



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월12일  
(11) 등록번호 10-2693066  
(24) 등록일자 2024년08월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
C10G 11/18 (2006.01) B01J 8/00 (2018.01)  
B01J 8/08 (2006.01) B01J 8/26 (2006.01)  
C10G 51/06 (2006.01) C10G 55/08 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
C10G 11/182 (2013.01)  
B01J 8/0015 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-7024325  
(22) 출원일자(국제) 2019년01월17일  
심사청구일자 2022년01월13일  
(85) 번역문제출일자 2020년08월24일  
(65) 공개번호 10-2020-0111757  
(43) 공개일자 2020년09월29일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2019/013978  
(87) 국제공개번호 WO 2019/147465  
국제공개일자 2019년08월01일  
(30) 우선권주장  
62/621,698 2018년01월25일 미국(US)  
16/244,181 2019년01월10일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2015528740 A  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
사우디 아라비아 오일 컴퍼니  
사우디 아라비아 31311 다란 포스트 오피스 박스  
5000  
(72) 발명자  
보우란 압텐누르  
사우디 아라비아 31311 다란 포스트 오피스 박스  
5000 사우디 아라비아 오일 컴퍼니 내  
아부다우드 라에드  
사우디 아라비아 31311 다란 포스트 오피스 박스  
5000 사우디 아라비아 오일 컴퍼니 내  
압바 이브라힘  
사우디 아라비아 31311 다란 포스트 오피스 박스  
5000 사우디 아라비아 오일 컴퍼니 내  
(74) 대리인  
장훈

전체 청구항 수 : 총 15 항

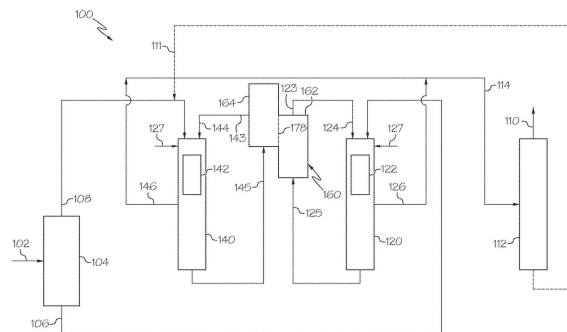
심사관 : 임병서

(54) 발명의 명칭 석유 공급물로부터 올레핀을 생산하기 위한 고심도 유동화 촉매 분해 시스템 및 공정

(57) 요약

고심도 유체 촉매 분해(high severity fluid catalytic cracking; HSFCC) 유닛들에서 원유로부터 에틸렌, 프로펜 및 다른 올레핀들과 같은 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 시스템들 및 공정들이 개시된다. 공정들은 원유를 경질 분획물 및 중질 분획물로 분리하는 단계, 경질 분획물 및 중질 분획물을 분해 반응 구역들에서 분해하는 단계, 및 제1 촉매(중질 분획물)를 위한 제1 재생 구역 및 제1 재생 구역으로부터 분리된 제2 촉매(경질 분획물)를 위한 제2 재생 구역을 갖는 2-구역 재생기에서 분해 촉매들을 재생하는 단계를 포함한다. 제1 촉매 재생 구역으로부터의 연도 가스는 제2 재생 구역으로 이동되어, 추가적인 열을 제공하여 경질 분획물 층의 제2 촉매의 온도를 상승시킨다. 개시된 시스템들 및 공정들은 상이한 촉매들 및 동작 조건들이 원유 공급의 경질 분획물 및 중질 분획물에 대해 이용될 수 있게 한다.

대표도



(52) CPC특허분류

*B01J 8/085* (2013.01)  
*B01J 8/26* (2013.01)  
*C10G 11/185* (2022.08)  
*C10G 11/187* (2022.08)  
*C10G 51/06* (2013.01)  
*C10G 55/08* (2013.01)  
*C10G 2300/1044* (2013.01)  
*C10G 2300/107* (2013.01)  
*C10G 2300/1077* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110089367 A  
KR1020140060558 A  
US08067656 B2  
US08920755 B2  
W02011015664 A2  
W02016094183 A2  
KR1020090049616 A\*  
KR1020140090597 A\*  
US20080156696 A1\*  
US20080264829 A1\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

탄화수소 물질로부터 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 공정에 있어서, 상기 공정은:

상기 탄화수소 물질을 더 작은 비등점 분획물 및 더 큰 비등점 분획물로 분리하는 단계;

500°C 내지 700°C의 반응 온도의 제1 촉매의 존재 하에 상기 더 큰 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여, 제1 분해 반응 생성물 및 제1 폐촉매(spent catalyst)를 생성하는 단계;

500°C 내지 700°C의 반응 온도의 제2 촉매의 존재 하에 상기 더 작은 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여, 제2 분해 반응 생성물 및 제2 폐촉매를 생성하는 단계;

상기 제1 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 상기 제1 폐촉매로부터 분리하는 단계;

상기 제2 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 상기 제2 폐촉매로부터 분리하는 단계;

상기 제1 폐촉매의 적어도 일부를 재생하여, 제1 재생 촉매를 생성하는 단계, 여기서 상기 제1 폐촉매의 일부를 재생하는 단계는 제1 라이저에서 상기 제1 폐촉매의 일부를 연소 가스들과 접촉시키는 단계 및 상기 제1 폐촉매의 일부와 상기 연소 가스들을 상기 제1 라이저의 하류에 있는 제1 재생 구역으로 이동시키는 단계를 포함하는, 상기 제1 재생 촉매를 생성하는 단계;

상기 제1 폐촉매로부터 분리하여 상기 제2 폐촉매를 유지하는 단계;

열을 상기 제1 폐촉매의 재생으로부터 상기 제2 폐촉매로 전달하는 단계;

상기 제2 폐촉매의 적어도 일부를 재생하여 제2 재생 촉매를 생성하는 단계, 여기서, 상기 제2 폐촉매의 일부를 재생하는 단계는 제2 라이저에서 상기 제2 폐촉매의 일부를 연소 가스들과 접촉시키는 단계 및 상기 제2 폐촉매의 일부와 상기 연소 가스들을 상기 제2 라이저의 하류에 있는 제2 재생 구역으로 이동시키는 단계를 포함하는, 상기 제2 재생 촉매를 생성하는 단계; 및

상기 제1 분해 반응 생성물 및 상기 제2 분해 반응 생성물을 회수하는 단계를 포함하는, 공정.

**청구항 2**

제1항에 있어서, 상기 제2 폐촉매를 상기 제1 폐촉매의 재생으로부터의 연도 가스와 접촉시키는 단계를 더 포함하는, 공정.

**청구항 3**

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 탄화수소 물질은 원유, 감압잔사유(vacuum residue), 타르 샌드들, 역청, 상압잔사유(atmospheric residue), 진공 가스 오일들(vacuum gas oils), 탈금속 오일들, 나프타, 또는 이들 조합들 중 적어도 하나를 포함하는, 공정.

**청구항 4**

탄화수소 공급 스트림으로부터 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 제1 유체 촉매 분해(fluidic catalytic cracking; FCC) 유닛 및 제2 FCC 유닛을 갖는 탄화수소 공급 전환 시스템을 동작시키기 위한 공정에 있어서, 상기 공정은:

상기 탄화수소 공급 스트림을 공급 분리기에 도입하는 단계;

상기 탄화수소 공급 스트림을 상기 공급 분리기에서 더 작은 비등점 분획물 및 더 큰 비등점 분획물로 분리하는 단계;

상기 더 큰 비등점 분획물을 상기 제1 FCC 유닛으로 이동시키는 단계;

상기 더 작은 비등점 분획물을 상기 제2 FCC 유닛으로 이동시키는 단계;

500℃ 내지 700℃의 반응 온도의 제1 촉매의 존재 하에 상기 제1 FCC 유닛 내의 상기 더 큰 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여, 제1 분해 반응 생성물 및 제1 폐촉매를 생성하는 단계;

500℃ 내지 700℃의 반응 온도의 제2 촉매의 존재 하에 상기 제2 FCC 유닛 내의 상기 더 작은 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여, 제2 분해 반응 생성물 및 제2 폐촉매를 생성하는 단계;

재생기의 제1 라이저에서 상기 제1 폐촉매의 적어도 일부와 연소 가스들을 접촉시키는 단계;

상기 제1 라이저로부터 상기 제1 폐촉매의 일부와 연소 가스들을 제1 재생 구역의 상부로 이동시키는 단계;

상기 제1 재생 구역에서 상기 제1 폐촉매의 일부를 재생하여, 제1 재생 촉매를 생성하는 단계;

상기 재생기의 제2 라이저에서 상기 제2 폐촉매의 적어도 일부와 연소 가스들을 접촉시키는 단계;

상기 제2 라이저로부터 상기 제2 폐촉매의 일부와 연소 가스들을 상기 제1 재생 구역과 분리된 제2 재생 구역의 상부로 이동시키는 단계;

상기 제2 재생 구역에서 상기 제2 폐촉매의 일부를 재생하여, 제2 재생 촉매를 생성하는 단계;

열을 상기 제1 재생 구역으로부터 상기 제2 재생 구역으로 전달하는 단계;

상기 제1 재생 촉매를 상기 제1 FCC 유닛으로 그리고 상기 제2 재생 촉매를 상기 제2 FCC 유닛으로 재순환시키는 단계; 및

상기 제1 분해 반응 생성물 및 상기 제2 분해 반응 생성물을 회수하는 단계를 포함하는, 공정.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

연도 가스 스트림을 상기 제1 재생 구역으로부터 상기 제2 재생 구역으로 이동시키는 단계; 및

상기 제2 폐촉매를 상기 제2 재생 구역에서 상기 연도 가스 스트림과 접촉시키는 단계를 더 포함하는, 공정.

#### 청구항 6

제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 제1 재생 구역의 상기 제1 폐촉매를 상기 제2 재생 구역의 상기 제2 폐촉매로부터 분리하여 유지시키는 단계를 더 포함하는, 공정.

#### 청구항 7

제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 제2 재생 구역은 다공성 분리 구역에 의해 상기 제1 재생 구역으로부터 분리되는, 공정.

#### 청구항 8

제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 제1 재생 구역 및 상기 제2 재생 구역은 단일 재생기 내에 배치되는, 공정.

#### 청구항 9

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 제1 폐촉매를 상기 제1 재생 구역으로 이동시키기 전에 제1 분리 구역에서 상기 제1 폐촉매로부터 상기 제1 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 분리하는 단계; 및

상기 제2 폐촉매를 상기 제2 재생 구역으로 이동시키기 전에 제2 분리 구역에서 상기 제2 폐촉매로부터 상기 제2 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 분리하는 단계를 더 포함하는, 공정.

#### 청구항 10

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 제1 재생 촉매를 상기 제1 재생 구역으로부터 제1 촉매 공급 호퍼로 이동시키는 단계; 및

상기 제2 재생 촉매를 상기 제2 재생 구역으로부터 제2 촉매 공급 호퍼로 이동시키는 단계를 더 포함하는,

공정.

**청구항 11**

제4항 또는 제5항에 있어서,

상기 제1 재생 촉매를 상기 더 큰 비등점 분획물과의 접촉으로 다시 재순환시키는 단계; 및

상기 제2 재생 촉매를 상기 더 작은 비등점 분획물과의 접촉으로 다시 재순환시키는 단계를 더 포함하는, 공정.

**청구항 12**

제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 제1 촉매는 상기 제2 촉매와 상이한, 공정.

**청구항 13**

제4항 또는 제5항에 있어서, 상기 제1 분해 반응 생성물 또는 상기 제2 분해 반응 생성물은 에틸렌, 프로펜, 부텐, 또는 펜텐 중 적어도 하나를 포함하는, 공정.

**청구항 14**

탄화수소 물질로부터 적어도 하나의 석유화학 생성물을 생산하기 위한 시스템에 있어서, 상기 시스템은:

제1 분해 반응 구역;

상기 제1 분해 반응 구역의 하류에 있는 제1 분리 구역;

상기 제1 분리 구역의 하류에 있는 제1 재생 구역;

상기 제1 분해 반응 구역과 병행하는 제2 분해 반응 구역;

상기 제2 분해 반응 구역의 하류에 있는 제2 분리 구역;

상기 제2 분리 구역의 하류에 있는 제2 재생 구역 - 상기 제2 재생 구역은 상기 제1 재생 구역으로부터 물리적으로 분리됨 -; 및

상기 제1 재생 구역으로부터 상기 제2 재생 구역으로 연장되는 연도 가스 유로 - 상기 연도 가스 유로는 상기 제1 재생 구역과 상기 제2 재생 구역 사이에서 하나 이상의 폐촉매들의 전달을 방지하기 위한 입자 배리어 (particulate barrier)를 포함함 -를 포함하는, 시스템.

**청구항 15**

제14항에 있어서, 유입구, 더 큰 비등점 분획물 유출구 스트림, 및 더 작은 비등점 분획물 유출구 스트림을 갖는 공급 분리를 더 포함하며, 상기 더 큰 비등점 분획물 유출구 스트림은 상기 제1 분해 반응 구역에 유체적으로 결합되고 상기 더 작은 비등점 분획물 유출구 스트림은 상기 제2 분해 반응 구역에 유체적으로 결합되는, 시스템.

**발명의 설명**

**기술분야**

[0001] 관련 출원의 교차 참조

[0002] 본 출원은 35 U.S.C. § 120 하에서 2018년 1월 25일자로 출원된 발명의 명칭이 "High Severity Fluidized Catalytic Cracking Systems and Processes for Producing Olefins from Petroleum Feeds"인 미국 가출원 번호 제62/621,698 및 2019년 1월 10일자로 출원된 발명의 명칭이 "High Severity Fluidized Catalytic Cracking Systems and Processes for Producing Olefins from Petroleum Feeds"인 미국 특허 출원 일련 번호 제 16/244,181의 우선권의 이익을 주장하며, 그 전체 내용들은 본 개시에 참조로 통합된다.

[0003] 기술분야

[0004] 본 개시의 실시예들은 일반적으로 유체 촉매 분해 공정들에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 고심도 유체 촉매 분해(high severity fluid catalytic cracking; HSFCC) 시스템들에 사용되는 촉매 재생 공정들 및 시스템들

에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0005] 에틸렌, 프로펜, 부텐, 부타디엔, 및 방향족 화합물 예컨대 벤젠, 톨루엔 및 크실렌은 대부분의 석유화학 산업에 대한 기본 중간체들이다. 이들은 통상적으로 석유 가스들 및 증류액들 예컨대 나프타, 등유 또는 심지어 가스 오일(gas oil)의 열분해(또는 증기 열분해)를 통해 획득된다. 이들 화합물들은 또한 고진적인 중질(heavy) 공급원료들 예컨대 가스 오일들 또는 잔류물들이 전환되는 정제 유동화 촉매 분해(fluidized catalytic cracking; FCC)를 통해 생산된다. 종래의 FCC 공급원료들은 범위가 수소분해된 바텀들(bottoms)에서 중질 공급분획물들 예컨대 진공 가스 오일 및 대기 잔류물까지 이르지만; 이들 공급원료들은 제한적이다. 프로펜 생산을 위한 두 번째로 가장 중요한 소스는 FCC 유닛들로부터의 현재 정유 프로펜이다. 끊임없이 증가하는 수요에 따라, FCC 유닛 소유자들은 프로펜 시장에서 발생하는 경제적 기회들을 이용함으로써 그들의 수익을 증대시키기 위해 석유화학 시장을 점점 더 찾고 있다.

[0006] 전세계적으로 증가하는 경질 올레핀들에 대한 수요는 많은 통합된 정유소들에 대해 주요 과제로 남아 있다. 특히, 일부 귀중한 경질 올레핀들 예컨대 에틸렌, 프로펜, 및 부텐의 생산은 순수 올레핀 스트림들이 고분자 합성을 위한 구축 블록들로서 간주됨에 따라 증가된 관심을 끌어들였다. 경질 올레핀들의 생산은 공급 유형, 동작 조건들, 및 촉매의 유형과 같은 여러 공정 변수들에 의존한다. 더 큰 수율의 프로펜 및 경질 올레핀들을 생산할 수 있는 옵션들도 불구하고, 이 분야에서의 집중적인 연구 활동이 여전히 수행되고 있는 중이다. 이들 옵션들은 HSFCC 시스템들의 사용, 공정을 위한 보다 선택적인 촉매들의 개발, 및 보다 유리한 반응 조건들 및 수율을 위해 공정의 구성을 향상시키는 것을 포함한다. HSFCC 공정은 전통적인 유체 촉매 분해 유닛보다 최대 4 배 더 큰 수율들의 프로펜을 생산할 수 있으며, 석유 스트림들의 범위에 대한 전환 수준이 더 크다.

**발명의 내용**

[0007] 본 개시의 실시예들은 탄화수소 물질, 예컨대 원유로부터 하나 이상의 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 향상된 HSFCC 시스템들 및 공정들에 관한 것이다.

[0008] 일부 실시예들에 따르면, 탄화수소 물질로부터 석유화학 생성물을 생산하기 위한 공정은 탄화수소 물질을 더 작은 비등점 분획물(fraction) 및 더 큰 비등점 분획물로 분리하는 단계, 500°C 내지 700°C의 반응 온도의 제1 촉매의 존재 하에 더 큰 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여 제1 분해 반응 생성물 및 제1 폐(spent)촉매를 생성하는 단계, 및 500°C 내지 700°C의 반응 온도의 제2 촉매의 존재 하에 더 작은 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여 제2 분해 반응 생성물 및 제2 폐촉매를 생성하는 단계를 포함한다. 공정은 제1 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 제1 폐촉매로부터 분리하는 단계 및 제2 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 제2 폐촉매로부터 분리하는 단계를 더 포함한다. 추가적으로, 공정은 제1 폐촉매의 적어도 일부를 재생하여 제1 재생 촉매를 생성하는 단계, 제2 폐촉매를 제1 폐촉매로부터 분리하여 유지하는 단계, 열을 제1 폐촉매의 재생으로부터 제2 폐촉매로 전달하는 단계, 및 제2 폐촉매의 적어도 일부를 재생하여 제2 재생 촉매를 생성하는 단계를 포함한다. 공정은 제1 분해 반응 생성물 및 제2 분해 반응 생성물을 회수하는 단계를 더 포함한다.

