



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0051213
(43) 공개일자 2023년04월17일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 F28F 9/013 (2006.01) B01F 25/421 (2022.01)
 B01F 25/431 (2022.01) B01F 35/93 (2022.01)
 F28D 21/00 (2006.01) F28D 7/16 (2006.01)
 F28F 9/22 (2006.01) F28F 9/24 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
 F28F 9/0132 (2013.01)
 B01F 25/4231 (2022.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7007879
- (22) 출원일자(국제) 2021년08월11일
 심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2023년03월06일
- (86) 국제출원번호 PCT/CH2021/050018
- (87) 국제공개번호 WO 2022/032401
 국제공개일자 2022년02월17일
- (30) 우선권주장
 01018/20 2020년08월14일 스위스(CH)
- (71) 출원인
 술저 매니지먼트 에이지
 스위스 8401 빈터투어 누위젠스트라체 15
- (72) 발명자
 스트레이프 펠릭스
 스위스, 험리콘 8457, 1 귀틀리 오베레스
- (74) 대리인
 특허법인 신우

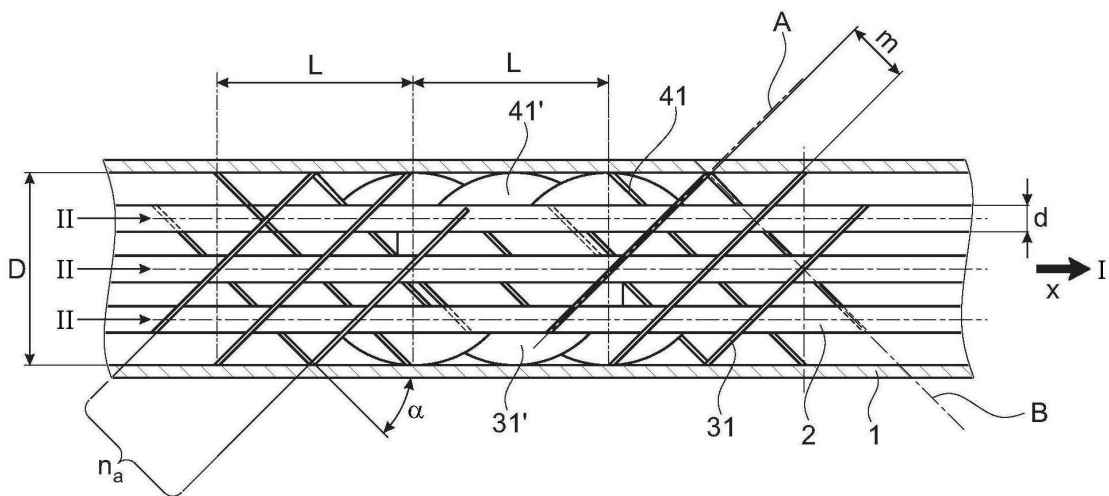
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 유동 매체를 혼합 및 분산하고 반응을 수행하며 열을 공급 및 소산하는 장치

(57) 요약

본 발명은 매체(I)용 내경(D)을 갖는 하우징(1)에서 유동 매체를 혼합 및 분산하고 반응을 수행하며 열을 공급 및 소산하는 장치에 관한 것이며, 상기 장치는 하우징의 길이방향 축에 바람직하게는 평행하게 배향되며 외경(d)을 갖는 튜브들(2)의 번들 또는 다른 세장형 요소들과 상기 세장형 요소들 사이에 교차 상태로 설치된 가로대들 또는 가로대 층들(31, 41)로 구성된 내부 피팅들을 포함하고, 상기 가로대들은 하우징의 길이방향 축에 대해 기울어져 있고 서로 접촉하지 않는다. 축방향으로 연속되는 다수의 가로대들을 따라 또는 길이(L)를 따라, 가로대들이 바람직하게는 90° 회전된 상태로 튜브들 사이에 설치된다. 열 전달 매체(II)는 튜브들에서 병류 또는 역류 모드로 흐를 수 있으며, 이로 인해 매우 큰 열 전달 용량과 거의 플러그 흐름을 가진 혼합기/열 교환기 또는 반응기가 생성된다.

대표도



(52) CPC특허분류

B01F 25/43161 (2022.01)

B01F 35/93 (2022.01)

F28D 7/16 (2013.01)

F28F 9/22 (2013.01)

F28F 9/24 (2013.01)

B01F 2025/916 (2022.01)

B01F 2025/917 (2022.01)

F28D 2021/0052 (2013.01)

F28F 2009/228 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

내부 피팅들을 구비한, 액체, 기체 또는 다상의 생성물 흐름(I)에 대한 주요 흐름 방향을 결정하는 길이방향 축과 내경 D를 갖는 바람직하게는 관형 하우징(1) 내에서 유동 매체를 혼합 및 분산하고 반응을 수행하며 열을 공급 및 소산하는 장치에 있어서,

상기 내부 피팅들은 상기 하우징의 길이방향 축에 바람직하게는 평행하게 배향된, 바람직하게는 튜브 번들의 스퀘어 피치 t를 가진, 외경 d를 가진 튜브들(2)의 번들 또는 다른 세장형 요소들로 이루어지고, 상기 튜브들 또는 다른 세장형 요소들 사이에 제 1 배열(31)의 적어도 하나의, 바람직하게는 플레이트형 가로대가 설치되고, 상기 적어도 하나의 가로대는 상기 하우징의 길이방향 축에 대해 각도 α , 바람직하게는 $\alpha = 30 - 60^\circ$, 특히 바람직하게는 $\alpha = 45^\circ$ 만큼 기울어지고, 이에 대해 교차 상태로, 바람직하게는 동일한 경사각을 갖지만 반대 부호를 갖는 제 2 배열(41)의 적어도 하나의 제 2, 바람직하게는 플레이트형 가로대가 삽입되고, 상기 가로대들은 너비 b를 갖고 상기 너비는 상기 튜브 번들의 피치 t보다 작거나 기껏해야 동일하고, 상기 가로대들은 서로 접촉하지 않는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 축 방향으로 연속하는 가로대들은 상기 튜브들 또는 다른 세장형 요소들 사이에서 가로대 층을 형성하고, 하나의 가로대 층의 가로대들은 바람직하게는 평행하고 거리 m을 가지며, 상기 가로대 층들은 가로대들의 수 또는 길이 L에 따라 바람직하게는 90° 회전되어(31', 41') 상기 튜브들 사이에 설치되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서, 제 1 가로대 층(31)은 교차 상태로 설치된 제 2 가로대 층(41)에 인접하고, 그들 사이에 튜브 또는 튜브 열이 있고, 상기 가로대들은 서로 접촉하지 않는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 주 흐름 방향에 대해 횡방향으로 인접한 가로대들 사이에 거리들이 있고, 상기 가로대들의 최대 너비 b는 바람직하게는 튜브 피치 t의 85% 미만, 특히 65% 미만인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 가로대들은 상기 튜브 번들의 튜브들 사이에 오목부들 없이 끼워지고 최대 너비 $b = t-d$ 를 갖는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 가로대들은 각각 교차하는 평면(A, B)에 있도록 횡방향으로 배향되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 가로대들의 축방향 거리 m은 적어도 하나의 가로대 위치에서 0.2 내지 0.4D인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 가로대들의 축방향 거리 m은 적어도 하나의 가로대 위치에서 $< 4d$ 인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서, 가로대 층들의 그룹들은 축방향 길이 L을 갖는 혼합 요소들을 형성하고, 연속하는 혼합 요소의 가로대 층들은 90° 회전되어 튜브들 사이에 삽입되고, 상기 혼합 요소들의 길이 L은 바람직하게는 0.5 내지 4D인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서, 제 1 그룹의 교차하는 가로대들(31, 41)은 90° 회전된 제 2 그룹의 교차하는 가로대들(31', 41')과 서로 짜여져 2개의 횡방향으로 혼합하는 혼합 요소를 형성하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 세장형 요소들의 적어도 일부는 액체, 기체 또는 증기 열 전달 매체(II)를 위한 입구 및 출구 장치를 갖는 튜브들이고, 상기 열 전달 매체(II)는 상기 튜브들의 외부 공간에서 생성물 흐름(I)에 대해 병류 또는 역류로 흐르는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 12

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 세장형 요소들의 적어도 일부는 전기 가열 로드 또는 전기 가열 코일인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 13

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 세장형 요소들의 적어도 일부는 교환 공정을 위한 다공성 또는 반투과성 벽을 갖는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 14

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 세장형 요소들의 적어도 일부는 상기 가로대들에 고정 연결되거나 상기 가로대들과 함께 모놀리식 부품을 형성하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 15

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서, 적어도 하나의 가로대 층의 가로대들은 서로에 대해 기울어지고 보조 요소들 또는 시트들에 의해 서로 연결되어 파형 시트 형상의 가로대 층을 형성하는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 16

제 1 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서, 가로대 층들의 그룹들은 보조 요소에 의해 횡방향으로 또는 길이 방향으로 서로 연결되는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 17

제 1 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서, 가열 또는 냉각을 위한 또는 반응, 특히 중합 반응을 수행하기 위한 장치로서, 유동 매체는 단일상 또는 다상 응집 상태를 갖는 고점도 용액 또는 용융물이며, 상기 장치 또는 반응기의 빈 부피에 대한 상기 튜브 번들의 표면적의 비율이 적어도 50 m²/m³인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 18

제 1 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 튜브들 또는 세장형 요소들의 적어도 일부는 발광 요소들 또는 반투과성 또는 다공성 벽들을 가진 요소들 또는 열 전달 매체 없는 튜브들 또는 로드들 또는 상기 튜브 번들의 의도된 위치에서 구조의 강화를 위한 다른 세장형 프로파일들인 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 19

제 1 항 내지 제 18 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 튜브 번들의 튜브들을 위한 의도된 위치들 중 적어도 일

부는 채워지지 않는 것을 특징으로 하는 장치.

