



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0012608  
(43) 공개일자 2025년01월24일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C07C 17/25 (2006.01) B01J 19/00 (2018.01)  
B01J 19/18 (2006.01) C07C 21/06 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
C07C 17/25 (2013.01)  
B01J 19/002 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7041813
- (22) 출원일자(국제) 2023년05월19일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2024년12월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/FI2023/050282
- (87) 국제공개번호 WO 2023/222954  
국제공개일자 2023년11월23일
- (30) 우선권주장  
20225449 2022년05월20일 핀란드(FI)

- (71) 출원인  
쿨브루크 오와이  
핀란드 헬싱키 00101 피엘 607
- (72) 발명자  
나우하 엘리나  
핀란드 00101 헬싱키 피엘 607  
오우니 투오마스  
핀란드 00101 헬싱키 피엘 607
- (74) 대리인  
특허법인태평양

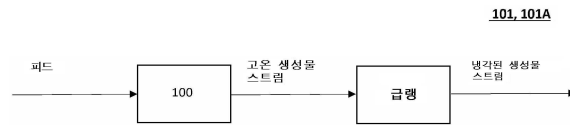
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 발명의 명칭 비닐 클로라이드 모노머의 생성

(57) 요약

비닐 클로라이드 모노머(VCM)를 제조하기 위한 방법이 제공되며, 이 방법은 에틸렌 디클로라이드(EDC)에 열 크래킹을 시행하여 VCM 함유 기체 생성물을 생성하는 것을 포함하고, 이 방법에서 회전식 장치(100)를 사용하여 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 양의 열 에너지가 생성되고, EDC 함유 공정 유체로 전달된다. 추가로 열 크래킹을 통해 EDC로부터 비닐 클로라이드 모노머를 생성함에 있어서의 VCM 생성 유닛 및 회전식 장치의 용도가 제공된다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

*B01J 19/1806* (2013.01)

*C07C 21/06* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

비닐 클로라이드 모노머(VCM)를 제조하기 위한 방법(101, 101A, 101B, 101C)으로서, 에틸렌 디클로라이드(EDC)에 열 크래킹을 시행하여 VCM 함유 기체 생성물을 생성하는 것을 포함하고,

회전식 장치(100)를 사용하여, 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 열 에너지가 생성되고, 상기 EDC 함유 공정 유체로 전달되며, 상기 회전식 장치는:

회전자 축(1) 상에 장착된 회전자 허브(3A)의 원주에 걸쳐 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 회전자 블레이드(3)를 갖는 회전자;

상기 회전자 블레이드의 상류에 열(들)로 배치된 복수의 고정 가이드 베인(2); 및

상기 회전자 블레이드의 하류에 배치된 고정 디퓨저(4)를 포함하고,

상기 회전자, 상기 고정 가이드 베인 및 상기 디퓨저는 상기 회전식 장치에서 적어도 하나의 입구(8) 및 적어도 하나의 출구(9) 사이에 형성된 덕트(7)로 둘러싸여 있고,

상기 열 에너지는, 상기 회전식 장치에서, 상기 입구(들) 및 출구(들) 사이의 상기 덕트에서 전파되는 유체 매체의 스트림이 상기 고정 가이드 베인(2), 상기 회전자 블레이드(3) 및 상기 디퓨저(4)를 각각 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 변환에 의해 생성되는, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101A, 101B, 101C).

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 회전식 장치(100)에서 EDC에 열 크래킹을 시행하는 것을 포함하고, 상기 크래킹 반응은, EDC 함유 공정 유체의 상기 스트림에 직접적으로 상기 크래킹 반응이 발생하기 위해 필요한 양의 열 에너지를 가하는 것에 의해, 상기 회전식 장치를 통해 전파되는 상기 EDC 함유 공정 유체에서 개시되는, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101A, 101B).

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

해당 목적에 적합한 열분해로(200)에서 EDC에 열 크래킹을 시행하는 것을 포함하고, 상기 방법은 추가로:

- 상기 회전식 장치(100)에서, 이를 통해 전파되는 상기 유체 매체에 열 에너지를 가하는 것에 의해 가열된 유체 매체를 생성하고, 그리고

- 상기 유체 매체를 운반체로 사용하여, 열 에너지를 상기 열분해로(200)에 전달하고, 상기 열분해로를 통해 흐르는 EDC 함유 공정 유체의 상기 스트림을, 크래킹 반응이 발생하는 상기 온도(들)로 가열하는 것을 포함하는, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101C).

#### 청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 열 에너지 운반체로 사용되는 상기 가열된 유체 매체는, 상기 열분해로로부터 배출되는 공기, 질소 가스, 증기, 연도 가스(들), 및 이것들의 임의의 조합 중 어느 것인, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101C).

#### 청구항 5

청구항 3 또는 청구항 4에 있어서,

상기 열분해로(200)는 에틸렌 디클로라이드 함유 피드의 열 크래킹에 적합한 임의의 크래킹 노인, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101C).

#### 청구항 6

청구항 1 내지 청구항 5 중 어느 한 항에 있어서,

적어도 2개의 회전식 장치(100)를 시스템으로 연결하는 것을 포함하고, 상기 회전식 장치에서 제1 장치(100-1)는 상기 EDC 함유 공정 유체를 (예열)가열하는 예열기 기능이 제공되고, 그리고 상기 제1 장치의 하류에 배치된 제2 장치(100-2)는 열 크래커 기능이 제공되는, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101A, 101B, 101C).

#### 청구항 7

청구항 1 내지 청구항 6 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전식 장치에 입력 에너지를 전달하는 것을 더 포함하고, 상기 적어도 하나의 회전식 장치에 전달된 입력 에너지의 양을 조정함으로써, 상기 회전식 장치를 통해 전파되는 상기 유체 매체의 스트림에 가해지는 열 에너지의 양이 조절되는, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101A, 101B, 101C).

#### 청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 입력 에너지는 전기 에너지인, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101A, 101B, 101C).

#### 청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전식 장치(100)에 상기 입력 에너지로서 전달되는 전기 에너지의 양은, 약 5퍼센트 내지 100퍼센트의 범위 내인, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101A, 101B, 101C).

#### 청구항 10

청구항 8 또는 청구항 9에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전식 장치(100)에 상기 입력 에너지로서 전달되는 전기 에너지는, 재생 가능 에너지의 공급원 또는 에너지, 선택적으로, 재생 가능 에너지의 다양한 공급원의 조합으로부터 얻어질 수 있는, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101A, 101B, 101C).

#### 청구항 11

청구항 1 내지 청구항 10 중 어느 한 항에 있어서,

상기 회전식 장치(100)를 통해 전파되는 상기 유체 매체의 스트림의 속도 및/또는 압력을 조정하여, 상기 유체 매체의 스트림이 상기 회전자 블레이드의 적어도 하나의 열을 초음속으로 빠져나와, 스트림이 감속되어 운동 에너지를 상기 유체 매체의 내부 에너지로 변환시키고, 그래서 열 에너지가 상기 유체 매체의 스트림에 가해지는 상기 고정 디퓨저(4)를 통과할 때, 상기 유체 매체의 온도를 미리 결정된 값으로 올리기에 충분한 양으로 상기 회전자의 블레이드(3)를 회전시킴으로써 운동 에너지가 상기 유체 매체의 스트림에 가해지는 조건을 생성하는 것을 포함하는, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101A, 101B, 101C).

#### 청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 회전식 장치(100)를 통해 전파되는 상기 유체 매체의 스트림에 가해진 열 에너지는, 제어된 방식으로, 상기 고정 가이드 베인(2) 열, 상기 회전자 블레이드(3) 열 및 상기 고정 디퓨저(4) 각각을 통해 상기 유체 매체의 스트림이 연속적으로 전파되는 동안 충격과 시스템의 생성에 의해, 생성되는, 비닐 클로라이드 모노머를 제조하기 위한 방법(101, 101A, 101B, 101C).

**청구항 13**

청구항 1 내지 청구항 12 중 어느 한 항에 따른 방법(101, 101A, 101B, 101C)에 의해 얻어진 상기 VCM의 중합에 의해 폴리 비닐 클로라이드(PVC)를 제조하기 위한 방법.

**청구항 14**

열 크래킹을 통해 에틸렌 디클로라이드(EDC)로부터 VCM을 제조하기 위한 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛(101, 101A, 101B, 101C)으로서,

크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 열 에너지를 생성하고, 상기 열 에너지를 상기 EDC 함유 공정 유체로 전달하도록 구성된 적어도 하나의 회전식 장치(100)를 포함하고, 상기 적어도 하나의 회전식 장치는:

회전자 축(1) 상에 장착된 회전자 허브(3A)의 원주에 걸쳐 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 회전자 블레이드(3)를 갖는 회전자;

상기 회전자 블레이드의 상류에 열(들)로 배치된 복수의 고정 가이드 베인(2); 및

상기 회전자 블레이드의 하류에 배치된 고정 디퓨저(4)를 포함하고,

상기 회전자 및 상기 고정 베인은 상기 회전식 장치에서 적어도 하나의 입구(8) 및 적어도 하나의 출구(9) 사이에 형성된 덕트(7)로 둘러싸여 있고,

상기 적어도 하나의 회전식 장치는 상기 입구(들) 및 출구(들) 사이의 상기 덕트에서 전파되는 유체 매체의 스트림이 상기 고정 가이드 베인(2), 상기 회전자 블레이드(3) 및 상기 디퓨저(4)를 각각 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 변환에 의해 열 에너지를 생성하도록 구성되는, 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛(101, 101A, 101B, 101C).

**청구항 15**

청구항 14에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전식 장치는 열 크래커 기능이 제공되는, 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛(101, 101A, 101B).

**청구항 16**

청구항 14에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전식 장치는, 이를 통해 전파되는 상기 유체 매체에 열 에너지를 가하는 것에 의해 가열된 유체 매체를 생성하고, 그리고 상기 열 에너지를 EDC의 열 크래킹을 수행하도록 구성된 열분해로(200)에 전달하여 VCM을 생성하도록 구성된 (예열)가열기 기능이 제공되는, 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛(101, 101C).

**청구항 17**

청구항 16에 있어서,

상기 열분해로(200)는 튜브 모양의 크래킹 노인, 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛(101, 101C).

**청구항 18**

청구항 14 내지 청구항 16 중 어느 한 항에 있어서,

병렬 및/또는 직렬로 연결된 적어도 2개의 회전식 장치를 포함하는, 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛(101, 101A, 101B, 101C).

**청구항 19**

청구항 14 내지 청구항 16 중 어느 한 항에 있어서,

시스템으로 연결된 적어도 2개의 회전식 장치를 포함하고, 상기 회전식 장치에서 제1 장치(100-1)는 상기 EDC

함유 공정 유체를 (예열)가열하는 예열기 기능이 제공되고, 그리고 상기 제1 장치의 하류에 배치된 제2 장치 (100-2)는 열 크래커 기능이 제공되는, 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛(101, 101A, 101B, 101C).

**청구항 20**

청구항 14 내지 청구항 19 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전식 장치는 전기적으로 구동되는, 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛(101, 101A, 101B, 101C).

**청구항 21**

청구항 14 내지 청구항 20 중 어느 한 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 회전식 장치(100)는, 상기 입구(8) 및 상기 출구(9) 사이에서, 본질적으로 토로이드 모양의 케이싱 내에 형성된 본질적으로 나선형 레직; 본질적으로 튜브 모양의 케이싱 내에 형성된 본질적으로 나선형 레직; 본질적으로 방사상의 레직 중 어느 것에 따라 확립된 흐름 경로를 따라, 그리고 좌우 방향의 와류 고리로 말려 있는 두 개의 스파이럴 형태의 상기 유체 매체의 스트림에 의해 확립된 흐름 경로를 따라, 유체 흐름을 구현하도록 구성되는, 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛(101, 101A, 101B, 101C).

**청구항 22**

회전식 장치(100)의 용도로서, 상기 회전식 장치는 회전자 축(1) 상에 장착된 회전자 허브(3A)의 원주에 걸쳐 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 회전자 블레이드(3)를 갖는 회전자; 상기 회전자 블레이드(3)의 상류에 열 (들)로 배치된 복수의 고정 가이드 베인(2); 및 상기 회전자 블레이드(3)의 하류에 배치된 디퓨저(4)를 포함하고, 상기 회전자, 상기 복수의 고정 가이드 베인 및 상기 디퓨저는 상기 회전식 장치에서 적어도 하나의 입구 (8) 및 적어도 하나의 출구(9) 사이에 형성된 덕트(7)로 둘러싸여 있으며,

열 크래킹을 통해 에틸렌 디클로라이드(EDC)로부터 비닐 클로라이드 모노머(VCM)를 생성함에 있어서,

크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 열 에너지는, 상기 회전식 장치(100)에서, 입구(들) 및 출구(들) 사이의 덕트에서 전과되는 유체 매체의 스트림이 상기 고정 가이드 베인(2), 상기 회전자 블레이드(3) 및 상기 디퓨저(4)를 각각 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 변환에 의해 생성되고, 추가로 상기 EDC 함유 공정 유체에 전달되는, 회전식 장치의 용도.

**발명의 설명**

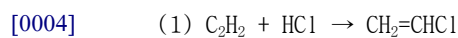
**기술 분야**

[0001] 본 발명은 일반적으로 에틸렌 디클로라이드로부터 비닐 클로라이드 모노머를 제조하는 것에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 회전식 장치를 사용하여 에틸렌 디클로라이드를 비닐 클로라이드 모노머로 열 크래킹하는 것에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 또는 클로로에탄은 가장 중요한 벌크 화학 물질 중 하나이다. VCM의 주요 용도는 폴리 비닐 클로라이드(PVC) 제조에 있으며, 여기서 VCM은 PVC 폴리머를 위한 모노머 빌딩 블록으로 사용된다. PVC는 현재 폴리에틸렌에 이어, 세계에서 두 번째로 풍부한 폴리머이며, PVC의 연간 생산량은 전 세계적으로 약 6천만 톤이다. VCM의 약 96%가 PVC 생산에 사용된다.

[0003] 20세기 초, VCM은 주로 아세틸렌으로부터 생산되었으며, 이는 염산과 촉매 반응하여 VCM을 생성할 수 있다(식 1 참조).



[0005] 아세틸렌 생산의 높은 에너지 요건 및 아세틸렌 취급과 연관된 위험 요소로 인해, 20세기 중반에 에너지 집약도가 낮은 에틸렌 디클로라이드 경로가 개발되었다. 그 이후로, 에틸렌 기반 루트가 주류를 이루게 되었다. 오늘날, 아세틸렌의 염화수소화 공정(식 1)은, 상대적으로 저렴한 석탄의 가용성으로 인해 이 기술을 경제적으로 매력적인 수준으로 유지하는 중국을 제외한 다른 곳에서는 더 이상 사용되지 않는다.

