



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월06일
(11) 등록번호 10-2574536
(24) 등록일자 2023년08월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10G 11/05 (2006.01) B01J 29/80 (2006.01)
C10G 11/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C10G 11/05 (2013.01)
B01J 29/80 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-7027647
(22) 출원일자(국제) 2018년02월16일
심사청구일자 2021년02월16일
(85) 번역문제출일자 2019년09월20일
(65) 공개번호 10-2019-0116493
(43) 공개일자 2019년10월14일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/018494
(87) 국제공개번호 WO 2018/156431
국제공개일자 2018년08월30일
(30) 우선권주장
62/462,691 2017년02월23일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP2015528740 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
사우디 아라비안 오일 컴퍼니
사우디 아라비아 31311 다란 포스트 오피스 박스 5000
(72) 발명자
아카 아론 치
사우디 아라비아 31311 다란 포스트 오피스 박스 5000 사우디 아라비안 오일 컴퍼니 내
아킬리 아나스 살레
사우디 아라비아 31311 다란 포스트 오피스 박스 5000 사우디 아라비안 오일 컴퍼니 내
(74) 대리인
장훈

전체 청구항 수 : 총 16 항

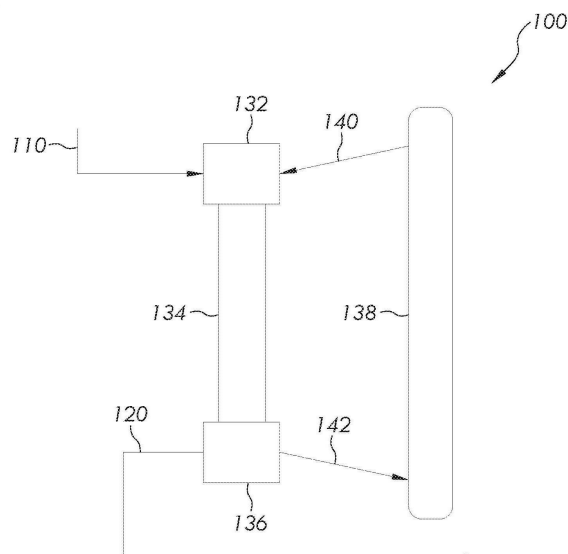
심사관 : 임병서

(54) 발명의 명칭 크래킹 촉매를 사용하여 탄화수소 스트림을 크래킹하기 위한 시스템 및 방법

(57) 요약

하나 이상의 구현예들에 따르면, 탄화수소 공급 스트림은 반응기 유닛에서 상기 탄화수소 공급 스트림을 크래킹 촉매와 접촉시키는 것을 포함하는 방법에 의해 크래킹할 수 있다. 상기 탄화수소 공급 스트림은 적어도 40도의 API 중력을 가질 수 있다. 상기 크래킹 촉매는 하나 이상의 바인더 물질, 하나 이상의 매트릭스 물질과 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 포함할 수 있다.

대표도



(52) CPC특허분류

C10G 11/18 (2013.01)

B01J 2229/186 (2013.01)

B01J 2229/20 (2013.01)

B01J 2229/26 (2013.01)

B01J 2229/42 (2013.01)

C10G 2400/20 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110089367 A

KR1020140060558 A

US08067656 B2

US08920755 B2

W02011015664 A2

W02016094183 A2

KR1020090049616 A*

KR1020140090597 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

탄화수소 공급 스트림을 크래킹하기 위한 방법으로서, 상기 방법은,

200℃ 내지 400℃의 분별 온도에서 원유를 분별하여, 상기 탄화수소 공급 스트림을 형성하는 단계; 및

반응기 유닛에서 상기 탄화수소 공급 스트림을 크래킹 촉매와 접촉시키는 단계로서, 상기 탄화수소 공급 스트림이 적어도 40도의 API 중력을 가지며, 상기 크래킹 촉매가,

총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양의 하나 이상의 바인더 물질;

총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 65 wt.%의 양의 하나 이상의 매트릭스 물질; 및

총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양의 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 포함하고, 상기 크래킹 촉매 내의 총 제올라이트의 적어도 95 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트이고,

상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 1 wt.% 미만의 전이금속을 포함하는, 상기 접촉 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 탄화수소 공급 스트림이 45도 내지 65도의 API 중력을 갖는, 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 오일에 대한 촉매의 중량비가 7 내지 10인, 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 탄화수소 공급 스트림을 상기 크래킹 촉매와 접촉시켜, 에틸렌, 프로필렌 및 부텐으로부터 선택되는 경질 올레핀을 적어도 20 wt.% 포함하는 생산물 스트림을 생성하는, 방법.

청구항 5

탄화수소 공급 스트림을 크래킹하기 위한 방법으로서, 상기 방법은,

200℃ 내지 400℃의 분별 온도에서 원유를 분별하여, 상기 탄화수소 공급 스트림을 형성하는 단계; 및

반응기 유닛에서 상기 탄화수소 공급 스트림을 크래킹 촉매와 접촉시키는 단계로서, 상기 탄화수소 공급 스트림이 적어도 40도의 API 중력을 가지며, 상기 크래킹 촉매가,

총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양의 하나 이상의 바인더 물질;

총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 65 wt.%의 양의 하나 이상의 매트릭스 물질;

총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양의 *BEA 프레임워크형 제올라이트; 및

총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양의 MFI 프레임워크형 제올라이트를 포함하고,

상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 98 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트, MFI 프레임워크형 제올라이트 또는 *BEA 프레임워크형 제올라이트와 MFI 프레임워크형 제올라이트의 조합이고,

상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 1 wt.% 미만의 전이금속을 포함하는, 상기 접촉 단계를 포함하는, 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 크래킹 촉매 내의 총 제올라이트의 적어도 99 wt.%가, *BEA 프레임워크형 제올라이트, MFI 프레임워크형 제올라이트, 또는 *BEA 프레임워크형 제올라이트와 MFI 프레임워크형 제올라이트의 조합인, 방법.

청구항 7

제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 탄화수소 공급 스트림이 원유 공급 원료의 경질 유분인, 방법.

청구항 8

제5항 또는 제6항에 있어서, 오일에 대한 촉매의 중량비가 7 내지 10인, 방법.

청구항 9

제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 경질 탄화수소 스트림을 상기 크래킹 촉매와 접촉시켜, 에틸렌, 프로필렌 및 부텐으로부터 선택되는 경질 올레핀을 적어도 20 wt.% 포함하는 생산물 스트림을 생성하는, 방법.

청구항 10

탄화수소 공급 스트림을 크래킹하기 위한 시스템으로서, 상기 시스템은,

반응기;

상기 반응기로 유입되는 탄화수소 공급 스트림으로서, 상기 탄화수소 공급 스트림은 적어도 40도의 API 중력을 갖고, 상기 탄화수소 공급 스트림은 원유 공급 원료의 유분인, 상기 탄화수소 공급 스트림;

상기 반응기로부터 배출되는 생산물 스트림; 및

적어도 상기 반응기에 위치되는 크래킹 촉매로서, 상기 크래킹 촉매가,

총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양의 하나 이상의 바인더 물질;

총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 65 wt.%의 양의 하나 이상의 매트릭스 물질; 및

총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양의 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 포함하고, 상기 크래킹 촉매 내의 총 제올라이트의 적어도 95 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트이고,

상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 1 wt.% 미만의 전이금속을 포함하는, 상기 크래킹 촉매를 포함하는, 시스템.