[0009] 하나 이상의 다른 실시예들에 따르면, 탄화수소 공급 스트림으로부터 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 제1 유동화 촉매 분해(fluidic catalytic cracking; FCC) 유닛 및 제2 FCC 유닛을 갖는 탄화수소 공급 전환 시스템을 동작시키기 위한 공정이 개시된다. 공정은 탄화수소 공급 스트림을 공급 분리기에 도입하는 단계, 탄화수소 공급 스트림을 공급 분리기에서 더 작은 비등점 분획물 및 더 큰 비등점 분획물로 분리하는 단계, 더 큰 비등점 분획물을 제1 FCC 유닛으로 이동시키는 단계, 500°C 내지 700°C의 반응 온도의 제1 촉매의 존재 하에 제1 FCC 유닛 내의 더 큰 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여 제1 분해 반응 생성물 및 제1 폐촉매를 생성하는 단계, 더 작은 비등점 분획물을 제2 FCC 유닛으로 이동시키는 단계, 및 제2 촉매의 존재 하에 그리고 500°C 내지 700°C의 반응 온도에서 제2 FCC 유닛 내의 더 작은 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여 제2 분해 반응 생성물 및 제2 폐촉매를 생성하는 단계를 포함한다. 공정은 제1 폐촉매를 제1 재생 구역으로 이동시키는 단계, 제1 재생 촉매를 생성하기 위해 제1 재생 구역에서 제1 폐촉매의 적어도 일부를 재생하는 단계, 제2 폐촉매를 제1 재생 구역과 분리된 제2 재생 구역으로 이동시키는 단계, 및 제2 재생 구역에서 제2 폐촉매의 적어도 일부를 재생하여 제2 재생 촉매를 생성하는 단계를 더 포함한다. 공정은 열을 제1 재생 구역으로부터 제2 재생 구역으로 전달하는 단계, 및 제1 재생 촉매를 제1 FCC 유닛으로 그리고 제2 재생 촉매를 제2 FCC 유닛으로 재순환시키는 단계를 포함한다. 공정은 제1 분해 반응 생성물 및 제2 분해 반응 생성물을 회수하는 단계를 더 포함한다.

[0010] 또 다른 실시예들에 따르면, 탄화수소 공급 스트림으로부터 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 시스템은 제1 분

해 반응 구역, 제1 분해 반응 구역의 하류에 있는 제1 분리 구역, 및 제1 분리 구역의 하류에 있는 제1 재생 구역을 포함한다. 시스템은 또한 1 분해 반응 구역과 병행하여 제2 분해 반응 구역, 제2 분해 반응 구역의 하류에 있는 제2 분리 구역, 및 제2 분리 구역의 하류에 있는 제2 재생 구역 - 제2 재생 구역은 제1 재생 구역으로부터 물리적으로 분리됨 -을 포함한다. 연도 가스(flue gas) 유로는 제1 재생 구역으로부터 제2 재생 구역으로 연장되며, 연도 가스 유로는 제1 재생 구역과 제2 재생 구역 사이에서 하나 이상의 폐촉매들의 전달을 방지하기 위한 입자 배리어(particulate barrier)를 포함한다.

[0011] 또 다른 실시예들에 따르면, 탄화수소 공급 스트림으로부터 하나 이상의 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 공정은 탄화수소 공급 스트림을 더 작은 비등점 분획물 및 더 큰 비등점 분획물로 분리하는 단계, 500°C 내지 700°C의 반응 온도에서 제1 촉매의 존재 하에 제1 유체 촉매 분해(FCC) 유닛 내의 더 큰 비등점 분획물을 분해하여 제1 분해 반응 생성물을 생성하는 단계, 및 제2 촉매의 존재 하에 그리고 500°C 내지 700°C의 반응 온도에서 제2 유체 촉매 분해(FCC) 유닛 내의 더 작은 비등점 분획물을 분해하여 제2 분해 반응 생성물을 생성하는 단계 - 제2 FCC 유닛은 제1 FCC 유닛과 병행하여 동작됨 -를 포함한다. 공정은 제1 재생 구역에서 제1 촉매를 재생하는 단계, 열을 제1 재생 구역으로부터 제2 재생 구역으로 전달하는 단계, 및 제1 재생 구역으로부터 분리된 제2 재생 구역에서 제2 촉매를 재생하는 단계를 더 포함한다. 공정은 제1 촉매를 제1 FCC 유닛으로 다시 재순환시키고 제2 촉매를 제2 FCC 유닛으로 다시 재순환시키는 단계, 및 제1 분해 반응 생성물 및 제2 분해 반응 생성물을 회수하는 단계를 더 포함한다.

[0012] 설명된 실시예들의 추가적인 특징들 및 이점들은 이어지는 상세한 설명에서 진술될 것이고, 부분적으로 그 설명으로부터 당업자에게 쉽게 명백해지거나 이어지는 상세한 설명, 특허청구범위, 뿐만 아니라 첨부된 도면을 포함하는 설명된 실시예들을 실시함으로써 인식될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

[0013] 본 개시의 특정 실시예들의 이어지는 상세한 설명은 이어지는 도면과 함께 관독될 때 가장 잘 이해될 수 있으며, 여기서 유사한 구조는 유사한 참조 숫자로 표시되고 여기서:

도 1은 일반적으로 본 개시에 설명되는 하나 이상의 실시예들에 따른, 하나 이상의 석유화학 생성물들을 생산하기 위해 사용되는 다양한 탄화수소 공급 스트림들의 상대적 속성들을 그래픽으로 도시하고;

도 2는 본 개시에 설명되는 하나 이상의 실시예들에 따른, 탄화수소 공급 전환 시스템의 일 실시예의 일반화된 개략도이고;

도 3은 본 개시에 설명되는 하나 이상의 실시예들에 따른, 탄화수소 공급 전환 시스템의 다른 실시예의 일반화된 개략도이고;

도 4는 본 개시에 설명되는 하나 이상의 실시예에 따른, 상이한 유형들의 상업적 FCC 촉매들로 동작되는 HSFCC 공정으로부터 획득되는 전환 수율 및 프로펜 수율을 그래픽으로 도시한다.

도 2 내지 도 3의 단순화된 도식적 예시들 및 설명들을 설명하기 위해, 특정 화학 처리 동작들의 당업자에게 이용되고 잘 알려질 수 있는 다수의 밸브들, 온도 센서들, 전자 컨트롤러들 등은 포함되지 않는다. 또한, 정제장 치들(refineries), 예컨대, 예를 들어, 에어 서플라이들, 촉매 호퍼들, 연도 가스 핸들링과 같은, 종래의 화학 처리 작업들에서 종종 포함되는 수반하는 구성요소들은 도시되지 않는다. 이들 구성요소들은 개시된 본 실시예들의 사상 및 범위 내에 있다는 것이 이해되어야 한다. 그러나, 본 개시에서 설명되는 것들과 같은 동작 구성요소들은 본 개시에 설명되는 실시예들에 추가될 수 있다.

도면 내의 화살표들은 공정 스트림들을 지칭한다는 점에 더 유의해야 한다. 그러나, 화살표들은 증가적으로 2 개 이상의 시스템 구성요소들 사이에서 공정 스트림들을 전달하는 역할을 할 수 있는 전달 라인들을 지칭할 수 있다. 추가적으로, 시스템 구성요소들에 연결되는 화살표들은 각각의 주어진 시스템 구성요소에서 유입구들 또는 유출구들을 정의한다. 화살표 방향은 화살표에 의해 표시되는 물리적 전달 라인 내에 포함되는 스트림의 물질들의 이동의 주요 방향과 일반적으로 부합한다. 더욱이, 2 개 이상의 시스템 구성요소들을 연결하지 않는 화살표는 도시된 시스템에서 나가는 생성물 스트림 또는 도시된 시스템으로 들어가는 시스템 유입구 스트림을 표시한다. 생성물 스트림들은 수반되는 화학 처리 시스템들에서 추가적으로 처리될 수 있거나 최종 생성물들로서 상용화될 수 있다. 시스템 유입구 스트림들은 수반되는 화학 처리 시스템들로부터 전달되는 스트림들일 수 있거나 비처리된 공급원료 스트림들일 수 있다. 일부 화살표들은 재순환 스트림들을 나타낼 수 있으며, 이는 시스템으로 다시 재순환되는 시스템 구성요소들의 유출물(effluent) 스트림이다. 그러나, 임의의 표현된 재순환 스트

림은, 일부 실시예들에서, 동일한 물질의 시스템 유입구 스트림으로 대체될 수 있고, 재순환 스트림의 일부는 시스템 생성물로서 시스템에서 나갈 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

추가적으로, 도면 내의 화살표들은 스트림을 하나의 시스템 구성요소로부터 다른 시스템 구성요소로 이송하는 공정 단계들을 개략적으로 도시할 수 있다. 예를 들어 다른 시스템 구성요소를 가리키는 하나의 시스템 구성요소로부터의 화살표는 시스템 구성요소 유출물(effluent)을 다른 시스템 구성요소로 "이동"시키는 것을 나타낼 수 있으며, 이는 하나의 시스템 구성요소에서 "나가는" 또는 이로부터 "제거되는" 공정 스트림의 내용물들을 포함하고 그러한 생성물 스트림의 내용물들을 다른 시스템 구성요소로 "도입"하는 것을 포함할 수 있다.

2 개 이상의 공정 스트림들은 2 개 이상의 라인들이 도 2 내지 도 3의 개략적인 흐름도에서 교차할 때 "혼합" 또는 "결합"된다는 것이 이해되어야 한다. 혼합 또는 결합은 또한 두 스트림들을 유사한 반응기, 분리 디바이스, 또는 다른 시스템 구성요소로 직접 도입함으로써 혼합하는 것을 포함할 수 있다. 예를 들어, 2 개의 스트림들이 분리 유닛 또는 반응기로 들어가기 전에 직접 결합되는 것으로서 도시될 때, 일부 실시예들에서 스트림들은 등가적으로 분리 유닛 또는 반응기로 도입되고 반응기에서 혼합될 수도 있다는 것이 이해되어야 한다.

이제, 참조는 다양한 실시예들에 대해 더욱 상세히 이루어질 것이며, 그 일부 실시예들은 첨부 도면에서 예시된다. 가능하면 항상, 동일한 참조 번호들은 동일한 또는 유사한 부분들을 지칭하기 위해 도면에 걸쳐 사용될 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0014] 본 개시의 실시예들은 고심도 조건들에서 동작되는 2 개의 하강 유체 촉매 분해(fluid catalytic cracking; FCC) 유닛들을 포함하는 고심도 유동화 촉매 분해(high severity fluidized catalytic cracking; HSFCC) 시스템을 사용하여 하나 이상의 탄화수소 공급 스트림들을 하나 이상의 석유화학 생성물들로 변환하기 위한 시스템들 및 공정들에 관한 것이다. 탄화수소 공급 스트림은 더 작은 비등점 분획물 및 더 큰 비등점 분획물로 분리된다. 더 큰 비등점 분획물은 제1 분해 반응 구역으로 도입되며, 여기서 더 큰 비등점 분획물은 제1 촉매와 혼합되고 제1 분해 반응 생성물을 생성하기 위해 분해된다. 더 작은 비등점 분획물은 제2 분해 반응 구역으로 도입되며, 여기서 더 작은 비등점 분획물은 제2 촉매와 혼합되고 제2 분해 반응 생성물을 생성하기 위해 분해된다. 제1 및 제2 분해 반응 구역들은 2 개의 재생 구역들을 갖는 재생기를 공유하며, 이는 서로로부터 분리됨으로써 제1 재생 구역을 통해 이동하는 제1 촉매가 제2 재생 구역을 통해 이동하는 제2 촉매로부터 분리되어 유지된다. 제1 촉매는 제1 분해 반응 생성물로부터 분리되어 제1 재생 구역으로 도입되고, 제2 촉매는 제2 분해 반응 생성물로부터 분리되어 제2 재생 구역으로 도입된다. 제1 재생 구역에서 제1 촉매의 재생으로부터 발생하는 연도 가스(flue gas)는 제2 재생 구역으로 전달될 수 있으며, 여기서 연도 가스는 제2 분해 반응 구역에서 분해 반응 온도 이상으로 제2 촉매의 온도를 상승시키기 위해 제2 촉매로 열을 전달할 수 있다.

[0015] 본 개시에서 사용되는 바와 같이, "반응기"는 하나 이상의 화학 반응이 하나 이상의 촉매들의 존재 하에서 선택적으로 하나 이상의 반응물들 사이에서 발생할 수 용기(vessel)를 지칭한다. 예를 들어, 반응기는 배치 반응기, 연속 교반-탱크 반응기(continuous stirred-tank reactor; CSTR), 또는 플러그 흐름 반응기로서 동작하도록 구성되는 탱크 또는 관형 반응기를 포함할 수 있다. 예시적 반응기들은 고정층 반응기들(fixed bed reactors)과 같은 충전층 반응기들(packed bed reactors), 및 유동층 반응기들(fluidized bed reactors)을 포함한다. 하나 이상의 "반응 구역들"은 반응기에 배치될 수 있다. 본 개시에서 사용되는 바와 같이, "반응 구역"은 특정 반응이 반응기에서 발생하는 영역을 지칭한다. 예를 들어, 다수의 촉매층들을 갖는 충전층 반응기는 다수의 반응 구역들을 가질 수 있으며, 여기서 각각의 반응 구역은 각각의 촉매층의 영역에 의해 정의된다.

[0016] 본 개시에 사용되는 바와 같이, "분리 유닛"은 공정 스트림에서 혼합되는 하나 이상의 화학물질들을 서로로부터 적어도 부분적으로 분리하는 임의의 분리 디바이스를 지칭한다. 예를 들어, 분리 유닛은 상이한 화학 종들을 서로로부터 선택적으로 분리하여, 하나 이상의 화학 분획물들(chemical fractions)을 형성할 수 있다. 분리 유닛들의 예들은 제한 없이, 증류탑들, 플래쉬 드럼들, 녹-아웃 드럼들, 녹-아웃 포트들, 원심분리기들, 사이클론들, 여과 디바이스들, 트랩들, 스크러버들, 팽창 디바이스들, 멤브레인들, 용매 추출 디바이스들 등을 포함한다. 본 개시에 설명되는 분리 공정들은 다른 화학적 조성물(chemical constituent) 모두로부터 하나의 화학적 조성물 모두를 완전히 분리할 수 없다는 것이 이해되어야 한다. 본 개시에 설명되는 분리 공정들은 서로로부터 상이한 화학적 성분들(chemical components)을 "적어도 부분적으로"분리하는 것이 이해되어야 하고, 그것이 명시적으로 진술되지 않은 경우에도, 분리는 부분 분리를 포함할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 본 개시에 사용되는 바와 같이, 하나 이상의 화학적 조성물들은 새로운 공정 스트림을 형성하기 위해 공정 스트림으로부터 "분리"될 수 있다. 일반적으로, 공정 스트림은 분리 유닛으로 들어가고 원하는 조성(composition)의 2

개 이상의 공정 스트림들로 분할, 또는 분리될 수 있다. 또한, 일부 분리 공정들에서, "더 작은 비등점 분획물"(때때로 "경질 분획물(light fraction)"로서 지칭됨) 및 "더 큰 비등점 분획물"(때때로 "중질 분획물(heavy fraction)"로서 지칭됨)은 분리 유닛에서 나갈 수 있으며, 여기서, 평균적으로, 더 작은 비등점 분획물 스트림의 함량들(contents)은 더 큰 비등점 분획물 스트림보다 더 작은 비등점을 갖는다. 다른 스트림들은 더 작은 비등점 분획물과 더 큰 비등점 분획물 사이, 예컨대 "중간 비등점 분획물"에 속할 수 있다.

[0017] 본 개시에서 사용되는 바와 같이, 용어 "고심도 조건들"은 일반적으로 500°C 이상의 FCC 온도들 및 중량 당 5 : 1 이상의 촉매 대 오일의 비율을 지칭하며, 그 둘 다는 전형적인 FCC 반응 조건들보다 더 클 수 있다.

[0018] "유출물(effluent)"은 일반적으로 특정 반응 또는 분리에 따라, 분리 유닛, 반응기, 또는 반응 구역과 같은 시스템 구성요소에서 나가는 스트림을 지칭하고, 일반적으로 분리 유닛, 반응기, 또는 반응 구역으로 들어오는 스트림과 (적어도 비례적으로) 상이한 조성을 가지고 있다는 것이 이해되어야 한다.

[0019] 본 개시에 사용되는 바와 같이, "촉매"는 특정 화학적 반응 속도를 증가시키는 임의의 물질(substance)을 지칭한다. 본 개시에 설명되는 촉매들은 분해(방향족 분해를 포함함), 탈금속(demetalization), 탈황(desulfurization), 및 탈질소(denitrogenation)와 같은, 그러나 이에 제한되지 않는, 다양한 반응들을 촉진시키기 위해 이용될 수 있다. 본 개시에 사용되는 바와 같이, "분해(cracking)"는 일반적으로 탄소 대 탄소 결합들을 갖는 분자가 탄소 대 탄소 결합들 중 하나 이상의 파괴에 의해 하나보다 많은 분자로 분해되거나, 고리형 부분(cyclic moiety), 예컨대 사이클로 알칸, 사이클로 알칸, 나프탈렌, 방향족 등을 포함하는 화합물로부터 고리형 부분을 포함하지 않거나 분해 전보다 더 작은 고리형 부분들을 함유하는 화합물로 전환되는 화학적 반응을 지칭한다.

[0020] 스트림들은 스트림의 성분들(components)에 대해 명명될 수 있고, 스트림이 명명되는 성분들은 (스트림의 함량들의 50 중량 퍼센트(wt.%), 70 wt.%, 90 wt.%, 95 wt.%, 99 wt.%, 99.5 wt.%, 또는 심지어 99.9 wt.%에서 스트림의 함량들의 100 wt.%까지 포함하는 것과 같은) 스트림의 주요 성분일 수 있다는 것이 더 이해되어야 한다. 또한, 스트림의 성분들은 그러한 성분을 포함하는 스트림이 그러한 시스템 구성요소로부터 다른 시스템 구성요소로 이동하는 것으로서 개시될 때 하나의 시스템 구성요소로부터 다른 시스템 구성요소로 이동하는 것으로서 개시된다는 것이 이해되어야 한다. 예를 들어, 제1시스템 구성요소로부터 제2 시스템 구성요소로 이동하는 개시된 "연도 가스 스트림"은 제1 시스템 구성요소로부터 제2 시스템 구성요소로 이동하는 "연도 가스"를 동등하게 개시하는 것으로 이해되어야 한다.

[0021] 탄화수소 공급 스트림은 일반적으로 탄화수소 물질을 포함한다. 실시예들에서, 탄화수소 공급 스트림의 탄화수소 물질은 원유일 수 있다. 본원에 사용되는 바와 같이, 용어 "원유"는 원유의 분획물들과 구별되는 바와 같은, 황 함유 화합물들, 질소 함유 화합물들 및 금속 화합물들과 같은 불순물들을 포함하는, 석유 액체들 및 가스들의 혼합물을 의미하는 것으로 이해되어야 한다. 특정 실시예들에서, 원유 공급원료(feedstock)는 5 ppm 미만의 총 금속(Ni + V) 함량 및 5 wt% 미만의 콘라드슨 탄소 잔류물(Conradson carbon residue)을 갖는 원유 공급원료를 제공하기 위해 최소 처리된 경질 원유이다.

