(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl. [6]
B01J 4/00

(45) 공고일자 2003년03월19일
(11) 등록번호 10-0371482
(24) 등록일자 2003년01월24일

(21) 출원번호 10-1995-0025670
(22) 출원일자 1995년08월21일

(65) 공개번호 특1996-0006993
(43) 공개일자 1996년03월22일

(30) 우선권주장 94202412.6 1994년08월23일 EP(EP)

(73) 특허권자
셀 인터나쵸나아레 레사아치 마아츠샤피 비이부이
네덜란드 왕국 헤이그시 2596 에이취아아르 카레르 반 부란트란 30

(72) 발명자
아리에피이터덴하아토그
네델란드왕국헤이그시2596에이취아아르카레르반부란트란30
빌렘반브리에트
네델란드왕국헤이그시2596에이취아아르카레르반부란트란30

(74) 대리인
차순영
차윤근

심사관 : 좌승관

(54) 다중-상다운플로우반응기용분배기장치

요약

본 발명은,

(i) 위어에 의해 둘러싸인 중앙 기체 통로 및 위어 둘레에 액체 통로가 제공된 실질적으로 수평의 수집 트레이 ;

(ii) 액체 및 기체의 하향 흐름에 대해 다수의 관상 강수관이 제공되는, 수집 트레이 아래에 위치된 실질적으로 수평의 분배 트레이 ;

(iii) 수집 트레이의 중앙 기체 통로상에 위치된 유체 편향기 플레이트;

(iv) 수집 트레이와 분배 트레이 사이에 한정된 혼합실 ; 및

(v) 제 1 말단 및 제 2 말단을 가지는 개방-말단 가이드 도관으로 구성되는 다중-상 다운플로우 반응기내에 액체 및 기체를 분배하기 위한 분해기 장치로서, 제 1 말단은 수집 트레이의 액체 통로와 연결되고 제 2 말단은 혼합실내로 개방되며, 제 2 말단은 정상 작업중에 제 2 말단으로 부터 나온 액체 스트림이 맞닿도록 위치되는 분배기 장치; 상기 분배기 장치를 포함하는 다중-상 다운플로우 반응기; 및 탄화수소 공정에서 다중-상 다운플로우 반응기의 사용을 제공한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

제 1 도는 본 발명의 제 1 실시양태에 따라, 분배기 장치를 가진 다중상 다운플로우 반응기 일부의 수직 단면을 도식적으로 보인다.

제 2 도는 냉각 유체를 분배하기 위한 도구를 포함하는 본 발명의 제 2 실시양태에 따라 분배기 장치를 가진 다중 상 다운플로우 반응기 일부의 수직 단면을 도식적으로 보인다.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

1 : 반응기 10 : 지지체 그리드

15 : 상부 반응 상 20 : 수집 트레이

25 : 돌기 30 : 기체 통로

35 : 위어 40 : 액체 통로

45 : 분배 트레이 50 : 강수관

55 : 유체 편향기 플레이트 60 : 혼합실

80 : 예비-분배 트레이 90 : 개구

100 : 측벽 105 : 기체 선회 도구

115 : 하부 반응상 125 : 냉각 고리

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 탄화수소 공정에서 다중-상 다운플로우 반응기의 장치 및 사용을 포함하는 다중-상 다운플로우 반응기용 분배기 장치에 관한 것이다.

많은 포개놓은 반응 상을 포함하는 다중-상 다운플로우 반응기는 촉매 탈랍, 수소처리 및 수소 분해 같은 여러 가지 공

정에 영향을 주는 화학 약품 및 석유 정제 산업에서 사용된다. 이들 공정에서, 액체 상을 전형적으로 기체 상과 혼합되고, 유체는 반응 상에서 유지된 미립자 촉매상을 통과한다. 유체들이 반응 상을 통해 동시에 통과할 때, 반응 상을 가로지르는 액체 및 기체의 분배는 불규칙해져서 반응의 범위 및 또한 온도 분포에 대해 나쁜 결과를 가지기 쉬울 것이다. 다음의 하부 반응상에 들어가는 유체내 온도 및 액체 및 기체의 균일한 분포를 성취하기위해, 많은 다른 유형의 유체 분배기 장치가 일반적으로 반응 상들 사이에 놓여진다.

