(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0058800
(43) 공개일자 2019년05월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01F 7/22 (2006.01) *B01F 15/00* (2006.01)
B01F 7/00 (2006.01) *B01F 7/16* (2006.01)
(52) CPC특허분류
B01F 7/22 (2013.01)
B01F 15/00915 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0156091
(22) 출원일자 2017년11월22일
심사청구일자 2017년11월22일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)
(72) 발명자
이상복
경상남도 창원시 성산구 원이대로 495, 217동 402호
황옥렬
경상남도 진주시 가좌안골길21번길 5, 103동 503호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 피씨알

전체 청구항 수 : 총 4 항

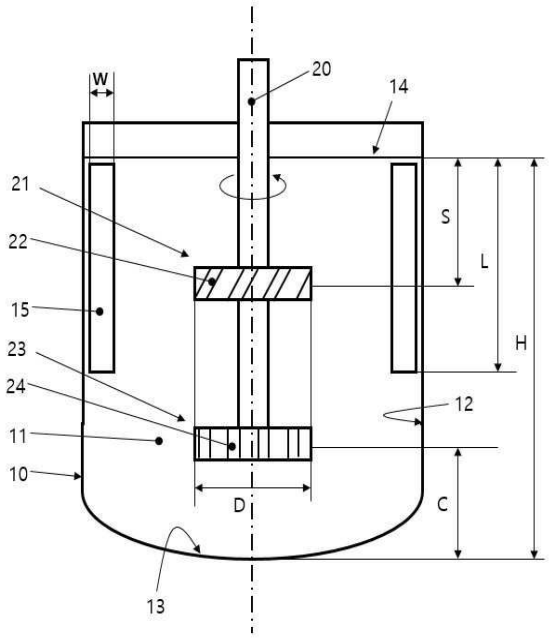
(54) 발명의 명칭 **금속 복합재 제조를 위한 교반 장치**

(57) 요 약

본 발명은 금속 재료의 용탕에 금속 재료보다 높은 융점을 갖는 보강 재료의 분말을 혼합하여 분산시키기 위한 교반 장치에 관한 것으로서, 본 발명의 교반 장치는, 저면과 측면을 갖추어 금속 재료의 용탕이 수용되는 수용 공간을 형성하고, 수용 공간의 상측에는 금속 재료의 용탕과 외부 분위기 사이에 기체와 액체의 계면이 형성되는

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



것인 교반조; 교반조의 상하 방향으로 배치되는 회전축에 고정되어 회전하고, 하측으로의 용탕의 축류를 형성하도록 회전축에 대하여 경사지게 형성되고 두께가 폭의 0.5 ~ 2.0 배인 형태의 블레이드를 갖추고 수용 공간 내에 배치되는 제1 임펠러; 제1 임펠러와 동축으로 회전축에 고정되어 회전하고, 제1 임펠러 하측의 수용 공간에 배치되며, 회전축과 평행하게 형성되고 두께가 폭의 0.5 ~ 2.0 배인 형태의 블레이드를 갖추어 용탕의 직경 방향 외측으로의 흐름을 형성하는 제2 임펠러; 및 교반조의 측면에 부착되거나 인접하여 배치되고 폭방향으로 제1 및 제2 임펠러의 회전축을 향하여 연장되는 패널 형태로 형성되며, 길이 방향의 상단이 계면에 인접하여 배치되고 하단이 제1 임펠러와 제2 임펠러 사이의 높이에 배치되는 것인 배플을 포함하여 구성된다.

(52) CPC특허분류
B01F 7/00191 (2013.01)
B01F 7/1665 (2013.01)
B01F 2215/0075 (2013.01)

(72) 발명자
조승찬
경상남도 창원시 의창구 북면 감계로 233, 412동 1204호
조일국
부산광역시 금정구 두실로7번길 11, 1303호
이상관
경상남도 창원시 의창구 용지로 229, 13동 506호
트란탄틴
대한민국, 34138, 대전광역시 유성구 궁동로72번길 7

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 PNK5042
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 재료연구소운영비지원사업
연구과제명 중성자 차폐용 Al 복합소재 설계 및 공정기술 개발(1/6)
기 여 율 1/1
주관기관 재료연구소
연구기간 2017.01.01 ~ 2017.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

금속 재료의 용탕에 금속 재료보다 높은 융점을 갖는 보강 재료의 분말을 혼합하여 분산시키기 위한 교반 장치로서,

저면과 측면을 갖추어 금속 재료의 용탕이 수용되는 수용 공간을 형성하고, 수용 공간의 상측에는 금속 재료의 용탕과 외부 분위기 사이에 기체와 액체의 계면이 형성되는 것인 교반조;

교반조의 상하 방향으로 배치되는 회전축에 고정되어 회전하고, 하측으로의 용탕의 축류를 형성하도록 회전축에 대하여 경사지게 형성되고 두께가 폭의 0.5 ~ 2.0 배인 형태의 블레이드를 갖추고 수용 공간 내에 배치되는 제1 임펠러;

제1 임펠러와 동축으로 회전축에 고정되어 회전하고, 제1 임펠러 하측의 수용 공간에 배치되며, 회전축과 평행하게 형성되고 두께가 폭의 0.5 ~ 2.0 배인 형태의 블레이드를 갖추어 용탕의 직경 방향 외측으로의 흐름을 형성하는 제2 임펠러; 및

교반조의 측면에 부착되거나 인접하여 배치되고 폭방향으로 제1 및 제2 임펠러의 회전축을 향하여 연장되는 패널 형태로 형성되며, 길이 방향의 상단이 계면에 인접하여 배치되고 하단이 제1 임펠러와 제2 임펠러 사이의 높이에 배치되는 것인 배플

을 포함하여 구성되고,

교반조의 수용 공간에 금속 재료의 용탕이 수용된 상태에서 보강 재료의 분말이 계면에 분포되고, 제1 임펠러의 회전에 의한 용탕의 축류에 의해 보강 재료의 분말이 용탕 내로 강하하고, 제1 및 제2 임펠러의 회전에 의한 금속 용탕의 흐름에 의해 보강 재료의 분말이 금속 재료의 용탕에 분산되며,

배플에 의해 금속 재료의 용탕의 상측에서 용탕의 상하 순환이 이루어지고 제1 및 제2 임펠러의 회전축을 중심으로 하는 회전하는 흐름이 부분적으로 방지되고 금속 재료의 흐름에 난류가 형성되는 것인 교반 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

제2 임펠러는 제2 임펠러에 의해 형성되는 용탕의 흐름에 교반조의 저면과의 마찰에 의한 난류가 형성될 수 있는 간격을 갖고 저면과 이격되는 것인 교반 장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

제1 임펠러는 계면에서 용탕의 소용돌이 흐름을 형성되어 계면으로부터 기포가 용탕으로 인입되지 않게 하는 거리를 가지고 계면으로부터 하측으로 이격되어 배치되는 것인 교반 장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

제1 임펠러의 직경은 제1 임펠러에 의한 용탕의 축류가 제2 임펠러에 도달하도록 해주는 크기를 갖는 것인 교반 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 금속 복합재 제조를 위한 교반 장치에 관한 것으로서, 구체적으로는 금속 용탕에 세라믹 분말이나 탄

소 나노 튜브와 같은, 금속보다 융점이 높은 재료의 분말을 혼합하여 금속 복합재를 제조하는 데 이용되는 교반 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 항공기나 자동차 등을 이루는 구조 부재의 소재는 연비를 높이기 위하여 경량화하면서도 구조적 강도를 높이는 방향으로 개발이 이루어지고 있다. 예컨대, 자동차의 구조 부재로서는 강재가 널리 사용되고 있지만, 연비 절감을 위한 경량화를 위하여 알루미늄합금과 같은 경량의 소재가 주목받고 있고, 카본 나노 튜브나 그래핀 등의 탄소 소재를 보강 재료로서 부가함으로써 기계적 물성이 증강될 수 있다.

