(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0063503
(43) 공개일자 2025년05월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F04D 29/44 (2006.01) *F04D 29/22* (2006.01)
F04D 29/68 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F04D 29/445 (2013.01)
F04D 29/22 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0149095
(22) 출원일자 2023년11월01일
심사청구일자 2023년11월01일

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
주식회사 두크
경기도 화성시 장안면 화곡로 332
(72) 발명자
강성원
서울특별시 강남구 선릉로 8, 213동 2204호
강창우
경기도 고양시 덕양구 토당로 140, 111동 1601호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 피씨알

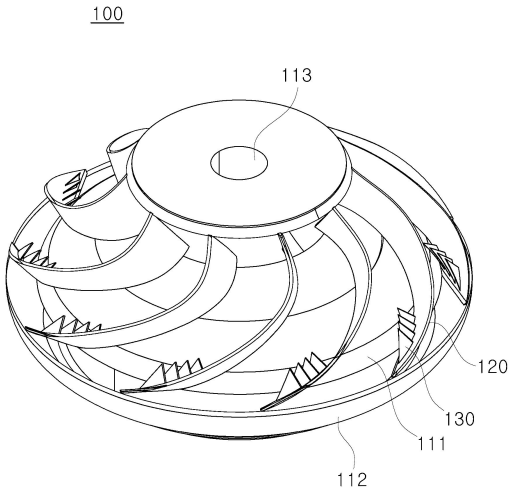
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **원심 펌프용 디퓨저**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저는, 상기 원심 펌프에 설치된 임펠러를 통해 배출되는 유체를 유입하는 유입구, 상기 유체를 내부로 수용하는 케이싱, 및 상기 케이싱에 수용된 상기 유체를 외부로 토출하는 토출구를 포함하는 본체; 상기 본체의 중심에서 상기 유입구가 위치하는 상기 본체의 외주연을 향해 나선 형상의 길이와, 상기 케이싱의 하부면으로부터 소정의 높이를 갖도록 돌출되어 형성되며, 상기 본체의 원주 방향으로 소정의 간격으로 이격되어 형성된 복수 개의 가이드 베인; 및 상기 본체의 유입구로 유입된 유체에서 발생하는 난류를 줄이기 위해, 상기 가이드 베인의 일면으로부터 돌출되어 형성된 와류 발생기;를 포함한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
F04D 29/688 (2013.01)
F05D 2210/11 (2013.01)
F05D 2240/127 (2024.08)

(72) 발명자
이준희
경기도 화성시 봉담읍 상리1길 21, 109동 605호
이정우
서울특별시 마포구 고산2길 69, 101호
오창종
서울특별시 마포구 백범로37길 12, 신공덕1차 삼성래미안아파트 108동 1903호
김남근
서울 서초구 서초중앙로 206, 101동 901호
윤인식
경기도 안양시 동안구 경수대로707번길 39, 신성호계미소지움아파트 103동 405호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415185331
과제번호	20015994
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술기획평가원
연구사업명	소재부품기술개발
연구과제명	100kW급 고효율 수직형 다단 원심펌프 설계 및 제작실증 기술개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	(주)두크
연구기간	2023.01.01 ~ 2023.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

원심 펌프용 디퓨저에 관한 것으로,

상기 원심 펌프에 설치된 임펠러를 통해 배출되는 유체를 유입하는 유입구, 상기 유체를 내부로 수용하는 케이싱, 및 상기 케이싱에 수용된 상기 유체를 외부로 토출하는 토출구를 포함하는 본체;

상기 본체의 중심에서 상기 유입구가 위치하는 상기 본체의 외주연을 향해 나선 형상의 길이와, 상기 케이싱의 하부면으로부터 소정의 높이를 갖도록 돌출되어 형성되며, 상기 본체의 원주 방향으로 소정의 간격으로 이격되어 형성된 복수 개의 가이드 베인; 및

상기 본체의 유입구로 유입된 유체에서 발생하는 난류를 줄이기 위해, 상기 가이드 베인의 일면으로부터 돌출되어 형성된 와류 발생기;를 포함하는 원심 펌프용 디퓨저.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 와류 발생기는,

상기 본체의 유입구에 인접한 상기 가이드 베인에 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 원심 펌프용 디퓨저.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 와류 발생기는,

소정의 두께, 길이 및 높이를 가지는 플레이트 형상인 것을 특징으로 하는 원심 펌프용 디퓨저.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 와류 발생기는,

상기 본체의 유입구의 방향으로 갈수록 높이가 낮아지는 것을 특징으로 하는 원심 펌프용 디퓨저.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 와류 발생기는,

직각 삼각형의 형상인 것을 특징으로 하는 원심 펌프용 디퓨저.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 와류 발생기는,

상기 높이가 2㎜ 이상 12㎜ 이하인 것을 특징으로 하는 원심 펌프용 디퓨저.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 와류 발생기는,

상기 길이가 6㎜ 이상 32㎜ 이하인 것을 특징으로 하는 원심 펌프용 디퓨저.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 와류 발생기는,

상기 두께가 0.32㎜ 이상 1.60㎜ 이하인 것을 특징으로 하는 원심 펌프용 디퓨저.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 와류 발생기는,

상기 가이드 베인의 높이에서 이격된 간격이 0㎜ 이상 9.56㎜ 이하인 것을 특징으로 하는 원심 펌프용 디퓨저.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 와류 발생기는,

상기 가이드 베인의 높이 방향으로 소정의 간격이 이격되어 복수 개로 형성되는 것을 특징으로 하는 원심 펌프용 디퓨저.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 와류 발생기는,

4개인 것을 특징으로 하는 원심 펌프용 디퓨저.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 원심 펌프의 효율을 향상시키고 진동 및 소음을 저감하기 위해 디퓨저의 유체 유입구에 형성된 와류 발생기를 포함하는 디퓨저에 관한 발명이다.

배 경 기 술

[0003] 전기 모터는 다양한 산업 뿐만 아니라 일상 생활에서도 다양하게 사용된다. 특히, 원심 펌프(centrifugal pum

p)는 임펠러를 통해 흡입된 유체를 토출함으로써 운동에너지를 압력 에너지로 변환시키는 펌프로, 발전 산업, 석유 산업, 화학 산업 및 일반 산업에서 널리 쓰이고 있다.

