 : 압력면 112 : 흡연면
- 113 : 팁 면
- 114 : 전연부 115 : 후연부
- 116 : 선반부
- 120 : 스컬러 림
- 121 : 흡연면 측 스컬러 림
- 122 : 압력면 측 스컬러 림
- 130 : 냉각홀

도면

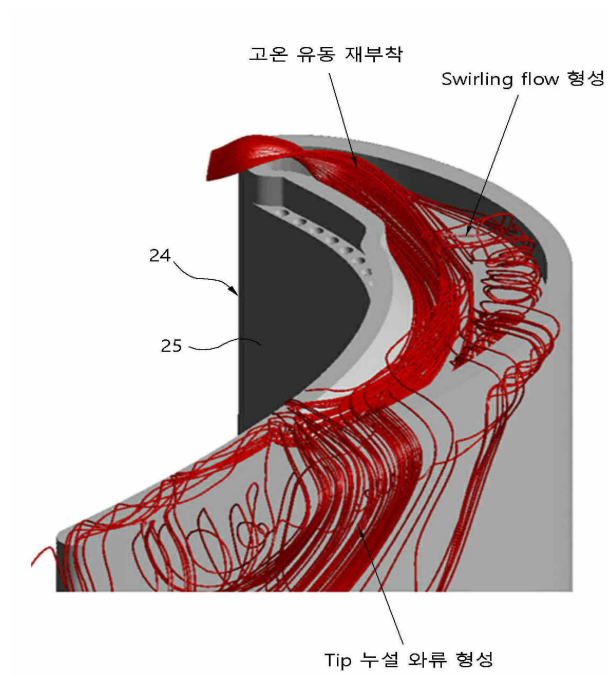
도면1



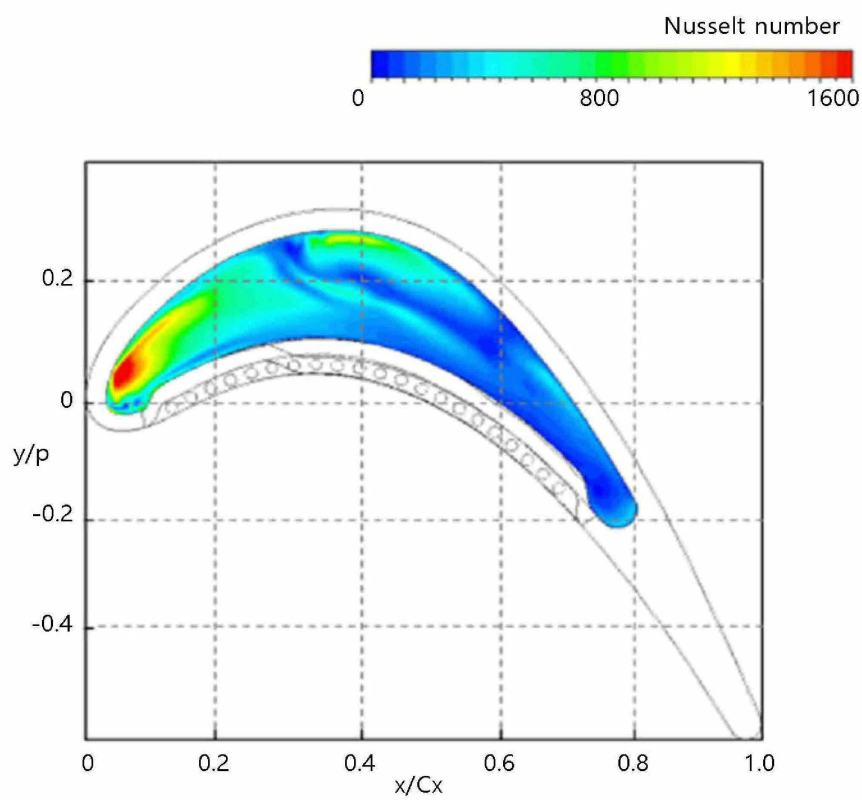
도면2



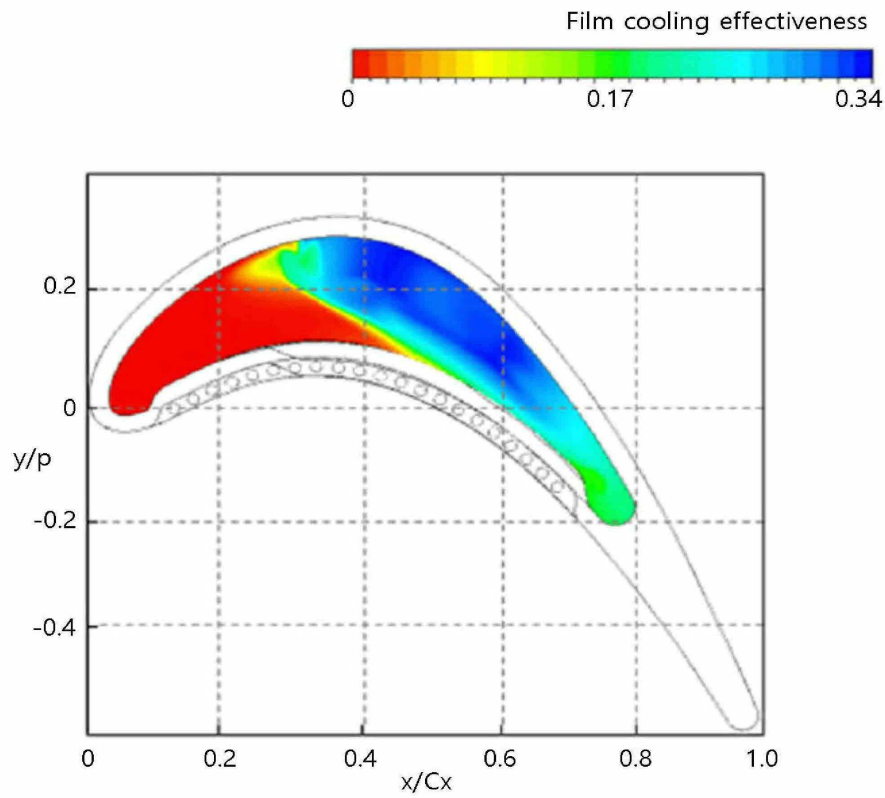
도면3