[0022] 본 설명 및 예들은 탄화수소 공급 스트림(102)의 탄화수소 물질로서 원유를 특정할 수 있지만, 2 내지 도 3의 실시예들 각각에 대해 설명되는 탄화수소 공급 전환 시스템들(100)은 원유, 감압잔사유(vacuum residue), 타르 샌드들, 역청, 상압잔사유(atmospheric residue), 진공 가스 오일들, 탈금속 오일들, 나프타 스트림들, 다른 탄화수소 스트림들, 또는 이들 물질들의 조합들을 포함하지만, 이에 제한되지 않는, 탄화수소 공급 스트림(102)에 존재할 수 있는, 매우 다양한 탄화수소 물질들의 전환에 대해 적용가능하다는 것이 이해되어야 한다. 탄화수소 공급 스트림(102)은 하나 이상의 비-탄화수소 조성물들, 예컨대 하나 이상의 중금속들, 황 화합물들, 질소 화합물들, 무기 성분들, 또는 다른 비-탄화수소 화합물들을 포함할 수 있다. 탄화수소 공급 스트림(102)이 원유인 경우, 그것은 22도 내지 40도의 API(American Petroleum Institute) 비중(gravity)을 가질 수 있다. 예를 들어, 이용되는 탄화수소 공급 스트림(102)은 아랍(Arab) 중질 원유일 수 있다. 아랍 중질 원유의 하나의 특정 예시적 등급에 대한 예시적 속성들은 표 1에서 이어서 제공된다. 본 개시에 사용되는 바와 같이, "탄화수소 공급물(hydrocarbon feed)"은 이전에 처리되지 않았거나, 분리되지 않았거나, 달리 정제되지 않은 원시 탄화수소 물질(예컨대 원유)을 지칭할 수 있거나 탄화수소 공급 스트림(102)에서 탄화수소 공급 전환 시스템(100)에 도입되기 전에, 처리, 분리, 반응, 정제, 또는 다른 동작과 같은, 어느 정도의 처리를 받은 탄화수소 물질을 지칭할 수 있다는 것이 이해되어야 한다.

표 1

표 1 - 아랍 중유 수출 공급원료의 예

분석	유닛	값
API(American Petroleum Institute) 비중(gravity)	정도	27
밀도	입방 센티미터 당 그램(g/cm <sup>3</sup> )	0.8904
황 함량	중량 퍼센트(wt.%)	2.83
니켈	백만 중량 당 분율 (parts per million by weight; ppmw)	16.4
바나듐	Ppmw	56.4
염화나트륨(NaCl) 함량	Ppmw	<5
콘라드슨법 탄소	wt.%	8.2
<b>잔류물(CCR)</b>		
C <sub>5</sub> 아스팔텐	wt.%	7.8
C <sub>7</sub> 아스팔텐	wt.%	4.2

[0023]

[0024]

도 1을 참조하면, 종래의 FCC 공정에서 전환될 다양한 탄화수소 공급 스트림들은 일반적으로 금속 함량 및 콘라드슨 탄소 잔류물(CCR) 또는 램스보텀 탄소 함량(Ramsbottom carbon content)의 관점에서 특정 기준들을 만족시키도록 요구된다. 공급 물질의 CCR은 공급 물질의 증발 및 열분해 후 남아 있는 잔류 탄소질 물질의 측정치이다. 공급 스트림의 더 큰 금속 함량 및 CCR은 촉매의 보다 급속한 비활성화를 초래할 수 있다. CCR의 더 큰 레벨들을 위해, 더 많은 에너지가 촉매를 재생하기 위해 재생 단계에서 요구될 수 있다. 예를 들어, 잔류 오일들과 같은 특정 탄화수소 공급물들은 촉매 분해 반응 동안 형성되는 코크스에 더하여 코크스 형성을 분해 및 촉진하기 어려운 다환 방향족들(polycyclic aromatics)과 같은 내화성 성분들(refractory components)을 함유한다. 이들 특정 탄화수소 공급물들의 CCR의 더 큰 레벨들 때문에, 재생기 상의 연소 부하(burning load)는 폐촉매들을 재생 촉매들로 변환시키기 위해 폐촉매들로부터 코크스 및 잔류물을 제거하도록 증가된다. 이것은 물질 결함(material failure)을 경험하는 것 없이 증가 연소 부하를 견딜 수 있는 재생기의 수정을 필요로 한다. 게다가, FCC에 대한 특정 탄화수소 공급물들은 예를 들어 니켈, 바나듐, 또는 다른 금속들과 같은 다량의 금속들을 함유할 수 있으며, 이는 분해 반응 공정 동안 촉매를 급속히 비활성화시킬 수 있다.

[0025]

대체적으로, 탄화수소 공급 전환 시스템(100)은 2 개의 FCC 유닛들을 포함하며 그 각각에서 탄화수소 공급 스트림(102)의 일부는 고심도 온도들 및 압력들로 유지되는 분해 반응 구역에서 가열 유동 촉매 입자들과 접촉한다. 탄화수소 공급 스트림(102)의 일부가 고온 촉매와 접촉하고 더 가벼운 생성물들로 분해될 때, 통상 코크스로 지칭되는 탄소질 침전물들이 촉매 상에 형성되고 촉매를 비활성화시킨다. 코크스 침전물들에 의해 비활성화되는 폐촉매는 분해 반응 생성물들로부터 분리되고, 제거가능한 탄화수소들을 박탈당하고, 재생 공정으로 이동되어 여기서 코크스는 공기의 존재 하에 촉매로부터 연소되어 촉매적으로 유효한 재생 촉매를 생산한다. 용어 "촉매적으로 유효한(catalytically effective)"은 분해 반응들을 가능하게 하는 재생 촉매의 능력을 지칭한다. 재생 다음에, 재생 촉매는 재생 촉매의 총 중량에 기초하여 1 wt.% 이하의 코크스를 가질 수 있다. 연소 생성물들은 연도 가스 스트림으로서 재생 공정으로부터 제거된다. 그 다음, 가열된 재생 촉매들은 FCC 유닛들의 분해 반응 구역으로 다시 재순환된다.

[0026]

이제 도 2를 참조하면, 탄화수소 공급 전환 시스템(100)이 개략적으로 도시된다. 탄화수소 공급 전환 시스템(100)은 고심도 유체 촉매 분해(high severity fluid catalytic cracking; HSFCC) 시스템이다. 탄화수소 공급 전환 시스템(100)은 일반적으로 탄화수소 공급 스트림(102)을 수용하고 탄화수소 공급 스트림(102)을 직접 처리하여 하나 이상의 시스템 생성물 스트림들(110)을 생산한다.

[0027]

도 2를 참조하면, 탄화수소 공급 스트림(102)은 탄화수소 공급 스트림(102)의 함량들을 더 큰 비등점 분획물 스트림(106) 및 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)으로 분리하는 공급 분리기(104)에 도입된다. 하나 이상의 실시예들에서, 공급 분리기(104)는 플래쉬 드럼(때때로 브레이크포트(breakpot), 녹아웃(knock-out) 드럼, 녹아웃 포트, 압축기 흡입 드럼, 또는 압축기 유입 (inlet) 드럼으로서 지칭됨)과 같은 증기-액체 분리기일 수 있다. 증기-액체 분리기를 공급 분리기(104)로서 이용하는 실시예에서, 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)은 증기로

서 공급 분리기(104)에서 나갈 수 있고 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)은 액체로서 공급 분리기(104)에서 나갈 수 있다. 증기-액체 분리기(102)는 탄화수소 공급 스트림(102)을 더 큰 비등점 분획물 스트림(106) 및 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)으로 분리하기에 적합한 온도에서 동작될 수 있다. 증기-액체 분리기(102)의 온도는 180 섭씨온도(°C) 내지 400°C일 수 있다. 예를 들어, 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)의 함량들은 적어도 180°C 및 400°C 이하, 350°C 이하, 300°C 이하, 250°C 이하, 또는 200°C 이하의 비등점을 가질 수 있다. 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)의 함량들은 400°C 이하 및 적어도 180°C, 적어도 200°C, 적어도 250°C, 적어도 300°C, 또는 적어도 350°C의 비등점을 가질 수 있다. 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)은 또한 3 wt.% 이상의 마이크로 카본 잔류물(micro carbon residue; MCR)을 가질 수 있다. 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)은 0.88 이상의 비중을 가질 수 있다.

[0028] 하나 이상의 실시예들에서, 공급 분리기(104)는 탄화수소 공급 스트림(102)을 더 큰 비등점 분획물 스트림(106) 및 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)으로 분리할 수 있는 플래싱 컬럼(flash column)일 수 있다. 플래싱 컬럼은 1 wt.% 미만의 콘라드슨 탄소 및 1 ppm 미만의 총 금속들을 갖는 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)을 초래하는 플래싱 온도(flash temperature)에서 동작될 수 있다. 플래싱 컬럼은 180°C 내지 400°C의 온도에서 동작될 수 있다. 대안적으로, 다른 실시예들에서, 공급 분리기(104)는 증류 디바이스 또는 사이클론 증기 액체 분리 디바이스 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0029] 하나 이상의 보충 공급 스트림들(미도시)은 탄화수소 공급 스트림(102)을 공급 분리기(104)에 도입하기 전에 탄화수소 공급 스트림(102)에 첨가될 수 있다. 이전에 설명된 바와 같이, 하나 이상의 실시예들에서, 탄화수소 공급 스트림(102)은 원유일 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 탄화수소 공급 스트림(102)은 원유일 수 있고, 감압잔사유, 타르 샌드들, 역청, 상압잔사유, 진공 가스 오일들, 탈금속 오일들, 나프타 스트림들, 다른 탄화수소 스트림들, 또는 이들 물질들의 조합들 중 하나 이상을 포함하는 하나 이상의 보충 공급 스트림들은 공급 분리기(104)의 상류에서 원유에 첨가될 수 있다.

[0030] 본 개시는 원유인 탄화수소 공급 스트림(102)을 전환하는 것에 초점을 맞추고 있지만, 탄화수소 공급 스트림(102)은 대안적으로 하나 이상의 원유 정제 작업들로부터 출력되는 복수의 정제 탄화수소 스트림들을 포함할 수 있다. 복수의 정제 탄화수소 스트림들은 예를 들어, 감압잔사유, 상압잔사유, 또는 진공 가스 오일을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 복수의 정제 탄화수소 스트림들은 탄화수소 공급 스트림(102)으로 결합될 수 있다. 이들 실시예들에서, 탄화수소 공급 스트림(102)은 공급 분리기(104)로 도입되고 더 큰 비등점 분획물 스트림(106) 및 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)으로 분리될 수 있다. 대안적으로, 일부 실시예들에서, 복수의 정제 탄화수소 스트림들은 제1 FCC 유닛(120) 및 제2 FCC 유닛(140)에 직접 도입될 수 있다. 예를 들어, 감압잔사유들, 상압잔사유들, 또는 진공 가스 오일들과 같은 하나 이상의 중질(heavy) 정제 탄화수소 스트림들은 예를 들어, 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)으로서 제1 FCC 유닛(120)에 직접 도입될 수 있고, 예를 들어 나프타 스트림과 같은 다른 경질 정제 탄화수소 스트림들은 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)으로서 제2 FCC 유닛(140)에 직접 도입될 수 있다.

[0031] 도 2를 참조하면, 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)은 제1 분해 반응 구역(122)을 포함하는 제1 FCC 유닛(120)으로 이동된다. 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)은 제1 촉매(124)와 결합하거나 혼합되고 제1 폐촉매(125) 및 제1 분해 반응 생성물 스트림(126)의 혼합물을 생성하기 위해 분해된다. 스팀(127)은 제1 분해 반응 구역(122)의 온도를 더 증가시키기 위해 제1 분해 반응 구역(122)에 추가될 수 있다. 제1 폐촉매(125)는 제1 분해 반응 생성물(126)로부터 분리되고 재생기(160)의 제1 재생 구역(162)으로 이동되며, 여기서 제1 폐촉매(125)는 제1 재생 촉매(123)를 생성하기 위해 재생된다. 그 다음, 제1 재생 촉매(123)는 제1 촉매(124)로서 제1 분해 반응 구역(122)으로 다시 이동된다.

[0032] 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)은 제2 분해 반응 구역(142)을 포함하는 제2 FCC 유닛(140)으로 이동된다. 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)은 제2 촉매(144)와 혼합되고 제2 폐촉매(145) 및 제2 분해 반응 생성물(146)을 생성하기 위해 분해된다. 스팀(127)은 또한 제2 분해 반응 구역(142)의 온도를 증가시키기 위해 제2 분해 반응 구역(142)에 첨가될 수 있다. 제2 폐촉매(145)는 제2 분해 반응 생성물(146)로부터 분리되고 재생기(160)의 제2 재생 구역(164)으로 이동되며, 여기서 제2 폐촉매(145)는 제2 재생 촉매(143)를 생성하기 위해 재생된다. 제2 재생 구역(164)의 제2 폐촉매(145)는 제1 재생 구역(162)과 제2 재생 구역(164) 사이에 배치되는 다공성 분리 구역(178)에 의해 제1 재생 구역(162)의 제1 폐촉매(125)로부터 분리되어 유지될 수 있다. 그 다음, 제2 재생 촉매(143)는 제2 촉매(144)로서 제2 분해 반응 구역(142)으로 다시 이동된다. 제1 분해 반응 구역(122) 및 제2 분해 반응 구역(142)은 동시에 동작된다.

- [0033] 제1 분해 반응 생성물 스트림(126) 및 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)은 각각 분해된 탄화수소 물질들의 혼합물을 포함하며, 이는 하나 이상의 석유화학 생성물들로 더 분리되고 하나 이상의 시스템 생성물 스트림들(110)에서 시스템으로부터 회수될 수 있다. 예를 들어, 제1 분해 반응 생성물 스트림(126) 및 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)은 분해된 가스 오일, 분해된 가솔린, 분해된 나프타, 혼합된 부텐, 부타디엔, 프로펜, 에틸렌, 메탄, 다른 석유화학 생성물들, 또는 이들 조합들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 탄화수소 공급 전환 시스템(100)은 생성물 스트림 분리기(112)를 포함할 수 있다. 제1 분해 반응 생성물 스트림(126), 제2 분해 반응 생성물 스트림(146), 또는 제1 및 제2 분해 반응 생성물 스트림들(126, 146) 둘 다는 이들 스트림들을 복수의 시스템 생성물 스트림들(110), 재순환 스트림들(111), 또는 시스템 생성물 스트림들(110) 및 재순환 스트림들(111) 둘 다로 분리하기 위해 생성물 스트림 분리기(112)에 도입될 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 분해 반응 생성물 스트림(126) 및 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)은 결합된 반응 생성물 스트림(114)으로 결합될 수 있다. 결합된 반응 생성물 스트림(114)은 생성물 분리기(112)에 도입될 수 있다. 생성물 분리기(112)는 제1 분리 구역(130), 제2 분리 구역(150), 또는 제1 분리 구역(130) 및 제2 분리 구역(150) 둘 다에 유체적으로 연결될 수 있다.
- [0034] 이제 도 3을 참조하면, 제1 FCC 유닛(120)은 제1 촉매/공급 혼합 구역(128), 제1 분해 반응 구역(122), 제1 촉매 분리 구역(130), 및 제1 박리 구역(132)을 포함할 수 있다. 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)은 제1 촉매/공급 혼합 구역(128)에 도입될 수 있으며, 여기서 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)은 제1 촉매(124)와 혼합될 수 있다. 탄화수소 공급 전환 시스템(100)의 정상 상태 동작 동안, 제1 촉매(124)는 하나 이상의 제1 촉매 호퍼들(174)로부터 제1 촉매/공급 혼합 구역(128)으로 이동되는 제1 재생 촉매(123)이다. 제1 촉매 호퍼들(174)은 제1 폐촉매(125)의 재생 다음에 재생기(160)로부터 제1 재생 촉매(123)를 수용한다. 탄화수소 공급 전환 시스템(100)의 초기 시동에서, 제1 촉매(124)는 새로운 제1 촉매(미도시)를 포함할 수 있으며, 이는 제1 FCC 유닛(120) 및 재생기(160)를 통해 순환되지 않은 제1 촉매(124)이다. 실시예들에서, 새로운 제1 촉매는 또한 제1 촉매/공급 혼합 구역(128)에 도입되는 제1 촉매(124)가 새로운 제1 촉매 및 제1 재생 촉매(123)의 혼합물을 포함하도록 탄화수소 공급 전환 시스템(100)의 동작 동안 제1 촉매 호퍼(174)에 도입될 수 있다. 새로운 제1 촉매는 손실된 제1 촉매(124)를 보충하거나 예컨대 촉매에서 중금속 축적을 통해, 영구적으로 비활성화된 제1 폐촉매(125)를 보상하기 위해 동작 동안 주기적으로 제1 촉매 호퍼(174)에 도입될 수 있다.
- [0035] 하나 이상의 실시예들에서, 하나 이상의 보충 공급 스트림들(미도시)은 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)을 제1 촉매/공급 혼합 구역(128)에 도입하기 전에 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)과 결합될 수 있다. 다른 실시예들에서, 하나 이상의 보충 공급 스트림들은 제1 촉매/공급 혼합 구역(128)에 직접 첨가될 수 있으며, 여기서 보충 공급 스트림은 제1 분해 반응 구역(122)으로의 도입 전에 더 큰 비등점 분획물 스트림(106) 및 제1 촉매(124)와 혼합될 수 있다. 이전에 설명된 바와 같이, 보충 공급 스트림은 감압잔사유들, 타르 샌드들, 역청, 상압잔사유들, 진공 가스 오일들, 탈금속 오일들, 나프타 스트림들, 다른 탄화수소 스트림들, 또는 이들 물질들의 조합들 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0036] 더 큰 비등점 분획물 스트림(106) 및 제1 촉매(124)를 포함하는 혼합물이 제1 분해 반응 구역(122)에 도입된다. 더 큰 비등점 분획물 스트림(106) 및 제1 촉매(124)의 혼합물은 제1 분해 반응 구역(122)의 상부에 도입될 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 분해 반응 구역(122)은 하향류 반응기 또는 "다우너(downer)" 반응기일 수 있으며 여기서 반응물들은 제1 촉매/공급 혼합 구역(128)으로부터 하향으로 제1 분해 반응 구역(122)을 통해 제1 분리 구역(130)으로 흐른다. 스팀(127)은 추가적인 가열을 더 큰 비등점 분획물 스트림(106) 및 제1 촉매(124)의 혼합물에 제공하기 위해 제1 분해 반응 구역(122)의 상부에 도입될 수 있다. 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)은 제1 분해 반응 구역(122)에서 제1 촉매(124)와의 접촉에 의해 반응되며, 이는 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)의 적어도 일부가 하나 이상의 분해 반응 생성물들을 형성하기 위해 하나 이상의 분해 반응들을 받게하며, 이는 이전에 설명된 석유화학 생성물들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 제1 분해 반응 구역(122)의 반응 온도 이상인 온도를 갖는 제1 촉매(124)는 흡열 분해 반응을 촉진시키기 위해 열을 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)으로 전달할 수 있다.
- [0037] 도 3에 도시된 제1 FCC 유닛(120)의 제1 분해 반응 구역(122)은 FCC 유닛의 제1 분해 반응 구역(122)의 하나의 특정 실시예의 단순화된 개략도이고, 제1 분해 반응 구역(122)의 다른 구성들은 탄화수소 공급 전환 시스템(100)으로의 통합에 적합할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 제1 분해 반응 구역(122)은 상향류(up-flow) 분해 반응 구역일 수 있다. 다른 분해 반응 구역 구성들이 고려된다. 제1 FCC 유닛(120)의 제1 분해 반응 구역(122)에서, 유동화된 제1 촉매(124)는 고심도 조건들에서 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)과 접촉한다. 제1 분해 반응 구역(122)의 반응 온도는 500°C 내지 800°C, 500°C 내지 700°C, 500°C 내지

650℃, 500℃ 내지 600℃, 550℃ 내지 800℃, 550℃ 내지 700℃, 550℃ 내지 650℃, 550℃ 내지 600℃, 600℃ 내지 800℃, 600℃ 내지 700℃, 또는 600℃ 내지 650℃일 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 분해 반응 구역(122)의 반응 온도는 500℃ 내지 700℃일 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 분해 반응 구역(122)의 반응 온도는 550℃ 내지 630℃일 수 있다.