청구항 20

제 1 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 따른 장치에서 유동 매체 내 물질 교환을 위한 또는 불균일 촉매 반응을 수행하기 위한 방법에 있어서,

튜브 번들의 튜브들 주변의 생성물 공간(I)은 촉매 담체 또는 이온 교환 수지의 고정층 또는 유동층으로 채워지는 것을 특징으로 하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 청구항 제 1 항의 전제부에 따른 내부 피팅들을 포함하는 하우징에서 유동 매체를 혼합 및 분산하고 반응을 수행하며 열을 공급 및 소산하는 장치에 관한 것이다. 장치는 하우징의 길이방향 축에 바람직하게는 평행하게 배향된 튜브들의 번들 또는 다른 세장형 요소들 및 상기 튜브들 또는 상기 세장형 요소들 사이에 삽입된, 하우징의 길이방향 축에 대해 기울어진 제 1 배열의 가로대 및 가로대 층들 및 가로대 층들의 적어도 하나의 제 2 배열로 이루어지고, 제 1 배열의 가로대들의 경사각은 가로대 층들의 제 2 배열과 반대 부호를 갖고 교차하지만 접촉하지 않는다. 가로대들은 튜브 번들의 튜브들 사이에 설치되며 서로 접촉하지 않는다. 튜브 또는 튜브 열은 바람직하게는 제 1 배열과 제 2 배열의 교차하는 가로대들 사이에 놓인다. 유동 매체(생성물)는 하우징 내의 튜브 주변에서 축 방향의 주 흐름 방향으로 흐른다. 튜브들 또는 하우징 축에 대해 기울어진, 교차 상태로 배치된 가로대들에 의해, 유동 매체는 튜브 주변에서 강제로 교차 흐름을 일으키고 동시에 지속적으로 교차 혼합된다. 열 전달 매체는 튜브들 내에서 생성물에 대해 병류 또는 역류로 흐를 수 있지만 반드시 그럴 필요는 없다. 원형 튜브 또는 튜브 번들 열 교환기의 쉘 공간이 하우징 역할을 하는 것이 바람직하다. 본 발명에 따른 장치는 바람직하게는 층류 유동 매체에 적합하지만 난류에도 사용될 수 있다. 본 발명은 또한 본 발명에 따른 장치 내의 유동 매체에서 물질 교환을 위한 또는 불균일 촉매 반응을 수행하기 위한 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

특허 공보 CH 642 564에는 점성이 높은 생성물에서 층류를 위한 매우 효율적인 정적 혼합 장치가 알려져 있으며, 여기에서 혼합 요소들은 교차하는 평면들에 배치된, 단면의 투영과 관련해서 6 - 10개의 교차 가로대들의 그룹들로 이루어진다. 이 경우 가로대들 또는 평면들은 흐름 방향에 대해 바람직하게는 45° 기울어져 있고 인접한 가로대들은 교차점들에서 접촉한다. 혼합 요소의 길이는 0.75 ~ 1.5D이고, 연속하는 혼합 요소들은 90° 회전되어 하우징에 내장된다. CH 627 263에 설명된 대로 흐름 방향에 대해 30° 만 기울어진, 교차하는 가로대들이 있고 낮은 압력 손실을 갖지만 더 낮은 혼합 및 열 교환 효과를 갖는 연신된 변형에는 특히 층류가 있는 튜브들에서 열 전달을 개선하는 것으로 알려져 있다. 이러한 혼합 요소들은 오늘날까지 작은 편차로 많은 공급업체에서 소위 X-혼합기(예: SMX, SMXL, KMX, GX, CSE-X, AMX 또는 UM. 다 열거되지 않음)로 제공된다. 그들은 매우 우수한 혼합 효과, 높은 열 전달 또는 Nu 수($Nu = \alpha D / \lambda$) 및 매우 좁은 체류 시간 스펙트럼을 특징으로 한다. 상기 식에서, α 는 생성물 측의 열 전달 계수이고, D(또는 d)는 튜브 직경이며, λ 는 생성물의 열전도율이다. Nu 수는 빈 튜브와 달리, 경계층의 지속적인 교차 혼합 및 갱신으로 인해 층류 흐름에서도 튜브 길이와도 무관하다. 층류의 경우 열 전달 계수 α 가 빈 튜브에 비해 5~10배 증가한다. 이러한 장치의 고점성 물질에 대한 일반적인 열 전달 계수 k 는 150 - 250 W/(m²K) 범위이다. X 구조의 정적 혼합기는 알려진 모든 정적 혼합기 중에서 체류 시간 스펙트럼이 가장 좁다. 측정된 보덴슈타인(Bodenstein) 수 Bo 는 50 - 100 m⁻¹ 또는 예를 들어 2m 길이의 반응기에서 최대 200 이다(F. Streiff in Waermeuebertragung bei der Kunststoffaufbereitung, p. 241/275, VDI-Verlag, Duesseldorf 1986). 이것은 실제로 이상적인 플러그 흐름($Bo = \infty$)을 달성한다. 보덴슈타인 수는 분산 모델에 따른 체류 시간 분포 또는 축방향 역혼합의 폭에 대한 통상의 무차원 척도이다($Bo = vL/D_{ax}$). 상기 식에서, v 는 평균 축방향 유속이고, D_{ax} 는 축방향 분산 계수이며, L은 장치의 축방향 길이이다. 직렬로 연결된 j개의 교반 탱크의 캐스케이드 모델의 체류 시간 스펙트럼과 비교하면 $Bo = 2j$ 이다. 따라서 $Bo = 200$ 인 그러한 반응기의 체류 시간 거동은 100개의 이상적인 교반 탱크의 캐스케이드와 비슷하다. 정적 혼합기의 많은 응용 분야들은 동시에 집중적인 교차 혼합, 큰 열 전달 용량 및 좁은 체류 시간 스펙트럼을 필요로 한다. 그 예로는 중합 반응기와 같은 층류를 갖는 반응기가 있다. 다른 응용 분야에서 생성물은 바람직하지 않은 반응 및 생성물 변화(중합, 분해)가 발생하지 않고 단시간에 가열 또는 냉각되어야 한다. 빈 튜브를 사용하면 층류에

서 벽으로의 교차 흐름이 발생하지 않는다. 이것은 열 전달, 체류 시간 분포 및 생성물의 품질에 매우 불리한 영향을 미친다. 일부 응용 분야에서 유동 매체는 2상(기체/액체)이기도 하며 장치는 열 교환 외에도 상들의 집중 혼합과 분산을 가져와야 한다. 예를 들면 휘발성 성분이 포함된 폴리머 용액의 가열 또는 발포제가 포함된 플라스틱 용융물의 냉각이 있다. 외부에서 가열 또는 냉각되는 하우징의 X-혼합기는 처리량이 낮은 이러한 모든 작업에 이상적인 해결책이다. 그러나 직경이 더 큰 튜브의 표면적 대 부피 비율이 매우 빠르게 감소하고 열이 더 이상 충분히 전달될 수 없기 때문에 산업적 처리량에서 확장(scale-up)이 불가능하다. 이 문제에 대한 가능한 해결책은 튜브 번들 열 교환기에서 많은 튜브들을 병렬로 연결하고 튜브들에 혼합 요소들을 설치하는 것이다. 결과적으로 혼합기의 유리한 특성이 유지되지만 하나의 튜브에서만 가능하다. 튜브마다 처리량과 체류 시간에 매우 큰 차이가 있을 수 있다. 이러한 위험은 점성 생성물이 냉각되거나 폴리머 용액이 열교환기에서 동시에 반응하고 및/또는 적어도 부분적으로 탈기될 때 특히 높다. 개별 튜브들의 온도와 점도가 다르기 때문에 소위 편재(maldistribution)가 발생한다. 편재는 개별 튜브들에서 유속, 온도 및 점도의 현저한 불균일을 초래한다. 그 결과 장치 고장 또는 생성물 품질 저하가 발생할 수 있다.

