(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0018225
(43) 공개일자 2023년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C12M 1/06 (2006.01) *C12M 1/00* (2006.01)
C12M 1/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C12M 27/06 (2013.01)
C12M 27/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0100149
(22) 출원일자 2021년07월29일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
서강대학교산학협력단
서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(72) 발명자
김동철
서울특별시 마포구 백범로 35 서강대학교 AS관 701호
강태욱
서울특별시 마포구 백범로 35 서강대학교 R611호
민준원
서울특별시 송파구 충민로 4길 5 송파파인타운 502동 701호
(74) 대리인
특허법인 천지

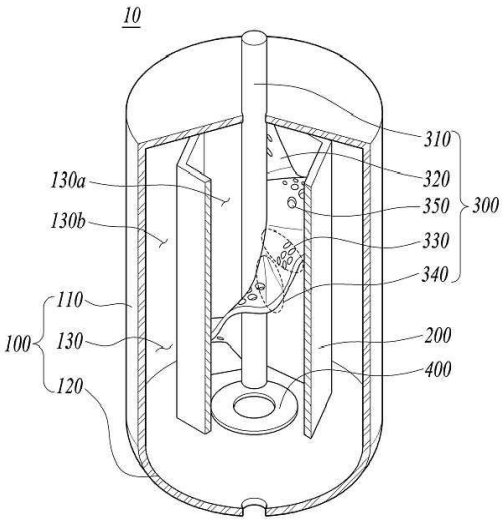
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **생물 반응기**

(57) 요 약

본 발명의 일 실시예에 따른 생물 반응기는, 내부가 비어있는 형태로, 상기 내부에 유체 및 반응을 위한 반응물을 수용하는 반응부, 상기 반응부의 내부에 위치하여, 상부 및 하부가 개방되어 있고 상기 반응부의 연장 방향과 나란하게 형성된 드래프트 튜브, 상기 반응부에 결합되어, 상기 드래프트 튜브 내로 기체를 분사하여 상기 유체를 순환시키는 기체 발생부, 상기 드래프트 튜브의 내측에 결합되어, 나선형으로 연장된 배플을 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도6



(52) CPC특허분류
C12M 27/20 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711107800
과제번호 2020R1A2C201098612
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 나노복합체의 복합 다종 자극에 의한 피로 및 부식 내구성 예측 및 설계 시스템 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 서강대학교
연구기간 2021.03.01 ~ 2022.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711104218
과제번호 2018M3D3A1A0105575931
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 기후변화대응기술개발(R&D)
연구과제명 표면증강라만분광법을 이용한 비평형 용존 C1 가스 및 대사산물 실시간 모니터링 기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 서강대학교
연구기간 2021.01.01 ~ 2021.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

내부가 비어있는 형태로, 상기 내부에 유체 및 반응을 위한 반응물을 수용하는 반응부;

상기 반응부의 내부에 위치하여, 상부 및 하부가 개방되어 있고 상기 반응부의 연장 방향과 나란하게 형성된 드래프트 튜브;

상기 반응부에 결합되어, 상기 드래프트 튜브 내로 기체를 분사하여 상기 유체를 순환시키는 기체 발생부; 및

상기 드래프트 튜브의 내측에 결합되어, 나선형으로 연장된 배플을 포함하는, 생물 반응기.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 배플은 상기 드래프트 튜브의 연장 방향을 따라 배치된, 생물 반응기.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 배플은 평판인, 생물 반응기.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 배플은,

상기 나선형의 진행 방향을 따라 배열된 적어도 하나의 돌출부를 포함하는, 생물 반응기.

청구항 5

제4 항에 있어서,

상기 배플은,

상기 나선형의 진행 방향을 따라 상기 돌출부에 인접한 적어도 하나 이상의 함몰부를 더 포함하는, 생물 반응기.

청구항 6

제4 항에 있어서,

상기 드래프트 튜브는 다각형의 단면을 갖는, 생물 반응기.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 드래프트 튜브는 육각형 또는 칠각형의 단면을 갖는, 생물 반응기.

청구항 8

제6 항에 있어서,

상기 돌출부가 상기 단면의 꼭지점에 인접하여 배치된, 생물 반응기.

청구항 9

제4 항에 있어서,

상기 배플은 복수 개의 통공을 포함하는, 생물 반응기.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 통공은 상기 돌출부에 위치하는, 생물 반응기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 생물 반응기에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 나선형 배플(Baffle) 및 다각형 드래프트 튜브(Draft tube)를 활용해 물질 전달률을 향상시키는 생물 반응기에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 생물 반응기는 고정화 효소나 고정화 미생물을 매체로 물질의 분해합성이나 화학변환 등의 반응을 일으키는 것이다. 생물 반응기는 미생물반응을 이용한 대사물질의 대량생산을 위해서 필요하다. 생물 반응기 내의 반응은 반응물질의 물질대사량 및 접촉빈도에 영향을 받는다. 또한 일정한 농도를 유지하기 위해 생물 반응기 내부의 유체를 일정 수준 이상 유동시키는 것이 필요하다.

[0003] 특히, 기체상의 일산화탄소(Co)나 산소(O_2)는 생물 반응기 내의 미생물이 활용할 수 없고 유체 내에 용해된 일산화탄소(Co)나 산소(O_2)를 소비하여 반응하기 때문에, 생물 반응기 설계 시 유체 내로 분사된 기체가 생물 반응기 내의 배양액 안으로 많이 녹아 들어가는지가 중요하다.

