



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년09월25일
(11) 등록번호 10-2160298
(24) 등록일자 2020년09월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01D 5/18 (2006.01) F01D 25/12 (2006.01)
F02C 7/141 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F01D 5/187 (2013.01)
F01D 25/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0038093
(22) 출원일자 2019년04월01일
심사청구일자 2019년04월01일
(56) 선행기술조사문헌
KR101797370 B1*
KR1020020069462 A*
KR1020100064754 A*
KR1020180021657 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
한국중부발전(주)
충청남도 보령시 보령북로 160 (대천동, 한국중부발전(주))
한국로스트왁스 주식회사
경기도 안산시 단원구 시화로 220 (성곡동)
(72) 발명자
조형희
서울특별시 용산구 서빙고로 35, 103동 2902호 (한강로3가, 용산시티파크1단지)
주원구
경기도 성남시 분당구 미금로22번길 10, 1209동 601호 (구미동, 무지개마을주공12단지아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
윤병국, 이영규

전체 청구항 수 : 총 7 항

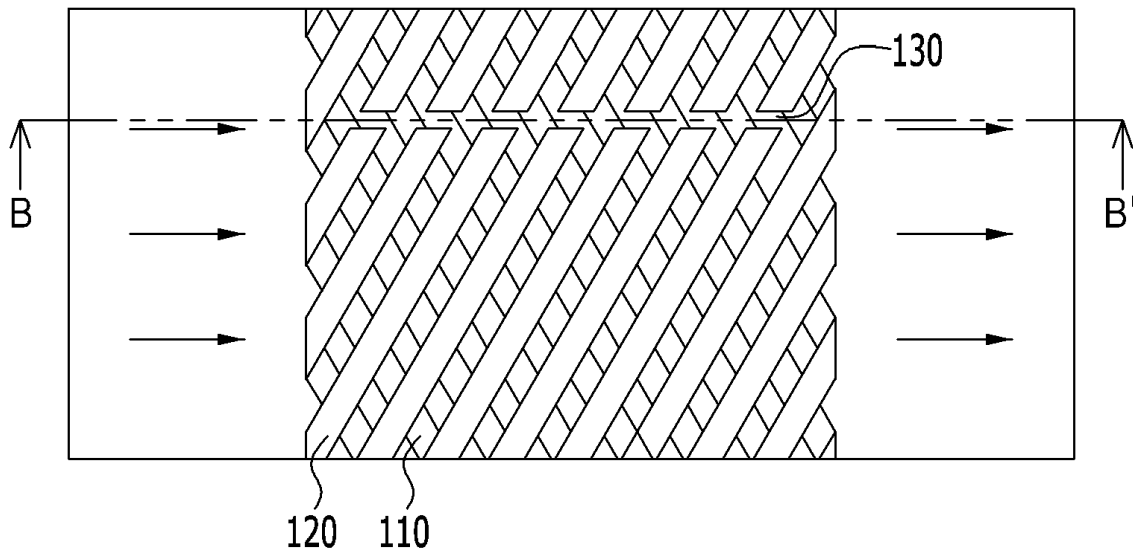
심사관 : 김희영

(54) 발명의 명칭 냉각 성능 향상을 위한 충돌제트가 적용된 내부 격자 방식의 가스터빈 블레이드

(57) 요약

냉각 성능 향상을 위한 충돌제트가 적용된 내부 격자 방식의 가스터빈 블레이드가 제시된다. 본 발명의 실시예에 따른 가스터빈 블레이드는, 블레이드 내부에 제1 측면과 제2 측면, 상부면과 하부면으로 둘러싸여 냉각 유체가 유입되는 내부공간을 가지며, 상기 제1 측면과 제2 측면으로부터 각각 복수개의 제1 리브와 제2 리브가 돌출
(뒷면에 계속)

대표도 - 도6



형성되되, 상기 제1 리브와 제2 리브는 상호 소정 각도로 기울어진 상태로서 나란히 배열되고, 나란히 배열된 리브들 중 인접한 두 개의 제1 리브가 이루어 서로 대향하는 2개의 면과 상기 제1 측면에 의해 제1 채널이 형성되며, 나란히 배열된 리브들 중 인접한 두 개의 제2 리브가 이루어 서로 대향하는 2개의 면과 상기 제2 측면에 의해 제2 채널이 형성되고, 상기 복수 개의 제1 채널 또는 제2 채널 중 인접한 두 개의 제1 채널 또는 제2 채널이 서로 연통되도록 충돌제트 홀이 형성된 것을 구성의 요지로 한다.

본 발명에 따르면, 격자 냉각 방식에 있어서 냉각의 주요 원인이 되는 충돌 유동이 더 잦은 빈도로 형성되도록 할 수 있어, 가스터빈 블레이드의 냉각 성능을 향상시킬 수 있다.

(52) CPC특허분류

F02C 7/141 (2013.01)

F05D 2220/32 (2013.01)

(72) 발명자

방민호

경기도 김포시 김포한강11로 287, 201동 902호 (운양동, 한강신도시 e편한세상)

최석민

서울특별시 마포구 독막로 145, 108동 104호 (창전동, 서강쌍용예가)

이형민

경기도 광명시 오리로 801, 301동 1702호 (하안동, 이편한세상센트레빌아파트)

강희명

전라북도 군산시 동지곡길 53, 105동 802호 (지곡동, 은파코아루아파트)

김동관

서울특별시 강동구 상암로 251, 901동 501호 (명일동, 고덕주공아파트)

김윤진

충청남도 보령시 봉황로 69, 104동 402호 (죽정동, 한전아파트)

정윤상

충청남도 보령시 봉황로 69, 107동 405호 (죽정동, 한전아파트)

정의석

경기도 성남시 분당구 동판교로 156, 910동 1004호 (삼평동, 봇들마을9단지금호어울림아파트)

권석환

경기도 안산시 단원구 광덕2로 241, 801동 1003호 (고잔동, 그린빌주공8단지아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

G031978813

부처명

산업통상자원부

과제관리(전문)기관명

한국에너지기술평가원

연구사업명

에너지기술개발사업

연구과제명

[RCMS]한국로스트웍스(주)/가스터빈(GT24)의 고압터빈 1단 단결정회전익 개발(3/5)

기 여 율

1/1

과제수행기관명

한국로스트웍스(주)

연구기간

2018.08.01 ~ 2019.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

블레이드 내부에 제1 측면과 제2 측면, 상부면과 하부면으로 둘러싸여 냉각 유체가 유입되는 내부공간을 가지며,

상기 제1 측면과 제2 측면으로부터 각각 복수개의 제1 리브(110)와 제2 리브(120)가 돌출 형성되되, 상기 제1 리브(110)와 제2 리브(120)는 상호 소정 각도로 기울어진 상태로서 나란히 배열되고,

나란히 배열된 리브들 중 인접한 두 개의 제1 리브(110)가 이루어 서로 대향하는 2개의 면과 상기 제1 측면에 의해 제1 채널(111)이 형성되며,

나란히 배열된 리브들 중 인접한 두 개의 제2 리브(120)가 이루어 서로 대향하는 2개의 면과 상기 제2 측면에 의해 제2 채널(121)이 형성되고,

상기 제1 리브(110)와 제2 리브(120) 중 적어도 어느 한쪽에는 서로 인접한 제1 채널(111) 사이를 연통시키거나 서로 인접한 제2 채널(121) 사이를 연통시키는 적어도 하나 이상의 충돌제트 홀(130)이 형성되되,

상기 충돌제트 홀(130)의 내경은 상기 제1 채널(111), 제2 채널(121)의 폭 대비 30 내지 70 %의 길이로 형성되고,

상기 충돌제트 홀(130)은 블레이드의 스패(span) 방향과 코드선(chord line)에 나란하게 배치되되,

열부하가 높은 블레이드 흡입면(suction surface)의 상단 부위와 하단 부위의 코드선에 나란한 영역과, 코드선 30~40% 위치의 스패 방향을 따르는 영역에 배치되는 것을 특징으로 하는 가스터빈 블레이드.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 충돌제트 홀(130)은 가스터빈 블레이드의 팁 방향으로 형성된 것을 특징으로 하는 가스터빈 블레이드.