[0003] X 혼합 요소의 상대적으로 높은 압력 손실 계수로 인해 튜브 번들 열교환 장치는 짧고 많은 튜브들로 구성되어야 한다. 이것은 튜브 시트가 두꺼워지고 헤드의 부피가 매우 커지기 때문에 장착 요소들의 비용 외에도 매우 비싸진다. 부분 탈기 기능이 있는 생성물 히터의 경우 혼합 요소의 압력 손실은 조기 부분 탈기를 방해하고 그 결과 생성물이 손상되거나 완전 탈기가 방해받는다. X 구조의 또 다른 단점은 유동력을 흡수하는 기계적 약점이다. 특히 장력이 가해지면 가위 격자처럼 작동하고 쉽게 분리된다. 그러나 압축 하중이 가해지면 스프링처럼 작동하며 그다지 안정적이지 않다. 결과적으로 고점도 생성물의 경우 가로대가 매우 두껍게 만들어져야 한다. 이로 인해 압력 손실이 더욱 크게 증가한다. 보강 요소들 또는 외부 링들을 사용하여 구조를 더 안정적으로 만들려고 한다.

[0004] 특허 공보 DE 28 39 564는 X-구조의 기본 아이디어를 채택하지만 가로대들을 가열 또는 냉각 매체가 흐르는 튜브들로 대체하는 정적 혼합기 열 교환기 또는 반응기를 제안한다. 그 결과 스케일업의 경우 작은 하우징 직경에 필적하는 체적당 비열 교환 면적을 유지하는 동시에 X-혼합기와 유사한 혼합 효과 및 유사한 체류 시간 거동을 얻을 수 있는 해결책이 발견되었다. 구조는 교차하는, 구불구불 구부러진 튜브 코일들로 구성된다. 튜브들은 바람직하게는 흐름 방향에 대해 45° 기울어지고 가로대들의 기능을 한다. 다수의 이러한 교차하는 코일들은 각각 혼합 요소를 형성하고 연속적인 요소들은 90° 회전되어 하우징에 설치된다. 각 요소에는 열 전달 매체용 자체 수집기가 장착되어 있어야 한다. 이러한 장치의 설계 및 구성은 매우 까다롭고 비용이 많이 든다. 비용을 한계 내로 유지하기 위해 요소 길이는 가능한 한 길게 선택되며, 이는 물론 적은 수의 90° 회전으로 인해 혼합 효과에 불리한 영향을 미친다. 생성물 측과 열 전달 매체 측의 압력 손실은 매우 크다. 개별 튜브 코일들의 유량은 매우 고르지 않을 수 있다. 실제적인 이유로 하우징이 원래 생각했던 사각형이 아닌 원형일 때 문제는 특히 심각하다. 이로 인해 생성물 측에서 추가로 편재가 발생할 위험이 있다. 튜브 코일들의 직경과 수를 선택하여 열 교환 면적 A 대 부피 V의 비율이 크거나 비열 전달 용량이 높음($(\dot{Q}/V\Delta T) = (kA/V) > 10 \text{ KW/m}^3\text{K}$) 매우 큰 반응기 부피는 반응기 체적과 독립적으로 실현될 수 있다(위에 인용된 참조 문헌의 p. 265 참조). 상기 식에서, \dot{Q} 는 전달 가능한 열류이고, ΔT 는 생성물과 열전달 매체 사이의 온도차이며, k는 열전달 계수이다. 이는 확장(scale-up)을 단순화하고 병렬 튜브에 의존할 필요가 없게 한다. 이렇게 하면 편재의 위험이 줄어든다. 그러나 열 교환 표면이 있는 체적의 활용은 튜브 코일의 가능한 가장 작은 굵힘 반경과 압력 손실로 인해 제한된다. 이 장치에서도 체류 시간 분포는 X-혼합기에서와 같이 좁다. 측정된 보텐슈타인 수는 약 60 m^{-1} 이다. 그러나 층류 혼합을 위한 균질화 길이는 가로대들의 둥근 형상과 세장형 요소들 때문에 SMX 혼합기보다 최대 2배 길다(W. Mueller, Chem.-Ing. Tech. 54 1982, No. 6). 이 구조는 충분히 안정적이지 않기 때문에 추가 지지 요소 없이는 고점도 생성물에 사용될 수 없다. US2004/0125691에 따르면, 추가의 세장형 지지 요소에 의해 안정성이 개선되지만 여전히 약점이 있고 비용이 많이 든다. 단점과 어려움에도 불구하고 장치는 입증되었고 SMR 반응기로 알려져 있으며 종종 중합 반응기로서 또는 예를 들어 섬유 공장에서 점성 생성물용 또는 플라스틱 용융물 냉각기로서 사용된다.

[0005] 특허 공보 EP 1 067 352는 통합 튜브 번들을 갖는 X 구조의 교차하는 가로대를 갖는 또 다른 정적 혼합기 열교환기 또는 반응기를 제안한다. X-구조는 단면의 투영과 관련하여 단 4개의 가로대들을 가지며 튜브들은 흐름 방향에 대해 45°로 기울어진 가로대들 내의 보어들을 통해 안내된다. 가로대들은 서로 90°의 각도를 이루는 교차하는 평면 그룹에 있다. 가로대들은 서로 접촉하고, 서로 그리고 적어도 부분적으로 튜브들과 연결된다. 단면을 가로지르는 4개의 가로대들로 이루어진 X-구조물이 먼저 구성되고 튜브들은 완성된 구조의 가로대들 내의 보

어들을 통해 안내된다. 축 방향 가로대 간격은 0.2 - 0.4 D여야 한다. 이 구조의 변형예는 특허 공보 WO 2008/141472에 제시되며, 내부 튜브의 직경에 대한 축 방향 가로대 간격은 < 6이어야 한다. 이것은 열 전달을 향상시킨다. 다시 말하지만, 직경과 튜브 수를 선택하면 SMR에서와 같이 부피에 대한 열 교환 면적의 비율이 크거나 비열 전달 용량이 높은 매우 큰 반응기 부피가 실현될 수 있다. 열 전달 매체 측의 압력 손실은 SMR보다 훨씬 낮고 굽힘 반경으로 인한 기계적 제한이 없다. 특허 공보에 따르면 이 구조의 체류 시간 거동도 매우 우수하며 X 혼합기와 유사하다. 그러나 구조가 매우 복잡하고 매우 높은 수준의 정밀도를 필요로 한다. 너무 큰 공차 없이 혼합기와 튜브 시트의 모든 보어들을 정렬하는 것은 매우 어려울 것이다. X 구조와 마찬가지로 기계적 강도가 여전히 문제이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 과제는 X 구조를 가진 이전에 알려진 장치들보다 생산이 훨씬 쉽고 저렴하며 필요한 경우 유동력에 대한 높은 안정성과 열 전달 매체 측 및 생성물 측에서 낮은 압력 손실을 갖는 X 구조로, 편재 없이 그리고 바람직하게는 점성 생성물에 대한 좁은 체류 시간 분포를 가지고, 관형 하우징에서 유동하는 액체, 기체 또는 다상 매체를 혼합 및 분산하고 광합성용 반응기로서 또는 반응을 수행하며 열을 공급 및 소산하는 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 과제는 청구항 제 1 항의 특징들에 의해 해결된다. 특히 바람직한 실시예들은 종속 청구항들의 대상이다.

[0008] 본 발명의 또 다른 양태는 독립 방법 청구항 제 20 항의 대상이다.

[0009] "피치 t" 또는 "튜브 피치 t"는 특히 튜브 축 또는 하우징 축을 가로지르는 하나의 튜브 열에 있는 2개의 인접한 튜브들의 중심들 사이의 거리 또는 세장형 요소의 축 또는 하우징 축을 가로지르는 하나의 열에 있는 2개의 인접한 세장형 요소들의 중심들 사이의 거리이다.

[0010] "스퀘어 피치"는 특히 튜브 축 또는 하우징 축을 가로지르는 제 1 방향 및 튜브 축 또는 하우징 축을 가로지르는 제 2 방향에서 인접한 튜브 중심들 사이의 거리를 의미하고, 상기 제 2 방향은 상기 제 1 방향에 수직이고 동일하다. 세장형 요소에도 동일하게 적용된다. 상기 스퀘어 피치는 예를 들어 VDI-Waermeatlas, 6판, 1991, Section Ob6, 그림 9에 도시 및 설명되어 있다.

[0011] 본 발명의 바람직한 변형 실시예들은 첨부된 도면에 도시되어 있고 아래에서 더 상세히 설명된다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 절단된 개방 하우징에서 단면의 투영과 관련하여 9개의 튜브들 및 4개의 가로대들을 갖는 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예의 일부의 측면도를 도시한다.

도 2는 단면의 투영에서 9개의 튜브들 및 4개의 가로대 층들을 갖는 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예를 통한 단면의 흐름 방향으로의 투영을 도시한다. 상기 가로대들은 최대 너비 $b = t-d$ 를 갖고 튜브들 사이에 맞는다.

도 3은 단면의 투영에서 21개의 튜브들 또는 로드들 및 6개의 가로대들을 갖는 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예를 통한 단면의 흐름 방향으로의 투영을 도시하며, 튜브 영역에서 가로대의 최대 너비는 $b = t-d$ 이고 그 사이에도 감소한다. 가로대들은 튜브들 사이에 맞는다.