[0004] 종래의 생물 반응기는 반응부 내부에 내부관이 존재하고 하단부에서 기체를 분사하여 유체를 순환시켰다. 이러한 유체의 순환에 의해 생물 반응기 내부의 미생물이 부유된 상태로 유동하게 된다. 종래의 생물 반응기는 와류 생성을 방지하여 농도 분포의 균일성을 확보할 수 있다. 그러나, 종래의 생물 반응기는 순환되는 유체의 유량과 유속이 감소하고 이에 따라 반응을 위한 필요한 물질 전달률 얻을 수 없다는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 상기한 바와 같은 기술적 배경을 바탕으로, 본 발명은 생물 반응기 내의 물질 전달률을 상승시킬 수 있는 생물 반응기를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 실시예에 따른 생물 반응기는, 내부가 비어있는 형태로, 상기 내부에 유체 및 반응을 위한 반응물을 수용하는 반응부, 상기 반응부의 내부에 위치하여, 상부 및 하부가 개방되어 있고 상기 반응부의 연장 방향과 나란하게 형성된 드래프트 튜브, 상기 반응부에 결합되어, 상기 드래프트 튜브 내로 기체를 분사하여 상기 유체를 순환시키는 기체 발생부, 상기 드래프트 튜브의 내측에 결합되어, 나선형으로 연장된 배플을 포함할 수 있다.

[0007] 상기 배플은 상기 드래프트 튜브의 연장 방향을 따라 배치될 수 있다.

[0008] 상기 배플은 평판일 수 있다.

[0009] 상기 배플은, 상기 나선형의 진행 방향을 따라 배열된 적어도 하나의 돌출부를 포함할 수 있다.

[0010] 상기 배플은, 상기 나선형의 진행 방향을 따라 상기 돌출부에 인접한 적어도 하나 이상의 함몰부를 더 포함할 수 있다.

[0011] 상기 드래프트 튜브는 다각형의 단면을 가질 수 있다.

[0012] 상기 드래프트 튜브는 육각형 또는 칠각형의 단면을 가질 수 있다.

[0013] 상기 돌출부가 상기 단면의 꼭지점에 인접하여 배치될 수 있다.

[0014] 상기 배플은 복수 개의 통공을 포함할 수 있다.

[0015] 상기 통공은 상기 돌출부에 위치할 수 있다.

발명의 효과

[0016] 상기한 바와 같이 본 발명의 일 측면에 따른 생물 반응기는 생물 반응기 내의 물질 전달률을 상승시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 생물 반응기의 사시도이다.

도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 생물 반응기 내부의 유체 및 기체의 흐름을 나타낸 도면이다.

도 3은 나선형 배플이 없는 경우와 있는 경우의 기체의 체류량(Gas Hold-up) 및 물질 전달계수(Mass Transfer Coefficient)를 비교한 그래프이다.

도 4는 본 발명의 제2 실시예에 따른 생물 반응기의 사시도이다.

도 5는 도 4의 생물 반응기 내 드래프트 튜브의 형상에 따른 물질 전달계수를 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 제3 실시예에 따른 생물 반응기의 사시도이다.

도 7은 도 6의 나선형 배플의 사시도이다.

도 8은 도 6의 생물 반응기의 평면도이다.

도 9는 본 발명의 굴곡의 유무 및 돌출부의 위치에 따른 기체 체류량(Gas Hold-up), 평균 기체 버블 직경(Mean Bubble Diameter) 및 물질 전달계수(Mass Transfer Coefficient)를 비교한 그래프이다.

도 10은 기존의 생물 반응기와 도 6의 생물 반응기의 물질 전달계수를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예를 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0019] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 발명에서, '포함하다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0020] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명한다. 이 때, 첨부된 도면에서 동일한 구성 요소는 가능한 동일한 부호로 나타내고 있음에 유의한다. 또한, 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 상세한 설명은 생략할 것이다. 마찬가지 이유로 첨부 도면에 있어서 일부 구성요소는 과장되거나 생략되거나 개략적으로 도시되었다.

[0021] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 생물 반응기에 대해 설명한다.

[0022] 도 1은 본 발명의 제1 실시예에 따른 생물 반응기(10)의 사시도이고, 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 생물 반응기(10) 내부의 유체 및 기체의 흐름을 나타낸 도면이다.

[0023] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 제1 실시예에 따른 생물 반응기(10)는 반응부(100), 드래프트 튜브(200), 배플(300) 및 기체 발생부(400)를 포함할 수 있다. 생물 반응기(10)는 내부에 배양액이 차있는 반응공간(130)이 드래프트 튜브(200)에 의해 드래프트 튜브(200) 내부 공간(130a) 및 외부 공간(130b)으로 구획될 수 있다. 드래프트 튜브(200) 내부의 하단에 위치한 기체 발생부(400)에 의해 기체가 분사되어 배양액이 순환할 수 있다. 드래프트 튜브(200) 내부 공간(130a)의 배양액은 분사된 기체에 의해 상방으로 이동한 후 드래프트 튜브(200) 상단의 개방부를 통해 드래프트 튜브(200) 외부 공간(130b)으로 유출될 수 있다. 유출된 배양액은 다시 드래프트

튜브(200) 외부 공간(130b)을 통해 하방으로 이동한 후 드래프트 튜브(200) 하단의 개방부를 통해 내부 공간(130a)으로 유입될 수 있다. 여기에서, 도 1에 도시되어 있는 구성 요소들 외에 다른 범용적인 구성 요소들이 생물 반응기(10)에 더 포함될 수 있음을 본 실시예와 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다.

[0024] 도 1을 참조하면, 반응부(100)는 내부가 비어있는 형태로, 내부에 유체 및 반응을 위한 반응물을 수용할 수 있다. 반응부(100)는 몸체판(110), 바닥판(120) 및 반응공간(130)를 포함할 수 있다. 여기에서 도 1에 도시되어 있는 구성요소들 외에 다른 범용적인 구성 요소들이 반응부(100)에 더 포함될 수 있음을 본 실시예와 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다.

[0025] 몸체판(110)은 내부가 비어 있으며 한쪽 단부가 막혀있는 원기둥 형태로 반응을 위한 유체 및 반응물을 수용할 수 있다. 몸체판(110)은 담겨진 유체 및 반응물의 상태를 외부에서도 확인할 수 있도록 투명한 유리(Glass) 및 플라스틱으로 제작될 수 있다. 이외에도 몸체판(110)은 유체 및 반응물을 수용할 수 있는 다양한 형상 및 재질이 가능할 수 있다.

