



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0075596
(43) 공개일자 2025년05월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
F28D 9/00 (2006.01) B01J 19/00 (2018.01)
B01J 19/24 (2006.01) F28F 3/02 (2006.01)
(52) CPC특허분류
F28D 9/0081 (2013.01)
B01J 19/0093 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2025-7012177
(22) 출원일자(국제) 2023년09월22일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2025년04월14일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2023/076291
(87) 국제공개번호 WO 2024/062122
국제공개일자 2024년03월28일
(30) 우선권주장
63/409,550 2022년09월23일 미국(US)
2216359.6 2022년11월03일 영국(GB)

(71) 출원인
벨로시스 테크놀로지스 리미티드
영국, 옥스퍼드 옥스4 4지에이, 로버트 로빈슨
에비뉴 더 옥스퍼드 사이언스 파크, 마들린 센터
(72) 발명자
유샤크, 토머스
미국, 43064 오하이오, 플레인 시티, 코퍼릿 볼러
버드 7950
마르코, 제니퍼 엘.
미국, 43064 오하이오, 플레인 시티, 코퍼릿 볼러
버드 7950
(74) 대리인
특허법인에이아이피

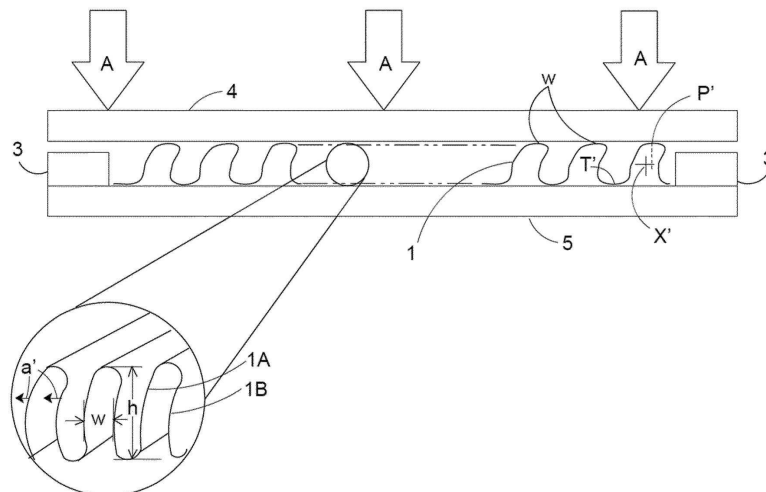
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 채널 어셈블리

(57) 요약

피셔 트롭쉬 반응기에서 판상 열 교환 요소들과 적층하기 위한 채널 어셈블리는, 시트의 주름들의 단부들과 인게 이징되어 주름들 사이에 공정 마이크로채널들을 형성하는 내부 표면을 갖는 판(4/5)에 맞대어 놓이는 주름진 시트(1)를 포함하며, 여기서 주름들의 피크들 및 트로프들은 채널들의 중심 종축들로부터 측방향으로 오프셋되고, 외부 에지 판들(3)보다 높다. 이것은, 제조 중에 주름진 시트에 가해지는 압력(화살표 A)이, 공정 마이크로채널 들의 벽들을 서로를 향해 휘게 하여 단면을 감소시키고 인접한 마이크로채널들 간에 상이한 유량을 생성하는 것 이 아니라, 동일한 방향으로 휘게 하여, 실질적으로 일정한 단면을 유지하게 하고, 또한 주름들과 판들 사이의 향상된 열 접촉도 유지되도록 보장한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B01J 19/249 (2013.01)

F28D 9/0062 (2013.01)

F28F 3/025 (2013.01)

B01J 2219/00786 (2013.01)

B01J 2219/00835 (2013.01)

B01J 2219/2458 (2013.01)

B01J 2219/2459 (2013.01)

B01J 2219/2479 (2013.01)

B01J 2219/2498 (2013.01)

(72) 발명자

마르코, 제퍼리 디.

미국, 43064 오하이오, 플레인 시티, 코퍼릿 불러
버드 7950

마르키안도, 마이클

미국, 43064 오하이오, 플레인 시티, 코퍼릿 불러
버드 7950

니글, 폴 더블유.

미국, 43064 오하이오, 플레인 시티, 코퍼릿 불러
버드 7950

하우살터, 데이비드 엘.

미국, 43326 오하이오, 켄턴, US 하이웨이 68번지
13670

하우살터, 마크 에프.

미국, 43326 오하이오, 켄턴, US 하이웨이 68번지
13670

젬발라, 게리

미국, 44149 오하이오, 스트롱스빌, 프로그레스 드
라이브 19706

명세서

청구범위

청구항 1

시트(sheet)의 주름(corrugation)들의 단부들과 인게이징(engaging)되어 상기 주름들 사이에 유동 채널(flow channel)들을 형성하는 내부 표면을 갖는 판에 맞대어 놓이는 주름진 시트를 포함하는 채널 어셈블리로서, 상기 주름들의 피크(peak)들 및 트루프(trough)들은 상기 채널들의 중심 종축으로부터 측방향으로 오프셋되어 있는, 채널 어셈블리.

청구항 2

제1항에 있어서, 각각의 유동 채널들은 각각 오목 및 볼록한 대향 내부 표면들을 갖는, 채널 어셈블리.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 주름진 시트는 2개의 판들 사이에서 압축되는, 채널 어셈블리.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 주름진 시트는 높은 열 전도성의 금속 또는 합금으로 형성되는, 채널 어셈블리.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 주름진 시트는 구리 또는 알루미늄 또는 스테인리스 강으로 형성되는, 채널 어셈블리.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 각각의 판은 스테인리스 강으로 형성되는, 채널 어셈블리.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 각각의 유동 채널은 적어도 그 높이의 중앙 50%에 걸쳐 $\pm 20\%$ 미만, 바람직하게는 $\pm 15\%$ 미만만큼 폭이 변하는 횡단면을 갖는, 채널 어셈블리.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 유동 채널들의 폭은 0.5mm 내지 10mm, 바람직하게는 0.5mm 내지 5mm, 가장 바람직하게는 0.5mm 내지 1.5mm의 범위인, 채널 어셈블리.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 주름진 시트의 재료의 두께는 0.05mm 내지 2mm, 바람직하게는 0.1mm 내지 1mm의 범위인, 채널 어셈블리.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 채널 어셈블리들의 스택을 포함하는 채널 어셈블리 스택으로서, 상기 채널 어셈블리들의 상기 주름들은 바람직하게는 서로 평행한, 채널 어셈블리 스택.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 채널 어셈블리들은 바람직하게는 상기 스택 내의 상기 채널 어셈블리들과 교대로 배열되는 열 교환 요소들과 접촉하여 유지되는, 채널 어셈블리 스택.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 열 교환 요소들은 열 교환 유체를 위한 유동 경로들을 포함하고, 상기 유동 경로들은 바