도 4는 단면의 투영에서 16개의 튜브들 및 5개의 가로대들을 갖는 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예를 통한 단면의 흐름 방향으로의 투영을 도시하며, 튜브 영역에서 가로대의 너비는 섹터들을 갖고 가로대 너비 b 는 튜브 피치보다 작지만 인접한 튜브들 사이의 공간보다 크다. 단면의 축에는 튜브가 없다. 이 배열은 U-튜브 루프를 허용한다.

도 5는 단면의 투영에서 32개의 튜브들 및 7개의 가로대 층들을 갖는 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예를 통한 단면의 흐름 방향으로의 투영을 도시한다.

도 6은 튜브들을 위해 부분적으로만 사용되는 장소들 또는 세장형 요소들을 갖는 도 5에서와 같은 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예를 통한 단면의 흐름 방향으로의 투영을 도시한다.

도 7은 단면의 투영에서 45개의 튜브들 및 8개의 가로대들을 갖는 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예를 통한 단면의 흐름 방향으로의 투영을 도시하며, 가로대들의 기울기의 부호는 2개의 인접한 가로대 층들에 대해 동일하고(해칭으로 표시됨) 그룹별로 바뀐다.

도 8은 90° 회전된 크로스로서 짜여진 가로대들을 갖는 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예를 통한 단면의 흐름 방향으로의 투영을 도시한다.

도 9는 혼합 요소의 길이 L로 부분적으로 절단된 가로대들(31a, 41b)를 갖는 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예의 사시도를 도시한다. 가로대들은 최대 너비 $b > (t - d)$ 를 가지며 튜브들을 부분적으로 둘러싼다.

도 10은 가로대들이 길이방향으로 서로에 대해 적어도 부분적으로 변위되고 혼합 요소들이 축방향으로 이격되는, 본 발명에 따른 장치의 추가 변형 실시예의 사시도를 도시한다.

도 11은 가로대들이 도 8에 따라 90° 회전된 크로스로서 짜여진, 본 발명에 따른 장치의 추가 변형 실시예의 사시도를 도시한다.

도 12는 가로대들 및 세장형 요소들 또는 튜브들에 대한 추가의 가능한 형상 및 단면을 도시한다. 도시는 최종이 아니다.

도 13은 홀딩 로드들에 의해 가로대 층에 가로대들의 가능한 격자형 연결을 사시도로 도시한다.

도 14는 곡형 시트 형상의 가로대 층을 형성하기 위해 연결된 경사진 가로대들로 이루어진 가로대 층의 가능한 변형예를 사시도로 도시한다.

도 15는 단면의 투영에 8개의 가로대들을 갖는 CH 642 564에 따른 정적 혼합기와 비교하여 도 9(RWX)에 따른 본 발명에 따른 구조를 이용한 혼합 테스트의 결과를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013]

본 발명의 사상에 따르면, 장치는 내경 D를 갖는 바람직하게는 원형의 하우징(1), 및 길이방향 축 및 주 흐름 방향에 평행하고 외경 d를 갖는 튜브들(2)을 갖는 내장형 튜브 번들로 구성된다. 다른 세장형 요소들이 튜브들을 대신할 수도 있다. 튜브 번들은 바람직하게는 스퀘어 피치 t를 갖는다. 길이방향 축에 대해 각도 α , 바람직하게는 $\alpha = 30-60^\circ$, 특히 바람직하게는 $\alpha = 45^\circ$ 만큼 기울어진 가로대들(31, 41, Stege) 또는 가로대 층들이 튜브들 사이에 설치된다. 교차하는 가로대들(31, 41)의 경사각은 바람직하게는 반대 부호를 가지며 튜브들 사이에서 가로대 층의 축 방향으로 연속하는 가로대들은 바람직하게는 서로 평행하고 바람직하게는 모두 동일한 거리 m을 갖는다. 교차하는 가로대들 사이에는 바람직하게는 튜브 또는 튜브 열이 있지만 가로대의 경사각이 튜브 또는 튜브 열의 양쪽에서 동일한 부호를 갖는 것이 가능하고, 부호의 변화는 다수의 인접한 가로대들 또는 가로대 층들 후에야 발생한다. 가로대 층들의 가로대들은 길이방향 축에 대한 경사각 α 로 교차하는 평행한 평면 A, B에서 횡방향으로 바람직하게는 차례로 놓이는 것이 바람직하다. 모든 가로대들은 동일한 경사각 α 를 갖는 것이 바람직하다. 그러나, 가로대들 또는 가로대 층들이 서로 축방향으로 임의로 오프셋되는 것 및/또는 가로대들의 수직 거리 m 또는 하나의 가로대 층 내에서 또는 가로대 층마다 경사각이 다른 것도 가능하다. 이 경우, 가로대들은 더 이상 공통 평면에서 횡방향으로 차례로 놓이지 않는다. 가로대들은 너비 b를 가지며 이 너비는 튜브 피치 t보다 작거나 기껏해야 동일하다. 가로대들은 바람직하게는 너비 b로 튜브들에 수직이다. 그러나 너비가 튜브 쪽으로 기울어진 상태에서 가로대들이 설치될 수도 있다. 가로대들은 하우징 벽까지 도달할 수 있지만 반드시 그럴 필요는 없다. 또는 점형으로만 하우징 벽에 접촉할 수 있다. 유동 매체 I 또는 생성물은 튜브들 주변의 튜브 번들의 셀 공간 또는 하우징에서 또는 세장형 요소들에서 그리고 튜브들에서 흐를 수 있지만, 열 전달 매체 II가 병류 또는 역류로 흐를 필요는 없다. 축 방향으로 연속적인 가로대들의 수 n_a 는 가로대 층을 형성하고 길이 L 내의 단면에 있는 모든 가로대 층들은 혼합 요소를 형성한다. 연속하는 혼합 요소들의 가로대 층들은 90° 회전되어 튜브들 사이에 삽입된다. 길이(L)는 바람직하게는 0.5 내지 4D이다. 길이 절단된 혼합 요소는 전체 길이의 가로대들(31, 41)과 절단된 가로대들(31a, 41b)로 구성된다. 낮은 압력 손실을 위해 가로대들은 튜브 피치 t보다 작은 너비 b를 갖는 것이 바람직하며, 최대 너비가 기껏해야 $b = t - d$ 인 경우 가로대의 설치가 특히 간단해진다(도 2 및 도 3). 더 넓은 가로대들은 튜브 통과를 위한 오목부들(도 4)을 갖고, 그들이 설치 중에 약간 기울어진 경우 기존 튜브 번들에 쉽게 설치될 수 있다. 튜브들에 대한 접촉선은 더 넓은 가로대에 의해 증가된다. 이것은 튜브들이 가로대들에 연결된 경우 구조의 강도와 열 전달에 유익한 영향을 미친다. 물론 장치의 모든 가로대들이 동일한 너비와 형상을 가질 필요는 없다. 도 9는 단면에서 4개의 가로대들을 갖는 길이 $L = D$ 의 혼합 요소들 및 9개의 튜브로 이루어진 튜브 번들이 있는, 하우징 없는 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예

를 사시도로 도시한다. 이 변형 실시예의 가로대들은 튜브 열 사이의 자유 공간보다 약간 더 넓고 최대 너비 $b > (t - d)$ 를 갖는다. 가로대들은 반드시 길이(L)로 절단될 필요는 없지만, 가로대 층들의 가로대들은 도 10에 도시된 바와 같이, 후속하는 90° 회전된 가로대들과 충돌하지 않거나 혼합 요소들이 간격을 두고 설치될 수 있는 한, 후속 요소 내로 돌출될 수 있다. 따라서 가로대 배향의 빈번한 90° 회전은 교차 혼합 및 튜브로의 열 전달에 바람직하다. 그러나 길이 L이 너무 짧으면 단면 전체에 걸친 이송이 불충분해지고 시공이 복잡해진다. 반면에 90° 회전 수가 너무 적으면 교차 혼합이 줄어든다.

[0014] 놀랍게도, 본 발명에 따른 장치는 도 8 및 도 11에 도시된 바와 같이, 지금까지 알려지지 않은 유형의 가로대 배열을 제공한다. 여기서 가로대들(31, 41)과 90° 회전된 가로대들(31', 41')은 하나의 요소로 짜여져 튜브들(2) 사이에 삽입된다. 그 결과 2개의 횡방향으로 동시에 혼합하는 요소가 생긴다. 연속하는 모든 요소들은 동일한 구조를 갖는다. 요소들은 간격을 두고 또는 가능한 많이 서로 중첩되어 설치될 수 있다. 개별 요소들의 일반적인 90° 회전은 필요하지 않으며 균일한 구조가 생성된다.