[0003] 그러나, 알루미늄 기재의 소재는 낮은 밀도로 인하여 경량화에 크게 기여하지만 강재에 비하여 구조적 물성이 상당히 낮기 때문에, 산화 알루미늄, 실리콘 카바이드, 보론 카바이드, 카본 나노 섬유와 같은 세라믹 보강재를 부가함으로써 기계적 물성이 증강될 수 있다.

[0004] 예컨대, 카본 나노 튜브를 알루미늄 합금 복합재에 부가함으로써 밀도를 낮추면서도 인장 강도와 항복 강도가 50% 이상 향상된 복합소재를 얻을 수 있다.

[0005] 이러한 알루미늄 복합소재는 알루미늄 분말과 탄소 나노 튜브 분말을 혼합하고 밀링한 후에 소결하는 분말 야금법을 이용하여 제조하여 왔다. 그러나, 분말 야금법은 제조 비용이 과다하게 소요되고 알루미늄 복합소재를 연속적으로 제조하는 데에는 많은 어려움이 있다.

[0006] 이러한 문제를 해결하는 방안으로서 알루미늄을 용해하여 용탕을 형성하고 이 용탕에 세라믹 소재의 분말을 투입하고 용탕 내에 분산시킴으로써 알루미늄 복합소재를 제조하는 기법이 제안되고 있다.

[0007] 이러한 기법은 몇 가지 해결해야 하는 문제를 가지고 있다.

[0008] 금속 용탕에 투입되어 분산되어야 하는 비금속 재료의 분말은 금속 재료와의 밀도 차이를 가지고 액체 상태인 금속 용탕에 대한 젖음성이 낮기 때문에 금속 용탕에 투입되어도 용탕 내로 침강하지 못하고 쉽게 분산되지 않고 계면에서 부유하게 된다.

[0009] 대한민국 특허공보 제1453870호(문헌 1)에 기재된 '용융 금속을 이용한 금속-탄소 복합제 제조 방법'에 관한 발명이 있다.

[0010] 문헌 1에서는 금속 용탕에 탄소 입자를 투여하여 금속 탄소 복합재를 제조하는 방법을 개시하고 있는데, 이 문헌 1의 발명에서는 금속 용탕에 투여되는 탄소 입자의 젖음성(wettablity) 향상을 위해 탄소 입자를 세라믹과 금속으로 코팅하는 방안을 제시하고 있다.

[0011] 이러한 문헌 1의 발명에서 제시하는 기법에 따라, 투입되는 비금속 소재의 금속 용탕에 대한 젖음성은 향상되지만, 젖음성 향상을 위한 코팅에 추가의 비용이 소요되고, 코팅을 하는 경우에도 충분한 젖음성을 가지지 못하거나 금속 용탕과 보강 재료의 밀도 차이 등의 이유로 보강 재료의 분말이 금속 용탕에 충분히 분산되어 분포되지 못하고 계면에 부유하여 보강 재료 분말의 침강이 빠른 속도 및 높은 효율성을 가지고 이루어지지 않고, 침강 후에 금속 용탕 내에서 충분한 분산과 고른 분포가 이루어지기 어렵고 교반의 효율성이 낮다는 문제가 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0012] (특허문헌 0001) 대한민국 특허공보 제1453870호(문헌 1)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명은 금속 재료의 강도를 보강하는 보강 재료를 함유하는 금속 복합재의 제조 과정에서 금속 용탕에 금속 재료보다 융점이 높은 보강 재료의 분말을 투입하여 보강 재료의 분말이 금속 재료의 용탕에 현탁, 분산 및 분포되도록 해주는 교반 장치를 제공하려는 것이다.

[0014] 특히, 본 발명은 보강 재료의 분말을 금속 재료의 용탕에 투입하여 분포시키는 교반 장치에 있어서, 교반의 효

율성이 높게 보강 재료 분말의 현탁 및 분포가 이루어질 수 있는 교반 장치를 제공하려는 것이다.

과제의 해결 수단

[0015] 전술한 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 금속 재료의 용탕에 금속 재료보다 높은 융점을 갖는 보강 재료의 분말을 현탁(suspension)하여 분산(dispersion) 및 분포(distribution)시키기 위한 교반 장치에 관한 본 발명에 의해 달성된다.

[0016] 본 발명의 교반 장치는,

[0017] 저면과 측면을 갖추어 금속 재료의 용탕이 수용되는 수용 공간을 형성하고, 수용 공간의 상측에는 금속 재료의 용탕과 외부 분위기 사이에 기체와 액체의 계면이 형성되는 것인 교반조;

[0018] 교반조의 상하 방향으로 배치되는 회전축에 고정되어 회전하고, 하측으로의 용탕의 축류를 형성하도록 회전축에 대하여 경사지게 형성되고 두께가 폭의 0.5 ~ 2.0 배인 형태의 블레이드를 갖추고 수용 공간 내에 배치되는 제1 임펠러;

[0019] 제1 임펠러와 동축으로 회전축에 고정되어 회전하고, 제1 임펠러 하측의 수용 공간에 배치되며, 회전축과 평행하게 형성되고 두께가 폭의 0.5 ~ 2.0 배인 형태의 블레이드를 갖추어 용탕의 직경 방향 외측으로의 흐름을 형성하는 제2 임펠러; 및

[0020] 교반조의 측면에 부착되거나 인접하여 배치되고 폭방향으로 제1 및 제2 임펠러의 회전축을 향하여 연장되는 패널 형태로 형성되며, 길이 방향의 상단이 계면에 인접하여 배치되고 하단이 제1 임펠러와 제2 임펠러 사이의 높이에 배치되는 것인 배플

[0021] 을 포함하여 구성되고,

[0022] 교반조의 수용 공간에 금속 재료의 용탕이 수용된 상태에서 비금속 재료의 분말이 계면에 분포되고, 제1 임펠러의 회전에 의한 용탕의 축류에 의해 비금속 재료의 분말이 용탕 내로 강하하고, 제1 및 제2 임펠러의 회전에 의한 금속 용탕의 흐름에 의해 비금속 재료의 분말이 금속 재료의 용탕에 분산되며,

[0023] 배플에 의해 금속 재료의 용탕의 상측에서 용탕의 상하 순환이 이루어지고 제1 및 제2 임펠러의 회전축을 중심으로 하는 회전하는 흐름이 부분적으로 방지되고 금속 재료의 흐름에 난류가 형성되는 것이다.

[0024] 이러한 본 발명의 교반 장치는 금속 용탕의 흐름을 형성하는 임펠러들의 구성과 조합 및 배치에 특징을 가지며, 교반조 내에서 임펠러에 의해 형성되는 금속 용탕의 흐름을 조절하는 배플의 구성과 배치에 특징을 갖는다.

[0025] 본 발명에서 서로 다른 구성과 작용의 제1 및 제2 임펠러가 서로 상하의 위치 관계를 가지고 동축으로 배치된다.

[0026] 상부에 배치되는 제1 임펠러는 블레이드가 회전축에 대하여 경사지게 형성되어 금속 용탕에 하강하는 축류를 형성함으로써 금속 용탕과 외부 분위기의 계면에 부유하게 되는 보강 재료의 분말이 계면에 부유하지 않는 일이 없이 신속하게 금속 용탕 내로 혼입되게 해준다.