람직하게는 상기 채널 어셈블리들의 상기 주름들에 대해 횡방향인, 채널 어셈블리 스택.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 유동 채널들 내에 반응물 또는 촉매 재료를 더 포함하는, 채널 어셈블리 또는 채널 어셈블리 스택.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 유동 채널들은, 상기 유동 채널들을 통해 유체의 스트림들을 병렬적으로 통과시키도록 배열되는 매니폴드와 연통하는, 채널 어셈블리 또는 채널 어셈블리 스택.

청구항 15

제13항 또는 제14항에 따른 채널 어셈블리 또는 채널 어셈블리 스택을 포함하는, 화학 반응기.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 채널 어셈블리 또는 채널 어셈블리 스택이 압력 용기 내에 둘러싸여 있는, 화학 반응기.

청구항 17

제15항 또는 제16항에 있어서, 상기 화학 반응기는 피셔 트롭쉬(Fischer-Tropsch) 반응기이며, 상기 촉매 재료는 피셔 트롭쉬 촉매인, 화학 반응기.

청구항 18

제15항에 있어서, 각각의 상기 판은 열전달 유체를 위한 유동 경로와 열접촉하는, 피셔 트롭쉬 반응기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 제조 공정 중에 변형에 강한 개선된 형태의 채널 어셈블리에 관한 것이며, 특히 피셔 트롭쉬(Fischer-Tropsch) 반응기와 같은 화학 반응기를 위한 것이고 이에 제한되지 않는 채널 어셈블리에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 예를 들어, 구리와 같은 주름진 시트에 공정 마이크로채널의 횡방향 어레이를 형성하고, 그 단부들이 용접되어 있는 금속 판들 사이의 스택으로 형성되는 것이 당해 기술 분야에서 잘 알려져 있다. 이러한 제조 공정에서, 주름진 시트들을 금속 판들과 접촉 상태로 유지하기 위해 상당한 압력이 전형적으로 인가된다. 인가된 압력은 종종 주름진 시트들의 피크(peak)들 및 트로프(trough)들에 변형을 일으키며, 그 변형은 항상 예측 가능한 방식으로 발생하지는 않는다. 특히, 채널의 인접한 벽들이 안쪽으로 좌굴될(buckling) 위험이 있으며, 이로 인해 해당 채널의 단면이 감소하고 인접한 채널들의 단면은 증가하게 된다. 이러한 웨이브폼(waveform)들의 변형은 반응기에서 불균일한 유동 패턴들을 초래할 수 있으며, 이러한 유동 패턴들은 마이크로채널 반응기에서 매우 불리한 것으로 알려져 있다.

[0003] 표준 웨이브폼들의 변형이 도 2에 예시되어 있으며, 이것은 횡단면에서 수평으로 배치된 상부 및 하부 지지판들(4) 사이에 샌드위치되어 주름들 내부에 유동 채널을 형성하는 주름진 구리 시트(1')를 보여준다. 제조 중에, 압력이 판들(4)에 인가되어, 주름들(1')의 단부들에 대해 이들을 가압함으로써 주름진 시트를 압축하고 지지판들(4)과 시트(1') 사이의 접촉 선들에서 열 접촉을 보장한다. 중심 종축들(X)이 주름들의 피크들(P) 및 트로프들(T)과 측방향으로 일치하기 때문에, 채널들의 측벽들은 거의 수직이며, 따라서 이러한 압력은 화살표 a로 표시된 바와 같이, 어셈블리의 평면에서 어느 방향에서도 이들을 예측할 수 없게 좌굴시키는 경향이 있다. 주름진 구리 시트(1')가 가우시안 형상을 갖고, 가우시안 형상이 피크(P) 또는 트로프(T)의 상단 지점을 교차하는 중심선에 대해 비대칭 또는 대칭인 배열들에서 바람직하지 않은 좌굴 영향이 또한 보이게 될 것이다.

[0004] 일부 채널들의 좌굴 방향은 왼쪽 채널의 점쇄선들로 표시된 바와 같이 안쪽일 가능성이 통계적으로 높다. 이로 인해 해당 채널의 횡단면이 줄어들고, 인접한 채널들의 횡단면은 증가하여, 바람직하지 않은 상당히 고르지 않

은 패턴들이 생성된다. 추가적으로, 채널 벽의 안쪽으로의 좌굴은, 예를 들어 촉매 로딩 또는 언로딩 시에, 채널 접근성을 바람직하지 않게 감소시킨다.

[0005] EP4089359에는 판형 열 교환기용 판이 기재되어 있다. 판형 열 교환기는 적층된 구성으로 배열되는 복수의 주름들을 포함하는 복수의 판들을 포함하며, 판들에 형성되는 힐부(hill)들 및 밸리부(valley)들은 판들 사이의 유동 경로들을 형성한다.

[0006] 좌굴을 방지하거나 개선된 채널 어셈블리를 제공하는 방법에 대한 고려사항이 문헌에는 제공되어 있지 않다. 따라서, 종래 기술의 배열들에 비해 개선된 좌굴 저항을 갖는 채널 어셈블리의 제공에 대한 필요성이 남아 있다.