[0004] 여기서 원심 펌프의 효율을 높이기 위해서 많은 연구들이 진행되고 있는데, 일반적으로 원심 펌프에 설치된 임펠러의 블레이드 수를 변경하거나, 원심력을 이용하여 유체를 배출하는 볼류트(volute)의 모양을 변경하는 등 기존의 형상을 일부 변경하여 펌프의 효율을 최적화했다. 그러나 이러한 변경으로는 제한적인 효과만을 발현할 수 있었다.

[0005] 한편, 생체모방 공학(biomimetic engineering)은 자연의 모델, 시스템 및 구성요소를 기술에 적용하는 것으로, 생명체가 환경에 적응하고 생존하기 위해 특정 요소를 최적화하여 진화한 것을 전제로 다양한 기술에 적용될 수 있는 것을 기반으로 하고 있다.

[0006] 특히, 유체와 관련된 부분에 있어 기계 및 항공 분야에 일반적으로 적용되는데, 이러한 적용은 흐름의 분리를 지연시키고 큰 와류를 작은 와류로 분해하는 효과가 있다.

[0007] 전술한 배경기술은 발명자가 본 발명의 실시 예들의 도출을 위해 보유하고 있었거나, 도출 과정에서 습득한 기술 정보로서, 반드시 본 발명의 실시 예들의 출원 전에 일반 공중에게 공개된 공지기술이라 할 수는 없다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 원심 펌프의 효율을 향상시키고 진동 및 소음을 저감하기 위한 디퓨저에 관한 발명으로, 디퓨저의 유체 유입구에 알룰라 형상의 와류 발생기를 설치하여 효율 및 난류 운동 에너지를 저감하기 위한 디퓨저를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저는, 원심 펌프에 설치된 임펠러를 통해 배출되는 유체를 유입하는 유입구, 유체를 내부로 수용하는 케이싱, 및 케이싱에 수용된 유체를 외부로 토출하는 토출구를 포함하는 본체, 본체의 중심에서 유입구가 위치하는 본체의 외주연을 향해 나선 형상의 길이와 케이싱의 하부면으로부터 소정의 높이를 갖도록 돌출되어 형성되며 본체의 원주 방향으로 소정의 간격으로 이격되어 형성된 복수 개의 가이드 베인 및 본체의 유입구로 유입된 유체에서 발생하는 난류를 줄이기 위해, 가이드 베인의 일면으로부터 돌출되어 형성된 와류 발생기를 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 와류 발생기는 본체의 유입구에 인접한 가이드 베인에 형성될 수 있다.

[0013] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 와류 발생기는 소정의 두께, 길이 및 높이를 가지는 플레이트 형상일 수 있다.

[0014] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 와류 발생기는 본체의 유입구의 방향으로 갈수록 높이가 낮아질 수 있다.

[0015] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 와류 발생기는 직각 삼각형의 형상일 수 있다.

[0016] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 와류 발생기는 높이가 2㎜ 이상 12㎜ 이하일 수 있다.

[0017] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 와류 발생기는 길이가 6㎜ 이상 32㎜ 이하일 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 와류 발생기는 두께가 0.32㎜ 이상 1.60㎜ 이하일 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 와류 발생기는 가이드 베인의 높이에서 이격된 간격이 0㎜ 이상 9.56㎜ 이하일 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 와류 발생기는 가이드 베인의 높이 방향으로 소정의 간격이 이격되어 복수 개로 형성될 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시 예에 따르면, 와류 발생기는 4개일 수 있다.

발명의 효과

[0023] 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저는 펌프의 효율을 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0024] 또한, 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저는 난류 운동 에너지를 줄여 진동 및 소음을 저감시킬 수 있는 효과가 있다.

[0025] 발명에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저의 사시도를 도시한다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 가이드 베인에 형성된 와류 발생기에 대한 사시도를 도시한다.

도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 와류 발생기에 대한 사시도를 도시한다.

도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 유입구에 형성된 와류 발생기에 대한 시뮬레이션을 도시한다.

도 5는 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서의 난류 운동 에너지값 및 효율값을 도시한 그래프이다.

도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 와류 발생기의 높이 및 길이에 따른 효율 및 난류 운동 에너지에 대한 데이터 피팅 결과를 도시한 그래프이다.

도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 가중치에 따른 효율 및 난류 운동 에너지의 Pareto front를 도시한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 가중치가 0.7 인 경우 효율 및 난류 운동 에너지의 변화값을 도시한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 가중치가 0.7 인 경우 목적함수가 최소일 때의 와류 발생기의 사시도를 도시한다.

도 10은 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 유입구로부터 유입된 유체의 Q-criterion 값($300000/s^2$)을 가진 영역의 등위면(iso-surface)를 도시한다.

도 11은 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 위치에 따른 영역의 구분을 도시한다.

도 12는 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 위치에 따른 영역의 구분을 도시한다.

도 13은 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저에서 위치에 따른 영역에서의 와도의 크기 및 절대 압력에 대한 그래프를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시 예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 한편, 본 명세서에서 사용된 용어는 실시 예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다.

[0029] 본 명세서 전체에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다.

[0030] 본 명세서 전체에서, 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않으며, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함

할 수 있음을 의미한다.

[0031] 또한, 본 명세서 전체에서 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐만 아니라, "그 중간에 다른 구성을 사이에 두고" 연결되어 있는 경우도 포함한다.

[0033] 이하, 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0034] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)의 사시도를 도시한다.

[0035] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)는 본체(110), 가이드 베인(120) 및 와류 발생기(130)를 포함할 수 있다.

[0036] 본체(110)는 원심 펌프용 디퓨저(100)의 외관을 구성하는 부분으로 케이싱(112), 유입구(111) 및 토출구(113)를 포함할 수 있다. 케이싱(112)은 원심 펌프 내부에서 고속으로 회전하는 임펠러(impeller)에 의해 배출되는 유체를 수용할 수 있도록, 내부 공간이 형성된다. 임펠러에서 배출되는 유체는 케이싱(112)에 형성된 유입구(111)를 통해 유입되고, 케이싱(112)으로 수용된 유체는 외부로 연결되는 토출구(113)를 통해 토출될 수 있다.

[0037] 일 실시 예로, 유입구(111)는 케이싱(112)의 외주연을 따라 형성되어 임펠러의 외주연 방향으로 배출되는 유체가 수용될 수 있다. 또한, 토출구(113)는 케이싱(112)의 축을 중심으로 소정의 공간으로 형성되어 가이드 베인(120)을 통해 케이싱(112) 내부로 유도된 유체가 토출될 수 있다. 유입구(111)의 수는 특별히 제한되지 않고, 필요에 따라 적어도 하나 이상으로 형성될 수 있다.

