



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0064848
(43) 공개일자 2023년05월11일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B64C 21/04 (2023.01)

(52) CPC특허분류

B64C 21/04 (2023.01)

B64C 2230/04 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0150387

(22) 출원일자 2021년11월04일

심사청구일자 2021년11월04일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)

(72) 발명자

김광용

서울특별시 서초구 남부순환로 2311-12, 105동 701호(방배동, 래미안방배아트힐)

김남훈

인천광역시 미추홀구 경인남길 64(용현동, 엘림주택)

(74) 대리인

특허법인태백

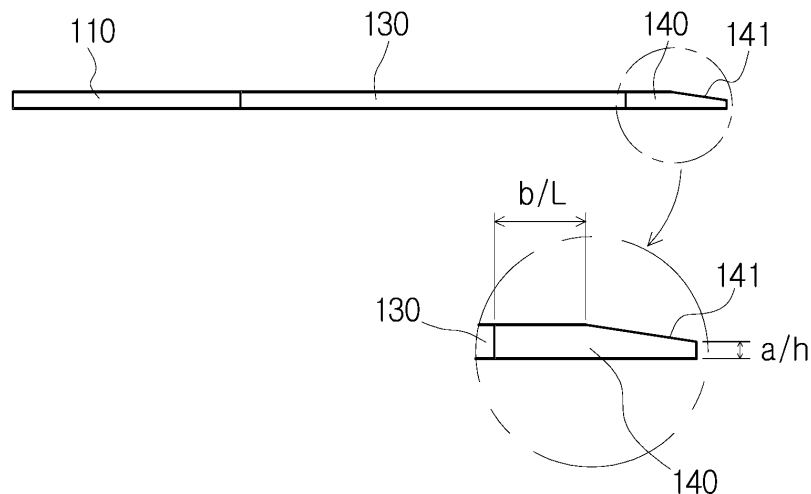
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 경사진 출구부를 가진 유체진동기

(57) 요약

본 발명은 외부에서 유체를 유입하는 입구부; 상기 입구부의 후단에 연결되고, 상기 입구부를 통해 유입된 유체를 진동하는 제트기류로 토출하는 혼합실; 상기 혼합실의 내부를 따라 유동하는 유체의 일부를 상기 혼합실의 유입구측으로 유동시켜, 상기 유입구측에서 공급되는 유체에 진동을 발생시키는 피드백 유로; 및 상기 혼합실의 후단에 연결되고, 상기 혼합실을 통과하는 유체와 우회한 유체를 외부로 유출하는 출구부;를 포함하고, 상기 출구부 중 상측면이 해당 각도로 경사진 경사면으로 이루어져, 항공기의 날개에 구비되면서, 상기 항공기의 날개에 진동하는 제트기류를 토출시켜, 토출된 진동하는 제트기류에 의해 항공기의 날개에 발생하는 유동박리가 제어됨에 따라, 항공기 날개의 양력 및 공력성능을 향상시킬 수 있는 경사진 출구부를 가진 유체진동기를 제공한다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

B64C 2230/18 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711126887
과제번호	2019R1A2C1007657
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	막 없는 미세연료전지에 관한 신개념 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

외부에서 유체를 유입하는 입구부;

상기 입구부의 후단에 연결되고, 상기 입구부를 통해 유입된 유체를 진동하는 제트기류로 토출하는 혼합실;

상기 혼합실의 내부를 따라 유동하는 유체의 일부를 상기 혼합실의 유입구측으로 유동시켜, 상기 유입구측에서 공급되는 유체에 진동을 발생하는 피드백 유로; 및

상기 혼합실의 후단에 연결되고, 상기 혼합실을 통과하는 유체와 우회한 유체를 외부로 유출하는 출구부;를 포함하고,

상기 출구부 중 상측면이 해당 각도로 경사진 경사면으로 이루어진 경사진 출구부를 가진 유체진동기.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 출구부의 경사면은

출구높이(a/h) 지점과, 경사시작위치(b/L) 지점을 연결하여 형성된 경사면인 경사진 출구부를 가진 유체진동기.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 출구높이(a/h)는

상기 출구부의 유출단 최하지점을 기준으로 수직방향의 높이로,

상기 출구부의 유출단 전체높이 1 : 0.1 ~ 0.9 중 어느 하나인 경사면인 경사진 출구부를 가진 유체진동기.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 경사시작위치(b/L)은