[0007] 미국 특허 제9,174,387호에 예시된 것들과 같은 용접된 마이크로채널 반응기들은 제조 공정에서 냉각 패턴들 및 웨이브폼들이 교대로 배열되는 스택들이 정렬되고, 이어서 용접 전에, 예를 들어 특히 TIG 용접, MIG 용접, 레이저 용접에 의해 후속적으로 압축된다는 것을 상세히 설명한다. 용접은 스택의 에지 주위에서 이루어지며, 여기서 주름진 웨이브폼들을 위한 컨테인먼트(containment)를 구성하는 금속 판들이 서로 접촉한다. 그러나, 이러한 상황들에서, 스택에 인가되는 압력은 컴포넌트 웨이브폼들의 변형을 초래할 수 있으며, 이것은 바람직하지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 제조 공정 중, 특히 금속 판들의 스택의 용접 직전 및 용접 중의 압축 단계 중에 웨이브폼 변형에 대해 매우 높은 저항성을 갖는, 개선된 채널 어셈블리 및 그 제작 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 시트의 주름들의 단부들과 인게이징(engaging)되어 주름들 사이에 유동 채널들을 형성하는 내부 표면을 갖는 판에 맞대어 놓이는 주름진 시트를 포함하는 개선된 채널 어셈블리를 제공하며, 여기서 주름들의 피크들 및 트로프들은 채널들의 중심 종축으로부터 측방향으로 오프셋되어 있다. 주름들은, 주름들이 배치되는 판들 사이의 틈새 공간에 비해 상대적으로 크며, 웨이브폼의 피크들의 높이는 금속 에지 스트립들의 높이보다 크다.

[0010] 웨이브폼 주름의 피크들 및 트로프들을 측방향으로 오프셋시키는 것은, 압력이 주름들의 단부들(피크들 및 트로프들)에 인가될 경우(예를 들어, 제조 동안) 임의의 특정 채널의 벽들이 서로를 향해 좌굴되는 것을 방지한다. 따라서, 설명된 바와 같은 주름들이 제어된 방식으로 압축을 흡수하도록 스프링처럼 작용하여, 최대 10%까지 압축하면서도 규정된 채널 갭을 또한 유지한다. 규정된 채널 갭의 유지는 채널들 사이의 균일한 공간을 촉진하고 촉매 로딩 및 언로딩을 위한 접근성을 유지한다. 본 명세서에 기술된 바와 같은 '스팬킹된(spanked)' 주름들은 주름들이 배치되는 판들에 비해 크기가 더 크며, 그 결과, 스택의 압축 시에, 주름들도 또한 압축된다. 이 스택의 컴포넌트 판들의 에지들을 용접한 후에, 압력이 해제되는 경우, 주름들은 압축된 상태로 유지된다. 주름들이 격납 판들에 가하는 압력의 결과로서, 주름들은 지지판들과의 개선된 열 접촉을 유지하고, 변형의 압력에 의해 제 자리에 고정된다.

[0011] 바람직하게는, 유동 채널의 대향하는 내부 표면들은 각각 오목 및 볼록하다. 이러한 구성은 종래 기술의 구성들과 비교할 때 채널 벽들의 좌굴을 방지하는데 특히 효과적인 것으로 밝혀졌다. 유동 채널의 내부 표면의 오목 및 볼록 구성은 놀랍게도, 압력이 인가될 경우 채널 벽들의 좌굴을 방지하는 것으로 밝혀졌다. 이러한 배열은 압력이 가해질 경우 채널들의 제어된 균일 압축을 제공하며, 그 결과 균일한 유동 채널들을 제공하고 채널들의 접근성을 증가시키며, 예를 들어 (필요할 때) 촉매 로딩 및 언로딩의 용이성을 증가시킨다.

[0012] 바람직하게는 주름진 시트는 두 개의 판들 사이에서 압축된다. 이 실시예에서, 주름진 시트는 두 판들의 내부 표면과 인게이징될 수 있으며, 즉 주름진 시트는, 시트의 주름들의 상부 단부들(예를 들면, 채널 벽 피크들)과 인게이징되는 내부 표면을 갖는 상부 판에 맞대어 놓일 수 있으며, 시트의 하부 단부들(예를 들면, 채널 벽 트로프들)과 인게이징되는 내부 표면을 갖는 하부 판에도 맞대어 놓일 수 있다. 이러한 구성은 유리하게는 균일한 압축을 촉진하는 것으로 밝혀졌다.

[0013] 이것이 도 1에 예시되어 있으며, 도 1은 수평 방향으로 배치된 상부 및 하부 지지판들(4 및 5) 사이에 샌드위치되는 주름진 구리 시트(1) 및 주름들 내에서 유동 채널을 형성하기 위해, 측방향으로 배치된 에지 스트립(edge strip)들(3)을 도시한다. 주름진 시트(1)의 피크들(P') 및 트로프들(T')은 종축들(X)에 대해 측방향으로 오프셋되어 있으며, 오목 및 볼록 측벽들은 화살표 a'로 표시된 바와 같이 측방향으로 오프셋되어 있다. 제조 중에,

압력(화살표 A로 표시됨)이 판들(4 및 5)에 인가되어, 판들(4 및 5)을 주름들(1)의 단부들 및 에지 스트립들(3)의 상단에 대해 가압한다. 주름들(1)이 압축되어 지지판들(4 및 5)과 시트(1) 사이의 접촉 선들(W)에서 유체 기밀 밀봉을 보장한다. 설명된 바와 같은 스펙킹된 웨이브폼들은 압력 인가 시에 변형에 저항함으로써, 마이크로채널들에 대한 일관된 횡단면적들을 보장한다.