[0015] 본 발명에 따른 장치 내의 모든 혼합 요소들은 바람직하게는 동일한 방식으로 동일한 가로대 간격으로 구성된다. 그러나 국부적 분산 혼합과 같은 특별한 과제를 위해 또는 국부적으로 증가된 열 전달 또는 물질 교환을 위해, 예를 들어 가로대들의 축 간격 m , 가로대 너비 b , 또는 장치 내의 개별 혼합 요소들 또는 혼합 요소 그룹들의 혼합 요소 길이 L이 더 좁거나 더 짧게 선택되어야 할 수 있다. 높은 수준의 안정성을 달성하기 위해 가로대들은 용접, 납땜 또는 접착을 통해 모든 교차점에서 또는 일부 교차점에서만 튜브에 연결될 수 있다. 그러나 가로대들은 실제적인 이유로 바람직하지 않은 경우 반드시 튜브에 연결될 필요는 없으며 가로대들 또는 가로대 층들의 그룹은 스페이서들 및 추가 지지대들(5)에 의해 서로 연결될 수 있다. 끝으로 하나의 층의 가로대들은 시트에 의해 연결되고 기울어질 수 있다. 그런 다음, 가로대 층들은 곡형 시트의 형상을 취할 수 있다. 도 2에는 너비 $b = t$ 인 직선 가로대들이 변형예로서 도시되어 있고, 도 4에는 가로대들이 추가 실시예로서 튜브들용 오목부들을 갖고 더 넓다. 가로대들의 너비는 그 길이에 따라 변할 수 있고 측면 경계들은 추가 변형예로서 도 3에 도시된 바와 같이 만곡된 형상을 가질 수 있다. 이 경우, 최대 너비 $\text{maximal } b = t$ 이다. 도 2 내지 도 8에서 교차하는 가로대들의 상이한 경사각은 해칭의 상이한 방향으로 표시된다. 단순화를 위해, 바람직하게는 열을 공급 또는 소산하는 매체가 흐르는 "튜브들" 또는 "튜브 번들들"이라는 용어가 이하에서 사용되며, 이것은 필요한 경우, 열 전달 매체 없이, 다른 세장형 요소들, 예를 들어 로드들, 프로파일들, 가열 로드들, 로드형 램프들, 또는 반투과성 또는 다공성 벽이 있는 튜브들로 대체될 수 있다. 또한, 본 발명의 적용 가능성은 금속 재료에 한정되지 않는다. 가로대들은 바람직하게는 시트로 이루어진 편평한 플레이트형 프로파일들 또는 U자형 또는 V자형 프로파일들 또는 튜브들 또는 중공 프로파일들 또는 로드들이다. 끝으로, 가로대의 표면이 구조화될 수 있다. 도 12는 가로대들 및 세장형 요소들로 사용될 수 있는 가능한 프로파일 형상들의 선택을 도시한다.

[0016] **가능한 제조 방법**

[0017] 분해 가능한 튜브 번들을 위한 본 발명에 따른 장치의 제조는 매우 간단하다. 가로대들 또는 가로대 그룹들은 완성된 튜브 번들 내로 삽입될 수 있다. 가로대 너비가 모든 곳에서 $t - d$ 보다 작고 가로대들이 외부에서 접근 가능한 지점에서만 튜브들에 연결되는 경우 특히 그렇다. 그러나 최대 $b = t$ 까지 더 넓은 가로대들도 설치 중에 적절한 기술기에 의해 완성된 튜브 번들의 튜브들 사이에 개별적으로 쉽게 설치될 수 있다. 가로대들이 외부에서 접근할 수 없는 지점에서 튜브들에 연결되어야 하는 경우에만, 가로대들이 튜브 번들을 구성할 때 도입되어야 한다. 바람직하게는 가로대들이 U-튜브 번들에 설치되는데, 그 이유는 이로 인해 장치가 분해될 수 있고 열 응력이 발생할 수 없기 때문이다. 이 경우, 하우징 단면의 주축에는 튜브가 없다. 이 배열의 단점은 열 전달 매체에 대한 올바른 역류가 불가능하다는 것이다.

[0018] 고정된 튜브 바닥과 배플이 있는 열교환기를 제조할 때 먼저 배플이 쉘에 설치된 다음 튜브들을 당기는 것이 일반적이다. 이 제조 방법은 본 발명에 따른 장치에도 적용될 수 있다. 이를 위해 가로대들은 다수의 세장형 요소에만 연결되므로 안정적인 구조가 형성되어 일반적인 배플과 같이 장치의 쉘 내에 설치될 수 있다. 끝으로 나머지 튜브들은 지정된 위치들에서 튜브 바닥과 X-구조를 통해 밀려진다. 이 경우, 지지 요소를 제외한 튜브들은 가로대들에 연결되지 않는다. 상기 제조 방법 외에도 치수와 재료가 허용하는 경우 3D 프린터를 사용하여 전체 내부 피팅들과 튜브들 또는 세장형 요소들을 모놀리식 구성 요소로 제조하는 것도 가능하다. 또 다른 제조 변형예에서 내부 피팅들은 3D 프린터에서 가용 물질로 제조되고 대개 세라믹 물질로 코팅된다. 그런 다음, 경화된 금형 내부의 재료가 녹아 액체 금속(인베스트먼트 주조) 또는 경화 수지로 채워진 금형이 남는다.

[0019] **추가 실시예**

[0020] 길이 방향 축에 평행한 튜브들의 수와 크기는 교환 면적 대 장치 부피의 필요한 비율에 따라 또는 필요한 비열

전달 용량($\dot{Q}/V\Delta T$) = (kA/V) 에 따라, 또는 열이 전달되지 않아야 하는 경우 가로대와 구조의 필요한 지지 및 안정성에 따라 달라진다. 본 발명에 따른 반응기에서 특정 교환 면적(A/V)은 $> 50 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 이고 최대 $400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 일 수 있다. 고점성 생성물에 대한 본 발명에 따른 반응기의 비열 전달 용량은 $100 \text{ kW}/\text{m}^3\text{K}$ 이상에 도달할 수 있다. 예를 들어, 강한 발열 중합 반응의 경우, 반응기의 비열 전달 용량이 충분히 크지 않으면 핫스팟이 형성되고 폭주 반응이 발생한다. 그 결과, 이러한 반응들은 직경이 작은 관형 반응기에서만 제어될 수 있다. 열 전달 용량, 혼합 거동 및 체류 시간 분포와 관련하여, 본 발명에 따른 반응기는 튜브 직경이 10 mm ($A/V = 400 \text{ m}^2/\text{m}^3$) 내지 80 mm ($A/V = 50 \text{ m}^2/\text{m}^3$)인 X-혼합 요소가 있는 관형 반응기에 해당한다. 이 관형 반응기와는 달리, 본 발명에 따른 반응기에서 특정 교환 면적 및 비열 전달 용량은 반응기 부피 또는 장치 부피와 거의 독립적으로 선택될 수 있다. 이를 통해 확장(scale-up)이 특히 쉬워진다. 예를 들어, 중합 반응은 발열성이 높고 점도가 더 높다. 이들이 좁은 분자량 분포로 확실하게 제어될 수 있기 위해서는, 본 발명에 따른 장치와 같은 장치가 필요하다. 매우 높은 비열 전달 용량과 좁은 체류 시간 스펙트럼으로 인해, 중합 반응은 작은 온도 차이로 실제로 등온으로 제어될 수 있다. 하우징 내에서 반응과 열 전달이 일정한 교차 혼합으로 일어나기 때문에 편차가 발생할 수 없다. X-혼합 요소들이 있는 소형 관형 반응기를 사용한 파일럿 테스트 결과는 유사한 혼합 거동 및 체류 시간 거동을 갖는 본 발명에 따른 장치의 도움으로 산업 규모까지 쉽게 확장될 수 있다.

[0021] 튜브 피치는 전체 단면에 걸쳐 균일하도록 선택되는 것이 바람직하다. 스퀘어 피치의 경우 모든 혼합 요소들의 구성 요소들이 동일하기 때문에 구조가 특히 간단하다. 2개의 횡방향에서의 피치들과 90° 회전된 그룹의 가로대 너비들은 서로 다르거나 국부적으로 편차가 있을 수도 있다. 그러나 피치를 국부적으로 다르게 선택하는 것, 또는 개별 튜브 또는 튜브 그룹을 생략하는 것, 또는 열 교환을 위한 튜브들 대신, 필요한 열 전달 용량을 허용하는 경우, 전체적으로 또는 부분적으로 발광 요소들과 같이 다른 특성들을 가진 튜브들 또는 세장형 요소들 또는 반투과성 또는 다공성 벽을 가진 요소들 또는 열 전달 매체 없이 단순히 튜브들 또는 로드들 또는 의도한 튜브 위치에서 구조를 보강하기 위한 기타 세장형 프로파일들을 사용하는 것도 가능하다. 단면에 대한 투영에서 가로대 수 n_b 는 $n_b = r_m + 1$ 이고, 상기 식에서 r_m 은 단면 축에서 또는 그 근처에서 튜브 열의 튜브 수이다. 알려진 X-혼합기와는 달리, 가로대들의 수는 튜브 수 및/또는 하우징 직경이 증가함에 따라 증가한다. 놀랍게도 횡방향의 가로대 수가 압력 손실에 미치는 영향은 미미한 것으로 나타났다. 혼합 효과 역시 가로대 수가 $n_b = 4$ 이상이면 매우 양호하고, $n_b = 8$ 이상부터는 거의 증가하지 않는다. 도 5는 단면에 걸쳐 32개의 튜브들 및 7개의 가로대들을 갖는 본 발명에 따른 장치의 변형 실시예에 대한 흐름 방향의 도면을 도시한다.