[0038] 유입구(111)를 통해 유입된 유체를 토출구(113) 방향으로 효과적으로 토출하기 위해서 가이드 베인(120)을 포함할 수 있다. 원심 펌프는 임펠러를 통해 배출된 유체를 디퓨저의 외주연에 형성된 유입구를 통해 유입하고 케이싱의 축 방향에 형성된 토출구를 통해 토출하는 것이 일반적이다. 따라서 이 경우에 유입구(111)는 디퓨저 본체(110)의 외주연에 형성될 수 있다. 가이드 베인(120)은 본체(110)의 중심에서 외주연을 향해 나선 형상으로 형성될 수 있다. 즉, 가이드 베인(120)은 나선 형상의 길이와 소정의 높이를 가지는 플레이트 형상으로, 플레이트의 일면이 케이싱의 하면과 접하여 배치될 수 있다. 이러한 가이드 베인(120)은 적어도 하나 이상으로 형성되어 본체(110)의 원주 방향으로 소정의 간격으로 이격되어 배치될 수 있다. 이에 따라, 본체(110)의 내부로 유입되는 유체의 흐름을 토출구(113)를 향해 원활하게 전환할 수 있다.

[0039] 한편, 원심 펌프용 디퓨저(100)의 유입구(111)를 통해 유입되는 유체에서 발생하는 난류에 의해 원심 펌프의 효율에 큰 영향을 미친다. 이러한 난류를 줄이기 위해, 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에는 와류 발생기(130)를 더 포함할 수 있다.

[0040] 와류 발생기(Vortex Generator,130)는 새의 날개에서 알룰라(alula)형상을 본뜬 형상으로, 비행 메커니즘에서는 유동박리를 지연시키고 양력을 증가시키는 특징이 있다.

[0041] 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서의 와류 발생기(130)는, 디퓨저에 유입되는 유체의 대규모의 난류를 줄일 수 있는 장점이 있다. 이하, 와류 발생기(130)의 특징에 대해 보다 세부적으로 검토한다.

[0042] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 가이드 베인(120)에 형성된 와류 발생기(130)에 대한 사시도를 도시한다.

[0043] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)는 가이드 베인(120)의 일면으로부터 돌출되어 형성될 수 있다. 여기서 '가이드 베인(120)의 일면'은 가이드 베인(120)에서 케이싱의 하부면으로부터 소정의 높이를 가지면서 형성되는 면 중 하나로, 특히 유입구(111)로 유입되는 유체가 원심력에 의해 접하는 면을 의미한다.

[0044] 특히, 와류 발생기(130)는 본체(110)의 유입구(111)에 인접한 가이드 베인(120)에 형성될 수 있다. 여기서, '유입구(111)에 인접'하다는 것은 본체(110)에서 유입구(111)와 가까운 곳을 의미한다. 이러한 경우, 원심 펌프용 디퓨저(100)의 유입구(111)를 통해 유입되는 유체는 와류 발생기(130)에 의해 와류가 형성됨과 동시에 본체(110) 내부로 유입될 수 있다.

[0045] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)에 대한 사시도를 도시한다.

[0046] 도 3을 참조하면, 와류 발생기(130)는 플레이트 형상으로 가이드 베인(120)의 일면으로부터 수직으로 돌출될 수

있다. 또는, 가이드 베인(120)의 일면으로부터 소정의 각도로 기울어 지거나 곡률이 형성되어 돌출될 수도 있다.

[0047] 여기서, 와류 발생기(130)는 소정의 두께(T), 길이(L) 및 높이(H)를 가지도록 형성될 수 있다. 와류 발생기(130)의 형상 및 수치의 변화로 인해 유입되는 유체의 와류발생 효과 역시 상이해진다. 이러한 효과는 이하 보다 자세하게 설명한다.

[0048] 한편, 와류 발생기(130)의 형상은 특별히 제한이 없으나, 일 실시 예에 따라 본체(110)의 유입구(111)의 방향으로 갈수록 와류 발생기(130)의 높이가 점점 낮아지도록 형성될 수 있다. 특히, 와류 발생기(130)의 높이는 본체(110)의 유입구(111)의 방향으로 갈수록 일정하게 낮아질 수 있다. 이 경우 와류 발생기(130)는 케이싱(112) 내부의 내주면과 마주하는 면이 직각 삼각형의 형상으로, 직각삼각형의 높이는 와류 발생기의 높이(H)로 정의되고, 직각삼각형의 밑변은 와류 발생기의 길이(L)에 대응되도록 형성될 수 있다. 와류 발생기(130)와 케이싱(112) 내부의 내주면과 마주하는 면은 평면으로 형성될 수 있고, 필요에 따라 오목하거나 볼록하게 형성될 수도 있다.

[0049] 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)는 소정의 두께(T), 길이(L) 및 높이(H)를 가질 수 있다. 일 실시 예에 따라, 와류 발생기(130)의 두께(T)는 0.32㎜ 이상 1.60㎜ 이하로 형성될 수 있다. 또한, 일 실시 예에 따라, 와류 발생기(130)의 길이(L)는 6㎜ 이상 32㎜ 이하로 형성될 수 있다. 또한, 일 실시 예에 따라, 와류 발생기(130)의 높이(H)는 2㎜ 이상 12㎜ 이하로 형성될 수 있다. 와류 발생기(130)의 두께(T), 길이(L) 및 높이(H)는, 두께(T)와 길이(L) 또는 두께(T)와 높이(H) 또는 길이(L)와 높이(H)의 수치로 조합하여 형성될 수 있고, 필요에 따라 두께(T), 길이(L) 및 높이(H)의 수치를 모두 조합하여 형성될 수 있다.

[0050] 뿐만 아니라, 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)는 가이드 베인(120)의 높이에서 이격된 간격(POS)을 조절하여 형성될 수 있다. 일 실시 예에 따라, 와류 발생기(130)와 가이드 베인(120)의 높이에서 이격된 간격(POS)은 0㎜ 이상 9.56㎜ 이하로 형성될 수 있다.

[0051] 또한, 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)는 가이드 베인(120)의 높이 방향으로 소정의 간격이 이격되어 복수 개로 형성될 수 있다. 즉, 필요에 따라 적어도 하나 이상의 와류 발생기(130)가 형성될 수 있다. 특히, 도 3을 참조하면, 와류 발생기(130)는 4개로 형성될 수 있다.