[0038] 제1 분해 반응 구역(122)에서 제1 촉매(124) 대 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)의 중량비는 3 : 1 내지 40 : 1, 3 : 1 내지 35 : 1, 3 : 1 내지 30 : 1, 3 : 1 내지 25 : 1, 3 : 1 내지 15 : 1, 3 : 1 내지 10 : 1, 5 : 1 내지 40 : 1, 5 : 1 내지 35 : 1, 5 : 1 내지 30 : 1, 5 : 1 내지 25 : 1, 5 : 1 내지 15 : 1, 5 : 1 내지 10 : 1, 10 : 1 내지 40 : 1, 10 : 1 내지 35 : 1, 10 : 1 내지 30 : 1, 10 : 1 내지 25 : 1, 10 : 1 내지 15 : 1, 15 : 1 내지 40 : 1, 15 : 1 내지 35 : 1, 15 : 1 내지 30 : 1, 15 : 1 내지 25 : 1, 25 : 1 내지 40 : 1, 25 : 1 내지 35 : 1, 25 : 1 내지 30 : 1, 또는 30 : 1 내지 40 : 1일 수 있다. 제1 분해 반응 구역(122)에서 제1 촉매(124) 및 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)의 혼합물의 체류 시간(residence time)은 0.2 초(sec) 내지 3 초, 0.2 초 내지 2.5 초, 0.2 초 내지 2 초, 0.2 초 내지 1.5 초, 0.4 초 내지 3 초, 0.4 초 내지 2.5 초, 또는 0.4 초 내지 2 초, 0.4 초 내지 1.5 초, 1.5 초 내지 3 초, 1.5 초 내지 2.5 초, 1.5 초 내지 2 초, 또는 2 초 내지 3 초일 수 있다.

[0039] 제1 촉매(124)는 다양한 유동 촉매적 분해 촉매들 중 하나 이상을 포함할 수 있으며, 이는 고심도 조건들에서 동작되는 제1 분해 반응 구역(122)에서의 사용에 적합할 수 있다. 제1 FCC 유닛(120)의 제1 분해 반응 구역(122)에서, 제1 촉매(124)는 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)의 온도를 제1 분해 반응 구역(122)의 반응 온도로 상승시키기 위해 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)에 열을 제공하도록 열 캐리어(carrier)로서 주로 사용될 수 있다. 적합한 열 캐리어 물질들은 예를 들어 모래와 같은 하나 이상의 고체 물질들, 하나 이상의 저활성 FCC 촉매들, 하나 이상의 비활성 FCC 촉매들, 또는 이들 조합들을 포함할 수 있다. 본 개시에 사용되는 바와 같이, 저활성 FCC 촉매는 고효성 FCC 촉매와 비교하여 단위 중량 당 더 작은 표면적을 갖는 촉매를 지칭한다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 촉매(124)는 모래를 포함할 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 촉매(124)는 비활성 FCC 촉매를 포함할 수 있다.

[0040] 하나 이상의 실시예들에서, 제1 촉매(124)는 제한 없이, 제올라이트들, 실리카-알루미늄 촉매들, 일산화탄소 연소 프로모터(promoter) 첨가제들, 바텀(bottoms) 분해 첨가제들, 경질 올레핀-생성 첨가제들, 다른 촉매 첨가제들, 또는 이들 성분들의 조합들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 제1 촉매(124)의 적어도 일부에 사용될 수 있는 제올라이트들은 Y, REY, USY, RE-USY 제올라이트들, 또는 이들의 조합들을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 제1 촉매(124)는 또한 ZSM-5 제올라이트 결정 또는 다른 펜타실형(pentasil-type) 촉매 구조들과 같은, 형상 선택 촉매 첨가제를 포함할 수 있으며, 이는 종종 경질 올레핀들을 생산하고/하거나 FCC 가솔린 옥탄을 증가시키기 위해 다른 FCC 공정들에서 사용된다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 촉매(124)는 ZSM-5 제올라이트 결정 및 분해 촉매 제올라이트의 혼합물 및 종래의 FCC 분해 촉매의 매트릭스 구조를 포함할 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 촉매(124)는 점토, 알루미늄, 및 바인더가 내장되는 Y 및 ZSM-5 제올라이트 촉매들의 혼합물일 수 있다.

[0041] 제1 분해 반응 구역(122)에서 분해 반응 다음에, 제1 분해 반응 구역(122)의 함량들은 제1 폐촉매(125) 및 제1 분해 반응 생성물 스트림(126)을 포함하며, 그 다음, 이는 제1 분리 구역(130)으로 이동될 수 있다. 제1 분리 구역(130)에서, 제1 폐촉매(125)는 제1 분해 반응 생성물 스트림(126)의 적어도 일부로부터 분리된다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 분리 구역(130)은 하나 이상의 사이클론들과 같은, 하나 이상의 가스 고체 분리기들을 포함할 수 있다. 제1 분리 구역(130)으로부터 나오는 제1 폐촉매(125)는 제1 분해 반응 생성물 스트림(126)의 적어도 일부를 보유할 수 있다.

[0042] 제1 분리 구역(130)에서 제1 분해 반응 생성물 스트림(126)으로부터의 분리 다음에, 제1 폐촉매(125)에 보유되는 제1 분해 반응 생성물(126)의 적어도 일부를 포함할 수 있는 제1 폐촉매(125)는 제1 스트리핑 구역(132)으로 이동될 수 있으며, 여기서 제1 분해 반응 생성물 스트림(126)의 추가 부분들은 제1 폐촉매(125)로부터 스트리핑되고 제1 스트리핑된 생성물 스트림(134)으로서 회수된다. 제1 스트리핑된 생성물 스트림(134)은 하나 이상의 다운 스트림 유닛 동작들로 이동되거나 추가 처리를 위해 하나 이상의 다른 스트림들과 결합될 수 있다. 스팀(133)은 제1 폐촉매(125)로부터 제1 분해 반응 생성물(126)을 스트리핑하는 것을 용이하게 하기 위해 스트리핑 구역(132)으로 도입될 수 있다. 제1 스트리핑 구역(132)으로 도입되는 스팀(133)의 적어도 일부를 포함할 수 있는 제1 스트리핑된 생성물 스트림(134)은 제1 스트리핑 구역(132)으로부터 배출될 수 있으며, 이 포인트에서 제1 스트리핑된 생성물 스트림(134)은 사이클론 분리기(미도시)를 통과하여 스트리퍼 용기(미도시) 밖으로 이동할 수 있다. 제1 스트리핑된 생성물 스트림(134)은 기술 분야에 공지된 방법에 따라 하나 이상의 생성물 회수 시스템들로

지향될 수 있다. 제1 스트립된 생성물 스트림(134)은 또한 예를 들어, 제1 분해 반응 생성물 스트림(126)과 같은, 하나 이상의 다른 스트림들과 결합될 수 있다. 다른 스트림들과의 결합이 고려된다. 제1 폐촉매(125)는, 제1 폐촉매(125)에 남아 있는 제1 분해 반응 생성물 스트림(126)의 적어도 일부를 스트리핑한 후에, 그 다음, 재생기(160)의 제1 재생 구역(162)으로 전달된다. 재생기(160)의 동작은 본 개시에서 보다 상세히 이어서 설명될 것이다.

[0043] 도 3을 참조하면, 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)은 공급 분리기(104)(도 2)로부터 제2 FCC 유닛(140)으로 이동된다. 제2 FCC 유닛(140)은 제2 촉매/공급 혼합 구역(148), 제2 분해 반응 구역(142), 제2 분리 구역(150), 및 제2 스트리핑 구역(152)을 포함할 수 있다. 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)은 제2 촉매/공급 혼합 구역(148)으로 도입될 수 있으며, 여기서 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)은 제2 촉매(144)와 혼합될 수 있다. 탄화수소 공급 전환 시스템(100)의 정상 상태 동작 동안, 제2 촉매(144)는 하나 이상의 제2 촉매 호퍼들(176)로부터 제2 촉매/공급 혼합 구역(148)으로 이동되는 제2 재생 촉매(143)를 포함한다. 제2 촉매 호퍼들(176)은 제2 폐촉매(145)의 재생 다음에 재생기(160)로부터 제2 재생 촉매(143)를 수용한다. 탄화수소 공급 전환 시스템(100)의 초기 시동에서, 제2 촉매(144)는 새로운 제2 촉매(미도시)를 포함할 수 있으며, 이는 제2 FCC 유닛(140) 및 재생기(160)를 통해 순환되지 않은 제2 촉매이다. 실시예들에서, 새로운 제2 촉매는 또한 제2 촉매/공급 혼합 구역(148)에 도입되는 제2 촉매(144)가 새로운 제2 촉매 및 제2 재생 촉매(143)의 혼합물을 포함하도록 탄화수소 공급 전환 시스템(100)의 동작 동안 제2 촉매 호퍼(176)에 도입될 수 있다. 새로운 제2 촉매는 손실된 제2 촉매(144)를 보충하거나 예컨대 촉매에서의 중금속 축적을 통해, 영구적으로 비활성화된 제2 폐촉매(145)를 보상하기 위해 동작 동안 주기적으로 제2 촉매 호퍼(176)에 도입될 수 있다.

[0044] 하나 이상의 실시예들에서, 하나 이상의 보충 공급 스트림들(미도시)은 제2 촉매/공급 혼합 구역(148)에 대한 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)의 도입 전에 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)과 결합될 수 있다. 다른 실시예들에서, 하나 이상의 보충 공급 스트림들은 제2 촉매/공급 혼합 구역(148)에 직접 첨가될 수 있으며, 여기서 보충 공급 스트림은 제2 분해 반응 구역(142)으로 도입 전에 더 작은 비등점 분획물 스트림(108) 및 제2 촉매(144)와 혼합될 수 있다. 보충 공급 스트림은 하나 이상의 나프타 스트림들 또는 다른 더 작은 비등(boiling) 탄화수소 스트림들을 포함할 수 있다.

[0045] 더 작은 비등점 분획물 스트림(108) 및 제2 촉매(144)를 포함하는 혼합물은 제2 분해 반응 구역(142)에 도입된다. 더 작은 비등점 분획물 스트림(108) 및 제2 촉매(144)의 혼합물은 제2 분해 반응 구역(142)의 상부에 도입될 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제2 분해 반응 구역(142)은 하향류 반응기 또는 "다우너(downer)" 반응기일 수 있으며 여기서 반응물들은 제2 촉매/공급 혼합 구역(148)으로부터 하향으로 제2 분해 반응 구역(142)을 통해 제2 분리 구역(150)으로 흐른다. 스팀(127)은 더 작은 비등점 분획물 스트림(108) 및 제2 촉매(144)의 혼합물에 추가적인 가열을 제공하기 위해 제2 분해 반응 구역(142)의 상부에 도입될 수 있다. 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)은 제2 분해 반응 구역(142)에서 제2 촉매(144)와의 접촉에 의해 반응되며, 이는 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)의 적어도 일부가 하나 이상의 분해 반응 생성물들을 형성하기 위해 하나 이상의 분해 반응들을 받게하며, 이는 이전에 설명된 석유화학 생성물들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 제2 분해 반응 구역(142)의 반응 온도 이상인 온도를 갖는 제2 촉매(144)는 흡열 분해 반응을 촉진하기 위해 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)으로 열을 전달할 수 있다.

[0046] 도 3에 도시된 제2 FCC 유닛(140)의 제2 분해 반응 구역(142)은 제2 분해 반응 구역(142)의 하나의 특정 실시예의 단순화된 개략도이고, 제2 분해 반응 구역(142)의 다른 구성들이 탄화수소 공급 전환 시스템(100)으로의 통합에 대해 적합할 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 제2 분해 반응 구역(142)은 상향류(up-flow) 분해 반응 구역일 수 있다. 다른 분해 반응 구역 구성들이 고려된다. 제2 FCC 유닛(140)의 제2 분해 반응 구역(142)에서, 유동화된 제2 촉매(144)는 고심도 조건들에서 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)과 접촉한다. 제2 분해 반응 구역(142)의 반응 온도는 500°C 내지 800°C, 500°C 내지 700°C, 500°C 내지 650°C, 500°C 내지 600°C, 550°C 내지 800°C, 550°C 내지 700°C, 550°C 내지 650°C, 550°C 내지 600°C, 600°C 내지 800°C, 600°C 내지 700°C, 또는 600°C 내지 650°C일 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 분해 반응 구역(142)의 반응 온도는 500°C 내지 700°C일 수 있다. 다른 실시예들에서, 제2 분해 반응 구역(142)의 반응 온도는 550°C 내지 630°C일 수 있다.

[0047] 제2 분해 반응 구역(142)에서 제2 촉매(144) 대 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)의 중량비는 3 : 1 내지 40 : 1, 3 : 1 내지 35 : 1, 3 : 1 내지 30 : 1, 3 : 1 내지 25 : 1, 3 : 1 내지 15 : 1, 3 : 1 내지 10 : 1, 5 : 1 내지 40 : 1, 5 : 1 내지 35 : 1, 5 : 1 내지 30 : 1, 5 : 1 내지 25 : 1, 5 : 1 내지 15 : 1, 5 : 1 내지 10 : 1, 10 : 1 내지 40 : 1, 10 : 1 내지 35 : 1, 10 : 1 내지 30 : 1, 10 : 1 내지 25 : 1, 10 : 1 내지 15 : 1,

15 : 1 내지 40 : 1, 15 : 1 내지 35 : 1, 15 : 1 내지 30 : 1, 15 : 1 내지 25 : 1, 25 : 1 내지 40 : 1, 25 : 1 내지 35 : 1, 25 : 1 내지 30 : 1, 또는 30 : 1 내지 40 : 1일 수 있다. 제2 분해 반응 구역(142)에서 제2 촉매(144) 및 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)의 혼합물의 체류 시간은 0.2 초(sec) 내지 3 초, 0.2 초 내지 2.5 초, 0.2 초 내지 2 초, 0.2 초 내지 1.5 초, 0.4 초 내지 3 초, 0.4 초 내지 2.5 초, 또는 0.4 초 내지 2 초, 0.4 초 내지 1.5 초, 1.5 초 내지 3 초, 1.5 초 내지 2.5 초, 1.5 초 내지 2 초, 또는 2 초 내지 3 초일 수 있다.

[0048] 제2 촉매(144)는 고심도 조건들에서 동작되는 제2 분해 반응 구역(142)에서의 사용에 적합한 하나 이상의 유체 촉매적 분해 촉매들을 포함할 수 있다. 제2 FCC 유닛(140)의 제2 분해 반응 구역(142)의 제2 촉매(144)에서의 사용에 적합한 유체 촉매적 분해 촉매들의 예들은 제한 없이, 제올라이트들, 실리카-알루미늄 촉매들, 일산화탄소 연소 프로모터(promoter) 첨가제들, 바텀(bottoms) 분해 첨가제들, 경질(light) 올레핀-생성 첨가제들, 다른 촉매 첨가제들, 또는 이들 성분들의 조합들을 포함할 수 있다. 분해를 위한 제2 촉매(144)의 적어도 일부로서 사용될 수 있는 제올라이트들은 Y, REY, USY, RE-USY 제올라이트들, 또는 이들의 조합들을 포함할 수 있지만, 이에 제한되지 않는다. 제2 촉매(144)는 또한 ZSM-5 제올라이트 결정 또는 다른 펜타실링 촉매 구조들과 같은, 형상 선택 촉매 첨가제를 포함할 수 있으며, 이는 종종 경질 올레핀들을 생성하고/하거나 FCC 가솔린 옥탄을 증가시키기 위해 다른 FCC 공정들에서 사용된다. 하나 이상의 실시예들에서, 제2 촉매(144)는 ZSM-5 제올라이트 결정 및 분해 촉매 제올라이트의 혼합물 그리고 종래의 FCC 분해 촉매의 매트릭스 구조를 포함할 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제2 촉매(144)는 제1 촉매(124)에서 ZSM-5 제올라이트 결정의 중량 분획물보다 더 큰 ZSM-5 제올라이트 결정의 중량 분획물을 가질 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제2 촉매(144)는 점토, 알루미늄, 및 바인더가 내장되는 Y 및 ZSM-5 제올라이트 촉매들의 혼합물일 수 있다.

[0049] 하나 이상의 실시예들에서, 제2 촉매(144)의 적어도 일부는 하나 이상의 희토류 원소들(IUPAC 주기율표의 란타넘 계열 플러스 스칸듐 및 이트륨의 15 개의 원소), 알칼리 토금속들(IUPAC 주기율표의 그룹 2), 전이 금속들, 인, 불소, 또는 이들의 임의의 조합을 포함하도록 수정될 수 있으며, 이는 제2 분해 반응 구역(142)에서 올레핀 수율을 증대시킬 수 있다. 전이 금속들은 "원자가 부분 충전된 d 서브-셸을 갖거나, 불완전한 서브-셸을 갖는 양이온들을 발생시킬 수 있는 원소"를 포함할 수 있다(문헌[IUPAC, Compendium of Chemical Terminology, 2nd ed. (the "Gold Book")(1997). Online corrected version: (2006)-"transition element"]). 하나 이상의 전이 금속들 또는 금속 산화물들은 또한 촉매 상으로 함침될 수 있다. 금속들 또는 금속 산화물들은 IUPAC 주기율표의 그룹 6~10으로부터의 하나 이상의 금속들을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 금속들 또는 금속 산화물들은 몰리브덴, 레늄, 텅스텐, 또는 이들의 임의의 조합을 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제2 촉매(144)의 일부는 텅스텐 산화물로 함침될 수 있다.

[0050] 제2 분해 반응 구역(142)에서 분해 반응 다음에, 제2 분해 반응 구역(142)의 함량들은 제2 폐촉매(145) 및 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)을 포함하며, 이는 제2 분리 구역(150)으로 이동된다. 제2 분리 구역(150)에서, 제2 폐촉매(145)는 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)의 적어도 일부로부터 분리된다. 하나 이상의 실시예들에서, 제2 분리 구역(150)은 하나 이상의 사이클론들과 같은, 하나 이상의 가스 고체 분리기들을 포함할 수 있다. 제2 분리 구역(150)에서 나가는 제2 폐촉매(145)는 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)의 적어도 일부를 보유할 수 있다.