- [0014] 본 발명에 의해 다루어지는 문제는 예를 들어 피서 트롭쉬 반응기에서와 같이, 주름진 시트가 비교적 깊은 주름들을 가질 경우에 특히 심각하다. 따라서, 주름진 시트 내의 유동 채널들의 높이 대 폭 비는 바람직하게는 적어도 1.5, 바람직하게는 적어도 2.0, 더 바람직하게는 적어도 3.0, 가장 바람직하게는 적어도 5.0이다.
- [0015] 바람직하게는, 주름진 시트는 높은 열 전도성의 금속 또는 합금으로 형성되며, 이러한 금속이나 합금은 바람직하게는 구리 또는 알루미늄이거나 또는 스테인리스 강일 수 있다.
- [0016] 바람직하게는, 판들은 스테인리스 강으로 형성된다.
- [0017] 바람직하게는, 각각의 유동 채널은 적어도 그 높이의 중앙 50%에 걸쳐 $\pm 20\%$ 미만, 바람직하게는 $\pm 15\%$ 미만만 폭이 변하는 횡단면을 갖는다. 이러한 특징은 유동 경로들이 평행할 경우 비교적 균일한 유동을 보장한다.
- [0018] 유동 채널들의 폭은 채널 어셈블리가 피서 트롭쉬 마이크로채널 반응기에서 사용될 경우 0.5mm 내지 10mm, 바람직하게는 0.5mm 내지 5mm, 가장 바람직하게는 0.5mm 내지 1.5mm의 범위일 수 있지만, 다른 반응기 응용에서 실질적으로 상이할 수 있다.
- [0019] 바람직하게는, 상기 주름진 시트의 재료의 두께는 0.05mm 내지 2mm, 바람직하게는 0.1mm 내지 1mm, 예를 들어 0.15mm의 범위이다. 이 범위에서, 본 발명은 특히 제조 공정 중에 압력을 가할 경우 안쪽으로의 좌굴을 방지하는데 효과적이다. 채널 어셈블리가 피서 트롭쉬 마이크로채널 반응기에서 사용하기 위한 것이지만, 다른 반응기 용도에서 실질적으로 상이할 수 있다.
- [0020] 일부 실시예에서, 채널 어셈블리는 적어도 하나의 주름진 시트, 예를 들어 복수의 주름진 시트들을 포함할 수 있다. 적어도 하나의 주름진 시트가 존재하는 실시예에서, 주름진 시트들은 바람직하게는 서로 나란히 그리고/또는 서로의 아래 및 위에 그리고 판들(즉, 스페이서 판들(spacer plates)) 사이에 위치된다. 따라서, 적어도 하나의 주름진 시트가 존재할 경우, 주름진 시트들은 서로 직접 접촉하지 않는다. 이러한 배열은 좌굴의 발생을 방지하고, 균일한 압축 및 열 전달 판과의 접촉을 촉진하며, 촉매 로딩 및 언로딩을 위한 접근성을 제공하는 것으로 유리하게도 밝혀졌다.
- [0021] 추가적인 바람직한 특징들은 종속항들에서 정의된다.

도면의 간단한 설명

- [0022] 본 발명의 바람직한 실시예들은 첨부 도면의 도 1 내지 도 7을 참조하여 단지 예로서 아래에 설명된다.
- 도 1(이미 참조됨)은 본 발명의 일 실시예의 채널 어셈블리의 제조를 예시하는 개략적인 단면도이다.
- 도 2(이미 언급되었으며 본 발명의 범위를 벗어남)는 2개의 지지판들 사이에 샌드위치되는 주름진 시트를 포함하는 채널 어셈블리의 개략적인 단면이다.
- 도 3은 완전한 채널 어셈블리의 일 실시예의 개략적인 횡단면도이다.
- 도 4는 피서 트롭쉬 반응기에 사용하기 위해 도 5에 도시된 실시예의 마이크로채널 어셈블리와 조합될 수 있는 열 교환 유닛의 사시도이다.
- 도 5는 피서 트롭쉬 반응기에 사용하기 위한 일 실시예의 마이크로채널 어셈블리의 사시도이다.
- 도 6은 도 4 및 도 5에 도시된 바와 같은 다수의 조합된 마이크로채널 및 열 교환기 어셈블리를 포함하는 블록의 사시도이다.
- 도 7은 도 6의 블록들을 포함하는 피서 트롭쉬 반응기의 사시도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0023] 도 1을 참조하면, 금속 두께 150 μm 의 구리로 이루어진 주름진 시트(1)가 2개의 스테인리스 강 에지 스트립들(3) 사이의 스페이서 판(5) 상에 위치된다. 에지 스트립들(3)은 주름진 시트(1)의 높이(h)보다 약간 작은 높이를 갖는다. 도 1에 도시된 바와 같이, 시트(1)의 주름들의 피크들(P') 및 트로프들(T')은 주름들의 관련 중방향

중심들(X')에 대해 측방향으로 변위된다.