[0027] 비금속 재료의 분말이 혼입된 금속 용탕의 일부는 제1 임펠러에 의한 하강하는 축류에 의하여 제2 임펠러가 회전하는 영역에 유입되며, 레이디얼형 블레이드를 갖춘 제2 임펠러의 회전에 의한 직경 방향의 흐름에 의해 교반조 하부의 수용 공간에 머무르면서 금속 용탕 내에서의 비금속 재료의 분말의 분산 및 분포가 이루어지게 된다.

[0028] 한편, 본 발명의 교반 장치에도 통상의 혼합조에서 흐름에 난류를 형성함으로써 혼합을 촉진하는 배플이 마련되어 있다. 통상의 혼합조에 사용하는 배플은 혼합조의 상하 방향의 순환 흐름을 형성하고 원주 방향의 흐름에 대해 난류를 형성함으로써 혼합을 촉진하는 것이다.

[0029] 다만, 본 발명의 배플은 그 하단이 상하로 배치되는 제1 임펠러와 제2 임펠러의 사이에 배치되고 상단은 계면에 인접하게 배치된다.

[0030] 본 명세서 전반에서 '계면에 인접한다'는 표현은 상단이 계면에 놓이거나 계면으로부터 소정의 간격을 두고 계면의 아래쪽에 배치된다는 것을 의미한다.

[0031] 본 발명의 배플이 통상의 배플과는 달리 그 하단이 제1 임펠러와 제2 임펠러의 사이에 배치되므로, 제2 임펠러에 의해 금속 용탕에 직경 방향의 흐름이 형성되는 영역, 즉 교반조의 수용 공간 또는 금속 용탕의 하부에는 배플이 배치되지 아니한다.

[0032] 따라서, 배플이 배치되지 않은 수용 공간 또는 금속 용탕의 하부 영역에서는 배플에 의한 금속 용탕의 상하 방향의 흐름이 형성되지 않고, 제1 임펠러에 의해 제2 임펠러를 향하여 하강한 금속 용탕의 흐름은 수용 공간의 하부에 머무른 상태를 유지하게 된다.

[0033] 반면, 배플이 배치되는 영역, 즉 계면으로부터 배플의 하단까지의 수용 공간 또는 금속 용탕의 상부 영역에서는 배플에 의해 금속 용탕의 상하 순환 흐름이 발생한다.

[0034] 이러한 금속 용탕의 상하 순환 흐름은 배플이 배치되지 않은 하부 영역에는 미치지 않고 배플이 배치된 영역에만 형성되므로, 제1 임펠러의 회전에 의해 형성되는 금속 용탕의 하강 흐름의 일부는 배플의 배치되는 방향을 따라 상하 순환을 하면서 하강 흐름에 혼입되는 비금속 재료의 분말이 상하 순환 과정에서 분산이 이루어지게 되고, 나머지 일부의 흐름은 제2 임펠러의 영역에 도달하여 제2 임펠러의 회전에 따라 직경 방향의 흐름에 따라 수용 공간 또는 금속 용탕의 하부 영역에 머무르게 된다.

[0035] 한편, 금속 용탕의 상부 영역에서의 제1 임펠러의 회전에 따라 축류 형태의 하강 흐름이 형성되지만, 원주 방향의 흐름도 형성되므로 계면 근처에서의 금속 용탕의 원주 방향의 흐름은 제1 임펠러의 회전에 따른 소용돌이형의 흐름을 형성하게 하여 외부 분위기로부터 공기가 금속 용탕에 기포의 형태로 포함될 수 있다.

[0036] 그러나, 본 발명의 교반 장치에서는 배플의 상단이 계면에 인접하여 형성되므로 제1 임펠러의 회전에 따른 원주 방향의 금속 용탕의 흐름이 형성되지 않거나 소용돌이 흐름을 형성하지 않을 정도의 매우 약한 흐름만을 형성하게 되므로, 계면에서 외부 분위기의 공기가 기포 형태로 금속 용탕에 포함되는 일이 발생하지 않는다.

[0037] 또한, 배플은 금속 용탕의 흐름에 난류를 형성함으로서 금속 용탕의 상부 영역에서 비금속 재료의 분말이 금속 용탕에 분산되는 것을 촉진한다.

[0038] 이상과 같이, 본 발명의 교반 장치의 구성과 작용에 따르면, 금속 재료의 용탕에 쉽게 분산되지 않는 보강 재료의 분말이 금속 용탕의 계면에 부유하여도 금속 용탕에 신속하게 유입되어 현탁되며, 통상의 혼합조에서와 같이 혼합하려는 액체 전체에 과다한 유동을 형성하는 일이 없이 금속 용탕에서 서로 다른 구성의 임펠러의 작용에 의해 높은 효율로 비금속 재료의 분말의 분산 및 분포가 이루어지게 된다.

[0039] 특히, 금속 용탕과의 낮은 젖음성 또는 낮은 밀도로 인한 침강이 용이하지 않은 비금속 분말이 계면으로부터 금속 용탕의 하부를 향하여 형성되는 하강의 축류로 인하여 용이하게 금속 용탕에 혼입될 수 있고, 비금속 재료의 분말이 혼입되어 분산된 금속 용탕이 교반조 전체를 순환하지 않고 금속 용탕의 하부 영역에 머무르게 됨으로써 비금속 재료의 분말의 고른 분포가 효율 좋게 신속하게 이루어질 수 있다.

[0040] 한편, 본 발명의 교반 장치에서는 제1 및 제2 임펠러는 그 블레이드의 두께가 폭의 0.5 ~ 2.0배를 갖는 것이 사용되는데, 이러한 임펠러들은 통상의 교반 장치에서 사용하는 임펠러에 비해 블레이드의 두께가 매우 두꺼운 것이다.

[0041] 본 발명의 교반 장치는 금속 용탕을 교반하는 것이므로, 블레이드에 상당한 하중이 인가되므로, 블레이드의 두께가 폭의 0.5배 미만이면 교반 하중에 의한 블레이드의 파손이 쉽게 일어날 수 있어서 블레이드의 두께를 폭에 비하여 상당히 증대시킨 것을 사용할 필요가 있다.

[0042] 다만, 블레이드의 두께가 폭의 2.0배를 초과하는 경우에는 유체를 교반하는 효율이 매우 낮아져서 교반용 임펠러로서의 기능을 제대로 하지 못하는 문제가 있다.

[0043] 따라서, 본 발명의 교반 장치에 사용하는 임펠러들은 블레이드의 두께가 폭의 0.5 ~ 2.0배인 것을 사용한다.

[0044] 본 발명의 교반 장치의 부가적 특징으로서, 제2 임펠러는 제2 임펠러에 의해 형성되는 용탕의 흐름에 교반조의 저면과의 마찰에 의한 난류가 형성될 수 있는 간격을 갖고 저면과 이격되도록 구성될 수 있다.

[0045] 본 발명자들의 실험과 고찰에 따르면, 제2 임펠러가 교반조의 저면에서 너무 이격되면 제2 임펠러의 회전에 따른 흐름이 교반조의 저면 부근에서 충분한 흐름을 형성하지 못하는 문제가 있고, 제2 임펠러가 교반조의 저면에 근접하게 되면 제2 임펠러와 교반조 저면 사이에 용융 금속의 흐름을 형성하지 못하여 비금속 분말의 적절한 분산이 이루어지지 않는 문제가 있다.

[0046] 따라서, 제2 임펠러는 그 회전에 따른 흐름이 금속 용탕 교반조의 저면과의 마찰에 의해 난류를 형성할 수 있는 간격으로 선택하는 것이 바람직하다.

[0047] 본 발명의 교반 장치의 다른 부가적 특징으로서, 제1 임펠러는 계면에서 용탕의 소용돌이 흐름을 형성되어 계면

으로부터 기포가 용탕으로 인입되지 않게 하는 거리를 가지고 계면으로부터 하측으로 이격되어 배치될 수 있다.