[0051] 제2 분리 구역(150)에서 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)으로부터의 분리 다음에, 제2 폐촉매(145)에 보유되는 제2 분해 반응 생성물(146)의 적어도 일부를 포함할 수 있는 제2 폐촉매(145)는 제2 스트리핑 구역(152)으로 이동될 수 있으며, 여기서 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)의 추가 부분들은 제2 폐촉매(145)로부터 스트리핑되고 제2 스트리핑된 생성물 스트림(154)으로서 회수된다. 제2 스트리핑된 생성물 스트림(154)은 하나 이상의 다운 스트림 유닛 동작들로 이동되거나 추가 처리를 위해 하나 이상의 다른 스트림과 결합될 수 있다. 스팀(133)은 제2 폐촉매(145)로부터 제2 분해 반응 생성물(146)을 스트리핑하는 것을 용이하게 하기 위해 제2 스트리핑 구역(152)으로 도입될 수 있다. 제2 스트리핑 구역(152)으로 도입되는 스팀(133)의 적어도 일부를 포함할 수 있는 제2 스트리핑된 생성물 스트림(154)은 제2 스트리핑 구역(152)으로부터 이동될 수 있으며, 이 포인트에서 제2 스트리핑된 생성물 스트림(154)은 사이클론 분리기(미도시)를 통과하여 스트리퍼 용기(미도시) 밖으로 이동할 수 있다. 제2 스트리핑된 생성물 스트림(154)은 기술 분야에 공지된 방법에 따라 하나 이상의 생성물 회수 시스템들로 지향될 수 있다. 제2 스트리핑된 생성물 스트림(154)은 또한 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)과 같은, 하나 이상의 다른 스트림들과 결합될 수 있다. 다른 스트림들과의 결합이 고려된다. 제2 폐촉매(145)는, 제2 폐촉매(145)에 남아 있는 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)의 적어도 추가 부분을 스트리핑한 후에, 그 다음 재생기(160)의 제2 재생 구역(164)으로 이동된다. 재생기(160)의 동작은 본 개시에서 보다 상세히 이어서 설명될 것이

다.

- [0052] 일부 실시예들에서, 제1 FCC 유닛(120) 및 제2 FCC 유닛(140)은 재생기(160)를 공유한다. 재생기(160)는 제1 재생 구역(162) 및 제2 재생 구역(164)을 포함하는 2-구역 재생기이다. 제1 폐촉매(125)는 제1 재생 촉매(124)를 생성하기 위해 제1 재생 구역(162)에서 재생되고, 제2 폐촉매(145)는 제2 재생 촉매(144)를 생성하기 위해 제2 재생 구역(162)에서 재생된다. 일부 실시예들에서, 제1 재생 구역(162)은 재생기(160)의 하부 부분에 배치될 수 있고 제2 재생 구역(164)은 재생기(160)의 상부 부분에 배치될 수 있다. 대안적으로, 다른 실시예들에서, 재생기(160)는 제1 재생 구역(162)을 갖는 제1 재생기 및 제1 재생기로부터 분리되고 제2 재생 구역(164)을 갖는 제2 재생기를 포함할 수 있다.
- [0053] 재생기(160)는 제1 라이저(riser)(166) 및 제2 라이저(168)를 포함할 수 있다. 제1 라이저(166)는 제1 스트리핑 구역(132)과 제1 재생 구역(162) 사이에 위치될 수 있다. 제1 폐촉매(125) 및 연소 가스(170)는 제1 라이저(166)의 하단 단부에 도입될 수 있다. 연소 가스들(170)은 연소 공기, 산소, 연료 가스, 연료 오일, 다른 성분, 또는 이들의 임의의 조합들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 연소 가스들(170)은 제1 폐촉매(125)를 상향으로 제1 라이저(166)를 통해 제1 재생 구역(162)으로 이송할 수 있다. 제1 분해 반응 구역(122)에서 제1 폐촉매(125) 상에 증착되는 코크스는 제1 재생 구역(162)으로 상승하는 도중에 제1 라이저(166)에서 연소 가스들(170)의 존재 하에서 산화하기 시작할 수 있다. 제2 라이저(168)는 제2 스트리핑 구역(152)과 제2 재생 구역(164) 사이에 위치될 수 있다. 제2 폐촉매(145) 및 연소 가스(170)는 제2 라이저(168)의 하단 단부에 도입될 수 있다. 연소 가스들(170)은 제2 폐촉매(145)를 상향으로 제2 라이저(168)를 통해 제2 재생 구역(164)으로 이송할 수 있다. 제2 분해 반응 구역(142)에서 제2 폐촉매(145) 상에 증착되는 코크스는 제2 재생 구역(164)으로 상승하는 도중에 제2 라이저(168)에서 연소 가스들(170)의 존재 하에서 산화하기 시작할 수 있다.
- [0054] 제1 재생 구역(162)은 제2 재생 구역(164)으로부터 분리됨으로써 제1 폐촉매(125) 및 제2 폐촉매(145)는 재생 공정 동안 혼합되는 것으로부터 방지된다. 제1 폐촉매(125)는 제1 재생 구역(162)으로부터 제2 재생 구역(164)으로 이동하는 것이 방지되고, 제2 폐촉매(145)는 제2 재생 구역(164)으로부터 제1 재생 구역(162)으로 이동하는 것이 방지된다. 하나 이상의 실시예들에서, 재생기(160)는 제1 재생 구역(162)과 제2 재생 구역(164) 사이에 배치되는 다공성 분리 구역(178)(도 2)을 포함할 수 있다. 다공성 분리 구역(178)은 제1 재생 구역(162)으로부터 제2 재생 구역(164)으로 제1 폐촉매(125)의 이동(passage)을 방지하고 제2 재생 구역(164)으로부터 제1 재생 구역(162)으로 제2 폐촉매(145)의 이동을 방지할 수 있다. 다공성 분리 구역(178)은 제1 폐촉매(125)를 제1 재생 구역(162)에 그리고 제2 폐촉매(145)를 제2 재생 구역(164)에 유지하면서, 연도 가스 및 다른 가스들이 제1 재생 구역(162)으로부터 제2 재생 구역(164)으로, 및 그 반대로 이동하는 것을 허용할 수 있다. 일부 실시예들에서, 다공성 분리 구역(178)은 고체 촉매 입자들이 제1 재생 구역(162)과 제2 재생 구역(164) 사이를 이동하는 것을 방지하는 반면 가스 화합물이 흐르는 것을 허용하는 입자 배리어를 포함한다. 일부 실시예들에서, 다공성 분리 구역(178)은 제1 재생 구역(162)과 제2 재생 구역(164) 사이에 배치되는 다공성 메쉬(미도시)를 포함한다. 다공성 분리 구역(178)의 다공성 메쉬는 가스 화합물들이 다공성 메쉬를 통해 흐르는 것을 허용하지만 제1 폐촉매(125) 및 제2 폐촉매(145)의 고체 촉매 입자들이 다공성 메쉬를 통해 이동하는 것을 방지한다.
- [0055] 제1 재생 구역(162)은, 다공성 분리 구역(178)을 통해 또는 다른 연도 가스 도관을 통해, 제2 재생 구역(164)과 유체 연통할 수 있음으로써, 제1 재생 구역(162)으로부터의 연도 가스는 제2 재생 구역(164)으로 흐를 수 있다. 하나 이상의 연소 생성물들 및 비소비된 연소 가스들(170)의 혼합물을 포함할 수 있는 연도 가스는 제1 재생 구역(162)으로부터, 제2 재생 구역(164)으로, 제2 재생 구역(164) 밖으로, 및 재생기(160) 밖으로 연도 가스 스트림(172)으로서 흐를 수 있다.
- [0056] 탄화수소 공급 전환 시스템(100)은 재생기(160)의 제1 재생 구역(162)과 제1 FCC 유닛(120) 사이에 배치되는 제1 촉매 호퍼(174) 및 재생기(160)의 제2 재생 구역(164)과 제2 FCC 유닛(140) 사이에 배치되는 제2 촉매 호퍼(176)를 포함할 수 있다. 제1 재생 촉매(123)는 제1 재생 구역(162)으로부터 제1 촉매 호퍼(174)로 이동하며, 여기서 제1 재생 촉매(123)는 제1 촉매 호퍼(174)로부터 제1 FCC 유닛(120)으로 이동하기 전에 축적된다. 제2 재생 촉매(144)는 제2 재생 구역(164)으로부터 제2 촉매 호퍼(176)로 이동하며, 여기서 제2 재생 촉매(144)는 제2 촉매 호퍼(176)로부터 제2 FCC 유닛(140)으로 이동하기 전에 축적된다.
- [0057] 제1 촉매(124)는 제1 FCC 유닛(120), 재생기(160)의 제1 재생 구역(162), 및 제1 촉매 호퍼(174)를 통해 연속적으로 순환된다. 코크스 침전물들은 제1 분해 반응 구역(122)에서 제1 촉매(124) 상에 형성되어 제1 폐촉매(125)를 야기한다. 추가적으로, 제1 폐촉매(125)는 더 큰 비등점 분획물 스트림(106), 제1 분해 반응 생성물 스트림(126), 또는 둘 다의 작은 부분들을 흡수하거나 보유할 수 있으며, 이는 제1 폐촉매(125)로부터 완전히 스

트리핑되지 않을 수 있다. 이전에 설명된 바와 같이, 제1 분해 반응 구역(122)에서 나올 시, 제1 폐촉매(125)는 제1 분리 구역(130)에서 제1 분해 반응 생성물 스트림(126)으로부터 분리되고 제1 폐촉매(125)에 남아 있는 제1 분해 반응 생성물 스트림(126) 또는 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)의 일부를 스트리핑한다. 그 다음, 제1 폐촉매(125)는 연소 공기(170)와 혼합되고 제1 재생 구역(162)으로 이동되며, 여기서 코크스 침전물들 및 잔류 반응물들 및 반응 생성물들은 적어도 부분적으로 산화(연소)된다. 제1 폐촉매(125) 상의 코크스는 하기의 화학식 (1)에 따라 제1 재생 구역(162)에서 일산화탄소로 부분적으로 산화될 수 있다:



[0059] 제1 재생 구역(162)에서 코크스 침전물들의 부분 산화는 재생기(160)에 대해 사용되는 구성 물질들의 파괴 온도 (failure temperature) 미만인 제1 재생 구역(162)에서의 연소 온도를 유지하는 것을 도울 수 있다. 제1 폐촉매 (125) 상의 코크스 침전물들의 적어도 일부는 추가적으로 제1 재생 구역(162)에서 일산화탄소로 완전히 산화될 수 있다. 연소 가스(170)의 조성(composition) 및 유동률은 제1 폐촉매(125) 상에서 코크스 침전물들의 완전 산화를 제한하도록 조정될 수 있다.

[0060] 그 다음, 상승된 온도에 있는 제1 재생 촉매(123)는 제1 촉매 호퍼(174)로 이동되고, 그로부터, 제1 촉매(124)로서 제1 촉매/공급 혼합 구역(128)으로 다시 재순환되어 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)과 결합된다. 제1 재생 촉매(123)의 온도는, 제1 재생 구역(162)에서의 재생 후에, 제1 FCC 유닛(120)의 제1 분해 반응 구역(122)에서의 반응 온도 이상일 수 있다. 제1 재생 촉매(123)의 더 높은 온도는 제1 분해 반응 구역(122)에서 흡열 분해 반응을 위한 열을 제공한다. 제1 재생 구역(162)으로부터 이동하는 제1 재생 촉매(123)는 소량의 잔류 코크스 침전물들 및 다른 오염물질들을 함유할 수 있다.

[0061] 제1 재생 구역(162)으로부터 이동하는 제1 재생 촉매(123)는 제1 재생 촉매(123)의 총 중량에 기초하여, 1 wt.% 미만의 코크스 침전물들을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 재생 구역(162)에서 나가는 제1 재생 촉매 (123)는 0.5 wt.% 미만, 0.1 wt.% 미만, 또는 0.05 wt.% 미만의 코크스 침전물들을 가질 수 있다. 일부 실시예 들에서, 제1 재생 구역(162)으로부터 제1 촉매 호퍼(174)로 이동되는 제1 재생 촉매(123)는, 제1 재생 촉매 (123)의 총 중량에 기초하여, 0.001 wt.% 내지 1 wt.%, 0.001 wt.% 내지 0.5 wt.%, 0.001 wt.% 내지 0.1 wt.%, 0.001 wt.% 내지 0.05 wt.%, 0.005 wt.% 내지 1 wt.%, 0.005 wt.% 내지 0.5 wt.%, 0.005 wt.% 내지 0.1 wt.%, 0.005 wt.% 내지 0.05 wt.%, 0.01 wt.% 내지 1 wt.%, 0.01 wt.% 내지 0.5 wt.%, 0.01 wt.% 내지 0.1 wt.%, 0.01 wt.% 내지 0.05 wt.%의 코크스 침전물들을 가질 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 재생 구역(162)을 떠나는 제1 재생 촉매(123)는 실질적으로 코크스 침전물들이 없을 수 있다. 본 개시에 사용되는 바와 같이, 성분이 "실질적으로 없는"이라는 용어는 촉매, 스트림, 또는 반응 구역의 특정 부분에서 1 wt.% 미만의 그러한 성분을 의미한다. 예로서, 실질적으로 코크스 침전물들이 없는 제1 재생 촉매(123)는 1 wt.% 미만의 코크스 침 전물들을 가질 수 있다.

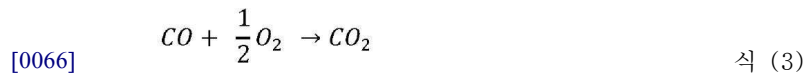
[0062] 제2 촉매(144)는 제2 FCC 유닛(140), 재생기(160)의 제2 재생 구역(164), 및 제2 촉매 호퍼(176)를 통해 연속 적으로 순환된다. 코크스 침전물들은 제2 분해 반응 구역(142)에서 제2 촉매(144) 상에 형성되어 제2 폐촉매 (145)를 야기한다. 추가적으로, 제2 폐촉매(145)는 더 작은 비등점 분획물 스트림(108), 제2 분해 반응 생성물 스트림(146), 또는 둘 다의 작은 부분들을 흡수하거나 보유할 수 있으며, 이는 제2 스트리핑 구역(152)에서 제2 폐촉매(145)로부터 완전히 스트리핑되지 않을 수 있다. 이전에 설명된 바와 같이, 제2 분해 반응 구역(142)에서 나올 시, 제2 폐촉매(145)는 제2 분리 구역(150)에서 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)으로부터 분리되고 제2 폐촉매(145)에 남아 있는 제2 분해 반응 생성물 스트림(146) 또는 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)의 적어도 일부를 스트리핑할 수 있다. 그 다음, 제2 폐촉매(145)는 연소 공기(170)와 혼합되고 제2 재생 구역(164)으로 이동되며, 여기서 코크스 침전물들 및 임의의 잔류 반응물들(더 작은 비등점 분획물 스트림(108)) 및 반응 생성 물들(제2 분해 반응 생성물(146))은 산화된다. 제2 폐촉매(145) 상의 코크스 침전물들의 일부는 하기의 화학식 (2)에 따라 제1 재생 구역(162)에서 일산화탄소로 완전히 산화될 수 있다:



[0064] 제2 폐촉매(145)에서 코크스 침전물들의 적어도 다른 부분은 식 1에 따라 일산화탄소로 부분적으로 산화될 수 있다. 더 작은 비등점 분획물 스트림(108)에서 화합물들을 생성하는 코크스의 더 작은 농도로 인해, 더 작은 코 크스 레벨들이 제1 분해 반응 구역(122)으로부터 배출되는 제1 폐촉매(125) 상의 더 큰 코크스 침전물들과 비교 해서 제2 분해 반응 구역(142)으로부터 배출되는 제2 폐촉매(145) 상에 형성될 수 있다. 제2 분해 반응 구역

(142)의 효율은 제2 폐촉매(145) 상에 증착되는 더 작은 코크스 레벨들에 의해 악영향을 받을 수 있다. 제2 폐촉매(145) 상의 더 작은 코크스 레벨들은 제2 재생 구역(164)에서 재생 공정에 의해 발생하는 더 적은 열을 야기할 수 있으며, 이는 제2 분해 반응 구역(142)의 온도 미만인 제2 재생 구역(164)을 떠나는 제2 재생 촉매(143)의 온도를 야기할 수 있다. 제2 분해 반응 구역(142)으로 이동되는 제2 재생 촉매(143)의 더 낮은 온도 때문에 제2 분해 반응 구역(142)에서 반응 온도를 감소시키는 것은 제2 분해 반응 구역(142)에 의한 더 큰 가치의 석유화학 생성물들의 수율을 크게 감소시킬 수 있다.

[0065] 제2 폐촉매(145)에서 더 작은 코크스 레벨들, 및 따라서 제2 재생 구역(164)으로부터 배출되는 제2 재생 촉매(143)의 더 낮은 온도에 의해 야기되는 감소된 열 발생을 보상하기 위해, 제1 재생 구역(162)으로부터의 고온 연도 가스는 제2 재생 구역(164)으로 이동될 수 있으며 여기서 고온 연도 가스는 제2 재생 구역(164)에서 제2 폐촉매(145)와 접촉될 수 있다. 고온 연도 가스는 열을 제2 폐촉매(145)로 전달할 수 있으며, 따라서 제2 재생 촉매(143)의 배출 온도를 상승시킨다. 추가적인 열은 하기 식 3에 따라, 제1 재생 구역(162)으로부터 나오는 연도 가스 내의 일산화탄소를 이산화탄소로 더 산화시킴으로써 제2 재생 구역(164)에서 발생될 수 있다:



[0067] 따라서, 제1 분해 반응 구역(122)에서 더 큰 비등점 분획물 스트림(106)의 분해에서 기인하는 제1 폐촉매(125) 상의 더 많은 양의 코크스 침전물들은 제2 분해 반응 구역(142)의 제2 폐촉매(145) 상에 형성되는 더 작은 양의 코크스 침전물들을 보상하기 위해 제2 재생 구역(164)의 제2 재생 촉매(143)에 추가적인 열을 제공함으로써 탄화수소 공급 전환 시스템(100)의 열 균형을 유지할 수 있다. 제2 재생 촉매(143)의 온도를 상승시키기 위한 추가적인 열을 발생시키기 위해 제1 폐촉매(125)에서 더 큰 코크스 레벨들을 사용하는 것은 연료 가스 연소를 통해 제2 재생 촉매(143)의 온도를 상승시키기 위해 추가적인 연료 가스들을 연소 가스들에 첨가하는 필요성을 회피할 수 있다.

[0068] 제2 재생 구역(164)으로의 연소 가스(170)의 조성 및 유동률은 제2 폐촉매(125) 상의 코크스 침전물들의 산화 및 연도 가스 내의 일산화탄소의 이산화탄소로의 산화를 제어하도록 조정될 수 있다. 그 다음, 연도 가스(172)는 제2 재생 구역(164)으로부터 배출될 수 있다. 연도 가스(172)는 예를 들어, 열 회수 또는 추가 산화와 같은 추가 처리를 위한 하나 이상의 동작들로 이동될 수 있다.

