



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0062358
(43) 공개일자 2025년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F01D 5/18 (2006.01) F01D 25/12 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F01D 5/187 (2013.01)
F01D 25/12 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0147238
(22) 출원일자 2023년10월30일
심사청구일자 2023년10월30일

(71) 출원인
국립창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
박희성
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20, 53호관
302호(퇴촌동)
따망사전
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20, 51호관
211-1호
최재훈
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20, 51호관
211-1호 (퇴촌동)
(74) 대리인
김연권

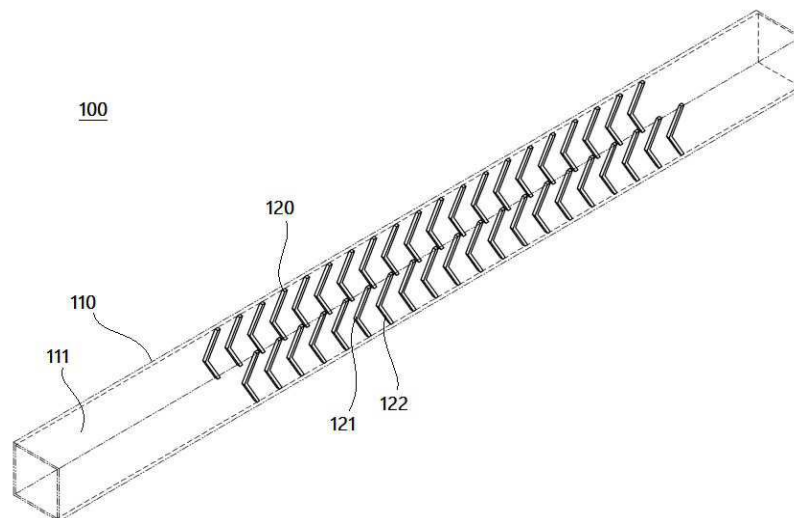
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 난류 발생기

(57) 요약

본 발명은 난류 발생기에 관한 것으로서, 냉각유체 공급 대상체의 내부에 설치되는 냉각유로; 및 상기 냉각유로 상의 대향하는 양측 내벽에 축방향을 따라 돌출되도록 배치되되, "V"자 형상으로 절곡된 리브 터블레이터;를 포함하고, 상기 리브 터블레이터의 절곡부가 내벽 중심부에서 냉각유체의 진입방향을 향하도록 배치되고, 상기 리브 터블레이터의 날개부가 내벽의 상하측 모서리까지 각각 연장되는 것을 특징으로 하는 난류 발생기가 제공될 수 있다.

대표도 - 도3a



(52) CPC특허분류

F05D 2220/32 (2013.01)

F05D 2240/127 (2024.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415186444
과제번호	20214000000480
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지인력양성
연구과제명	청정가스복합화력발전 핵심요소기술 및 국산화 전문인재양성
기 여 율	1/2
과제수행기관명	창원대학교 산학협력단
연구기간	2023.01.01 ~ 2024.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711180827
과제번호	2019R1A2C1002212
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구(연구재단)
연구과제명	신개념 나노유체전극 기술개발 및 이를 응용한 에너지저장시스템 연구
기 여 율	1/2
과제수행기관명	창원대학교 산학협력단
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

냉각유체 공급 대상체의 내부에 설치되는 냉각유로; 및

상기 냉각유로 상의 대향하는 양측 내벽에 축방향을 따라 돌출되도록 배치되며, "V"자 형상으로 절곡된 리브 터블레이터;를 포함하고,

상기 리브 터블레이터의 절곡부가 내벽 중심부에서 냉각유체의 진입방향을 향하도록 배치되고, 상기 리브 터블레이터의 날개부가 내벽의 상하측 모서리까지 각각 연장되는 것을 특징으로 하는 난류 발생기.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 리브 터블레이터의 절곡각도(θ)를 90~120°로 형성하는 것을 특징으로 하는 난류 발생기.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 리브 터블레이터의 절곡부를 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제1절개부를 형성하는 것을 특징으로 하는 난류 발생기.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 리브 터블레이터의 날개부 1/2지점을 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제2절개부를 형성하는 것을 특징으로 하는 난류 발생기.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 리브 터블레이터의 절곡부를 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제1절개부를 형성하되, 상기 제1절개부의 후방의 유체 유동 경로에 절개된 절곡부 형상의 제1요철부를 이격시켜 형성하는 것을 특징으로 하는 난류 발생기.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 제1요철부는 인접한 리브 터블레이터들 사이의 1/2거리에 위치하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 난류 발생기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 리브 터블레이터의 날개부 1/2지점을 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제2절개부를 형성하되,

상기 제2절개부의 후방의 유체 유동 경로에 절개된 날개부 형상의 제2요철부를 이격시켜 형성하는 것을 특징으로 하는 난류 발생기.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 제2요철부는 인접한 리브 터블레이터들 사이의 1/2거리에 위치하도록 형성되는 것을 특징으로 하는 난류 발생기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 난류 발생기에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 냉각 대상체(터빈 블레이드)의 내부에 대류 열전달 향상을 위해 내부 냉각유로의 상호 대향하는 맞은편에 90~120°의 절곡각도를 갖는 V자형 리브 터블레이터를 냉각유로를 따라 한 열씩 다수가 배치되도록 하는 난류 발생기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 가스터빈엔진의 성능 향상을 위하여 터빈 입구 온도를 높이는 방안이 지속적으로 제안되어 왔다. 그러나 터빈입구 온도를 상승시킬 경우, 터빈 블레이드의 열부하를 가중시키고 수명을 단축시키는 문제점을 야기시킨다.

[0003] 특히 터빈 블레이드 후단부에서 터빈 블레이드와 슈라우드 사이에 구조적으로 발생하는 틈에 의해 발생된 유출 유동으로 인해 터빈 블레이드 후단부 표면은 특히 많은 열부하를 받게 된다.

[0004] 따라서, 이러한 열부하에 의한 터빈 블레이드 후단부의 손상을 줄이기 위하여 블레이드 후단부를 효율적으로 냉각할 필요가 있다. 이러한 블레이드 후단부 냉각을 위해 이용되고 있는 것이 내부유로 구조이다.

[0005] 도 1에는 종래 기술에 따른 터빈 블레이드의 평면도가 도시되어 있고, 도 2에는 도 1의 내부유로 구조를 표현한 평면 모식도가 도시되어 있다.

[0006] 이들 도면에 나타난 가스터빈 블레이드는 고온의 연소가스에 노출되는 부품으로 가스터빈 부품 중에서도 고온에 의한 파손빈도가 가장 높은 부품 중 하나이다. 블레이드를 고온의 환경으로부터 보호하기 위해 일반적으로 내부에 냉각유로를 형성시켜 냉각공기를 흘려 냉각하는 내부유로 냉각기법을 사용한다.

[0007] 내부 냉각유로의 냉각성능을 향상시키는 방법으로 도 2에 도시된 바와 같이, 내부유로 표면에 요철(12)을 설치한다. 요철을 설치한 경우, 내부유로 표면의 유동의 경계층 부위에서 박리와 재부착(separation and reattachment) 현상이 발생하면서 열경계층 발달을 저해하는 효과가 있다. 이러한 요철을 반복적으로 설치함으로써 내부 유로를 지나는 냉매의 난류발생을 촉진시키고 난류 강도를 증가시킬 수 있다.

[0008] 또한, 주유동의 혼합을 활발히 함으로써 국소적 또는 전체적인 열전달이 증가하는 효과를 달성할 수 있다.

[0009] 도 2에 도시된 바와 같이, 요철을 주유동의 방향과 소정의 각도(a)를 가지도록 사선으로 배치하는 경우, 이차적인 와류를 발생시키며 열전달 효과가 향상되는 효과를 달성할 수 있다.

[0010] 그러나, 냉각유로의 종횡비(길이/폭) 값이 커질수록 이차 와류에 의해 열전달이 증가하는 영역이 점점 감소함에 따라 전체적인 열전달 성능이 감소하게 된다. 따라서, 종횡비가 큰 냉각 유로에서도 경사진 요철에 의한 열전달 성능을 향상시킬 수 있는 냉각 방식이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1501444호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명의 목적은 종래의 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 냉각 대상체(터빈 블레이드)의 내부에 대류 열전달 향상을 위해 내부 냉각유로의 상호 대향하는 맞은편에 $90\sim 120^\circ$ 의 절곡각도를 갖는 V자형 리브 터블레이터를 냉각유로를 따라 한 열씩 다수가 배치되도록 하는 난류 발생기를 제공함에 있다.

[0013] 본 발명의 다른 목적은 V자형 리브 터블레이터를 유형에 따라서 VSSB, VSDB, VSSBD, VSDBD로 제작하여 난류의 생성을 세분화함으로써, 작동 유체의 난류 강도가 증가되도록 하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 본 발명의 일측면에 따르면, 냉각유체 공급 대상체의 내부에 설치되는 냉각유로 상의 대향하는 양측 내벽에 "V"자형상으로 절곡된 리브 터블레이터들이 축방향을 따라 돌출되도록 배치되되, 상기 리브 터블레이터의 절곡부가 내벽 중심부에서 냉각유체의 진입방향을 향하도록 배치되고, 상기 리브 터블레이터의 날개부가 내벽의 상하측 모서리까지 각각 연장되는 것을 특징으로 하는 난류 발생기가 제공될 수 있다.