상기 혼합실과 출구부의 경계지점을 기준으로 출구방향의 길이로,

상기 출구부의 전체길이 1 : 0.1 ~ 0.9 중 어느 하나인 경사면인 경사진 출구부를 가진 유체진동기.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 입구부는

유체가 유동하는 방향으로 폭이 점진적으로 좁아지는 형태를 이루는 경사진 출구부를 가진 유체진동기.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 출구부는

유체가 유동하는 방향으로 폭이 점진적으로 확장되는 형태를 이루는 경사진 출구부를 가진 유체진동기.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 경사진 출구부를 가진 유체진동기에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 경사진 출구부를 사용할 경우 유체진동기의 성능이 전반적으로 향상되고, 출구높이가 작아질수록 그리고 동일 출구높이에서는 경사의 시작이 빨라질수록 성능이 향상됨에 따라 항공기의 날개에 구비되면서, 상기 항공기의 날개에 진동하는 제트기류를 토출시켜, 토출된 진동하는 제트기류에 의해 항공기의 날개에 발생하는 유동박리가 제어됨에 따라, 항공기 날개의 양력 및 공력성능을 향상시킬 수 있는 경사진 출구부를 가진 유체진동기에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 일반적으로 항공기의 에어포일(airfoil)이나 날개(wing)와 같이 양력을 받으면서 기동하는 물체의 주위에서는 매우 복잡한 유동 현상이 발생하며, 이러한 유동 현상은 다양한 변수에 의해서 변화될 수 있다.
- [0004] 항공기 날개에서 발생하는 유동박리는 공기역학적 성능에 부정적인 영향을 미칩니다.
- [0005] 이에 유동분리 제어에 대한 많은 연구가 수행되었는데, 흐름 제어 기술은 표면에 다양한 구조를 부착하는 수동 흐름 제어(PFC)와 액추에이터를 사용하는 능동 흐름 제어(AFC)로 분류되고, AFC는 PFC의 단점인 항력증가 문제를 제거할 수 있는 장점이 있으며 효과적인 분리제어가 가능하다. 특히 AFC 기술 중 유체진동기를 이용한 방법이 다른 방법에 비해 우수한 제어 효과를 보였다.
- [0006] 하지만, 종래기술은 그 구조가 복잡할 뿐만 아니라, 유동박리 제어 효과가 기대에 못미치는 문제점이 있었다.
- [0007] 종래기술로는 공개특허 제10-1998-014328호(1998.05.25)를 참조할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 경사진 출구부를 사용할 경우 유체진동기의 성능이 전반적으로 향상되고, 출구높이가 작아질수록 그리고 동일 출구높이에서는 경사의 시작이 빨라질수록 성능이 향상됨에 따라 항공기의 날개에 구비되면서, 상기 항공기의 날개에 진동하는 제트기류를 토출시켜, 토출된 진동하는 제트기류에 의해 항공기의 날개에 발생하는 유동박리가 제어됨에 따라, 항공기 날개의 양력 및 공력성능을 향상시킬 수 있는 경사진 출구부를 가진 유체진동기를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 본 발명에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기는 외부에서 유체를 유입하는 입구부; 상기 입구부의 후단에 연결되고, 상기 입구부를 통해 유입된 유체를 진동하는 제트기류로 토출하는 혼합실; 상기 혼합실의 내부를 따라 유동하는 유체의 일부를 상기 혼합실의 유입구측으로 유동시켜, 상기 유입구측에서 공급되는 유체에 진동을 발생시키는 피드백 유로; 및 상기 혼합실의 후단에 연결되고, 상기 혼합실을 통과하는 유체와 우회한 유체를 외부로 유출하는 출구부;를 포함하고, 상기 출구부 중 상측면이 해당 각도로 경사진 경사면으로 이루어진다.
- [0012] 이때 본 발명에 따른 상기 출구부의 경사면은 출구높이(a/h) 지점과, 경사시작위치(b/L) 지점을 연결하여 형성된 경사면인 것이 바람직하다.