- [0024] 또한, 각각의 채널의 서로 반대편의 벽 표면들은 각각 오목 및 볼록하다. 도시된 실시예는 단일의 대칭적으로 반복되는 주름 유닛을 도시하지만, 이웃하는 주름 유닛들이 서로 거울상 대칭을 갖는 것이 또한 가능할 것이다.
- [0025] 채널들의 폭(w)은 적절하게는 1mm이고, 높이(h)는 적절하게는 6.5mm이다.
- [0026] 하부 스페이서 판(5)과 유사한 상부 스페이서 판(4)은 주름진 시트(1) 위에 위치되고 화살표 A로 표시된 바와 같이 주름들이 충분히 변형되어 상부 스페이서 판(5)이 에지 스트립들(3)과 접촉할 수 있을 때까지 프레스 내에서 하향으로 가압된다. 이러한 변형은 반대편 채널 측들이 도 1에 표시된 바와 같이 동일한 방향 a'로 휘는것을 포함하며, 이 방향은 채널 측들의 곡률에 의해 결정되며, 위에서 언급된 바와 같이 도 2에서 방향 a로 표시된 직선 프로파일을 가진 채널 측들이 양쪽 어느 방향으로든 변형(가능하게는 좌굴) 되는 것과 대조된다. 이러한 방식으로 채널 벽들의 안쪽으로의 붕괴가 대부분 방지된다.
- [0027] 상기 압축 공정은 주름진 시트(1)의 각각의 피크/트로프와 그 연관된 상부 또는 하부 판(4/5) 사이의 선 접촉을 초래하며, 이 선 접촉은 상부/하부 판(4/5)을 에지 스트립들(3)과 용접할 때 채널들의 (잔류 압력에 의한) 밀접한 (열) 접촉을 가능하게 한다.
- [0028] 실제로, 피크들(P') 및 트로프들(T')이 종방향 중심(X')으로부터 오프셋되어 있기 때문에, 채널들의 측벽의 상부 및 하부 단부들도 판들(4 및 5)에 접촉하고, 따라서 선 접촉 영역의 두께는 도 2에 도시된 구성보다 더 크다. 선 접촉 영역의 두께(폭)의 이러한 증가는 주름진 시트와 판들(4 및 5) 사이의 열 접촉을 개선하며, 이러한 개선은 예를 들어 피셔 트롭쉬 반응기와 같은 화학 반응기에서 특히 유리하다.
- [0029] 일 변형예에서, 다수의(예를 들면, 3개의) 주름진 시트들이 반복 스페이서 판들(4 및 5)과 에지 스트립들(3) 사이의 스택에 나란히 위치되고, 도 3에 도시된 바와 같이 주름진 시트들 각각의 사이에 추가의 에지 스트립(2)이 위치된다. 최상부 및 최하부 판들은 압축 하에서 주름진 시트(1)를 유지하는 코너 포스트(corner post)(6)에 의해 연결되며, 그 결과 주름진 시트는 스페이서 판에 대해 밀봉 접촉 상태로 유지된다.
- [0030] 완전한 스택은 스페이서 판(5)의 반복 유닛들(10)로 구성되며, 그 위에 중심 주름진 시트(1)가 2개의 에지 스트립들(2) 사이에 지지되고, 에지 스트립들(3)에 의해 경계가 정해지는 2개의 추가의 주름진 시트들(1)에 의해 플랭킹된다.
- [0031] 일 변형예에서, 반복 유닛들(10)의 적층 이전에, 주름진 시트들은 각각의 웨이브폼 단부들에서, 에지/스페이서 스트립들(2/3)에 가장 가까운 트로프 내에서, 하부 스페이서 판(5)에 임시 점용접(tack weld)으로 고정된다. 임시 점용접은 후속 적층, 가압 및 용접 단계들 동안 웨이브폼을 제 자리에 고정하는 데 도움이 되어 열 접촉의 유지 및 기계적으로 안정적인 판들의 배치를 용이하게 한다.
- [0032] 일 변형예에서, 각각의 반복 유닛(10)은 도 4에 도시된 바와 같이 판상 열 교환 유닛(350)과 스택 내에서 교대로 배열될 수 있으며, 이 판상 열 교환 유닛에는 열 교환 유체(예를 들면, 증기)를 위한 채널들(355)이 제공되고, 이 채널들(355)은 주름진 시트들(1)의 채널들에 직교하도록 배향되고 치수화된다. 이것은, 스텝킹된 채널들과 접촉하는 판들 사이의 위에서 언급된 개선된 열 접촉의 이점을 취하여, 공정 채널들과 열 교환 유체 사이에 더 효과적인 열 교환을 제공한다. 대안적으로, 판들 자체에 열교환 유체를 위한 채널이 제공될 수 있다.
- [0033] 본 발명에 따른 채널 어셈블리는 피셔 트롭쉬 반응기, 예를 들어 공정 마이크로채널 유닛들에서 사용하기에 적합하다.
- [0034] 피셔 트롭쉬 공정은 일산화탄소 및 수소로부터 연료를 생성하기 위해 널리 사용되며, 다음과 같은 반응식으로 나타낼 수 있다:
- [0035]
$$(2n + 1)H_2 + nCO \rightarrow C_nH_{2n+2} + nH_2O$$
- [0036] 이 반응은 고도의 발열성이며, 피셔 트롭쉬 촉매, 전형적으로 코발트계 촉매에 의해 촉진되며, 상승된 온도 조건(전형적으로 적어도 180℃, 예를 들면 200℃ 이상) 및 압력 조건(예를 들면 적어도 10 bar) 하에서 수행된다. 생성물 혼합물이 획득되며, n은 전형적으로 1 내지 120의 범위를 포함한다. 메탄 선택성, 즉 생성물 혼합물에서 메탄의 비율(n=1)을 최소화하고, C5 및 더 높은(n≥5) 파라핀들에 대한 선택성을 바람직하게는 90% 이상의 수준으로 최대화하는 것이 바람직하다. 일산화탄소의 전환을 최대화하는 것이 또한 바람직하다.
- [0037] 수소 및 일산화탄소 공급원료는 일반적으로 합성 가스이며, 이것은 바이오매스 및 고형 도시 폐기물을 포함하는

다양한 탄소질 공급원으로부터 얻어질 수 있다.