청구항 11

삭제

청구항 12

제10항에 있어서, 상기 탄화수소 공급 스트림이 45도 내지 65도의 API 중력을 갖는, 시스템.

청구항 13

제10항에 있어서, 상기 크래킹 촉매 내의 총 제올라이트의 양이, 상기 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 50 wt.%인, 시스템.

청구항 14

제10항에 있어서, 상기 크래킹 촉매가 5 wt.% 내지 25 wt.%의 MFI 프레임워크형 제올라이트를 추가로 포함하는, 시스템.

청구항 15

제5항 또는 제6항에 있어서, 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 0.5 wt.% 미만의 전이금속을 포함하는, 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 탄화수소 공급 스트림이 원유인, 방법.

청구항 18

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 30 wt.% 양인, 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원에 대한 상호 참조 사항

[0002] 본 출원은 2017년2월23일자로 출원된 미국 가특허 출원번호 62/462,691의 우선권을 주장하며, 상기 출원의 모든 내용은 본 명세서에 참조로서 포함된다.

[0003] 본 개시내용은 탄화수소의 크래킹에 관한 것으로, 보다 특별하게는 제올라이트-함유 촉매계에 의해 경질 탄화수소 스트림을 크래킹하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0004] 에틸렌, 프로필렌과 부텐과 같은 경질 올레핀은 대부분의 석유화학산업에서 사용되는 기초 중간체이다. 이들은 주로 석유 가스 및 나프타, 등유 또는 나아가 경유와 같은 증유물(distillate) 열 크래킹(때로는 "증기 열분해" 또는 "증기 크래킹"이라고 함)을 통해 얻어진다. 그러나 이들 기초 중간체 화합물에 대한 수요가 증가함에 따라 석유 가스와 유분을 공급 원료로 사용하는 전통적인 열 크래킹 공정을 넘어 다른 생산 공급원들을 생각해야 한다.

[0005] 이들 중간체 화합물은 경유 또는 잔사유와 같은 중질 공급 원료를 전환시키는 정제 유동 접촉 분해(FCC) 공정을 통해 생산할 수도 있다. 예를 들어 프로필렌 생산을 위한 중요한 공급원은 경유 또는 잔사유와 같은 유분 공급 원료의 크래킹으로부터 나오는 정제 프로필렌이다. 그러나 이들 공급 원료는 일반적으로 제한적이며 정유소 내에서 고비용이면서 에너지 집약적인 여러 공정단계로부터 나온다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서 부텐과 같은 이들 중간체 석유화학 제품에 대한 계속 늘어나는 수요에 맞춰 원유 또는 원유 스트림의 일부와 같은 다른 유형의 공급 재료로부터 이들 중간체 화합물을 생산하는 공정과 촉매계에 대한 요구가 있어 왔다. 본 개시내용은 초경질 원유 또는 초경질 원유의 일부와 같은 공급 원료 연료의 직접 전환에 의해 이들 중간체 화합물(본 개시내용에서 때로는 "시스템 제품"이라고 함)을 생산하기 위한 공정 및 크래킹 촉매에 관한 것이다. 예를 들어 몇몇 구현예에서, 원유 스트림은 2개 이상의 유분(fraction)으로 나누어질 수 있고, 적어도 경질 유분(즉, 평균 비점이 더 높은 유분)은 본 명세서에 개시된 촉매 조성물과의 접촉에 의해 처리될 수 있다. 초경질 원유와 같은 원유 공급 원료의 경질 유분으로부터의 경질 올레핀의 전환은 상기 공급 원료의 더욱 광범위한 이용 가능성, 더 적은 처리 소요 비용 또는 이 두 가지 모두로 인해 이들 중간체 화합물을 생산하는 데 있어 다른 공급 원료에 비해 실익이 있을 수 있다. 그러나 경질 탄화수소를 경질 올레핀으로 선택 전환시키기 위해서는 새로운 크래킹 촉매가 요구된다.

과제의 해결 수단

[0007] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 탄화수소 공급 스트림은 반응기 유닛에서 상기 탄화수소 공급 스트림을 크래킹 촉매와 접촉시키는 것을 포함하는 방법에 의해 크래킹할 수 있다. 상기 탄화수소 공급 스트림은 적어도 40도의 API 중력을 가질 수 있다. 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 중량 퍼센트(wt.%) 내지 35 wt.%의 양으로 하나 이상의 바인더 물질, 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 65 wt.%의 양으로 하나 이상의 매트릭스 물질 및 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 *BEA 프레임워크형(framework type) 제올라이트를 포함하되 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 80 wt.%는 *BEA 프레임워크형 제올라이트일 수 있다.

[0008] 또 다른 구현예에 따르면, 탄화수소 공급 스트림을 크래킹하기 위한 시스템은 반응기, 반응기로 유입되는 탄화수소 공급 스트림, 반응기로부터 배출되는 생산물 스트림 및 적어도 반응기에 위치되는 크래킹 촉매를 포함할 수 있다. 상기 탄화수소 공급 스트림은 적어도 40도의 API 중력을 가질 수 있다. 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로 하나 이상의 바인더 물질, 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 65 wt.%의 양으로 하나 이상의 매트릭스 물질 및 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 포함하되 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 80 wt.%는 *BEA 프레임워크형 제올라이트일 수 있다.

[0009] 또 다른 구현예에 따르면, 탄화수소 공급 스트림은 반응기 유닛에서 상기 탄화수소 공급 스트림을 크래킹 촉매와 접촉시키는 것을 포함하는 방법에 의해 크래킹할 수 있다. 상기 탄화수소 공급 스트림은 적어도 40도의 API 중력을 가질 수 있다. 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 30 wt.%의 양으로 하나 이상의 바인더 물질, 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 60 wt.%의 양으로 하나 이상의 매트릭스 물질, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 *BEA 프레임워크형 제올라이트 및 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 MFI 프레임워크형 제올라이트를 포함할 수 있다.

[0010] 또 다른 구현예에 따르면, 탄화수소 공급 스트림을 크래킹하기 위한 시스템은 반응기, 반응기로 유입되는 탄화수소 공급 스트림, 반응기로부터 배출되는 생산물 스트림 및 적어도 반응기에 위치되는 크래킹 촉매를 포함할 수 있다. 상기 탄화수소 공급 스트림은 적어도 40도의 API 중력을 가질 수 있다. 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 30 wt.%의 양으로 하나 이상의 바인더 물질, 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 60 wt.%의 양으로 하나 이상의 매트릭스 물질, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 *BEA 프레임워크형 제올라이트 및 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 MFI 프레임워크형 제올라이트를 포함할 수 있다.

[0011] 본 개시내용에 기재되어 있는 기술의 추가 특징과 이점들은 후술하는 상세한 설명에서 설명될 것이며, 부분적으로는 상세한 설명으로부터 당업자에게 명백하거나 아래의 상세한 설명, 청구범위뿐 아니라 첨부 도면을 포함한 본 개시내용에 기재되어 있는 기술을 실시함으로써 알게 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0012] 이하, 본 개시내용의 특정 구현예들의 상세한 설명은 아래의 도면과 함께 판단할 때 가장 잘 이해될 수 있으며, 도면에서 동일한 구조는 동일한 참조번호로 표시되어 있다:

도 1은 본 개시내용에 기재되어 있는 하나 이상의 구현예들에 따른 유동 접촉 분해 반응기 유닛의 일 구현예의 일반화된 개략도를 도시하고 있고;

도 2는 아랍 초경질 원유 유분의 일례에 대한 비점 데이터를 도시하고 있다.