[0022] 본 발명에 따른 장치의 많은 실제 적용에서, 유동 매체는 동시에 열을 공급하거나 소산시키지 않으면서 정적으로 혼합되거나 분산되어야 하거나, 또는 생성물이 탬퍼링되어야 한다. 그런 다음, 튜브 위치들이 부분적으로 채워지지 않을 수 있고 및/또는 튜브들이 전체적으로 또는 부분적으로 구조의 보강 역할을 하는 전체 프로파일로 대체될 수 있다. 이것은 예를 들어 인성 플라스틱 용융물의 압출 또는 사출 성형 중에 발생하는 유동력에 대해 매우 높은 안정성을 갖는 정적 혼합기를 생성한다.

[0023] 도 6은 가능한 모든 튜브 위치들이 채워지지 않고 일부 튜브들이 풀 로드들(full rods) 또는 프로파일로 대체되는 도 5과 같은 변형예를 도시한다. 도 12는 세장형 요소들의 가능한 형상들의 선택을 도시한다. 선택이 완전하지 않다. 이러한 세장형 요소들은 튜브들(2) 대신에 축방향으로 그리고 가로대들(31, 41)의 대안적 형상으로서 그것에 대해 기울어져 설치될 수 있다. 축방향으로 연속하는 가로대들(31)은 보조 요소(5)에 의해 연결되어 가로대 층을 형성하고 도 13에 도시된 바와 같이 튜브들 사이에 삽입될 수 있다. 기울어진 시트들도 연결부로 가능하며, 가로대 층은 도 14에 도시된 바와 같이 파형 시트 형상 구조가 된다.

[0024] 하우징 축 쪽으로 기울어진, 교차하는 가로대들 또는 프로파일들은 집중적인 교차 혼합 및 교차 흐름을 보장하고 튜브로의 열 및 물질 교환을 개선한다. 흐름 방향을 따르는 가로대들 사이의 수직 거리 m 은 반응기 내의 내부 피팅들의 젖은 표면에 상당한 영향을 미치기 때문에 본 발명에 따른 튜브 번들 구조의 압력 손실을 결정하는 척도이다. 따라서 열 교환이 거의 또는 전혀 없이 양호한 교차 혼합만 필요한 경우, 거리 m 은 가능한 한 커야 하며, 0.2 내지 $0.4D$ 로 선택되는 것이 바람직하다. 가로대들과 튜브들의 더 빈번한 교차 및 가로대 방향의 빈번한 회전은 튜브로의 열 전달에 유리할 것으로 예상된다. 층류에서 튜브로의 열 전달 계수 또는 물질 교환은 비율 $m/d < 4$ 일 때 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 거리 m 이 작을수록 장치의 압력 손실이 증가한다. 따라서 내부 튜브들의 최적 거리 m 또는 최적 직경 d 및 최적 튜브 피치 t 는 적용 분야의 특정 요구 사항에 따라 달라진다.

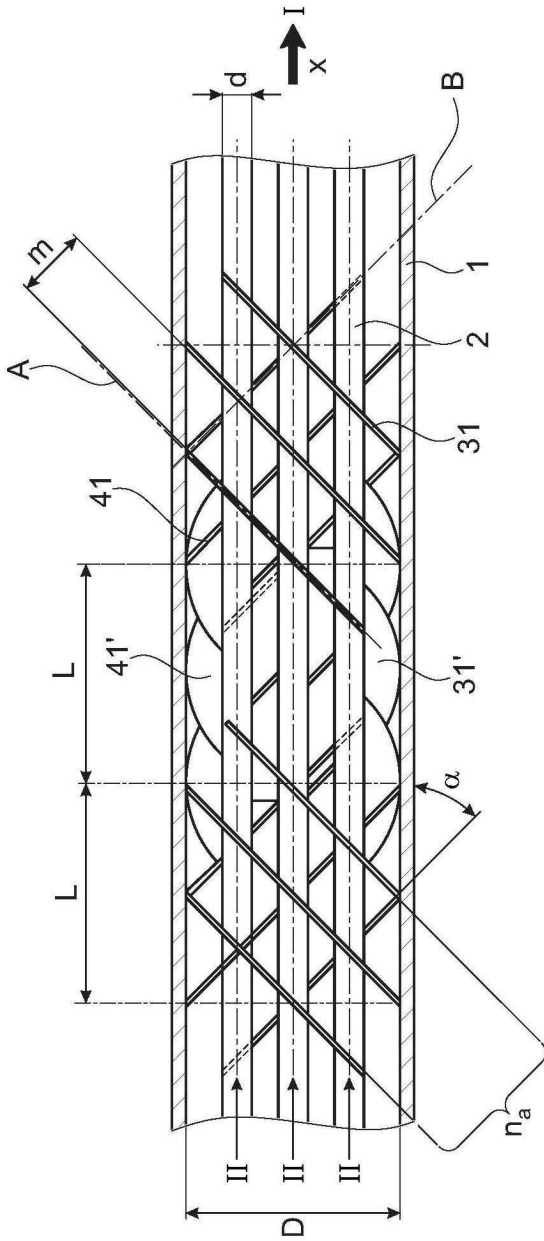
[0025] **테스트 결과**

- [0026] 경화 폴리에스테르 수지와 혼합 테스트에서, 도 9에 따라 단면의 흐름 방향으로의 투영과 관련해서 9개 튜브들의 번들 및 각각 4개의 삽입된 교차하는 가로대들이 있는 본 발명에 따른 장치가 구현되었다. 90° 회전까지의 요소 길이(L)는 1D였고 가로대의 최대 너비 b는 튜브 피치 t의 60%였다. 결과는 단면의 흐름 방향으로의 투영과 관련해서 8개의 가로대들 및 가로대들의 동일한 축 방향 거리 m, 동일한 요소 길이 및 가로대들의 동일한 경사각을 갖는 CH 642 564에 따른 종래 기술의 X-혼합기와 비교되었다. 경화된 혼합기 로드들은 각각 1D 길이로 절단되었고 하나의 층의 최대 두께(1)는 혼합 품질의 척도로서 측정되었고 초기 두께(1₀)와 비교되었다. 이 측정 방법은 특히 초기 혼합 영역에서 층류가 있는 정적 혼합기의 혼합 프로세스와 혼합 품질을 입증하는데 매우 간단하고 효율적이다. 혼합 테스트 결과는 도 15에 나타난다. 놀랍게도, 8개의 가로대들이 있는 종래 기술에 따른 정적 혼합기에서와 거의 동일한 최대 층 두께(혼합 품질)가 단 4개의 가로대들이 있는 본 발명에 따른 장치에서 달성된다. 본 발명에 따른 장치의 젖은 가로대 표면은 종래 기술에 따른 디자인과 비교하여 약 60%에 불과하다. 따라서 축 방향으로 배향된 튜브들이 압력 손실에 거의 기여하지 않기 때문에 층류의 압력 손실도 거의 동일한 비율로 감소할 것으로 예상될 수 있다. 테스트 결과, 본 발명에 따른 장치는 가로대 너비가 튜브 피치보다 훨씬 작거나 가로대들이 오목부들 없이 튜브들 사이로 밀려지더라도 낮은 압력 손실로 우수한 혼합 효과를 달성하는 것으로 나타났다(가로대 너비 maximal b = t - d).
- [0027] 본 발명에 따른 장치의 예상되는 좁은 체류 시간 분포를 입증하기 위해, CFD 흐름 계산을 수행하였고 위에서 설명한 장치로 체류 시간 분포를 시뮬레이션하였고 알려진 X-혼합기와 비교하였다. 계산에 의해, 본 발명에 따른 장치의 체류 시간 거동이 예상한 바와 같이 알려진 X 구조와 유사하다는 것이 확인되었다. 그 결과, 매우 큰 열 전달 용량, 우수한 교차 혼합 및 거의 이상적인 플러그 흐름을 갖는 정적 반응기가 본 발명에 따른 장치로 생성될 수 있다.
- [0028] **적용 범위**
- [0029] 본 발명에 따른 장치의 적용은 층류 범위에만 제한되지 않는다. X 구조는 저점도 매체의 난류에서 액체 또는 기체를 분산시키는데 매우 적합한 것으로 알려져 있다. 따라서 이 장치는 저점도 매체에서 큰 발열을 수반하는 반응에 적합하거나 또는 튜브들이 로드형 광 발생기 또는 전도체로 대체되는 경우, 광합성을 위해 바이오 반응기에도 적합하다. 수직 설치의 경우, 고정층 또는 유동층에서 더 높은 발열로 불균일 촉매 반응을 수행하기 위해 촉매 담체가 하우징 내로 쉽게 채워질 수 있다.
- [0030] 본 발명의 장치는 바람직하게는
- [0031] - 일반적으로 층류용 열교환기로서
- [0032] - 폴리머 용액 또는 용융물의 가열 또는 냉각을 위해
- [0033] - 탈기 챔버 전에 부분 탈기 기능이 있는 생성물 히터를 위해
- [0034] - 점성 생성물의 냉각을 위해
- [0035] - 민감하거나 반응성이 있는 점성 생성물의 가열을 위해
- [0036] - 반응기, 특히 중합 반응기를 위해
- [0037] - 기액 반응기를 위해
- [0038] - 광합성을 하는 바이오 반응기를 위해
- [0039] - 고정층 또는 유동층을 이용한 불균일 촉매 반응기를 위해
- [0040] 큰 교차 혼합 및 적은 축방향 역혼합을 갖는 혼합기 열교환기로 사용된다.
- [0041] 또는 열 전달 매체 없이도, 바람직하게는 점성 생성물에서, 낮은 압력 손실 및 안정적인 구조를 가진 정적 혼합기로서 사용된다. 플라스틱 용융물용 정적 혼합기는 매우 높은 유동력을 견뎌야 하며 작동 온도를 원하는 범위로 유지하기 위해 항상 온도 제어를 필요로 한다. 이것이 이러한 혼합기에 가열 가능한 이중벽 튜브가 장착된 이유이다. 혼합 요소들은 유동력을 견딜 수 있도록 종종 하우징 벽에 지지되어야 한다. 그러면 혼합 요소들은 더 이상 분해될 수 없으며 압력 용기 규정에서 요구하는 용접 시임 테스트가 항상 가능한 것은 아니다. 본 발명에 따른 장치에 의해, 가열하기 쉽고 매우 안정적이며 분해 가능한 X-혼합기가 이러한 용도 및 유사한 용도를 위해 제공된다. 매우 비싼 이중벽 튜브는 필요하지 않으며, 열 전달 매체가 흐르는 U자형 튜브 코일로 대체된다. 필요한 경우, 튜브 위치들에 있는 추가 세장형 프로파일들은 필요한 구조 강화를 수행한다. 본 발명