- [0038] 도 5를 참조하면, 본 발명에 따른 공정 마이크로채널 유닛(330)이 도시되어 있으며, 이것은 지지판들(4 및 5) 사이에 샌드위치되고 시트(1)의 양 측면 상에 공정 마이크로채널들(310)을 형성하는 스펙킹된 주름진 시트(1)를 포함한다. 각각의 마이크로채널(310)은 촉매(500)로 패킹된다(도 6). 피셔 트롭쉬 촉매(500)는 입자성 고체의 고정층 또는 다양한 구조화된 촉매 형태를 포함하는 임의의 형태일 수 있다.
- [0039] 피셔 트롭쉬 촉매(500)는 선택적으로, 코발트 및 지지체를 포함할 수 있다. 촉매는 선택적으로, 약 10 내지 약 60 중량%, 또는 약 15 내지 약 60 중량%, 또는 약 20 내지 약 60 중량%, 또는 약 25 내지 약 60 중량%, 또는 약 30 내지 약 60 중량%, 또는 약 32 내지 약 60 중량%, 또는 약 35 내지 약 60 중량%, 또는 약 38 내지 약 60 중량%, 또는 약 40 내지 약 60 중량%, 또는 약 40 내지 약 55 중량%, 또는 약 40 내지 약 50% 범위의 Co 로딩을 가질 수 있다.
- [0040] 피셔 트롭쉬 촉매(500)는 선택적으로 귀금속을 더 포함할 수 있다. 귀금속은 Pd, Pt, Rh, Ru, Re, Ir, Au, Ag 및 Os 중 하나 이상일 수 있다. 귀금속은 Pd, Pt, Rh, Ru, Re, Ir 및 Os 중 하나 이상일 수 있다. 귀금속은 Pt, Ru 및 Re 중 하나 이상일 수 있다. 귀금속은 Ru일 수 있다. 귀금속은 Re일 수도 있다. 대안적으로, 또는 추가적으로, 귀금속은 Pt일 수 있다. 피셔 트롭쉬 촉매는 선택적으로, 총 귀금속(들) 중 약 0.01 내지 약 30%(촉매 전구체 또는 활성화된 촉매의 총 중량의 백분율로서 존재하는 모든 귀금속의 총 중량을 기준으로), 또는 총 귀금속(들) 중 약 0.05 내지 약 20%, 또는 총 귀금속(들) 중 약 0.1 내지 약 5%, 또는 총 귀금속(들) 중 약 0.2%를 포함할 수 있다.
- [0041] 피셔 트롭쉬 촉매(500)는 촉진제들 또는 개질제들로서 하나 이상의 다른 금속계 컴포넌트들을 선택적으로 포함할 수 있다. 이들 금속계 컴포넌트들은 또한 선택적으로, 탄화물, 산화물 또는 원소 금속으로서 촉매 전구체 및/또는 활성화된 촉매에 존재할 수 있다. 하나 이상의 다른 금속계 컴포넌트들에 적합한 금속은, 예를 들어, Zr, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Nb, Mo, Cd, Hf, Ta, W, Re, Hg, Tl 및 4f-블록 란타늄 원소 중 하나 이상일 수 있다. 적합한 4f-블록 란타늄 원소는 La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb 및/또는 Lu일 수 있다. 하나 이상의 다른 금속계 컴포넌트들에 대한 금속은 예를 들어 Zn, Cu, Mn, Mo 및/또는 W 중 하나 이상일 수 있다. 하나 이상의 다른 금속계 컴포넌트들에 대한 금속은 예를 들어 Re 및/또는 Pt 중 하나 이상일 수 있다. 촉매는 선택적으로, 총 다른 금속(들) 중 약 0.01 내지 약 10% (촉매 전구체 또는 활성화된 촉매의 총 중량의 백분율로서 모든 다른 금속의 총 중량을 기준으로 함), 또는 선택적으로, 총 다른 금속들 중 약 0.1 내지 약 5%, 또는 선택적으로, 총 다른 금속들 중 약 3%를 포함할 수 있다.
- [0042] 피셔 트롭쉬 촉매(500)는 선택적으로 촉매 지지체를 포함할 수 있다. 지지체는 선택적으로, 알루미늄, 지르코니아, 실리카, 티타니아, 또는 이들 중 둘 이상의 혼합물을 포함할 수 있다. 지지체의 표면은 실리카, 티타니아, 지르코니아, 마그네시아, 크로미아, 알루미늄, 또는 이들 중 둘 이상의 혼합물로 처리함으로써 선택적으로 개질될 수 있다. 지지체에 사용되는 재료 및 지지체의 개질에 사용되는 재료는 상이할 수 있다. 지지체는 선택적으로 실리카를 포함할 수 있고, 실리카의 표면은 티타니아와 같은 산화물 내화성 고체 산화물로 처리될 수 있다. 지지체를 개질시키는 데 사용되는 재료는 지지된 촉매의 안정성을 증가시키는 데(예를 들면, 비활성화를 감소시킴으로써) 사용될 수 있다. 촉매 지지체는 선택적으로, 지지체의 표면을 개질시키기 위해 사용되는 산화물 (예를 들면, 실리카, 티타니아, 마그네시아, 크로미아, 알루미늄, 또는 이들 중 둘 이상의 혼합물)을 약 30 중량% 까지 포함할 수 있으며, 예를 들어 약 1 중량% 내지 약 30 중량%, 또는 약 5 중량% 내지 약 30 중량%, 또는 약 5 중량% 내지 약 25 중량%, 또는 약 10 중량% 내지 약 20 중량%, 또는 약 12 중량% 내지 약 18 중량%로 포함할 수 있다. 촉매 지지체는 선택적으로, 구조화된 형상, 펠렛 또는 분말의 형태일 수 있다. 촉매 지지체는 선택적으로, 입자형 고형물의 형태일 수 있다. 이론에 구속되고자 하는 것은 아니지만, 본 명세서에서 제공되는 표면 처리는 피셔 트롭쉬 공정의 작동 동안 Co(코발트)가 소결되는 것을 방지하는 것을 돕는 것으로 여겨진다. 중간 입자 직경은 선택적으로, 50 내지 약 500 μm , 또는 약 100 내지 약 500 μm , 또는 약 125 내지 약 400 μm , 또는 약 170 내지 약 300 μm 의 범위일 수 있다. 일 실시예에서, 촉매는 입자형 고형물의 고정층 형태일 수 있다.
- [0043] 마이크로채널 반응기들은 본 출원인의 이름으로 W02016/201218A에 개시되어 있으며(이 문헌은 참조로서 본 명세서에 포함됨), 또한, LeViness 외 공저의 문헌 "Velocys Fischer-Tropsch Synthesis Technology - New Advances on State-of-the-Art" Top. Catal. 2014, 57, pp518-525에도 유사하게 개시되어 있다. 이러한 반응기들은, 마이크로채널(및 이에 따른 촉매) 부피에 대한 열교환 표면적의 높은 비율로 인해, 매우 효과적인 열 제거가 가능하다는 특별한 이점을 갖는다. 본 발명에 따르면, 주름진 시트(1)의 스펙킹된 채널의 압축은 인접한 열 교환 층들과의 양호한 열 접촉을 보장하며, 이것은 향상된 공정 제어를 용이하게 한다.