도 3은 본 개시내용에 기재되어 있는 하나 이상의 구현예들에 따른 유동 접촉 분해 반응기 유닛의 일 구현예의 또 다른 일반화된 개략도를 도시하고 있고; 그리고

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 도 1에는 단순화된 개략적인 예시와 설명을 기술하고자 소정의 화학 처리 공정에서 채용될 수 있고 당업자에게 잘 알려져 있는 다수의 밸브, 온도 센서, 전자 제어기 등은 포함되어 있지 않다. 또한 정제와 같은 종래의 화학 처리 공정에 종종 포함되는, 예를 들어 공기 공급부, 촉매 호퍼와 배기가스 처리부와 같이 수반되는 부품들은 도시하고 있지 않다. 이들 부품은 개시된 본 구현예들의 사상과 범위 내인 것으로 이해되어야 한다. 그러나 예를 들면 본 개시내용에 되어 있는 것들과 같은 공정 부품들을 본 개시내용에 기재되어 있는 구현예들에 추가될 수 있다.

[0014] 또한 도면에서 화살표는 공정 스트림을 나타내는 것임을 명심해야 한다. 그러나 화살표는 2개 이상의 시스템 부품들 간 공정 증기를 이송하는 역할을 할 수 있는 이송 라인을 동등하게 나타낼 수 있다. 추가로 시스템 부품들을 연결하는 화살표는 각각의 주어진 시스템 부품 내 입구 또는 출구를 정의한다. 화살표 방향은 일반적으로 화살표가 나타내는 물리적 이송 라인 내 포함된 스트림의 물질들의 주 이동방향에 해당하는 것이다. 또한 2개 이상의 시스템 부품을 연결하지 않는 화살표는 도시된 시스템으로부터 배출되는 생산물 스트림 또는 도시된 시스템으로 유입되는 시스템 유입 스트림을 나타낸다. 생산물 스트림은 해당 화학 처리 시스템에서 더 처리되거나 최종 제품으로서 판매될 수 있다. 시스템 유입 스트림은 해당 화학 처리 시스템으로부터 이송되는 스트림이거나 미처리 공급 원료 스트림일 수 있다.

[0015] 추가로, 도면에서 화살표는 하나의 시스템 부품으로부터 또 다른 시스템 부품으로 스트림을 이송하는 처리 단계를 개략적으로 나타낼 수 있다. 예를 들어 하나의 시스템 부품으로부터 또 다른 시스템 부품으로 향하는 화살표는 시스템 부품 배출물을 또 다른 시스템 부품으로 보내는 것을 나타낼 수 있으며, 이는 하나의 시스템 부품으로부터 공정 스트림의 내용물을 "배출" 또는 "제거"하는 것과 해당 생산물 스트림의 내용물을 또 다른 시스템 부품으로 "도입"하는 것을 포함할 수 있다.

[0016] 이하, 다양한 구현예에 대해 보다 상세하게 언급할 것이며, 이들 구현예 중 일부는 첨부 도면에 도시되어 있다. 가능한 한, 도면 전체에 걸쳐 동일하거나 유사한 부품들을 나타내기 위해 동일한 도면 부호를 사용할 것이다.

[0017] 상세한 설명

[0018] 본 개시내용에는 원유 또는 원유 스트림의 유분과 같은 탄화수소 공급 스트림을 에틸렌, 프로필렌 또는 부텐 중 하나 이상을 포함하는 스트림과 같은 석유 화학 제품으로 처리하기 위한 시스템 및 방법의 다양한 구현예들이 기재되어 있다. 일반적으로 상기 탄화수소 공급 스트림의 처리는 탄화수소 공급 스트림을 크래킹 촉매와 접촉시킴으로써 탄화수소 공급 스트림을 크래킹하는 것을 포함할 수 있다. 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 탄화수소 공급 스트림은 초경질 원유의 경질 유분과 같은 비교적 경질인 원유를 포함할 수 있다. 상기 크래킹 촉매는 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 포함할 수 있다. 추가 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 *BEA 프레임워크형 제올라이트(예를 들어 제올라이트 Beta이지만, 이에 한정되는 것은 아님) 및 MFI 프레임워크형 제올라이트(예를 들어 ZSM-5이지만, 이에 한정되는 것은 아님)를 포함하는 제올라이트 혼합물을 포함할 수 있다. *BEA와 MFI는 국제순수응용화학연합(IUPAC)에서 규정한 이들 각각의 3개의 문자 코드로 식별되는 제올라이트 프레임워크형을 지칭하는 것으로 이해되어야 한다. 상기 제올라이트 외에도 상기 크래킹 촉매는 예를 들면 하나 이상의 매트릭스 물질, 하나 이상의 바인더 물질 또는 이 두 가지 물질 모두와 같이 다른 물질들을 포함할 수 있지만 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 크래킹 촉매는 탄화수소 공급 스트림을 하나 이상의 건조 가스(즉, 수소 가스, 메탄과 에탄 중 하나 이상), 액화 석유 가스(즉, 프로판과 부탄 중 하나 이상), 경질 올레핀(즉, 에틸렌, 프로필렌과 부텐 중 하나 이상), 가솔린(즉, 알칸, 시클로알칸과 올레핀을 포함하여 분자 당 4 내지 12개의 탄

소를 가진 탄화수소) 또는 코크스를 포함할 수 있지만 이들에 한정되지 않는 생산물 스트림으로 전환시킬 수 있다. 상기 공급 스트림의 모든 탄화수소가 크래킹 촉매에 의해 크래킹되는 것은 아니며, 일반적으로 공급물 중 주로 상대적으로 중질인 성분들이 크래킹되는 것으로 이해해야 한다.

[0019] 본 개시내용에 기재되어 있는 몇몇 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매와의 접촉에 의해 생산물 스트림으로 전환되는 탄화수소 공급 스트림은 아랍 초경질 원유 또는 유사한 성질을 가진 또 다른 원유와 같이 상대적으로 경질인 원유의 유분과 같이 원유 스트림의 유분을 포함하거나 또는 실질적으로 상기 유분으로 이루어져 있거나 또는 전적으로 상기 유분으로 이루어져 있을 수 있다. 예를 들어, 상기 탄화수소 공급 스트림은 비교적 큰 미국 석유협회(API) 중력을 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 탄화수소 공급 스트림의 API 중력은 적어도 30도, 적어도 40도 또는 나아가 적어도 50도일 수 있다. 예를 들어, 일 구현예에서, 상기 탄화수소 공급 스트림은 아랍 초경질 원유의 경질 유분을 포함하는바, 상기 아랍 초경질 원유의 경질 유분의 내용물 중 어느 하나의 최대 비점은 200℃ 내지 400℃이다(이에 따라 상기 원유는 200℃ 내지 400℃의 온도에서 분별됨). 본 개시내용에 기재되어 있는 바와 같이, "원유"는 각각의 공급원으로부터 채굴 후 최소 처리되거나 전혀 처리되지 않은 연료를 의미한다. 예를 들어 원유는 수소 처리와 같이 황, 중금속, 질소 또는 방향족 화합물 중 하나 이상과 같은 원치 않는 오염물의 일부 또는 완전 제거와 같이 최소 처리된 탄화수소 공급 원료를 포함할 수 있다. 추가로, 본 명세서에 기재되어 있는 몇몇 구현예들은 원유 공급 원료의 크래킹에 관한 것이고, 다른 구현예들은 원유 공급 원료 또는 일부 정제된 탄화수소 공급 원료의 유분의 크래킹에 관한 것일 수 있음을 이해하여야 한다.