[0026] 바닥판(120)은 몸체판(110) 하단에 결합되어, 드래프트 튜브(200) 하단의 유체가 보다 원활하게 순환하도록 할 수 있다. 바닥판(120)은 드래프트 튜브(200) 외부 공간(130b)을 통해 하방으로 이동한 유체의 유동 저해 방지를 위해 몸체판(110)의 외부 방향을 향해 볼록한 형상일 수 있다. 바닥판(120)은 담겨진 유체 및 반응물의 상태를 외부에서도 확인할 수 있도록 투명한 유리(Glass) 및 플라스틱으로 제작될 수 있다. 이외에도 바닥판(120)은 유체의 순환을 원활하게 하는 다양한 형상 및 재질을 가질 수 있다.

[0027] 반응공간(130)은 몸체판(110)과 바닥판(120)에 의해 둘러쌓여 있으며, 유체 및 반응물이 반응을 하는 공간이다. 반응공간(130) 내부에는 생물 반응기(10)의 반응에 필요한 미생물이나 유체가 존재할 수 있다. 반응공간(130)은 드래프트 튜브(200)에 의해 드래프트 튜브(200) 내부 공간(130a) 및 드래프트 튜브(200) 외부 공간(130b)으로 구획될 수 있다.

[0028] 드래프트 튜브(200)는 반응부(100)의 내부에 위치하여, 상부 및 하부가 개방되어 있고 반응부(100)의 연장 방향과 나란하게 형성될 수 있다. 드래프트 튜브(200)는 외부 직경이 몸체판(110)의 내부 직경 보다 작은 관(Pipe) 형상 일 수 있다. 드래프트 튜브(200)는 그 단면이 원인 원기둥 형상일 수 있다. 드래프트 튜브(200)는 후술하는 기체 발생부(400)에 의해 반응공간(130)의 유체가 순환할 때 와류(Vortex)가 생성되는 것을 방지할 수 있다. 또한 와류에 의한 유동 저해 방지를 위해 바닥판(120)이 몸체판(110)의 하단 외부 방향을 향해 볼록하기 때문에 유체가 원활히 순환할 수 있다. 이에 따라, 반응공간(130)내의 유체에 용존하는 기체(Co 및 O_2 등)의 농도 분포가 균일하게 될 수 있다.

[0029] 배플(300)은 중심축(310) 및 배플판(320)을 포함할 수 있다. 배플(300)은 유체의 흐름을 바꾸도록 드래프트 튜브(200)의 내측에 판 형태로 형성될 수 있다. 배플(300)은 드래프트 튜브(200)의 연장 방향을 따라 배치될 수 있다. 배플(300)은 평판일 수 있다. 보다 구체적으로는 중심축(310)을 제외한 배플판(320)이 평판일 수 있다. 배플(300)은 유체가 통과하는 도중에 설치되어 유체를 충돌시키고 흐름을 방해하여 교반효과를 높일 수 있다. 여기에서, 도 1에 도시되어 있는 구성 요소들 외에 다른 범용적인 구성 요소들이 배플(300)에 더 포함될 수 있음을 본 실시예와 관련된 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있다.

[0030] 배플(300)은 드래프트 튜브(200)의 내측에 결합되어, 나선형으로 연장되어 나선형 유동에 의해 기체의 체류량을 증가시킬 수 있다. 배플(300)에 의해 분사된 기체에 의해 상방으로만 이동할 수 있었던 드래프트 튜브(200) 내부 공간(130a)의 배양액은 나선형 유동을 하며 상방으로 이동할 수 있다. 드래프트 튜브(200) 내부 공간(130a)의 배양액은 상방으로 이동한 후 드래프트 튜브(200) 상단의 개방부를 통해 드래프트 튜브(200) 외부 공간(130b)으로 유출될 수 있다. 이러한 나선형 유동에 의해 배양액 내 기체의 체류량이 증가할 수 있다.

[0031] 중심축(310)은 배플(300)의 나선형 연장 방향의 중심에 형성되어, 배플(300)이 안정적으로 드래프트 튜브(200) 내 결합되게 할 수 있다. 중심축(310)은 나선형 연장 방향의 중심을 따라 길게 형성된 원통형 막대일 수 있다. 중심축(310)은 드래프트 튜브(200) 내부 공간(130a)의 배양액의 유동에도 배플판(320)이 동일한 위치를 유지할 수 있도록 반응부(100)의 상부에 강하게 결합될 수 있다. 중심축(310)은 충분한 강성을 지닌 플라스틱 및 강철(Steel)과 같은 재료로 형성될 수 있다. 다만 중심축(310)의 형상 및 재질은 반드시 이에 한정되지 않고, 당업자에 의해 채용될 수 있는 범위에서 일부 변경될 수 있다.

[0032] 배플판(320)은 중심축(310)을 나선형으로 감싸는 평판으로 드래프트 튜브(200) 내부 공간(130a)의 배양액의 흐름을 직접적으로 바꾸는 역할을 할 수 있다. 배플판(320)은 드래프트 튜브(200) 내부 공간(130a)의 배양액의 유

동을 나선형으로 유도하는 가이드 역할을 할 수 있다. 배플판(320)은 중심축(310)의 하단에서부터 시작하여 중심축(310)의 상단까지 중심축(310)을 중심으로 1회 나선형으로 회전하여 형성된 평판일 수 있다. 다만 배플판(320)의 형상 및 재질은 이에 한정되지 않고 다양한 형상 및 재질을 가질 수 있다.

[0033] 기체 발생부(400)는 반응부(100)에 결합되어, 드래프트 튜브(200) 내로 기체를 분사하여 유체를 순환시킬 수 있다. 기체 발생부(400)는 기체를 분사하기 위해 기체 공급원, 압축 기체 탱크, 펌프 및 스파저(Sparger)의 구성을 가질 수 있다. 여기서 스파저는 액체 중에 기체를 분산시키는 장치로 3~12㎜의 구멍을 뚫은 판이나 다공질의 판이 활용될 수 있다. 이외에도, 기체 발생부(400)는 드래프트 튜브(200) 내로 기체를 분사하여 유체를 순환시키기 위한 어떠한 구성 및 형상도 가능할 수 있다.