- [0006] 에틸렌 기반 VCM 생성은 균형 잡힌 공정으로서, 모든 중간물 및 부산물이, 에틸렌, 염소 및 산소로부터 시작하여, 최종 생성물로서 VCM만이 생성되도록 물질 밸런스가 맞춰지는 방식으로 재활용됨을 의미한다. 에틸렌 기반 경로는 에틸렌의 고온 염소화를 통해 1,2-에틸렌 디클로라이드(EDC; 1,2-디클로로에탄)를 생성(식 2.1 참조)한 다음, EDC를 열분해하여 VCM 및 염산을 생성(식 2.2 참조)한다.
- [0007] (2.1)  $C_2H_4 + Cl_2 \rightarrow ClCH_2-CH_2Cl$
- [0008] (2.2)  $ClCH_2-CH_2Cl \rightarrow CH_2=CHCl + HCl (\Delta H = 71kJ/mol)$
- [0009] EDC의 열 분해는 액체상 또는 기체상으로 구현될 수 있는 열 크래킹을 통해 수행된다. 그러나, 액체상 기반 공정은, EDC가 알칼리성 용액으로 처리될 때 값비싼 염소가 염으로 소실되기 때문에, 산업적으로 중요하지 않다. 수용성 공정 스트림의 폐기물은 여러 환경 문제와도 연관된다. 따라서, 열 크래킹 또는 열분해를 통해 수행되는 기체상 루트가, VCM의 생성에 가장 산업적으로 적절하다.
- [0010] EDC의 VCM으로의 기체상의 열 크래킹(열분해)은, 복잡한 C1 촉매 라디칼 및 분자 반응의 세트로 구성된다. 식 2.2는 분자 반응(전체 반응)을 나타내지만, EDC를 VCM 함유 생성물로 열분해하는 동안 발생하는 모든 화학적 공정을 포함하지는 않는다.
- [0011] 도 2a에 EDC 크래킹을 위한 종래의 열분해로(200)가 도시되어 있다. 기체상 열분해는 흡열성이 높으며, 따라서 전형적으로 이 노의 화실(복사 섹션)에 배치된, Cr/Ni 합금으로 이루어진 튜브 모양의 코일로 수행된다. 설계에 따라, 16~128개의 코일이 화실에 제공될 수 있다. 이 노는 전형적으로 내화성 재료로 덮여있다. EDC 스트림은 복사 코일 튜브를 통과하며, 여기서 VCM, 염화 수소(HCl) 및 예를 들면 아세틸렌과 같은 부산물을 생성하는 반응이 발생한다. 배출 가스는 그 온도가 급격히 감소(생성물 가스 급랭)되어, VCM의 추가적 분해를 방지하고 부산물뿐만 아니라 코크스와 중질 타르의 형성을 최소화한다. 대부분의 공정에서, 크래킹된 가스는 급랭 타워에서 냉각되며, 여기서 응축 및 냉각된 EDC는 고속으로 재순환된다. 일부 예에서, 급랭은 두 스테이지로 수행되며, 먼저 전송 라인 열 교환기(들)에서 간접 냉각한 다음, 직접 급랭한다. 이는 다른 공정 스테이지에서 사용하기 위한 열 회수가 가능하다.
- [0012] 열분해 반응의 흡열 세트에 필요한 열은, 화실 버너에서 연료를 연소시켜 공급된다. 노는 단일 또는 다수의 버너가 장착될 수 있다. 대부분의 경우에, 버너(들)는 천연 가스가 연료 공급된다. 연도 가스에 의해 전달된 열은, 전형적으로 화실 위에 위치하고 일련의 튜브 뱅크로 구성된 노의 대류 섹션에서 회수된다. 대류 섹션에서 회수된 열은, 예를 들면, 탄화수소 피드(feed)(약 200°C) 및 회석 매체를 예열(증발)하기 위해 사용될 수 있다.
- [0013] 에틸렌 디클로라이드의 열 크래킹을 위해 채택된 종래의 열분해로는 50~60%의 EDC 변환율로 작동하며, 기체 체류 시간은 약 10~30초, 압력은 6~35atm(0.6~3.5MPa), 그리고 기체 온도는 480~550°C, 일부 경우에는, 500~530°C이다. 온도가 높을수록 EDC 변환율은 증가하지만, 선택도 저하를 야기한다. 작동 조건은 전형적으로 예를 들면 유틸리티 비용, 생산 속도 및 섀다운 기간 빈도 사이에서 절충하여 선택된다.
- [0014] VCM 생성물에 대해 최대 99%의 선택도를 달성할 수 있지만, 실제로, EDC 변환 속도는 여전히 보통이다. 이는 열분해 공정에서 오염물과 부산물이 형성되어, 대량의 물질의 처리량으로 인한 심각한 비효율성을 초래하기 때문이다. 예를 들어, 코크스 형성은 열분해에서 필연적이며, 그 제거를 위해 전체 플랜트의 주기적인 섀다운을 필요로 한다. 클로로프렌( $C_4H_5Cl$ ) 및 부타디엔( $C_4H_6$ )과 같은 다른 기체상 부산물도, 하류의 증류탑에서 장애를 야기한다. 변환율은, EDC 피드와 함께 들어갈, 소량(약 1200ppm)의 옥시염소화 부산물인 사염화 탄소( $CCL_4$ )를 첨가함으로써 약간 증가될 수 있다. 사염화 탄소는 자유 염소 라디칼 형성을 증가시키고, 변환율을 약 60%까지 증가시키는 데 사용할 수 있다. 그러나, 염소 라디칼은 또한 원하지 않는 코크스 형성을 위한 촉진물로 작용한다.
- [0015] 오늘날 연소식 노에 이용 가능한 여러 설계가 있지만, 대부분의 비닐 클로라이드 생산자는 파이프 코크스 제거를 위한 최적의 수율과 낮은 섀다운 빈도를 위해 독립적인 노 기술을 개발했다. 그럼에도 불구하고, 튜브 모양의 열분해로는 온실 가스 배출 부담이 큰 다소 크고 복잡한 시설로 남아 있다.
- [0016] 이와 관련하여, 피드-생성물 변환율을 향상시키고, 효율적이고 환경 친화적인 방식으로 온실 가스 배출을 고갈시키는 것과 연관된 과제를 해결하는 점을 고려하여, 비닐 클로라이드(모노머) 제조 기술 분야의 업데이트가 여전히 요망된다.

## 발명의 내용

- [0017] 본 발명의 목적은, 관련 기술의 한계 및 단점으로 인해 발생하는 각 문제를 해결하거나 적어도 완화시키기 위한 것이다. 이 목적은 비닐 클로라이드 모노머(VCM)를 제조하기 위한 방법, 관련된 생성 유닛 및 용도의 다양한 실시예에 의해 달성된다. 일 양태에서, 독립 청구항 1에 정의된 바에 따른, 비닐 클로라이드 모노머(VCM)를 제조하기 위한 방법이 제공된다.
- [0018] 실시예에서, 이 방법은: 에틸렌 디클로라이드(EDC)에 열 크래킹을 시행하여 VCM 함유 기체 생성물을 생성하는 것을 포함하며, 여기서 회전식 장치를 사용하여, 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 일정량의 열 에너지가 생성되고, EDC 함유 공정 유체로 전달되며, 회전식 장치는: 회전자 축 상에 장착된 회전자 허브의 원주에 걸쳐 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 회전자 블레이드를 갖는 회전자; 회전자 블레이드의 상류에 열(들)로 배치된 복수의 고정 가이드 베인; 및 회전자 블레이드의 하류에 배치된 고정 디퓨저를 포함하고, 여기서 회전자, 고정 가이드 베인 및 디퓨저는 회전식 장치에서 적어도 하나의 입구 및 적어도 하나의 출구 사이에 형성된 덕트로 둘러싸여 있고, 일정량의 열 에너지는, 회전식 장치에서, 입구(들) 및 출구(들) 사이의 덕트에서 전파되는 유체 매체의 스트림이 고정 가이드 베인, 회전자 블레이드 및 디퓨저를 각각 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 변환에 의해 생성된다.
- [0019] 실시예에서, 이 방법은 회전식 장치에서 EDC에 열 크래킹을 시행하는 것을 포함하고, 여기서 크래킹 반응은, EDC 함유 공정 유체의 스트림에 직접적으로 크래킹 반응이 발생하기 위해 필요한 일정량의 열 에너지를 가하는 것에 의해, 회전식 장치를 통해 전파되는 EDC 함유 공정 유체에서 개시된다.
- [0020] 실시예에서, 이 방법은 해당 목적에 적합한 열분해로에서 EDC에 열 크래킹을 시행하는 것을 포함하며, 이 방법은 추가로:
- [0021] - 회전식 장치에서, 이를 통해 전파되는 유체 매체에 일정량의 열 에너지를 가하는 것에 의해 가열된 유체 매체를 생성하고, 그리고
- [0022] - 유체 매체를 운반체로 사용하여, 열 에너지를 열분해로로 전달하고, 열분해로를 통해 흐르는 EDC 함유 공정 유체의 스트림을, 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 가열하는 것을 포함한다.
- [0023] 실시예에서, 열 에너지 운반체로 사용되는 가열된 유체 매체는, 열분해로로부터 배출되는 공기, 질소 가스, 증기, 연도 가스(들), 및 이것들의 임의의 조합 중 어느 하나이다. 열분해로는 에틸렌 디클로라이드 함유 피드의 열 크래킹에 적합한 임의의 크래킹 노일 수 있다.
- [0024] 실시예에서, 이 방법은 제1 장치는 EDC 함유 공정 유체를 (예열)가열하는 예열기 기능이 제공되고, 그리고 제1 장치의 하류에 배치된 제2 장치는 열 크래커 기능이 제공되는, 적어도 2개의 회전식 장치를 시스템으로 연결하는 것을 포함한다.
- [0025] 실시예에서, 이 방법은 적어도 하나의 회전식 장치에 소정 양의 입력 에너지를 전달하는 것을 더 포함하고, 여기서 적어도 하나의 회전식 장치에 전달되는 입력 에너지의 양을 조정함으로써, 회전식 장치를 통해 전파되는 유체 매체의 스트림에 가해지는 열 에너지의 양이 조절된다. 실시예에서, 입력 에너지는 전기 에너지이다. 실시예에서, 적어도 하나의 회전식 장치에 입력 에너지로서 전달되는 전기 에너지의 양은, 약 5퍼센트 내지 100퍼센트의 범위 내이다.
- [0026] 실시예에서, 적어도 하나의 회전식 장치에 입력 에너지로서 전달되는 일정량의 전기 에너지는, 재생 가능 에너지의 공급원 또는 에너지, 선택적으로, 재생 가능 에너지의 다양한 공급원의 조합으로부터 얻어질 수 있다.
- [0027] 실시예에서, 이 방법은 회전식 장치를 통해 전파되는 유체 매체의 스트림의 속도 및/또는 압력을 조정하여, 유체 매체의 스트림이 회전자 블레이드의 적어도 하나의 열을 초음속으로 빠져나와, 스트림이 감속되어 운동 에너지를 유체 매체의 내부 에너지로 변환시키고, 그래서 열 에너지가 유체 매체의 스트림에 가해지는, 고정 디퓨저를 통과할 때, 유체 매체의 온도를 미리 결정된 값으로 올리기에 충분한 양으로 회전자의 블레이드를 회전시킴으로써 운동 에너지가 유체 매체의 스트림에 가해지는 조건을 생성하는 것을 포함한다.
- [0028] 실시예에서, 이 방법에서, 이 장치를 통해 전파되는 유체 매체의 스트림에 가해지는 열 에너지의 양은, 제어된 방식으로, 고정 가이드 베인 열, 회전자 블레이드 열 및 고정 디퓨저 각각을 통해 유체 매체의 스트림이 연속적으로 전파되는 동안 충격과 시스템을 생성하는 것에 의해, 생성된다.
- [0029] 일 양태에서, 독립 청구항 13에 정의된 바에 따른, 폴리 비닐 클로라이드(PVC)를 제조하기 위한 방법이 제공된다. 이 방법은 이전 양태에 따른 방법에 의해 얻어진 VCM 생성물의 중합을 통해 PVC를 제조하는 것을 포함한다.

- [0030] 일 양태에서, 독립 청구항 14에 정의된 바에 따른, 열 크래킹을 통해 에틸렌 디클로라이드(EDC)로부터 VCM을 제조하기 위한 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛이 제공된다.
- [0031] 일 양태에서, 독립 청구항 23에 정의된 바에 따른, 열 크래킹을 통해 에틸렌 디클로라이드(EDC)로부터 비닐 클로라이드 모노머(VCM)를 생성함에 있어서의 회전식 장치의 용도가 제공된다.
- [0032] 본 발명의 유용성은 그 각각의 특정 실시예에 따라 다양한 이유에서 나타난다.
- [0033] 전반적으로, 본 발명은 아래에 기술되는 회전식 장치를 공정에 통합함으로써 종래의 EDC 크래킹 공정을 개선하는 것을 목표로 한다. 기존 EDC 크래킹 기술과 관련된 다음의 문제가 개선될 수 있다:
  - [0034] - 부산물 형성을 억제하여 주 반응(VCM 생성)의 선택도가 개선된다.
  - [0035] - 종래의 EDC 노와의 수율을 크게 초과하는 일회 통과(once-through) 수율이 달성된다.
  - [0036] - EDC 크래킹에 사용되는 장비는 크기가 상당히 축소될 수 있다.
  - [0037] - 코크스 및 기타 오염물의 형성이 감소되고, 코크스 형성이 억제되어 EDC 크래킹 반응기의 실행 길이가 연장된다.
  - [0038] - EDC 크래킹 공정의 에너지 효율(생성된 VCM의 질량 단위당 사용되는 에너지)이 현저히 개선된다.
  - [0039] - 생성된 VCM의 질량 단위당, 이산화탄소 배출과 같은 온실가스 배출은, EDC 크래킹/VCM 생성의 전기화를 통해 감소된다.
- [0040] 전반적으로, 현재 공개된 방법에 사용되는 회전식 장치는, EDC 함유 공정 유체에 직접적 또는 간접적으로 열을 입력할 수 있으며, 여기서 공정에 입력되는 열량은, 비닐 클로라이드(모노머)를 생성하기 위해 에틸렌 디클로라이드의 크래킹 반응을 개시하고, 미리 결정된 범위로 유지하기에 충분하다.
- [0041] 직접 가열은 회전식 장치를 통해 EDC 함유 공정 유체를 전과하는 것을 포함한다. 이 방식에서, 공정 유체의 가열은, 외부 가열기로부터 반응기 벽을 통해 열을 전달할 필요가 없으므로, 매우 빠르게 달성된다. 이 외부 가열이 없으면 반응기 표면 온도가 낮아지고, 이는 결국, 크래킹 공정 동안 코크스 생성이 훨씬 더 적어진다. 따라서, 크래커는 코크스 제거 섯다운 사이에 더 긴 시간 기간 동안 작동될 수 있다. 또한, 직접 가열은 공정 유체의 온도를 종래의 EDC 크래킹(500-550°C)보다 높게 올릴 수 있다. 이는 EDC 크래킹 반응의 속도를 증가시켜, 반응물이 공정 공간에서 보내는 체류 시간을 단축시킨다. 결과적으로, EDC 크래커는 크기가 상당히 축소될 수 있다. 대안적으로, 일회 통과 변환 속도가 표준(축소되지 않은) 크기의 장비에서 개선될 수 있다.
- [0042] 간접 가열은, 회전식 장치에서, EDC 함유 피드 이외의 유체(들)를 가열하고, 열 전달 매체로 해당 유체(들)를 사용하여 EDC 열분해로 열 에너지를 입력하는 것을 포함한다. 이 접근법은 임의의 기존 EDC 크래커를, 저배출 고에너지 효율성 노로 개조할 수 있다. 종래의 노에서 연소식 가열기(들)를 회전식 장치(들)로 교체하는 것은, 인프라를 크게 변경할 필요가 없으므로, 매우 비용 효율적이다.
- [0043] 간접 가열 접근법은 추가로 크래킹 온도에 대한 제어 개선과 연관된다. 연소식 가열기에서, 화염의 온도는 연료 및 (공기) 예열에 따라 1800-2200°C 범위로 매우 높다. 이러한 극도로 높은 온도는 이에 따라 노 코일 튜브를 가열하고, 코크스 가속화를 유발한다. 회전식 장치 기술을 적용함으로써, EDC 크래킹 노 온도는 낮은 수준으로 유지되고, 입력 열은 노 전체에 걸쳐 보다 균일하게 분포될 수 있다. 이는 코크스 경향이 감소되고, 따라서 약 60%의 전형적인 일회 통과 변환 값보다 훨씬 높은 변환율로 증가시킨다.
- [0044] 본 발명은 또한 종래의 EDC 크래킹에서 생성되는 온실 가스(CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>) 및 입자 배출을 감소시키는 것이 가능하다. 이는 전기 구동 회전식 장치에 의해, 해당 회전식 장치를 폐쇄형 또는 반폐쇄형 가열 루프로 종래의 EDC 크래킹 플랜트에 통합함으로써, 달성할 수 있으며, 따라서, 연도 가스 열 손실을 감소시킴으로써 공정의 에너지 효율이 향상된다. 종래의 가열기에서는, 연도 가스는 부분적으로만 재활용될 수 있다.
- [0045] "다수의(a number of)"라는 표현은 여기서 1부터 시작하는 임의의 양의 정수, 예를 들면 1, 2 또는 3을 의미한다. "복수(a plurality of)"라는 표현은 여기서 2부터 시작하는 임의의 양의 정수, 예를 들면 2, 3 또는 4를 의미한다. 여기서 "제1(first)" 및 "제2(second)"라는 용어는, 달리 명시적으로 언급되지 않는 한, 어떤 특정 순서나 중요성을 나타내는 것이 아니라, 단순히 한 요소를 다른 요소와 구별하기 위해 사용된다.
- [0046] 본 개시에서, "열 크래킹(thermal cracking)"과 "열분해(pyrolysis)"라는 용어는 상호 교환적으로 사용된다.