청구항 3

삭제

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 충돌제트 홀(130)은 측면면상 상방 또는 하방으로 소정 각도만큼 기울어진 방향으로 형성된 것을 특징으로 하는 가스터빈 블레이드.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 충돌제트 홀(130)의 기울어진 방향은 제1 채널(111), 제2 채널(121)을 따라 형성된 스윙 유동에 충돌제트 유동을 형성하는 방향인 것을 특징으로 하는 가스터빈 블레이드.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 충돌제트 홀(130)에 냉각 유체가 진입할 시, 제1 채널(111) 내에 유동하는 냉각 유체의 유동 방향은 충돌제트 홀(130)에 의해 연통되어 인접하는 또 다른 제1 채널(111) 방향으로 전환되고,

제2 채널(121) 내에 유동하는 냉각 유체의 유동 방향은 충돌제트 홀(130)에 의해 연통되어 인접하는 2 채널 방향으로 전환되는 것을 특징으로 하는 가스터빈 블레이드.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 충돌제트 홀(130) 내부에는 충돌제트 홀(130) 연장방향으로 연속적으로 돌기구조가 형성된 것을 특징으로 하는 가스터빈 블레이드.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 돌기구조는 충돌제트 홀(130) 연장방향을 따라 소정 각도만큼 연속적으로 회전되는 회오리 구조인 것을 특징으로 하는 가스터빈 블레이드.

청구항 9

삭제

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 냉각 성능 향상을 위한 충돌제트가 적용된 내부 격자 방식의 가스터빈 블레이드에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 냉각 성능을 향상시키기 위해 충돌제트 홀을 형성시킴으로써 냉각 성능 향상 및 블레이드 구조의 안정성을 확보할 수 있는 가스터빈 블레이드에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가스터빈의 효율은 고온의 연소가스를 사용할수록 높아지는데, 효율 향상을 위하여 고온의 연소가스를 사용하는 경우 가스터빈 내에 위치하는 블레이드는 고온의 연소가스에 노출되게 된다.

[0003] 고온에 노출된 가스터빈 블레이드는 파손될 가능성이 높아지게 되고, 블레이드 파손이 발생하는 경우에는 기동 정지로 인한 손실은 물론, 안전성 측면에서도 큰 위험이 따르게 되므로, 종래부터 가스터빈 블레이드를 고온의

연소가스로부터 보호하기 위해 다양한 냉각 방법이 제안되었다.

- [0004] 특히, 블레이드 내부에 냉각유로를 설치하여 냉각시키는 것이 일반적인 블레이드 냉각 방식이었는데, 종래에는 냉각 유로 내부에 요철 또는 핀휀을 설치하거나, 도 1과 같이 가스터빈 블레이드 내부에 상호 교차하는 격자 구조의 유로를 설치하여 냉각 효율 향상을 도모하곤 하였다.
- [0005] 특히, 도 1과 같은 격자 구조를 이용한 냉각 방법의 경우에는 냉각 유체가 블레이드 루트(root)부의 유로 내로 유입되어 유동하다가 하단 냉각 유로의 끝단에서 벽을 만나 충돌한 뒤, 다시 상단 유로로 흘러가게 되고, 상단 유로 끝단에 이르게 되면 다시 벽을 만나 충돌한 뒤 하단 유로로 흘러가는 것을 반복하면서 상단 유로를 흐르는 냉각 유체와 하단 유로를 흐르는 냉각 유체 사이에 작용하는 전단력에 의해 발생하는 스윙 유동 및 냉각 유체가 상단 유로에서 하단 유로 또는 하단 유로에서 상단 유로로 유동 방향이 전환되는 과정에서 발생하는 충격 유동을 이용하여 고온의 연소가스에 노출된 블레이드를 냉각할 수 있다.
- [0006] 다만, 종래에 제안되었던 내부 유로에 요철 또는 핀휀을 설치하는 냉각 방식은 물론, 이를 개선하기 위해 제안되었던 격자 냉각 방식까지도 가스터빈 블레이드 전반에 걸쳐 균일한 냉각 성능을 확보하기에는 어려움이 있어, 여전히 가스터빈 블레이드의 일부 영역은 파손될 위험이 높다는 문제점이 있었다.
- [0007] 이와 같이 종래에 제안되었던 블레이드 냉각 방식만으로는 가스터빈 블레이드를 보호하는데 한계가 있으므로, 냉각 성능을 보다 향상시켜 가스터빈 블레이드의 안정성을 확보할 수 있는 새로운 냉각 방식이 요구되는 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 일본등록특허공보(등록번호 : JP 4334143) "가스터빈용 요소"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명의 목적은, 가스터빈 블레이드를 냉각시키기 위한 내부 격자 구조 사이에 충돌제트 홀을 형성함으로써, 블레이드 내부에 격자 구조만 설치되었을 때보다 더 많은 충돌 유동을 형성함으로써, 냉각 성능 향상 및 가스터빈 블레이드 구조의 안정성을 확보하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 측면에 따른 가스터빈 블레이드는, 블레이드 내부에 제1 측면과 제2 측면, 상부면과 하부면으로 둘러싸여 냉각 유체가 유입되는 내부공간을 가지며, 상기 제1 측면과 제2 측면으로부터 각각 복수개의 제1 리브와 제2 리브가 돌출 형성되되, 상기 제1 리브와 제2 리브는 상호 소정 각도로 기울어진 상태로 서로 나란히 배열되고, 나란히 배열된 리브들 중 인접한 두 개의 제1 리브가 이루어 서로 대향하는 2개의 면과 상기 제1 측면에 의해 제1 채널이 형성되며, 나란히 배열된 리브들 중 인접한 두 개의 제2 리브가 이루어 서로 대향하는 2개의 면과 상기 제2 측면에 의해 제2 채널이 형성되고, 상기 복수 개의 제1 채널 또는 제2 채널 중 인접한 두 개의 제1 채널 또는 제2 채널이 서로 연통되도록 충돌제트 홀이 형성될 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 제1 리브와 제2 리브에는 각각 적어도 하나 이상의 충돌제트 홀이 형성되고, 상기 충돌제트 홀은 가스터빈 블레이드의 팁 방향으로 형성될 수 있다.
- [0012] 이 경우, 상기 충돌제트 홀은 제1 채널 또는 제2 채널에만 형성되어 서로 인접하여 형성될 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 충돌제트 홀은 측면면상 상방 또는 하방으로 소정 각도만큼 기울어진 방향으로 형성될 수 있다.
- [0014] 또한, 상기 충돌제트 홀의 기울어진 방향은 제1 채널 또는 제2 채널을 따라 형성된 스윙 유동에 충돌제트 유동을 형성하는 방향일 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 충돌제트 홀에 냉각 유체가 진입할 시, 제1 채널 내에 유동하는 냉각 유체의 유동 방향은 충돌제트 홀에 의해 연통되어 인접하는 또 다른 제1 채널 방향으로 전환되고, 제2 채널 내에 유

동하는 냉각 유체의 유동 방향은 충돌제트 홀에 의해 연통되어 인접하는 2 채널 방향으로 전환될 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 충돌제트 홀 내부에는 충돌제트 홀 연장방향으로 연속적으로 돌기구조가 형성될 수 있다.