[0053] 이하 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)의 수치와 위치 등에 따른 디퓨저의 유입구(111)에서 유입되는 난류 감소의 효과 및 효율에 대해 검토한다.

[0054] **시뮬레이션 방법**

[0055] 본 발명의 실시 예 및 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)와 관련된 유동 분석은 Siemens社의 STAR-CCM+ 17.02.007-R8을 사용하였다. 원심 펌프의 경우, 임펠러의 직경이 165㎜인 Duke社의 모델인 XRL-165를 사용하였다. 유체는 임펠러의 외주연 방향으로 흘러 디퓨저로 유입되며, 디퓨저의 외주연에 형성된 유입구(111)로 유입된 유체는 가이드 베인(120)을 따라 디퓨저 상부에 형성된 토출구(113)로 토출되도록 구성하였다. 난류 모델은 RANS(Reynolds-Averaged Navier-Stokes)기법을 사용하였고, 회전 흐름을 적절하게 모델링하기 위해 SST k-ω을 사용하였다. 유체의 경우 비압축성 물로, 상온에서 밀도는 998 kg/m^3, 점도는 0.889 $Pa \cdot s$로 설정하였고, 원심 펌프의 유량은 200 m^3/h, 임펠러의 회전수는 3570 rpm으로 설정하였다.

[0056] 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)는 도 4와 같이 형성하였다. 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 유입구(111)에 형성된 와류 발생기(130)에 대한 시뮬레이션을 도시한다. 와류 발생기(130)는 본체(110)에 형성된 유입구(111)에 인접하여 형성하고 가이드 베인(120)의 일면에 접하며, 개수는 총 4개로 구성하였다.

[0057] 반면, 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)는 와류 발생기(130)를 설치하지 않았다.

[0058] 또한, 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)는 직각 삼각형의 형상으로 소정의 두께(T), 길이(L) 및 높이(H)를 가지며, 가이드 베인(120)의 높이 방향으로 소정의 간격(POS)이 이격되어 형성될 수 있다.

[0059] 표 1은, 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)의 두께(T), 길이(L), 높이(H) 및 가이드 베인(120)의 높이 방향으로 이격된 간격(POS)에 대한 사항을 나타낸다.

표 1

[0060]

실시 예	높이(H)	길이(L)	두께(T)	이격 간격(POS)
Case 1	2mm 이상 12mm 이하	13.28mm	0.8mm	9.56mm
Case 2	2mm	6mm 이상 32mm 이하	0.8mm	9.56mm
Case 3	2mm	13.28mm	0.32mm 이상 1.60mm 이하	9.56mm
Case 4	2mm	13.28mm	0.8mm	0mm 이상 9.56mm 이하

[0062] 표 1을 참조하면, Case 1은 와류 발생기(130)의 길이(L), 두께(T) 및 이격 간격(POS)을 고정하고 높이(H)를 2mm 이상 12mm 이하의 범위로 조절하였다. Case 2는 와류 발생기(130)의 높이(H), 두께(T) 및 이격 간격(POS)을 고정하고 길이(L)를 6mm 이상 32mm 이하의 범위로 조절하였다. Case 3은 와류 발생기(130)의 높이(H), 길이(L) 및 이격 간격(POS)을 고정하고 두께(T)를 0.32mm 이상 1.60mm 이하의 범위로 조절하였다. Case 4는 와류 발생기(130)의 높이(H), 길이(L) 및 두께(T)를 고정하고 이격 간격(POS)을 0mm 이상 9.56mm 이하의 범위로 조절하였다.

[0064] **시뮬레이션 결과에 따른 목적함수의 최적화**

[0065] 본 발명은 원심 펌프의 효율(η)을 향상시키고 난류의 변동을 억제하기 위한 것으로, 난류 운동 에너지를 최소화하고 펌프의 효율을 최대화할 필요가 있다. 여기서, 난류 운동 에너지(Turbulent Kinetic Energy, TKE)는 유체 흐름의 진동의 정도로, 시스템의 진동과 소음을 줄이기 위해서는 난류 운동 에너지를 최소화할 필요가 있다.

[0066] 난류 운동 에너지값은 단면적에 대한 평균값으로 계산되고, 와류 발생기(130)의 후면에서 측정한다. 펌프의 효율값은 임펠러의 토크값에 대한 수두(head)값으로 계산된다.

[0067] 따라서 상기 시뮬레이션에 따른 결과는 난류 운동 에너지값과 효율값의 두 가지 변수를 포함하는 수학식 1과 같은 다중목적함수(Multi-Objective Function)에 따라 결정하였다.

[0069] 수학식 1

[0070] $$J = \alpha(1-\eta) + (1-\alpha)TKE$$

[0072] 여기서, J 는 다중목적함수값을, η는 효율값을, TKE는 난류 운동 에너지값을, α는 가중치를 의미한다. 본 발명에서는, 실험을 통해 도출된 난류 운동 에너지값과 효율값을 바탕으로 다중목적함수의 값을 최소화하기 위해 가중치 값을 0 에서 1까지의 범위 내에서 조절한다.

[0073] 도 5는 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서의 난류 운동 에너지값 및 효율값을 도시한 그래프이다.

[0074] 도 5를 참조하면 시뮬레이션 결과, 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서는 효율값은 78.75%, 난류 운동 에너지값은 0.7278 J/kg 으로 도출되었다.

[0075] 반면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)의 경우, 29개의 샘플 중 23개에서 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)의 효율값 및 난류 운동 에너지값 보다 향상된 결과가 도출되었다.

[0076] 이러한 결과는, 원심 펌프용 디퓨저(100)의 토출구(113)에 와류 발생기(130)를 설치한 것으로 소음 및 진동에서 효과를 얻거나, 혹은 원심 펌프의 효율을 향상시킬 수 있음을 의미한다.

[0077] 도 5를 참조하면, 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)의 난류 운동 에너지의 최소값은 0.5305 J/kg로, 비

교 예에 비해 0.1973 J/kg 이나 감소한 것을 확인할 수 있다. 또한, 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)의 펌프 효율의 최대값은 79.62% 로, 비교 예에 비해 0.87% 증가한 것을 확인할 수 있다.