[0048] 본 발명자들의 실험과 고찰에 따르면, 제1 임펠러가 계면에 근접하여 배치될 수록 제1 임펠러에 의하여 발생하는 원주 방향의 흐름에 의해 금속 용탕의 소용돌이가 형성될 가능성이 높아진다.

[0049] 따라서, 본 발명에서 개시하는 바에 따라, 제1 임펠러는 계면으로부터 이격되어 배치되는 것이 바람직하다.

도면의 간단한 설명

[0050] 도 1 및 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 교반 장치의 종단면을 개략적으로 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 교반 장치의 실험에 사용되는 제1 및 제2 임펠러의 형태를 보여주는 사진이다.

도 4 내지 도 7은 본 발명의 실시예 및 비교예의 실험 결과를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0051] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용을 설명한다.

[0052] 도 1은 본 발명의 하나의 실시예에 따른 교반 장치의 개략적인 구성을 보여주고 있다.

[0053] 교반 장치는 금속 재료가 용융 상태로 수용되는 수용 공간을 갖춘 교반조(10), 교반조 내에서 회전하여 금속 용탕을 교반하는 제1 임펠러(21)와 제2 임펠러(23)를 갖추고 있다.

[0054] 교반조(10)는 원통형으로 형성되어 바닥의 저면(13)과 둘레면(12)을 갖추어 이들이 금속의 용탕을 수용하는 수용 공간(11)을 형성하고 있고, 상측은 비금속 소재의 분말이 투입되도록 개방되어 금속 재료의 용탕과 외부 대기의 계면(14)이 형성되어 있다.

[0055] 금속 소재는 용융 상태로 교반조(10)의 상측으로부터 투입될 수도 있고, 잉곳 형태로 투입되어 용융이 이루어질 수 있다. 도 1에서 교반조를 가열하여 금속 재료의 잉곳을 용융하거나 금속 용탕이 용융 상태를 유지하도록 해주는 가열 수단의 도시는 생략되어 있으며, 이러한 가열 수단의 구성은 널리 알려진 것이므로 이 명세서에서는 설명을 생략한다.

[0056] 교반조(10)의 중심에는 제1 임펠러(21)와 제2 임펠러(23)가 공통의 회전축(20)에 결합되어 함께 회전하도록 배치되어 있다.

[0057] 제1 임펠러(21)와 제2 임펠러(23)는 모두 교반조의 수용 공간(11)에 배치되어 회전함으로써 수용 공간의 용융 금속에 흐름을 일으켜 교반하는데, 제1 임펠러(21)는 상측에 배치되고 제2 임펠러(23)가 하측에 배치되어 있다.

[0058] 도 2에는 본 발명과 관련한 모의 실험에서 사용한 제1 임펠러(21)와 제2 임펠러(23)의 사진이 도시되어 있다.

[0059] 모의 실험에서 사용하는 임펠러는 합성수지로 제작되는 것이지만, 실제의 금속 용탕의 교반조에는 통상 흑연 재질로 이루어지는 임펠러가 사용된다. 흑연은 기계적 강도가 낮지만 융점이 높고 가격이 저렴하며 기계 가공이 쉽기 때문에 용융 금속의 교반조에서 임펠러로서 널리 이용되는 소재이다.

[0060] 도 2에 도시되어 있듯이, 본 발명의 실시예에 따른 임펠러들은 모두 기어형으로 형성되어 있다. 기어형이라 함은 임펠러 블레이드의 표면이 실제로 기어의 맞물림에 적합한 인볼류트 곡선의 윤곽을 갖는다는 것을 의미하는 것은 아니며, 임펠러의 블레이드가 폭(W)보다 두께(T)가 더 크게 형성되어 강도와 강성이 강화된 형태를 갖는다는 것을 의미한다.

[0061] 제1 임펠러는 도 2의 (a)에 도시되어 있는데, 제1 임펠러(21)은 원통형의 허브(211)에 회전축(20)이 관통하는 홀(212)이 형성되어 있고, 허브(211)로부터 복수 개의 블레이드(213)가 직경 방향으로 돌출 형성되어 있다.

[0062] 블레이드(213)은 폭(W)과 두께(T)가 대략 동일한 크기로 형성된 것을 사용하였고, 회전축(20)에 대해 일정 각도로 경사져 형성되어 있는 헬리컬형이다.

[0063] 제2 임펠러는 도 2의 (b)에 도시되어 있는데, 제1 임펠러(21)와 마찬가지로 원통형의 허브(231)에 회전축(20)이 관통하는 홀(232)이 형성되어 있고, 허브(231)로부터 복수 개의 블레이드(233)가 직경 방향으로 돌출 형성되어 있다.

[0064] 다만, 제2 임펠러의 블레이드(233)는 회전축(20)에 대해 경사지지 않고 회전축과 평행하게 형성되어 있는 레이

디얼형이다.

[0065] 제1 임펠러(21)와 제2 임펠러(23)는 회전축(20)에 대한 고정 위치가 가변됨으로써 제1 임펠러(21)와 제2 임펠러(23) 사이의 간격을 조절할 수 있으며, 도면에 도시되어 있지는 않지만, 회전축(20)이 상하로 가동됨으로써, 교반조(10)에 대한 제1 임펠러(21)와 제2 임펠러(23) 각각의 높이를 조절할 수 있게 구성되어 있다.

[0066] 다시 도 1을 참조하여 설명하면, 교반조(10)의 측면에는 배플(15)이 고정 설치되어 있다.

[0067] 배플(15)은 패널 형태로 형성되고, 폭(W) 방향의 일단은 측면(12)과 마주하고 타단은 회전축(20)을 향하여 연장되고, 그 길이 방향으로 상단은 금속 용탕의 계면(14)과 간격을 두고 이격되어 하측에 놓이고 하단은 제1 임펠러(21)와 제2 임펠러(23)의 사이에 놓이도록 배치되어 있다.

[0068] 본 실시예에서 배플(15)은 서로 마주하도록 배치되는 2개가 마련되어 있지만, 1개의 배플만이 설치되거나 3개 내지 6개의 배플이 등간격으로 마련될 수도 있다.

[0069] 이와 같이 구성되는 본 발명의 실시예에 따른 교반조의 작동을 설명한다.

[0070] 교반조(10)에는 먼저 금속 복합재를 형성하기 위한 소재의 하나로서 금속 재료가 투입된다. 금속 재료로서는 구조물의 경량화 소재로서 알루미늄이나 알루미늄 합금이 이용되지만, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0071] 알루미늄 재료는 잉곳 형태로 교반조에 투입되어 용융되거나 용융 상태로 교반조(10)의 상부로부터 투입되어 교반조(10)의 수용 공간(11)을 채우고 상측에서 교반조의 개방된 상측에서 외부 대기와의 계면(14)을 형성한다.

[0072] 도면에는 도시되어 있지 않지만, 교반조(10)의 상부에는 계면(14)으로 금속 복합재를 이루는 보강 재료의 분말을 투입하는 투입 수단이 배치되어 있다. 이러한 투입 수단은 널리 알려진 것이므로 이 명세서에서는 설명하지 아니한다.

[0073] 투입되는 보강 재료로서는 산화 알루미늄, 실리콘 카바이드, 보론 카바이드, 카본 나노 섬유와 같은 세라믹 보강재가 있으나, 이에 한정되지는 않는다.