[0015] 또한, 상기 리브 터블레이터의 절곡각도(θ)를 $90\sim 120^\circ$ 로 형성할 수 있다.

[0016] 또한, 상기 리브 터블레이터의 절곡부를 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제1절개부를 형성할 수 있다.

[0017] 또한, 상기 리브 터블레이터의 날개부 1/2지점을 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제2절개부를 형성할 수 있다.

[0018] 또한, 상기 리브 터블레이터의 절곡부를 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제1절개부를 형성하되, 상기 제1절개부의 후방의 유체 유동 경로에 절개된 절곡부 형상의 제1요철부를 이격시켜 형성할 수 있다.

[0019] 또한, 상기 제1요철부는 인접한 리브 터블레이터들 사이의 1/2거리에 위치하도록 형성될 수 있다.

[0020] 또한, 상기 리브 터블레이터의 날개부 1/2지점을 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제2절개부를 형성하되, 상기 제2절개부의 후방의 유체 유동 경로에 절개된 날개부 형상의 제2요철부를 이격시켜 형성할 수 있다.

[0021] 또한, 상기 제2요철부는 인접한 리브 터블레이터들 사이의 1/2거리에 위치하도록 형성될 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명은 냉각 대상체(터빈 블레이드)의 내부에 대류 열전달 향상을 위해 내부 냉각유로의 상호 대향하는 맞은편에 $90\sim 120^\circ$ 의 절곡각도를 갖는 V자형 리브 터블레이터를 냉각유로를 따라 한 열씩 다수가 배치되도록 함으로써, 냉각유로 내부 유동 유체의 난류 강도를 증가시키는 효과를 갖는다.

[0023] 또한, 본 발명은 V자형 리브 터블레이터를 유형에 따라서 VSSB, VSDB, VSSBD, VSDBD로 제작하여 난류의 생성을 세분화함으로써, 작동 유체의 난류 강도가 증가되도록 하였으며, 이로 인해 리브 터블레이터 근처에서 최대한의 운동에너지를 생산하여 열전달 및 열에너지 효율이 개선되는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 종래 기술에 따른 터빈 블레이드의 평면도.

도 2는 도 1의 내부유로 구조를 표현한 평면 모식도.

도 3a, 도 3b는 본 발명의 제1실시예에 따른 난류 발생기의 사시도 및 요부 확대도.

도 4는 본 발명의 제1실시예에 따른 V자형 리브 터블레이터가 설치된 냉각유로 내부의 속도 분포도.

도 5는 본 발명의 제1실시예에 따른 V자형 리브 터블레이터가 설치된 냉각유로 내부의 와류영역 속도 분포도.

도 6은 본 발명의 제1실시예에 따른 V자형 리브 터블레이터로 인한 2차 유동 및 와류 강도 분포도.

도 7a, 도 7b는 본 발명의 제2실시예에 따른 난류 발생기의 사시도 및 요부 확대도.

도 8a, 도 8b는 본 발명의 제3실시예에 따른 난류 발생기의 사시도 및 요부 확대도.

도 9a, 도 9b는 본 발명의 제4실시예에 따른 난류 발생기의 사시도 및 요부 확대도.

도 10a, 도 10b는 본 발명의 제5실시예에 따른 난류 발생기의 사시도 및 요부 확대도.

도 11은 본 발명의 제1 내지 제5실시예에 따른 난류 발생기의 냉각유로 내부에서의 와류 영역 및 속도 분포도.

도 12는 본 발명의 제1 내지 제5실시예에 따른 난류 발생기의 냉각유로 내부에서의 미스트 입자의 분포도.

도 13은 본 발명의 제1 내지 제5실시예에 따른 난류 발생기의 냉각유로 벽면에서의 누셀트수 분포도.

도 14는 본 발명의 제1 내지 제5실시예에 따른 난류 발생기의 냉각유로 벽면에서의 누셀트수와 레이놀즈수의 상관관계 그래프.

도 15는 본 발명의 제1 내지 제5실시예에 따른 난류 발생기에 의한 열전달 성능 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하 첨부된 도면을 참조하여, 바람직한 실시예에 따른 본 발명에 대해 상세히 설명하면 다음과 같다. 여기서, 동일한 구성에 대해서는 동일부호를 사용하며, 반복되는 설명, 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 발명의 실시형태는 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있다.
- [0026] 도 3a, 3b는 본 발명의 제1실시예에 따른 난류 발생기의 사시도 및 요부 확대도이다.
- [0027] 도 3a, 3b를 참조하여 본 발명의 제1실시예에 따른 난류 발생기에 대해 설명하면, 난류 발생기(100)는 크게 냉각유로(110)와, 리브 터블레이터(120)를 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 냉각유로(110)는 냉각유체 공급 대상체의 내부에 설치될 수 있다. 상기 냉각유로(110)는 냉각유체의 유동을 직선관로를 따라 이동되도록 유로를 형성할 수 있다. 이때, 냉각유로(110)의 단면형상은 4각의 관체로 제작될 수 있고, 상기 냉각유로(110) 상의 대향하는 양측 내벽(111)에는 축방향을 따라 돌출되도록 다수의 리브 터블레이터(120)들이 배치될 수 있다.
- [0029] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)는 "V"자 형상으로 절곡된 형태로 제작될 수 있다.
- [0030] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)의 절곡부(121)가 내벽(111) 중심부에서 냉각유체의 진입방향을 향하도록 배치되고, 상기 리브 터블레이터(120)의 날개부(122)는 내벽(111)의 상하측 모서리까지 사선방향으로 연장 형성될 수 있다.
- [0031] 상기 리브 터블레이터(120)는 내벽(111) 표면으로부터 일정높이 돌출되는 바 형상으로 제작될 수 있다. 이때, 리브 터블레이터(120)는 단면 형상이 사각형일 수 있다.
- [0032] 예컨대, 리브 터블레이터(120)의 돌출면이 냉각 유체의 유동방향에 대해 직교면을 형성하도록 하여 냉각 유체의 충돌에너지가 상승되도록 할 수 있다.
- [0033] 또한, 상기 리브 터블레이터(120)의 절곡각도(θ)를 90~120°로 형성할 수 있다. 이는 도 4 내지 도 5의 실험 결과를 통해서 확인할 수 있다. 도 4 내지 도 5는 V자형 리브 터블레이터를 60°, 90°, 120°, 150°로 각각 절곡하였을 때의 냉각성능 실험결과를 비교하고 있다.
- [0034] 도 4는 본 발명의 제1실시예에 따른 V자형 리브 터블레이터가 설치된 냉각유로 내부의 속도 분포도이고, 도 5는 본 발명의 제1실시예에 따른 V자형 리브 터블레이터가 설치된 냉각유로 내부의 와류영역 속도 분포도이며, 도 6은 본 발명의 제1실시예에 따른 V자형 리브 터블레이터로 인한 2차 유동 및 와류 강도 분포도이다.
- [0035] 도 4는 주류 및 와류 영역의 영향을 받는 냉각 냉각유로의 출구에서 볼 때 내부의 유선형 유체 유동 영역의 분포를 나타낸다.
- [0036] 도 4를 보면, 주류 유동의 영향을 받는 영역의 주류 유체의 이동은 주로 유동 방향이지만 분배 영역의 꾸준한

감소와 함께 냉각유로의 중심을 향해 강제로 이동한다는 것을 볼 수 있다.