[0069] 그 다음, 상승된 온도에 있는 제2 재생 촉매(143)는 제2 촉매 호퍼(176)로 이동되고, 그로부터, 제2 촉매(144)로서 제2 FCC 유닛(140)으로 다시 재순환된다. 제2 재생 구역(164)에서 재생 후 제2 재생 촉매(143)의 온도는 제2 FCC 유닛(140)의 제2 분해 반응 구역(142)에서의 반응 온도 이상일 수 있다. 제2 촉매 호퍼(176) 내에 있고 제2 분해 반응 구역(142)으로 이동되는 제2 재생 촉매(143)의 더 높은 온도는 제2 분해 반응 구역(142)에서 흡열 분해 반응을 위한 열을 제공할 수 있다.

[0070] 2 재생 구역(164)으로부터 이동하는 제2 재생 촉매(143)는 소량의 잔류 코크스 침전물들 및 다른 오염물질들을 포함할 수 있다. 제1 재생 구역(162)으로부터 이동하는 제2 재생 촉매(143)는 제2 재생 촉매(143)의 총 중량에 기초하여, 1 wt.% 미만, 0.5 wt.% 미만, 0.1 wt.% 미만, 또는 0.05 wt.% 미만의 코크스 침전물들을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 재생 구역(164)에서 나가는 제2 재생 촉매(143)는 0.05 wt.% 미만의 코크스 침전물들을 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 재생 구역(164)으로부터 제2 촉매 호퍼(176)로 이동되는 제2 재생 촉매(143)는, 제2 재생 촉매(143)의 총 중량에 기초하여, 0.001 wt.% 내지 1 wt.%, 0.001 wt.% 내지 0.5 wt.%, 0.001 wt.% 내지 0.1 wt.%, 0.001 wt.% 내지 0.05 wt.%, 0.005 wt.% 내지 1 wt.%, 0.005 wt.% 내지 0.5 wt.%, 0.005 wt.% 내지 0.1 wt.%, 0.005 wt.% 내지 0.05 wt.%, 0.01 wt.% 내지 1 wt.%, 0.01 wt.% 내지 0.5 wt.%, 0.01 wt.% 내지 0.1 wt.%, 0.01 wt.% 내지 0.05 wt.%의 코크스 침전물들을 가질 수 있다. 다른 실시예들에서, 제2 재생 촉매(143)는 실질적으로 코크스 침전물들이 없을 수 있다.

[0071] 이중-구역 촉매 재생기(160)는 더 큰 효율을 갖는 이중 하향류 HSFCC 시스템에서, 원유 공급 스트림이 에탄, 프로펜, 부텐들, 가솔린, 다른 올레핀들, 또는 이들의 조합들과 같은, 더 큰 가치의 석유화학 생성물들로 전환될 수 있게 할 수 있다. 제1 재생 구역(162) 및 제2 재생 구역(164)을 갖는 이중-구역 촉매 재생기(160)는 상이한 촉매들이 제1 분해 반응 구역(122) 및 제2 분해 반응 구역(142)에서 사용되는 것을 허용할 수 있으며, 이는 각각의 반응 구역의 효율을 향상시킬 수 있다. 추가적으로, 이중-구역 촉매 재생기(160)의 동작은 제1 촉매(124)의 온도 및 제2 촉매(144)의 온도의 독립적인 제어를 가능하게 할 수 있으며, 이는 재생기(160) 및 제1 및 제2 FCC 유닛들(120, 140)로 하나 이상의 추가적인 열 전달 동작들을 이용하는 것 없이 제1 분해 반응 구역(122) 및 제2 분해 반응 구역(142)의 독립적인 온도 제어를 허용할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 제1 분해 반

응 구역(122)은 제1 온도에서 동작될 수 있고, 제2 분해 반응 구역(142)은 제1 온도와 다른 제2 온도에서 동시에 동작될 수 있다. 실시예들에서, 제1 온도는 500℃ 내지 600℃일 수 있고, 제2 온도들은 600℃ 내지 700℃일 수 있다.

[0072] 제1 분해 반응 생성물 스트림(126) 및 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)은 각각 에탄, 프로펜, 부텐, 다른 올레핀, 가솔린, 또는 이들의 조합들과 같은 적어도 하나의 더 큰 가치의 석유화학 생성물을 포함할 수 있다. 도 2를 참조하면, 제1 분리 구역(130)을 떠나는 제1 분해 반응 생성물 스트림(126) 및 제2 분리 구역(150)을 떠나는 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)은 결합된 분해 생성물 스트림(114)으로 결합될 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 스트림 생성물 스트림(134)(도 3), 제2 스트림 생성물 스트림(154)(도 3), 또는 둘 다는 결합된 분해 생성물 스트림(114)으로 결합될 수 있다. 결합된 분해 생성물 스트림(114)은 하나 이상의 생성물 스트림 분리기들(112)에 의해 하나 이상의 시스템 생성물 스트림들(110)로 분리될 수 있다. 예를 들어, 생성물 스트림 분리기(112)는 결합된 분해 생성물 스트림(114)(제1 분해 반응 생성물 스트림(126) 및 제2 분해 반응 생성물 스트림(146) 중 하나 또는 둘 다는 결합되기 보다는 생성물 스트림 분리기(112)로 개별적으로 이동될 수 있음)을 하나 이상의 시스템 생성물 스트림들(110)로 분리하는 증류탑(distillation column)일 수 있으며, 이는 하나 이상의 연료 오일 스트림들, 가솔린 스트림들, 혼합된 부텐 스트림, 부타디엔 스트림, 프로펜 스트림, 에틸렌 스트림, 메탄 스트림, 또는 이들의 조합들을 포함할 수 있다. 각각의 시스템 생성물 스트림(110)은 추가 처리를 위해 하나 이상의 추가 유닛 동작들로 이동될 수 있다. 하나 이상의 실시예들에서, 제1 분해 반응 생성물 스트림(126) 및 제2 분해 반응 생성물 스트림(146)은 생성물 스트림 분리기(112)에 개별적으로 도입될 수 있다. 본 개시에 사용되는 바와 같이, 하나 이상의 시스템 생성물 스트림들(110)은 석유화학 생성물들로서 지칭될 수 있으며, 이는 하류(downstream) 화학적 처리에서 중간체들로서 사용되거나 최종 생성물들로서 포장될 수 있다. 생성물 스트림 분리기(112)는 또한 하나 이상의 재순환 스트림들(111)을 생산할 수 있으며, 이는 제1 FCC 유닛(120), 제2 FCC 유닛(140), 또는 제1 FCC 유닛(120) 및 제2 FCC 유닛(140) 둘 다로 다시 재순환될 수 있다.

[0073] 탄화수소 물질로부터 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 공정이 이제 설명될 것이다. 탄화수소 물질로부터 올레핀을 생산하기 위한 공정은 탄화수소 물질을 더 작은 비등점 분획물 및 더 큰 비등점 분획물로 분리하는 단계, 500℃ 내지 700℃의 반응 온도의 제1 촉매(124)의 존재 하에 더 큰 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여 제1 분해 반응 생성물 및 제1 폐촉매(125)를 생성하는 단계, 및 500℃ 내지 700℃의 반응 온도의 제2 촉매(144)의 존재 하에 더 작은 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여 제2 분해 반응 생성물 및 제2 폐촉매(145)를 생성하는 단계를 포함한다. 공정은 제1 폐촉매(125)로부터 제1 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 분리하는 단계 및 제2 폐촉매(145)로부터 제2 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 분리하는 단계를 더 포함한다. 공정은 제1 폐촉매(125)의 적어도 일부를 재생하여 제1 재생 촉매(123)를 생성하는 단계, 제2 폐촉매(145)를 제1 폐촉매(125)로부터 분리시켜 유지하는 단계, 제1 폐촉매(125)의 재생으로부터 제2 폐촉매(145)로 열을 전달하는 단계, 및 제2 폐촉매(145)의 적어도 일부를 재생하여 제2 재생 촉매(143)를 생성하는 단계를 포함한다. 공정은 제1 분해 반응 생성물 및 제2 분해 반응 생성물을 회수하는 단계를 포함한다.

[0074] 일부 실시예들에서, 공정은 제2 폐촉매(145)를 제1 폐촉매(125)의 재생으로부터의 연도 가스와 접촉시키는 단계를 포함한다. 실시예들에서, 제1 촉매(124)는 제2 촉매와 다를 수 있다. 제1 촉매(124)는 모래 또는 저활성 FCC 촉매일 수 있다. 제2 촉매(144)는 고효성 FCC 촉매일 수 있다. 일부 실시예들에서, 탄화수소 물질은 원유이다. 일부 실시예들에서, 탄화수소 물질은 원유, 감압잔사유, 타르 샌드들, 역청, 상압잔사유, 진공 가스 오일들, 탈금속 오일들, 나프타, 또는 이들 물질들의 조합들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 제1 분해 반응 생성물, 제2 분해 반응 생성물, 또는 제1 분해 반응 생성물 및 제2 분해 반응 생성물 둘 다는 에틸렌, 프로펜, 부텐, 또는 펜텐 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0075] 도 2 및 3을 참조하면, 탄화수소 공급 스트림(102)으로부터 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 제1 FCC 유닛(120) 및 제2 FCC 유닛(140)을 갖는, 탄화수소 공급 전환 시스템(100)과 같은, 시스템을 동작시키기 위한 공정은 탄화수소 공급 스트림(102)을 공급 분리기(104)에 도입하는 단계, 탄화수소 공급 스트림(102)을 공급 분리기(104)에서 더 작은 비등점 분획물(108) 및 더 큰 비등점 분획물(106)으로 분리하는 단계, 더 큰 비등점 분획물(106)을 제1 FCC 유닛(120)으로 이동시키는 단계, 제1 촉매(124)의 존재 하에 그리고 500℃ 내지 700℃의 반응 온도에서 제1 FCC 유닛(120) 내의 더 큰 비등점 분획물(106)의 적어도 일부를 분해하여 제1 분해 반응 생성물(126) 및 제1 폐촉매(125)를 생성하는 단계, 더 작은 비등점 분획물(108)을 제2 FCC 유닛으로 이동시키는 단계, 및 제2 촉매(144)의 존재 하에 그리고 500℃ 내지 700℃의 반응 온도에서 제2 FCC 유닛(140) 내의 더 작은 비등점 분획물(108)의 적어도 일부를 분해하여 제2 분해 반응 생성물(146) 및 제2 폐촉매(145)를 생성하는 단계를 포함한다. 공정은 제1 폐촉매(125)를 제1 재생 구역(162)으로 이동시키는 단계, 제1 재생 구역(162)에서 제1

폐촉매(125)의 적어도 일부를 재생하여 제1 재생 촉매(123)를 생성하는 단계, 제2 폐촉매(145)를 제1 재생 구역(162)과 분리된 제2 재생 구역(164)으로 이동시키는 단계, 및 제2 재생 구역(164)에서 제2 폐촉매(145)의 적어도 일부를 재생하여 제2 재생 촉매(143)를 생성하는 단계를 더 포함한다. 공정은 제1 재생 구역(162)으로부터 제2 재생 구역(164)으로 열을 전달하는 단계, 제1 재생 촉매(123)를 제1 FCC 유닛(120)으로 다시 재순환시키고 제2 재생 촉매(143)를 제2 FCC 유닛(142)으로 다시 재순환시키는 단계, 및 제1 분해 반응 생성물(126) 및 제2 분해 반응 생성물(146)을 회수하는 단계를 포함한다.

[0076] 탄화수소 공급 스트림(102)은 원유를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 탄화수소 공급 스트림(102)은 원유, 감압잔사유, 타르 샌드들, 역청, 상압잔사유, 진공 가스 오일들, 탈금속 오일들, 나프타 스트림들, 또는 이들 물질들의 조합들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 하나 이상의 석유화학 생성물들은 연료 오일, 가솔린, 혼합된 부텐, 부타디엔, 프로펜, 에틸렌, 펜텐, 다른 올레핀, 메탄, 또는 이들의 조합들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 촉매(124)는 제2 촉매(144)와 다를 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 촉매(124)는 모래 또는 저활성 FCC 촉매일 수 있다. 일부 실시예들에서, 제2 촉매(144)는 고효성 FCC 촉매이다. 일부 실시예들에서, 제2 촉매(144)의 적어도 일부는 ZSM-5 제올라이트 촉매를 포함할 수 있다.

[0077] 탄화수소 공급 스트림(102)으로부터 하나 이상의 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 시스템을 동작시키는 공정은 제1 FCC 유닛(120)의 제1 분해 반응 구역(122)의 상류에 위치되는 제1 혼합 구역(128)에서 제1 촉매(124) 및 더 큰 비등점 분획물(106)을 혼합하는 단계 및 제2 FCC 유닛(140)의 제2 분해 반응 구역(142)의 상류에 위치되는 제2 혼합 구역(148)에서 제2 촉매(144)와 더 작은 비등점 분획물(108)을 혼합하는 단계를 더 포함할 수 있다. 실시예들에서, 공정은 제1 폐촉매(125)를 제1 재생 구역(162)으로 이동시키기 전에 제1 분리 구역(130)에서 제1 폐촉매(125)로부터 제1 분해 반응 생성물(126)의 적어도 일부를 분리하는 단계, 및 제2 폐촉매(145)를 제2 재생 구역(164)으로 이동시키기 전에 제2 분리 구역(130)에서 제2 폐촉매(145)로부터 제2 분해 반응 생성물(146)의 적어도 일부를 분리하는 단계를 더 포함한다. 제1 분해 반응 생성물(126), 제2 분해 반응 생성물(146), 또는 제1 분해 반응 생성물(126) 및 제2 분해 반응 생성물(146) 둘 다는 에틸렌, 프로펜, 부텐, 또는 펜텐 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 제1 분해 반응 생성물(126), 제2 분해 반응 생성물(146), 또는 제1 분해 반응 생성물(126) 및 제2 분해 반응 생성물(146)은 또한 다른 올레핀들, 가솔린들, 연료 오일들, 다른 생성물들, 또는 생성물들의 조합들을 포함할 수 있다.

[0078] 탄화수소 공급 스트림(102)으로부터 하나 이상의 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 시스템을 동작시키는 공정은 제1 재생 구역(162)의 상류에서 제1 폐촉매(125)로부터 제1 분해 반응 생성물(126)의 다른 부분을 스트리핑하는 단계 및 제2 재생 구역(164)의 상류에서 제2 폐촉매(145)로부터 제2 분해 반응 생성물(146)의 다른 부분을 스트리핑하는 단계를 더 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 공정은 제1 재생 구역(162)의 상류에서 제1 폐촉매(125)로부터 제1 분해 반응 생성물(126)의 일 부분을 스트리핑하는 단계 및 제2 재생 구역(164)의 상류에서 제2 폐촉매(145)로부터 제2 분해 반응 생성물(146)의 일 부분을 스트리핑하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0079] 탄화수소 공급 스트림(102)으로부터 하나 이상의 석유화학 생성물들을 생산하는 시스템을 동작시키는 공정은 연도 가스 스트림(172)을 제1 재생 구역(162)으로부터 제2 재생 구역(164)으로 이동시키는 단계, 및 제2 재생 구역(164)의 제2 폐촉매(145)를 제1 재생 구역(162)으로부터 이동되는 연도 가스 스트림(172)과 접촉시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 공정은 제2 폐촉매(145)를 제1 재생 구역(162)으로부터 이동되고 제2 재생 구역(164)에서 수용되는 연도 가스와 접촉시키는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 시스템을 동작시키는 공정은 제2 폐촉매(145)를 제1 재생 구역(162)으로부터 제2 재생 구역(162)으로 배출되는 연도 가스와 접촉시킴으로써 제2 재생 구역(164)에서 제2 폐촉매(145)의 온도를 상승시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 실시예들에서, 시스템을 동작시키는 공정은 제1 재생 구역(162)의 제1 폐촉매(125)를 제2 재생 구역(164)의 제2 폐촉매(145)로부터 분리하여 유지시키는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 공정은 제1 재생 구역(162)으로부터 제2 재생 구역(164)으로의 제1 폐촉매(125)의 흐름을 제한하는 단계 및 제2 재생 구역(164)으로부터 제1 재생 구역(162)으로의 제2 폐촉매(145)의 흐름을 제한하는 단계를 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 재생 구역(162) 및 제2 재생 구역(164)은 단일 재생기(160)에 배치된다.

[0080] 탄화수소 공급 스트림(102)으로부터 하나 이상의 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 시스템을 동작시키는 공정은 제1 재생 촉매(123)를 제1 FCC 유닛(120)의 제1 분해 반응 구역(122)으로 재순환시키는 단계 제2 재생 촉매(143)를 제2 FCC 유닛(140)의 제2 분해 반응 구역(142)으로 다시 재순환시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 일부 실시예들에서, 공정은 제1 재생 촉매(123)를 제1 재생 구역(162)으로부터 제1 촉매 공급 호퍼(174)로 이동시키는 단계 및 제2 재생 촉매(143)를 제2 재생 구역(164)으로부터 제2 촉매 공급 호퍼(176)로 이동시키는 단계를

포함할 수 있다.

[0081] 탄화수소 공급 스트림으로부터 하나 이상의 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 다른 공정은 탄화수소 공급 스트림을 더 작은 비등점 분획물 및 더 큰 비등점 분획물로 분리하는 단계, 제1 촉매의 존재 하에 그리고 500°C 내지 700°C의 반응 온도에서 제1 유체 촉매 분해(FCC) 유닛 내의 더 큰 비등점 분획물을 분해하여 제1 분해 반응 생성물을 생성하는 단계, 제2 촉매의 존재 하에 그리고 500°C 내지 700°C의 반응 온도에서 제2 유체 촉매 분해(FCC) 유닛 내의 더 낮은 비등점 분획물을 분해하여 제2 분해 반응 생성물을 생성하는 단계 - 제2 FCC 유닛은 제1 FCC 유닛과 병행하여 동작됨 -, 제1 재생 구역에서 제1 촉매를 재생하는 단계, 열을 제1 재생 구역으로부터 제2 재생 구역으로 전달하는 단계, 제1 재생 구역과 분리된 제2 재생 구역에서 제2 촉매를 재생하는 단계, 제1 촉매를 제1 FCC 유닛으로 다시 재순환시키고 제2 촉매를 제2 FCC 유닛으로 다시 재순환시키는 단계, 및 제1 분해 반응 생성물 및 제2 분해 반응 생성물을 회수하는 단계를 포함한다.

[0082] 실시예

[0083] 다음의 실시예는 이전에 설명된 본 개시의 하나 이상의 추가적인 특징들을 예시한다.