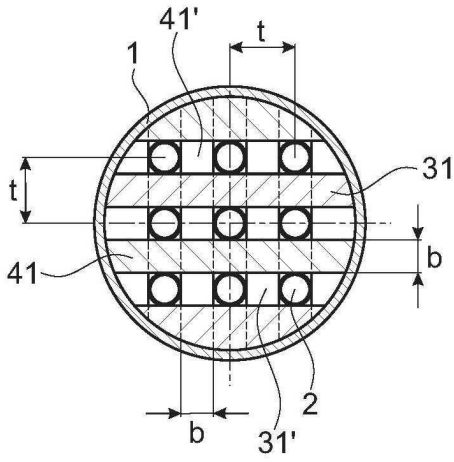
에 따른 혼합기는 이중벽 튜브의 경우와 같이 하우징에 높은 응력이 예상되지 않기 때문에 작동 온도로 빠르게 가열될 수 있다.

도면

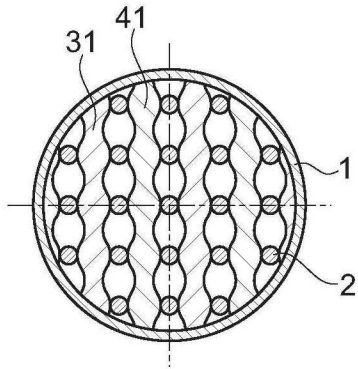
도면1



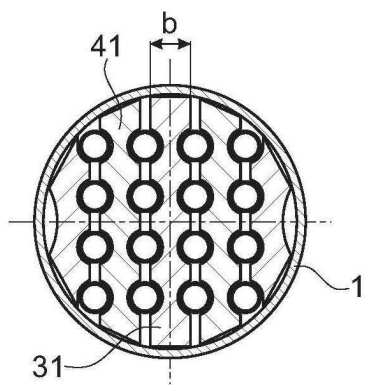
도면2



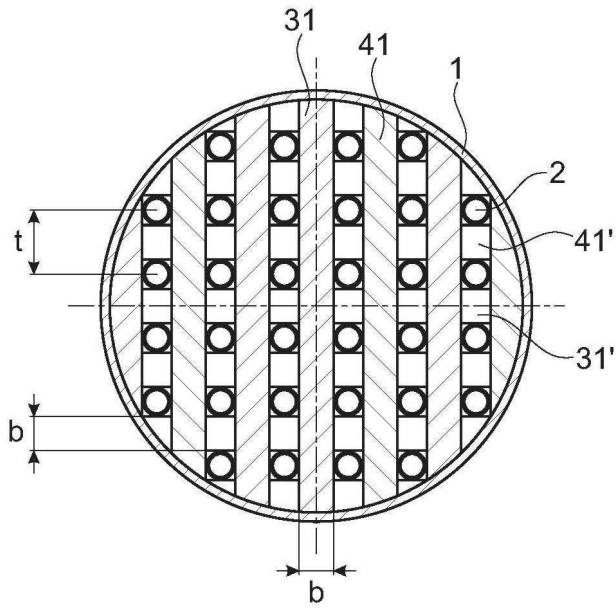
도면3



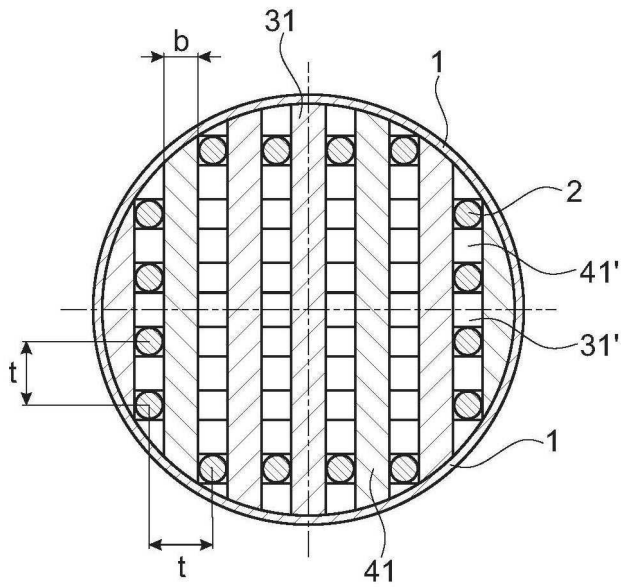
도면4



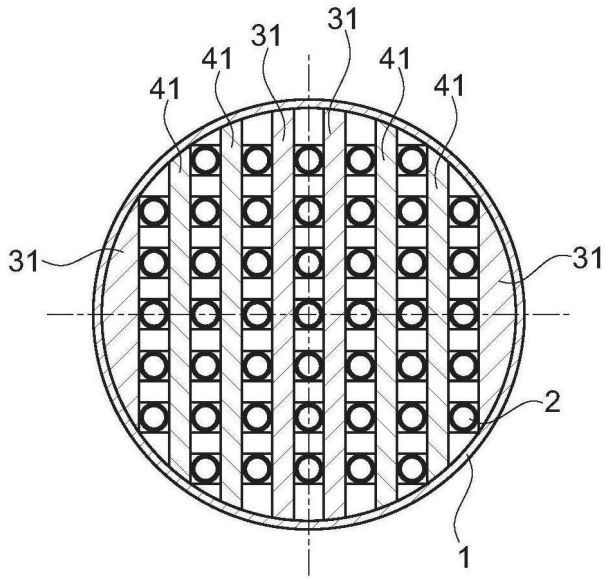
도면5