[0074] 한편, 이 실시예 및 후술하는 실험과 시뮬레이션에서는 보강 재료의 분말을 금속 용탕과 외부 분위기의 계면으로부터 투입하는 것으로 구성하였지만, 금속 재료의 잉곳과 보강 재료의 분말을 교반조(10)에 투여한 후에 금속 재료의 잉곳을 용융하여 금속 용탕을 형성하도록 구성하거나 금속 용탕에 보강 재료의 분말을 다른 방법으로 투여할 수도 있다.

[0075] 이러한 경우에도 보강 재료의 분말은 밀도의 차이나 젖음성의 부족 등의 이유로 계면에 부유하게 되므로, 후술하는 실험 결과나 시뮬레이션의 결과는 보강 재료의 분말을 계면에서 투입하는 것과 다르지 않다고 평가된다.

[0076] 계면(14)으로부터 비금속 재료의 분말이 투입되기 시작하면 또는 투입에 앞서서 회전축(20)이 회전하여 제1 임펠러(21)와 제2 임펠러(23)가 회전한다.

[0077] 제1 임펠러(21)와 제2 임펠러(23)의 회전에 따라 금속 용탕에는 흐름이 형성된다.

[0078] 먼저 제1 임펠러(21)는 그 블레이드(213)가 회전축에 대해 경사져 있으며 하강류를 형성하도록 회전하여, 그 하측의 제2 임펠러(23)를 향한 축류를 형성하게 된다. 이러한 제1 임펠러(21)의 회전에 따른 축류에 의해 계면에 투입되는 비금속 재료의 분말은 하강하는 축류에 의해 계면으로부터 금속 용탕으로 침강하게 된다.

[0079] 비금속 재료의 분말은 금속 용탕에 대한 젖음성(wettability)를 높이기 위한 코팅이 이루어질 수 있다. 이러한 비금속 재료의 코팅에 대해서는 문헌 1에서 개시하고 있다.

[0080] 비록 비금속 재료의 분말이 코팅 처리 등에 의해 젖음성이 높아진 것이라고 하여도 비금속 재료의 분말은 금속 용탕을 이루는 금속 재료에 비하여 밀도가 낮기 때문에 계면에 부유할 수 있지만, 제1 임펠러(21)에 의해 형성되는 하강 축류에 의해 금속 용탕 내로 침강하고 일부는 축류를 따라 제2 임펠러(23)에 도달하게 된다.

[0081] 수용 공간(11) 내에서의 금속 용탕의 흐름의 개략적인 형태를 도 3에 도시하였다. 이 도면을 참조하여 설명한다.

[0082] 계면에 투입되는 비금속 재료의 분말은 그 밀도 차이에도 불구하고 제1 임펠러(21)에 의해 형성되는 하강 축류(A)에 의해 금속 용탕 내로 침강하게 되며, 금속 용탕 내의 흐름을 따라 수용 공간(11)에서 이동하며 금속 용탕 내에서 분산과 분포가 이루어지게 된다.

[0083] 제2 임펠러(23)는 회전에 의해 그 직경 방향 외측으로의 금속 용탕의 흐름(B)을 형성하며, 수용 공간(11)에서의

직경 방향 흐름은 교반조(10)의 측면(12)에 의해 구속되어 제2 임펠러(23)가 배치된 교반조의 수용 공간(11)의 하부에 순환 흐름(C)을 형성하며 머무르게 된다.

[0084] 한편, 제1 임펠러(21)에 의해 형성되는 하강 축류(A)의 일부는 교반조(1)의 측면(13)을 따라 상승하여 순환하는 흐름(D)을 형성한다. 이러한 순환 흐름(D)은 배플(15)에 의해 안내된다.

[0085] 제1 임펠러(21)는 블레이드가 경사진 형태로 형성되므로, 하강 축류 외에도 금속 용탕에 원주 방향의 흐름을 형성할 수 있지만, 그러한 원주 방향의 흐름은 배플(15)에 의해 약화될 수 있다.

[0086] 제1 임펠러(21)가 배치되는 수용 공간(11)의 상부에서 금속 용탕의 원주 방향의 강한 흐름은 계면에서의 소용돌이 흐름을 유발하여 외부 대기가 기포 형태로 금속 용탕에 유입되는 결과를 초래할 수 있다.

[0087] 그러나, 본 발명의 실시예에서는 배플(15)이 원주 방향의 흐름을 저지함으로써 소용돌이 흐름의 형성이 방지된다. 아울러, 배플(15)은 금속 용탕의 흐름에 난류를 형성함으로써 투입되어 현탁되는 비금속 재료 분말의 분산을 촉진한다.

[0088] 이상과 같은 금속 용탕의 흐름에서 비금속 재료의 분말이 금속 용탕에 현탁, 분산 및 분포되는 과정을 설명한다.

[0089] 비금속 재료의 분말은 계면(14)에 투입되어 하강 축류(A)에 의해 금속 용탕 내로 침강하여 현탁된다. 하강 축류(A)에서 비금속 재료 분말은 높은 비율로 존재하게 된다.

[0090] 하강 축류(A)에 의해 제2 임펠러(23)의 영역에 도달한 비금속 재료의 분말의 일부는 제2 임펠러(23)에 의한 직경 방향 흐름(B)을 따라 수용 공간의 하부 영역에서 순환하면서 적절한 분산이 이루어지고 고른 분포를 이루게 된다.

[0091] 하강 축류(A)에 의해 하강하는 비금속 재료의 분말의 일부는 상승하는 흐름(D)을 따라 제1 임펠러(21)가 배치된 수용 공간의 상부 영역에서 순환하게 된다.

[0092] 이러한 상부의 순환하는 흐름에서는 새로 투입되는 비금속 재료의 분말과 이미 투입된 비금속 재료의 분말이 서로 혼재하면서 순환 흐름에서 배플에 의해 형성되는 난류에 의해 적절한 분산이 이루어지게 되고, 일부는 제2 임펠러(23)가 배치된 수용 공간의 하부 영역으로 유입된다.

[0093] 이상과 같은 과정을 거쳐 금속 재료의 용탕에 투입되는 비금속 재료의 분말은 현탁, 분산 및 분포가 이루어지고, 교반에 의해 비금속 재료와 금속 재료의 적절한 혼합이 이루어진다.

[0094] 이하에서는 본 발명의 발명자들이 행한 비교 실험을 통하여 본 발명에 따른 교반 장치가 다른 구성의 비교예의 교반 장치에 대해 갖는 장점에 대해 설명한다.

[0095] 우선 비교예로서는 도 1에 도시한 것과 같은 본 발명의 실시예의 교반조를 변형한 다른 구성을 갖는 교반조를 마련하였다. 뒤에서 순차로 설명하겠지만, 그러한 비교예의 교반조는 배플이 교반조의 저면에 근접하도록 수용 공간의 길이 방향 전체에 걸쳐 배치되는 소위 풀 배플(full baffle)의 형태로 구성되는 것을 마련하였고, 임펠러로서는 1개의 헬리컬형 임펠러가 채용된 것 및 2개의 헬리컬형 임펠러가 상하로 배치되어 채용된 것을 준비하였다.

[0096] 교반조는 실험을 위한 모델로서 구성하였으며, 액체에 투입되는 분말의 거동 및 분포를 시각화할 수 있도록, 알루미늄 용탕과 세라믹 재료의 분말을 대신하여 용탕으로서는 물, 세라믹 재료의 분말을 대신하여 밀도가 600 kg/㎥이고 평균 입경이 30 ㎛인 유리 버블 입자(glass bubble particle)를 마련하였다.

[0097] 물에 대한 유리 버블 입자의 젖음성은 별론으로 하고, 물에 대한 유리 버블 입자의 상대 밀도는 0.6이며, 이는 알루미늄 용탕과 이중관 카본 나노 튜브의 밀도 비율 0.73과 큰 차이를 가지는 것이 아니므로, 본 실험에서의 결과는 알루미늄 용탕에서의 카본 나노 튜브의 거동과 본질적으로 동일할 것으로 간주하였다.