[0034] 도 3은 나선형 배플(300)이 없는 경우와 있는 경우의 기체의 체류량(Gas Hold-up) 및 물질 전달계수(Mass Transfer Coefficient)를 비교한 그래프이다.

[0035] 도 3을 참조하면, 그래프①은 나선형 배플(300)이 있는 경우의 기체 체류량을, 그래프②는 나선형 배플(300)이 없는 경우의 기체 체류량을 나타낸다. 나선형의 배플(300)이 있는 경우 기체의 체류량은 나선형의 배플(300)이 없는 경우의 기체의 체류량에 비해 약 3배 정도 증가함을 알 수 있다. 나선형의 배플(300)이 있는 경우 물질 전달계수는 나선형의 배플(300)이 없는 경우의 물질 전달계수보다 약 1.7배 증가함을 알 수 있다.

[0036] 나선형 배플(300)이 있는 경우에는 배플(300)이 배양액의 유동을 가로막아 기체 버블간 충돌로 기체 버블의 크기가 증가할 수 있고, 상호간의 접촉 및 방해효과 때문에 기체의 체류량이 증가할 수 있다. 또한 나선형 배플(300)과 인접한 유체의 유속은 배플(300)과의 충돌 및 마찰력으로 인해 감소하여 나선형 배플(300)과 인접하지 않은 유체의 유속과 차이가 커질 수 있다. 따라서 나선형 배플(300)이 포함된 생물 반응기(10)의 유체는 나선형 배플(300)이 포함되지 않은 경우 보다 기체 버블의 크기가 증가할 수 있고 나선형 유동에 의해 기체의 체류량이 증가할 수 있으며 유속변화의 크기가 커질 수 있다.

[0037] 기체 버블의 크기가 커지는 경우, 물질 전달을 위한 기체와 유체간 계면의 표면적(interfacial surface area)이 줄어들어 물질 전달계수가 줄어 들 수 있다. 기체의 체류량이 증가하는 경우, 기체의 체적률(gas volume fraction)이 증가하여 물질 전달계수가 증가할 수 있다. 유속 변화의 크기가 커지는 경우, 기체와 유체 간의 접촉을 효율적으로 할 수 있게 하여 물질 전달계수가 증가할 수 있다.

[0038] 나선형 배플(300)이 있는 경우에는 나선형 배플(300)이 없는 경우에 비해 기체의 체류량 및 유속 변화의 크기가 증가하는 긍정적인 영향이 지배적이고 결론적으로 물질 전달계수가 약1.7배 상승할 수 있다.

[0039] 이하에서는 본 발명의 제2 실시예에 따른 생물 반응기에 대해서 설명한다.

[0040] 도 4는 본 발명의 제2 실시예에 따른 생물 반응기(10)의 사시도이다.

[0041] 도 4를 참조하면, 나선형 배플(300)이 포함된 생물 반응기(10)의 드래프트 튜브(200)의 단면이 다각형일 수 있다. 단면이 원형인 드래프트 튜브(200)에 비해 단면이 다각형인 경우, 다각형의 꼭지점 영역에서 유속 변화의 크기가 증가하여 물질 전달률이 커질 수 있다.

[0042] 도 4의 생물 반응기(10)의 드래프트 튜브(200)내 기체 및 유체는 중심축(310)을 중심으로 회전하고 드래프트 튜브(200)의 연장 방향을 따라 나선유동하며 상방으로 이동하기 때문에, 드래프트 튜브(200) 단면의 다각형 꼭지점 영역을 복수 회 통과하며 이동할 수 있다. 따라서 도 4와 같이 나선형 배플(300)이 포함된 경우, 꼭지점 영역에서 기체 및 유체와 드래프트 튜브(200)의 내측면 간의 상호 접촉 및 유동 방해가 나선형 배플(300)이 없는 경우 보다 많이 일어나 꼭지점 인근 영역과 아닌 영역 간의 유속 변화의 크기가 커질 수 있다. 유속 변화의 크기가 커질 경우, 기체와 유체 간의 접촉을 효율적으로 할 수 있게 하여 물질 전달계수가 증가할 수 있다.

[0043] 도 5는 도 4의 생물 반응기(10) 내 드래프트 튜브(200)의 형상에 따른 물질 전달계수를 나타낸 그래프이다.

[0044] 도 5를 참조하면, 드래프트 튜브(200)의 단면 형상에 따라 물질 전달계수가 달라지는 것을 확인할 수 있다. 드래프트 튜브(200) 단면의 다각형 꼭지점 내각의 크기가 작을수록, 나선 유동하는 기체 및 유체의 흐름에 대한 유동 방해가 클 수 있다. 따라서 다각형 꼭지점 내각의 크기가 작을수록 꼭지점 영역에서의 유속 변화의 크기가 증가할 수 있다.

[0045] 다만, 다각형 꼭지점 내각의 크기가 작아질수록 다각형의 꼭지점의 개수가 감소한다. 예를들어, 정삼각형의 경우 내각의 크기가 60도로 정사각형의 경우(90도)보다 작지만, 꼭지점의 개수는 정삼각형의 경우 3개로 정사각형의 경우(4개)보다 작다. 결과적으로, 단면 다각형의 꼭지점의 내각의 크기가 작아질수록 꼭지점에서 유속 변화

의 크기가 증가하나, 이러한 유속변화의 크기가 발생하는 꼭지점의 개수가 감소한다. 따라서 다각형 꼭지점 내각의 크기가 작아짐에 따른 물질 전달률에 대한 긍정적인 효과와 부정적인 효과를 적절히 조율하여 드래프트 튜브(200)의 단면 형상을 결정할 수 있다.