[0047] 본 개시에서, "가스화된(gasified)"이라는 용어는, 임의의 가능한 수단에 의해 물질이 기체 형태로 변환되는 것을 나타내기 위해 사용된다.

[0048] 본 발명의 다양한 실시예는 상세한 설명 및 첨부된 도면을 고려하여 명확해질 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0049] 도 1a 및 도 1b는 실시예에 따른 VCM 생성 방법 및 관련된 생성 유닛의 개략도이다.

도 2a는 종래의 열분해로를 개략적으로 도시한다.

도 2b는 실시예에 따른 VCM 생성 방법 및 관련된 생성 유닛을 개략적으로 도시한다.

도 3은 실시예에 따른 VCM 생성 방법 및 관련된 생성 유닛을 개략적으로 도시한다.

도 4a-도 4c는 실시예에 따른 방법을 구현하도록 구성된 회전식 장치(100)(각각 100A, 100B 및 100C)의 수직 단면도이다.

도 5-도 9는 예시 사례 1-5에서 얻은 온도 프로파일 및 질량 분율 프로파일을 보여준다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0050] 본 발명의 상세한 실시예가 첨부된 도면을 참조하여 개시된다.

[0051] 도 1a, 도 1b, 도 2b 및 도 3은 실시예에 따른 열 크래킹 공정을 통해 에틸렌 디클로라이드(EDC)로부터 비닐 클로라이드 모노머(VCM)를 제조하는 방법에 대한 기본 레이아웃, 및 관련된 VCM 생성 유닛에 대한 기본 레이아웃을 개략적으로 도시한다. 이에 따라 VCM 생성 방법 및 일반적으로 해당 방법을 구현하도록 구성된 VCM 생성 유닛은 공통 참조 번호 101로 지정된다.

[0052] VCM 생성 유닛은 에틸렌 디클로라이드 함유 피드로부터 비닐 클로라이드(모노머)를 얻는 것을 목표로 하는 산업 공정 또는 일련의 산업 공정을 수행하도록 설계된 장비를 포함하는 산업 플랜트, 팩토리, 또는 임의의 산업 시스템(미도시)에 추가로 통합될 수 있다. 언급된 산업 플랜트는 전력 및/또는 관련된 재료(예를 들면, 공급 원료, 중간물, 생성물 및 공정에 이용되는 임의의 보조 화학 물질)의 제조, 추출 및/또는 정제를 위한 추가 유닛 또는 시설을 포함할 수 있다. 산업 플랜트는 예를 들면 에틸렌을 염소화하여 1,2-에틸렌 디클로라이드(EDC)를 생성하는 시설 및/또는 VCM의 중합에 의해 폴리 비닐 클로라이드(PVC)를 제조하는 시설을 포함할 수 있다.

[0053] 일 양태에서, 본 발명은 EDC 피드에 열 크래킹(열분해)을 시행하여 VCM 함유 기체 생성물을 생성함으로써, 에틸렌 디클로라이드(EDC)로부터 비닐 클로라이드 모노머(VCM)를 제조하기 위한 방법에 관한 것이다. 회전식 장치(100, 100-1, 100-2)를 사용하여, 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 양의 열 에너지가 생성되고, EDC 함유 공정 유체의 스트림으로 전달된다.

[0054] 회전식 장치(100)의 서로 다른 구현예(각각 100A, 100B 및 100C)를 개략적으로 도시하는 도 4a, 도 4b 및 도 4c를 참조한다. 또한, 다음의 설명에 기초하여, 통상의 기술자는 본 명세서에 명시적으로 개시되지 않은 것을 포함하여 회전식 장치의 다양한 구성을 사용하여 본 발명을 실시할 수 있을 것으로 가정한다.

[0055] EDC 함유 공정 유체의 스트림을 직접적으로 또는 간접적으로 가열하도록 구성된 회전식 장치(100)는, 회전자 축상에 장착된 회전자 허브의 원주에 걸쳐 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 회전자 블레이드를 갖는 회전자; 회전자 블레이드의 상류에 열(들)로 배치된 복수의 고정 가이드 베인; 및 회전자 블레이드의 하류에 배치된 고정 디퓨저를 포함한다. 회전자 및 고정 컴포넌트는 회전식 장치에서 적어도 하나의 입구 및 적어도 하나의 출구 사이에 형성된 덕트로 둘러싸여 있다. 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로, EDC 함유 공정 유체의 스트림을 직접적으로 또는 간접적으로 가열하는 데 필요한 양의 열 에너지는, 회전식 장치에서, 입구(들) 및 출구(들) 사이의 덕트에서 전파되는 유체 매체의 스트림이 고정 가이드 베인, 회전자 블레이드 및 고정 디퓨저를 각각 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 변환에 의해 생성된다.

[0056] VCM 생성 유닛에서, 이 장치(100)(100A, 100B 및 100C)는 독립형 장치로서 또는 직렬(순차적으로) 및/또는 병렬(어레이)로 배치된 다수의 장치로서 제공될 수 있다. 이 장치(100)는 회전축의 기계적 에너지를 유체 매체로 전달하고, 다수의 작동 스테이지 내에서 고정 및 회전 컴포넌트의 세트를 통해 유체의 내부 에너지로 변환할 수 있다는 컨셉으로 작동한다. 유체 흐름이 그 운동 에너지를 유체의 내부 에너지로 변환할 때, 유체 스트림에 소정 양의 열 에너지(열)를 제공하여, 유체 온도를 증가시킨다. 장치(100)의 공력학적 설계는 다양할 수 있다.

- [0057] 도 4a는 Seppala 등의 미국 특허 제9,234,140호에 개시된 바와 같이, 회전 및 고정 베인이 본질적으로 튜브 모양의 케이싱에 둘러싸여 있는 축류식 장치(100, 100A)를 도시한다. 도 4b는 Xu 및 Rosic의 미국 특허 제 10,744,480호에 개략적으로 설명된 구성(100,100B)을 도시한다. 도 4c에 도시된 구성(100, 100C)에서, 공정 유체는 본질적으로 토로이드형 케이싱 내에 형성된 본질적으로 나선형인 궤적을 따라 확립된 흐름 경로를 따라 입구 및 출구 사이에서 전파되며, 여기서 유체 흐름은 고정 가이드 베인, 회전자 블레이드 및 고정 디퓨저 베인의 열을 연속적으로 통과한다. 이 종류의 디바이스는 Bushuev의 미국 특허 제9,494,038호 및 Seppala 등의 미국 특허 제9,234,140호에 자세히 논의되어 있다. 대안적으로, 실시예에 따른 이 방법은, Bushuev의 미국 특허 제 7,232,937호에 개략적으로 설명된 바와 같이, 좌우 방향의 와류(vortex) 고리로 말려 있는 2개의 스파이럴 형태의 유체 매체의 스트림에 의해 확립되는 흐름 경로를 따라 유체 흐름을 구현하도록 구성된 회전식 장치를 사용하여 추가로 실현될 수 있다(미도시). 위에 언급된 문헌은 본 명세서에 참고로 통합된 것으로 간주된다.
- [0058] 모든 구성 100A, 100B 및 100C에서, 이 장치(100)는 회전자 시스템(이하, 회전자)를 포함하며, 회전자는 수평(길이방향)축  $X-X'$ 를 따라 위치된 회전자 축(1) 및 회전자 축 상에 장착된 회전자 허브 또는 회전자 디스크(3A)의 원주에 걸쳐 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 회전자 블레이드(작동 블레이드라고도 함)를 포함한다. (블레이드) 열로 배치된 복수의 회전자 블레이드는, 회전자 블레이드 어셈블리 또는 회전자 블레이드 캐스케이드(3)를 확립한다.
- [0059] 회전식 장치는 회전자를 구동하기 위해 적어도 하나의 모터 및 연관된 드라이브를 포함하는 구동 시스템을 더 포함한다. 구동 시스템은 도 4a의 참조 번호 20으로 지정되어 있다. 실시예에서, 모터는 전기 모터(즉, 전기 소스로부터 기계 부하로 에너지를 전달할 수 있는 디바이스)이다. 추가적으로 또는 대안적으로, 회전식 장치는, 예를 들면, 가스 터빈이나 증기 터빈, 또는 임의의 다른 적절한 구동 디바이스에 의해 직접적으로 구동될 수 있다.
- [0060] 이 장치(100)는 반응 공간(예를 들면, 케이싱(6))을 정의하는 다수의 구조로 형성된 고정(고정자) 컴포넌트, 및 대응하는 회전자 블레이드의 열에 인접한 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 고정 베인을 더 포함한다. 이 장치는 베인이 있거나 또는 없는 고정 디퓨저를 더 포함한다.
- [0061] 일부 구성에서, 이 장치는 대응하는 회전자 블레이드의 열의 상류에 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 고정 가이드 베인(2)을 포함한다. 고정 가이드 베인은 고정 노즐 가이드 베인(NGV)으로 구성될 수 있다. 일부 구성에서, 이 장치는 대응하는 회전자 블레이드의 열의 하류에 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 고정 디퓨저 베인(4)을 추가로 포함한다. 고정 베인의 열은 고정 가이드 베인 캐스케이드(들)(2) 및 고정 디퓨저 베인 캐스케이드(들)(4)를 각각 형성한다.
- [0062] "캐스케이드"(블레이드의 크라운)라는 용어는, 회전자 디스크/회전자 허브의 둘레에 걸쳐 설치된 (작동) 블레이드 또는 케이싱의 내부 벽에 직접적으로 또는 간접적으로 설치된 (고정) 블레이드의 앙상블을 의미한다. 명확성을 위해, 고정 블레이드는 본 개시에서는 "베인"이라고 지칭된다.
- [0063] "상류" 및 "하류"라는 용어는, 본질적으로 장치 전체에 걸쳐 유체 흐름의 방향으로(축  $X-X'$ 를 따라, 도 4a-도 4c 참조) 미리 결정된 부분 또는 컴포넌트, 여기서, 적어도 하나의 회전자 블레이드 열과 관련하여 구조적 부분 또는 컴포넌트의 공간적 및/또는 기능적 배치를 의미한다.
- [0064] 일부 구성에서, 디퓨저 베인 캐스케이드(4)의 제공은 생략될 수 있다.
- [0065] 이 장치는 가스 기밀 케이싱(6)(가스 케이싱 또는 압력 케이싱이라고도 함)을 포함하며, 여기서 내부 통로(7)는 적어도 하나의 입구(8) 및 적어도 하나의 출구(9) 사이에 펼쳐진 덕트 또는 도관 형태로 확립된다. 케이싱(6)의 내부 표면은 덕트(7)를 향한다. 일부 구성에서, 덕트(7)는 케이싱의 내부 표면으로 정의된다. 도관/덕트(7)의 모양은 장치 구성에 따라 달라진다.
- [0066] 본 개시에서, 가스 케이싱(6)은 일반적으로 장치 케이싱이라고 한다. 실제로, 이 장치(100)는 별개의 외부 하우징(도 4c에 도시된 외부 하우징(14) 참조)에 추가로 둘러싸여 있을 수 있다.
- [0067] 케이싱에 형성된 덕트(7)는, 복수의 작동 블레이드가 그 위에 조립된 회전자, 고정 가이드 베인 및 디퓨저의 둘레를 실질적으로 완전히 둘러싸도록 구성된다.
- [0068] 이 장치(100)에서, 케이싱 내의 내부 통로(덕트(7))에서, 블레이드 열(2, 3 및 4)과 같은, 고정 및 작동 컴포넌트의 배치는, 무베인(vaneless) 부분 또는 부분들(7A)(소위 무베인 공간)이 회전자 블레이드의 하류에 배치된, 경우에 따라서는, 고정 디퓨저 베인의 열로 구성된 디퓨저(4)로부터의 출구, 및 회전자 블레이드의 상류에 배치

된 고정 가이드 블레이드(2)의 열로의 입구 사이에 생성되도록 한다.