상기 유체 분배기 장치는 유럽 특허 출원 제 427 733 호로 부터 공지된다. 이 서류는,

(i) 트레이를 통해 뻗어있는 굴뚝 형태로의 기체 통로 및 다수의 액체 통로가 제공되는 실질적으로 수평의 수집 트레이 :

(ii) 액체 및 기체의 하향 흐름을 위해 다수의 관상 강수관이 제공되는, 수집 트레이 아래에 위치된 실질적으로 수평의 분배 트레이 :

(iii) 수집 트레이의 중심상에 위치된 유체 편향기 플레이트 ; 및

(iv) 수집 트레이와 분배 트레이 사이에 형성된 혼합실로 구성되는 다중-상 다운플로우 반응기의 반응 상들 사이에 사용하기 위한 유체 분배기 장치를 공개하고, 상기에서, 굴뚝은 수집 트레이의 둘레 주위에 원상에 배열되고, 액체 통로는 유체 편향기 플레이트 영역 외부에 위치된다.

또한, 공지된 장치는, 혼합 트레이 아래에 개방되어 있는 액체 및 기체의 통로용 두 여수로가 제공되는, 수집 트레이위에 정렬된 혼합 트레이 및 중앙 배출 개구를 가지는, 여수로로 부터 액체를 수용하기 위한 환상 리셉터클을 포함한다.

정상 작업중에, 액체 및 기체는 여수로를 통해 및 환상 리셉터클의 중앙 배출 개구를 통해 하향으로 수집 트레이로 흐른다. 흐름은 편향기 플레이트에 의해 방사상 외향으로 편향되고, 액체는 수집 트레이의 액체 통로를 통해 흐르고, 분배 트레이상에 수집되며, 기체는 굴뚝을 통해 혼합실내로 흐른다. 이후에, 액체 및 기체는 분배 트레이의 강수관을 통해 동시에 흐른다.

이리하여, 공지된 장치에서, 액체 및 기체는 혼합 트레이에서 서로와 접촉되고 나서, 유체는 그들이 다시 혼합되는 분배 트레이로 분리하여 통과된다. 공지된 장치는 기체-기체, 액체-액체 및 액체-기체 상호작용이 일어나는 가능성을 제공하나. 액체-액체 상호작용에 대한 가능성 및 이에 의한 액체평형은 제한된다.

본 발명의 목적은 액체 평형에 영향을 주는 도구를 가진 유체 분배기 장치를 제공하는 것이다.

그러므로 본 발명에 따라,

(i) 위어에 의해 둘러싸인 중앙 기체 통로 및 위어 둘레에 액체 통로가 제공된 실질적으로 수평의 수집 트레이;

(ii) 액체 및 기체의 하향 흐름에 대해 다수의 관상 강수관이 제공되는, 수집 트레이 아래에 위치된 실질적으로 수평의 분배 트레이;

(iii) 수집 트레이의 중앙 기체 통로상에 위치된 유체 편향기 플레이트;

(iv) 수집 트레이와 분배 트레이 사이에 형성된 혼합실; 및

(v) 제 1 말단 및 제 2 말단을 가지는 말단이 개방된 가이드 도관으로 구성되는 다중-상 다운플로우 반응기내에 액체 및 기체를 분배하기 위한 분배기 장치가 제공되며, 상기에서, 제 1 말단을 수집 트레이의 액체 통로와 연결되고 제 2 말단은 혼합실내고 개방되며, 제 2 말단은 정상 작업중에 제 2 말단으로부터 나온 액체 스트림이 맞닿도록 위치된다.