[0020] 이론에 국한되지 않고 상기 크래킹 촉매에서 제올라이트 Beta와 같은 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 사용하면 경질 올레핀의 수율이 증대된 생산물 스트림으로 탄화수소 공급 스트림의 전환을 촉진하는 것으로 판단된다. 예를 들어 제올라이트 Beta의 사용은 원유 공급 원료의 경질 구성성분으로부터 프로필렌의 형성을 촉진시킬 수 있다. 예를 들어 제올라이트 Beta를 단독으로 또는 ZSM-5와 같은 하나 이상의 다른 제올라이트와 함께 사용하면 원유 공급 원료의 경질분으로부터 경질 올레핀의 형성을 촉진시킬 수 있다. 또한 이론에 국한되지 않고 제올라이트 Beta는 낮은 수소 이동 활성 때문에 올레핀 생성에 대한 경향성이 더 큰 것으로 믿어지는바, 여기서 제올라이트 Beta는 제올라이트 Beta의 표면 상에 존재하는 프레임워크 알루미늄과 결합된 히드록시기의 더 강한 산성도(acidity)로 인해 제올라이트 Y보다는 더 활성일 수 있다. 제올라이트 Beta는 또한 침착된 금속 오염물이 존재하는 상태에서 가혹한 접촉 분해 공정 조건을 견딜 수 있고, 제올라이트 Y와 같은 다른 몇몇 제올라이트보다 바나듐 침착에 대한 수열 안정성과 내성이 더 높을 수 있다. 몇몇 구현예들에서, 제올라이트 Y 대비 제올라이트 Beta의 또 다른 장점은 제올라이트 Y가 1.5 내지 3.0의 제한된 실리카 대 알루미나 비를 갖는 반면에 제올라이트 Beta는 5 내지 100의 범위에 있거나 나아가 100을 넘을 수 있다. 추가 구현예들에서, 제올라이트 Beta의 사용은 생산 가솔린의 옥탄가를 향상시킬 수 있고 더 높은 알킬레이트 수율을 제공할 수 있다.

[0021] 본 명세서에 개시된 크래킹 촉매의 구현예들은 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 포함할 수 있다. 일 구현예에서, 상기 크래킹 촉매에 존재하는 비교적 많은 양의 제올라이트는 *BEA 프레임워크형 제올라이트이다. 예를 들어, 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 80 wt.%는 제올라이트 Beta와 같은 *BEA 프레임워크형 제올라이트일 수 있거나, 총 제올라이트의 적어도 99 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트일 수 있다. 또 다른 구현예에서, *BEA 프레임워크형 제올라이트 외에 상기 크래킹 촉매는 MFI 프레임워크형 제올라이트를 포함한다. 몇몇 구현예들에서, 총 제올라이트의 적어도 99 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트와 MFI 프레임워크형 제올라이트 중 하나 이상이거나 이 둘 모두의 조합이다.

[0022] 본 개시내용에서 사용하고 있는 "크래킹 촉매"는 크래킹 화학 반응의 속도를 증가시키는 임의의 물질을 지칭한다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 "크래킹"은 일반적으로 탄소-탄소 결합을 가진 분자가 상기 탄소-탄소 결합 중 하나 이상을 분해하여 하나가 넘는 분자로 쪼개지거나 방향족 화합물과 같이 고리 부분을 포함하는 화합물로부터 고리 부분을 포함하지 않거나 또는 크래킹 전보다 더 적은 수의 고리 부분을 함유하는 화합물로 전환되는 화학 반응을 의미한다. 그러나 크래킹 촉매가 반응물의 크래킹을 촉진시킨다 하더라도, 크래킹 촉매는 크래킹 작용에 한정되는 것은 아니며 몇몇 구현예들에서는 다른 반응들을 촉진시키도록 작동할 수 있다.

[0023] 본 개시내용에 기재되어 있는 바와 같이, 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 하나 이상의 제올라이트 조성물을 포함한다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 제올라이트 조성물은 특정 제올라이트의 프레임워크 구조를 갖고 특정 물질 조성을 가진 제올라이트를 의미한다. 따라서 제올라이트 조성물은 프레임워크 구조, 조성 또는 이 2개 모두에 의해 상호간 다를 수 있다. 제올라이트 조성물은 MFI 프레임워크형 제올라이트(ZSM-5 제올라이트와 같은) 또는 *BEA 프레임워크형 제올라이트(제올라이트 Beta와 같은)와 같은 "제올라이트 유형들"로 나눌 수 있고, 이에 대해 본 개시내용에서 후술하기로 한다. 모든 제올라이트 유형들을 합쳐 "총 제올라이트"를 이른다. 몇몇 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트는 크래킹 촉매의 10 wt.%

내지 50 wt.%일 수 있다. 예를 들어 구현예들에서, 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트는 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 15 wt.%, 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%, 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 25 wt.%, 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 30 wt.%, 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 35 wt.%, 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 40 wt.%, 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 45 wt.%, 크래킹 촉매의 15 wt.% 내지 50 wt.%, 크래킹 촉매의 20 wt.% 내지 50 wt.%, 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 50 wt.%, 크래킹 촉매 30 wt.% 내지 50 wt.%, 크래킹 촉매의 35 wt.% 내지 50 wt.%, 크래킹 촉매의 40 wt.% 내지 50 wt.%, 또는 크래킹 촉매의 45 내지 50 wt.%일 수 있다.

[0024] 하나 이상의 구현예들에서, 상기 촉매 조성물은 제올라이트 Beta와 같은 하나 이상의 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 포함할 수 있다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 "제올라이트 Beta"는 IUPAC 제올라이트 명명법에 따라 *BEA 프레임워크 유형이며 실리카와 알루미늄으로 이루어진 제올라이트를 의미한다. 상기 제올라이트 Beta에서 실리카 대 알루미늄의 몰비는 적어도 10, 적어도 25 또는 나아가 적어도 100일 수 있다. 예를 들어, 상기 제올라이트 Beta에서 실리카 대 알루미늄의 몰비는 25 내지 300과 같이 5 내지 500일 수 있다. 상업적으로 입수 가능한 제올라이트 Beta의 예는 CP814C, CP814E와 CP811C-300(Zeolyst International사 제조)을 포함한다. 상기 제올라이트 Beta는 H-Beta 형태일 수 있다. H-Beta는 하소를 통해 암모니아-Beta($\text{NH}_4\text{-Beta}$)로부터 통상적으로 유도되는 제올라이트 Beta의 산성 형태를 말한다. 하나 이상의 구현예들에서, 상기 제올라이트 Beta는 인산(H_3PO_4)과의 직접 반응 또는 인산수소암모늄($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$)에 함침시켜 안정화될 수 있다.

[0025] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트는 오산화인(P_2O_5)과 같은 인 산화물과 같이 하나 이상의 인-함유 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트는 하나 이상의 인-함유 화합물을 예를 들어 *BEA 프레임워크형 제올라이트의 총량의 5 wt.% 내지 10 wt.%의 양과 같이 *BEA 프레임워크형 제올라이트의 총량의 1 wt.% 내지 20 wt.%의 양으로 포함할 수 있다. 추가 구현예들에 따르면, *BEA 프레임워크형 제올라이트 총량의 일부로서 인-함유 화합물의 양은 *BEA 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 18 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 16 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 14 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 12 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 10 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 8 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 6 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 4 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 2 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 2 wt.% 내지 20 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 4 wt.% 내지 20 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 6 wt.% 내지 20 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 8 wt.% 내지 20 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 10 wt.% 내지 20 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 12 wt.% 내지 20 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 14 wt.% 내지 20 wt.%, *BEA 프레임워크형 제올라이트의 16 wt.% 내지 20 wt.% 또는 *BEA 프레임워크형 제올라이트의 18 wt.% 내지 20 wt.%일 수 있다.