- [0069] 이 장치(100)는 작동 (공정) 스테이지라고도 불리는 다수의 기본 스테이지로 구성된다. 각 작동 스테이지는 고정 가이드 베인(2)("고정자")의 열, 회전자 블레이드(3)("회전자")의 열 및 디퓨저(4)("디퓨저")의 연속적인 배치로 형성되며, 이들은 함께 고정자-회전자-디퓨저 스테이지 시퀀스를 형성한다. 이 시퀀스에서 "디퓨저" 컴포넌트는, 디퓨저 베인의 열, 무베인 디퓨저 또는 회전자 블레이드 뒤에 배치된 무베인 공간의 일부로 형성될 수 있다. 회전자 측에 장착된 2-30열의 회전자 블레이드를 포함하는 단일 스테이지 또는 다단 스테이지 구성이 고려될 수 있다. 일부 예시적인 다단 스테이지 구성은 10-20개의 회전자 블레이드 열을 포함한다. 다단 스테이지 구성에서, 스테이지는 동일하거나 상이한(예를 들면 결합된) 회전자 측에 의해 구동될 수 있다.
- [0070] 도 4a-도 4c에서, 작동 스테이지는 로마 숫자( $i-x$ ;  $i-vii$ )로 지정되어 있다. 스테이지의 총수는 공정 듀티, 요구된 온도 및/또는 압력 수준, 및 다른 공정 관련 파라미터에 의해 결정된다.
- [0071] 기본 스테이지의 기능은, 에너지 변환 사이클을 조정하기 위한 것이며, 이 사이클 동안, 회전자 측의 기계적 에너지는 운동 에너지, 나아가, 유체의 내부 에너지로 변환되고, 이어서 유체 온도가 상승한다. 즉, 회전자가 공정 유체에 기계적 에너지를 주도록 구성되는 동안, 회전자의 하류에 위치한 베인 또는 무베인 디퓨저는 공정 유체의 기계적 (운동) 에너지를 해당 공정 유체의 내부 에너지로 변환하도록 더 구성된다. 디퓨저 영역에서, 회전자로부터 도달하는 고속 유체 흐름은 상당한 엔트로피 증가와 함께 확산되며, 이것에 의해 이 흐름은 운동 에너지를 유체 물질의 내부 에너지로 변환하여, 유체에 열 에너지를 제공한다.
- [0072] 에너지 변환 사이클 동안, 회전자 블레이드(3)의 상류에 배치된 고정 가이드 블레이드 열(들)(2)은, 회전 블레이드 열(캐스케이드)의 입구에서 필요한 흐름 조건을 준비한다. 회전자 블레이드 열에서, 축 및 회전 블레이드의 기계적 에너지는 유체 스트림으로 전달된다. 각 회전자 블레이드 열(3)의 적어도 일부에서, 유체 스트림은 초음속 흐름 조건에 도달할 수 있다.
- [0073] 회전자 블레이드(3)의 하류에 배치된 디퓨저(4)는, 유체의 기계적 에너지를 그 열 에너지(열)로 변환한다. 유체 매체의 스트림은 회전자 블레이드(3)를 빠져나와 초음속으로 디퓨저로 들어간다. 디퓨저 상류의 흐름이 초음속인 경우, 유체 스트림의 운동 에너지는 다중 충격과 점성 혼합 및 소산의 시스템을 통해 유체의 내부 에너지로 변환된다. 이 흐름은 그 운동 에너지를 반응기를 통해(덕트(7)를 따라) 전파되는 유체 스트림의 내부 에너지로 변환시켜, 유체에 소정 양의 열 에너지를 가한다. 유체의 내부 에너지의 증가는 유체 온도의 상승을 야기한다.
- [0074] 도 4a에 도시된 구성 100A에서, 이 장치는 일반적으로 본질적으로 튜브 모양의 축류식 터보 머신으로 구성된다. 이 장치(100A)는 수평축  $X-X'$ 를 따라 연장되는 길쭉한 회전자(1)를 포함한다. 복수의 회전자 블레이드는 회전자 허브(3A)를 따라 다수의 순차적인 열로 배치되어, 회전자 블레이드 캐스케이드(들)(3)를 형성한다. 회전자(1)는 케이싱(6) 내에 둘러싸여 있으며, 그 내부 표면은 제1 및 제2 고정 베인 캐스케이드(2 및 4)가 각각 구비되며, 회전자 및 고정자 캐스케이드(2, 3 및 4)의 블레이드/베인이 길이 방향으로 회전자(1)를 따라(축  $X-X'$ 를 따라) 교대로 배치된다. 고정 베인(2, 4)의 열은 덕트를 향하는 케이싱 (내부) 표면의 반대측에 배치될 수 있다. 각 스테이지가 회전자 블레이드 캐스케이드(3) 및 인접한 고정자 베인(2, 4) 쌍으로 형성되는, 작동 스테이지  $i-vii$ 가 확립된다. 블레이드/베인이 없는 덕트의 부분(7A)은 후속 스테이지 사이에 배치된다.
- [0075] 이 케이싱(6)은 원추 모양일 수 있으며, 또는 그 전체 길이를 따라 본질적으로 일정한 단면을 가질 수 있다(미도시).
- [0076] 도 4b에 도시된 구성 100B에서, 이 장치(100)는 일반적으로 원심(centrifugal) 압축기 또는 원심 펌프에 대한 설계를 따르는 방사상의 터보 머신으로 구성된다. "원심"이라는 용어는, 디바이스 내의 유체 흐름이 방사상임을 의미하며, 따라서, 이 장치(100B)는 "방사류 장치(radial-flow apparatus)"라고 지칭되기도 한다. 100B에 구현된 이 장치는, 다수의 작동 스테이지( $i-vii$ )를 포함하며, 여기서 각 스테이지는 고정 가이드 베인 캐스케이드(2), 회전자 블레이드 캐스케이드(3) 및 디퓨저(4)로 나타내질 수 있다. 디퓨저는 덕트(7)의 일부로 제공된 본질적으로 U자 모양의 도관에 설치되고, 무베인 부분(7A)이 뒤따른다. 디퓨저는 디퓨저 베인이 있거나 없이 형성될 수 있다. 일부 구성에서, 회전자 블레이드 캐스케이드 하류에 위치한 무베인 U자 모양의 도관은, 그 3차원적 형상에 의해, 회전자에 의해 공정 유체에 주어진 기계적 에너지가 열로 변환되는 디퓨저 영역(스테이지  $v$  참조)을 형성하도록 채용될 수 있다. 도 4b에서는, 스테이지  $ii$  및  $iii$ 에 대해 베인이 있는 디퓨저(4)가 제공되어 있지만, 디퓨저 베인의 열은, 예를 들면, 각 회전자 블레이드 캐스케이드(3)(스테이지  $i-vii$ )의 하류에 설치될 수 있다.
- [0077] 회전자 측을 따라 연속적으로 배치된 다수의 작동 스테이지를 포함하는 다단 스테이지 구성(100A, 100B)

외에도, 이 장치(100)는 도 4c에 도시된 바와 같이 재생형 다단 스테이지 구성으로 배치된 다수의 스테이지를 포함할 수 있다.

- [0078] 도 4c는, 예시 (1)에서, 두 개의 입구(8)(8A, 8B) 및 두 개의 출구(9)(9A, 두 번째 출구는 도시되지 않음)를 갖는 장치(100C) 구성을 보여주며, 적절한 경우, 다른 구성이 고려될 수 있다.
- [0079] 100C로 구현된 장치(100)는, 3차원 구성에서 본질적으로 토로이드 모양("도넛" 모양)의 케이싱(6)이 구비되며, 여기서 관련된 베어링 어셈블리(미도시)를 갖는 회전자 시스템(1, 3A, 3)이 토로이드의 중앙 부분의 개구를 정의하는 애퍼처를 채우는 것으로 보여질 수 있다. 그 자오선 단면(meridional cross-section)에서, 이 케이싱(6)은 본질적으로 링 모양이다.
- [0080] 장치(100C)에서, 고정 베인 캐스케이드(2, 4)는 회전자 블레이드 캐스케이드(3)의 양측에 본질적으로 환형 어셈블리로 제공된다.
- [0081] 구성 100C의 장치는, 가스 케이싱 내측에 배치되고 내부 고정 링 모양 구조로 구성되는 흐름 성형 디바이스(흐름 안내 디바이스)(5)를 더 포함하며, 이는 케이싱(6) 내측에 본질적으로 환형 덕트를 확립하는 것을 설명한다. 흐름 성형 디바이스(5)는, 예를 들면 후프와 같이, 환형인 본질적으로 중공 구조로 제공될 수 있다.
- [0082] 구성 100C에서, 내부 통로는 가스 케이싱(6)(외부 "도넛") 및 내부 흐름 성형 디바이스(5)(내부 "도넛") 사이에 생성되는 볼륨으로 정의된다. 가스 케이싱(6)의 내부 표면 및 흐름 성형 디바이스(5)의 외부 표면 사이에 형성된 이 내부 통로(덕트(7))는, 따라서 본질적으로 링 모양의 자오선 단면을 갖는 본질적으로 환형 모양을 채용한다.
- [0083] 이 케이싱(6)에서, 블레이드 열(2, 3, 4)은, 덕트(7)의 무베인 부분(7A)이 고정 디퓨저 블레이드 열(4)로부터의 출구와 고정 가이드 베인 열(2)로의 입구 사이에 위치하는 방식으로 서로 인접한다.
- [0084] 작동 스테이지는 전술한 바와 같이 3열의 블레이드(2, 3, 4)로 확립된다. 구성 100C에서, 하나의 스테이지(예를 들면, 스테이지  $i$ )의 디퓨저 블레이드 열(4)의 출구로부터 빠져나오는 흐름은, 그 덕트(7)/무베인 부분(7A)의 나선형(나선-토로이드형) 경로를 따르고 그 다음 스테이지(스테이지  $ii$ )의 고정 가이드 베인(2)의 열로 들어간다. 이 흐름은 연속적인 블레이드 열(2, 3, 4)(스테이지  $ii$ )을 통과하고, 디퓨저(4)(스테이지  $ii$ )를 빠져나가고, 다음 스테이지(들)  $iii-x$ 를 향하여 이 흐름이 출구(9, 9A)에 도달할 때까지 계속된다(예시 (2) 및 (3) 참조; 여기서 예시 (3)은 동일 평면 상에 플롯된 모든 스테이지  $i-x$ 를 보여준다). 이 흐름의 방향은 화살표로 표시된다.
- [0085] VCM 생성 유닛에서, 적어도 2개의 회전식 장치는 병렬 및/또는 직렬로 연결될 수 있다. 회전식 장치(100) 간의 연결은 기계적 및/또는 기능적일 수 있다. (예를 들어, 달성 가능한 열 입력의 관점에서 실현된 연결과 같은) 기능적 연결은, 적어도 2개의 개별적인, 물리적으로 통합되거나 통합되지 않은 개별 장치 유닛 간의 연계에 따라 확립될 수 있다. 후자의 경우, 적어도 2개의 회전식 장치 간의 연계는, 다수의 보조 설치물(미도시)을 통해 확립될 수 있다. 일부 구성에서, 적어도 2개의 회전식 장치는, 예를 들면 서로 대칭되도록(mirror), 각자의 회전자 축을 통해 적어도 기능적으로 연결될 수 있다. 어레이 및/또는 시퀀스로 연결된 회전식 장치는, 서로 다른 타입의 구동 엔진을 가질 수 있으며, 예를 들면 전기 모터 구동 반응기(들)는 증기 터빈, 가스 터빈 및/또는 가스 엔진으로 구동되는 반응기와 결합될 수 있다.
- [0086] 본 명세서에 개시된 방법은, 적어도 하나의 회전식 장치(100)에 소정 양의 입력 에너지를 전달하는 것을 더 포함한다. 실시예에서, 입력 에너지는 전기 에너지를 포함한다. 본 개시에서, 전기 입력 에너지의 양은, 전력 면에서, 즉 단위 시간당 에너지 전달률로 정의된다(Watt 단위로 측정됨). 적어도 하나의 회전식 장치에 전달된, 전기 에너지와 같은, 입력 에너지의 양을 조정함으로써, 회전식 장치를 통해 전파되는 유체 매체의 스트림에 가해진 열 에너지의 양이 조절될 수 있다.
- [0087] 적어도 하나의 회전식 장치에 입력 에너지로서 전달된 전기 에너지의 양은, 약 5퍼센트 내지 약 100퍼센트의 범위 내에서 제공된다. 일부 예에서, 입력 에너지로 사용된 전기 에너지의 양은, 약 50 내지 약 100퍼센트 범위 내이다. 전기 에너지의 양은: (총 에너지 입력으로부터) 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 및 100퍼센트 중 어느 하나, 또는 위에 지시된 포인트들 사이에 속하는 임의의 중간 값을 구성할 수 있다.
- [0088] 전력(단위 시간당 에너지 전달률로 정의됨)은, 장치의 회전축을 추진하는 데에 사용되는 전기 모터에 전류를 공급함으로써 회전식 장치에 공급될 수 있다. 회전식 장치로의 전력 공급은, (회전식 장치(100) 및/또는 VCM 생성

유닛과 관련하여) 외부 공급원 또는 공급원들로부터 구현될 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 전기 에너지는, 내부적으로, VCM 생성 유닛 내에서 및/또는 해당 유닛을 통합하는 관련된 산업 시스템(예를 들면 플랜트 또는 팩토리) 내에서 생성될 수 있다.

[0089] 외부 공급원 또는 공급원들은 지속 가능한 에너지 생산을 위해 제공되는 다양한 지원 설비를 포함한다. 따라서, 전력은 적어도 하나의 재생 가능 에너지 공급원을 이용하는 발전 시스템 또는 서로 다른 재생 가능 에너지 공급원을 이용하는 발전 시스템들의 조합으로부터 공급될 수 있다. 재생 가능 에너지의 외부 공급원은 태양광, 풍력 및/또는 수력으로 제공될 수 있다. 따라서, 전력은 광기전 발전 시스템, 풍력 발전 시스템, 및 수력 발전 시스템 중의 적어도 하나로부터 공정에 공급될 수 있다. 일부 예시적인 경우에, 원자력 발전소가 외부 전력 공급원으로서 제공될 수 있다. 원자력 발전소는 일반적으로 배출이 없는 발전소로 간주된다. "원자력 발전소"라는 용어는, 전통적인 원자력 발전, 추가적으로 또는 대안적으로 핵융합 발전을 사용하는 것으로 해석되어야 된다.

[0090] 전기는, 터빈을 운동 에너지 공급원으로서 이용하여 발전기를 구동하는 발전소로부터 공급될 수 있다. 일부 경우에, 적어도 하나의 장치(100)를 구동하기 위한 전력은, 예를 들면 별도의 설비로서 또는 열병합 발전 설비 및/또는 복합 사이클 전력 설비 내에 제공된 적어도 하나의 가스 터빈(GT)으로부터 공급될 수 있다. 따라서 전력은, 복합 사이클 가스 터빈 플랜트(CCGT)와 같은 복합 사이클 전력 설비 및/또는 예를 들면 열병합 발전(CHP)을 통해 열 회수 및 이용과 결합된 전기 생산을 위해 구성된 열병합 발전 설비 중의 적어도 하나로부터 공급될 수 있다. 일부 예에서, CHP 플랜트는 설명된 공정에서 재생 가능 에너지의 공유를 증가시키기 위해 바이오매스 연소식 플랜트일 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 전력 공급은 예를 들어 가스 엔진과 같은 불꽃 점화 엔진, 및/또는 선택적으로 엔진 파워 플랜트의 일부분으로서 제공되는 예를 들면 디젤 엔진과 같은 압축 엔진으로부터 실현될 수 있다. 또한, 석탄, 석유, 천연 가스, 가솔린 등과 같은 화석 원료로부터, 전형적으로 증기 터빈을 사용하여 증개되어, 전기 에너지를 생산하도록 구성된 임의의 종래의 발전소가 회전식 장치(100)를 위한 입력 에너지로서 전기 에너지를 생성하도록 사용될 수 있다. 또한, 수소가 재생 가능 에너지의 공급원으로서 이용될 수 있으며, 예를 들면 연료전지를 사용하여 전기로 재변환될 수 있다.

[0091] 외부 및 내부 공급원으로서 실현되는 위에서 언급된 전력 공급원의 임의의 조합이 고려될 수 있다.

[0092] 전력을 포함하는 입력 에너지를 회전식 장치의 구동 시스템에 전달하는 것은, 예를 들면 다른 곳에서 생성된 열 에너지를 선택적으로 이용하는 파워 터빈으로부터 기계적 축 동력을 그에 전달하는 것이 더 수반될 수 있다. 축 동력은, 한 회전 요소로부터 다른 회전 요소로 전달되고 토크와 축의 회전 속도의 합으로 계산되는 기계적 동력으로 정의된다. 결과적으로 기계적 동력은 단위 시간당 일 또는 에너지의 양(Watt 단위로 측정됨)으로 정의된다.