[0017] 이 경우, 상기 돌기구조는 충돌제트 홀 연장방향을 따라 소정 각도만큼 연속적으로 회전되는 회오리 구조일 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 충돌제트 홀의 내경은 제1 채널 또는 제2 채널 폭 대비 30 내지 70 %의 길이일 수 있다.

발명의 효과

[0019] 본 발명은 가스터빈 블레이드 내부의 격자 냉각 방식 구조에 충돌제트 홀을 추가적으로 설치함으로써 격자 냉각 방식에 있어서 냉각의 주요 원인이 되는 충돌 유동이 더 잦은 빈도로 형성되도록 할 수 있어, 가스터빈 블레이드의 냉각 성능을 향상시킬 수 있다.

[0020] 이에 따라, 본 발명은 가스터빈 블레이드 중에서 낮은 냉각 성능이 나타내는 영역에 충돌제트 홀을 추가적으로 설치함으로써 해당 영역의 냉각 성능을 향상시켜, 블레이드의 국소적인 영역이 열부하로 인해 파손되는 것을 방지할 수 있을 뿐 아니라, 가스터빈 블레이드의 전 영역에 걸쳐 균일한 냉각 성능을 갖도록 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0021] 도 1은 격자 냉각 유로 방식이 적용된 가스터빈 블레이드의 내부 냉각유로와 이를 모식화한 도면이다.

도 2는 격자 냉각 유로 방식이 적용된 가스터빈 블레이드의 내부 냉각유로에서의 냉각 유체의 유동 과정을 도시한 도면이다.

도 3 (a)는 냉각 유체가 가스터빈 블레이드 내부의 벽에 충돌하여 전환 유동과 충돌 유동이 발생하는 과정을 도시한 도면이고, 도 3 (b)는 상단 채널을 유동하는 냉각 유체와 하단 채널을 유동하는 냉각 유체 사이에 발생하는 전단력에 의해 스윙 유동이 발생하는 과정을 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스터빈 블레이드 내부의 냉각 유로 구조를 도시한 단면도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스터빈 블레이드의 내부에 형성된 제1 채널과 제2 채널 및 충돌제트 홀을 나타내는 분해사시도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 가스터빈 블레이드의 내부에 형성된 제1 채널과 제2 채널 및 충돌제트 홀을 나타내는 평면도이다.

도 7은 도 6에 도시된 가스터빈 블레이드의 내부 구조를 측면에서 바라본 측면도이다.

도 8은 도 6의 B-B'선 절단면도이다.

도 9는 본 발명의 충돌제트 홀에 의해 충돌제트 유동이 생성되는 모습을 나타내는 측단면도이다.

도 10은 충돌제트 홀 유무에 따른 격자 냉각 유로 표면의 열전달 분포를 비교한 도면이다.

도 11은 충돌제트 홀의 유무에 따른 평균 열전달계수의 변화를 나타내는 그래프이다.

도 12는 통상의 가스터빈 블레이드 외부면을 지나는 고온의 외부유동으로 인해 열부하가 높은 부분을 나타내는 그림이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 이하 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정하여 해석되어서는 아니되며, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.

[0023] 본 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다. 본 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는

것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

- [0024] 본 발명의 설명에 앞서 도 2와 도 3를 참조하여 블레이드 내부 격자 유로 방식을 통해 블레이드를 냉각하는 과정에 대하여 간략하게 살펴본다.
- [0025] 도 2는 격자 냉각 유로 방식에 적용된 가스터빈 블레이드의 내부 냉각유로에서의 냉각 유체의 유동 과정을 도시한 도면이고, 도 3 (a)는 냉각 유체가 가스터빈 블레이드 내부의 벽에 충돌하여 전환 유동과 충돌 유동이 발생하는 과정을 도시한 도면이며, 도 3 (b)는 상단 채널을 유동하는 냉각 유체와 하단 채널을 유동하는 냉각 유체 사이에 발생하는 전단력에 의해 스윙 유동이 발생하는 과정을 도시한 도면이다.
- [0026] 이 때, 도 2 및 후술할 도 5 내지 도 7에는 가스터빈 블레이드의 내부 공간이 전체적으로 직사각형 형상으로 형성된 것처럼 도시되어 있으나, 이는 블레이드 내부 유로 구조에 대한 설명의 편의를 위하여 개념적으로 도시한 것이며, 실제 가스터빈 블레이드의 내부 공간은 도 1에서도 알 수 있듯이 익형(Airfoil) 형상으로 형성될 수 있음은 당연하다.
- [0027] 종래의 격자 냉각 유로 방식이 적용된 가스터빈 블레이드를 살펴보면 도 2와 같이 냉각 유체가 블레이드의 루트(root)로부터 하부 냉각 유로로 유입되면(①), 냉각 유체는 하부 냉각 유로 내를 유동하다가 하부 냉각 유로의 끝단에서 블레이드 벽에 부딪혀 유동 방향이 상부 냉각 유로 방향으로 전환되고(②), 블레이드의 측면(흡입면 또는 압력면)과 충돌한 후, 상부 냉각 유로 내를 유동한다(③).
- [0028] 또한, 상부 냉각 유로를 유동하는 냉각 유체는 상부 냉각 유로의 끝단에서 블레이드 벽에 부딪혀 유동 방향이 하부 냉각 유로 방향으로 전환되고(④), 블레이드의 측면(압력면 또는 흡입면)과 충돌한 후, 하부 냉각 유로 내를 유동하게 된다(⑤).
- [0029] 냉각 유체는 격자 냉각 유로 내에서 상기와 같은 유동을 반복하면 고온의 연소가스에 노출되는 블레이드를 냉각할 수 있는데, 이 때 블레이드 냉각에 핵심이 되는 유동은 i) 도 3 (a)와 같이 상단 냉각 유로 또는 하단 냉각 유로의 끝단에서 발생하는 전환 유동 및 충돌 유동과 ii) 도 3 (b)와 같이 상부 냉각 유로 내를 유동하는 냉각 유체와 하부 냉각 유로 내를 유동하는 냉각 유체 사이의 전단력에 의해 발생하는 스윙(Swirl) 유동이다.
- [0030] 즉, 블레이드 내부에서 전환 유동, 충돌 유동 및 스윙 유동이 더 많이 형성될수록 블레이드의 냉각 성능이 향상될 수 있는데, 본 발명은 격자 냉각 유로 내에 추가적으로 충돌제트 홀을 형성함으로써, 블레이드 냉각에 영향을 미치는 다양한 유동 중에서도 전환 유동과 충돌 유동이 추가적으로 형성될 수 있도록 하여 블레이드의 냉각 성능을 보다 향상시키는 것이다.
- [0031] 이하에서는 도 4 내지 도 8을 참조하여 본 발명의 일 실시예에 따른 가스터빈 블레이드 내부의 냉각 유로 구조에 대하여 구체적으로 살펴본다.
- [0032] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 가스터빈 블레이드 내부의 냉각 유로 구조를 도시한 단면도이고, 도 5 (a)는 본 발명의 냉각 유로 구조의 분해도이고, 도 5 (b)는 본 발명의 냉각 유로 구조의 사시도이며, 도 5 (c)는 본 발명의 냉각 유로 구조의 측면도이다. 또한, 도 6은 본 발명의 가스터빈 블레이드의 내부에 형성된 제1 채널과 제2 채널 및 충돌제트 홀을 나타내는 평면도이고, 도 7은 측면도이며, 도 8은 도 6의 B-B'선 절단면도이다.
- [0033] 본 발명의 일 실시예에 따른 가스터빈 블레이드 내부의 냉각 유로 구조는 블레이드(10) 내부에 제1 측면(11)과 제2 측면(12), 상부면(13, 팁부)과 하부면(14, 루트부)으로 둘러싸여 냉각 유체가 유입되는 내부공간을 가지며, 상기 제1 측면(11)과 제2 측면(12)으로부터 각각 복수개의 제1 리브(100)와 제2 리브(200)가 돌출 형성되되, 상기 제1 리브(110)와 제2 리브(120)는 상호 소정 각도로 기울어진 상태로서 나란히 배열되고, 나란히 배열된 리브들 중 인접한 두 개의 제1 리브(110)가 이루어 서로 대향하는 2개의 면과 상기 제1 측면(11)에 의해 제1 채널(111)이 형성되며, 나란히 배열된 리브들 중 인접한 두 개의 제2 리브(120)가 이루어 서로 대향하는 2개의 면과 상기 제2 측면(12)에 의해 제2 채널(121)이 형성되고, 상기 복수 개의 제1 채널(111) 또는 제2 채널(121) 중 인접한 두 개의 제1 채널(111) 또는 제2 채널(121)이 서로 연통되도록 충돌제트 홀(130)이 형성된 구조를 포함한다.
- [0034] 이 때, 본 발명의 냉각 유로 구조를 구성하는 요소들에 대하여 보다 구체적으로 살펴보면, 상기 제1 측면(11), 제2 측면(12), 상부면(13) 및 하부면(14)에 의해 블레이드(10) 내부에 냉각 유체가 유입될 수 있는 내부공간이 형성된다.
- [0035] 여기서 상기 제1 측면(11)은 블레이드의 흡입면(Suction side)에 해당하는 블레이드 내측면을 의미하고, 상기