다중-상 다운플로우 반응기에서 액체 및 기체를 분배하는데 매우 효과적인것 과는 별개로, 본 발명의 분배기 장치는 반응기의 총 길이가 상당히 감소되는 형태로 비교적 소형화되는 부가의 이점을 가진다.

또한, 냉각 유체를 분배하기 위한 도구가 제공된다면, 본 발명의 분배기 장치는 다중-상 다운플로우 반응기의 반응 상들 사이에 반응물/생성물의 냉각을 성취 하는데 매우 효과적으로 사용될 수 있다.

따라서, 본 발명의 한 실시양태에서, 분배기 장치는 또한 수집 트레이 위에 위치된, 냉각 유체를 분배하기 위한 도구를 포함한다.

냉각 유체를 분배하기 위한 도구는 당 분야에서 잘 공지되고, 예컨대 상기 (임의 특징으로서)에 언급된 유럽 특허 출원 제 427 733 호 및 또한 미합중국 특허출원 제 3 787 189 호 및 제 3 855 068 호에서 서술된다.

미합중국 특허 출원 제 3 787 189 호는 일련의 세개의 수평 배플 플레이트(상부, 중간 및 하부 배플 플레이트) 위에 위치된 냉각 기체 분배기를 포함하는 다중-상 다운플로우 반응기의 반응 상들 사이에 사용하기 위한 유체 분배기 장치를 서술한다. 중간 배플 플레이트는 반응기의 벽들 사이에 연장되고, 원형 중앙 개구를 가진다. 상부 및 하부 배플 플레이트는 보다 작은 직경을 가지고, 중간 배플 플레이트에서 원형 중앙 개구 위에 및 아래에 수직으로 위치된다.

정상 작동중에, 상부 반응 상으로 부터 하강하는 유체는 배플 플레이트들 사이에 위치된 선회 배인에 의해 냉각 기체와 직접적으로 혼합된다. 선회 베인은 하부 반응 상까지 하향 방향으로 중간 배플 플레이트의 중앙 개구를 통해서만 통과할 수 있는 유체에 선회 운동을 부여한다.

이 장치에서, 상부 반응 상으로 부터 하부 반응 상까지 흐름 경로의 전체 길이를 따라 냉각 기체와 상부 반응 상으로 부터 하강하는 유체의 혼합이 제공된다.

미합중국 특허 제 3 855 068 호는 개구가 제공된 하향으로 경사져 있는 플레이트 위에 위치된 냉각 기체 도구를 포함하는 다중-상 다운플로우 반응기의 상들 사이에 사용하기 위한 유체 분배기 장치를 서술한다. U-모양 파이프가 개구 아래 플레이트의 아래쪽에 고정되고, U-모양 파이프의 아래쪽에는 상향으로 뻗어있는 굴뚝 형태로 기체 통로가 제공되어 있으며 다수의 액체 통로가 제공되어 있는 실질적으로 수평의 수집 트레이가 있다.

정상의 작동중에, 액체-기체 스트림은 U-모양 파이프를 통해 통과하고, 액체 및 기체 성분으로 파괴되는 플레이트의 아래쪽에 닿는다. 액체는 수집 트레이상에 수집되고, 액체 통로를 통해 흐르고, 기체는 수집 트레이의 굴뚝을 통해 아래 반응상으로 흐른다.

유럽 특허 출원 제 427 733 호의 유체 분배기 장치와 마찬가지로, 상기 미합중국 특히 출원의 유체 분배기 장치는 액체가 평형을 이루는 가능성을 거의 또는 전혀 제공하지 않는다.

냉각 유체 도구를 통합하는 상기 선행 기술 장치의 작동에서, 상부 반응 상으로 부터 하강하는 차가운 냉각 유체 및 뜨거운 유체 사이에 일어나는 열 교환은 일반적으로 불규칙하여, 하부 반응 상에 들어가는 유체 혼합물은 반응기를 가로지르는 매우 다양한 온도 분포를 보인다.