- [0013] 여기서 본 발명에 따른 상기 출구높이(a/h)는 상기 출구부의 유출단 최하지점을 기준으로 수직방향의 높이로, 상기 출구부의 유출단 전체높이 1 : 0.1 ~ 0.9 중 어느 하나의 지점인 것이 바람직하다.
- [0014] 그리고 본 발명에 따른 상기 경사시작위치(b/L)은 상기 혼합실과 출구부의 경계지점을 기준으로 출구방향의 길이로, 상기 출구부의 전체길이 1 : 0.1 ~ 0.9 중 어느 하나의 지점인 것이 바람직하다.
- [0015] 또한, 본 발명에 따른 상기 입구부는 유체가 유동하는 방향으로 폭이 점진적으로 좁아지는 형태를 이루는 것이 바람직하다.
- [0016] 더불어 본 발명에 따른 상기 출구부는 유체가 유동하는 방향으로 폭이 점진적으로 확장되는 형태를 이루는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0018] 본 발명에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기에 의해 나타나는 효과는 다음과 같다.
- [0019] 경사진 출구부를 사용할 경우 유체진동기의 성능이 전반적으로 향상되고, 출구높이가 작아질수록 그리고 동일 출구높이에서는 경사의 시작이 빨라질수록 성능이 향상됨에 따라 항공기의 날개에 구비되면서, 상기 항공기의 날개에 진동하는 제트기류를 토출시켜, 토출된 진동하는 제트기류에 의해 항공기의 날개에 발생하는 유동박리가 제어됨에 따라, 항공기 날개의 양력 및 공력성능을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기의 다면을 보인 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기의 측면을 보인 측면도이다.
- 도 3a 내지 도 3d는 본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기의 출구높이(a/h)의 변화에 따른 진동수, 최대속도비, 압력 강하 및 제트 분사각(jetting angle)의 변화를 보인 그래프이다.
- 도 4a 내지 도 4d는 본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기의 경사시작위치(b/L)의 변화에 따른 진동수, 최대속도비, 압력 강하(마찰 계수) 및 제트 분사각(jetting angle)의 변화를 보인 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기의 z-x평면상 시간평균 속도 분포를 나타낸 등고선도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기의 진동 위상에 따른 유체진동기 내부 유동장의 변화를 나타낸 등고선도이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기의 출구높이(a/h)의 변화에 따른 유동장 변화를 나타낸 등고선도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기의 경사시작위치(b/L)의 변화에 따른 유동장 변화를 나타낸 등고선도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0022] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여, 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.
- [0023] 따라서 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들은 대체할 수 있는 균등한 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [0024] 본 발명은 경사진 출구부를 사용할 경우 유체진동기의 성능이 전반적으로 향상되고, 출구높이가 작아질수록 그

리고 동일 출구높이에서는 경사의 시작이 빨라질수록 성능이 향상됨에 따라 항공기의 날개에 구비되면서, 상기 항공기의 날개에 진동하는 제트기류를 토출시켜, 토출된 진동하는 제트기류에 의해 항공기의 날개에 발생하는 유동박리가 제어됨에 따라, 항공기 날개의 양력 및 공력성능을 향상시킬 수 있는 경사진 출구부를 가진 유체진동기에 관한 것으로, 도면을 참조하여 살펴보면 다음과 같다.