[0026] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 *BEA 프레임워크형 제올라이트의 양을 포함할 수 있다. 예를 들어 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 40 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 30 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 25 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 20 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 15 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 10 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 15 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 20 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 35 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 또는 총 크래킹 촉매의 40 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 포함할 수 있다. 추가 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 15 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로, 총 크래킹 촉매의 20 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로 또는 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 포함할 수 있다.

[0027] 하나 이상의 구현예들에서, 상기 촉매 조성은 ZSM-5와 같은 하나 이상의 MFI 프레임워크형 제올라이트를 포함할 수 있다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 "ZSM-5"는 IUPAC 제올라이트 명명법에 따라 MFI 프레임워크 유형이고 실리카와 알루미늄으로 이루어진 제올라이트를 의미한다. ZSM-5는 "Zeolite Socony Mobil-5"를 지칭하며, 화학식 $\text{Na}_n\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192} \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ (식중 $0 < n < 27$)으로 나타낼 수 있는 펜타실 계열의 제올라이트이다. 하나 이상의 구현예들에 따르면, ZSM-5에서 실리카 대 알루미늄의 몰비는 적어도 20일 수 있다. 예를 들어, 제올라이트 Y에서 실리카 대 알루미늄의 몰비는 5 내지 30, 12 내지 30 또는 5 내지 80과 같이 적어도 5, 적어도 12 또는 나아가 적어도 30일 수 있다. 상업적으로 입수 가능한 제올라이트 ZSM-5의 예는 CBV2314, CBV3024E, CBV5524G와

CBV28014(Zeolyst International사로부터 구입가능)를 포함한다.

- [0028] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트는 오산화인(P_2O_5)과 같은 인 산화물과 같이 하나 이상의 인-함유 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들면, 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트는 MFI 프레임워크형 제올라이트의 총량의 5 wt.% 내지 10 wt.%의 양과 같이 MFI 프레임워크형 제올라이트의 총량의 1 wt.% 내지 20 wt.%의 양으로 하나 이상의 인-함유 화합물을 포함할 수 있다. 추가 구현예들에 따르면, MFI 프레임워크형 제올라이트 총량의 일부로서 인-함유 화합물의 양은 MFI 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 18 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 16 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 14 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 12 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 10 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 8 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 6 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 4 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 1 wt.% 내지 2 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 2 wt.% 내지 20 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 4 wt.% 내지 20 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 6 wt.% 내지 20 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 8 wt.% 내지 20 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 10 wt.% 내지 20 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 12 wt.% 내지 20 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 14 wt.% 내지 20 wt.%, MFI 프레임워크형 제올라이트의 16 wt.% 내지 20 wt.% 또는 MFI 프레임워크형 제올라이트의 18 wt.% 내지 20 wt.%일 수 있다.
- [0029] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 MFI 프레임워크형 제올라이트의 양을 포함할 수 있다. 예를 들어 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 40 wt.%, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 30 wt.%, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 25 wt.%, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 20 wt.%, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 15 wt.%, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 10 wt.%, 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 45 wt.%, 총 크래킹 촉매의 15 wt.% 내지 45 wt.%, 총 크래킹 촉매의 20 wt.% 내지 45 wt.%, 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 45 wt.%, 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 45 wt.%, 총 크래킹 촉매의 35 wt.% 내지 45 wt.% 또는 총 크래킹 촉매의 40 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 MFI 프레임워크형 제올라이트 촉매를 포함할 수 있다. 추가 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 30 wt.%, 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 10 wt.% 또는 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 15 wt.%의 양으로 MFI 프레임워크형 제올라이트를 포함할 수 있다.
- [0030] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트와 *BEA 프레임워크형 제올라이트 중 하나 이상은 전이금속이 실질적으로 없을 수 있다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 바와 같이, 소정의 물질이 소정의 화합물을 1 wt.% 이하로 포함하는 경우에 상기 물질에는 상기 화합물이 "실질적으로 없다". 예를 들어, 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트와 *BEA 프레임워크형 제올라이트 중 하나 이상은 1 wt.%, 0.5 wt.%, 0.3 wt.%, 0.1 wt.%, 0.01 wt.% 또는 나아가 0.001 wt.% 이하의 전이금속으로 이루어질 수 있다. 본 개시내용에 기재되어 있는 바와 같이, 전이금속은 스칸듐, 티탄, 바나듐, 크롬, 망간, 철, 코발트, 니켈, 구리, 아연, 이트륨, 지르코늄, 니오븀, 몰리브덴, 테크네튬, 루테튬, 로듐, 팔라듐, 은, 카드뮴, 하프늄, 탄탈, 텅스텐, 레늄, 오스뮴, 이리듐, 백금, 금, 수은, 루테튬, 디브늄, 시보르그륨, 보륨, 하슘, 마이트너륨, 다름슈타튬, 윈트게늄과 코페르니슘을 포함한다.
- [0031] 일 구현예에서, 상기 크래킹 촉매에는 상대적으로 많은 양의 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 존재할 수 있다. 예를 들어, 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 80 wt.%는 *BEA 프레임워크형 제올라이트일 수 있다. 다른 구현예들에서, 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 85 wt.%, 적어도 90 wt.%, 적어도 95 wt.%, 적어도 98 wt.%, 적어도 99 wt.%, 적어도 99.5 wt.%, 또는 나아가 적어도 99.9 wt.%는 *BEA 프레임워크형 제올라이트일 수 있다.
- [0032] 또 다른 구현예에서, *BEA 프레임워크형 제올라이트와 MFI 프레임워크형 제올라이트는 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 다량을 구성하거나 또는 몇몇 구현예에서는 거의 전부를 구성한다. 예를 들어, 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 99 wt.%는 *BEA 프레임워크형 제올라이트와 MFI 프레임워크형 제올라이트 중 하나 이상일 수 있다. 이는 MFI 프레임워크형 제올라이트인 모든 제올라이트 화합물과 *BEA 프레임워크형 제올라이트인 모든 제올라이트 화합물의 양이 상기 크래킹 촉매에 존재하는 모든 제올라이트 화합물의 적어도 99 wt.%를 구성함을 의미한다. 추가로, 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 99 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트와 MFI 프레임워크형 제올라이트 중 하나 이상일 수 있는 몇몇 구현예들에서는 총 제올라이트의 적어도 80 wt.% 이상(적어도 85 wt.%, 적어도 90 wt.% 또는 나아가 95 wt.%와 같이)이 *BEA 프레임워크형 제올라이트이다.