[0078] 도 6은 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)의 높이(H) 및 길이(L)에 따른 효율 및 난류 운동 에너지에 대한 데이터 피팅 결과를 도시한 그래프이다. 여기서 데이터 피팅은 RBNN(Radial Basis Neural Network) 방법을 통해 수행하였다. 또한, 와류 발생기(130)의 높이의 범위(H)는 2㎜ 이상 12㎜이하, 길이의 범위(L)는 6㎜ 이상 32㎜ 이하로 설정하였다.

[0079] 이를 기반으로 예측된 최대 효율은, 난류 발생기의 길이(L)가 14.22㎜, 높이(H)가 7.42㎜에서 79.65%이다. 또한, 예측된 최소 난류 운동 에너지는 난류 발생기의 길이(L)가 30.34㎜, 높이(H)가 11.56㎜에서 0.5198 J/kg 이다.

[0080] 여기서, 상기 결과에 따른 다중목적함수는 가중치에 따라 값이 상이해진다. 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 가중치에 따른 효율 및 난류 운동 에너지의 Pareto front를 도시한 그래프이다. 도 7을 참조하면 가중치가 0 에서 1로 증가할수록 효율 및 난류 운동 에너지가 증가하는 것을 확인할 수 있다. 효율의 최대화와 난류 운동 에너지를 최소화하는 것을 동시에 만족할 수 있는 가중치는 0.7을 선택할 수 있다.

[0081] 도 8은 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 가중치가 0.7 인 경우 효율 및 난류 운동 에너지의 변화값을 도시한 그래프이다. 도 8을 참조하면, 목적함수가 최소일 때의 난류 발생기의 길이(L)는 14.06㎜, 높이(H)는 10.68㎜인 것을 확인할 수 있다. 도 9는 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 가중치가 0.7 인 경우 목적함수가 최소일 때의 와류 발생기(130)의 사시도를 도시한다. 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)가 상기 치수로 형성되는 경우 효율을 최대화할 수 있을 뿐만 아니라 난류 운동 에너지를 최소화할 수 있다.

[0083] **<u>시뮬레이션 결과에 따른 와류 식별</u>**

[0084] 본 발명의 일 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)는 와류 발생기(130)에 의해 발생한 와류를 Q-criterion을 통해 시각화하여 확인할 수 있다. Q 값이 높을수록 와도(vorticity)가 크며, 와류의 중심임을 판단할 수 있다.

[0085] 도 10은 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 유입구(111)로부터 유입된 유체의 Q-criterion 값(300000/s^2)을 가진 영역의 등위면(iso-surface)를 도시하고, 도 11은 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 유입구(111)로부터 유입된 유체의 Q-criterion 값을 가진 영역의 등고선도를 도시한다.

[0086] 도 10을 참조하면, 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 유입구(111)로부터 본체(110)의 중심부로 갈수록 비교 예에 비해 유입된 유체는 더 작은 등위면이 형성되는 것을 확인할 수 있다. 또한, 비교 예의 경우 유입된 유체의 등위면이 가이드 베인(120)의 일면에 가까운 반면, 실시 예의 경우 가이드 베인(120)의 일면에서 멀리있는 것을 확인할 수 있다.

[0087] 이는 도 11에서도 확인할 수 있다. 도 11을 참조하면, 유입된 유체는 가이드 베인(120)의 길이(L) 방향으로부터 반경 방향 성분의 와도 발생이 억제된 것을 확인할 수 있다. 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)에 발생한 유체의 와류는 본체(110) 내부에서 발생한 유체의 와류와 결합하여 반대 방향으로 쌍을 이루는 와류를 생성하고 있음을 확인할 수 있다. 이러한 와류는 본체(110) 내부에서 발생한 와류를 방해하고, 본체(110)의 중심으로 이동함에 따라 더욱 빠르게 붕괴되는 것을 확인할 수 있다.

[0089] **<u>시뮬레이션 결과에 따른 압력 회복</u>**

[0090] 와류의 파괴에 따른 효과를 확인하기 위해 본 발명의 실시 예 및 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)의 압력과 와도 크기를 측정하였다.

[0091] 도 12는 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 위치에 따른 영역의 구분을 도시한다. 도 12를 참조하면, 원심 펌프용 디퓨저(100)의 유입구(Inlet, 111)로부터 토출구(Outlet, 113)까지 10개의 위치에서 측정하였다.

[0092] 도 13은 본 발명의 실시 예와 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 위치에 따른 영역에서의 와도의 크기 및 절대 압력에 대한 그래프를 도시한다. 도 13을 참조하면, 본 발명의 실시 예 및 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 압력과 와도의 크기는 두 개의 영역에서 차이점을 관찰할 수 있다.

[0093] 와도의 크기에 있어 실시 예(Optimal)의 경우, 제1영역(유입구(111)로부터 첫 번째 위치에서 네 번째 위치까지의 영역, ①)에서는 와류 발생기(130)에서 생성된 반대 방향의 와류로 인해 와도의 크기가 비교 예(Reference)에 비해 증가하였으나, 제2영역(유입구(111)로부터 다섯 번째 위치에서 열 번째 위치까지의 영역, ②)에서는 반대 방향의 와류의 붕괴 효과가 본체(110) 내부에서 발생한 와류보다 크기 때문에 와도의 크기가 비교 예에 비해 감소하였다.

[0094] 압력(절대압력)에 있어 실시 예(Optimal)의 경우, 제1영역에서는 와류 발생기(130)에서 발생한 와류로 인해 압력이 비교 예에 비해 감소하였으나, 제2영역에서는 와류의 붕괴 효과가 커지므로 비교 예(Reference)에 비해 증가하였다.

[0095] 디퓨저는 유체의 압력을 상승시키는 장치이므로, 유체의 압력은 디퓨저의 유입구(111)에서 토출구(113)로 갈수록 상승해야 한다. 결론적으로, 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에서 와류 발생기(130)를 설치한 경우, 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)에 비해 압력이 상승하는 효과를 발현할 수 있다.

[0096] 표 2는 본 발명의 실시 예 및 비교 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)의 효율 및 난류 운동 에너지의 결과값을 나타낸다.

표 2

[0098]

		효율(%)	난류 운동 에너지(J/kg)
비교 예		78.75	0.7278
실시 예	다중목적	79.57	0.5550
	효율최적	79.65	0.5969
	난류 운동 에너지 최적	78.65	0.5084

[0099] 결과적으로, 본 발명의 실시 예에 따른 원심 펌프용 디퓨저(100)는 비교 예에 비해 효율 및 난류 운동 에너지 측면에서 우수한 효과를 발현한다.