[0093] 실제로, 예를 들어 전기 모터와 파워 터빈으로부터의 축 동력은 분할되고, 그것들 중 어느 하나가 전체 축 동력 또는 그의 일부분을 제공할 수 있다.

[0094] 도 1a 및 도 1b를 다시 참조하여, 공정 유체의 직접 가열에서 회전식 장치(100)를 사용하는 것을 포함하는 실시 예를 설명한다.

[0095] 이 방법은 회전식 장치(100)(100A, 100B, 100C)에서 EDC 함유 피드에 직접적으로 열 크래킹을 시행하는 것을 포함한다. EDC 함유 피드는 입구(들)(8, 8A, 8B)를 통해 장치(100)로 들어가(도 4a-4c 참조), EDC 함유 공정 유체의 스트림은 덕트(7)를 따라 각 타입의 장치에 특정한 흐름 경로를 따라서 출구(들)(9, 9A, 9B)를 향하여 흐른다. 따라서 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 양의 열 에너지는, 장치를 통해 흐르는 EDC 함유 공정 유체에 직접적으로 전달되고, 이것에 의해, 가해진다.

[0096] 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 양의 열 에너지는, 회전식 장치에서 입구(들) 및 출구(들) 사이의 덕트에서 전파되는 유체 매체의 스트림이 고정 가이드 베인, 회전자 블레이드 및 고정 디퓨저 각각을 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 변환에 의해 생성된다.

[0097] 도 1a 및 도 1b에 개략적으로 설명된 구성에서, 회전식 장치(100)는 크래킹 반응기(크래킹 노)로 작용한다.

[0098] 장치(100)를 통해 전파되는 유체 흐름은, 여러 작동 스테이지를 순차적으로 통과하며, 각 통과마다 공정 유체의 온도는 특정 값만큼 상승된다. 더 정확하게는, 공정 유체의 스트림이 회전자 블레이드를 빠져나와 디퓨저 및 무베인 공간을 통과할 때, 온도 상승이 발생한다. 상승된 온도는 공급 원료 중의 열 분해 및 그것의 원하는 생성 물로의 변환을 촉진한다. 유체에 가해진 열 에너지의 양은, 화학 분해 반응, 특히 탄소-수소(C-H) 및 탄소-염소(C-Cl) 결합의 분해를 야기하는 반응을 개시하기에 충분하다. 따라서, 유체 스트림에 존재하는 에틸렌 디클로라

이드 분자가 분해되어, 저분자량을 갖는 비닐 클로라이드(모노머)를 생성한다.

- [0099] 장치(100)에서 반응물의 직접 가열을 포함하는 접근법에서, 염소 또는 클로로하이드로카본과 같이, 가능한 공반응물과 함께 EDC 피드가, 바람직하게는 기체 형태로 장치(100)에 들어간다. 기체 피드는 일련의 고정자-회전자-디퓨저 스테이지를 통과하며, 여기서 각 스테이지를 통한 전파는, 회전자 축/블레이드의 회전에 의해 스트림에 입력된 운동 에너지가 충격과 시스템을 통해 유체의 열 에너지로 변환됨에 따라, 공정 유체(가스)에 열 에너지의 일부가 추가된다. 공정 유체의 온도는 각 후속 스테이지마다 증가한다. 다시 말해, 공정 유체의 온도는 EDC 크래킹 온도 값이 달성되고, EDC 분해가 발생하기 시작할 때까지, 단계적으로 증가한다. 온도 상승이 계속됨에 따라, EDC 크래킹 반응 속도가 증가하고, 흡열 반응이 시작되어 스테이지 간의 반응물의 온도를 낮춘다. 기체 반응물은 EDC 원료의 원하는 변환이 달성되도록 다수의 스테이지를 통과한다. 장치(100)로부터 배출된 후, 고온 생성물 스트림은 급속 냉각(급랭)되어 반응이 더 이상 진행되는 것이 중단된다. 냉각된 생성물 스트림은 분리 섹션(미도시)을 향하여 냉각 장치(예들 들면 급랭 타워, 전송 라인 교환기(들)/TLE(들) 등)으로부터 안내된다.
- [0100] 장치(100)에 들어가기 전에, EDC 피드는 미리 결정된 온도(입구 온도)로 예열될 수 있다.
- [0101] 크래킹 반응기(크래킹 노)로 작용하는 장치(100)에서의 열 생성은, 운동 에너지를 열 에너지로 충격과 소산시키는 메커니즘을 통해, 본질적으로 공정 유체에서 발생하므로, 전형적으로 연소식 가열기가 장착된 종래의 크래킹 노에서 수행되는 것처럼, 반응기 표면을 통해(즉, 튜브 모양의 코일의 금속 표면을 통해) 공정 유체로 열을 전달할 필요가 없다. 따라서, 장치를 통해 전파되는 유체 매체의 매우 빠른 가열이 달성될 수 있다. 유체가 작동 스테이지(고정자-회전자-디퓨저 시퀀스)를 통과하는 데 걸리는 체류 시간은, 약 0.1-10밀리초(0.0001-0.01초)와 같이, 몇분의 1초 단위이다. 이는 열이 전도 및 대류를 통해 튜브 코일의 벽을 통해 전달되는 종래의 연소식 가열기보다 몇 배 더 빠른 가열 속도가 된다.
- [0102] 반응물에 외부 열을 전달할 필요가 없으므로, 외부 가열이 없으면, (종래의 EDC 크래커에 비해) 보다 낮은 반응기 표면 온도가 된다. 보다 낮은 표면 온도로 인해, 코크스 및 다른 오염 물질이 덜 형성되고; 따라서 코크스 제거 섯다운 사이의 작동 시간 기간이 연장된다.
- [0103] 위에서 언급한 이점 덕분에, 공정 유체의 온도는 전형적인 EDC 크래킹 절차의 온도(500-550°C)보다 증가될 수 있다.
- [0104] 전반적으로, 유속 및 온도와 같은, 공정 흐름 관련 파라미터는, 필요에 따라 조정될 수 있다. 장치(100)가 크래킹 반응기로 사용되는 경우, 온도 상승은 하나의 스테이지에서 약 10°C 내지 약 120°C 범위 내에서 이루어질 수 있다. 따라서, 장치(100)를 통해 전파되는 유체 매체의 스트림은, 매우 짧은 시간 기간에서 "일회 통과" 구성(10단 스테이지 장치에서 스테이지당 100°C 온도 상승이 취해짐)으로 약 1000°C까지 가열될 수 있다. 이는 EDC 크래킹 반응의 속도를 증가시키고, 반응 시간을 현저히 감소시키며, 따라서 (종래의 크래킹 노에 비해) 상당히 작은 크기를 갖는 반응기에서 동일한 일회 통과 변환 속도를 달성할 수 있다.
- [0105] 대안적으로, 작동 온도를 더 높은 비율로(즉, "종래의" EDC 크래킹 온도보다 높게) 조정하면, 유사한 크기의 반응기에서 일회 통과 변환 속도를 증가시킬 수 있다.
- [0106] 도 1a는, 101, 101A에서, 단일 장치(100)에서 EDC를 크래킹하여 VCM을 생성하도록 조정된 VCM 생성 방법 및 관련된 생성 유닛을 도시한다. 도 1a의 구성은 단일 반응기 디바이스 내에서 EDC 변환을 가능하게 하는 속도로 열 분해가 진행되는 수준까지 반응 온도를 최적화하여 구현되었다. 장치(100)(도 1a)는 EDC 함유 피드의 순간 가열을 위해 조정될 수 있으며, 또는, 대안적으로 열분해 온도(들)는 다수의 작동 스테이지에서 (아래에 설명되는 바와 같이) 달성될 수 있다.
- [0107] 장치(100)의 작동 스테이지를 통해 전파되는 유체 매체의 온도는, 필요에 따라 최적화될 수 있다. 특히, 스테이지당 온도 상승은, 모든 스테이지 또는 선택된 스테이지에서 EDC의 열 분해를 촉진하도록 최적화될 수 있다. 다수의 작동 스테이지( $i$ - $iv$ )가 EDC 피드를 미리 결정된 온도로 (예열)가열하는 기능으로 설계된 구성이, 도 1b에 자세히 도시된다. 도 1b는 3개 또는 4개의 소위 (예열)가열 스테이지를 통과한 후, 공정 스트림이 피드가 활발하게 분해되기 시작하는 온도에 도달하는 구성을 보여준다. 실제로, 분해 반응은 이미 공정 유체가 첫 번째 작동 스테이지를 통과한 후에 발생할 수 있다. 실제 크래킹 반응이 발생하는 덕트 영역 내의 작동 스테이지는, 반응 스테이지라고 한다.
- [0108] 도 1b는 추가로, 101, 101B에서, 반응 스테이지에서 체류 시간을 연장하기 위한 장치(F1-F3)를 포함하는 단일 장치(100)에서 EDC를 크래킹하도록 조정된 VCM 생성 방법 및 관련된 생성 유닛을 도시한다. 따라서 도 1b의 장치(100)는, 장치로부터 공정 유체를 추출하고, 장치로 추가 유체를 유입하기 위한 수단을 포함한다. 추가 유체

는 피드 가스, 재순환 가스, 보충 가스(소위 대체/추가 가스), 공정 유체(예를 들면 병렬 장치로부터 전달됨), 냉각/가열 중 어느 하나를 위한 회석 매체 등 중 어느 하나일 수 있다. 일부 예에서, 장치 내의 유닛(F1, F2 및 F3) 중 어느 하나는, 예를 들면, 공정 유체를 냉각하기 위해 열 교환기로 구성될 수 있다. 반응 스테이지 내에서의 냉각 공정은, 반응 수율을 더 최적화하기 위해, 사용될 수 있다.

- [0109] 도 2b는, 101, 101C에서, 다른 실시예에 따른 VCM 생성 방법 및 관련된 생성 유닛을 도시한다. 도 2b의 구성은 공정 유체의 간접 가열에서 회전식 장치(100, 100-1)를 사용하는 것을 포함한다. 이 방법에서, EDC의 크래킹은 임의의 타입의 종래의 EDC 크래커를 포함하여, 해당 목적에 적합한 임의의 열분해로(200)에서 구현될 수 있다. 노(200)는 에틸렌 디클로라이드 함유 피드의 열 크래킹에 적합한 크래킹 노로 구성될 수 있다.
- [0110] 회전식 장치(100, 100-1)를 사용하여, 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 양의 열 에너지가 생성되고, EDC 함유 공정 유체로 전달되며, 이 장치에서, 이를 통해 전파되는 유체 매체에 해당 양의 열 에너지를 가하는 것에 의해 가열된 유체 매체가 생성된다. 장치(100, 100-1)에서 생성되는 가열된 유체 매체는, 예를 들면, 공기, 질소 가스 또는 증기와 같은 불활성 가스, 또는 발명의 목적에 적합한 임의의 다른 물질일 수 있다. 가열된 유체 매체는 추가로 운반체로 사용되어, 열 에너지를 열분해로(200)에 전달하고, 열분해로를 통해 흐르는 EDC 함유 공정 유체의 스트림을, 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 가열한다.
- [0111] 열 에너지 운반체로 사용되는 가열된 유체 매체는, 열분해로로부터 배출되는 공기, 질소 가스, 증기, 연도 가스(들), 및 이것들의 임의의 조합으로 구성되는 그룹 중에서 선택된 임의의 종일 수 있다.
- [0112] EDC 함유 공정 유체의 간접 가열을 위한 장치(100, 100-1)를 사용함으로써, 종래의 EDC 크래킹 노의 성능이 개선될 수 있다. 도 2a에 보여지는 바와 같이, 종래의 노의 작동 원리는, 천연 가스가 노의 화실 내부에서 연소되고, 화염과 고온 오프 가스가 반응기 코일을 가열하고, 그 내부에서 EDC 크래킹의 반응물이 흐른다는 것이다. 반응물에 그 열의 일부를 전달한 후, 여전히 고온 오프 가스는 대기로 배출된다. 전형적으로, 연도 가스의 온도는 물의 응축을 방지하기 위해 120°C 이상이며, 이는 오프 가스의 산성 종과 함께 부식성 환경을 조성한다.
- [0113] 도 2b는 장치(100, 100-1)를 사용하여 노에서 연소식 가열을 대체할 수 있는 방법을 보여준다. 예를 들어 불활성 기체와 같은 유체 매체는, 장치(100-1)에서 미리 결정된 온도로 가열되며, 이에 따라 가열된 유체 매체는 노(200)의 복사 코일을 통해 흐르는 EDC 함유 공정 유체에 열 에너지를 제공하도록 사용된다.
- [0114] 장치(100, 100-1)로부터 배출되는 고온 유출물이 가열 매체로 사용되는 경우, 소각이 발생하지 않기 때문에 이산화탄소 배출이 생성되지 않는다. 노(200)에서 크래킹 공정 동안 생성되는 연도 가스는, 유닛(101)(101C, 도 2b) 내에서, 적어도 부분적으로 재순환되어 장치(100, 100-1)에서 가열 매체로 사용될 수 있다(예를 들면 불활성 기체와 선택적으로 혼합됨). 따라서 대기로 배출되는 연도 가스의 열 손실량이 현저하게 감소될 수 있다.
- [0115] 종래의 EDC 열분해로(200)와 함께 장치(100)를 가열기로 사용하면, 기존 노의 배출을 줄이고 에너지 효율을 개선할 수 있다. 기존 EDC 크래커 시설 내에 장치(100)를 설치하는 것은, 주요 공정 장비가 교체될 필요가 없기 때문에, 매우 낮은 자본 요건으로 실현될 수 있다. 기존 노(200)는, 예를 들면, 반응기 튜브 코일 주위에 적합한 배관 장치가 구비되어, 장치(100, 100-1)에서 가열된 유체(예로서 불활성 가스)로부터 해당 코일을 통해 흐르는 EDC 함유 공정 유체로 열 전달을 가능하게 할 수 있다.
- [0116] 간접 가열에서 달성되는 추가적인 이점은, 온도 제어 개선이다. 종래의 연소식 가열기에서, 화염의 온도는 연료 및 공기 예열에 따라 1800-2200°C 범위로 매우 높다. 이는 노의 튜브, 특히 노의 하부 연소 부분의 온도가 상승하고, 코크스 형성을 가속화한다. 장치(100, 100-1)를 사용하면, 크래킹 노(200)의 온도가 낮은 수준으로 유지될 수 있다. 추가적으로, 노 전체에 걸쳐 보다 균일한 열 분포가 달성할 수 있다. 이는 코크스 형성 속도를 현저하게 감소시키며, 코크스 형성이 더 이상 제한 요인이 아니기 때문에, 각각 60%의 전형적인 일회 통과 변환율 범위 위로 EDC 크래킹 반응을 촉진할 수 있다.
- [0117] 도 3은, 101, 101D에서, VCM 생성 방법 및 관련된 생성 유닛의 또 다른 실시예를 도시한다. 도 3의 구성에서, 적어도 2개의 회전식 장치(100)가 시스템으로 연결되어 있으며, 여기서 제1 장치(100-1)는 EDC 함유 공정 유체를 (예열)가열하는 가열기 기능이 제공되고(도 2b에 대한 설명 참조), 한편 제1 장치의 하류에 배치된 제2 장치(100-2)는 열 크래커 기능이 제공된다. 장치(100-2)는 EDC 함유 공정 유체의 직접 가열을 구현하도록 구성되며, 도 1a 및 도 1b 중 어느 것과 관련하여 설명된 장치로 구현될 수 있다.
- [0118] 도 3의 구성은 (예를 들면, 선택도 이유로 인해) 반응 온도를 제한할 필요가 있는 경우 적용될 수 있다. 동일한 반응기 내에 (예열)가열기 스테이지 및 반응 스테이지를 포함하는 장치(100)(도 1b)와 비교하여, 적어도 2개의

장치(100-1, 100-2)를 포함하는 도 3의 구성은, (예열)가열 및 반응 공정을 분리할 수 있게 한다. 101D의 레이아웃에서, 공정 유체의 (예열)가열 및 열분해는 서로 다른 장치(100-1, 100-2)에서 각각 수행되며, 여기서 시퀀스의 제1 장치는 원료(들) (예열)가열을 위해 사용될 수 있고, 시퀀스의 제2 장치는 EDC 크래킹을 위해 사용될 수 있다. 생성 유닛(101D)은 (도 1b와 관련하여 설명된 바와 같이) 장치(100-1, 100-2)로부터 그리고 장치(100-1, 100-2)로 유체를 추출 및 유입하기 위한 수단을 더 포함할 수 있다. 따라서, 장치(100-1, 100-2) 중 어느 하나는 도 1b와 관련하여 설명된 바와 같은 장치(F1-F3)를 포함할 수 있다.