[0098] 실험에 사용한 교반조는 도 1에 도시한 형태의 원통형이며 직경(T)이 130 ㎜인 것을 준비하였고, 용탕의 계면의 높이(H)는 161 ㎜로 준비하였다.

[0099] 배플(11)이 유동에 미치는 영향을 평가하기 위해, 배플이 없는 것, 1개의 풀배플 및 본 발명의 실시예와 같이 배플의 하단이 제1 및 제2 임펠러의 사이에 배치되는 반배플(half baffle, 길이가 용탕 계면 높이는 1/2)을 1개, 2개, 4개인 것을 준비하였다. 배플의 폭(W)은 교반조 직경에 대해 0.0826T로 준비하였고, 교반조의 측면(12)으로부터 2 ㎜의 간격을 두었다.

[0100] 임펠러들은 모두 블레이드 폭이 임펠러 전체 직경의 D/12이고 두께는 D/8인 것으로 준비하였다.

[0101] 비교예에 대해서는 계면(114)로부터 임펠러(121)의 중심까지의 깊이(S)를 교반조의 직경(T)에 대하여 S = T/3, T/2, 2T/3으로 배치하는 3개의 구성을 비교하였고, 본 발명의 실시예에 대해서는 제2 임펠러(23)의 깊이는 교반조의 저면(13)으로부터 C = T/3. 제1 임펠러의 깊이 S = D로 배치하였다.

[0102] 임펠러들은 계면에 유리 버블 입자를 투입한 후에 회전 속도를 서서히 증가시켜 600 rpm까지 상승시켰다.

[0103] 교반조의 성능을 평가하는 요소로서는 용탕(물)의 계면에 투입된 분말(유리 버블 입자)가 일정한 시간 내에 전부 침강하는 데 요하는 임펠러의 최소 속도(Njd)를 측정하였다. 임펠러의 최소 속도(Njd)가 빠를수록 교반조의 효율성은 낮은 것이고 에너지 소모가 많으며, 동일한 임펠러의 최소 속도에서는 입자의 침강에 더 긴 시간이 소요된다는 것을 의미한다.

[0104] 도 4의 그래프는 헬리컬형 임펠러 1개를 채용한 교반조에 대한 실험 결과를 보여준다.

[0105] 이 실험에서는 배플이 없는 경우(no baffle), 1개의 반배풀(half baffe), 1개의 풀배플(full baffle)을 사용한 3개의 교반조에 대하여 투입되는 입자의 중량 분율을 각각 0.3, 0.5, 1.0 wt%로 하여 수행하였다.

[0106] 또한, 교반조 직경에 대한 임펠러의 깊이(S/T)를 1/3, 1/2, 2/3인 3가지의 구성에 대하여 실험을 행하였다.

[0107] 도 4의 그래프로 나타낸 실험 결과에 따르면, 풀배풀인 경우에 비하여 반배플이나 배플이 없는 경우에 더 낮은 임펠러 최소 속도(Njd)를 나타내므로, 풀배풀에 비해 배풀이 없거나 반배풀이 높은 효율성을 보인다는 것을 알 수 있다.

[0108] 다만, 배풀이 없는 경우에는 도 4의 그래프에는 나타나지 않지만, 계면에서의 소용돌이 흐름(swirling)이 나타나서 대기가 공기방울 형태로 용탕에 유입되는 현상이 관찰되어, 반배풀에 비해 좋은 결과를 얻을 수 없다는 사실을 확인할 수 있었다.

[0109] 또한, 반배풀인 경우에는 임펠러가 계면으로부터 2/3T 지점에 높이는 것에 비해 1/3 T 및 1/2 T 지점에 높이는 것이 높은 효율성을 보인다는 것을 확인할 수 있다.

[0110] 다음으로는 비교예로서 2개의 헬리컬형 임펠러를 채용한 교반조와 본 발명의 실시예에 따른 교반조를 대비하여 실험하고, 그 결과를 도 5의 그래프로서 나타내었다.

[0111] 본 발명의 실시예에 대해서는 각각 1개와 2개의 반배플을 채용한 경우, 비교예에 대해서는 1개, 2개 및 4개의 반배플을 채용한 경우에 대해 실험하였다.

[0112] 도 5의 그래프를 통하여, 동일한 배플 구성을 채용하였을 때에, 상부의 헬리컬형 제1 임펠러와 하부의 레이디얼형 제2 임펠러를 채용한 본 발명의 실시예에 따른 교반조에서의 임펠러 최소 속도가 2개의 헬리컬형 임펠러를 채용한 비교예에 비해 낮음을 알 수 있다. 즉, 더 높은 효율과 성능을 나타낸다.

[0113] 아울러, 본 발명의 실시예에 있어서도 1개의 반배플을 채용한 경우가 2개의 반배플을 채용한 경우에 비해 임펠러의 최소 속도가 더 낮게 나타난다. 즉, 반배플의 갯수가 작을수록 성능과 효율이 높다는 것을 알 수 있다.

[0114] 다음으로 본 발명의 발명자들은 본 발명의 실시예에 따른 교반조에서의 용탕의 유동 및 입자의 거동에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 그러한 컴퓨터 시뮬레이션에 대한 결과를 도 6 및 도 7로 나타내었다.

[0115] 도 6은 교반조에 대한 수직 단면 상에서 용탕의 평균 유동 속도의 분포를 보여주는데, 용탕의 유동은 크게 3개로 구분할 수 있다.

[0116] 첫 번째는 적색 화살표로 나타내는 수직의 순환 유동이고, 두 번째와 세번째는 흑색 화살표로 표시하는 제1 임펠러와 제2 임펠러 사이의 순환 유동 및 교반조 저면에서의 유동이다.

[0117] 본 발명의 실시예에서 적색 화살표로 나타내는 수직의 순환 유동은 상대적으로 약하게 나타나며, 특히 계면에서의 침강하는 흐름이 약하다는 것을 알 수 있다.

[0118] 본 발명자들이 풀배풀을 갖춘 비교예에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 행한 바와 비교하면, 풀배풀인 경우에 수직의 순환 유동은 강하게 나타나서 계면에 투입되는 비금속 재료 분말의 침강을 촉진하지만, 오히려 그런 유동은 순환조 저면으로부터 상측으로의 유동을 강화하여 순환조 하부에 분포하는 비금속 재료의 분말이 계면으로 이동하는 것을 촉진함으로써 전체적으로 비금속 재료 분말의 분포 성능을 악화시킨다.

[0119] 또한, 본 발명의 실시예에서는 레이디얼형 임펠로로 구성되는 제2 임펠러의 회전에 의해 형성되는 순환조 하부

에서의 유동이 제1 임펠러의 회전에 의한 흐름에 의해 침강하는 비금속 재료의 분말을 순환조 하부에 머물도록 구속함으로써 비금속 재료 분말의 분포를 향상시키고 교반조의 교반 효율을 향상시키는 것으로 해석된다.

[0120] 도 7은 본 발명의 실시예의 교반 장치에서 물질의 공간적인 균질성을 평가한 결과를 보여준다.

[0121] 이 도면에서 색상은 계면으로부터 투입되어 용융 금속에 유입된 비금속 재료 분말의 평균 시간 분포를 나타낸다. 이는 비금속 재료의 분말이 계면으로부터 투입되어 특정 위치까지 유동하는 데 소요된 시간을 나타낸다.