반대로, 본 발명에 따른 분배기 장치를 사용하여, 기체-기체 및 액체-액체 상호작용을 먼저 별개로 실행하여 각각 실질적으로 균일한 온도(및 조성)를 가지는 평형화된 기체 및 액체 상을 제공한다. 기체 상의 온도는 일반적으로 액체 상의 온도와 다를 것이다. 그리고나서, 평형화된 기체 및 액체 상은 분배 트레이상에 함께 가져가서 직접 혼합시켜 기체-액체 상호작용을 촉진시킨다. 이러한 방식으로, 하부 반응 상에 들어갈 때, 반응기를 가로질러 실질적으로 균일한 온도(및 조성)을 나타내는 유체 혼합물이 생성된다.

본 발명의 분배기 장치는 말단이 개방된 가이드 도관과 분배 트레이 사이에 정열된 실질적으로 수평의 예비-분배 트레이를 또한 포함하고, 이때 예비-분배 트레이에는 그의 둘레에서 오버플로우 위어 및 그 둘레 주위에서 다수의 개구가 제공된다. 예비-분배 트레이를 가지는 이점은, 그것이 액체가 분배 트레이상에 보다 균일하게 분산가능하게 하고, 액체-액체 상호작용 및 이로써 액체 평형을 촉진하는 것을 돕는다는 것이다.

유체 편향기 플레이트는 개구가 제공된 지지체에 의해 수집 트레이의 중앙 기체 통로 위에 편리하게 지지된다. 개구는 기체-기체 상호작용 및 이로써 기체 평형을 촉진시키기 위해 예컨대 선회 베인의 형태로 기체 선회도구로 제공될 수 있다.

액체 평형을 촉진시키기 위해, 본 발명의 분배기 장치는 매우 다수의 임핀징 액체 스트림을 제공하기 위해 일반적으로 적어도 4, 바람직하게 적어도 8개의, 말단이 개방된 가이드 도관 및 상응하는 액체 통로를 가질 것이다. 가이드 도관의 제 2 말단이 같은 수평면내에 놓여있도록 정렬된다면, 액체 평형이 한층 더 촉진된다.

본 발명은 이제 첨부하는 도면을 참고로 실시예에 의해 한층 더 서술할 것이다.

도면에서, 유사한 정수는 유사한 참조 번호로써 표시된다.

제 1 도는 상들 사이의 영역에서 다중 상 다운플로우 반응기의 일부를 통한 단면도를 보인다. 반응기의 일반적 형상은 통상적일 것이고, 분배 트레이용 지지체 같은 세부사항은 명확히 하기 위해 도시하지 않는다.

이 실시양태에서, 반응기(1)의 벽(5) 및 지지체 그리드(10)는, 촉매 반응물이 흐르고 적어도 부분적으로 생성물로 전환되는, 미립자 형태로의 촉매같은 고체 접촉 물질의 상부 반응 상(15)을 지지한다. 지지체 그리드(10)는 통로(보이지 않음)가 제공되고, 통상의 유형을 가질 수 있다. 촉매는 지지체 그리드(10) 상에 직접 정렬될 수 있거나, 촉매는 지지체 그리드(10)상에 정렬되는, 액체 및 기체가 상부 상(15)으로 부터 하향으로, 및 지지체 그리드(10)를 통해 흐르게 하는 지지체볼(보이지 않음)의 층상에 정렬될 수 있다.