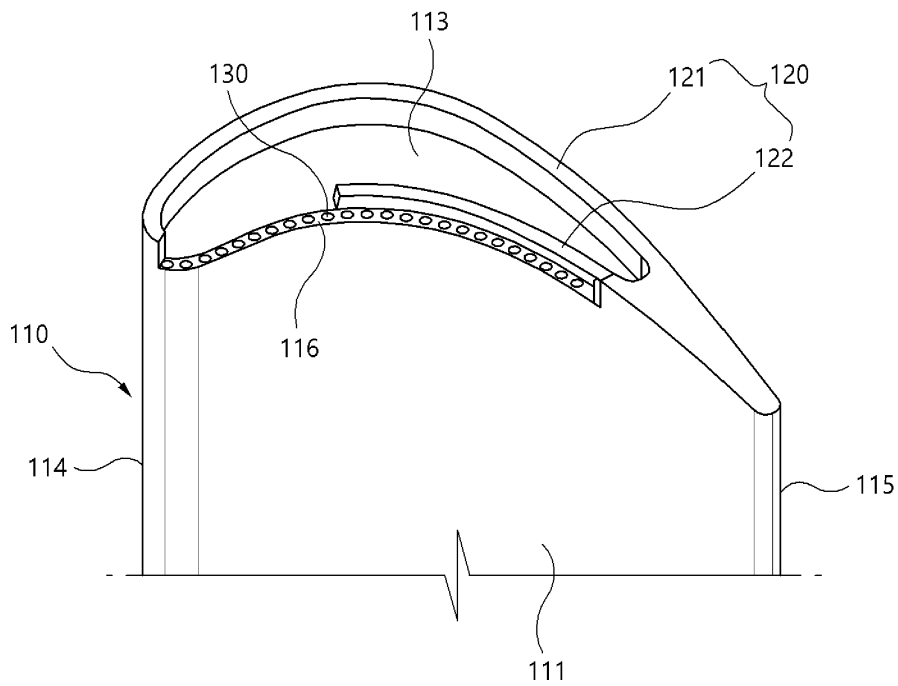
도면4



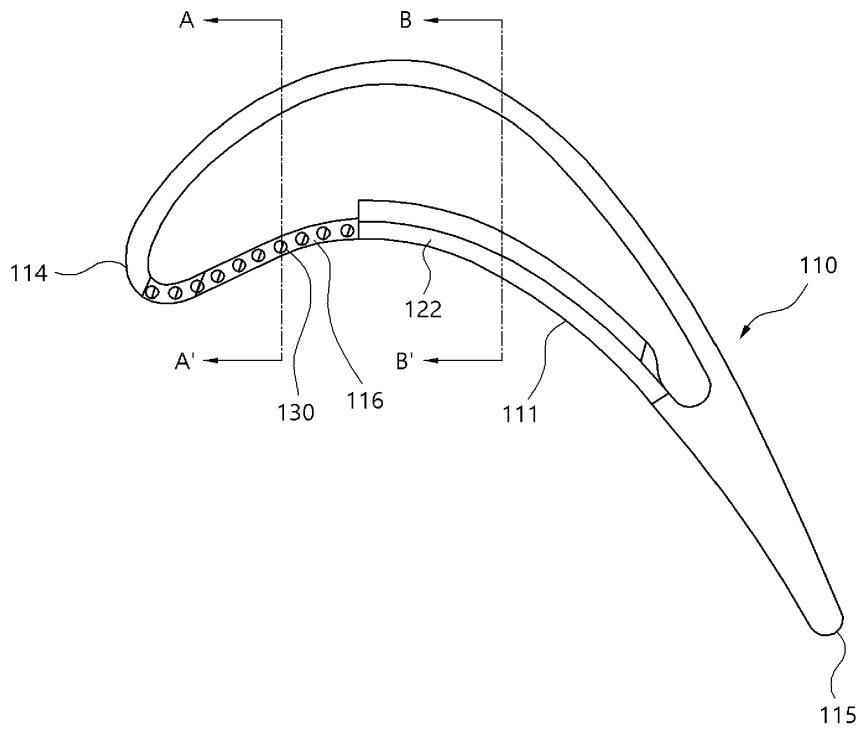
도면5



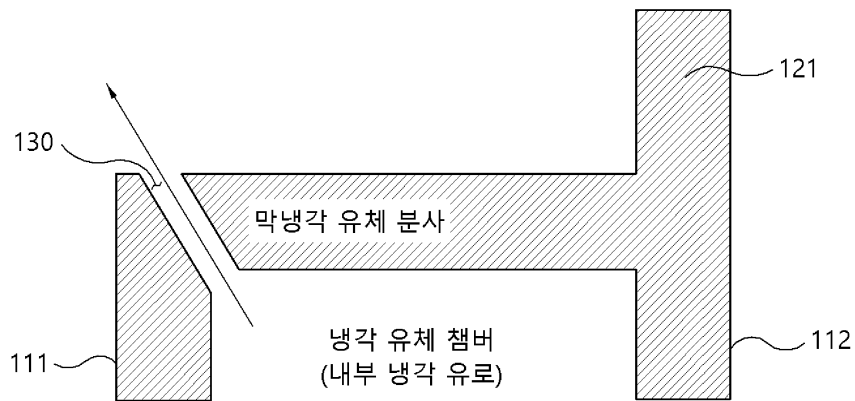
도면6