- [0033] 하나 이상의 구현예들에서, 상기 촉매 조성물은 알루미늄-함유 화합물 또는 실리카-함유 화합물(알루미늄과 실리카를 함유하는 화합물 포함)과 같은 하나 이상의 바인더 물질을 포함할 수 있다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 "바인더 물질"은 미소구체 내 제올라이트와 매트릭스를 함께 "접착" 또는 아니면 고정시키는 역할을 할 수 있는 물질을 지칭한다. 바인더 물질은 촉매 입자의 내마모성(attrition resistance)을 향상시킬 수 있다. 상기 바인더 물질은 알루미늄(무정형 알루미늄과 같은), 실리카-알루미늄(무정형 실리카-알루미늄과 같은) 또는 실리카(무정형 실리카와 같은)를 포함할 수 있다. 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 바인더 물질은 의사 보에마이트(pseudoboehmite)를 포함할 수 있다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 "의사 보에마이트"는 결정성 보에마이트로 이루어진 화학 조성이 $\text{AlO}(\text{OH})$ 인 알루미늄-함유 화합물을 지칭한다. 적합한 의사 보에마이트는 남아프리카 요하네스버그의 Sasol Limited로부터 상업적으로 입수 가능한 CATAPAL® 알루미늄들을 포함한다. 보에마이트는 또한 산화알루미늄 수산화물도 의미하지만, 의사 보에마이트는 일반적으로 보에마이트보다 더 많은 양의 물을 갖고 있다. 의사 보에마이트와 같은 바인더 물질은 질산(" HNO_3 ") 또는 염산(" HCl ")과 같은 일-양성자산과 같은 산으로 해교(peptize)될 수 있다.
- [0034] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 상기 하나 이상의 바인더 물질을 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로 포함할 수 있다. 예를 들어 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 25 wt.%, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 20 wt.%, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 15 wt.%, 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 10 wt.%, 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 35 wt.%, 총 크래킹 촉매의 15 wt.% 내지 35 wt.%, 총 크래킹 촉매의 20 wt.% 내지 35 wt.% 또는 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로 바인더 물질을 포함할 수 있다. 추가 구현예들에 따르면, 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 12 wt.% 내지 18 wt.% 또는 총 크래킹 촉매의 14 wt.% 내지 16 wt.%와 같이 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%의 양으로 바인더 물질을 포함할 수 있다. 하나 이상의 구현예들에서, 상기 크래킹 촉매는 개시된 wt.% 범위의 양으로 어느 하나의 개시된 소정의 바인더 물질을 포함할 수 있는 것으로 이해해야 한다. 추가 구현예들에서, 상기 크래킹 촉매는 개시된 wt.% 범위의 양으로 2종 이상의 소정의 바인더 물질을 조합하여 포함할 수 있다.
- [0035] 하나 이상의 구현예들에서, 상기 촉매 조성물은 하나 이상의 매트릭스 물질을 포함할 수 있다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 "매트릭스 물질"은 카올린과 같은 점토 물질을 지칭할 수 있다. 이론에 국한되지 않고 상기 촉매의 매트릭스 물질은 물리적 및 촉매 작용을 모두 하는 것으로 믿어진다. 물리적 작용은 입자 보전성(integrity)과 내마모성을 제공하고, 열전달매로서 작용하며, 촉매 미세구체 내부로 또는 외부로 탄화수소가 확산되도록 하는 다공성 구조를 제공하는 것을 포함한다. 상기 매트릭스는 촉매 선택성, 제품 품질과 내독성에 영향을 줄 수도 있다. 상기 매트릭스 물질은 상대적으로 큰 분자를 직접적으로 수반하는 반응들에 대한 전반적인 촉매 특성에 가장 큰 영향을 발휘하는 경향이 있을 수 있다.
- [0036] 하나 이상의 구현예들에서, 상기 매트릭스 물질은 카올린을 포함한다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 "카올린"은 화학식 $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ 로 나타낼 수 있는 카올리나이트를 비교적 다량(예를 들어, 적어도 약 50 wt.%, 적어도 60 wt.%, 적어도 70 wt.%, 적어도 80 wt.%, 적어도 90 wt.% 또는 나아가 적어도 95 wt.%)으로 갖고 있는 점토 물질을 의미한다. 카올린은 때로는 "고령토(china clay)"라고 한다. 추가 구현예들에서, 상기 매트릭스 물질은 다른 점토 물질들을 포함할 수 있다.
- [0037] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 65 wt.%의 양으로 하나 이상의 매트릭스 물질을 포함한다. 예를 들어 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 55 wt.%, 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 50 wt.%, 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 45 wt.%, 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 40 wt.%, 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 35 wt.%, 총 크래킹 촉매의 35 wt.% 내지 65 wt.%, 총 크래킹 촉매의 40 wt.% 내지 65 wt.%, 총 크래킹 촉매의 45 wt.% 내지 65 wt.%, 총 크래킹 촉매의 50 wt.% 내지 65 wt.% 또는 총 크래킹 촉매의 55 wt.% 내지 65 wt.%의 양으로 매트릭스 물질을 포함할 수 있다. 추가 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 40 wt.% 내지 50 wt.% 또는 총 크래킹 촉매의 43 wt.% 내지 47 wt.%와 같이 총 크래킹 촉매의 35 wt.% 내지 55 wt.%의 양으로 매트릭스 물질을 포함할 수 있다. 하나 이상의 구현예들에서, 상기 크래킹 촉매는 개시된 wt.% 범위의 양으로 단 하나의 개시된 소정의 매트릭스 물질을 포함할 수 있는 것으로 이해해야 한다. 추가 구현예들에서, 상기 크래킹 촉매는 개시된 wt.% 범위의 양으로 2종 이상의 소정의 매트릭스 물질을 조합하여 포함할 수 있다.
- [0038] 본 개시내용에 기재되어 있는 바와 같이, 상기 크래킹 촉매는 미소구체와 같이 형상을 가진 미소입자 형태일 수 있다. 기재되어 있는 바와 같이, "미소입자"는 0.1 미크론 내지 100 미크론의 크기를 갖는 입자를 말한다. 미소입자의 크기는 미소입자의 가장 긴 치수의 길이를 의미한다. 예를 들어, 구형의 미세 입자는 직경과 동일한 크

기를 갖는다. 정육면체와 같은 직사각형 프리즘 형상의 미소입자는 직사각형 프리즘의 대향 모서리들 사이에서 측정된 크기를 갖는다. 불규칙한 형상의 미소입자는 2개의 가장 먼 표면 사이에서 측정된 크기를 갖는다.

[0039] 구현예들에 따르면, 하나를 넘는 제올라이트 화합물들을 사용하는 경우에 상기 다양한 제올라이트 화합물들은 모두 각각의 미소입자에 포함될 수 있다. 그러나 다른 구현예들에서, 제올라이트 혼합물의 일부만을 함유하는 미소입자를 혼합할 수 있다. 예를 들어 상기 크래킹 촉매에는 일 유형의 미소입자가 MFI 프레임워크형 제올라이트만을 포함하고 일 유형의 미소입자가 *BEA 프레임워크형 제올라이트만을 포함하는 2개의 미소입자 유형의 혼합물이 포함될 수 있다.

[0040] 상기 크래킹 촉매는 다양한 공정에 의해 형성될 수 있다. 일 구현예에 따르면, 상기 매트릭스 물질은 물과 같은 유체와 혼합되어 슬러리를 형성할 수 있고, 제올라이트는 물과 같은 유체와 별도로 혼합되어 슬러리를 형성할 수 있다. 상기 매트릭스 물질 슬러리와 제올라이트 슬러리를 교반하면서 조합할 수 있다. 별도로, 바인더 물질을 물과 같은 유체와 조합하여 또 다른 슬러리를 형성할 수 있다. 다음, 상기 바인더 슬러리를 제올라이트와 매트릭스 물질을 함유한 슬러리와 조합하여 모든 성분의 슬러리를 형성할 수 있다. 상기 모든 성분의 슬러리를 예를 들어 분무에 의해 건조한 다음, 하소하여 크래킹 촉매의 미소입자를 생성할 수 있다.