제2 측면(12)은 블레이드의 압력면(Pressure side)에 해당하는 블레이드 내측면을 의미할 수 있다.

- [0036] 상기 제1 측면(11)에는 일정한 간격으로 나란히 배치되는 복수 개의 제1 리브(100)가 돌출 형성되며, 상기 제2 측면(12)에는 상기 복수 개의 제1 리브(100)와 소정의 각도를 이루며 일정한 간격으로 나란히 배치되는 복수 개의 제2 리브(200)가 돌출 형성된다.
- [0037] 특히, 상기 제1 리브(110)는 상기 제1 측면(11)에서부터 블레이드의 평균 캠버라인(Camber line)까지 돌출 형성되며, 상기 제2 리브(120)는 상기 제2 측면(12)에서부터 블레이드의 평균 캠버라인까지 돌출 형성되어, 상기 제1 리브(110)와 제2 리브(120)는 평균 캠버라인 부근에서 소정의 각도를 갖고 맞닿게 된다. 여기서, 캠버라인은 블레이드의 흡입면(제1 측면)과 압력면(제2 측면) 사이의 중점을 차례대로 연결한 곡선을 의미한다.
- [0038] 이 때, 도면 상에 도시되지는 않았으나 상기 블레이드(10)의 내부공간 중 블레이드 전연(Leading edge) 측에는 상기 제1 리브(110) 및 제2 리브(120)가 형성되지 않는 영역이 마련되어, 상기 영역을 통해 루트(16, Root)에서 유입된 냉각 유체가 상기 제1 리브(110) 또는 제2 리브(120) 사이로 유입될 수 있으며, 상기 블레이드의 내부공간 중 블레이드 후연(Trailing edge) 측에는 홀(미도시)이 형성되어, 상기 홀을 통해 블레이드의 냉각을 마친 냉각 유체가 블레이드(10) 외부로 빠져나갈 수 있다.
- [0039] 보다 구체적으로, 내부공간으로 유입된 냉각유체는 제1 측면(11, 흡입면)과 복수 개의 제1 리브(110)에 의해 형성되는 제1 채널(111)과 제2 측면(12, 압력면)과 복수 개의 제2 리브(120)에 의해 형성되는 제2 채널(121)으로 분기되어 투입된다.
- [0040] 또한, 인접한 두 개의 제1 채널(111) 또는 제2 채널(121)이 서로 연통되도록 형성되는 충돌제트 홀(130)은 도 4에 나타난 바와 같이 블레이드 스펜(span) 방향으로 나란히 형성될 수도 있으며, 도 5에 나타난 바와 같이 코드선(chord line) 또는 캠버선(camber line)에 나란하게 형성될 수도 있다.
- [0041] 도 6에 도시된 바와 같이, 제1 리브(110)와 제2 리브(120)에 의해 형성되는 상기 제1 채널(111)과 제2 채널(121) 역시 소정의 각도를 이루며 배치되므로, 블레이드(10) 내부공간은 격자 구조를 가지게 되며, i) 상기 제1 채널(111)로 유입된 냉각 유체는 상기 제1 채널(111)을 따라 유동하다가 상기 제1 채널(110)의 끝단에서 블레이드 내벽(15)을 만나 유동 방향이 제2 채널(121) 방향으로 전환되고, 제2 측면(12)과 충돌한 후 제2 채널(121)을 따라 유동하며,
- [0042] 반대로 ii) 상기 제2 채널(121)로 유입된 냉각 유체는 상기 제2 채널(121)을 따라 유동하다가 상기 제2 채널(121)의 끝단에서 블레이드 내벽(15)을 만나 유동 방향이 제1 채널(111) 방향으로 전환되고, 제1 측면(11)과 충돌한 후 제1 채널(111)을 따라 유동하게 된다.
- [0043] 냉각 유체가 상기와 같이 유동함으로써, 제1 채널(111)을 흐르는 냉각 유체와 제2 채널(121)을 흐르는 냉각 유체는 서로 엇갈린 방향으로 유동하는 과정에서 상호 간에 전단력이 작용하여, 도 9에 도시된 바와 같이 스월 유동이 발생하게 되고, 제1 채널(111)을 흐르는 냉각 유체가 블레이드 내벽(15)과 접촉하여 제2 채널 방향(121)으로 전환되고, 제2 측면(12)과 충돌하면서 전환 유동과 충돌 유동이 발생하게 되는데, 본 발명은 종래의 격자 냉각 유로 구조와 달리 제1 채널(111) 또는 제2 채널(121) 중 인접한 두 개의 제1 채널(111) 또는 제2 채널(121)이 서로 연통되도록 충돌제트 홀(130)을 형성함으로써 냉각 유체의 유동 방향이 전환되고, 충돌제트 유동을 발생시킴으로써 해당 영역의 냉각 성능을 향상시킬 수 있다는 점에서 종래의 구조와 차별성을 갖는다.
- [0044] 본 발명의 제1 리브(110)와 제2 리브(120)에는 각각 적어도 하나 이상의 충돌제트 홀(130)이 형성되고, 도 6 및 도 8에 도시된 바와 같이, 충돌제트 홀(130)은 서로 인접하여 형성됨이 바람직하다. 이때, 충돌제트 홀(130)은 측면면상 상방 또는 하방으로 소정 각도만큼 기울어진 방향으로 형성될 수 있다.
- [0045] 복수 개의 제1 리브(110) 또는 제2 리브(120)에 충돌제트 홀(130)을 특정 방향으로 형성함에 따라, 스월 유동에 충돌제트 유동을 형성하게 되어 종래와는 다른 냉각 유체의 유동 흐름을 구현하게 된다.
- [0046] 본 발명과 같은 냉각 유로 구조에 의해 제1 채널(111)로 유입된 냉각 유체는 제1 채널(111) 내를 유동하다가 충돌제트 홀(130)을 통해 인접하는 또 다른 제1 채널(111) 방향으로 유동하게 된다. 이때, 충돌제트 홀(130)을 통해 유입된 냉각 유체는 제1 채널(111)을 따라 유동하는 냉각 유체의 스월유동과 충돌함으로써, 열전달 상승 효과뿐만 아니라, 충돌제트로 인한 유동으로 제1 채널(111)과 제2 채널(121)에서의 냉각성능을 향상시킬 수 있게 된다.
- [0047] 이와 같이 본 발명은 가스터빈 블레이드(10) 내부의 냉각 유로 구조 내에 충돌제트 홀(130)을 추가적으로 설치함으로써, 냉각 유체가 제1 채널(111) 또는 제2 채널(121)의 끝단까지 유동하지 않더라도 제1 리브(110) 또는