[0100] 다중목적함수를 최적으로 하는 경우, 실시 예는 비교 예에 비해 효율이 1.03% 증가하고, 난류 운동 에너지는 23.74% 감소한 것으로 판단할 수 있다.

[0101] 효율을 최적으로 하는 경우, 실시 예는 비교 예에 비해 1.14% 증가하고, 이에 따른 난류 운동 에너지는 실시 예가 비교 예에 비해 17.99% 감소한 것으로 판단할 수 있다.

[0102] 난류 운동 에너지를 최적으로 하는 경우, 난류 운동 에너지는 실시 예가 비교 예에 비해 30.15% 감소하고, 이에 따른 효율은 실시 예가 비교 예에 비해 0.13% 감소한 것으로 판단할 수 있다.

[0104] 이상에서 본 발명은 비록 한정된 실시 예에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

부호의 설명

[0106] 100: 원심 펌프용 디퓨저

110: 본체

111: 유입구

112: 케이싱

113: 토출구

120: 가이드 베인

130: 와류 발생기

T: 와류 발생기 두께

H: 와류 발생기 높이

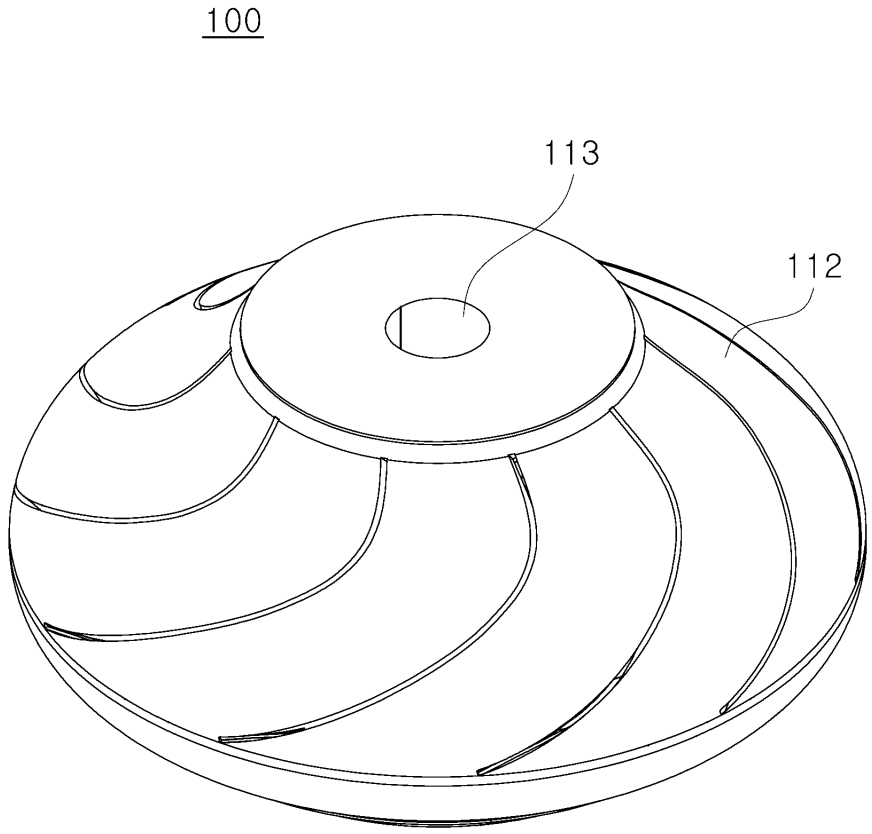
L: 와류 발생기 길이

POS: 가이드 베인의 높이 방향으로 이격된 간격