분배기 장치는 위어(35)에 의해 둘러싸인 중앙 기체 통로(30) 및 위어(35)둘레에 액체 통로(40)로 제공된 돌기(25) 상에 지지된 실질적으로 수평의 수집 트레이(20); 액체 및 기체의 하향 흐름에 대해 다수의 관상 강수관(50)이 제공되는, 수집 트레이(20) 아래에 위치된 실질적으로 수평의 분배 트레이(45); 수집 트레이(20)의 증발 기체 통로(30) 위에 위치된 유체 편향기 플레이트(55); 수집 트레이(20)과 분배 트레이(45) 사이에 형성된 혼합실(60); 및 제 1 말단(70) 및 제 2 말단(75)을 가지는 말단이 개방된 가이드 도관(65)으로 구성되고, 상기에서, 제 1 말단(70)은 수집 트레이(20)의 액체 통로(40)와 연결되고, 제 2 말단(75)은 혼합실(60)내로 개방되며, 제 2 말단(75)은 정상 작동중에 제 2 말단(75)으로 부터 나오는 액체 스트림이 맞닿도록 위치된다.

분배기 장치는 또한 그의 둘레에서 오버플로우 위어(85) 및 둘레 주위에서 다수의 개구(90)가 제공되는, 말단이 개방된 가이드 도관(65)과 분배 트레이(45)사이에 정렬된 실질적으로 수평의 예비-분배 트레이(80)를 포함한다.

정상의 작동중에, 상부 반응상(15)로 부터 하강하는 액체는, 그것이 축적되어 액체 통로를 통한 기체의 흐름이 방해되도록 액체 통로(40)를 덮는 액체층을 형성하는 수집 트레이(20)상에 수집된다. 반응기(1)의 하부 부분내로의 기체의 흐름은 유체 편향기 플레이트(55)를 지지하는 측벽(100)내 개구(95)에 의해 제공된다. 상부 반응상(15)으로 부터 하강하는 기체는 유체 편향기 플레이트(55)를 편향하고, 먼저 방사상으로 밖으로 흐르고 나서, 개구(95)를 향해 안으로 방사상으로 흐르며, 이때 흐름 경로는 그의 면상에서 휘어진 " U" 의 경로와 유사하다. 개구(95)에 들어갈 때, 개구(95)내에 정렬된 기체 선회 도구(105)는 중앙 기체 통로(30)를 통해 아래 혼합실(60)로 하향으로만 이동할 수 있는 기체에 선회 운동을 부여한다. 기체의 선회 운동은 기체-기체 상호작용, 및 이로써 기체 상의 평형을 촉진한다.

수집 트레이(20) 상의 액체는 액체 통로(40)를 통해, 및 가이드 도관(65)내로 및 그를 통해 통과한다. 명확히 하기 위해, 단지 두 개의 말단이 개방된 가이드 도관(65) 및 상응하는 액체 통로(40)가 제 1 도에 도시된다. 가이드 도관(65)의 제 2 말단(75)은, 정상 작동중에, 제 2 말단(75)로 부터 나온 액체 스트림이 맞닿도록 위치된다. 이 방식에서, 액체-액체 상호작용이 결과되고, 액체 상 평형이 용이해진다.

가이드 도관(65)로 부터의 액체는 개구(90)를 통해 아래 분배 트레이(45)에 하향으로 통과하는 예비-분배 트레이(80) 상에, 또는 때때로 오버플로우 위어(85)를 깨뜨림으로써 축적된다. 수집 트레이(20) 및 예비-분배 트레이(80) 사이의 수직 거리 (A) 및 예비-분배 트레이(80)와 분배 트레이(45) 사이의 수직 거리(B)는 바람직하게 (A)/(B) 가 1-3 범위내이도록 관계된다. 기체는 예비-분배 트레이(80)에 의해 편향되고, 분배 트레이(45)로 흐른다.

분배 트레이(45)는 두 목적에 공헌한다. 먼저, 그것은 유체가 하부 반응상(115)에 들어가기 전에 액체 및 기체를 균일하게 분배하고, 둘째로 그것은 액체 및 기체 사이에 접촉을 허용하여 액체-기체 상호작용을 제공한다.