제2 리브(120)에 형성된 충돌제트 홀(130)을 통해 냉각 유체가 유동함으로써, 전환 유동 및 충돌 유동이 발생하는 빈도를 늘릴 수 있다.

[0048] 본 발명의 격벽 구조(300)는 도 5 (b), (c)에 나타난 바와 같이 일면이 상기 제1 측면(11)에 맞닿고, 다른 일면은 상기 제2 측면(12)에 맞닿도록 형성되어 제1 채널(110) 내에서 유동하는 냉각 유체와 제2 채널(210) 내에서 유동하는 냉각 유체 구분 없이 모든 냉각 유체의 유동 방향을 전환시켜, 전환 유동과 충돌 유동을 형성할 수 있다.

[0049] 경우에 따라서, 충돌제트 홀(130) 내부에 충돌제트 홀(130) 연장방향으로 연속적으로 돌기구조를 형성하여 냉각 유체의 유동을 가이드 할 수 있으며, 돌기구조를 충돌제트 홀(130) 연장방향을 따라 소정 각도만큼 연속적으로 회전되는 회오리 구조로 형성함으로써, 충돌제트 홀(130)을 따라 유동하는 냉각 유체에 와류를 생성시킬 수도 있다.

[0050] 또한, 본 발명에 따른 충돌제트 홀(130)의 내경은 제1 채널(111) 또는 제2 채널(121) 폭 대비 30 내지 70 %의 크기임이 바람직하다. 충돌제트 홀(130)의 내경을 제1 채널(111) 또는 제2 채널(121) 폭 대비 30 % 미만으로 설정할 경우, 충돌제트 홀(130)을 통해 유동하는 냉각 유체의 양이 적어 충돌 유동을 형성할 수 없어 바람직하지 않다. 또한, 충돌제트 홀(130)의 내경을 제1 채널(111) 또는 제2 채널(121) 폭 대비 70 % 초과로 설정할 경우, 충돌제트 홀(130)을 통해 유동하는 냉각 유체의 양이 과도하게 많아, 오히려 제1 채널(111) 내지 제2 채널(121)을 통해 유동하는 냉각 유체의 유동을 방해하여 바람직하지 않다.

[0051] 본 발명은 또 다른 실시예로 가스터빈 블레이드의 제1 측면과 가스터빈 블레이드의 제2 측면; 상기 제1 측면으로부터 돌출 형성되며, 일정한 간격으로 나란히 배열된 복수 개의 제1 리브(110); 상기 제2 측면으로부터 돌출 형성되며, 상기 제1 리브(110)와 소정 각도로 기울어진 상태로 일정한 간격으로 나란히 배열된 복수 개의 제2 리브(120); 및 상기 제1 리브(110) 또는 제2 리브(120)에 형성되고, 냉각 유체의 유동 방향 전환 및 충돌 유동을 유발하는 충돌제트 홀(130);을 포함하는 가스터빈 블레이드를 제공한다.

[0052] 이때, 상기 충돌제트 홀(130)은 제1 리브(110)와 제2 리브(120)에 각각 적어도 하나 이상 형성되고, 가스터빈 블레이드의 루트에서 팁을 향하는 방향 즉 스팬 방향으로 형성될 수 있다.

[0053] 나란히 배열된 복수 개의 제1 리브(100) 중 인접한 두 개의 제1 리브(110)가 이루어 서로 대향하는 2개의 면과 상기 블레이드(10)의 제1 측면(11)에 의해 제1 채널(111)이 형성되고, 나란히 배열된 복수 개의 제2 리브(120) 중 인접한 두 개의 제2 리브(120)가 이루어 서로 대향하는 2개의 면과 상기 블레이드(10)의 제2 측면(12)에 의해 제2 채널(121)이 형성되며, 상기 충돌제트 홀(130)은 상기 제1 채널(111) 내를 유동하는 냉각 유체를 인접하는 또 다른 제1 채널(111)로 유동 방향을 전환하여 충돌 유동을 발생하거나, 상기 제2 채널(121) 내를 유동하는 냉각 유체를 또 다른 제2 채널(121)로 유동 방향을 전환하여 충돌 유동을 발생시킬 수 있다는 점은 앞서 설명한 바와 동일하므로 이에 대한 구체적인 설명은 생략한다.

[0054] 마지막으로, 도 10 내지 도 12를 참조하여, 본 발명의 블레이드 내부 격자 냉각 유로 구조에 충돌제트 홀 구조를 추가적으로 설치한 구조의 효과에 대하여 살펴보도록 한다.

[0055] 도 10은 충돌제트 홀 유무에 따른 격자 냉각 유로 표면의 열전달 분포를 비교한 도면이고, 도 11은 충돌제트 홀의 유무에 따른 평균 열전달계수의 변화를 나타내는 그래프이다. 또한, 도 12는 통상의 가스터빈 블레이드 외부면을 지나는 고온의 외부유동으로 인해 열부하가 높은 부분을 나타내는 그림이다.

[0056] 도 10에 도시된 바와 같이, 종래 기술에 따른 격자 방식의 내부유로를 갖는 블레이드에 해당하는 (a)의 경우, 충돌유동과 스윙유동의 영향이 감소하여 상단부 영역(상단부 영역($0 < x/D_h < 2$))에서 낮은 열전달 특성이 나타남을 볼 수 있다.