[0041] 상기 크래킹 촉매는 탄화수소를 전환시키기 위해 반응기에서 사용하기 전에 스팀과의 접촉에 의해 탈활성화할 수 있다. 증기 처리의 목적은 작동 FCC 재생기에서 일어나는 열수 노화를 가속화하여 평형 촉매를 얻는 것이다. 증기 처리를 통해 프레임워크로부터 알루미늄이 제거되어 열수 및 열적 조건에서 프레임워크 가수분해가 일어날 수 있는 부위의 수가 감소될 수 있다. 이러한 알루미늄 제거의 결과로 탈알루미늄화된 제올라이트에서 열안정성과 수열 안정성이 증가된다. SiO_4 사면체가 작을수록 더 큰 AlO_4 사면체를 치환하기 때문에 탈알루미늄화의 결과로서 단위 셀 크기가 감소할 수 있다. 제올라이트의 산성도는 프레임워크 알루미늄의 제거 및 여분의 프레임워크 알루미늄 종의 형성을 통한 탈알루미늄화에 의해 영향을 받을 수 있다. 탈알루미늄화는 제올라이트의 총 산성도를 감소시키고 산 강도를 증가시킴으로써 제올라이트의 산성도에 영향을 미칠 수 있다. 총 산성도는 브룬스태드 산점(acid site)으로서 작용하는 프레임워크 알루미늄의 제거 때문에 감소할 수 있다. 제올라이트의 산 강도는 쌍을 이룬 산점의 제거 또는 두 번째로 가장 가까이 이웃한 배위 알루미늄의 제거로 인해 증가할 수 있다. OH기의 양성자에 대한 전하 밀도가 두 번째 배위 구체 내에 프레임워크 알루미늄이 없을 때 가장 높아 산 강도 증가가 야기될 수 있다.

[0042] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 탄화수소 공급 스트림은 반응기 유닛에서 크래킹 촉매에 의해 접촉될 수 있다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 "반응기 유닛"은 하나 이상의 촉매가 존재하는 상태에서 하나 이상의 반응물 간 하나 이상의 화학 반응이 일어날 수 있는 용기 또는 일련의 용기들을 지칭한다. 예를 들어, 반응기는 회분 반응기, 연속 교반 탱크 반응기(CSTR) 또는 플러그 유동 반응기로서 작동하도록 구성된 탱크 또는 관형 반응기를 포함할 수 있다. 반응기의 예로는 고정층 반응기와 유동층 반응기와 같은 충전층 반응기를 포함한다.

[0043] 도 1에 도시되어 있는 바와 같이, 하나 이상의 구현예들에 따르면, 탄화수소 공급 스트림을 전환시키기 위해 사용되는 반응기 유닛은 유동층 반응기일 수 있다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 "유동 접촉 분해 반응기"는 유동 반응물을 크래킹 촉매와 같은 고체 물질(일반적으로 미립자 형태)과 접촉시키도록 작동될 수 있는 반응기 유닛을 의미한다. 본 개시내용에 기재되어 있는 바와 같이, 유동 고체 크래킹 촉매로 반응물 스트림을 크래킹하는 유동층 반응기는 유동 접촉 분해 반응기 유닛으로 지칭할 수 있다.

[0044] 도 1은 탄화수소 공급 스트림(110)을 생산물 스트림(120)으로 전환시키는 유동 접촉 분해 반응기 유닛(100)을 개략적으로 도시하고 있다. 도 1은 구현예는 크래킹 촉매 재생 기능을 포함하고 있다.

[0045] 계속해서 도 1을 참조하면, 탄화수소 공급 스트림(110)은 유동 접촉 분해 반응기 유닛(100)으로 보내질 수 있다. 유동 접촉 분해 반응기 유닛(100)은 크래킹 촉매/공급물 혼합 영역(132), 반응 영역(134), 분리 영역(136) 및 접촉 촉매 재생 영역(138)을 포함할 수 있다. 탄화수소 공급 스트림(110)은 크래킹 촉매/공급물 혼합 영역(132)으로 도입되어 크래킹 촉매 재생 영역(138)으로부터 이송된 재생 촉매 스트림(140)의 재생된 크래킹 촉매와 혼합된다. 탄화수소 공급 스트림(110)은 탄화수소 공급 스트림(110)의 내용물을 크래킹하는 반응 영역(134)에서 재생된 크래킹 촉매와 접촉하여 반응한다. 반응 영역(134)에서 크래킹 반응 후, 반응 영역(134)의 내용물은 분리 영역(136)으로 보내져 반응 영역(134)의 크래킹된 생산물이 폐촉매로부터 분리되고, 이는 예를 들면 코크스가 반응에서 생성되었다면 크래킹 폐촉매로부터 코크스를 제거함으로써 재생되는 크래킹 촉매 재생 영역(138)으로, 폐촉매 스트림(142)으로 이송된다. 이와 달리, 코크스가 거의 또는 전혀 생성되지 않은 경우에 재생 공정은 예를 들어 가연성 연료를 연소시켜 촉매를 가열하는 것을 포함할 수 있다. 생산물 스트림(120)은 유

동 접촉 분해 반응기 유닛으로부터 이송되어 예를 들어 여러 스트림으로 분리되어 더 처리될 수 있다.

[0046] 도 1의 유동 접촉 분해 반응기 유닛(100)은 유동 접촉 분해 반응기 유닛의 특정한 일 구현예의 단순화된 개략적인 것으로, 유동 접촉 분해 반응기 유닛의 다른 구성들이 본 명세서에 개시된 탄화수소 크래킹 방법에 적합할 수 있는 것으로 이해되어야 한다. 예를 들어, 몇몇 구현예들에서는 상기 촉매가 재순환되지 않을 수 있으며, 이러한 구현예들에서는 크래킹 촉매의 재생과 관련된 도 1의 부품들이 존재하지 않을 것이다.

[0047] 탄화수소 공급 스트림(110)은 "원유 공급 원료" 또는 "컷(cut)"과 같은 원유 공급 원료의 적어도 일부일 수 있거나, 또는 크래킹 전에 어떤 방식으로든 처리될 수 있다. 예를 들어, 탄화수소 공급 스트림(110)보다 더 중질인 원유는 2개 이상의 성분으로 분리되어 탄화수소 공급 스트림(110)을 형성할 수 있는데, 여기서 더 경질인 유분은 탄화수소 공급 스트림(110)이다. 몇몇 구현예들에서, 탄화수소 공급 스트림(110)은 본 명세서에 기재되어 있는 크래킹 촉매로 처리하기 전에 하나 이상의 금속, 황, 질소 또는 방향족 화합물과 같은 성분을 제거하기 위한 수소 처리에 의해 처리될 수 있다. 그러나 상기 공급 스트림의 내용물은 정제 공정에서 통상적으로 이용되는 열 크래킹 또는 다른 종래의 크래킹 기술로 처리되지 않은 것일 수 있다. 다양한 구현예들에 따르면, 상기 탄화수소 공급 스트림의 50 wt.%, 60 wt.%, 70 wt.%, 80 wt.%, 90 wt.%, 95 wt.% 또는 나아가 99 wt.%가 아랍 초경질 원유의 경질 유분과 같은 원유의 경질 유분일 수 있다.

[0048] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 크래킹되는 탄화수소 공급 스트림(110)은 아랍 초경질 원유의 경질 유분 또는 아랍 초경질 원유와 유사한 조성 또는 특성을 가진 원유의 경질 유분으로 이루어져 있다. 아랍 초경질 원유는 전형적으로 39도 내지 40도와 같이 대략 39.4도의 API 중력을 가질 수 있다. 본 개시내용의 크래킹 공정을 위한 예시적인 공급 원료 연료인 아랍 초경질 원유의 몇 가지 특성을 표 1에 나타내었다.