- [0025] 도 1 및 도 2를 참조한 본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기(100)는 먼저, 전체적인 형상이 높이 1~2mm의 판 상을 이루고, 입구부(110), 혼합실(120), 한 쌍의 피드백 유로(130), 및 출구부(140)를 포함한다.
- [0026] 상기 입구부(110)는 외부에서 일정한 압력의 유체를 유입한다.
- [0027] 이때 상기 입구부(110)는 유체가 유동하는 방향으로 폭이 점진적으로 좁아지는 형태를 이루어 전체적인 형상이 호퍼 형상을 이루는 것이 바람직하다.
- [0028] 그리고 상기 입구부(110)의 후단에는 혼합실(120)이 연결되는데, 상기 혼합실(120)은 상기 입구부(110)를 통해 유입된 유체를 어느 한 편의 내측면을 따라 유동시킨다.
- [0029] 이때 상기 혼합실(120)은 상기 혼합실(120)로 유체가 유입되는 유입구(121)측이 유체가 유동하는 방향으로 폭이 점진적으로 확장되는 형태를 이루어져, 코안다 효과(Coanda effect)에 의해 상기 입구부(110)를 통해 유입된 유체가 상기 혼합실(120)의 어느 한 편의 내측면을 따라 유동하게 되고, 상기 혼합실(120)에서 유체가 유출되는 유출구(122)측은 만곡형을 이룬다.
- [0030] 따라서 상기 입구부(110)를 통해 혼합실(120)로 유입된 유체는 상기 혼합실(120)의 어느 한 내측면을 따라 유동하면서 상기 혼합실(120)의 유출구(122)를 통해 유출된다.
- [0031] 더불어 상기 혼합실(120)은 피드백 유로(130)를 구비하는데, 상기 피드백 유로(130)는 한 쌍으로 상기 혼합실(120)의 유출구(122)측 좌, 우에서 분기되어 상기 혼합실(120)의 유입구(121)측으로 유체가 유동하도록 연결된다.
- [0032] 이때 상기 혼합실(120) 중 한 쌍의 피드백 유로(130)가 분기되는 지점에는 유체의 분기가 용이하도록 'Λ' 형태의 분기돌기(123)를 각각 형성하는 것이 바람직하다.
- [0033] 따라서 상기 혼합실(120)의 내측면을 따라 유동하는 유체 중 일부가 분기돌기(123)에 의해 분기되어, 상기 피드백 유로(130)를 따라 우회하여 다시 상기 혼합실(120)의 유입구(121)로 유입되고, 상기 혼합실(120)에서 분기되어 혼합실(120)의 유입구(121)로 유입되는 기류에 의해 상기 입구부(110)를 통해 혼합실(120)로 유입된 유체의 주유동 방향이 어느 한 편으로 치우치도록 한다.
- [0034] 그러므로 상기 한 쌍의 피드백 유로(130)를 통한 유체의 주유동 방향이 어느 한 방향으로 치우쳐 유동하는 제트기류의 현상이 교번 반복됨에 따라 상기 혼합실(120)에서는 진동하는 제트기류를 생성 토출하게 된다.
- [0035] 그리고 상기 혼합실(120)의 후단에는 출구부(140)가 연결되는데, 상기 출구부(140)는 상기 혼합실(120)에서 유출되는 진동하는 제트기류를 토출한다.
- [0036] 이때 상기 출구부(140)는 유체가 유동하는 방향으로 폭이 점진적으로 확장되는 형태를 이루는 것이 바람직하다.
- [0037] 또한, 상기 출구부(140)는 출구부(140) 중 상측면이 해당 각도로 경사진 경사면(141)으로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0038] 상기 출구부(140)의 경사면(141)은 출구 높이(a/h)와, 경사시작위치(b/L)의 변화로 결정되고, 상기 출구높이(a/h)의 변화로 출구제트의 최대 속도 비, 진동수 및 분사각을 가변할 수 있다.
- [0039] 이때 상기 출구높이(a/h)는 상기 출구부(140)의 유출단 최하지점을 기준으로 수직방향의 높이로, 상기 출구부(140)의 유출단 전체높이 1 : 0.1 ~ 0.9 중 어느 하나의 지점이고, 상기 경사시작위치(b/L)은 상기 혼합실과 출구부의 경계지점을 기준으로 출구방향의 길이로, 상기 출구부의 전체길이 1 : 0.1 ~ 0.9 중 어느 하나의 하나의 지점이다.
- [0040] 이 중 최대 속도 비는 아래의 [수학식 1]로 정의될 수 있다.

수학식 1

$$F_{VR} = \frac{U_{peak}}{U_{ref}}$$

여기서, F_{VR} 은 최대 속도 비이고, U_{peak} 는 진동기 출구에서 시간 평균 된 제트 속도의 최대값이며, U_{ref} 는 기준 속도로서 출구 목(throat)에서의 속도이다.

그리고 U_{ref} 는 아래의 [수학식 2]에 의해 구해질 수 있다.

수학식 2

$$U_{ref} = \frac{\dot{m}_{inlet}}{A_{ref}\rho}$$

여기서, $\dot{m}_{inlet}$ 는 입구에서의 질량 유량, A_{ref} 는 출구 목의 면적, ρ 는 25℃에서 공기 밀도이다.

또한, 진동기 내의 압력장하를 나타내는 마찰계수(F_f)는 아래의 [수학식 3]에 의해 정의된다.

수학식 3

$$F_f = \frac{\Delta p D_h}{2\rho U_{ref}^2 S}$$

여기서, Δp 는 유체진동기 내부의 압력강하이고, D_h 는 출구 목에서 수력 직경이다.

본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기(100)의 수치해석을 살펴보면 다음과 같다.

유동 해석을 위해 상용 CFD 소프트웨어인 ANSYS CFX 15.0®을 이용하였고, 3차원 Unsteady Reynolds-averaged Navier-Stokes(URANS) 방정식과, 연속방정식이 해석에 사용되었으며, 난류 모델로는 SST(Shear Stress Transport) 모델이 사용되었다.

SST모델을 사용한 URANS 해석이 유체진동기의 내부 유동을 WALL 모델을 사용한 LES 해석보다 정확히 예측한다고 보고된 바 있다.