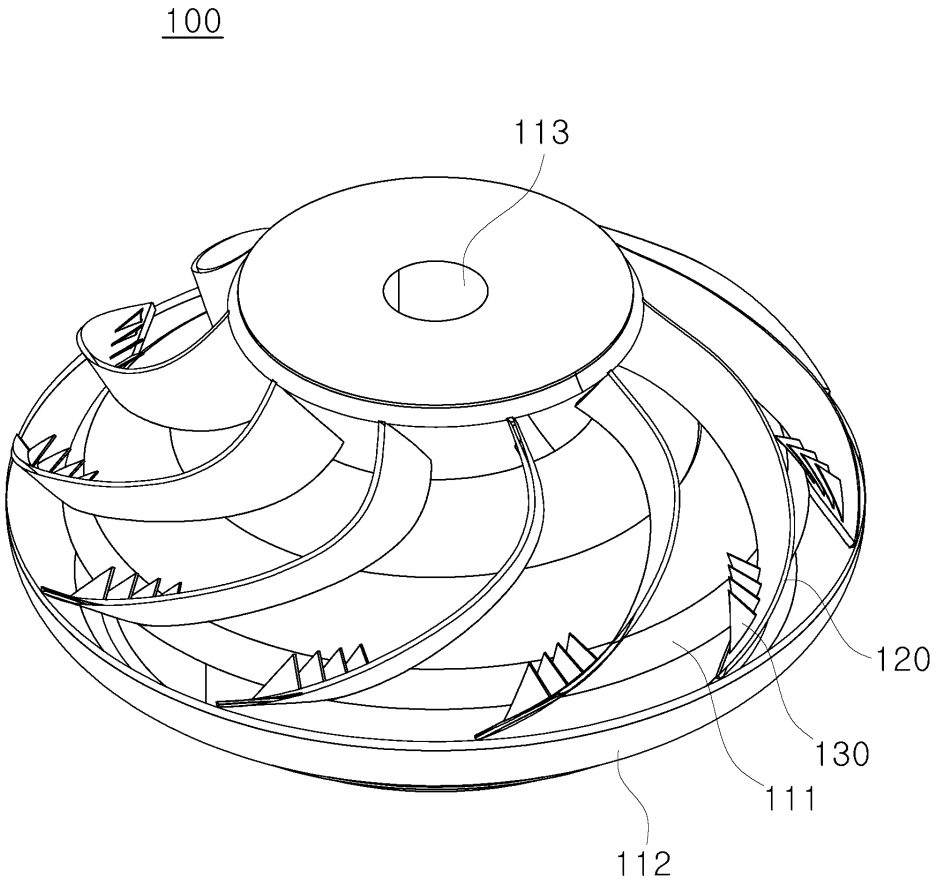
B: 케이싱의 하부면

도면

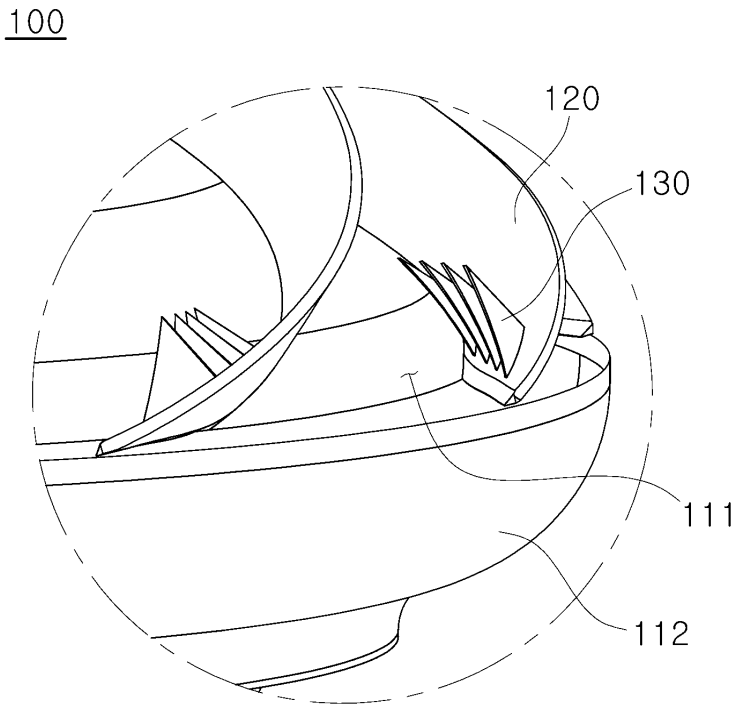
도면1



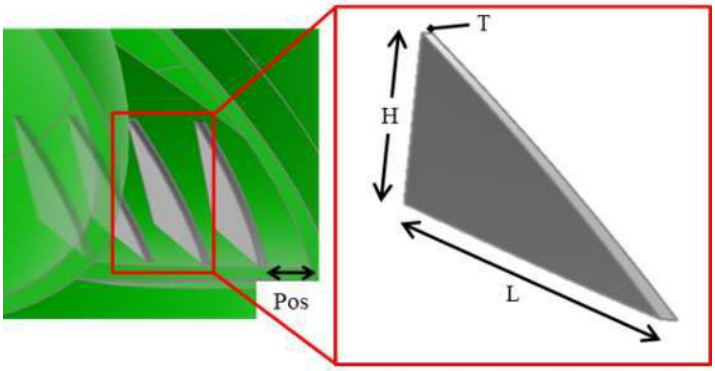
도면2



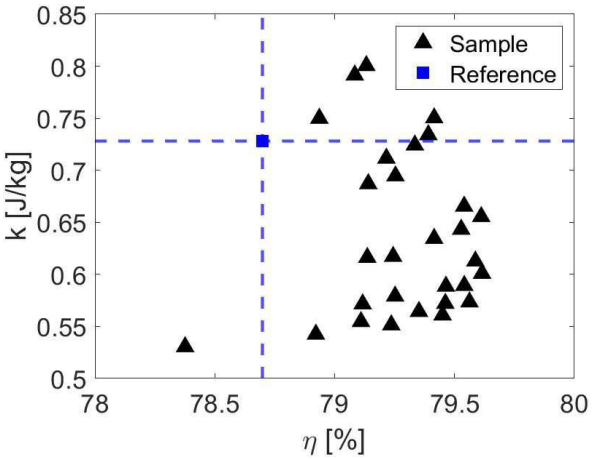
도면3


100
120
130
111
112

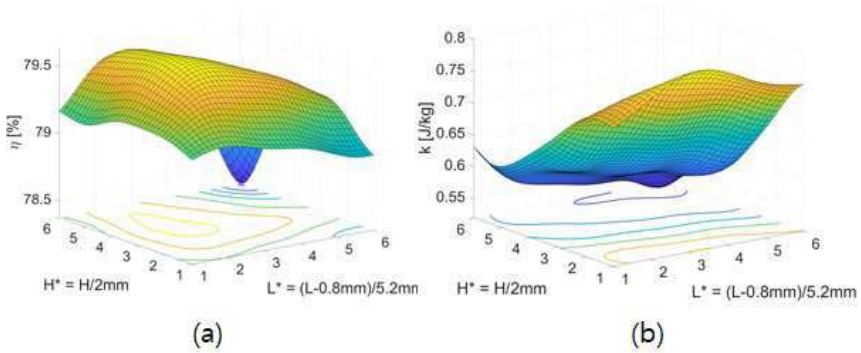
도면4


T
H
L
Pos

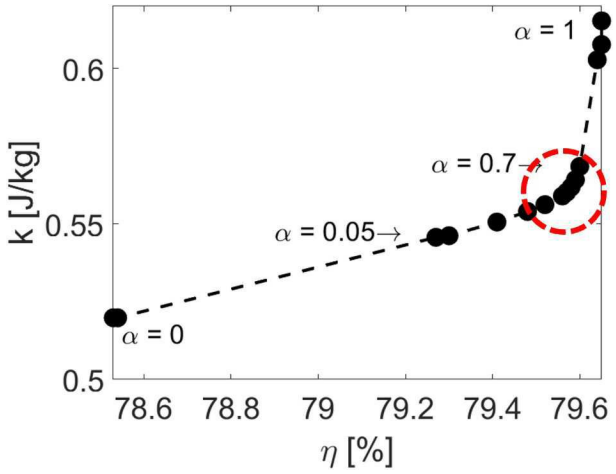
도면5


Sample
Reference
0.85
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
0.55
0.5
k [J/kg]
78
78.5
79
79.5
80
η [%]

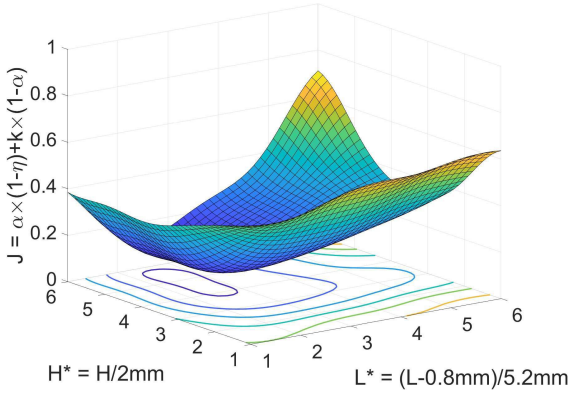
도면6


79.5
79
78.5
η [%]
H* = H/2mm
L* = (L-0.8mm)/5.2mm
(a)
0.8
0.75
0.7
0.65
0.6
0.55
k [J/kg]
H* = H/2mm
L* = (L-0.8mm)/5.2mm
(b)