- [0044] 적합한 마이크로채널 반응기에 대한 추가 세부 사항이 도 6 및 도 7을 참조하여 아래에 주어진다.
- [0045] 도 6을 참조하면, 피셔 트롭쉬 반응기에서 사용하기 위한 마이크로채널 반응기 코어(220)가 도시되어 있으며, 공정 마이크로채널들(310)의 판상 유닛들(300)(도 5 참조) 및 열 교환 채널들(355)의 판상 유닛들(350)(도 4 참조)이 교대로 배열되는 스택을 포함한다.
- [0046] 마이크로채널 반응기 코어(220)는 선택적으로, 복수의 공정 층들 및 복수의 열 교환 층들을 형성하는 스택 내의 복수의 판들을 포함할 수 있으며, 각각의 판은 주변 에지를 갖고, 각각의 판 또는 심(shim)의 주변 에지는 다음의 인접한 판의 주변 에지에 용접되어 스택에 대한 주변 밀봉을 제공한다. 이러한 내용이 본 명세서에 참조로서 포함되는 US2012/0095268 A1에 나와 있다.
- [0047] 마이크로채널 반응기 코어(220)는 선택적으로, 정사각형 또는 직사각형인 6개의 면을 갖는 3차원 블록의 형태를 가질 수 있다. 마이크로채널 반응기 코어(220)는 선택적으로, 길이를 따라 동일한 단면을 가질 수 있다. 마이크로채널 반응기 코어(220)는 선택적으로, 평행 또는 입방형 블록 또는 프리즘의 형태일 수 있다.
- [0048] 도 7을 참조하면, 마이크로채널 반응기(200)는 3개의 마이크로채널 반응기 코어들(220)을 포함하거나 수용하는 격납 용기(210)를 포함한다. 다른 실시예들에서, 격납 용기(210)는 1개 내지 약 12개의 마이크로채널 반응기 코어, 또는 1개 내지 약 8개의 마이크로채널 반응기 코어, 또는 1개 내지 약 4개의 마이크로채널 원자로 코어를 수용하거나 보관하기 위해 사용될 수 있다. 격납 용기(210)는 가압 가능한 용기일 수 있다. 격납 용기(210)는 반응물의 마이크로채널 반응기 코어(220) 내로의 유동, 생성물의 마이크로채널 반응기 코어들(220)로부터의 유출, 그리고 열 교환 유체의 마이크로채널 반응기 코어들(220)로의 유입 및 유출을 가능하게 하는 유입구들 및 유출구들(230)을 포함한다.
- [0049] 유입구들(230) 중 하나는 마이크로채널 반응기 코어들(220) 각각에서 마이크로채널들을 처리하기 위해 반응물들을 유동시키기 위해 제공되는 헤더(header) 또는 매니폴드(manifold)(도시되지 않음)에 연결될 수 있다. 유입구들(230) 중 하나는 마이크로채널 반응기 코어(220) 각각의 열 교환 채널들로 열 교환 유체, 예를 들어 과열 증기를 유동시키기 위해 제공되는 헤더 또는 매니폴드(도시되지 않음)에 연결된다. 유출구들(230) 중 하나는, 마이크로채널 반응기 코어들(220) 각각에서 공정 마이크로채널들로부터 유출되는 생성물을 제공하는 매니폴드 또는 푸터/footer)(도시되지 않음)에 연결된다. 유출구들(230) 중 하나는, 매니폴드 또는 푸터(도시되지 않음)에 연결되어, 마이크로채널 반응기 코어들(220) 각각에서 열 교환 채널들로부터의 열 교환 유체의 유동을 제공하게 된다.
- [0050] 격납 용기(210)는 마이크로채널 반응기 코어들(220) 내에서 발생할 수 있는 작동 압력들에 대응하기에 충분한 임의의 적절한 재료를 사용하여 구성될 수 있다. 예를 들어, 격납 용기(210)의 셸(shell)(240) 및 보강 리브(reinforcing rib)들(242)은 주강으로 구성될 수 있다. 플랜지들(245), 커플링들 및 파이프들은 예를 들어 316 스테인리스 강으로 구성될 수 있다.
- [0051] 마이크로채널 반응기 코어(220)는 예를 들어 와이어 방전 가공, 일반 기계가공, 레이저 절단, 광화학 가공, 전기화학 가공, 몰딩, 워터젯, 스탬핑, 에칭(예를 들면, 화학적, 광화학적 또는 플라즈마 에칭), 3D 인쇄 및 이들의 조합을 포함하는 공지된 기술을 사용하여 제조될 수 있다.
- [0052] 마이크로채널 반응기 코어(220)는 선택적으로, 유동 통로를 허용하는 부분들이 제거되는 판들을 형성함으로써 구성될 수 있다. 판들의 스택은, 예를 들어, 집적 디바이스를 형성하기 위해 확산 본딩, 레이저 용접, 확산 브레이징, 및 유사한 방법들을 통해 어셈블링될 수 있다. 마이크로채널 반응기들은 예를 들어 판들 및 부분 판들 또는 스트립들의 조합을 사용하여 어셈블링될 수 있다. 이 방법에서, 채널들 또는 보이드 영역들은 요구되는 재료의 양을 감소시키기 위해 스트립들 또는 부분 판들을 어셈블링함으로써 형성될 수 있다.
- [0053] 마이크로채널 반응기 코어(220)는 선택적으로, 복수의 공정 층들 및 복수의 열 교환 층들을 형성하는 스택 내의 복수의 판들을 포함할 수 있으며, 각각의 판은 주변 에지를 갖고, 각각의 판 또는 심의 주변 에지는 다음의 인접한 판의 주변 에지에 용접되어 스택에 대한 주변 밀봉을 제공하게 된다. 이러한 내용은 본 명세서에 참조로서 포함되는 US2012/0095268 A1에 나와 있다.
- [0054] 격납 용기(210)는 선택적으로, 적어도 마이크로채널 반응기 코어들(220) 내의 내부 압력 및/또는 임의의 연관된 냉각제 채널들 내의 압력만큼 높은 레벨에서 격납 용기 내의 압력을 유지하기 위한 제어 메커니즘을 포함할 수 있다. 격납 용기(210) 내의 내부 압력은 선택적으로, 합성 가스 전환 공정(예를 들면, 피셔 트롭쉬 공정)의 작동 동안 약 10 내지 약 60 기압, 또는 약 15 내지 약 30 기압의 범위일 수 있다. 격납 용기 내의 압력을 유지하

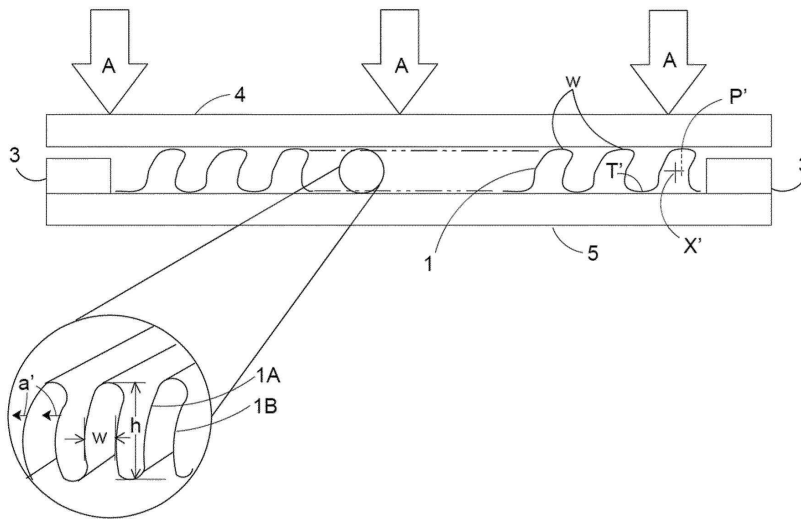
기 위한 제어 메커니즘은 선택적으로, 체크 밸브 및/또는 압력 조절기를 포함할 수 있다. 체크 밸브 또는 레귤레이터는 선택적으로, 격납 용기에 대한 임의의 원하는 내부 압력에서 활성화되도록 프로그래밍될 수 있다. 이들 중 어느 하나 또는 둘 모두는 격납 용기(210) 내의 압력이 적어도 마이크로채널 반응기 코어들(220) 내의 내부 압력만큼 높은 레벨로 유지되는 것을 보장하기 위해 파이프들, 밸브들, 제어기들 등의 시스템과 조합하여 사용될 수 있다. 이것은 마이크로채널 코어들(220)을 형성하기 위해 사용되는 용접부들을 보호하기 위해 부분적으로 수행된다. 마이크로채널 반응기 코어들(220) 내의 내부압력의 대응하는 감소없이 격납 용기(210) 내의 압력의 상당한 감소는 마이크로채널 반응기 코어들(220) 내의 용접의 비용이 많이 드는 파열을 초래할 수 있다. 제어 메커니즘은 선택적으로, 격납 가스에 의해 가해지는 압력이 감소하는 경우에 하나 이상의 공정 가스들의 격납 용기 내로의 전환을 허용하도록 설계될 수도 있다.