아울러, SST 모델은 역압력구배에 의한 유동 박리를 정확히 예측한다고 보고된 바 있다.

경계 조건으로 입구에는 $\dot{m}=0.483g/s$ 의 균일 유동 조건을 부여하였으며, 벽에는 점착조건(no-slip conditions)을 사용하였고, 작동 유체는 25° C에서 공기를 사용하였으며, 이상 기체로 가정하였다.

상기 유체진동기(100)의 격자계는 ICEM CFD 15.0® 을 사용하여, 모든 영역에서 비정렬 사면체 격자를 생성하였으며, 경계층에서의 높은 속도 구배를 정확히 예측하기 위해 12층의 프리즘 격자를 생성하였다.

낮은 레이놀즈 수에서 SST난류모델을 사용하기 위해 벽 근처에 첫번째 격자점은 벽에서부터 $Y^+<2$ 에 위치시켰고, 동일한 계산을 수행한 GCI(Grid- convergence index) 분석을 기반으로 격자 의존성 테스트를 수행하여 결정한 진동기에 대한 4.7×10^5 개 격자점의 최적 격자계를 사용하였다.

유체진동기(100) 내부 유동 해석을 위해 단위 계산당 총 계산 시간은 0.03s이며, 시간간격(time step)은

$5 \times 10^{-6} s$ 로 설정하였다.

- [0057] URANS 해석을 위해 정상상태RANS 계산 결과가 해석의 초기값으로 사용되었으며, 수렴 기준은 상대 잔차의 RMS(root-mean-square) 값이 1.0×10^{-4} 미만으로 유지되었다.
- [0058] 먼저 도 3a 내지 도 3d를 참조하여 유체진동기(100)의 출구높이(a/h)의 변화에 따른 진동수, 최대속도비, 압력 강하 및 제트 분사각(jetting angle)의 변화를 살펴보면, 분사각은 출구에서의 제트의 진동폭이다.
- [0059] 높이의 변화에 따른 진동기 성능 변화를 알아보기 위해 출구높이(a/h)는 a/h=0.2~1.0의 범위에서 0.1씩 값을 변화시켜 가며 계산을 진행하였으며, 경사시작위치(b/L)는 b/L=0로 고정하였다.
- [0060] 압력강하와 관련되는 마찰계수(도 3c를 참조)를 제외한 모든 성능이 출구 높이가 낮아지면서 향상되는 것을 확인할 수 있고, 출구높이(a/h)가 낮아지면서 진동수, 최대 속도비 그리고 분사각은 모두 점차 증가하였다.
- [0061] 그러므로 진동수, 최대속도비, 압력강하의 경우 모두 경사지지 않은 경우(a/h=1.0)에 비해 경사진 형상(a/h<1.0)이 우수한 성능을 보인다.
- [0062] 그러나 출구높이(a/h)의 증가에 따라 압력강하의 경우, 전체구간에서 다소 증가하나 a/h=1.0~0.9와 a/h=0.4~0.2 구간을 제외한 영역에서는 큰 변화가 없음을 알 수 있다.
- [0063] 도 4는 출구부의 경사가 시작되는 위치인 경사시작위치(b/L)에 따른 진동수, 최대속도비, 압력 강하 및 제트 분사각(jetting angle)의 변화를 보여준다.
- [0064] 이때, 출구높이(a/h)는 a/h=0.5로 고정하였으며, 경사시작위치(b/L)은 b/L=0~1.0범위에서 나타낸다.
- [0065] 출구높이(a/h)에 따른 변화와는 달리 경사시작위치(b/L)에 따른 전반적인 성능변화는 크지 않으나, 경사시작위치가 b/L=0.9~1구간에서 변화가 상대적으로 크고 분사각의 경우에는 이 구간에서 급격한 변화를 보임을 알 수 있다.
- [0066] 도 4a와 도 4b에서 경사시작위치(b/L)의 위치가 감소할수록, 즉 경사가 일찍 시작할수록 제트의 진동수와 최대 속도비가 경사시작위치 b/L=1.0 근처를 제외한 대부분의 구간에서 완만하게 증가하는 것을 확인할 수 있다.
- [0067] 도 4c에 나타난 마찰계수는 경사시작위치(b/L)가 b/L=0과 1.0 근처를 제외한 구간에서 $F_f = 1.4$ 의 거의 일정한 값을 보여주고 있다.
- [0068] 도 4d의 제트 분사각의 경우, b/L= 1.0근처를 제외한 대부분의 구간에서 약 46도 정도의 일정한 각을 유지하고 있다.
- [0069] 이러한 결과는 출구부 경사각에 비례해 진동수와 출구 최대 속도비는 변화하지만, 분사각과 마찰 계수의 경우에는 경사각의 영향이 일부 구간을 제외하고 무시할 수 있다는 것을 알 수 있다.
- [0070] 도 3a 내지 도 3d에 나타난 출구높이(a/h)가 줄어들면서 유체진동기의 성능이 향상되는 현상은 도 5의 z-x평면 상 시간평균 속도 분포에서 보인 바와 같이 출구면의 유동 면적이 좁아져 유속이 증가하기 때문에 발생하는 현상으로 보인다.
- [0071] 기준 형상에서 출구 방향으로 속도가 감소하는 현상은 출구부 단면이 출구면을 향하면서 확대되기 때문인 것으로 판단된다.
- [0072] 그리고 도 5에서는 출구면에서의 최대속도점이 경사면(141) 방향으로 편향되는 현상이 출구높이(a/h)에 대해 나타낸 것으로, 출구높이가 a/h=0.9 인 경우에도 이러한 편향된 속도분포는 뚜렷이 나타나나 기준형상인 출구높이 a/h=1.0에서는 중심에서 최대속도가 발생하는 대칭형 속도분포를 보인다.
- [0073] 출구높이 a/h=0.9-1.0 구간에서의 이와 같은 속도분포의 급격한 변화는 각각 진동수, 마찰계수 및 분사각에 대한 도 3a, 3c 및 3d에 나타난 출구높이 a/h=0.9-1.0 구간에서의 급격한 변화에 영향을 미치는 것으로 생각된다.
- [0074] 출구 최대속도비(FVR)는 출구높이(a/h)의 증가에 비례해서 감소하는데, 이는 단면적 증가에 반비례하는 유속 감소에 기인한 것으로, 이러한 경사진 출구부 내의 유동 현상은 종래기술인 출구부가 굽은 유체진동기 내의 굽힘으로 인한 편향된 속도분포로 발생하는 현상과 유사한 양상을 보인다.
- [0075] 도 6은 진동의 위상에 따른 유체진동기 내부 유동장의 변화를 나타낸 것으로, 해당 유동장을 통하여 출구높이