[0084] *비교 예 1: 동일한 촉매를 사용하는 중질 및 경질 분획물들을 분해*

[0085] 비교예 1은 동일한 촉매가 원유 공급 스트림의 중질 및 경질 분획물들을 분해하기 위해 사용되는 종래의 FCC 공정의 예를 제공한다. 원유 공급 스트림을 250°C의 온도에서 동작되는 분획장치(fractionator)에서 중질 분획물(더 큰 비등점 분획물) 및 경질 분획물(더 작은 비등점 분획물)로 분리하였다. 원유 공급 스트림은 사우디 아람코(Saudi Aramco)에서 제공하는 사우디 아라비아 엑스트라 경질 원유(Saudi Arabian Extra Light Crude Oil; AXL)이다. 중질 분획물 및 경질 분획물 각각을 상이한 동작 조건들을 사용하여 실험실 규모의 마이크로 다운너(downer) FCC 유닛에서 별도로 분리하였다. 실험실 규모의 마이크로 다운너 FCC 유닛 및 유닛의 동작의 일반적인 설명은 문헌[Corma et al., *A New Continuous Laboratory Reactor For the Study of Catalytic Cracking, Applied Catalysts A: General*, 232(1):247-263 (June 2002)]에서 찾을 수 있으며, 이는 전체적으로 본 개시에 참조로 통합된다. 중질 분획물을 600°C의 분해 반응 온도 및 31 : 1의 촉매 대 오일(중질 분획물)의 중량비로 분해하였다. 경질 분획물은 640°C의 분해 반응 온도 및 22:1의 촉매 대 오일(경질 분획물)의 중량비로 분해하였다. 동일한 촉매는 중질 분획물 및 경질 분획물 둘 다에 대한 분해 촉매로서 사용되었다. 촉매는 ZSM-5 제올라이트 촉매를 포함하는 첨가제를 갖는 Y 제올라이트 촉매였다. 촉매는 촉매의 총 중량에 기초하여, 25 wt.%의 ZSM-5 제올라이트를 포함하였다. 별도의 분해 반응들 다음에, 각각의 반응으로부터의 촉매는 450°C의 스트리핑 온도에서 반응 생성물들을 별도로 스트리핑하였다. 2개의 분해 반응들로부터의 반응 생성물 스트림들은 에틸렌, 프로필렌, 총 C<sub>4</sub>, 가솔린(C<sub>5</sub>-216°C), 경질 사이클 오일(LCO, 216-343°C), 중질 사이클 오일(HCO, >343°C)의 총 전환 및 수율들, 그리고 코크스 수율에 대해 분석하였다. 비교예 1에 대한 전환 및 수율 분석의 반응 조건들 및 결과들은 이어서 표 2에 제공된다.

**표 2**

**표 2: 비교예 1에 대한 총 전환 및 수율**

특성	경질 분획물 (bp < 250°C)	중질 분획물 (bp >250°C)
촉매 대 오일 중량비	20	20
분해 반응기 온도(°C)	640	600
총 변환(wt. %)	37.7	72.5
에틸렌 수율(wt. %)	3.5	3.1
프로펜 수율(wt. %)	8.0	16.2
총 C4(wt. %)	5.5	13.4
가솔린(C5-216°C) (wt. %)	69.7	28.2
LCO (216-343°C) (wt. %)	8.0	23
HCO (>343°C) (wt. %)	0.0	6.7
코크스 수율(wt. %)	0.4	4.0

[0086]

[0087] 표 2에 도시된 바와 같이, 비교예 1의 경질 분획물에 대한 전환 및 수율은 실질적으로 중질 분획물의 전환 및

수율 미만이었다. 동일한 촉매가 비교예 1에서 경질 분획물 및 중질 분획물에서 사용되었으므로, 표 2의 데이터는 중질 분획물을 분해하기 위해 사용되는 동일한 촉매로 경질 분획물을 분해하는 것이 일반적으로 경질 분획물의 감소된 전환 및 경질 분획물로부터 더 큰 가치의 석유화학 생성물들의 감소된 수율을 초래한다는 것을 나타낸다. 비교예 1에 대한 데이터는 중질 분획물을 위한 제1 분해 반응 구역 및 경질 분획물을 위한 제2 분해 반응 구역을 독립적으로 제어할 수 있는 것을 통해 더 큰 가치의 석유화학 생성물들의 수율을 최대화하기 위한 기회를 제공한다. 실시예2에서 예시되는 바와 같이, 경질 분획물을 분해하기 위해 사용되는 촉매의 유형은 경질 분획물에 대한 분해 반응의 전환 및 수율에 큰 영향을 미칠 수 있다.

[0088] 실시예 2: 경질 분획물을 분해하기 위한 전환 및 수율에 대한 상이한 촉매들의 영향

[0089] 실시예 2는 원유 공급 스트림의 경질 분획물을 분해하기 위해 대안적인 분해 촉매들을 사용한 총 전환 및 프로펜 선택도(selectivity)에 대한 영향들을 평가한다. 원유 공급 스트림은 250°C의 온도에서 동작되는 분획장치에서 중질 분획물(더 큰 비등점 분획물) 및 경질 분획물(더 작은 비등점 분획물)로 분리하였다. 원유 공급 스트림은 사우디 아람코에 의해 제공되는 AXL 원유이었다. 경질 분획물은 600°C의 분해 반응 온도 및 3 내지 7의 촉매 대 오일(경질 분획물)의 중량비의 MAT 유닛에서 4개의 상이한 유형들의 상업적으로 이용 가능한 FCC 촉매들을 사용하여 분해하였다. 상업적으로 이용가능한 FCC 촉매들 각각은 BASF(뉴저지주 이셀린 소재)로부터 입수하였고, 상이한 조성들 또는 구조들을 포함하였다. 실시예 2의 촉매들은 촉매 비교예 1과 상이하였으며, 이는 촉매의 총 중량에 기초하여 25 wt.% ZSM-5 제올라이트 촉매 첨가제를 갖는 Y 제올라이트 촉매였다. 별도의 분해 반응들 다음에, 실시예 2의 촉매들 각각은 600°C의 스트리핑 온도에서 반응 생성물들을 스트리핑하였다. 각각의 촉매들에 대해 획득되는 반응 생성물들은 전체 전환 및 프로펜 수율에 대해 분석하였다. 실시예 2의 각각의 상업적 촉매 유형에 대해, 평균 전환 및 평균 프로펜 수율을 데이터로부터 계산하였다. 평가된 각각의 촉매에 대한 반응 온도 및 촉매/오일 중량비는 이어서 표 3에 제공된다. 실시예 2의 각각의 촉매에 대한 전체 전환 및 프로펜 수율의 결과들은 표 3에 제공되는 각각의 촉매에 대해 도 4의 참조 번호와 함께 도 4에 도시된다.

**표 3**

**표 3: 실시예 2의 반응들에 대한 반응 온도 및 촉매 대 오일 비율.**

	촉매 A	촉매 B	촉매 C	촉매 D
도 4의 참조 번호	402	404	406	408
반응 온도(°C)	600	600	600	600
촉매/오일 중량 비율	3-7	3-7	3-7	3-7

[0090]

[0091] 상이한 상업적 촉매들 각각에 대한 결과들은 도 4에 그래픽으로 도시되며, 이는 원유 공급의 경질 분획물을 분해하기 위한 상이한 분해 촉매들의 사용이 분해 반응의 전체 전환 및 프로펜 수율에 크게 영향을 미칠 수 있다는 것을 예시한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 경질 분획물을 분해하기 위한 전체 전환은 범위가 35 wt.%에서 47 wt.%까지 이르고 프로펜 수율은 범위가 동일한 반응 조건들에서 사용되는 촉매의 유형에 따라 12 wt.%에서 16 wt.%까지 이른다. 전환 및 프로펜 수율은 경질 분획물을 분해하기 위해 사용되는 촉매의 유형을 변경하는 것이 FCC 반응기 시스템의 전환 및 프로펜 수율을 증가시킬 수 있다는 것을 나타내는 실시예 2에 대한 결과는 도 4이다.

[0092] 추가적으로, 실시예 2의 경질 분획물의 분해를 비교예 1의 경질 분획물의 분해에 비교하는 것은 FCC 공정의 전체 전환 및 프로펜 선택도가 경질 분획물을 분해하는 상이한 촉매를 사용함으로써 개선될 수 있다는 것을 나타낸다. 예를 들어, 실시예 2의 촉매 B로 수행된 반응들 중 하나는 16.0 wt.%보다 더 큰 프로펜 수율 및 42 wt.%보다 더 큰 전체 전환을 야기하였다. 이것은 비교예 1에서 분해 촉매를 사용하여 경질 분획물을 분해하기 위해 획득된 프로펜 수율의 거의 3배이며, 이는 중질 분획물을 분해하기 위해 사용된 동일한 촉매이다. 비교예 1의 반응들은 상이한 촉매를 갖는 실시예 2의 반응들과 비교하여 더 큰 분해 온도 및 더 큰 촉매 대 오일 비에서 진행되었다. 실시예 2의 촉매들 각각은 경질 분획물을 분해하는 것으로부터 12 wt.% 초과인 프로펜 수율을 예상외로 생산하였으며, 이는 반응들이 더 작은 분해 온도 및 더 작은 촉매 대 오일 비에서 진행되었음에도, 경질 분획물(더 작은 비등점 분획물)을 분해하기 위해 비교예 1의 촉매를 사용하여 달성되는 프로펜 수율의 적어도 2배였다. 비교예 1의 촉매에 의해 달성되는 프로펜 수율에 대한 실시예 2의 촉매에 대한 프로펜 수율들의 비교는

경질 분획물에 대한 상이한 촉매의 사용이 중질 분획물에 대해 사용되는 경질 분획물에 대한 동일한 촉매를 사용하는 것과 비교하여 더 큰 가치의 석유화학 생성물들, 예컨대 에틸렌, 프로펜, 부텐들, 및 다른 올레핀들의 전체 전환 및 수율을 크게 증가시킬 수 있다는 것을 입증한다.

- [0093] 본 개시의 HSFCC 시스템, 특별히 서로 분리된 제1 재생 구역(162) 및 제2 재생 구역(164)을 갖는 2단(two-stage) 재생기(160)는 별개의 촉매들이 더 큰 가치의 석유화학 생성물의 전환 및 수율을 향상시키기 위해 중질 분획물 및 경질 분획물에 대해 사용될 수 있도록 한다.
- [0094] 본 개시의 제1 양태는 탄화수소 물질을 더 작은 비등점 분획물 및 더 큰 비등점 분획물로 분리하는 단계 및 500 °C 내지 700°C의 반응 온도의 제1 촉매의 존재 하에 더 큰 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여 제1 분해 반응 생성물 및 제1 폐촉매를 생성하는 단계를 포함하는 탄화수소 물질로부터 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 공정에 관한 것이다. 본 방법은 500°C 내지 700°C의 반응 온도의 제2 촉매의 존재 하에 더 작은 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여 제2 분해 반응 생성물 및 제2 폐촉매를 생성하는 단계를 더 포함한다. 본 발명은 제1 폐촉매로부터 제1 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 분리하는 단계, 제2 폐촉매로부터 제2 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 분리하는 단계, 및 제1 폐촉매의 일부를 재생하여 제1 재생 촉매를 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 본 방법은 제1 폐촉매로부터 분리하여 제2 폐촉매를 유지하는 단계, 제1 폐촉매의 재생으로부터 제2 폐촉매로 열을 전달하는 단계, 및 제2 폐촉매의 적어도 일부를 재생하여 제2 재생 촉매를 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 본 방법은 제1 분해 반응 생성물 및 제2 분해 반응 생성물을 회수하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0095] 본 개시의 제2 양태는 제1 양태를 포함할 수 있으며, 제2 폐촉매를 제1 폐촉매의 재생으로부터의 연도 가스와 접촉시키는 단계를 더 포함한다.
- [0096] 본 개시의 제3 양태는 제1 또는 제2 양태 등을 포함할 수 있으며, 여기서 제1 촉매는 제2 촉매와 상이하다.
- [0097] 본 개시의 제4 양태는 제1 내지 제3 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 제1 촉매는 모래이거나 저활성 FCC 촉매이다.
- [0098] 본 개시의 제5 양태는 제1 내지 제4 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 제2 촉매는 고효율 FCC 촉매이다.
- [0099] 본 개시의 제6 양태는 제1 내지 제5 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제2 촉매의 적어도 일부는 ZSM-5 제올라이트 촉매를 포함한다.
- [0100] 본 개시의 제7 양태는 제1 내지 제6 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 탄화수소 물질은 원유를 포함한다.
- [0101] 본 개시의 제8 양태는 제1 내지 제6 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 탄화수소 물질은 원유, 감압잔사유, 타르 샌드들, 역청, 상압잔사유, 진공 가스 오일들, 탈금속 오일들, 나프타, 또는 이들 조합들 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0102] 본 개시의 제9 양태는 제1 내지 제8 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 제1 분해 반응 생성물 또는 제2 분해 반응 생성물은 에틸렌, 프로펜, 부텐, 또는 펜텐 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0103] 본 개시의 제10 양태는 제1 내지 제9 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 더 큰 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하기 전에 제1 재생 촉매를 더 큰 비등점 분획물과 혼합하는 단계를 더 포함한다.
- [0104] 본 개시의 제11 양태는 제1 내지 제10 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 더 작은 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하기 전에 제2 재생 촉매를 더 작은 비등점 분획물과 혼합하는 단계를 더 포함한다.
- [0105] 본 개시의 제12 양태는 제1 내지 제9 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제1 재생 촉매를 더 큰 비등점 분획물과의 접촉으로 다시 재순환시키는 단계, 및 제2 재생 촉매를 더 작은 비등점 분획물과의 접촉으로 다시 재순환시키는 단계를 더 포함한다.
- [0106] 본 발명의 제13 양태는 탄화수소 공급 스트림으로부터 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 제1 유체 촉매 분해(FCC) 유닛 및 제2 FCC 유닛을 갖는 탄화수소 공급 전환 시스템을 동작시키기 위한 공정에 관한 것이며, 공정은 탄화수소 공급 스트림을 공급 분리기로 도입하는 단계, 탄화수소 공급 스트림을 공급 분리기에서 더 작은 비등점 분획물 및 더 큰 비등점 분획물로 분리하는 단계, 더 큰 비등점 분획물을 제1 FCC 유닛으로 이동시키는 단계, 및 더 작은 비등점 분획물을 제2 FCC 유닛으로 이동시키는 단계를 포함한다. 공정은 500°C 내지 700°C의

반응 온도의 제1 촉매의 존재 하에 제1 FCC 유닛 내의 더 큰 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여 제1 분해 반응 생성물 및 제1 폐촉매를 생성하는 단계, 및 500℃ 내지 700℃의 반응 온도의 제2 촉매의 존재 하에 제2 FCC 유닛 내의 더 작은 비등점 분획물의 적어도 일부를 분해하여 제2 분해 반응 생성물 및 제2 폐촉매를 생성하는 단계를 더 포함한다. 공정은 제1 폐촉매를 제1 재생 구역으로 이동시키는 단계, 제1 재생 구역에서 제1 폐촉매의 적어도 일부를 재생하여 제1 재생 촉매를 생성하는 단계, 제2 폐촉매를 제1 재생 구역으로부터 분리된 제2 재생 구역으로 이동시키는 단계, 및 제2 재생 구역에서 제2 폐촉매의 적어도 일부를 재생하여 제2 재생 촉매를 생성하는 단계를 더 포함할 수 있다. 공정은 제1 재생 구역으로부터 제2 재생 구역으로 열을 전달하는 단계 및 제1 재생 촉매를 제1 FCC 유닛으로 그리고 제2 재생 촉매를 제2 FCC 유닛으로 재순환하는 단계를 더 포함할 수 있다. 공정은 제1 분해 반응 생성물 및 제2 분해 반응 생성물을 회수하는 단계를 더 포함할 수 있다.

- [0107] 본 개시의 제14양태는 제13 양태를 포함할 수 있으며, 제1 재생 구역으로부터 제2 재생 구역으로 연도 가스 스트림을 이동시키는 단계, 및 제2 재생 구역 내의 제2 폐촉매를 연도 가스 스트림과 접촉시키는 단계를 더 포함한다.
- [0108] 본 개시의 제15 양태는 제13 양태를 포함할 수 있으며, 제2 폐촉매를 제1 재생 구역으로부터 배출되는 연도 가스와 접촉시키는 단계를 더 포함한다.
- [0109] 본 개시의 제16 양태는 제13 내지 제15 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제1 재생 구역 내의 제1 폐촉매를 제2 재생 구역 내의 제2 폐촉매로부터 분리하여 유지시키는 단계를 더 포함한다.
- [0110] 본 개시의 제17양태는 제13 내지 제16 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 제2 재생 구역은 다공성 분리 구역에 의해 제1 재생 구역으로부터 분리된다.
- [0111] 본 개시의 제18 양태는 제13 내지 제15 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제1 폐촉매의 흐름을 제1 재생 구역으로부터 제2 재생 구역으로 제한하는 단계, 및 제2 폐촉매의 흐름을 제2 재생 구역으로부터 제1 재생 구역으로 제한하는 단계를 더 포함한다.
- [0112] 본 개시의 제19 양태는 제13 내지 제18 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 제1 재생 구역 및 제2 재생 구역은 단일 재생기 내에 배치된다.
- [0113] 본 개시의 제20 양태는 제13 내지 제19 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 제1 촉매는 제2 촉매와 상이하다.
- [0114] 본 개시의 제21 양태는 제13 내지 제20 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 제1 촉매는 모래 또는 저활성 FCC 촉매이다.
- [0115] 본 개시의 제22 양태는 제13 내지 제21 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 제2 촉매는 고효성 FCC 촉매를 포함한다.
- [0116] 본 개시의 제23 양태는 제13 내지 제22 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 제2 촉매의 적어도 일부는 ZSM-5 제올라이트 촉매를 포함한다.
- [0117] 본 개시의 제24 양태는 제13 내지 제23 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 탄화수소 공급 스트림은 원유를 포함한다.
- [0118] 본 개시의 제25 양태는 제13 내지 제23 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 탄화수소 공급 스트림은 원유, 감압잔사유, 타르 샌드들, 역청, 상압잔사유, 진공 가스 오일들, 탈금속 오일들, 나프타 스트림들, 또는 이들 조합들 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0119] 본 개시의 제26 양태는 제13 내지 제25 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제1 FCC 유닛의 제1 분해 반응 구역의 상류에 위치되는 제1 혼합 구역에서 제1 재생 촉매를 더 큰 비등점 분획물과 혼합하는 단계 및 제2 FCC 유닛의 제2 분해 반응 구역의 상류에 위치되는 제2 혼합 구역에서 제2 재생 촉매를 더 큰 비등점 분획물과 혼합하는 단계를 더 포함한다.
- [0120] 본 개시의 제27 양태는 제13 내지 제26 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제1 폐촉매를 제1 재생 구역으로 이동시키기 전에 제1 분리 구역에서 제1 폐촉매로부터 제1 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 분리하는 단계, 및 제2 폐촉매를 제2 재생 구역으로 이동시키기 전에 제2 분리 구역에서 제2 폐촉매로부터 제2 분해 반응 생성물의 적어도 일부를 분리하는 단계를 더 포함한다.