[0046] 도 5를 참조하면, 드래프트 튜브(200)의 단면 다각형 꼭지점 개수가 늘어남에 따라 물질 전달계수는 증가하다가 단면이 칠각형이 경우 물질 전달계수가 최대이고, 그 이후에는 꼭지점 개수가 늘어남에 따라 물질 전달계수는 감소함을 확인할 수 있다. 도 5의 그래프를 참조할 때, 드래프트 튜브(200)의 단면은 육각형 또는 칠각형으로 형성되는 것이 가장 효율적인 단면 형상일 수 있다. 드래프트 튜브(200)의 단면이 원형일 경우보다 단면이 육각형 또는 칠각형일 경우 물질 전달계수는 약 1.2배 증가할 수 있다.

[0047] 이하에서는 본 발명의 제3 실시예에 따른 생물 반응기(10)에 대해서 설명한다.

[0048] 도 6은 본 발명의 제3 실시예에 따른 생물 반응기(10)의 사시도이고, 도 7은 도 6의 나선형 배플(300)의 사시도이며, 도 8은 도 6의 생물 반응기(100)의 평면도이다.

[0049] 도 6 내지 도 8을 참조하면, 생물 반응기(10)의 배플(300)은 돌출부(330), 함몰부(340) 및 통공(350)을 더 포함할 수 있다. 배플(300)을 제외한 나머지 구성의 경우 도 4의 생물 반응기(10)와 동일하기 때문에 동일한 구성에 대한 중복 설명은 생략한다.

[0050] 돌출부(330)는 드래프트 튜브(200)의 단면의 꼭지점에 인접하여 배치되며, 드래프트 튜브(200)내의 기체 및 유체를 일정기간 체류하게 할 수 있다. 돌출부(330)는 중심축(310)과 단면의 꼭지점을 잇는 선을 최고점으로 하여 상기 선으로부터 멀어질 수록 돌출높이가 낮아지는 영역을 의미할 수 있다. 돌출부(330)는 드래프트 튜브(200)내의 기체 및 유체의 진행 방향을 가로막는 위치에 위로 볼록하게 형성될 수 있다. 이로 인해, 돌출부(330)에 기체 및 유체가 모여 일정기간 체류할 수 있다. 다만, 돌출부(330)의 형상은 이에 한정되지 않고 다양한 형상을 가질 수 있다.

[0051] 함몰부(340)는 나선형의 진행 방향을 따라, 돌출부(330)에 인접하여 적어도 하나 이상 형성되어, 기체 및 유체를 돌출부(330)로 유도할 수 있다. 함몰부(340)는 중심축(310)과 단면의 일변의 중심점을 잇는 선을 최저점으로 하여 상기 선으로부터 멀어질수록 함몰 깊이가 낮아지는 영역을 의미할 수 있다. 함몰부(340)는 드래프트 튜브(200)내의 기체 및 유체의 진행 방향을 가로막는 위치에 아래로 볼록하게 형성될 수 있다. 이로 인해, 함몰부(340)에는 기체 및 유체가 모이지 않고 돌출부(330)에 기체 및 유체가 보다 용이하게 모여 일정기간 체류할 수 있다. 다만, 함몰부(340)의 형상은 이에 한정되지 않고 다양한 형상을 가질 수 있다.

[0052] 통공(350)은 배플(300)에 복수 개 형성되어, 돌출부(330)에 모인 기체 버블을 작은 크기의 버블로 분쇄할 수 있다. 통공(350)은 배플판(320)을 관통하는 원형의 홀(Hole)형상 일 수 있다. 통공(350)의 직경은 형성하고자 하는 기체 버블의 직경과 일치할 수 있다.

[0053] 통공(350)은 돌출부(330)에 위치할 수 있다. 통공(350)은 드래프트 튜브(200)내의 기체 및 유체가 돌출부(330)에 모이면 기체 및 유체가 돌출부(330)에 쌓여감에 따라 기체 및 유체에 대해 드래프트 튜브(200) 진행 방향인 상방으로 미는 압력이 가해지고, 이때 기체 및 유체가 돌출부(330) 외부로 빠져나가는 통로가 될 수 있다. 다만, 통공(350)의 형상은 이에 한정되지 않고 통상의 기술자에 의해 채용될 수 있는 범위 내에서 변경할 수 있다.

[0054] 도 9는 본 발명의 굴곡의 유무 및 돌출부(330)의 위치에 따른 기체 체류량(Gas Hold-up), 평균 기체 버블 직경(Mean Bubble Diameter) 및 물질 전달계수(Mass Transfer Coefficient)를 비교한 그래프이다.

[0055] 도 9를 참조하면, 배플(300)에 통공(350)이 형성된 경우(이하 BH), 드래프트 튜브(200) 단면의 변(side) 인근에 나선형 배플(300)의 돌출부(330) 및 통공(350)이 형성된 경우(이하 WBSC) 및 드래프트 튜브(200) 단면의 꼭지점(corner) 인근에 나선형 배플(300)의 돌출부(330) 및 통공(350)이 형성된 경우(이하 WBCC) 3가지 경우를 비교할 수 있다. 기존의 해석 결과를 통해 드래프트 튜브(200) 단면의 꼭지점에서 유동의 변화 및 기체 체류량이 높다는 것을 확인할 수 있다.

[0056] 도 9의 첫번째 그래프를 참조하면, 기체 체류량(Gas Hold-up)의 경우 BH가 가장 높고 WBSC, WBCC 순으로 낮아진다. 이는 기체 및 유체가 집중되는 돌출부(330)에 통공(350)이 형성되는 WBSC 및 WBCC의 경우가 그렇지 않은 BH의 경우보다 기체 및 유체가 배플판(320)을 용이하게 통과할 수 있기 때문일 수 있다. 또한, 돌출부(330) 및 통공(350)이 꼭지점에 인접하여 형성된 WBCC의 경우, 기체 체류량이 높은 꼭지점에 돌출부(330) 및 통공(350)이 형성되는 바, 그렇지 않은 WBSC의 경우 보다 기체 및 유체가 통공(350)을 용이하게 통과하여 기체 체류량이 낮

을 수 있다. 기체 체류량이 낮아짐에 따라 물질 전달률이 낮아질 수 있다.