[0119] 장치(100)에서 공정 유체를 직접 가열하는 것을 포함하는 모든 구성(도 1a, 도 1b 및 도 3)의 경우, 반응기 유닛(100, 100-2)은 예를 들면 선택도를 개선하도록 설계될 수 있다. 짧은 시간 기간으로 장치(100) 내에서 높은 반응 온도를 달성하는 것은, 낮은 변환율을 극복하는 데 도움이 될 수 있다.

[0120] 본 발명은 추가로 진술한 VCM 생성 방법의 실시예에 의해 얻어진 비닐 클로라이드 모노머의 중합 공정에 의해 제공되는, 폴리 비닐 클로라이드(PVC)를 제조하기 위한 방법에 관한 것이다. VCM의 중합은 해당 목적에 적합한 임의의 시설에서 수행될 수 있다.

[0121] 일 양태에서, 본 발명은 열 크래킹을 통해 에틸렌 디클로라이드(EDC)로부터 VCM을 제조하기 위한 비닐 클로라이드 모노머(VCM) 생성 유닛에 관한 것이다.

[0122] 실시예에서, VCM 생성 유닛은 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 소정 양의 열 에너지를 생성하고, 해당 소정 양의 열 에너지를 EDC 함유 공정 유체로 전달하도록 구성된 적어도 하나의 회전식 장치(100, 100A, 100B, 100C)를 포함한다. 적어도 하나의 회전식 장치는: 회전축 상에 장착된 회전자 허브의 원주에 걸쳐 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 회전자 블레이드를 갖는 회전자; 회전자 블레이드의 상류에 열(들)로 배치된 복수의 고정 가이드 베인; 및 회전자 블레이드의 하류에 배치된 고정 디퓨저를 포함하며, 여기서 회전자 및 고정 베인은 회전식 장치에서 적어도 하나의 입구 및 적어도 하나의 출구 사이에 형성된 덕트로 둘러싸여 있다. 따라서, 적어도 하나의 회전식 장치는 입구(들) 및 출구(들) 사이의 덕트에서 전파되는 유체 매체의 스트림이 고정 가이드 베인, 회전자 블레이드 및 디퓨저를 각각 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 변환에 의해 해당 소정 양의 열 에너지를 생성하도록 구성된다.

[0123] VCM 생성 유닛은 병렬 및/또는 직렬로 연결된 적어도 2개의 회전식 장치로 구성될 수 있다.

[0124] 실시예에서, VCM 생성 유닛 내에서 적어도 하나의 회전식 장치는, 열 크래커 기능이 제공된다(도 1a, 도 1b 및 도 3에 대한 설명 참조).

[0125] 다른 실시예에서, VCM 생성 유닛에서, 적어도 하나의 회전식 장치는, 이를 통해 전파되는 유체 매체에 소정 양의 열 에너지를 가하는 것에 의해 가열된 유체 매체를 생성하고, 그리고 해당 소정 양의 열 에너지를 EDC의 열 크래킹을 수행하도록 구성된, 예를 들면 튜브 모양의 크래킹 노와 같은, 열분해로에 전달하여 VCM을 생성하도록 구성된 (예열)가열기 기능이 제공된다(도 2b 및 도 3에 대한 설명 참조).

[0126] VCM 생성 유닛은 시스템으로 연결된 적어도 2개의 회전식 장치를 포함하도록 구성될 수 있으며, 여기서 제1 장치는 EDC 함유 공정 유체를 (예열)가열하는 예열기 기능이 제공되고, 제1 장치의 하류에 배치된 제2 장치는 열 크래커 기능이 제공된다(도 3에 대한 설명 참조).

[0127] 다른 양태에서, 본 발명은 열 크래킹을 통해 에틸렌 디클로라이드(EDC)로부터 비닐 클로라이드 모노머(VCM)를 생성함에 있어서 회전식 장치(100, 100A, 100B, 100C)의 용도에 관한 것이다. 따라서 이 장치는 회전축 상에 장착된 회전자 허브의 원주에 걸쳐 적어도 하나의 열로 배치된 복수의 회전자 블레이드를 갖는 회전자; 회전자 블레이드의 상류에 열(들)로 배치된 복수의 고정 가이드 베인; 및 회전자 블레이드의 하류에 배치된 디퓨저를 포함하며, 회전자, 복수의 고정 가이드 베인 및 디퓨저는 회전식 장치에서 적어도 하나의 입구 및 적어도 하나의 출구 사이에 형성된 덕트로 둘러싸여 있다. 이 용도에서, 크래킹 반응이 발생하는 온도(들)로 EDC 함유 공정 유체의 스트림을 가열하는 데 필요한 소정 양의 열 에너지는, 회전식 장치에서 입구(들) 및 출구(들) 사이의 덕트에서 전파되는 유체 매체의 스트림이 고정 가이드 베인, 회전자 블레이드 및 디퓨저를 각각 연속적으로 통과할 때 발생하는 일련의 에너지 변환에 의해 생성되고, 추가로 EDC 함유 공정 유체에 전달된다.

[0128] 본 발명의 실시예는 다음의 비제한적인 예시에서 추가로 설명된다.

[0129] 예시

[0130] 직접 가열

[0131] 본 예시는 EDC 피드를 직접 가열하도록 조정된 구성을 포함한다(도 1a, 도 1b, 도 3). 예시 사례 1-5에서 얻어진 시뮬레이션 데이터가 표 1에 요약되어 있다. 종래의 EDC 크래킹 노(비교 예시 사례 1)와 회전식 장치(100)(사례 2-5)의 성능을 시뮬레이션하기 위해, AspenPlus V12.1 프로세스 시뮬레이션 소프트웨어(AspenTech)가 사용되었다.

[0132] 표 1. 종래의 EDC 크래킹 노(비교 예시 사례 1)와 회전식 장치(100)(사례 2-5)를 사용하여 EDC를 크래킹하기 위한 예시 사례 1-5에 대한 시뮬레이션 데이터.

표 1

	예시 사례	변환율	VCM에 대한 선택도	아세틸렌에 대한 선택도	스테이지 수 (100)	최대 온도 T <sub>max</sub> (°C)	체류 시간
1	종래의 크래커(200)	60%	94.8%	5.2%	0	477	27
2	평균 EDC 크래킹 범위 내의 온도에서 작동하는 회전식 장치(100)	60%	94.8%	5.2%	4	520	19
3	평균 EDC 크래킹 범위보다 낮은 온도에서 작동하는 회전식 장치(100)	70%	94.0%	6.0%	4	480	121
4	평균 EDC 크래킹 범위보다 높은 온도에서 작동하는 회전식 장치(100)	70%	91.4%	8.6%	5	600	3
5	순간 가열을 구현하도록 구성된 회전식 장치(100)	60%	93.8%	6.2%	4	726	5

[0134] 열분해는 분자 화합물 및 라디칼을 갖는 수백 가지 반응을 포함하지만, EDC 크래커에서 발생하는 열분해 반응이 다음의 컴포넌트: EDC, VCM, 염화수소(HCl), 및 아세틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)으로 나타난 부산물을 포함한다고 가정하여 열 크래킹 동역학(kinetics) 메커니즘을 시뮬레이션하기 위해 단순화된 계산 모델이 채용되었다(반응 1). 따라서, 주요 반응(반응 2a)의 동역학을 시뮬레이션하는 것 외에도, 코크스 형성에 기여하는 모델 부산물로서 아세틸렌의 형성을 포함하는 부반응의 동역학도 시뮬레이션되었다(반응 2b).

[0135] 반응 1. EDC → VCM → 부산물

[0136] 반응 2a. EDC → VCM + HCL

[0137] 반응 2b. VCM → 아세틸렌 + HCL

[0138] 사례 1은 EDC 크래킹 공정이 종래의 튜브 타입 노에서 시뮬레이션된 경우의 비교 예시이다. 사례 1의 경우, Li 등의 참고문헌 [1](2013)에서 논의된 바와 같은, 노 시스템 및 그 단순화된 EDC 크래킹 동역학 메커니즘에 대한 데이터가 사용되었다. 언급된 문헌 출처에 기초하면, 시뮬레이션된 노는 입구 튜브 직경이 약 0.1m인 2열의 반응기 코일(열당 20개의 직선 튜브 및 19개의 밴드를 포함함)을 가지며, 입구 온도가 약 260°C이고 압력이 약 2400kPa인 42t/h의 EDC 피드 속도를 가졌다. 이들 파라미터를 이용하면, 공정 유체가 코일을 통과하는 데 걸리는 체류 시간은 26~27초이다. 단열적 볼륨(급랭 전 반응기의 마지막 부분)은 모든 사례에서 동일하다고 가정했다: 단열적 볼륨에서의 체류 시간은 약 0.06초였다. 반응기 전체에 걸친 온도 프로파일은 반응의 정도를 정의한다. 비교 사례 1에 대한 온도 프로파일 및 질량 분율 프로파일이 각각 도 5a 및 도 5b에 도시되어 있다.

[0139] 도 5a에 도시된 온도 프로파일은 전형적인 종래의 EDC 크래커의 경우이다. 공정 온도는 260°C(피드 가스 온도)로부터 약 400°C까지 꾸준히 상승하며, 여기서 흡열 반응이 일어나기 시작하고; 이 지점부터 온도 상승 속도가 감소하고 균일해진다. 반응기의 제1 부분에서 반응 속도는 낮다(도 5b 참조). EDC 함유 공정 유체가 반응기 출구를 향하여 전파됨에 따라, 화학 반응 속도는 즉시 급랭이 필요할 정도로 증가한다.

[0140] 예시 사례 2-5는 도 4a에 도시된 바와 같은 장치(100, 100A)에 대해 시뮬레이션되었다.

[0141] 사례 2는 평균 EDC 크래킹 범위 내의 온도(T<sub>max</sub> 520°C)에서 작동하는 장치(100)가 종래의 EDC 크래커를 성공적으로 대체할 수 있음을 보여주기 위해 모델링되었다. 사례 2의 온도 프로파일과 질량 분율 프로파일이 각각 도 6a 및 도 6b에 제시되어 있다.

- [0142] 사례 2는, 구성 100A에서, 네개의 고정자-회전자-디퓨저 시퀀스(2, 3, 4)로 구현된 네(4)개의 작동 스테이지를 이용하여 시뮬레이션되었으며, 여기서 각 스테이지는 EDC 함유 기체 공정 유체를 대략 120°C(델타 T( $\Delta T$ )) = 120°C)만큼 가열한다. 처음 두 스테이지는 반응기 초반에 위치하고, 소위 (예열)가열 스테이지를 나타내는 것으로 상정되었다. 이들 스테이지는 열 크래커로 구성된 장치(100)(100A)에 위치할 수 있으며(도 1a, 도 1b), 또는 대안적으로, 이들 스테이지는 (예열)가열기로 구성된 장치(100-1)에 위치할 수 있다. 본 시뮬레이션에서, 마지막 두 스테이지는 소위 반응 스테이지를 나타내는 것으로 가정되었다.
- [0143] 단일의 반응기 유닛(100)(도 1a, 도 1b 참조)을 포함하는 시뮬레이션에서, 1~5밀리초 이내에, 반응기는 약 510°C로 가열된다(처음 두 예열 스테이지 동안). 이 시점에서, EDC가 분해되면서, 스테이지 간의 흡열 반응으로 인해 기체 흐름의 온도가 감소한다(EDC 함유 공정 유체는 덕트(7, 7A)의 무베인 부분을 통과함). 공정 유체가 세 번째 작동 스테이지에 들어가 약 520°C로 재가열될 때까지, 약 6초의 체류 시간이 허용된다. 그 후, 공정 온도가 다시 떨어지게 되며, 이 공정은 추가로 마지막 네 번째 작동 스테이지에서 약 520°C로 재가열된다. 공정 유체에서 발생하는 흡열 반응으로 인해, 반응기 출구에서 공정 유체는 종래의 반응기 노에 비해 저온을 가질 수 있다(도 5a 및 도 6a의 그래프 비교). 여러 구성(100A, 100B 또는 100C)에서, 이 장치(100)는 예를 들면 공정의 요건을 충족하도록 최적화된 반응기 내의 단열적 볼륨(마지막 작동 스테이지와 반응기 출구 사이의 덕트(7)의 부분)으로 구성될 수 있다. 최적화는 단열적 볼륨을 수용하는 장치 내의 3차원 스프레드를 수정(예를 들면, 축소 또는 확장)함으로써 수행될 수 있다.
- [0144] 아세틸렌 생성 속도는 종래의 크래커보다 장치(100)(그 출구)에서 분명히 낮다. 이는 장치(100)의 반응 영역 및 그 출구에서 코크스 형성 감소로 이어진다.
- [0145] 전반적으로, 크래킹 반응이 발생하는 데 필요한 체류 시간은, 장치(100)의 경우, 더 높은 반응 온도( $T_{max}$ )가 달성될 수 있기 때문에 더 짧다.
- [0146] 사례 3 및 4는 평균 EDC 크래킹 온도(대략 520°C로 가정, 사례 2 참조)로부터 벗어난 온도에서 작동하는 장치(100)에 대해 모델링되었다. 사례 3은 평균 EDC 크래킹 온도보다 낮은 작동 온도에 대해, 반면에 사례 4는 평균 EDC 크래킹 온도보다 높은 작동 온도에 대해 각각 설계되었다. 한편, 사례 1의 종래의 크래커와 비교하여, 사례 3은 종래의 EDC 크래킹 노와 유사한 최대 온도( $T_{max}$  480°C)에서 작동하는 장치(100)에 대해 모델링되었으며; 반면에, 사례 4는 종래의 EDC 크래킹 노보다 높은 최대 온도( $T_{max}$  600°C)에서 작동하는 장치(100)에 대해 모델링되었다. 스테이지당 열 입력은 이전과 동일했다:  $\Delta T = 120^\circ C$ . 그럼에도 불구하고, 델타 T 파라미터는 사례별로 최적화될 수 있다. 사례 3 및 4의 온도 프로파일 및 질량 분율 프로파일은, 각각 도 7a, 도 8a 및 도 7b, 도 8b에 제시되어 있다.
- [0147] 사례 3 및 4는 모두 종래의 크래커(사례 1)보다 더 높은 변환율로 실행된다. 작동 온도를 낮추면(사례 3), 공정 유체가 반응기에서 소비하는 체류 시간이 열분해 반응이 발생하는 데 전형적으로 필요한 시간 이상으로 연장되며, 따라서 도 1b에 제안된 바와 같이 구성된 장치(100)에서 사례 3의 공정을 시행하는 것은 유리해 보인다. 작동 온도를 높이면(케이스 4), 필요한 체류 시간은 종래의 크래커에서의 시간의 약 10분의 1로 감소된다.
- [0148] 사례 3 및 4 사이의 다른 주목할 만한 차이점은 선택도이다. 시뮬레이션된 동역학은 낮은 온도와 높은 체류 시간(사례 3)이 사례 1의 종래의 크래킹 노에 비해 공정 선택도를 개선한다는 것을 시사한다. 이는 코크스 형성을 줄이는 것과 함께, 크래킹 공정을 더 높은 변환율로 실행할 가능성을 열어준다.
- [0149] 아세틸렌과 같은 대부분의 부산물은, 크래킹 공정의 마지막에 생성된다. 여기에 이용된 동역학 모델에서, 아세틸렌 형성의 반응은 VCM 농도의 증가에 의해 주도된다. 높은 반응 온도는 아세틸렌의 생성도 촉진한다. 따라서 높은 반응 온도와 높은 변환율의 조합은 원치 않는 상황이다.
- [0150] 사례 5는 반응기(100)의 초기에 높은 온도(EDC의 열분해가 발생하는 반응 온도)로 급속 가열하는 것이 선택도에 긍정적인 영향을 미치는지 여부를 선별하는 것을 목표로 한다. 사례 5는 네(4)개의 작동 스테이지로 시뮬레이션 되었으며, 여기서 각 스테이지는 고정자-회전자-디퓨저 시퀀스(2, 3, 4)로 정의된다. 사례 2와 반대로, 본 사례 5에서는, 피드 가스를 거의 730°C의 비정상적으로 높은 온도로 즉시 가열하기 위해서, 네개의 스테이지 모두 반응기 입구에서의 반응기의 첫 번째 부분에 직접 위치한다. 사례 5의 온도 프로파일 및 질량 분율 프로파일은, 각각 도 9a 및 도 9b에 제시되어 있다.
- [0151] 사례 5에서, 반응은 EDC 분해와 함께 높은 속도로 시작한다. 대략 40밀리초 내에 약 13%의 변환율이 달성되고; 약 50%의 변환율이 1초 내에 도달된다. 공정 유체는 단지 5.3초의 시간 기간(체류 시간 = 5.3초) 동안 반응기