- [0037] 이때, 와류 유동의 영향을 받는 영역의 주류 유체는 2차 주류 유동의 영향을 받아 주류의 발달과 함께 냉각유로의 유동 방향을 따라 발달하여 냉각유로 상부 및 하부의 리브 터블레이터가 형성되지 않은 매끄러운 표면의 방향에 위치하는 것을 볼 수 있다.
- [0038] 도 4에서 언급한 바와 같이 주류 유동의 영향을 받는 영역은 냉각유로의 상부 및 하부 표면에 위치하는 반면, 와류 유동의 영향을 받는 영역은 냉각유로의 중간에 위치한다. 이때, 도 4를 통해서 주류 유동에 의해 영향을 받는 영역과 와류 유동에 의해 영향을 받는 영역 사이의 경계가 관찰됨을 알 수 있다. 이때, 주류 유동의 영향을 받는 영역과 와류 유동의 영향을 받는 영역 사이의 경계는 도 4에서 빨간색 점선으로 표시된다.
- [0039] 도 4의 실험결과를 통해서 V자형 리브 터블레이터의 절곡각도가 60° 에서 150° 로 증가함에 따라 주류 유동의 영향을 받는 영역이 먼저 넓어지고 그 다음에는 크기가 꾸준히 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나 와류 유동의 영향을 받는 영역은 먼저 급격히 증가한 다음 끝까지 고르게 분포함을 알 수 있다.
- [0040] 또한, 주류 및 와류 영향을 받는 영역의 강도는 리브 터블레이터의 모양과 절곡각도에 직접적으로 의존한다는 것을 관찰할 수 있다.
- [0041] 도 5는 60° , 90° , 120° , 150° 의 절곡각도를 갖는 V자형 리브 터블레이터로 인한 냉각유로의 2차 유동 분포를 보여준다. 이때, 냉각유로 내에서는 리브 터블레이터에 의해 유도되는 2차 유동, 세로 2차 유동, 주요 2차 유동이 발생된다.
- [0042] 도 5를 통해서 60° , 90° , 120° , 150° 의 절곡각도를 갖는 V자형 리브 터블레이터의 모든 경우에, 주요 2차 유동은 냉각유로 내벽의 상부 및 하부 부근에 위치함을 볼 수 있다.
- [0043] 이때, 바람을 마주보는 터블레이터의 측면(front side)은 유동 분리 및 세로로 2차 유동을 형성하고, 이때의 2차 유동은 리브 터블레이터 방향을 따라 발생하며, 이후에 주요 2차 유동과 혼합된다.
- [0044] 이때, 2 차 유동의 분포는 리브 터블레이터의 모양과 절곡각도에 따라 달라지는데, 냉각유로의 종 방향 및 주요 2 차 유동에 의한 커버리지(coverage) 영역의 접근은 절곡각도가 최대 120° 일 때, 최대로 증가함을 볼 수 있었다.
- [0045] 도 6은 본 발명의 제1실시예에 따른 V자형 리브 터블레이터로 인한 2차 유동 및 와류 강도 분포도로서, 60° , 90° , 120° , 150° 의 절곡각도를 갖는 V자형 리브 터블레이터로 인한 냉각유로의 표면에서 와류 강도 및 속도 벡터의 진화 및 분포 과정을 보여준다.
- [0046] 도 6을 참조하면, 와류 강도와 와류 중심과 경계층 사이의 거리는 열이 가해진 표면으로부터의 열 전달에 크게 영향을 미치는 두 가지 중요한 요소로서, 2차 유동의 발달은 각각의 60° , 90° , 120° , 150° 의 절곡각도를 갖는 V자형 리브 터블레이터에 의해 영향을 받는 것을 관찰할 수 있었다.
- [0047] 이처럼 일정 절곡각도(60° , 90° , 120° , 150°)를 갖는 리브 터블레이터에 의해서, 세로 2차 유동은 훨씬 더 강한 강도를 갖는 작고 제한된 영역에 분포될 수 있고, 난류 벽면 근처에 위치하며, 또한, 리브 터블레이터 측 벽에서의 세로 2차 유동의 분포는 절곡각도가 120° 일 때, 최대로 증가한 다음 감소하게 된다.
- [0048] 또한, 주류 2차 유동은 더 넓은 영역을 커버하지만 냉각유로의 상부 및 하부의 매끄러운 표면 근처의 와류 코어와 함께 더 약한 속도 및 강도를 가지게 되며, 이는 도 6을 통해 개시된 바와 같이 각 평면의 속도 벡터에 의해 확인된다.
- [0049] 이때, 도 6을 참조하면, 2차 유동에 의해 커버되는 면적은 유동 방향을 따라 더 멀리 이동함에 따라 각 평면에서 증가되었으며, 2 차 유동은 냉각유로의 각 평면에서 대칭으로 분포되었고, 세로 2 차 유동은 약간 증가하여 경계 벽 근처에 분포되었다. 그러나 주요 2 차 유동은 냉각유로 중앙에 더 많이 분포되었다.
- [0050] 또한, 냉각유로의 좌우 양측에 형성되는 2개의 리브 터블레이터 표면으로 인해 세로로 2차 유동의 분포가 냉각유로의 리브 난류 벽에 집중되었음을 관찰할 수 있었다.
- [0051] 또한, 주 2차 유동은 냉각유로의 상부 및 하부 중심의 매끄러운 표면 근처에 위치하였으며, 2차 유동의 강도가 유동 방향에 따라 감소하는 것을 관찰할 수 있었다.
- [0052] 따라서, 내부 냉각유로를 통한 열 전달은 리브 터블레이터 표면 주위의 2차 유동의 가장 강한 분포에 비례하여 달라짐을 알 수 있었고, 이러한 2차 유동은 리브 터블레이터의 절곡각도가 90° ~ 120° 일 때, 최대로 증가함을 알

수 있었다.

- [0053] 도 7a, 7b는 본 발명의 제2실시예에 따른 난류 발생기의 사시도 및 요부 확대도이다.
- [0054] 도 7a, 7b를 참조하여 본 발명의 제2실시예에 따른 난류 발생기에 대해 설명하면, 난류 발생기(100)는 크게 냉각유로(110)와, 리브 터블레이터(120)를 포함하고, 상기 리브 터블레이터(120)는 절곡부(121)를 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제1절개부(123)를 형성할 수 있다.
- [0055] 상기 냉각유로(110)는 냉각유체 공급 대상체의 내부에 설치될 수 있다. 상기 냉각유로(110)는 냉각유체의 유동을 직선관로를 따라 이동되도록 유로를 형성할 수 있다. 이때, 냉각유로(110)의 단면형상은 4각의 관체로 제작될 수 있고, 상기 냉각유로(110) 상의 대향하는 양측 내벽(111)에는 축방향을 따라 돌출되도록 다수의 리브 터블레이터(120)들이 배치될 수 있다.
- [0056] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)는 "V"자 형상으로 절곡된 형태로 제작될 수 있다.
- [0057] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)의 절곡부(121)가 내벽(111) 중심부에서 냉각유체의 진입방향을 향하도록 배치되고, 상기 리브 터블레이터(120)의 날개부(122)는 내벽(111)의 상하측 모서리까지 사선방향으로 연장 형성될 수 있다.
- [0058] 상기 리브 터블레이터(120)는 내벽(111) 표면으로부터 일정높이 돌출되는 바 형상으로 제작될 수 있다. 이때, 리브 터블레이터(120)는 단면 형상이 사각형일 수 있다.
- [0059] 예컨대, 리브 터블레이터(120)의 돌출면이 냉각 유체의 유동방향에 대해 직교면을 형성하도록 하여 냉각 유체의 충돌에너지가 상승되도록 할 수 있다.
- [0060] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)의 절곡부(121)를 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제1절개부(123)를 형성함으로써, 리브 터블레이터(120)를 2개의 단위블록으로 분할되도록 형성할 수 있다.
- [0061] 이때, 상기 제1절개부(123)를 통과하는 냉각유체의 유속의 변화가 발생되며, 이와 같은 유속 차이는 리브 터블레이터(120)에 의한 난류의 생성을 세분하는 역할을 하게 되어 냉각유로를 지나는 냉각유체의 난류발생을 더욱 촉진시켜 주유동의 혼합을 활발히 함으로써 난류 강도를 증가시킬 수 있고, 난류 발생기의 열전달 효율이 향상되도록 할 수 있다.
- [0062] 도 8a, 8b는 본 발명의 제3실시예에 따른 난류 발생기의 사시도 및 요부 확대도이다.
- [0063] 도 8a, 8b를 참조하여 본 발명의 제3실시예에 따른 난류 발생기에 대해 설명하면, 난류 발생기(100)는 크게 냉각유로(110)와, 리브 터블레이터(120)를 포함하고, 상기 리브 터블레이터(120)는 양측 날개부(122)의 각각 1/2 지점을 일정 폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제2절개부(124)를 형성할 수 있다.
- [0064] 상기 냉각유로(110)는 냉각유체 공급 대상체의 내부에 설치될 수 있다. 상기 냉각유로(110)는 냉각유체의 유동을 직선관로를 따라 이동되도록 유로를 형성할 수 있다. 이때, 냉각유로(110)의 단면형상은 4각의 관체로 제작될 수 있고, 상기 냉각유로(110) 상의 대향하는 양측 내벽(111)에는 축방향을 따라 돌출되도록 다수의 리브 터블레이터(120)들이 배치될 수 있다.
- [0065] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)는 "V"자 형상으로 절곡된 형태로 제작될 수 있다.
- [0066] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)의 절곡부(121)가 내벽(111) 중심부에서 냉각유체의 진입방향을 향하도록 배치되고, 상기 리브 터블레이터(120)의 날개부(122)는 내벽(111)의 상하측 모서리까지 사선방향으로 연장 형성될 수 있다.
- [0067] 상기 리브 터블레이터(120)는 내벽(111) 표면으로부터 일정높이 돌출되는 바 형상으로 제작될 수 있다. 이때, 리브 터블레이터(120)는 단면 형상이 사각형일 수 있다.
- [0068] 예컨대, 리브 터블레이터(120)의 돌출면이 냉각 유체의 유동방향에 대해 직교면을 형성하도록 하여 냉각 유체의 충돌에너지가 상승되도록 할 수 있다.
- [0069] 상기 리브 터블레이터(120)는 양측 날개부(122)의 각각 1/2지점을 일정 폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제2절개부(124)를 형성함으로써, 리브 터블레이터(120)를 3개의 단위블록으로 분할되도록 형성할 수 있다.
- [0070] 이때, 상기 제2절개부(124)를 통과하는 냉각유체의 유속의 변화가 발생되며, 이와 같은 유속 차이는 리브 터블레이터(120)에 의한 난류의 생성을 세분하는 역할을 하게 되어 냉각유로를 지나는 냉각유체의 난류발생을 더욱

촉진시켜 주유동의 혼합을 활발히 함으로써 난류 강도를 증가시킬 수 있고, 난류 발생기의 열전달 효율이 향상 되도록 할 수 있다.