[0057] 도 9의 두번째 그래프를 참조하면, 기체 버블 직경은 BH가 가장 크고 WBSC, WBCC순으로 작아진다. 이는 드래프트 튜브(200) 단면의 꼭지점에서 유동의 변화 및 기체 체류량이 가장 높으므로, 꼭지점에 돌출부(330) 및 통공(350)이 형성된 WBCC의 경우, 돌출부(330)에 집중된 기체 버블이 통공을 지나며 작은 버블로 나누어지는 효과가 가장 크기 때문일 수 있다. 기체 버블 직경이 작아짐에 따라 물질 전달률이 증가할 수 있다.

[0058] 도 9의 세번째 그래프를 참조하면, 물질 전달률은 BH가 가장 작고 WBSC, WBCC 순으로 높아진다. WBCC의 경우 기체 체류량은 가장 낮지만, 평균 기체 버블의 직경은 가장 작다. WBCC의 경우 작은 평균 기체 버블 직경으로 인한 긍정적인 효과가 보다 지배적이기 때문에 물질 전달률이 높을 수 있다. WBCC의 경우 BH의 경우보다 물질 전달률이 약 2배 증가할 수 있다.

[0059] 도 10은 기존의 생물 반응기(10)와 도 6의 생물 반응기(10)의 물질 전달계수를 나타낸 그래프이다.

[0060] 도 10을 참조하면, 그래프 ①은 본 발명의 디자인된 생물 반응기(10)의 물질 전달률을 그래프②는 기존의 생물 반응기(10)의 물질 전달률을 나타낸다. 기존의 생물 반응기(10)에 비해 본 발명의 디자인된 생물 반응기(10)는 최대 16배 증가된 물질 전달률을 얻을 수 있다.

[0061] 본 발명의 생물 반응기(10)는 나선형 배플(300)을 활용하여, 나선형 유동에 의한 기체 체류량 증가 및 유속 변화의 크기 증가로 물질 전달률을 상승시킬 수 있다.

[0062] 본 발명의 생물 반응기(10)는 나선형 배플(300)과 단면이 다각형인 드래프트 튜브(200)를 사용해, 기체와 액체가 혼합되어 있는 다상 유동의 유속구배가 증가하여 물질 전달률을 상승시킬 수 있다.

[0063] 또한, 본 발명의 생물 반응기(10)는 굴곡진 형태의 나선형 배플(300)을 사용하고, 굴곡진 형태의 나선형 배플(300)의 돌출부(330)를 드래프트 튜브(200) 단면 꼭지점에 인접하여 위치시켜, 기체가 집중되는 부분과 유속의 변화량이 큰 부분을 일치시킬 수 있다. 이로 인해 물질 전달률이 상승할 수 있다.

[0064] 본 발명의 생물 반응기(10)는 나선형 배플(300)의 돌출부(330)에 통공(350)을 만들어, 집중되어 있는 기체를 작은 크기의 기체 버블로 분리할 수 있다. 이를 통해, 기체 버블의 직경이 감소하여 단위 부피당 표면적이 증가할 수 있고, 이로 인해 물질 전달률이 상승할 수 있다.

[0065] 이상, 본 발명의 일 실시예에 대하여 설명하였으나, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 구성 요소의 부가, 변경, 삭제 또는 추가 등에 의해 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있을 것이며, 이 또한 본 발명의 권리범위 내에 포함된다고 할 것이다.