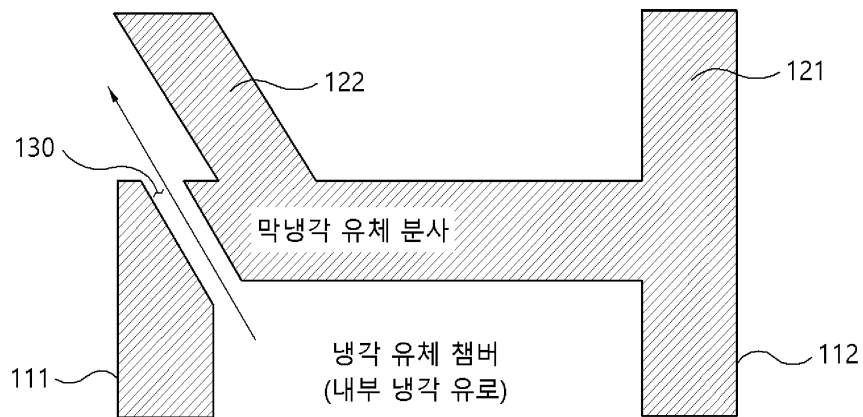
도면7



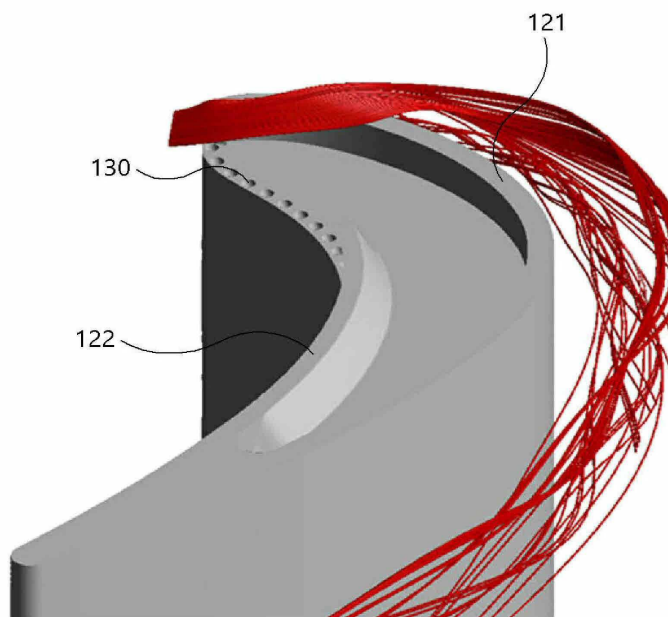
도면8



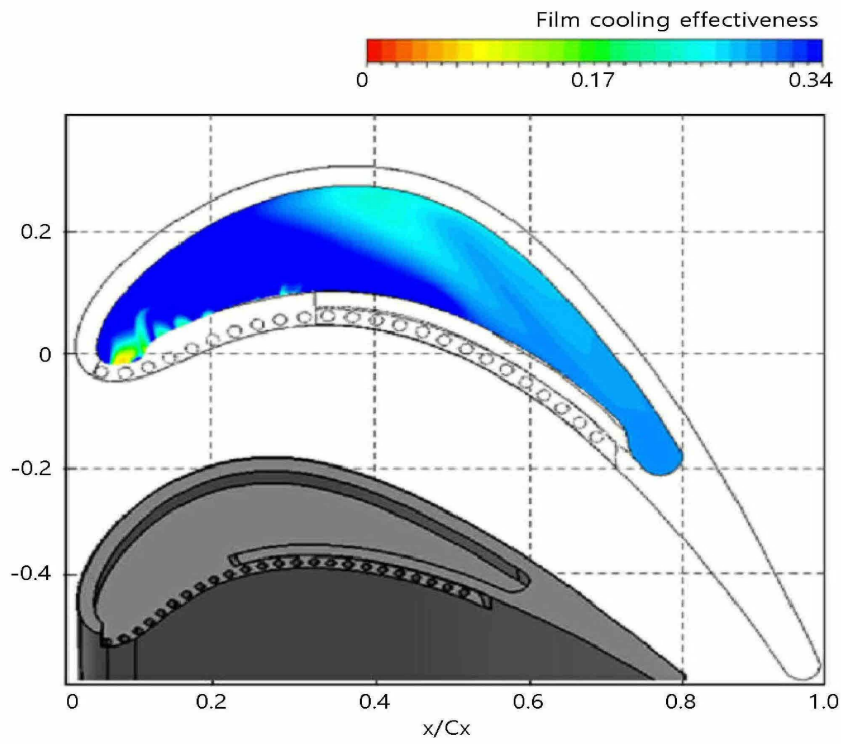
도면9



도면10



도면11



도면12