- [0071] 도 9a, 9b 는 본 발명의 제4실시예에 따른 난류 발생기의 사시도 및 요부 확대도이다.
- [0072] 도 9a, 9b 를 참조하여 본 발명의 제4실시예에 따른 난류 발생기에 대해 설명하면, 난류 발생기(100)는 크게 냉각유로(110)와, 리브 터블레이터(120)를 포함하고, 상기 리브 터블레이터(120)의 절곡부(121)를 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제1절개부(123)를 형성하되, 상기 제1절개부(123)의 후방의 유체 유동 경로에 절개된 절곡부 형상의 제1요철부(125)를 이격시켜 형성할 수 있다.
- [0073] 상기 냉각유로(110)는 냉각유체 공급 대상체의 내부에 설치될 수 있다. 상기 냉각유로(110)는 냉각유체의 유동을 직선관로를 따라 이동되도록 유로를 형성할 수 있다. 이때, 냉각유로(110)의 단면형상은 4각의 관체로 제작될 수 있고, 상기 냉각유로(110) 상의 대향하는 양측 내벽(111)에는 축방향을 따라 돌출되도록 다수의 리브 터블레이터(120)들이 배치될 수 있다.
- [0074] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)는 "V"자 형상으로 절곡된 형태로 제작될 수 있다.
- [0075] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)의 절곡부(121)가 내벽(111) 중심부에서 냉각유체의 진입방향을 향하도록 배치되고, 상기 리브 터블레이터(120)의 날개부(122)는 내벽(111)의 상하측 모서리까지 사선방향으로 연장 형성될 수 있다.
- [0076] 상기 리브 터블레이터(120)는 내벽(111) 표면으로부터 일정높이 돌출되는 바 형상으로 제작될 수 있다. 이때, 리브 터블레이터(120)는 단면 형상이 사각형일 수 있다.
- [0077] 예컨대, 리브 터블레이터(120)의 돌출면이 냉각 유체의 유동방향에 대해 직교면을 형성하도록 하여 냉각 유체의 충돌에너지가 상승되도록 할 수 있다.
- [0078] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)의 절곡부(121)를 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제1절개부(123)를 형성함으로써, 리브 터블레이터(120)를 2개의 단위블록으로 분할되도록 형성할 수 있다.
- [0079] 이때, 상기 제1절개부(123)를 통과하는 냉각유체의 유속의 변화가 발생되며, 이와 같은 유속 차이는 리브 터블레이터(120)에 의한 난류의 생성을 세분하는 역할을 하게 되어 냉각유로를 지나는 냉각유체의 난류발생을 더욱 촉진시켜 주유동의 혼합을 활발히 함으로써 난류 강도를 증가시킬 수 있고, 난류 발생기의 열전달 효율이 향상 되도록 할 수 있다.
- [0080] 또한, 상기 제1절개부(123)의 후방의 유체 유동 경로에 절개된 절곡부 형상의 제1요철부(125)를 이격시켜 형성함으로써, 제1절개부(123) 사이를 통과한 냉각유체의 유동을 제1요철부(125)가 간섭하여 난류를 생성함으로써, 더욱 복잡한 난류 발생과 주유동 혼합이 이루어지도록 작용할 수 있다.
- [0081] 이와 같은 상기 제1요철부(125)는 인접한 리브 터블레이터(120)들 사이의 1/2거리에 위치하도록 형성될 수 있다.
- [0082] 도 10a, 10b는 본 발명의 제5실시예에 따른 난류 발생기의 사시도 및 요부 확대도이다.
- [0083] 도 10a, 10b를 참조하여 본 발명의 제5실시예에 따른 난류 발생기에 대해 설명하면, 난류 발생기(100)는 크게 냉각유로(110)와, 리브 터블레이터(120)를 포함하고, 상기 리브 터블레이터(120)의 날개부(122) 1/2지점을 일정폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제2절개부(124)를 형성하되, 상기 제2절개부(124)의 후방의 유체 유동 경로에 절개된 날개부 형상의 제2요철부(126)를 이격시켜 형성할 수 있다.
- [0084] 상기 냉각유로(110)는 냉각유체 공급 대상체의 내부에 설치될 수 있다. 상기 냉각유로(110)는 냉각유체의 유동을 직선관로를 따라 이동되도록 유로를 형성할 수 있다. 이때, 냉각유로(110)의 단면형상은 4각의 관체로 제작될 수 있고, 상기 냉각유로(110) 상의 대향하는 양측 내벽(111)에는 축방향을 따라 돌출되도록 다수의 리브 터블레이터(120)들이 배치될 수 있다.
- [0085] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)는 "V"자 형상으로 절곡된 형태로 제작될 수 있다.
- [0086] 이때, 상기 리브 터블레이터(120)의 절곡부(121)가 내벽(111) 중심부에서 냉각유체의 진입방향을 향하도록 배치되고, 상기 리브 터블레이터(120)의 날개부(122)는 내벽(111)의 상하측 모서리까지 사선방향으로 연장 형성될 수 있다.
- [0087] 상기 리브 터블레이터(120)는 내벽(111) 표면으로부터 일정높이 돌출되는 바 형상으로 제작될 수 있다. 이때,

리브 터블레이터(120)는 단면 형상이 사각형일 수 있다.

- [0088] 예컨대, 리브 터블레이터(120)의 돌출면이 냉각 유체의 유동방향에 대해 직교면을 형성하도록 하여 냉각 유체의 충돌에너지가 상승되도록 할 수 있다.
- [0089] 상기 리브 터블레이터(120)는 양측 날개부(122)의 각각 1/2지점을 일정 폭 절개시켜 냉각유체가 통과할 수 있는 제2절개부(124)를 형성함으로써, 리브 터블레이터(120)를 3개의 단위블록으로 분할되도록 형성할 수 있다.
- [0090] 이때, 상기 제2절개부(124)를 통과하는 냉각유체의 유속의 변화가 발생되며, 이와 같은 유속 차이는 리브 터블레이터(120)에 의한 난류의 생성을 세분하는 역할을 하게 되어 냉각유로를 지나는 냉각유체의 난류발생을 더욱 촉진시켜 주유동의 혼합을 활발히 함으로써 난류 강도를 증가시킬 수 있고, 난류 발생기의 열전달 효율이 향상 되도록 할 수 있다.
- [0091] 이때, 상기 제2절개부(124)의 후방의 유체 유동 경로에 절개된 날개부 형상의 제2요철부(126)를 이격시켜 형성함으로써, 제2절개부(124) 사이를 통과한 냉각유체의 유동을 제2요철부(126)가 간섭하여 난류를 생성함으로써, 더욱 복잡한 난류 발생과 주유동 혼합이 이루어지도록 작용할 수 있다.
- [0092] 이와 같은 제2요철부(126)는 인접한 리브 터블레이터(120)들 사이의 1/2거리에 위치하도록 형성될 수 있다.
- [0093] 이하, 도 11 내지 도 15를 참조하여 본 발명의 제1실시예 내지 제5실시예에 따른 유형별 리브 터블레이터로 인한 냉각유체 유동특성 변화에 대한 실험결과에 대해 설명한다.
- [0094] 이때, 유형에 따라서 제1실시예의 리브 터블레이터는 VS, 제2실시예의 리브 터블레이터는 VSSB, 제3실시예의 리브 터블레이터는 VSDB, 제4실시예의 리브 터블레이터는 VSSBD, 제5실시예의 리브 터블레이터는 VSDBD로 구분하여 표기하였다.
- [0095] 도 11은 본 발명의 제1 내지 제5실시예에 따른 난류 발생기의 냉각유로 내부에서의 와류 영역 및 속도 분포도로써, 각 유형별 리브 터블레이터에 의한 2차 유동 발달 과정을 나타낸다.
- [0096] 도 12는 본 발명의 제1 내지 제5실시예에 따른 난류 발생기의 냉각유로 내부에서의 미스트 입자의 분포도로써 각 유형별 리브 터블레이터에 의한 미스트(mist) 입자의 증발로 인해 입자 크기 및 분포도를 나타낸다.
- [0097] 도 13은 본 발명의 제1 내지 제5실시예에 따른 난류 발생기의 냉각유로 벽면에서의 누셀트수 분포도로써, 도 11 및 도 12의 유동 특성 및 증발에 의해 각 난류 발생기에서 내부 표면에 발생하는 열전달 수치를 표현할 수 있는 넛셀수(Nusselt number) 분포도를 나타낸다.
- [0098] 도 14는 본 발명의 제1 내지 제5실시예에 따른 난류 발생기의 냉각유로 벽면에서의 누셀트수와 레이놀즈수의 상관관계 그래프로서, 적용 레이놀즈수(Reynolds number)에 따라 각 난류 발생기 벽면에 평균 넛셀수(Nusselt number)를 나타냈으며, 레이놀즈수(Reynolds number)가 증가함에 따라 평균 넛셀수(Nusselt number)도 증가하는 것으로 나타났다.
- [0099] 도 15는 본 발명의 제1 내지 제5실시예에 따른 난류 발생기에 의한 열전달 성능 그래프로서, 각 난류 발생기에 의한 열전달 성능을 그래프를 통해 나타냈으며, 모든 조건에서 VSDB, VSSBD, VSDBD 3가지 유형의 난류 발생기에서 평균 열전달 성능이 다른 유형에 비해 우수한 것으로 나타났다.
- [0100] 앞서, 살펴본 바와 같은 본 발명은 냉각 대상체(터빈 블레이드)의 내부에 대류 열전달 향상을 위해 내부 스트레이트(straight) 냉각 유로의 상호 대향하는 맞은편에 90~120°의 절곡각도를 갖는 V자형 리브 터블레이터를 형성함에 있어서, 리브 터블레이터를 냉각유로를 따라 총 20개씩이 한 열에 배치되도록 하였다.
- [0101] 또한, 이와 같은 V자형 리브 터블레이터를 유형에 따라서 제1실시예의 리브 터블레이터는 VS, 제2실시예의 리브 터블레이터는 VSSB, 제3실시예의 리브 터블레이터는 VSDB, 제4실시예의 리브 터블레이터는 VSSBD, 제5실시예의 리브 터블레이터는 VSDBD로 제작하여 냉각유로 내부 유동 유체의 난류 강도를 증가시키도록 하였다.
- [0102] 이러한, 구조적 특징으로 인해 작동 유체의 난류 강도가 증가되도록 하였으며, 이로 인해 리브 터블레이터 근처에서 최대한의 운동에너지를 생산하여 열전달 및 열에너지 효율이 개선되도록 하였다.
- [0103] 특히, 제2실시예의 리브 터블레이터(VSSB)와 제3실시예의 리브 터블레이터(VSDB)를 적용할 경우, 구조적 특징 때문에 생성된 이차 유동에 방해가 되므로 열전달 성능이 VS타입 리브 터블레이터보다 감소하는 것으로 분석되었으나, 제4실시예의 리브 터블레이터(VSSBD), 제5실시예의 리브 터블레이터(VSDBD)의 경우에는 이차 유동의 발달 및 난류 강도가 우수하게 나타나 열전달 성능이 VS타입 리브 터블레이터보다 증가하는 것으로 나타났다.