끝에서의 단열적 볼륨에 도달한다. 해당 시간 동안 60%의 EDC 변환율이 달성된다. 그러나, (VCM 농도의 상승에 수반하는 공정 유체 온도의 감소로 인해) 아세틸렌의 형성이 이러한 순간 가열 스텝에 의해 제어될 수 있다는 초기 가정에도 불구하고, 이 시스템은 VCM에 대한 선택도가 낮고 아세틸렌 농도가 높은 것으로 나타났다.

[0152] 열 손실

[0153] 문헌 출처(예를 들면 Li 등의 참고문헌 [1] 참조)에 따르면, 종래의 크래킹은 대략 1000kg/h의 연료 가스를 사용한다. 연소열로부터, 노의 총 에너지 출력은 13MW라고 추정할 수 있다. 시뮬레이션에 따르면 종래의 EDC 크래커는 크래킹 반응이 발생하는 공정 유체를 가열하기 위해 약 8.3MW의 에너지가 필요하며, 이로 인해 약 4.7MW의 연도 가스 손실이 발생하는 것으로 추정된다. 위의 참조된 문헌에 따르면, 노 출구에서 연도 가스(열 손실의 대부분을 차지함)의 온도는 900K이며, 추정된 열 용량 및 연도 가스 온도의 감소를 사용하여 거의 대기 조건으로 다시 돌아가는 것을 계산하면 본질적으로 동일한 에너지 손실 값이 발생한다. 따라서, 종래의 EDC 크래커에 대한 열 입력의 약 36%가 손실된다.

[0154] 한편, 회전식 장치(100)가 공급 원료의 직접 가열에 사용되는 경우(도 1a, 도 1b, 도 3 참조), 열 손실은 무시해도 될 수 있으며, 이러한 열 손실은 주로 모터 출력 및 구동 효율로 인해 발생한다. 예를 들어, 전기 모터로 구동되는 회전식 장치(100)의 효율은, 약 94%로 추정되었다. 따라서, 그 에너지 손실은 종래의 EDC 크래커에서 발생하는 것보다 약 여섯(6)배 작다.

[0155] 사례 1-5의 열 입력 및 손실이 표 2에 제시되어 있다.

[0156] 표 2. 예시 사례 1-5의 열 입력 및 손실.

표 2

사례 번호	총 열 입력 (MW)	반응기에서 이용된 열 (MW)	열 손실 (MW)
1	13	8.3	4.7
2	8.1	7.6	0.5
3	8.1	7.6	0.5
4	10	9.4	0.6
5	8.1	7.6	0.5

[0158] 사례 4에서 더 높은 열 입력은 추가적인 작동 스테이지의 제공으로 설명된다. 사례 4에서, 더 증가된 변환율을 제공하기 위한 흡열 반응에 의해 소비되지 않은 추가 열은, 피드 가열에 대한 (재순환을 통한) 추가적 병합을 위해 생성물 가스에서 이용할 수 있게 된다. 반응기에서 이용되는 열을 특정하는 값(MW)의 차이는, 출구 온도 및 변환율의 차이와 관련이 있다.

[0159] 간접 가열

[0160] 아래 예시는 크래킹 노(200)에서 EDC 피드를 간접 가열하도록 조정된 구성을 포함하며, 여기서 장치(100, 100-1)는 (예열)가열기 기능이 제공된다(도 2b). 회전식 장치(100, 100-1)를 사용한 간접 가열을 통해, 크래킹 반응 및 열분해 온도 프로파일은 각각 사례 1에 의해 제안된 바와 같이 진행될 수 있으나, 코일 튜브 온도가 저하되고, 이에 따라 코크스 형성이 감소할 수 있다는 점에서 차이가 있다. 크래커 노 내의 국부적 온도 차이도 더 작을 것이다.

[0161] 간접 가열 접근법의 주요 이점은 에너지 효율이다. 연도 가스가 생성되지 않기 때문에, 가열 매체(즉, 열 전달 매체)는 재가열을 위해 회전식 장치로 다시 재순환될 수 있다. 5%의 다소 높은 퍼지율을 가정하면, 연도 가스로 인한 열 손실은, 0.23MW인 종래의 EDC 크래커의 5%이다. 추가적인 손실은 모터 출력 및 구동 효율로부터 발생한다. 크래킹 노(200)의 열 소비량은 약 8.3MW이고 연도 가스 손실로 약 0.23MW가 예정되어 있으므로, 회전식 장치(100, 100-1)는 약 9.1MW의 열을 생성해야 한다. 열 손실은 0.54MW로 추정될 수 있다. 따라서, 간접 가열 접근법에서의 총 열 손실은 약 0.79MW이며, 이 열 손실은 종래의 EDC 크래커에서 관찰된 손실의 10분의 1을 약간 넘는다.

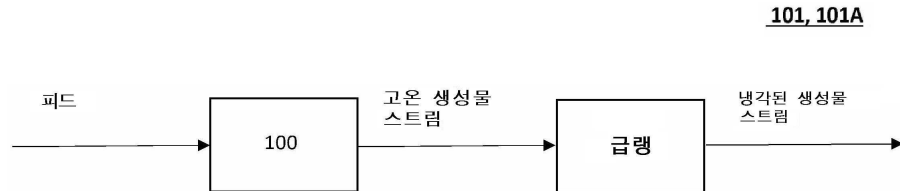
[0162] 기술의 발전에 따라 본 발명의 기본적인 사상은 다양한 방식으로 구현되고 결합될 수 있다는 것은 통상의 기술자에게 명백하다. 따라서 본 발명 및 그의 실시예는 위에서 설명된 예시로 한정되지 않으며, 대신에 일반적으로 첨부된 청구 범위 내에서 변경될 수 있다.

[0163] 참고 문헌:

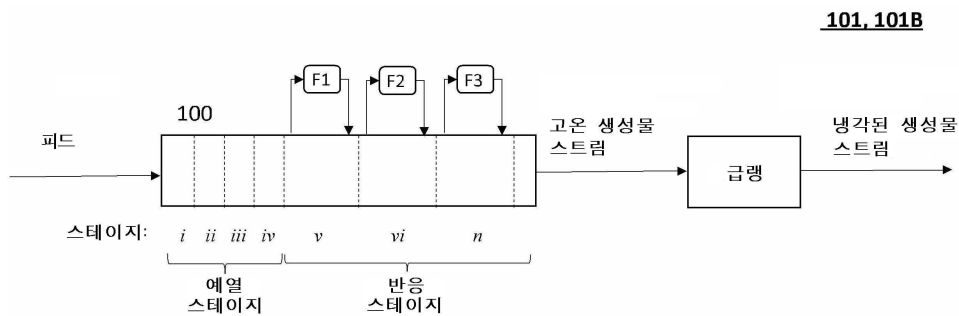
[0164] [1] Chaochun Li, Guihua Hu, Weimin Zhong, Hui Cheng, Wenli Du, and Feng Qian, Comprehensive Simulation and Optimization of an Ethylene Dichloride Cracker Based on the One-Dimensional Lobo-Evans Method and Computational Fluid Dynamics, Ind. Eng. Chem. Res. 2013, 52, 2, 645-657.