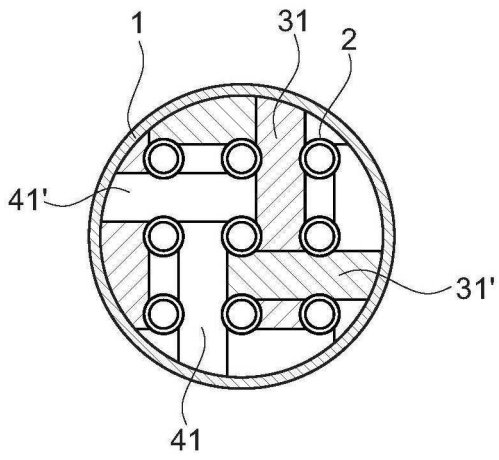
도면6



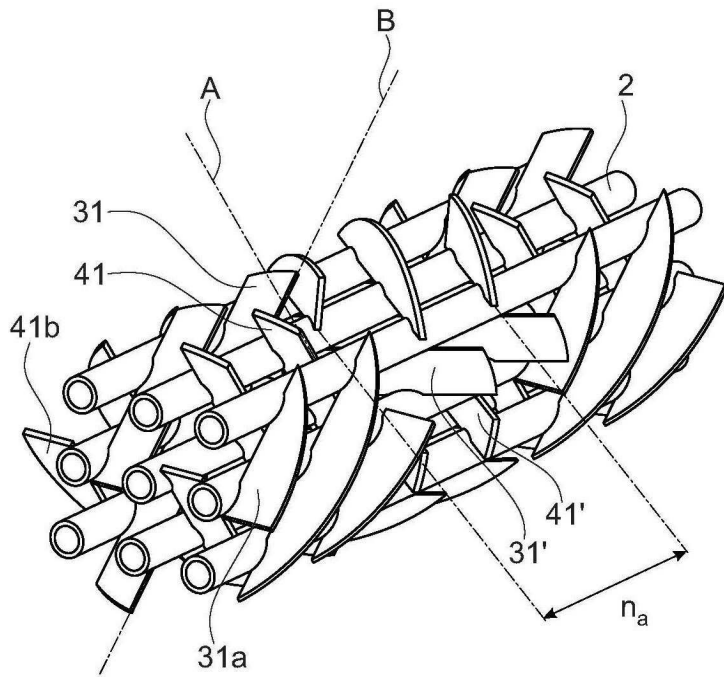
도면7



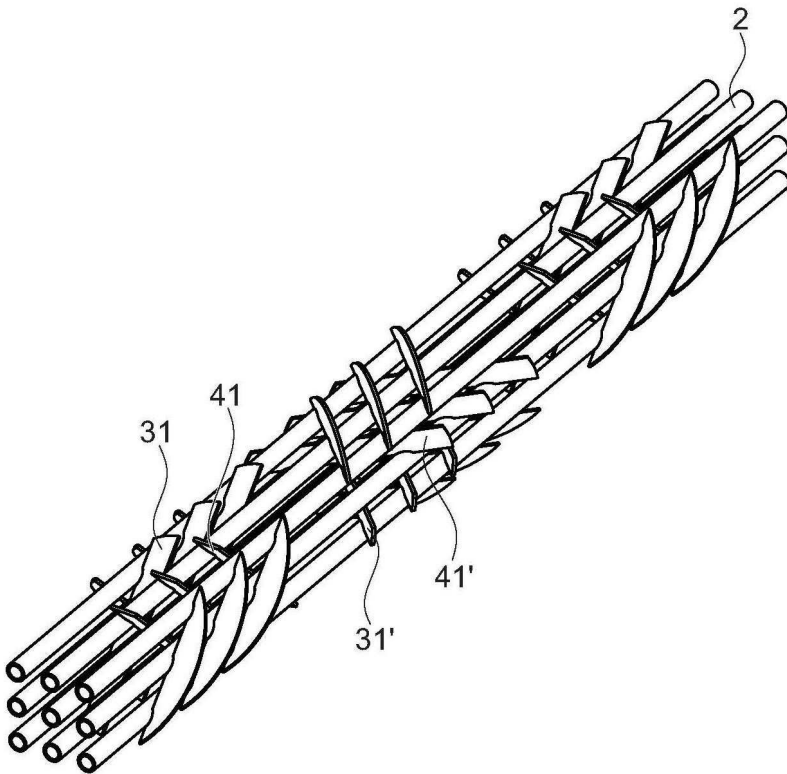
도면8



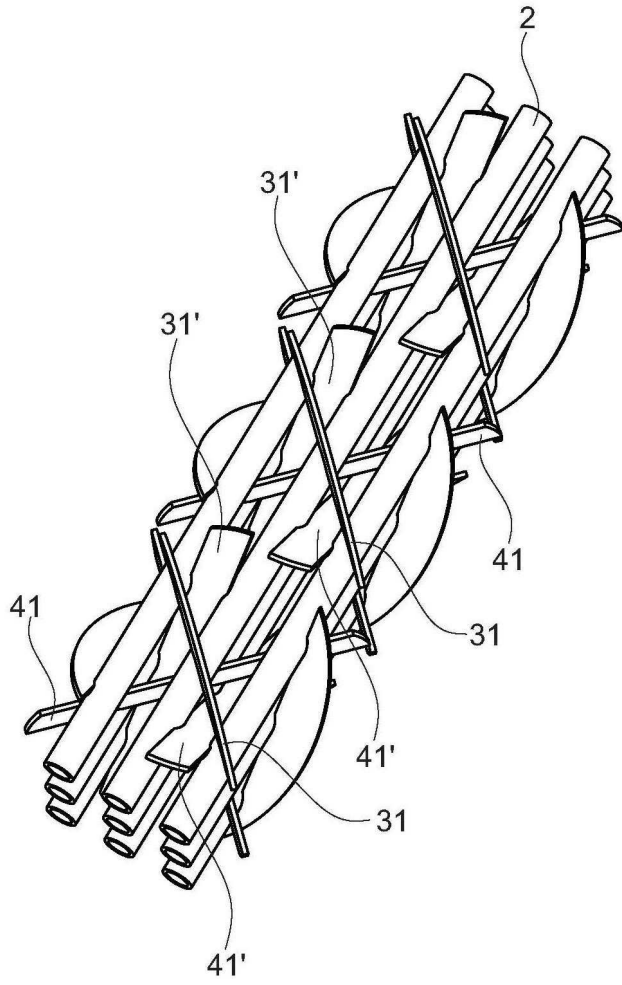
도면9



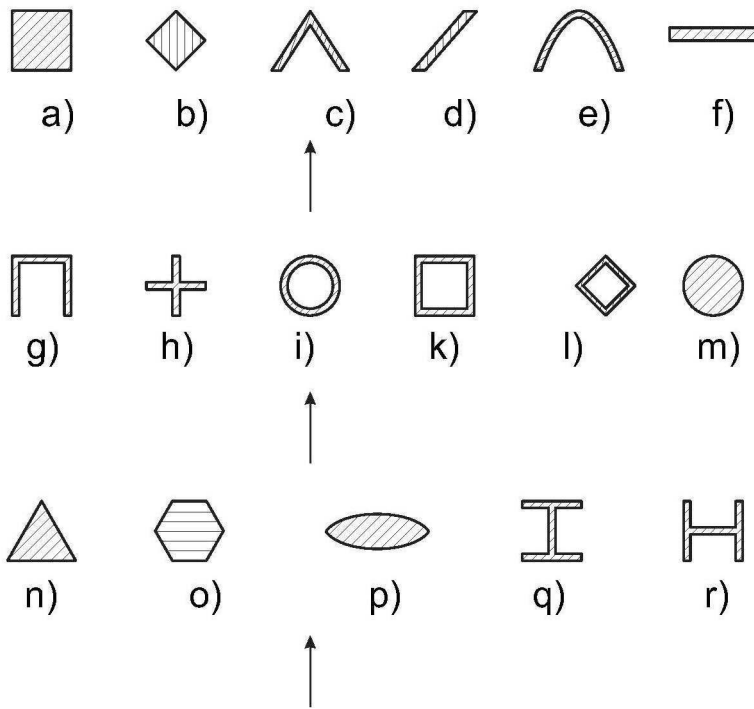
도면10



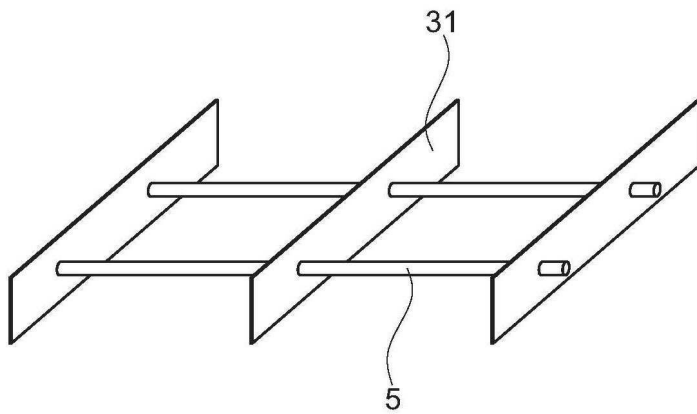
도면11



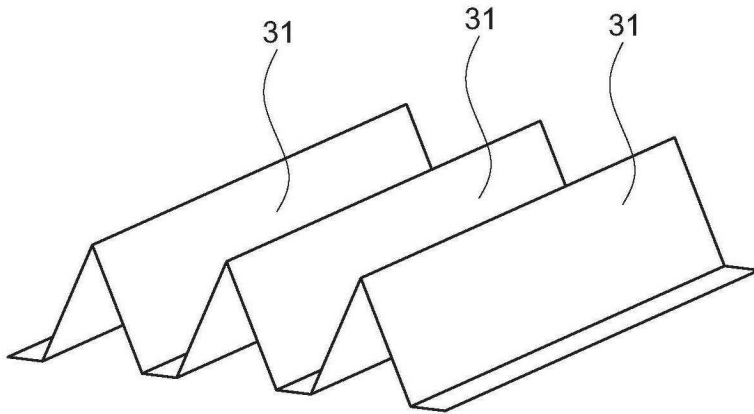
도면12



도면13



도면14



도면15