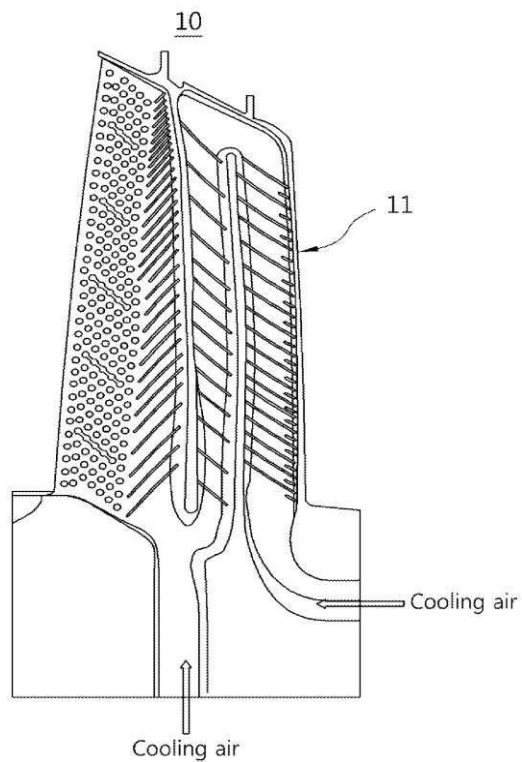
[0104] 본 발명은 첨부된 도면에 도시된 일 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구 범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

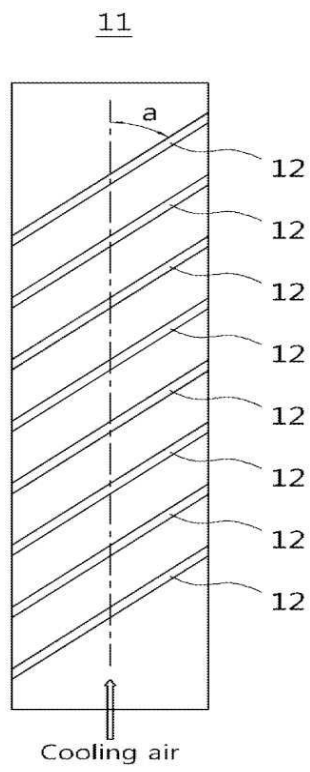
[0105] 100: 난류 발생기 110: 냉각유로
111: 내벽 120: 리브 터블레이터
121: 절곡부 122: 날개부
123: 제1절개부 124: 제2절개부
125: 제1요철부 126: 제2요철부