[0122] 청색은 상대적으로 투입된지 얼마 되지 않은 입자를 나타내고 적색은 상대적으로 투입되어 시간이 오래된 입자를 나타내는데, 투입 직후의 입자는 투입구 주변의 더 오래된 입자와 신속하게 혼합되는 것을 관찰할 수 있고, 제1 임펠러에 의한 축류에 존재하는 입자에 비해 상하로 순환하는 유동 내부의 입자들이 더 오래된 것을 관찰할 수 있다.

[0123] 본 발명의 발명자들은 이상의 실험 및 시뮬레이션 결과에 비추어 다음과 같은 결론에 도달하였다.

[0124] 배플은 계면에서의 소용돌이 흐름을 방지하여 기포가 용탕 내에 주입되는 것을 방지하고 흐름 내에 난류를 유발하여 입자의 분산을 촉진한다.

[0125] 계면에서부터 교반조의 저면까지 연장되는 풀배플은 교반조 저면으로부터 계면으로의 흐름을 강화하여 용탕 내에 분포되어 있는 입자가 다시 계면으로 이동하는 것을 유발하지만, 반배플, 즉 본 발명에서는 배플의 하단이 제1 및 제2 임펠러 사이에 배치되는 배플은 특히 교반조 하부에서의 수직 흐름을 약화시키는 장점이 있다.

[0126] 또한, 반배플의 사용과 교반조 하부에 레이디얼형 임펠러를 사용함으로써 상부에서의 용탕의 상하 순환과 분리된 하부에서의 흐름을 형성할 수 있고, 이는 입자, 즉 비금속 재료 분말의 고른 분포를 향상시켜 준다.

[0127] 이상 본 발명의 실시예에 따른 교반조의 구성 및 작용을 설명하고 이 실시예와 다른 구성을 갖는 비교예와 본 발명의 실시예에 대한 실험 및 시뮬레이션 결과를 대비하여 본 발명이 갖는 유리한 효과를 설명하였다.

[0128] 본 발명은 이러한 실시예에 한정되지 않고, 청구범위에 기재된 범위에서 다양한 수정과 변형이 가능하며, 그러한 수정과 변형은 모두 본 발명의 권리범위에 속하는 것이다.