(a/h)가 작아질수록 제트가 좌우로 움직이는 분사각이 눈에 띄게 증가하고 제트의 폭도 넓어진다.

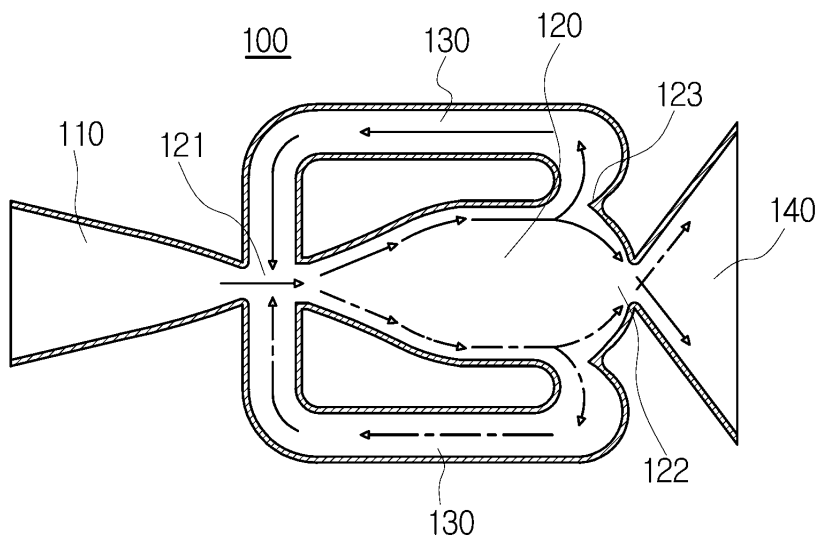
- [0076] 도 7은 형상 변화에 따른 시간 평균 유동장을 비교하기 위해 출구높이(a/h)의 변화에 따른 유동장 변화를 나타낸 것이고, 도 8은 경사시작위치(b/L)의 변화에 따른 유동장 변화를 나타낸 것이다.
- [0077] 도 7에서 보이는 것과 같이 출구높이(a/h)가 작아지면서 분사각이 점진적으로 커지는 것을 확인할 수 있으나, 다만 출구 이외의 다른 영역에서는 유동장의 변화가 명확히 나타나지 않는다.
- [0078] 한편, 도 8의 경우, 경사시작위치(b/L)에 따른 내부 유동의 변화는 경사시작위치 $b/L = 1.0$ 근처를 제외하고는 크지 않다.
- [0079] 따라서 본 발명의 일 실시 예에 따른 경사진 출구부를 가진 유체진동기(100)의 성능을 평가하기 위해 진동수, 최대 속도비, 압력 강하 및 제트 분사각 등 다양한 성능을 출구높이(a/h)와 출구부 경사가 시작되는 위치인 경사시작위치(b/L)의 변화에 대해 분석하였다.
- [0080] 계산결과, 출구부의 경사가 없는 경우(출구높이 $a/h = 1.0$ 혹은 경사시작위치 $b/L = 1.0$)에 비해 경사가 있는 경우(출구높이 $a/h < 1.0$)에는 압력강하를 제외한 진동기의 성능이 항상 향상됨을 보여준다.
- [0081] 출구높이(a/h)가 줄어들수록 진동수, 출구 최대속도비 및 분사각이 거의 일정비율로 증가되는 것을 확인하였으나, 압력 강하의 경우에는 전체 출구높이(a/h) 구간에서 증가하였지만 그 크기는 크지 않았다.
- [0082] 경사시작위치(b/L)의 경우 출구높이(a/h)에 비해 성능에 미치는 영향이 전반적으로 작았으며 특히 압력 강하와 분사각의 변화는 경사시작위치 $b/L = 1.0$ 근처를 제외하고는 매우 작았다.
- [0083] 경사시작위치(b/L)가 작아질수록 진동수와 최대 속도비는 점진적으로 향상되었다.
- [0084] 그러므로 경사진 출구부를 사용할 경우 유체진동기의 성능이 전반적으로 향상됨을 알 수 있었고, 출구높이가 작아질수록 그리고 동일 출구높이에서는 경사의 시작이 빨라질수록 성능이 향상됨을 알 수 있다.
- [0085] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