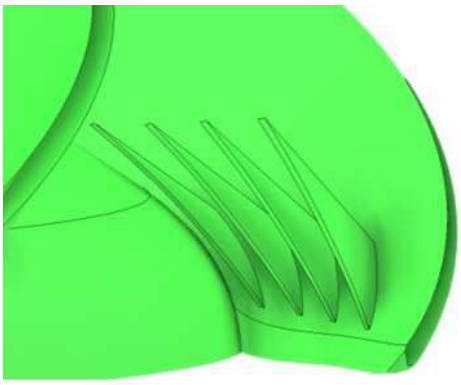
도면7


α = 1
α = 0.7
α = 0.05
α = 0
0.6
0.55
0.5
k [J/kg]
78.6
78.8
79
79.2
79.4
79.6
η [%]

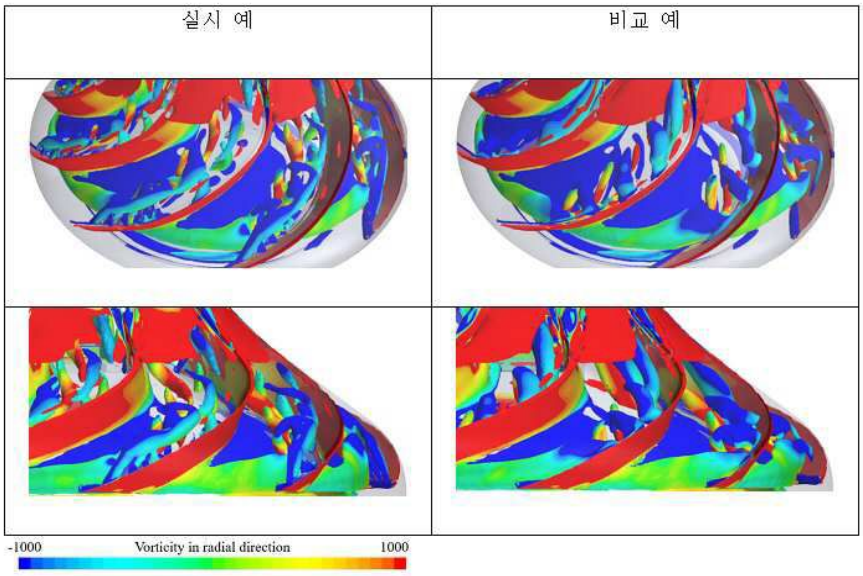
도면8


J = α×(1-η)+k×(1-α)
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
H* = H/2mm
L* = (L-0.8mm)/5.2mm

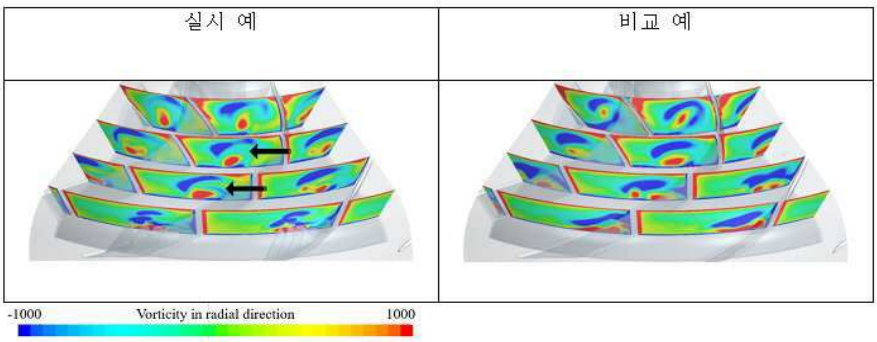
도면9



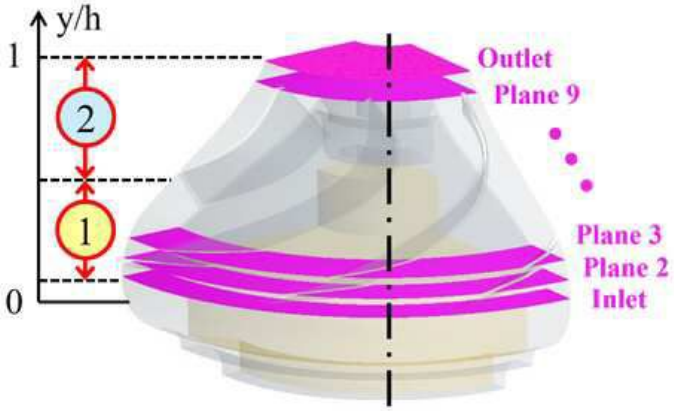
도면10



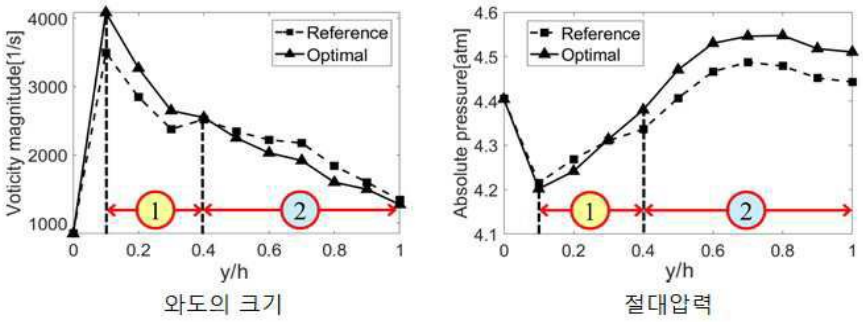
도면11



도면12


y/h
1
0
2
1
Outlet
Plane 9
Plane 3
Plane 2
Inlet

도면13


Voticity magnitude[1/s]
4000
3000
2000
1000
Reference
Optimal
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
y/h
1
2
와도의 크기
Absolute pressure[atm]
4.6
4.5
4.4
4.3
4.2
4.1
Reference
Optimal
y/h
절대압력