도면

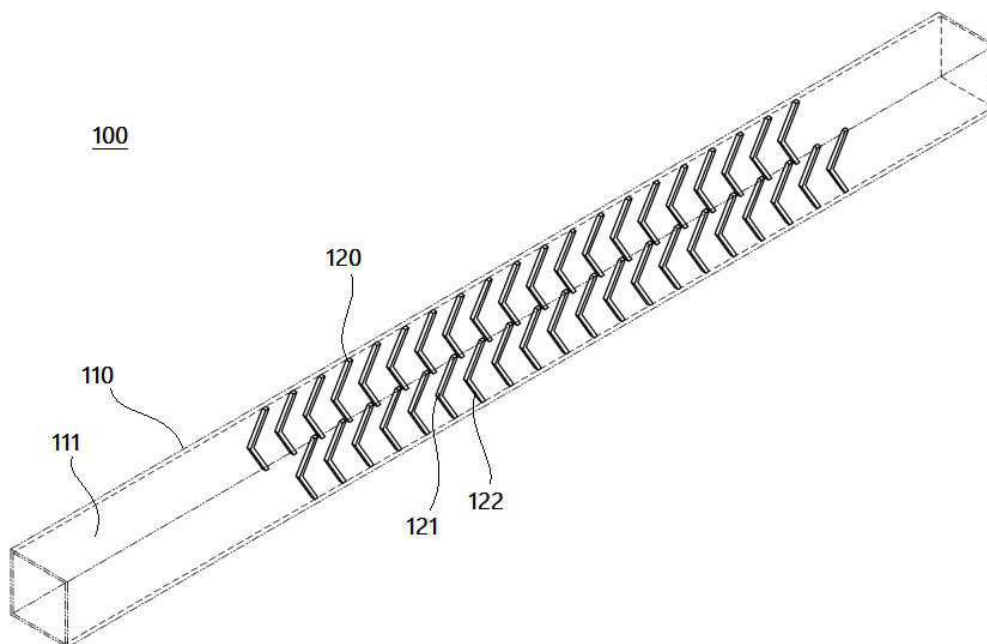
도면1



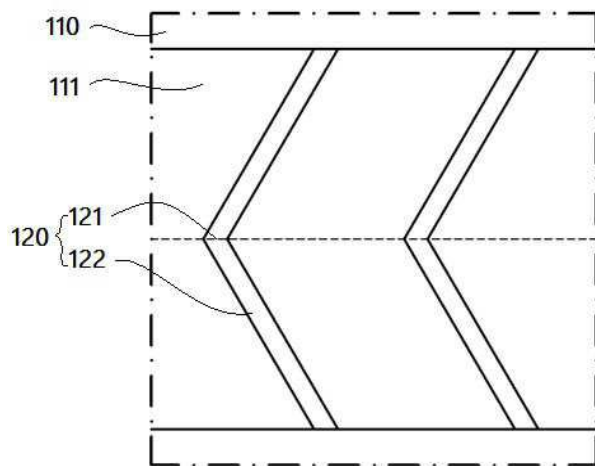
도면2



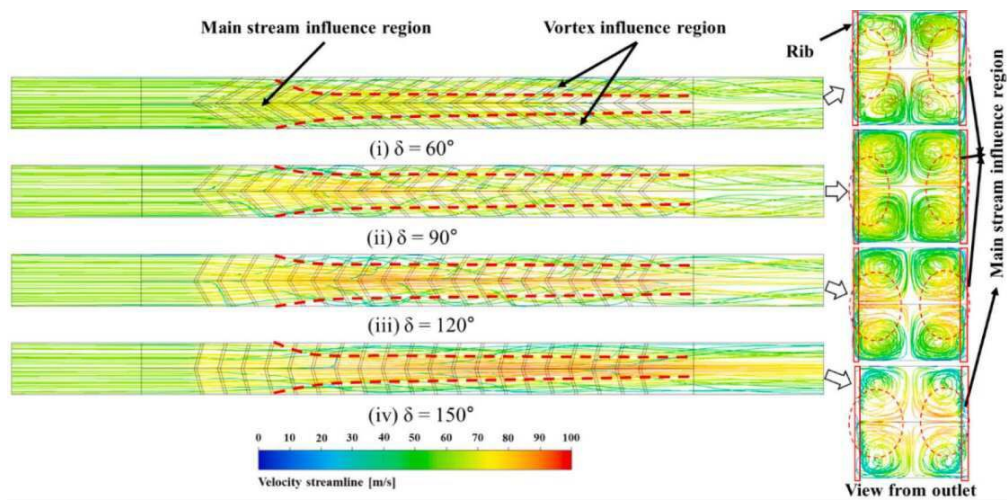
도면3a



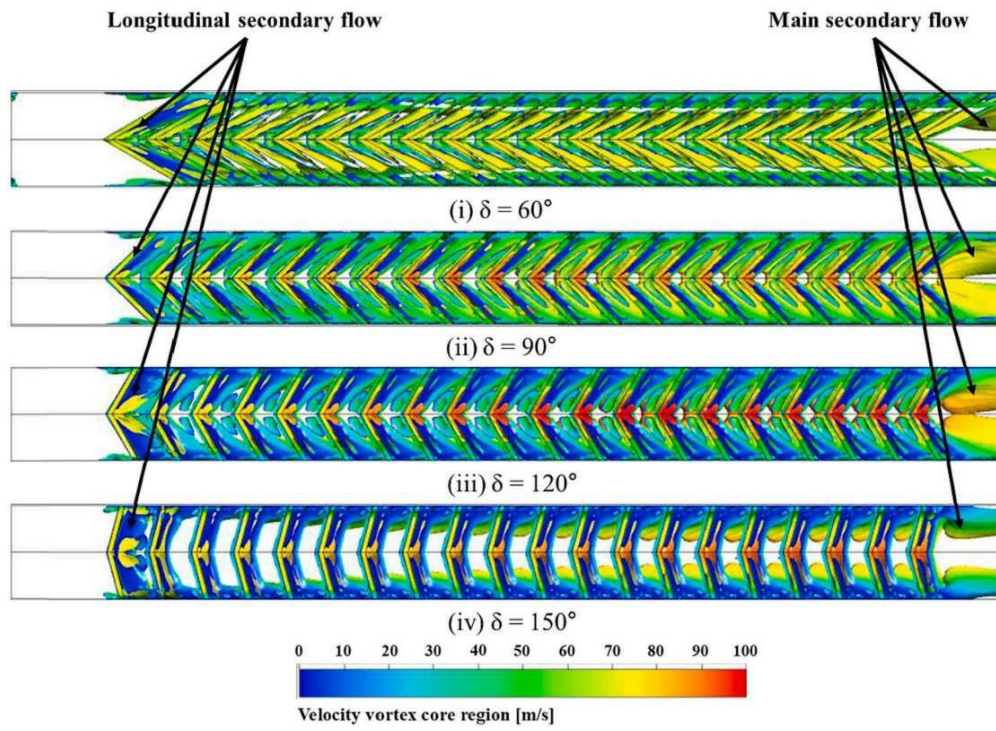
도면3b



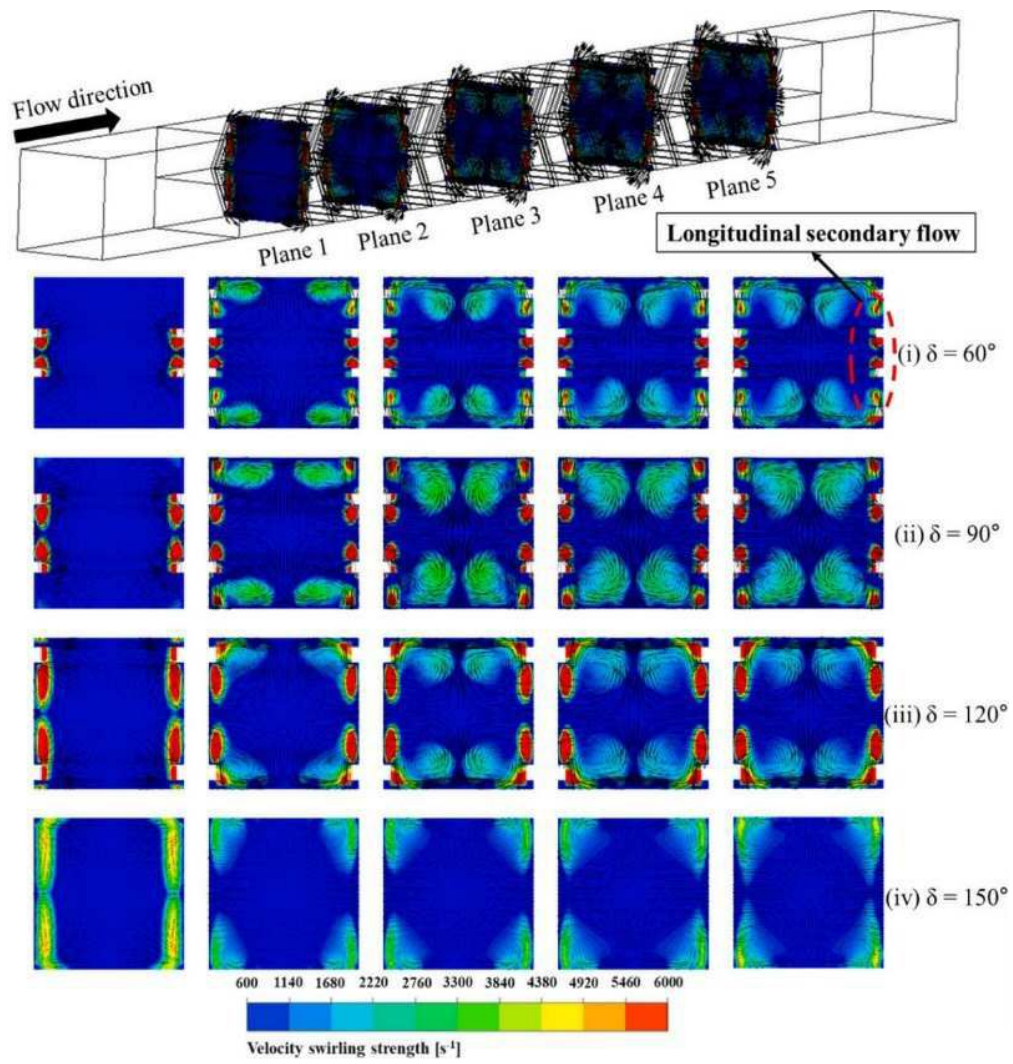
도면4



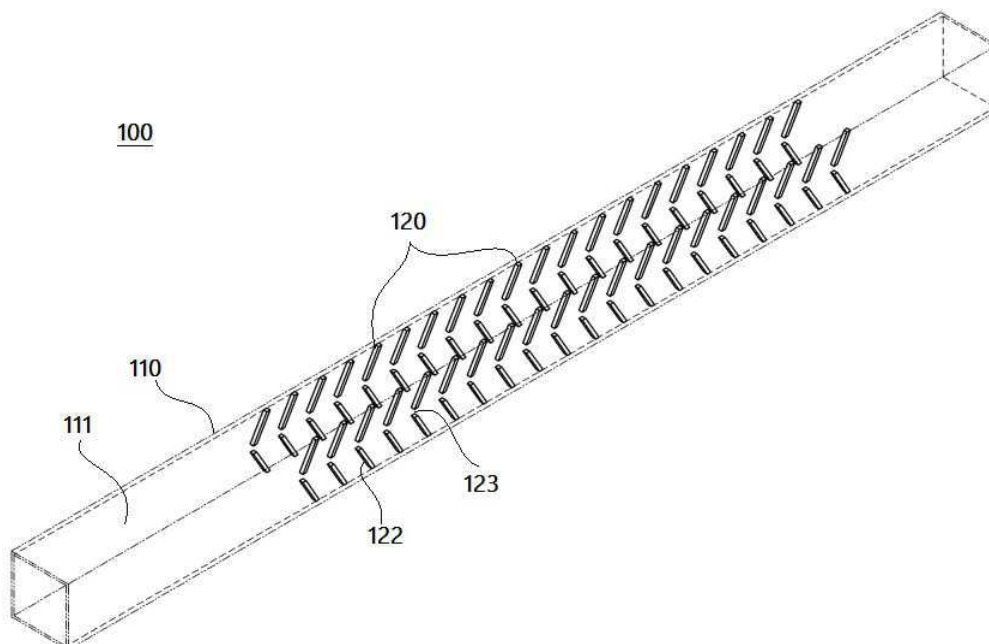