분배 트레이(45)는 하부 반응상(115)상에 액체 및 기체의 많은 분배점을 제공하기 위해 매우 많은 관상 강수관(50)을 가진 실질적으로 수평의 플레이트(110)를 포함한다. 각 강수관(50)은 플레이트(110)내 개구 (보이지 않음)를 통해 뻗어 있는 말단이 개방된 직립의 (실질적으로 수직의) 관을 포함한다. 각 관은 정상 작동중에 플레이트(110)상에 형성되는 액체의 풀 꼭대기 아래에 위치된 관내로 액체의 도입을 위한 그의 면내 기구(120)(또는 개구들)을 가진다. 개구(120)의 총수 및 크기는 원하는 유량에 따라 선택될 것이다. 기체는 강수관(50)의 상부에 들어가고, 그를 통해 아래로 하부 반응상(115)으로 통과한다. 기체 및 액체 상 사이에 친밀한 혼합이 일어나는 것은 강수관(50)내이다.

제 2 도는, 분배기 장치가 개구(130)가 제공된 냉각 고리(125)를 포함하는 냉각 유체를 분배하기 위한 도구를 또한 포함한다는 것을 제외하고 제 1 도와 유사하다. 냉각 고리(125)는 지지체 그리드(10)과 수집 트레이(20) 사이에 위치된다.

정상 작동중에, 냉각 유체는 상부 반응상 (15)으로 부터 하강하는 액체 및 기체와 접촉되는 냉각 고리(125)의 개구(130)를 통해 반응기내로 방출된다. 냉각 유체는 반응물 (예컨대, 수소처리 또는 수소분해 공정에서의 수소 기체), 공정의 생성물, 또는 불활성 물질일 수 있다.

본 발명은 촉매같은 고체 접촉 물질의 수직으로 이격된 상을 포함하는 다중-상 다운플로우 반응기 및 인접한 상들 사이에 위치된 본 발명에 따른 분배기 장치를 또한 제공한다.

본 발명은 탄화수소 공정, 특히 수소처리 및 수소분해 공정에서 상기 정의된 바와 같은 다중-상 다운플로우 반응기의 사용을 또한 제공한다.

냉각 유체를 분배하기 위한 도구를 포함하는 본 발명에 따른 분배기 장치가 설치되고, 촉매 수소처리 공정에서 사용된 다중-상 다운플로우 반응기에서 1년의 기간동안 작동되었다. 이 기간의 말렵에서, 유사한 조건하에서 통상의 분배기 장치를 가진 같은 반응기의 작동과 비교하여, 유의하게 더 적은 촉매 불활성화가 일어남으로써 반응기가 결과적인 효능 및 경제적 이익을 가진, 훨씬 긴 기간의 시간 동안 작동을 계속하는 것을 가능하게 한다는 것이 알려졌다. 이 발견은, 촉매 불활성화의 주요 원인인 (반응기를 가로질러 불균일한 온도 분포의 결과인) 반응기내 " 과열점" 의 형상을 조절하여 본 발명의 분배기 장치의 효과를 분명하게 증명한다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

(i) 위어에 의해 둘러싸인 중앙 기체 통로 및 위어 둘레에 액체 통로가 구비되어 있는 실질적으로 수평의 수집 트레이;

(ii) 액체 및 기체의 하향 흐름에 대해 다수의 관상 강수관(downcomer)이 구비되어 있는, 수집 트레이 아래에 위치된 실질적으로 수평의 분배 트레이;

(ii) 수집 트레이의 중앙 기체 통로상에 위치된 유체 편향기 플레이트;

(iv) 수집 트레이와 분배 트레이 사이에 형성된 혼합실; 및

(v) 제 1 말단 및 제 2 말단을 가지는 말단이 개방된 가이드 도관으로 구성되는 다중-상 다운플로우 반응기내에 액체 및 기체를 분배하기 위한 분배기 장치로서, 제 1 말단은 수집 트레이의 액체 통로와 연결되고 제 2 말단은 혼합실내로 개방되며, 상기 제 2 말단은 정상 작업중에 제 2 말단으로 부터 나온 액체 스트림이 맞닿도록 위치되는 분배기 장치.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 수집 트레이 위에 위치된, 냉각 액체를 분배하기 위한 도구를 또한 포함하는 분배기 장치.