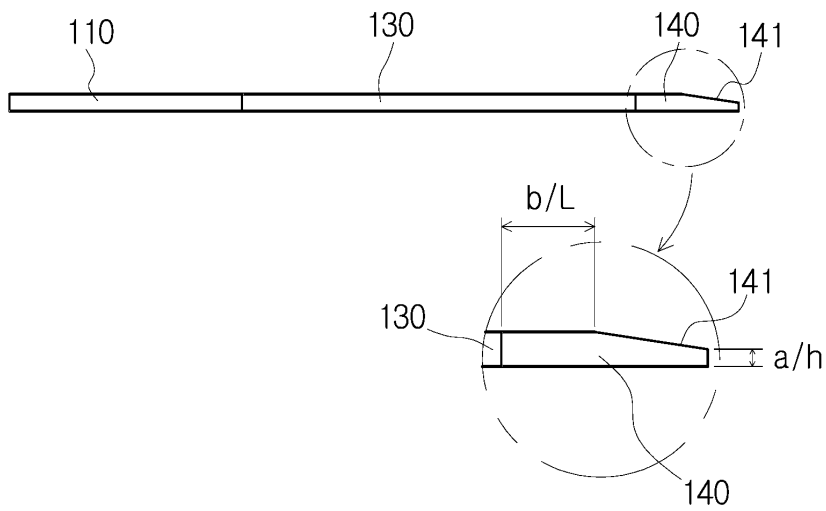
- [0087] 100: 유체진동기
110: 입구부
120: 혼합실
121: 유입구
122: 유출구
123: 분기돌기
130: 피드백 유로
140: 출구부
141: 경사면