- [0121] 본 개시의 제28 양태는 제13 내지 제27 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제1 재생 촉매를 제1 FCC 유닛의 제1 분해 반응 구역으로 다시 재순환시키는 단계 및 제2 재생 촉매를 제2 FCC 유닛의 제2 분해 반응 구역으로 다시 재순환시키는 단계를 더 포함한다.
- [0122] 본 개시의 제29 양태는 제13 내지 제28 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제1 재생 촉매를 제1 재생 구역으로부터 제1 촉매 공급 호퍼로 이동시키는 단계, 및 제2 재생 촉매를 제2 재생 구역으로부터 제2 촉매 공급 호퍼로 이동시키는 단계를 더 포함한다.
- [0123] 본 개시의 제30 양태는 제13 내지 제29 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 여기서 제1 분해 반응 생성물 또는 제2 분해 반응 생성물은 에틸렌, 프로펜, 부텐, 또는 펜텐 중 하나 이상을 포함한다.
- [0124] 본 개시의 제31 양태는 제13 내지 제30 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제1 재생 구역의 상류에서 제1 폐촉매로부터 제1 분해 반응 생성물의 다른 부분을 스트리핑하는 단계를 더 포함한다.
- [0125] 본 개시의 제32 양태는 제13 내지 제31 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제2 재생 구역의 상류에서 제2 폐촉매로부터 제2 분해 반응 생성물의 다른 부분을 스트리핑하는 단계를 더 포함한다.
- [0126] 본 개시의 제33 양태는 탄화수소 물질로부터 적어도 하나의 석유화학 생성물을 생산하기 위한 시스템에 관한 것일 수 있으며, 시스템은 제1 분해 반응 구역, 제1 분해 반응 구역의 하류에 있는 제1 분리 구역, 제1 분리 구역의 하류에 있는 제1 재생 구역, 제1 분해 반응 구역과 병행하는 제2 분해 반응 구역, 제2 분해 반응 구역의 하류에 있는 제2 분리 구역, 제2 분리 구역의 하류에 있는 제2 재생 구역, 및 제1 재생 구역으로부터 제2 재생 구역으로 연장되는 연도 가스 유로를 포함한다. 제2 재생 구역은 제1 재생 구역으로부터 물리적으로 분리될 수 있고, 연도 가스 유로는 제1 재생 구역과 제2 재생 구역 사이에서 하나 이상의 폐촉매들의 전달을 방지하기 위한 입자 배리어를 포함할 수 있다.
- [0127] 본 개시의 제34 양태는 제33 양태를 포함할 수 있으며, 제1 분해 반응 구역의 상류에 있고 제1 분해 반응 구역과 유체 연통하는 제1 혼합 구역을 더 포함한다.
- [0128] 본 개시의 제35 양태는 제34 양태를 포함할 수 있으며, 제1 재생 구역과 제1 혼합 구역 사이에 배치되고 이에 유체적으로 결합되는 제1 촉매 호퍼를 더 포함한다.
- [0129] 본 개시의 제36 양태는 제33 내지 제35 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제2 분해 반응 구역의 상류에 있고 제2 분해 반응 구역과 유체 연통하는 제2 혼합 구역을 더 포함한다.
- [0130] 본 개시의 제37 양태는 제36 양태를 포함할 수 있으며, 제2 재생 구역과 제2 혼합 구역 사이에 배치되고 이에 유체적으로 결합되는 제2 촉매 호퍼를 더 포함한다.
- [0131] 본 개시의 제38 양태는 제33 내지 제37 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제1 분리 구역의 하류에 있고 제1 분리 구역과 유체적으로 결합되는 제1 박리 구역을 더 포함한다.
- [0132] 본 개시의 제39 양태는 제33 내지 제38 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제2 분리 구역의 하류에 있고 제2 분리 구역과 유체적으로 결합되는 제2 박리 구역을 더 포함한다.
- [0133] 본 개시의 제40 양태는 제33 내지 제39 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 유입구, 더 큰 비등점 분획물 유출구 스트림, 및 더 작은 비등점 분획물 유출구 스트림을 갖는 공급 분리기를 더 포함하며, 여기서 더 큰 비등점 분획물 유출구 스트림은 제1 분해 반응 구역에 유체적으로 결합되고 더 작은 비등점 분획물 유출구 스트림은 제2 분해 반응 구역에 유체적으로 결합된다.
- [0134] 본 개시의 제41 양태는 제33 내지 제40 양태들 중 임의의 양태를 포함할 수 있으며, 제1 분리 구역, 제2 분리 구역, 또는 제1 분리 구역 및 제2 분리 구역 둘 다에 유체적으로 결합되는 생성물 분리기를 더 포함한다.
- [0135] 본 개시의 제42 양태는 탄화수소 공급 스트림으로부터 하나 이상의 석유화학 생성물들을 생산하기 위한 공정에 관한 것일 수 있으며, 공정은 탄화수소 공급 스트림을 더 작은 비등점 분획물 및 더 큰 비등점 분획물로 분리하는 단계, 500°C 내지 700°C의 반응 온도의 제1 촉매의 존재 하에 제1 유체 촉매 분해(FCC) 유닛 내의 더 큰 비등점 분획물을 분해하여 제1 분해 반응 생성물을 생성하는 단계, 및 500°C 내지 700°C의 반응 온도의 제2 촉매의 존재 하에 제2 FCC 유닛 - 제2 FCC 유닛은 제1 FCC 유닛과 병행하여 동작됨 - 내의 더 작은 비등점 분획물을 분해하여 제2 분해 반응 생성물을 생성하는 단계를 포함한다. 공정은 제1 재생 구역에서 제1 촉매를 재생하는 단계, 열을 제1 재생 구역으로부터 제2 재생 구역으로 전달하는 단계, 및 제1 재생 구역과 분리된 제2 재생 구역에서 제2 촉매를 재생하는 단계를 더 포함한다. 공정은 제1 FCC 유닛에 제1 촉매를 다시 재순환시키고 제2

FCC 유닛에 제2 촉매를 다시 재순환시키는 단계 및 제1 분해 반응 생성물 및 제2 분해 반응 생성물을 회수하는 단계를 더 포함할 수 있다.

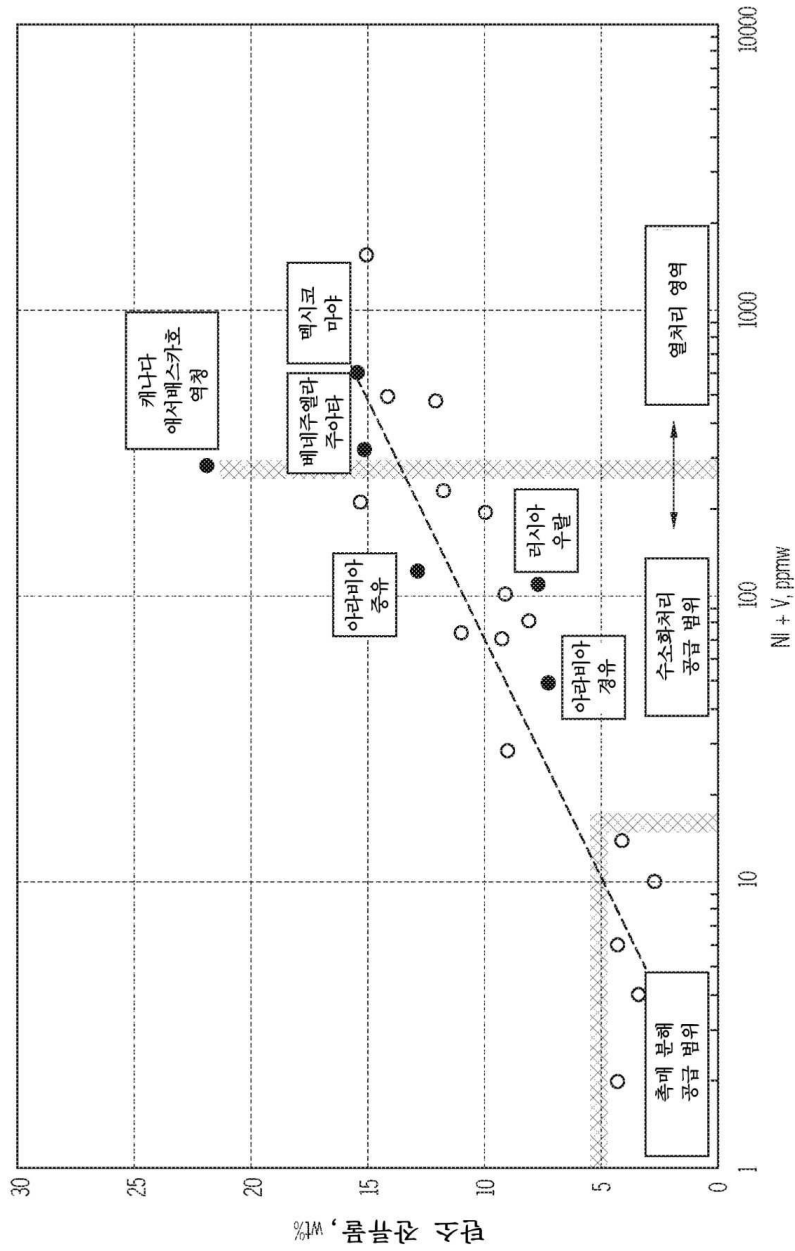
[0136] 다음 청구항들 중 하나 이상은 이행구(transitional phrase)로서 용어 "여기서(when)"를 이용한다는 점이 주목된다. 본 기술을 정의하기 위해, 이러한 용어는 일련의 구조 특성들의 인용을 도입하기 위해 사용되는 개방형 이행구로서 청구항에 도입되고 보다 통상적으로 사용되는 개방형 프리엠프블 용어 "포함하는(comprising)"과 유사한 방식으로 해석되어야 한다는 점이 주목된다. 본 기술을 정의하기 위해, 이행구 "구성되는(consisting of)"은 청구항들의 범위를 인용된 성분들 또는 단계들 및 임의의 자연 발생적 불순물들로 제한하는 폐쇄형 프리엠프블 용어로서 청구항들에 도입될 수 있다. 본 기술을 정의하기 위해, 이행구 "본질적으로 구성되는(consisting essentially of)"은 하나 이상의 청구항들의 범위를 인용된 요소들, 성분들, 물질들, 또는 방법 단계들뿐만 아니라 임의의 비-인용된 요소들, 성분들, 물질들, 또는 청구된 발명 대상의 신규한 특성들에 실질적으로 영향을 미치지 않는 방법 단계들로 제한하기 위해 청구항들에 도입될 수 있다. 이행구들 "구성되는(consisting of)" 및 "본질적으로 구성되는(consisting essentially of)"은 "포함하는(comprising)" 및 "포함하는(including)"과 같은 개방형 이행구들의 서브세트들로 해석될 수 있어서 일련의 요소들, 성분들, 물질들, 또는 단계들의 인용을 도입하기 위한 개방형 구(phrase)의 임의의 사용은 폐쇄형 용어들 "구성되는(consisting of)" 및 "본질적으로 구성되는(consisting essentially of)"을 사용하는 일련의 요소들, 성분들, 물질들, 또는 단계들의 인용을 또한 개시하도록 해석되어야 한다. 예를 들어, 성분들 A, B 및 C를 "포함하는"조성의 인용은 성분들 A, B, 및 C로 "구성되는" 조성 뿐만 아니라 성분들 A, B, 및 C로 "본질적으로 구성되는" 조성을 또한 개시하는 것으로서 해석되어야 된다. 본 출원에 표시되는 임의의 정량적 값은 이행구들 "포함하는(comprising)" 또는 "포함하는(including)"과 일치하는 개방형 실시예들뿐만 아니라 이행구들 "구성되는(consisting of)" 및 "본질적으로 구성되는(consisting essentially of)"과 일치하는 폐쇄형 또는 부분 폐쇄형 실시예들을 포함하는 것으로 고려될 수 있다.

[0137] 속성에 할당되는 임의의 2개의 정량적 값들은 그러한 속성의 범위를 구성하고, 주어진 속성의 모든 진술된 정량적 값들로부터 형성되는 범위들의 모든 조합들이 본 개시에서 고려된다는 것이 이해되어야 한다. 스트림 또는 반응기 내의 화학적 조성물의 조성 범위들은 일부 실시예들에서, 그러한 조성물의 이성질체들의 혼합물을 포함하는 것으로서 해석되어야 하는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, 부텐을 특정하는 조성 범위는 부텐의 다양한 이성질체들의 혼합물을 포함할 수 있다. 예들은 다양한 스트림들에 대한 조성 범위들을 제공하고, 특정 화학적 조성의 이성질체들의 총량이 범위를 구성할 수 있다는 것이 이해되어야.

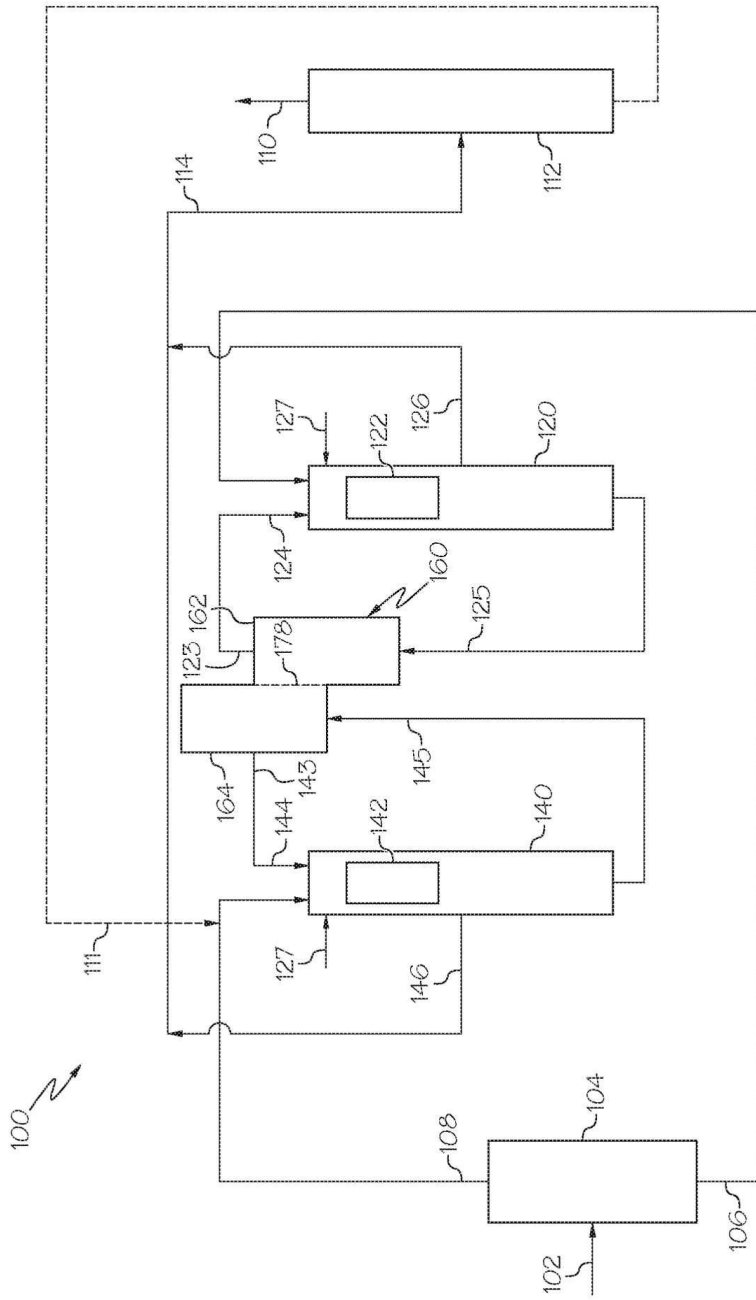
[0138] 본 개시의 발명 대상을 상세히 그리고 특정 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 본 개시에 설명되는 다양한 상세들은 특정 요소가 본 설명을 동반하는 도면 각각에 예시되는 경우들에서도, 이들 상세들이 본 개시에서 설명되는 다양한 실시예들의 필수 구성요소들과 관련되어 있음을 암시하는 것으로 해석되지 않아야 한다는 점이 주목된다. 오히려, 여기에 첨부되는 청구항들은 본 개시의 폭 및 본 개시에 설명되는 다양한 실시예들의 대응하는 범위의 유일한 표현으로서 해석되어야 한다. 또한, 다양한 수정들 및 변형들은 청구된 발명 대상의 사상 및 범위로부터 벗어나는 것 없이 설명된 실시예들에 이루어질 수 있다는 것이 당업자에게 명백해야 한다. 따라서, 명세서는 그러한 수정 및 변형들이 첨부된 청구항들 및 그들의 등가물들의 범위 안에 있으면 다양한 설명된 실시예들의 수정들 및 변형들을 커버하는 것으로 의도된다.

도면

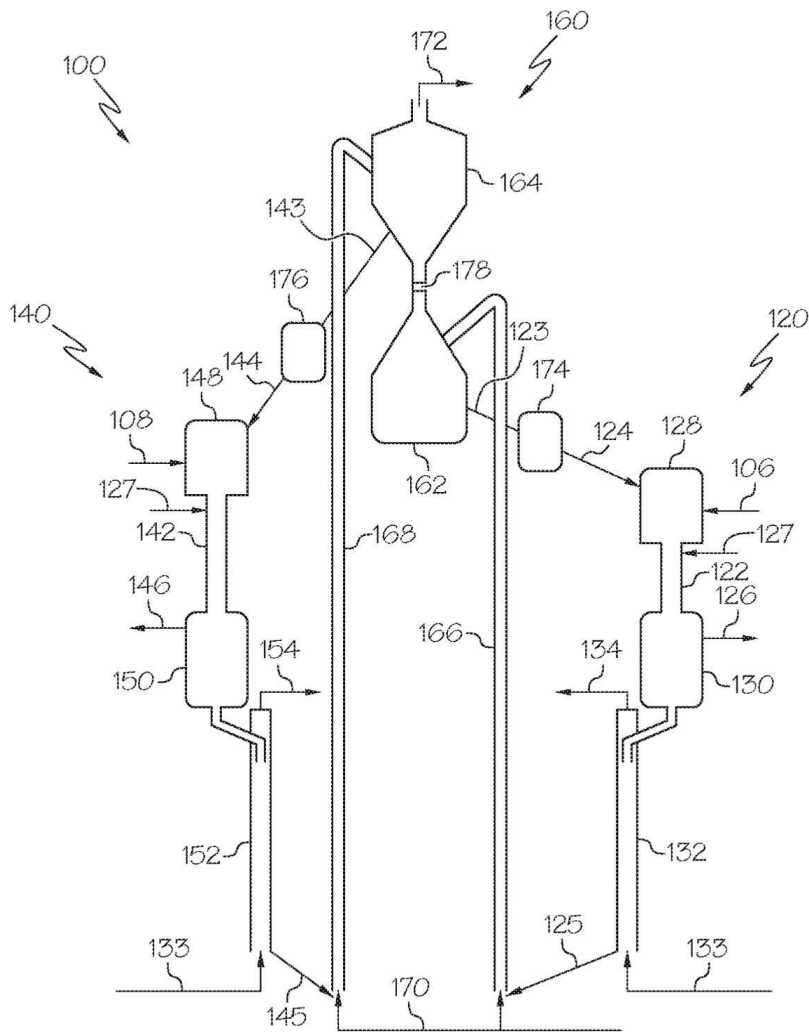
도면1



도면2



도면3



도면4