청구항 3.

제 1 항에 있어서, 말단이 개방된 가이드 도관과 분배 트레이 사이에 정렬된 실질적으로 수평의 예비-분배 트레이를 또한 포함하고, 상기 예비-분배 트레이에는 그의 둘레에 오버플로우 위어가 구비되어 있으며 그 둘레 주위에 다수의 개구가 구비되어 있는 분배기 장치.

청구항 4.

제 1-3 항 중 어느 한 항에 있어서, 유체 편향기 플레이트는 개구가 구비되어 있는 지지체에 의해 지지되는 분배기 장치.

청구항 5.

제 4 항에 있어서, 개구에는 기체 선회 도로가 구비되어 있는 분배기 장치.

청구항 6.

제 1-3 항 중 어느 한 항에 있어서, 8개 이상의, 말단이 개방된 가이드 도관 및 상응하는 액체 통로를 포함하는 분배기 장치.

청구항 7.

제 1-3 항 중 어느 한 항에 있어서, 말단이 개방된 가이드 도관의 제 2 말단이 같은 수평면내에 놓이도록 정렬되는 분배기 장치.

청구항 8.

제 1-3 항 중 어느 한 항에 있어서, 각각의 강수관이 관내로의 액체의 도입을 위해 그의 측부내에 개구를 가지는 말단이-개방된 직립 관을 포함하는 분배기 장치.

청구항 9.

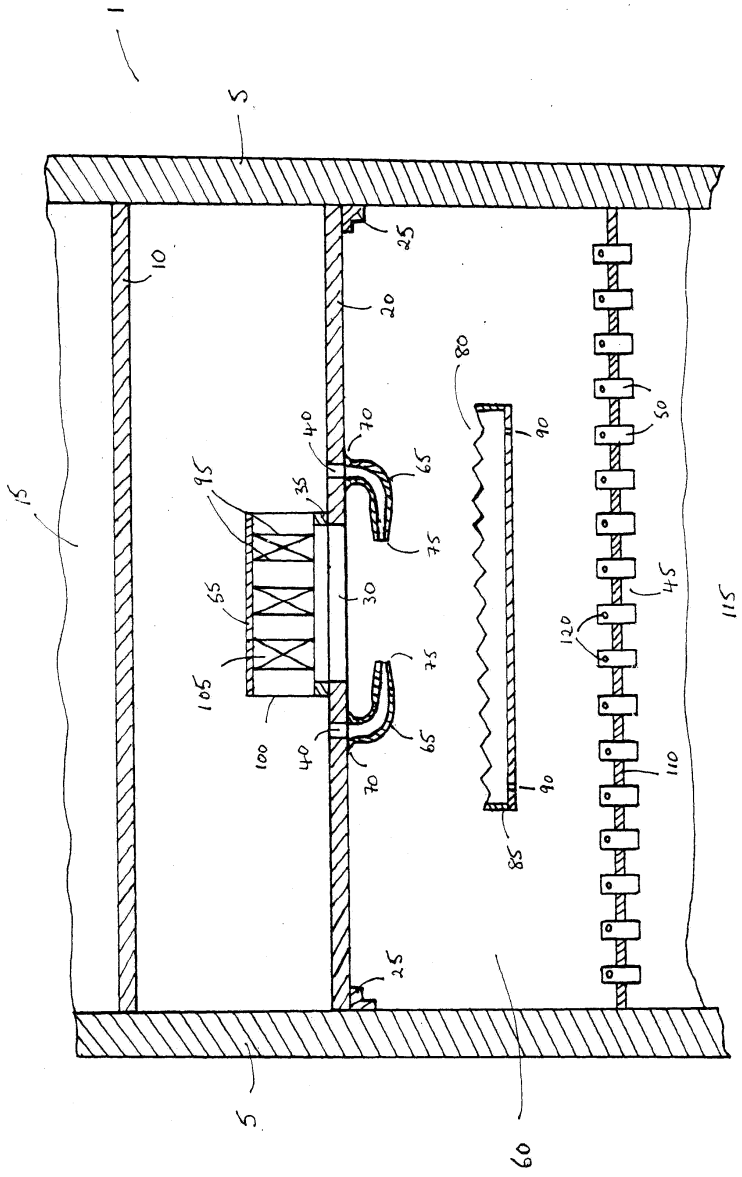
고체 접촉 물질의 수직으로 이격된 상 및 인접한 상들사이에 위치된, 제 1-3항 중 어느 한 항에 정의된 바의 분배기 장치를 포함하는 다중-상 다운 플로우 반응기.