[0057] 반면, 격자 방식의 내부유로에 충돌제트 홀을 형성한 블레이드에 해당하는 (b)의 경우, 스윙 유동뿐만 아니라 충돌제트 유동이 발생하여 국소적으로 높은 열전달 특성이 나타남을 확인할 수 있다. 이로서 낮은 냉각 성능이 나타나는 부위에서 국소적으로 높은 열전달 특성을 확보하기 위한 수단으로 충돌제트 홀이 명확한 기능을 수행할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0058] 도 11에는 내부유로 표면의 유동 방향 평균 열전달을 비교한 그래프가 도시되어 있다. 종래 기술에 따른 격자 구조(matrix channel)만을 갖는 블레이드에 비해 본 발명에 따른 충돌제트 홀을 갖는 격자 구조를 갖는 경우 유동 방향 평균 열전달계수가 충돌제트 홀 설치부위에서 최대 80 % 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0059] 도 12는 일반적인 가스터빈 블레이드에 있어서, 블레이드 외부면을 지나는 고온의 외부유동으로 인해 열부하가

특히 높은 부분을 나타내는 것으로서, 도시된 바와 같이, 블레이드 흡입면(suction surface)의 상단 부위(Tip 부근)와 하단 부위(Endwall 또는 Root 부근)의 코드선에 나란한 영역, 그리고 대략 코드선 30~40% 위치의 스팬 방향을 따른 영역에서 국부적으로 높은 열부하가 발생되는 것을 나타낸다. 따라서, 본 발명을 이용하면, 도 12에 나타난 열부하가 높은 영역의 블레이드 내부 격자 구조에 충돌제트 홀을 설치하여 국소적으로 매우 높은 열 전달 특성이 구현되도록 할 수 있어, 냉각 성능을 확보할 수 있다.

[0060] 이상의 본 발명의 상세한 설명에서는 그에 따른 특별한 실시예에 대해서만 기술하였다. 하지만 본 발명은 상세한 설명에서 언급되는 특별한 형태로 한정되는 것이 아닌 것으로 이해되어야 하며, 오히려 첨부된 청구범위에 의해 정의되는 본 발명의 정신과 범위 내에 있는 모든 변형물과 균등물 및 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0061] 즉, 본 발명은 상술한 특징의 실시예 및 설명에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변형 실시가 가능하며, 그와 같은 변형은 본 발명의 보호 범위 내에 있게 된다.

부호의 설명

[0062] 10 : 가스터빈 블레이드

11 : 제1 측면

12 : 제2 측면

13 : 상부면

14 : 하부면

15 : 내벽

16 : 루트

110 : 제1 리브

111 : 제1 채널

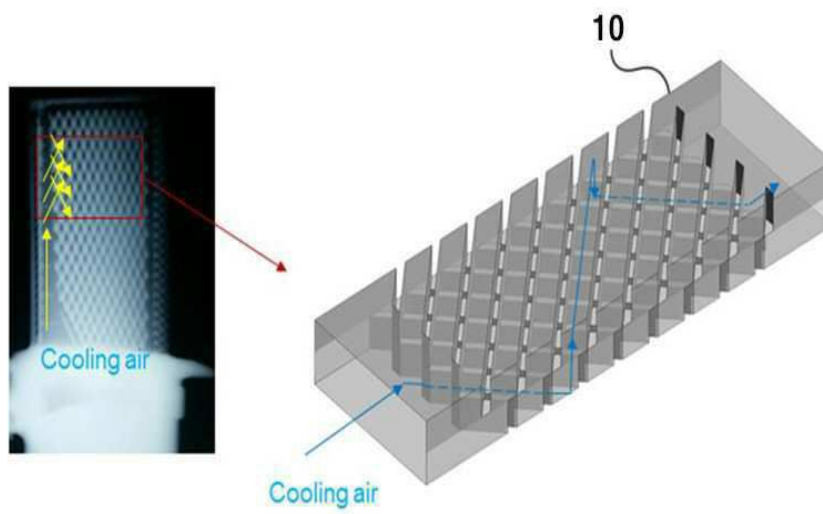
120 : 제2 리브

121 : 제2 채널

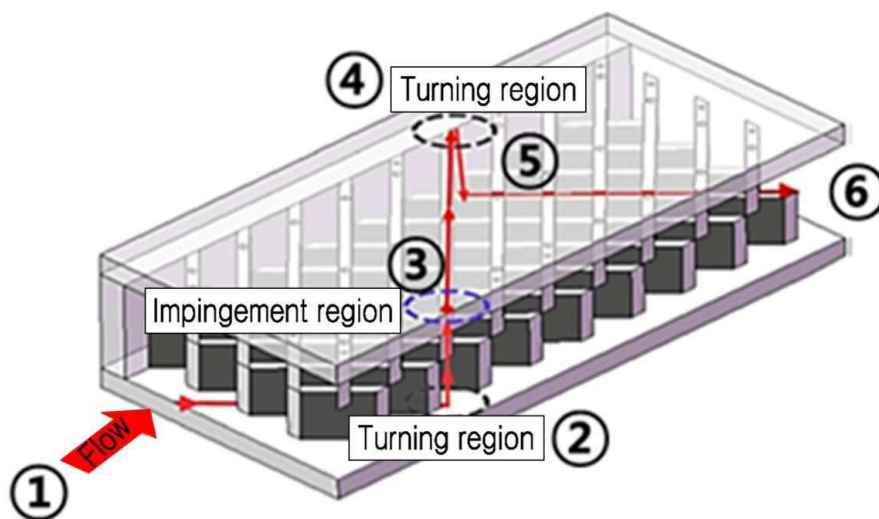
130 : 충돌제트 홀

도면

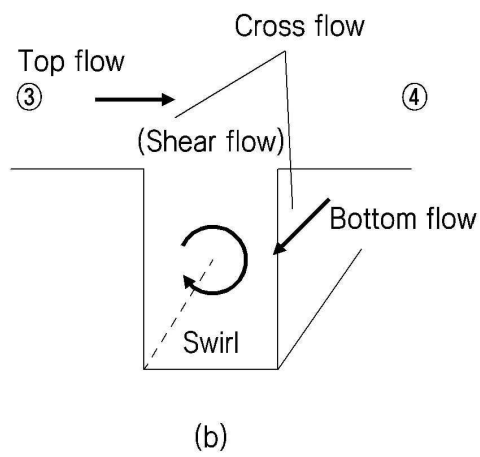
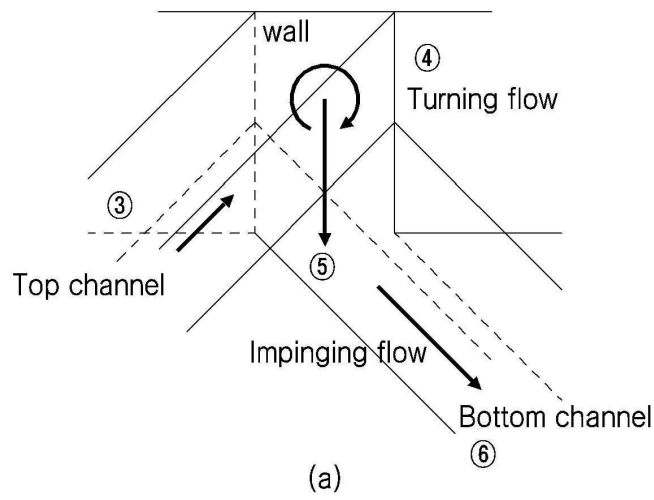
도면1