부호의 설명

[0066] 10 생물 반응기

100 반응부

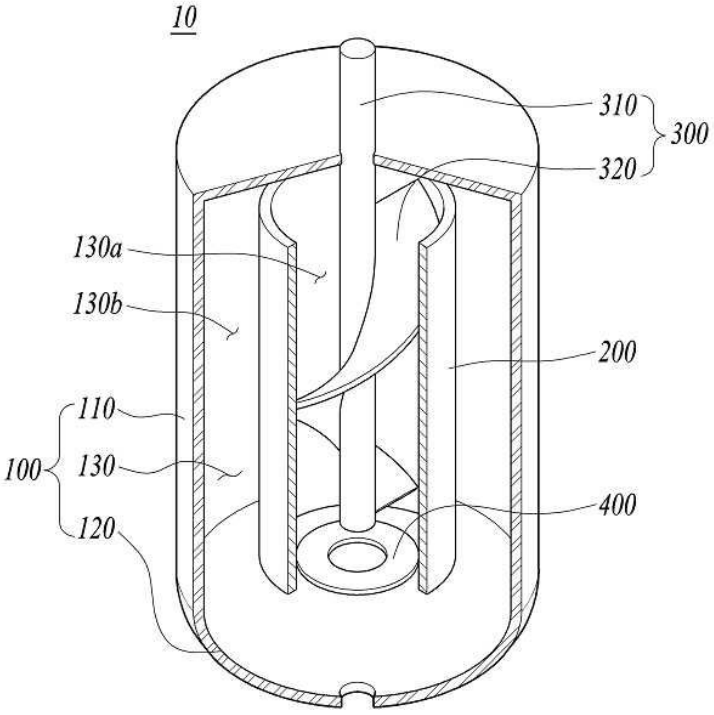
200 드래프트 튜브

300 배플

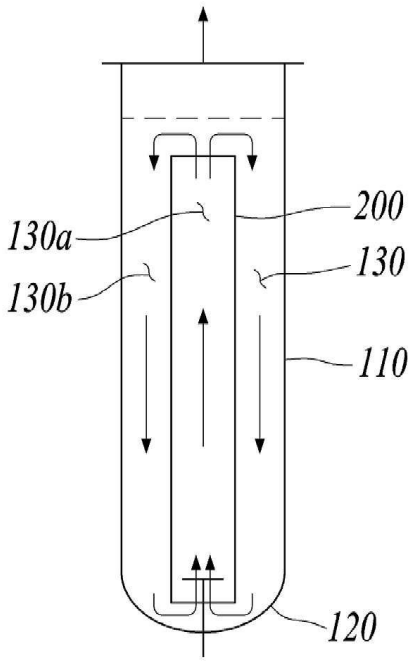
400 기체 발생부

도면

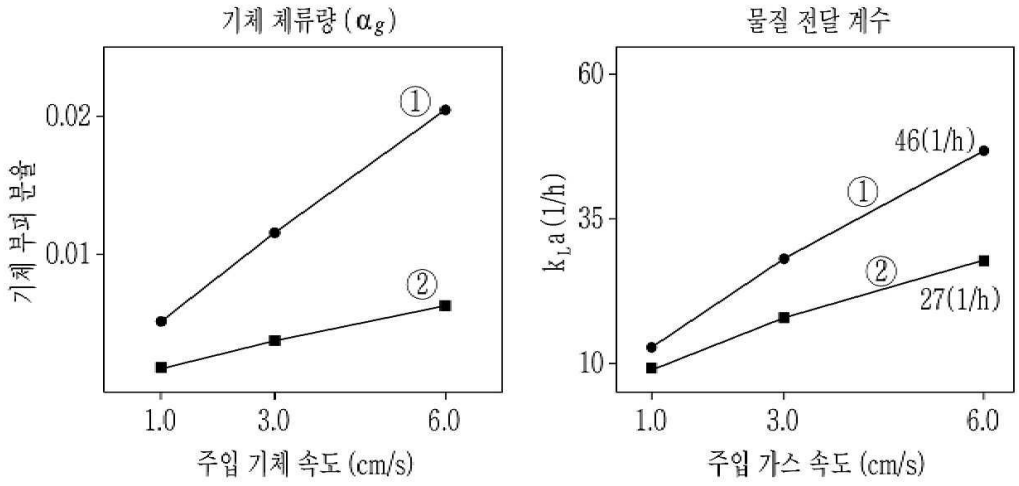
도면1


10
310
300
320
130a
130b
200
110
100
130
400
120

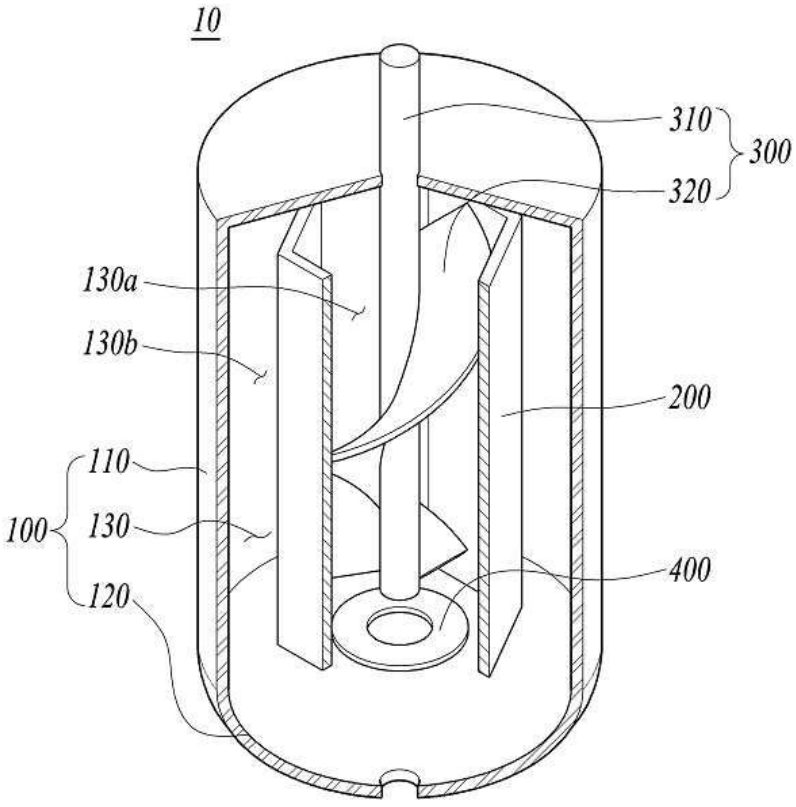
도면2


200
130a
130
130b
110
120

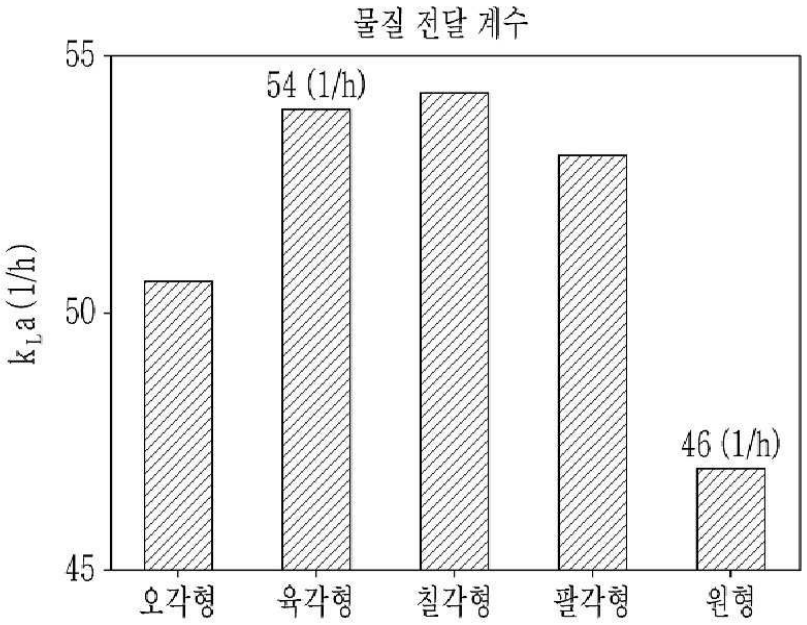
도면3


기체 체류량 (α_g)
0.02
0.01
기체 부피 분율
①
②
1.0
3.0
6.0
주입 기체 속도 (cm/s)
물질 전달 계수
60
35
10
k_La (1/h)
46(1/h)
①
②
27(1/h)
1.0
3.0
6.0
주입 가스 속도 (cm/s)