청구항 10.

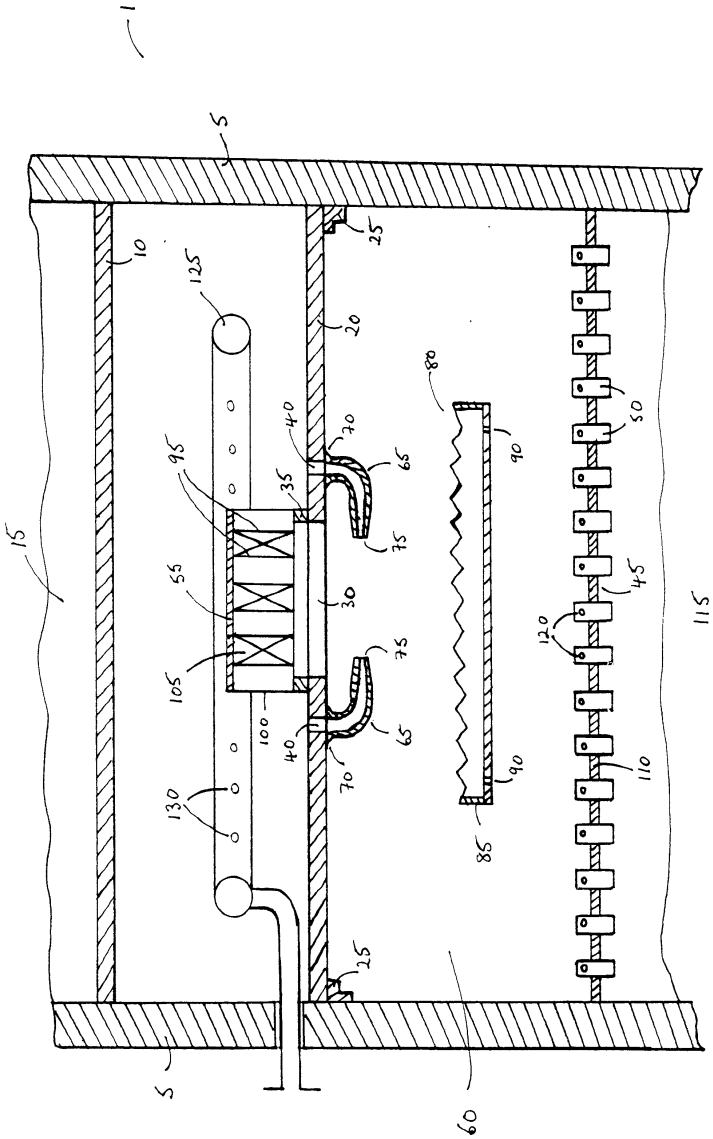
탄화수소 공정에서 사용하기 위한 제 9 항에서 정의된 바와 같은 다중-상 다운플로우 반응기.

도면

도면 1



도면 2


1
5
10
125
25
20
80
40
70
65
95
35
75
90
50
15
55
30
45
120
115
105
75
100
40
65
70
90
110
130
85
25
5
60