도면5



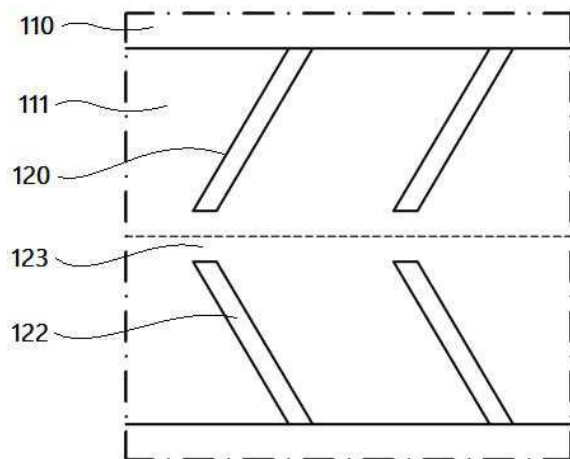
도면6



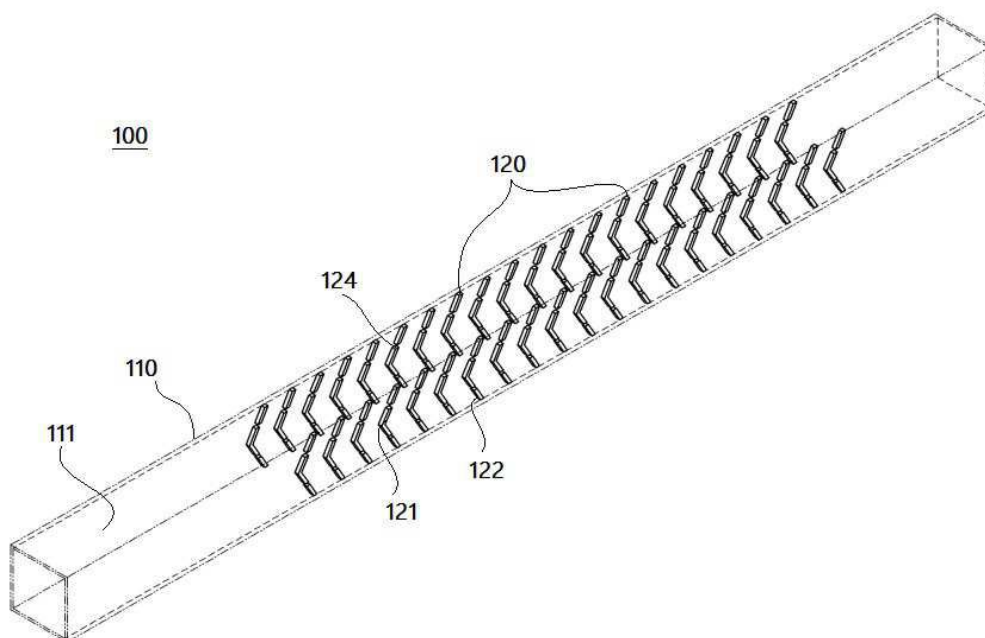
도면7a



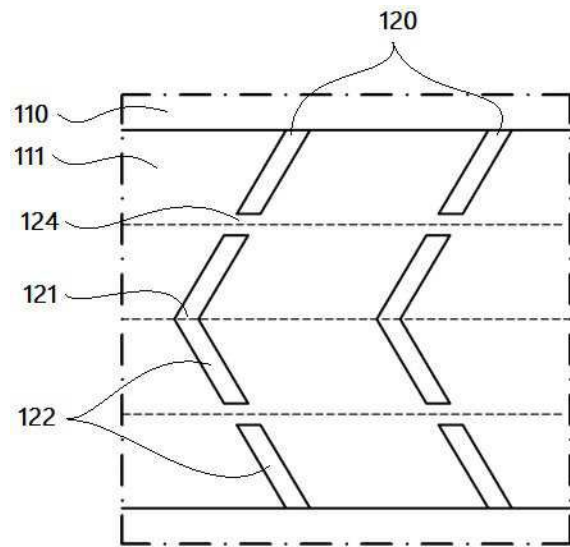
도면7b



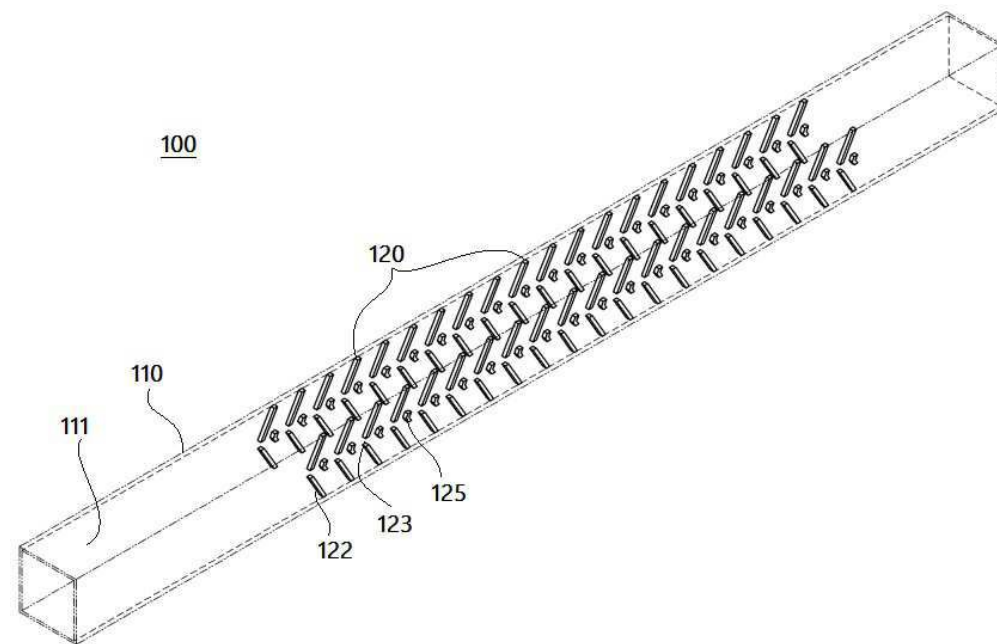
도면8a



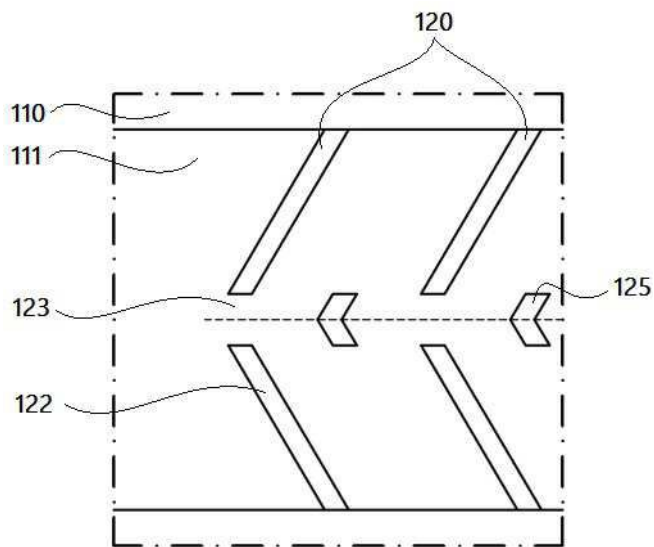
도면8b



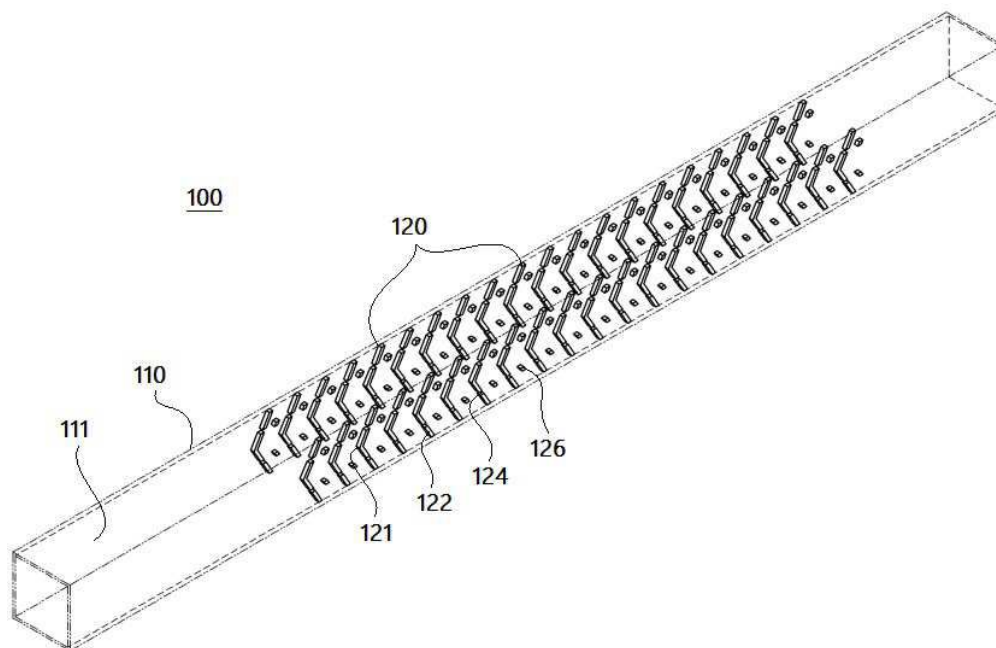