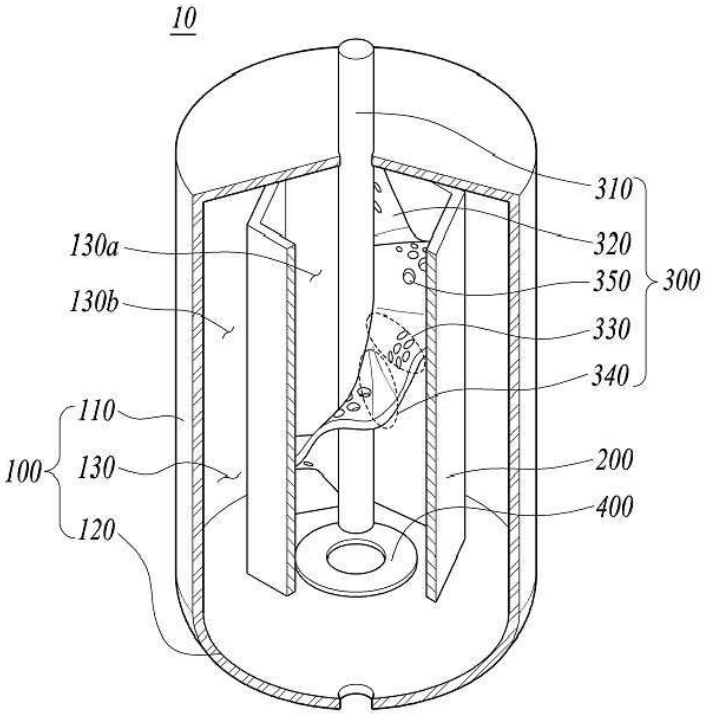
도면4


10
310
300
320
130a
130b
200
110
100
130
120
400

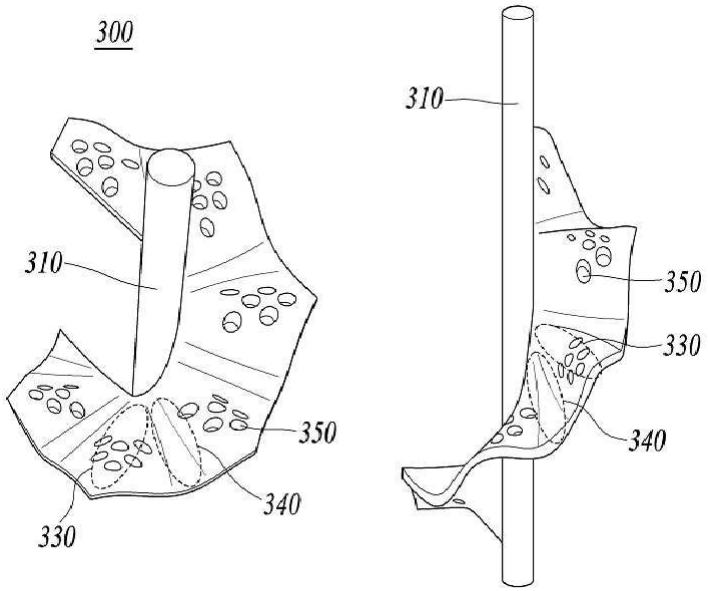
도면5


물질 전달 계수
55
50
45
k_La (1/h)
54 (1/h)
46 (1/h)
오각형
육각형
칠각형
팔각형
원형

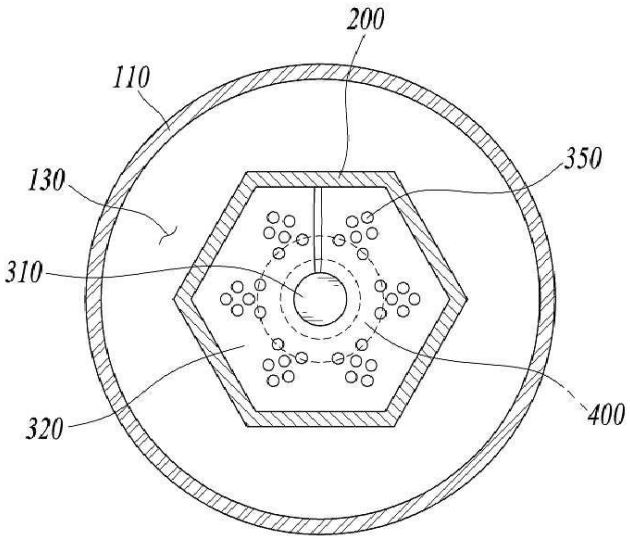
도면6


10
310
320
350
330
340
300
130a
130b
110
130
120
100
200
400

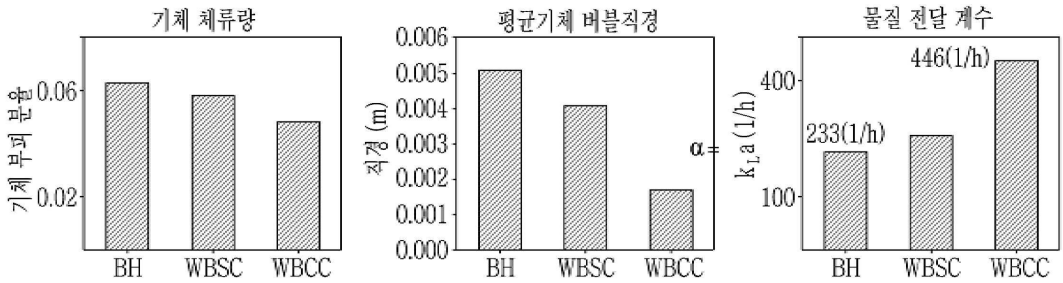
도면7


300
310
350
340
330
310
350
330
340

도면8


200
110
130
310
320
350
400

도면9


기체 체류량
기체 부피 분율
0.06
0.02
BH
WBSC
WBCC
평균기체 버블직경
직경 (m)
0.006
0.005
0.004
0.003
0.002
0.001
0.000
α=
BH
WBSC
WBCC
물질 전달 계수
k_La (1/h)
400
100
233(1/h)
446(1/h)
BH
WBSC
WBCC

도면10