도면

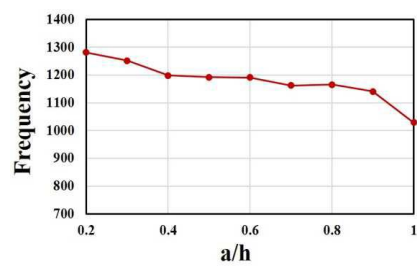
도면1



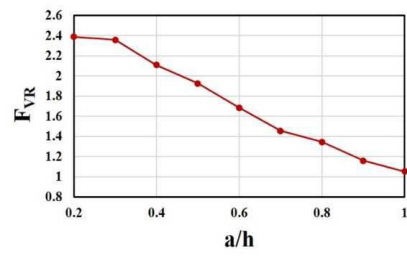
도면2



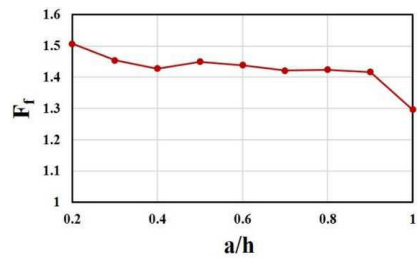
도면3a



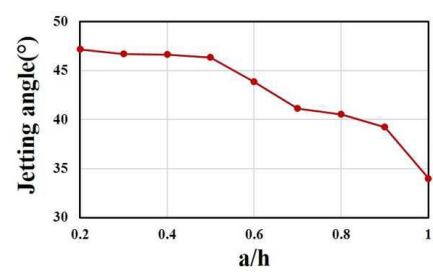
도면3b



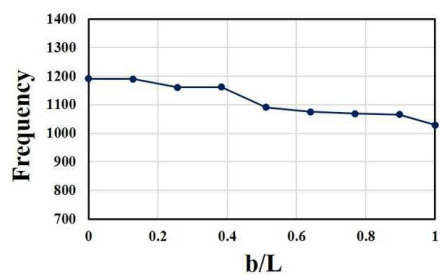
도면3c



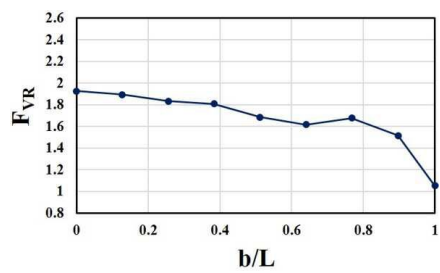
도면3d



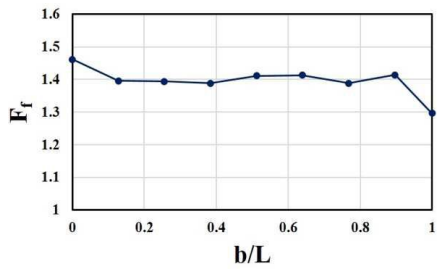
도면4a



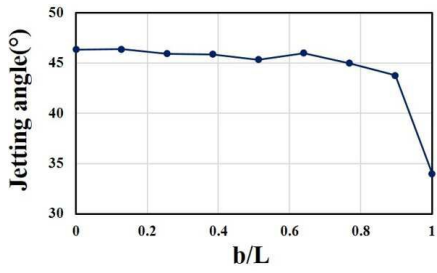
도면4b



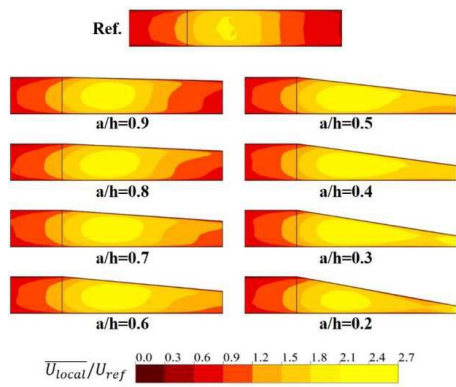
도면4c



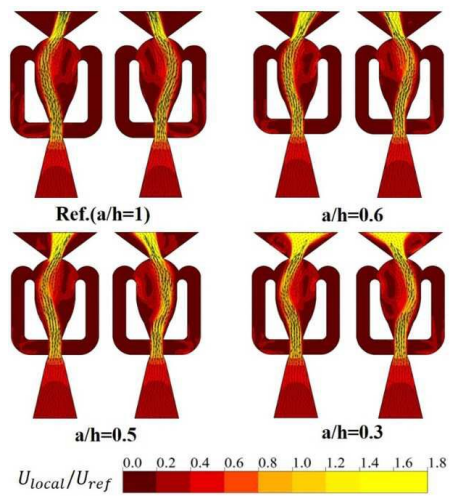
도면4d



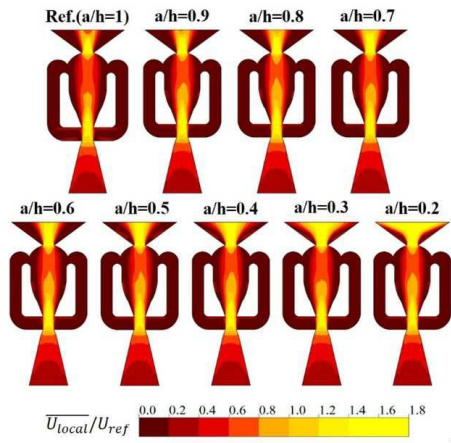
도면5



도면6



도면7



도면8