도면9a



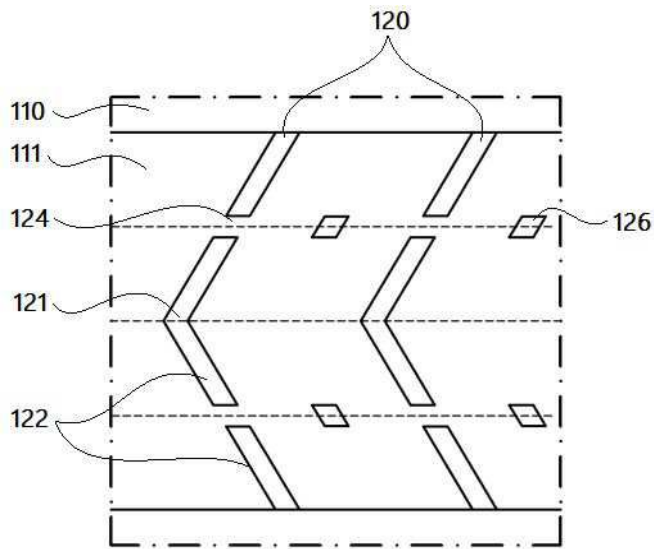
도면9b



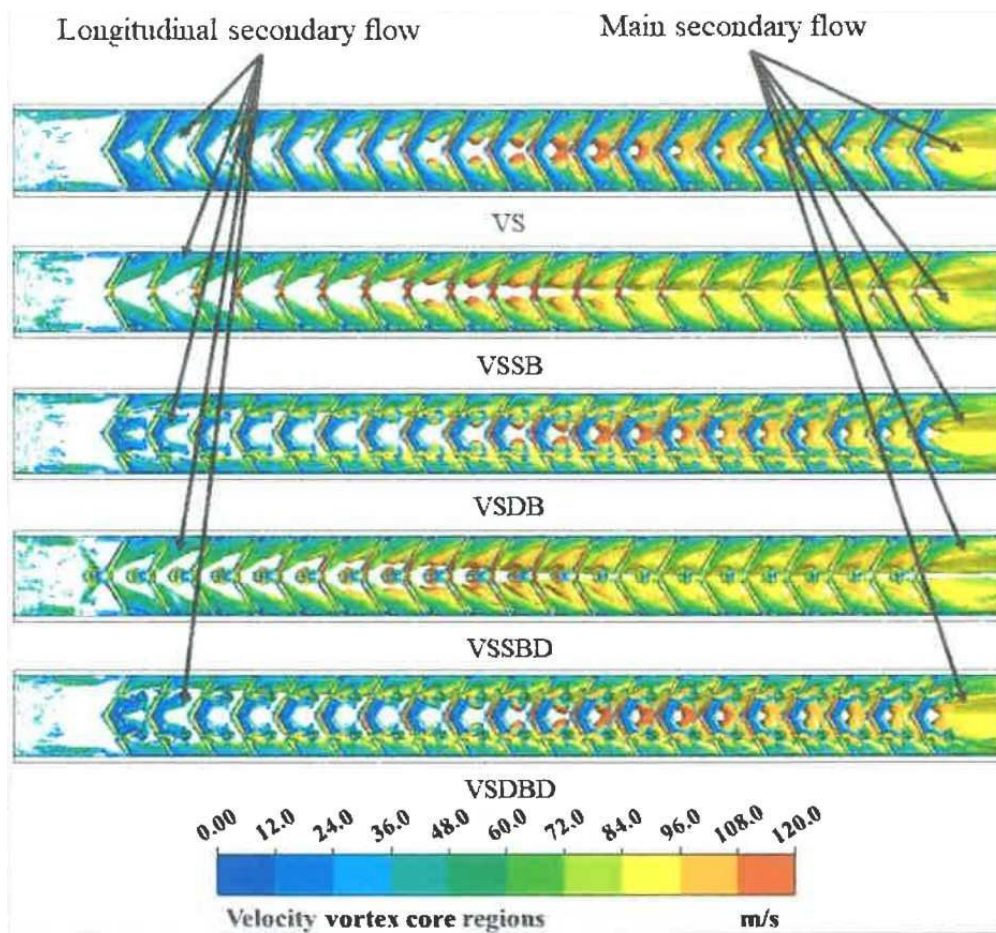
도면10a



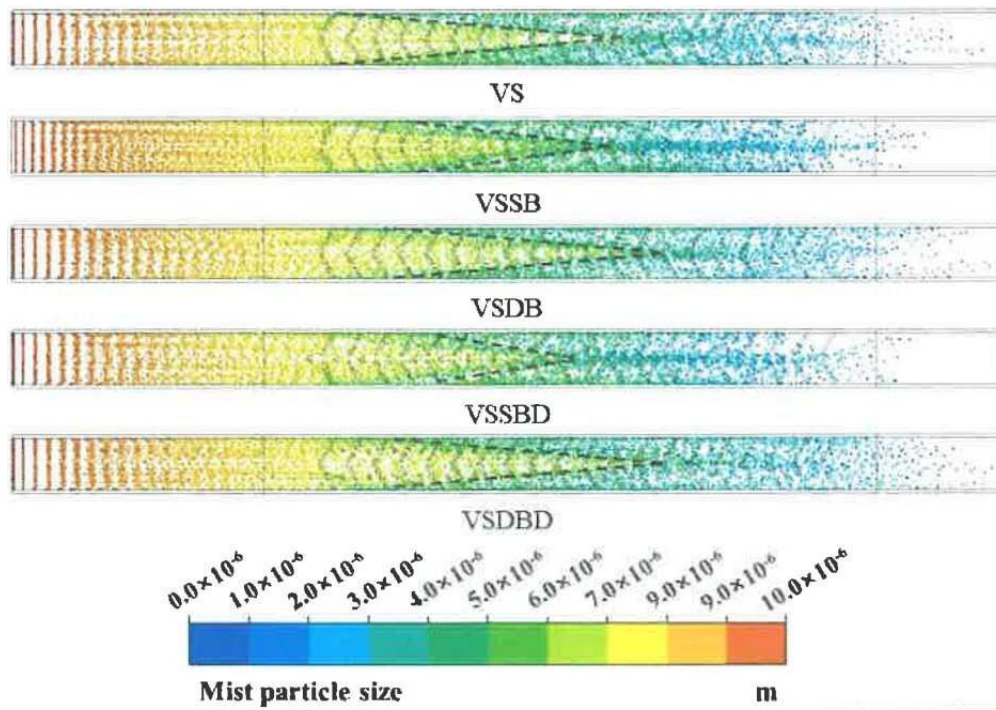
도면10b



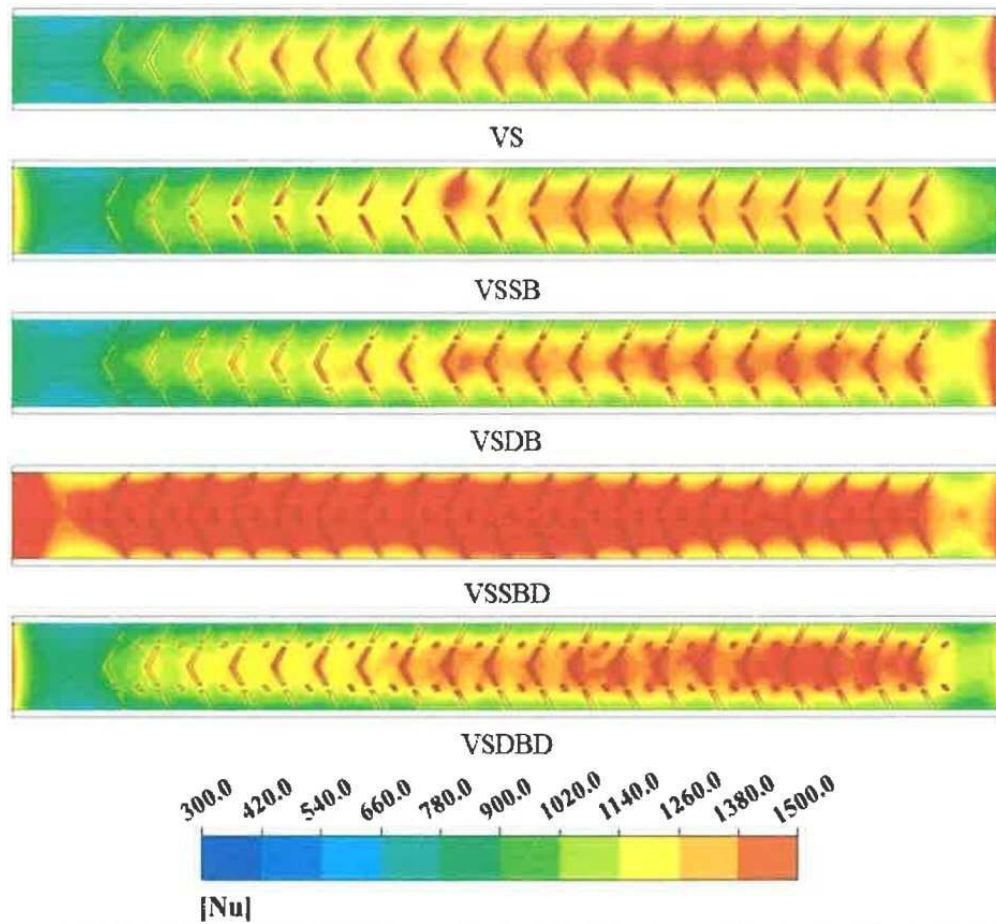
도면11



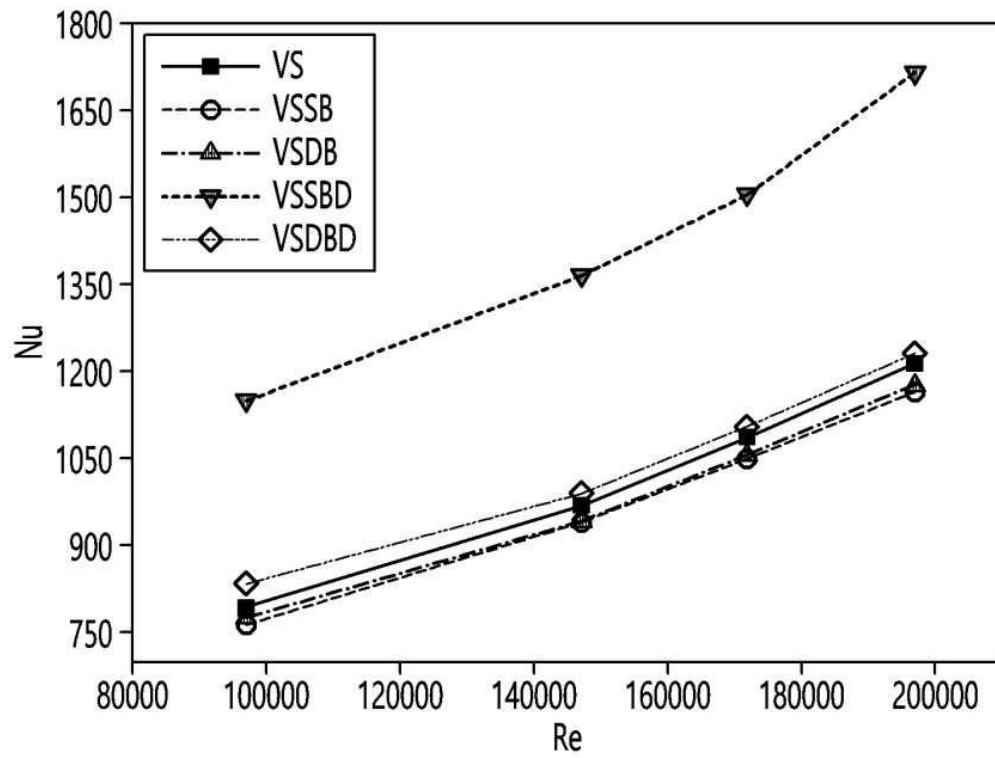
도면12



도면13



도면14



도면15