도면

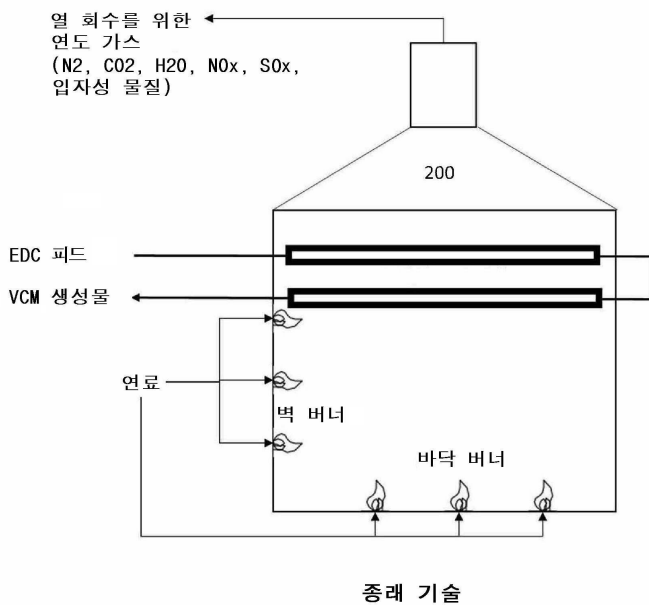
도면1a



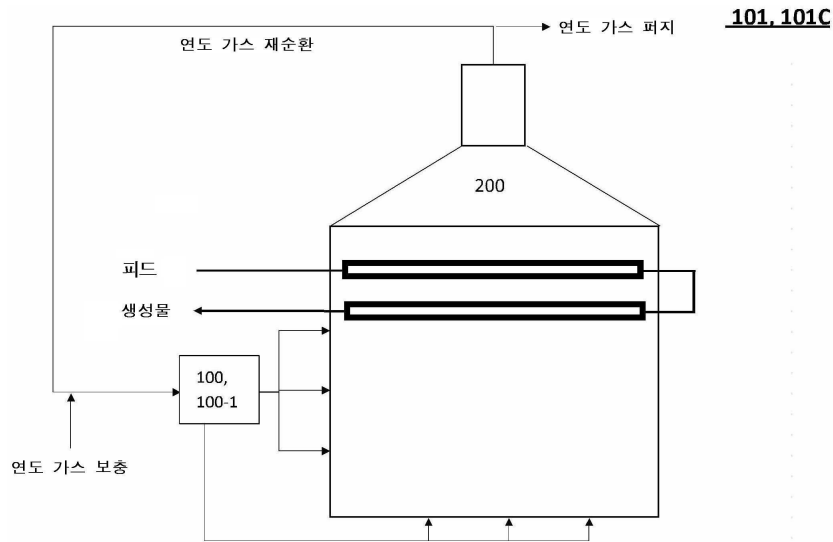
도면1b



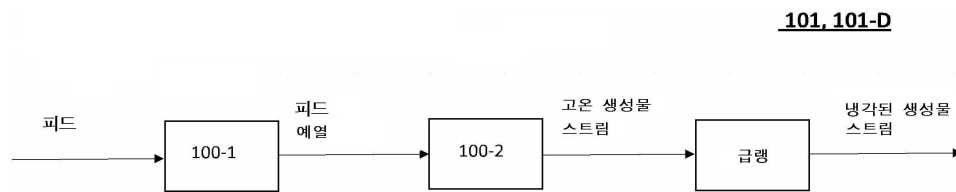
도면2a



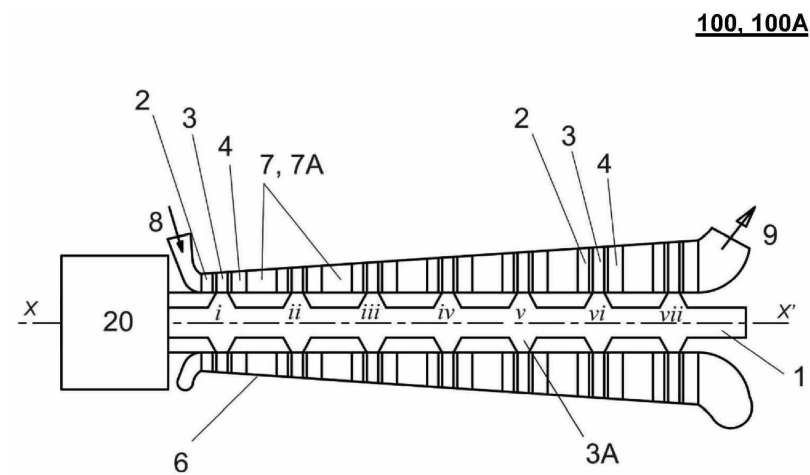
도면2b



도면3

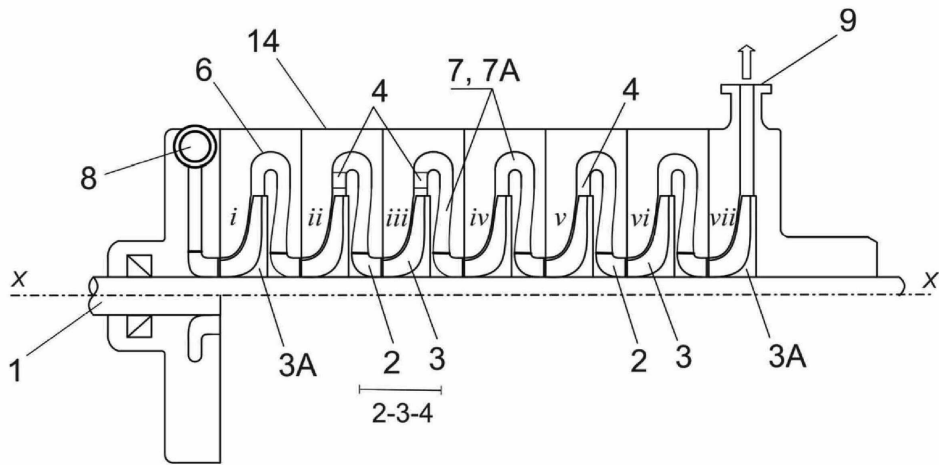


도면4a



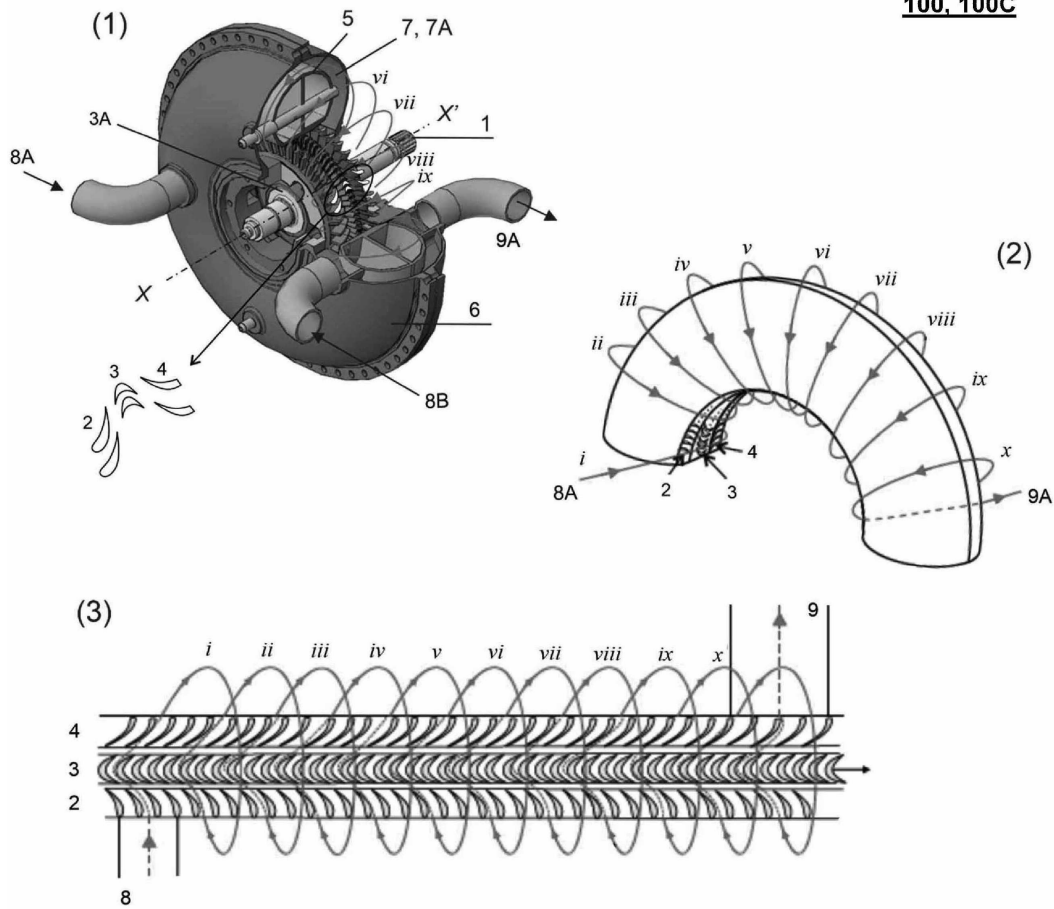
도면4b

**100, 100B**

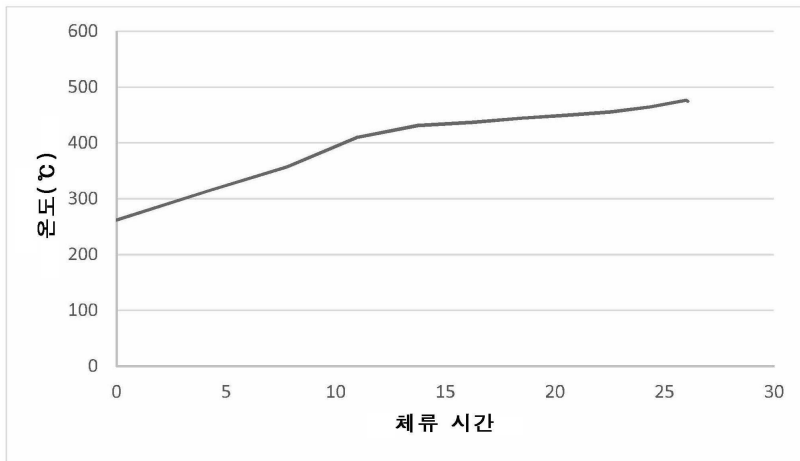


도면4c

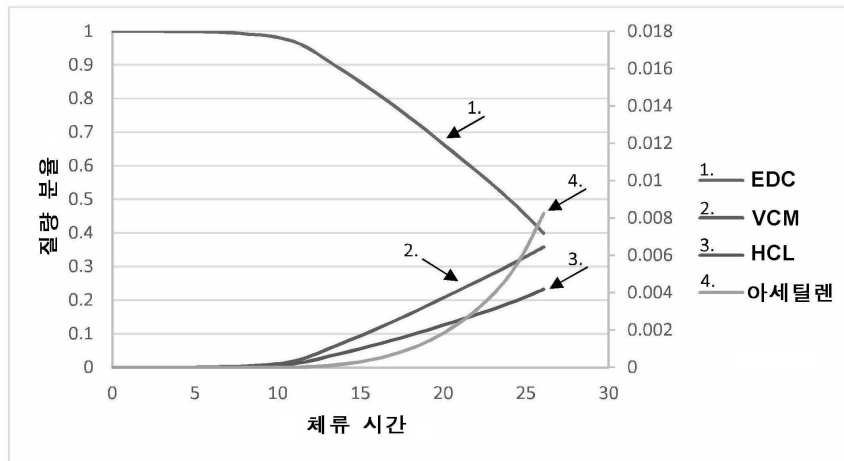
**100, 100C**



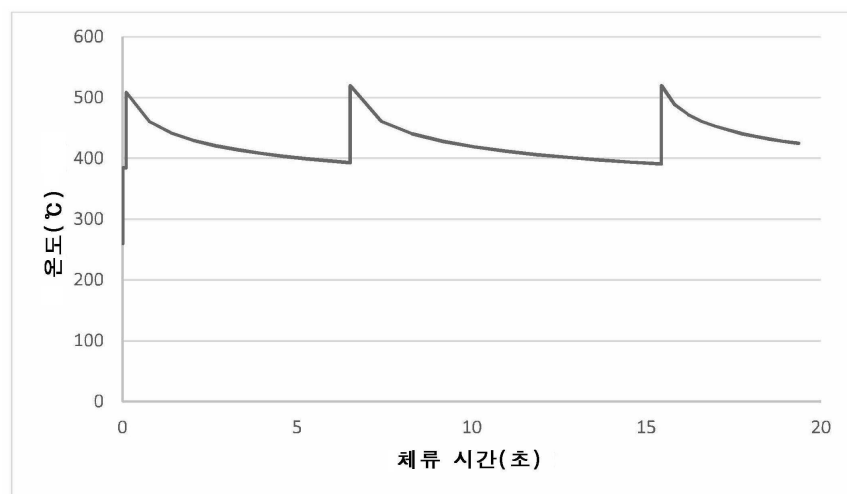
도면5a



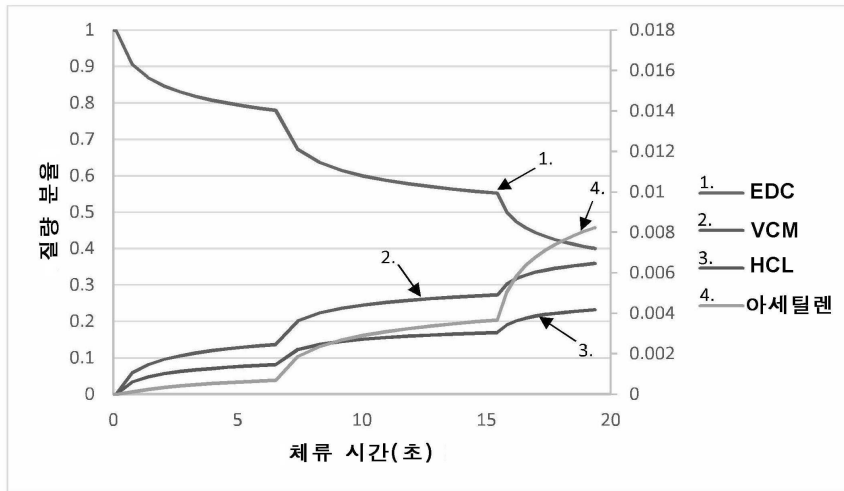
도면5b



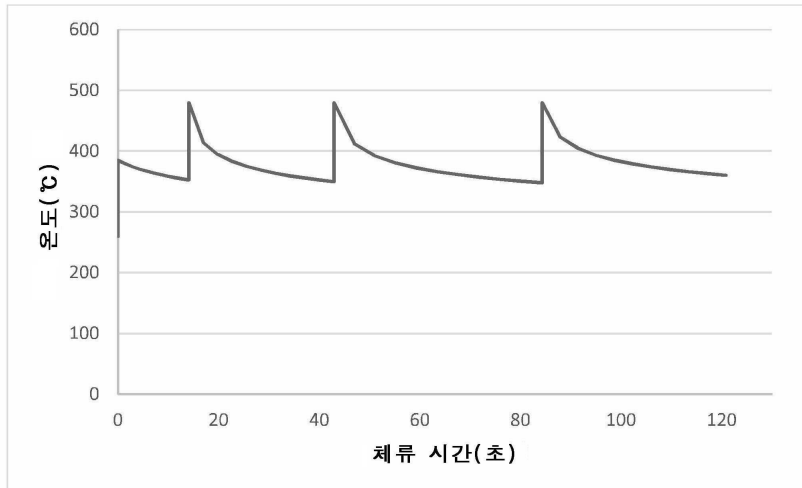
도면6a



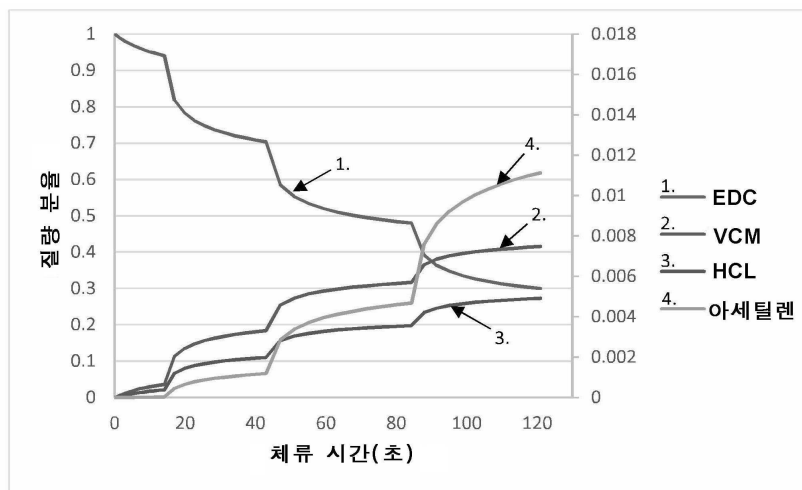
도면6b



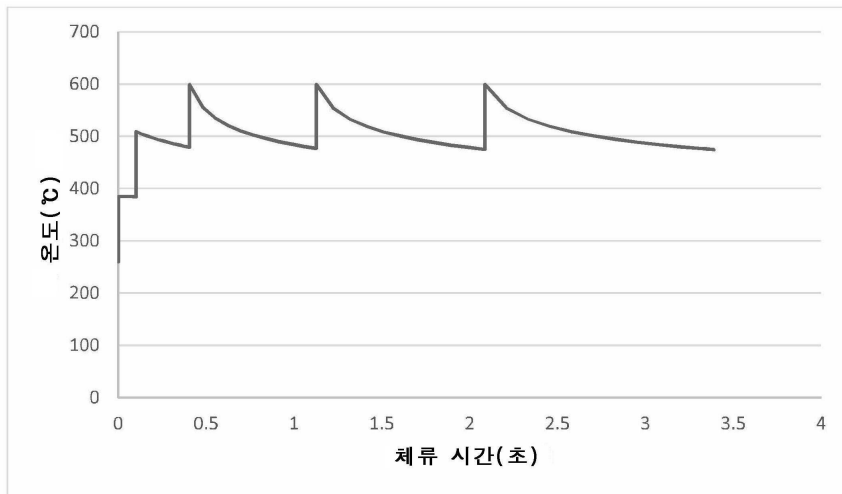
도면7a



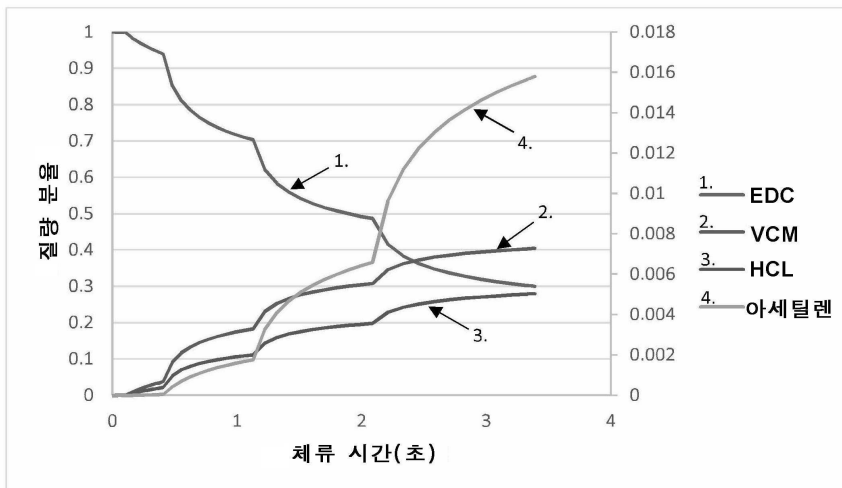
도면7b



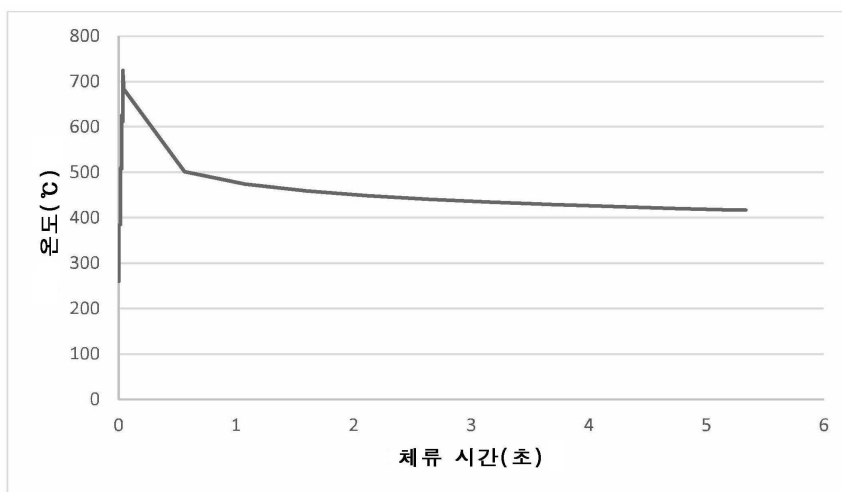
도면8a



도면8b



도면9a



도면9b