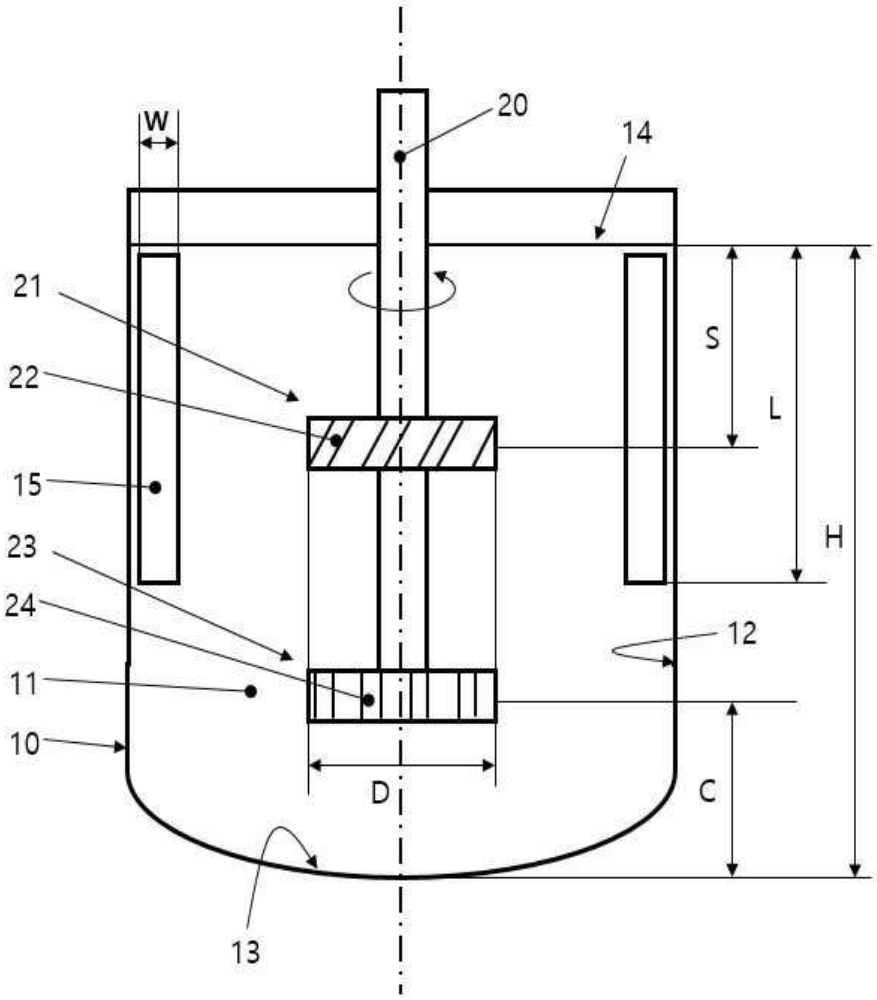
부호의 설명

[0129] 10: 교반조 15: 배플

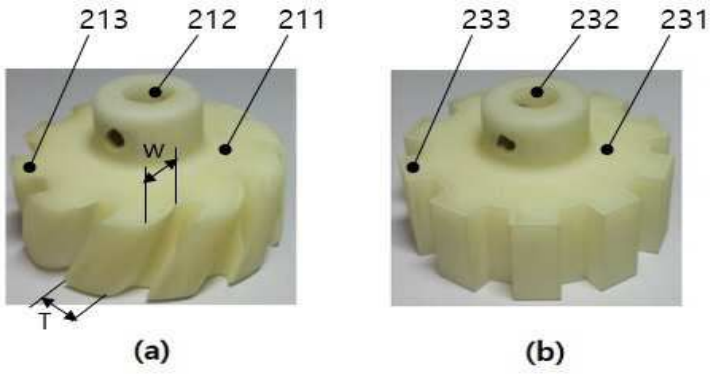
21: 제1 임펠러 23: 제2 임펠러

도면

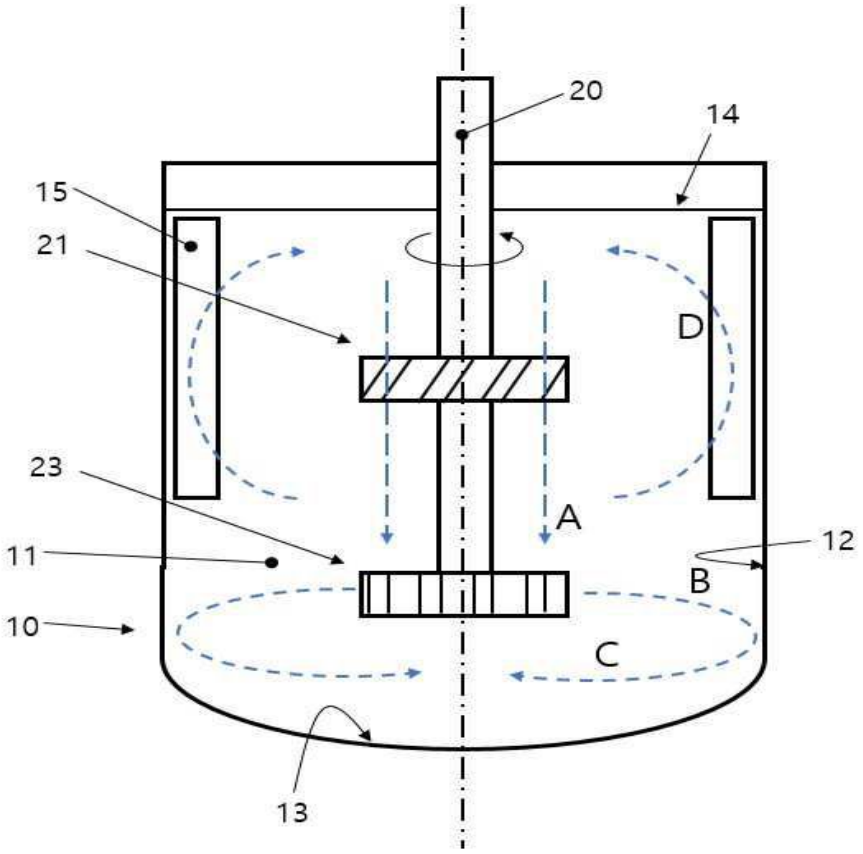
도면1


W
20
14
21
22
15
23
24
11
10
S
L
H
12
C
D
13

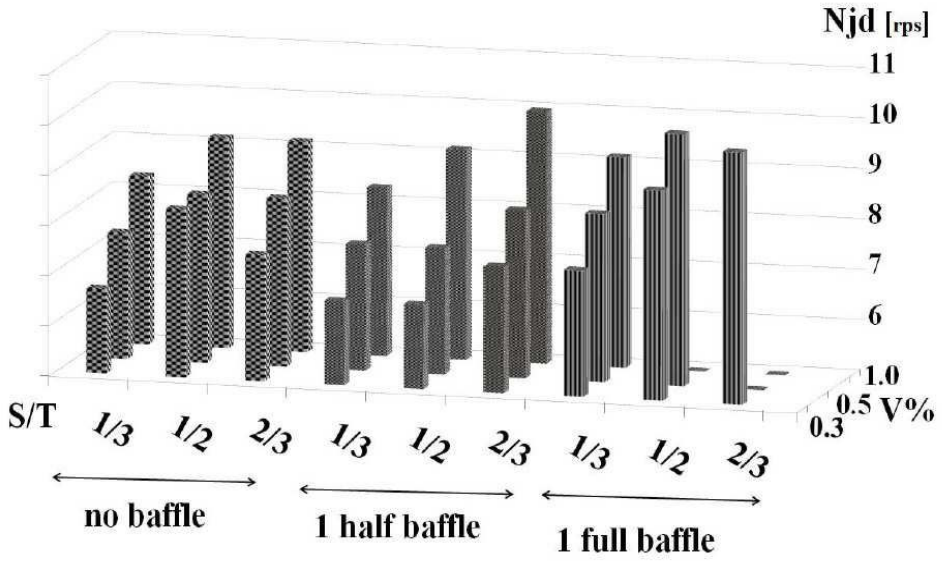
도면2


213
212
211
W
T
(a)
233
232
231
(b)

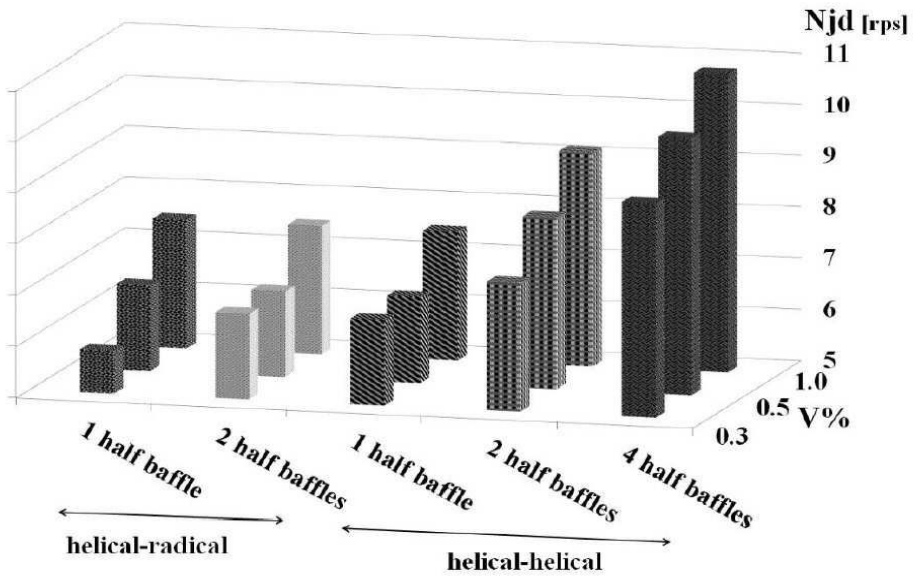
도면3


20
14
15
21
D
23
A
11
12
B
10
C
13

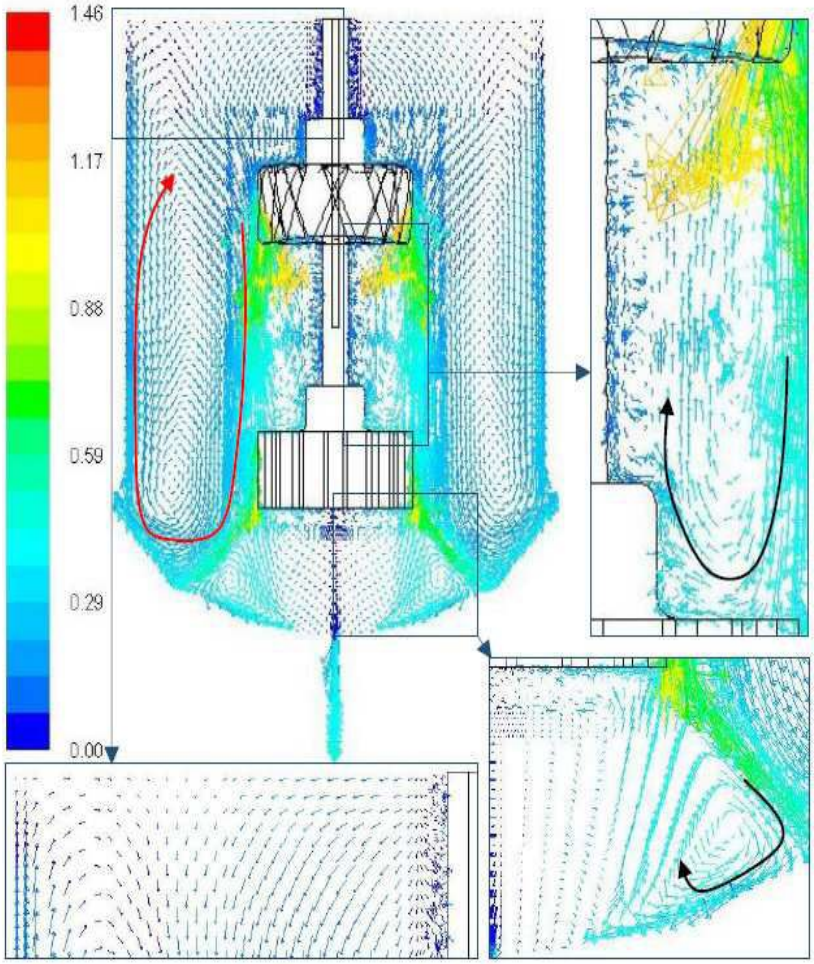
도면4


Njd [rps]
11
10
9
8
7
6
1.0
0.5
0.3
V%
S/T
1/3
1/2
2/3
1/3
1/2
2/3
1/3
1/2
2/3
no baffle
1 half baffle
1 full baffle

도면5


Njd [rps]
11
10
9
8
7
6
5
1.0
0.5
0.3
V%
1 half baffle
2 half baffles
1 half baffle
2 half baffles
4 half baffles
helical-radical
helical-helical

도면6


1.46
1.17
0.88
0.59
0.29
0.00

도면7