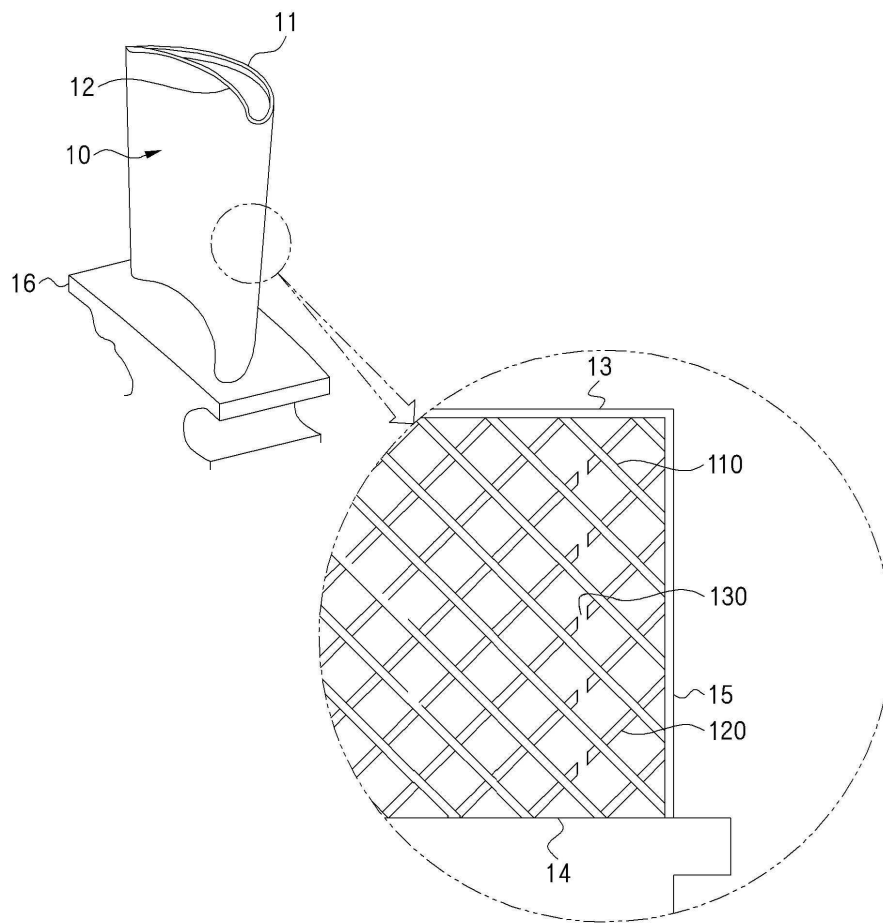
도면2



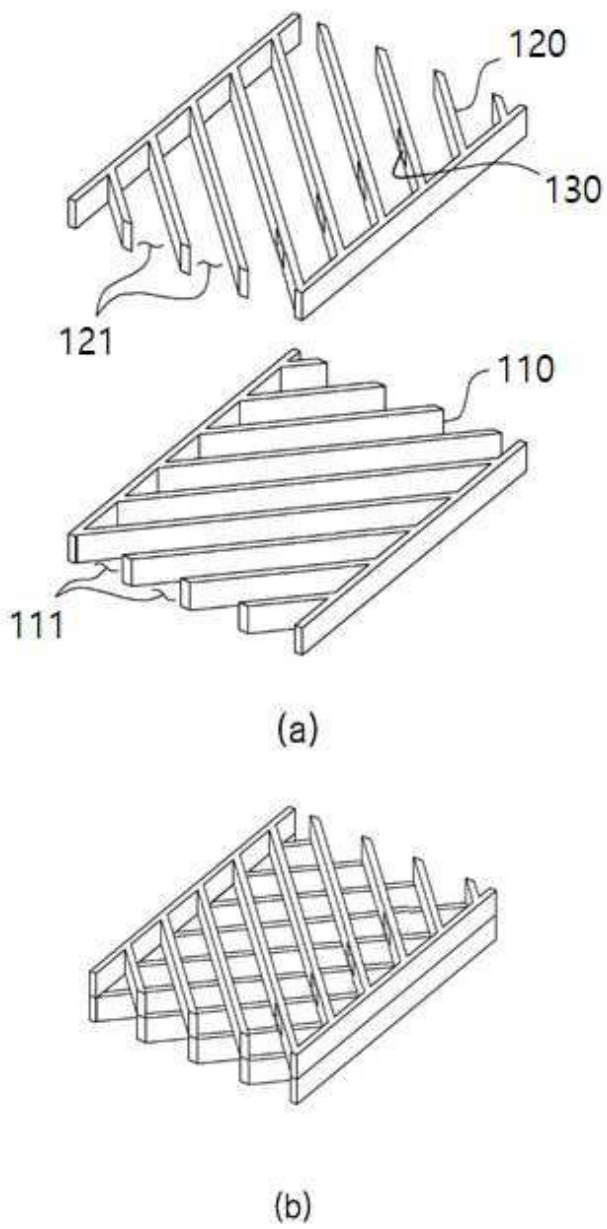
도면3



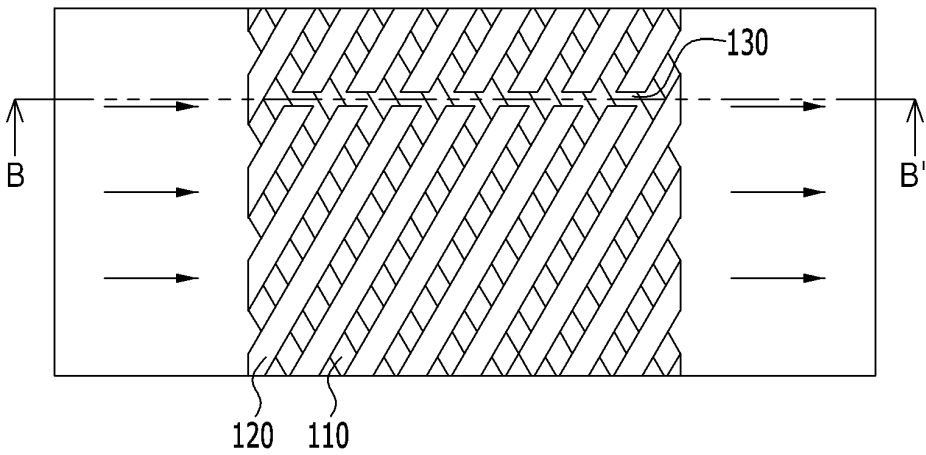
도면4



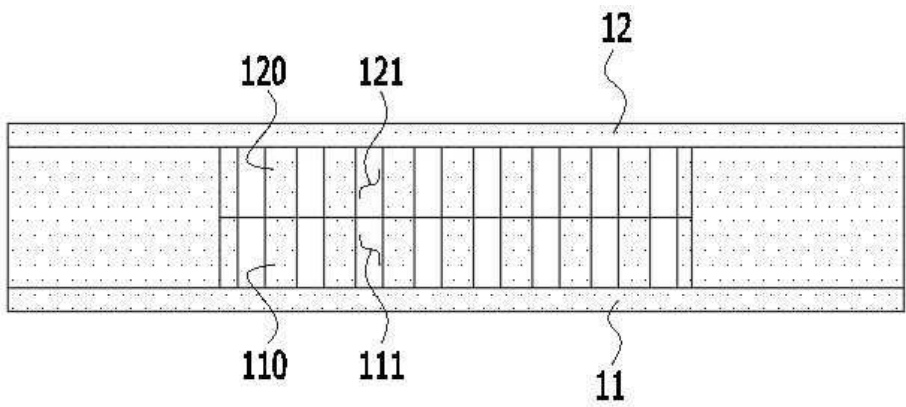
도면5