[0055]

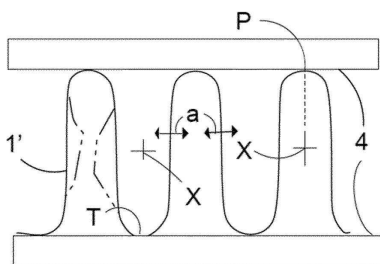
본 발명의 채널 어셈블리들의 채널은 웨이브폼의 스펙킹된 특성에 의해 제공되는 구겨짐에 대한 저항성으로 인해 매우 균일한 횡단면을 갖기 때문에, 촉매의 고른 패킹을 허용하고, 이에 의해 화학적 반응기(예를 들면, 피서 트롭쉬)의 채널들 내의 균일한 유량을 촉진하며, 이것은 공정 효율을 최대화한다.

도면

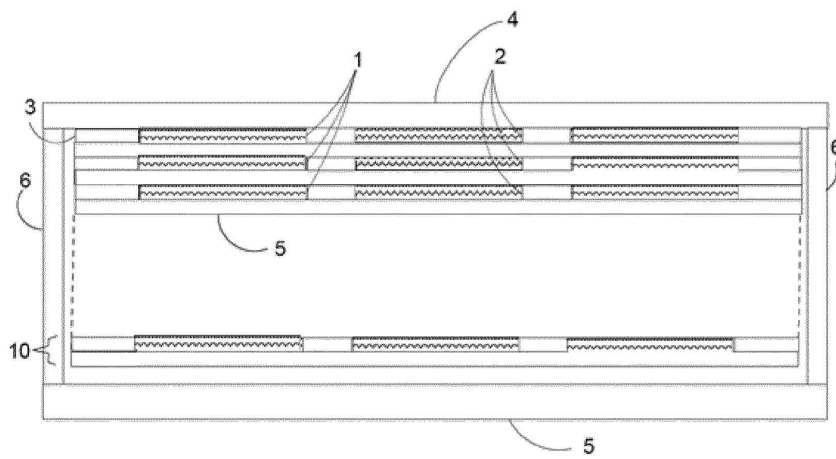
도면1



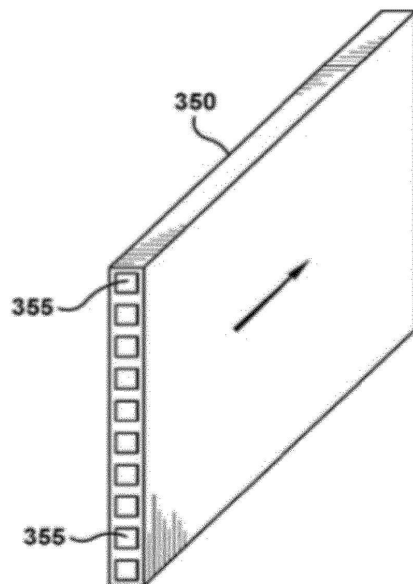
도면2



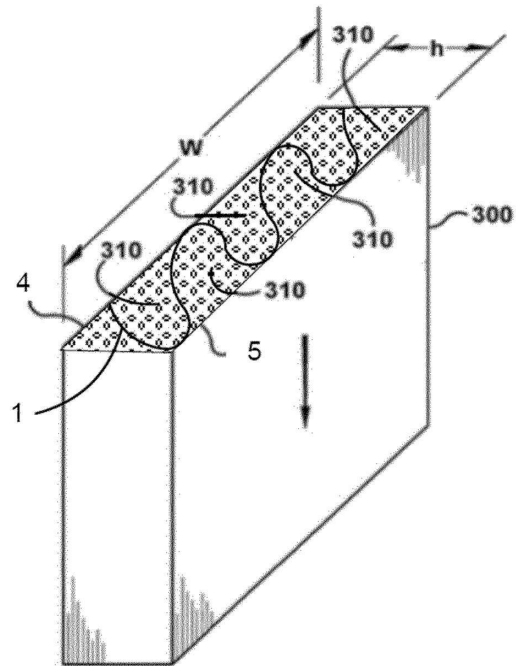
도면3



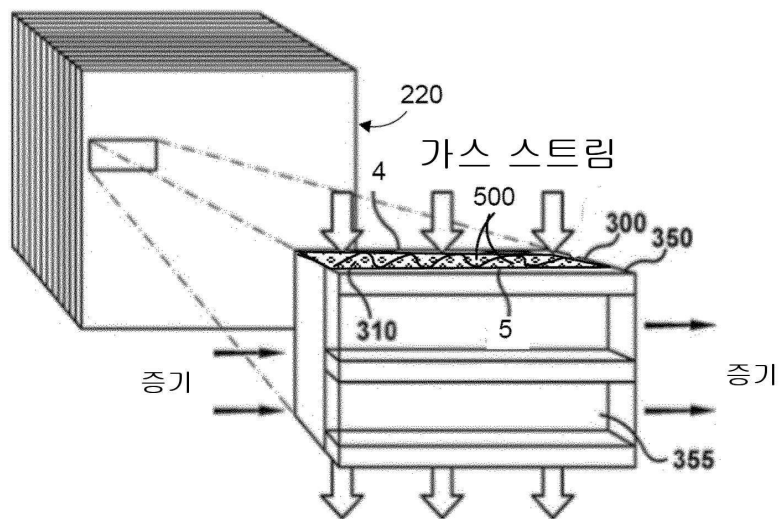
도면4



도면5



도면6



도면7