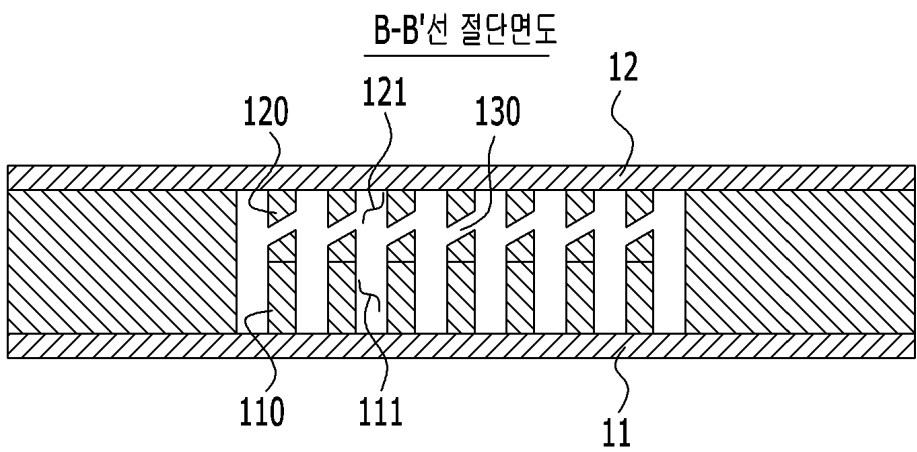
도면6



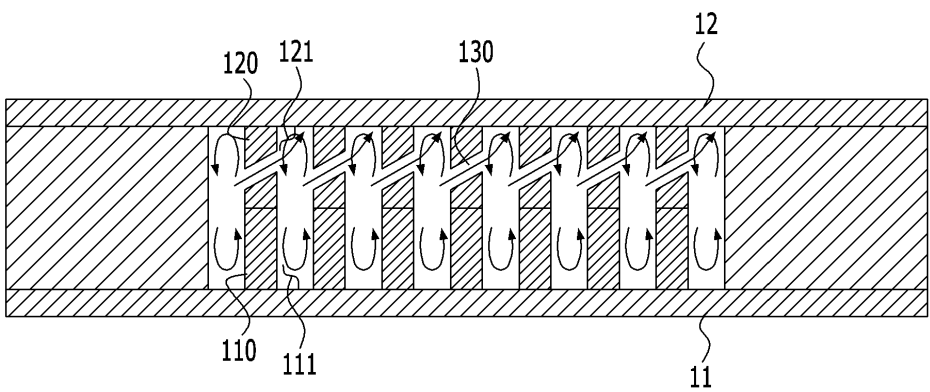
도면7



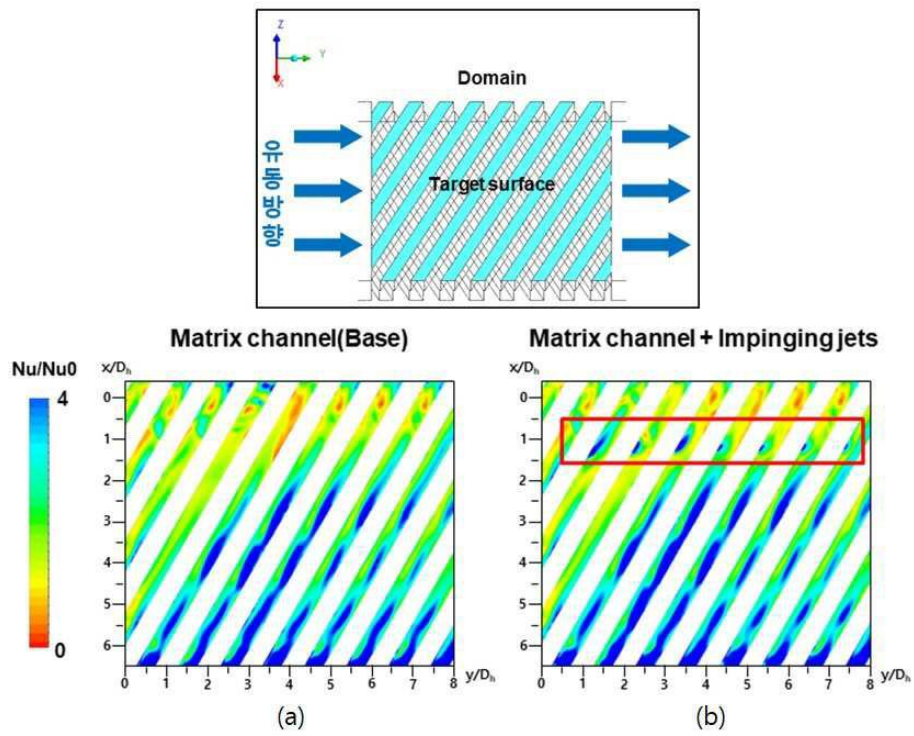
도면8



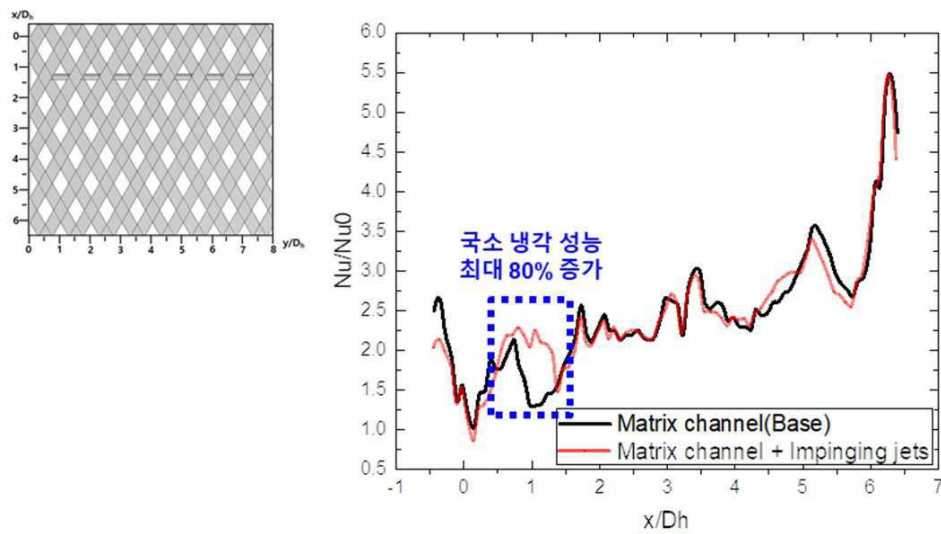
도면9



도면10



도면11



도면12