[0049] 표 1 - 아랍 초경질 공급 원료의 예

분석	단위	값
미국석유회(API) 중력	도	55.9
밀도	입방 센티미터 당 그램(g/cm ³)	0.755
황 함량	중량 퍼센트(wt.%)	0.04
니켈	백만분의 1중량부(ppmw)	1 미만
바나듐	ppmw	0
염화나트륨(NaCl) 함량	ppmw	0
콘라드손(Conradson) 탄소	wt.%	0

[0050]

[0051] 몇몇 구현예들에서, 원유 공급 원료는 경질 유분과 중질 유분으로 분리될 수 있으며, 여기서 경질 유분의 내용물들 중 어느 하나의 최대 비점은 200℃ 내지 400℃의 온도이다(이에 따라 원유를 200℃ 내지 400℃의 온도에서 분획함). 예를 들어, 원유는 200℃ 내지 250℃, 250℃ 내지 300℃, 300℃ 내지 350℃ 또는 350℃ 내지 400℃의 온도에서 분획될 수 있고, 경질 유분은 공급 스트림으로서 이용할 수 있다. 이러한 구현예들에서, 상기 중질 유분은 분별 온도보다 더 높은 온도에서 비등하는 내용물을 함유하고, 상기 경질 유분은 분별 온도 미만의 온도에서 비등하는 내용물을 함유한다.

[0052] 도 2는 C5 탄화수소(저비점) 내지 250℃에서 비등하는(고비점) 탄화수소를 함유한 아랍 초경질 원유의 유분인 공급 스트림의 예시적인 구현예에 대한 비점 프로파일을 도시하고 있다. 도 2에서, "IBP"는 초기 비점을 의미하고 "FBP"는 최종 비점을 의미한다. 도 2는 증가하는 온도 함수로서 비등하는 오일의 중량 퍼센트를 도시하고 있다. 이러한 공급 스트림은 250℃에서 아랍 초경질 원유(C5+)를 분별하여 형성될 수 있다. C5보다 경질인 탄화수소는 여전히 저농도로 공급 스트림에 함유되어 있을 수 있는 것으로 이해되어야 한다. 그러나 C4 또는 그보다 경질인 종의 대부분은 다른 분리 수단에 의해 아랍 초경질 원유 스트림으로부터 제거할 수 있다. 도 2의 스트림의 API 중력은 55.9이다. 예시적인 공급 스트림은 50도 내지 60도와 같이 45도 내지 65도의 API 중력을 가질 수 있다.

[0053] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 탄화수소 공급 스트림(110)은 5 wt.% 비등 온도, 25 wt.% 비등 온도, 50 wt.% 비등 온도, 75 wt.% 비등 온도 및 95 wt.% 비등 온도에 의해 기재되는 비점 프로파일을 가질 수 있다. 이들 각각의 비등 온도는 탄화수소 공급 스트림의 소정의 중량 퍼센트가 비등하는 온도에 해당한다. 몇몇 구현예들에서, 탄화수소 공급 스트림(100)은 100℃ 미만의 5 wt.% 비등 온도, 150℃ 미만의 25 wt.% 비등 온도, 200℃ 미만의 50 wt.% 비등 온도, 250℃ 미만의 75 wt.% 비등 온도 및 300℃ 미만의 95 wt.% 비등 온도 중 하나 이상을 가질 수 있다. 하나 이상의 구현예들에 따르면, 탄화수소 공급 스트림(100)은 25℃ 내지 100℃의 5 wt.% 비등 온도, 100℃ 내지 200℃의 25 wt.% 비등 온도, 150℃ 내지 200℃의 50 wt.% 비등 온도, 175℃ 내지

250℃의 75 wt.% 비등 온도 및 200℃ 내지 300℃ 비등 온도의 95 wt.% 비등 온도 중 하나 이상을 가질 수 있다.

[0054] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 유동 접촉 분해 반응은 매우 가혹한(high severity) 유동 접촉 분해 반응일 수 있다. 본 개시내용에서 사용하고 있는 "매우 가혹한" 유동 접촉 분해는 적어도 섭씨 약 500도("°C")의 반응 온도하에서의 크래킹을 의미한다. 하나 이상의 구현예들에 따르면, 유동 접촉 분해 반응기 유닛(100)의 반응 영역(134)은 약 550℃ 내지 약 650℃ 또는 약 575℃ 내지 약 625℃와 같이 500℃ 내지 700℃의 온도에서 작동할 수 있다.

[0055] 구현예들에 따르면, 상기 촉매 대 오일의 중량비는 7.5 내지 9.5 또는 7.75 내지 8.25와 같이 7 내지 10일 수 있다. 하나 이상의 구현예들에서, 반응 영역(127) 내 혼합물의 체류 시간은 0.2 내지 2초일 수 있다.

[0056] 하나 이상의 구현예들에 따르면, 상기 크래킹 촉매와 탄화수소 공급 스트림(110)의 접촉은 에틸렌, 프로필렌 및 부텐으로부터 선택되는 경질 올레핀을 적어도 20 wt.% 포함할 수 있는 생산물 스트림(120)을 생성한다. 예를 들어 구현예들에서, 생산물 스트림(120)은 적어도 22 wt.%의 경질 올레핀, 적어도 25 wt.%의 경질 올레핀, 또는 나아가 적어도 30 wt.%의 경질 올레핀을 포함할 수 있다. 추가 구현예들에서, 생산물 스트림(120)은 적어도 2 wt.%의 에틸렌, 적어도 3 wt.%의 에틸렌, 적어도 5 wt.%의 에틸렌 또는 나아가 적어도 6 wt.%의 에틸렌, 적어도 7 wt.%의 프로필렌, 적어도 8 wt.%의 프로필렌, 적어도 12 wt.%의 프로필렌 또는 나아가 적어도 14 wt.%의 프로필렌, 적어도 6 wt.%의 부텐, 적어도 8 wt.%의 부텐, 적어도 10 wt.%의 부텐, 또는 나아가 적어도 12 wt.%의 부텐을 포함할 수 있다.

[0057] 이제 도 3을 참조하면, 또 다른 구현예에서, 분리 유닛(250)을 이용하여 원유 공급 스트림(252)을 경질 유분 스트림(210)과 중질 유분 스트림(211)으로 분별한다. 경질 유분 스트림(210)은 중질 유분 스트림(211)과 별도의 반응기에서 크래킹된다. 그러나, 각 반응에서 동일한 촉매가 이용되고 공동 재생부(238)에서 재생될 수 있다. 도 3에서는 도 1의 시스템이 원유 유입 스트림의 중질 컷을 처리하는 동반 반응기(companion reactor)와 병렬로 일체화되어 있다.

[0058] 도 3의 시스템(200)은 크래킹 촉매/공급물 혼합 영역(232), 반응 영역(234), 분리 영역(236)과 크래킹 촉매 재생 영역(238)을 포함할 수 있다. 경질 유분 스트림(210)은 크래킹 촉매/공급물 혼합 영역(232)으로 도입되어 크래킹 촉매 재생 영역(238)로부터 이송된 재생 촉매 스트림(240)의 재생된 크래킹 촉매와 혼합될 수 있다. 경질 유분 스트림(210)은 경질 유분 스트림(210)의 내용물을 크래킹하는 반응 영역(234)에서 재생된 크래킹 촉매와 접촉하여 반응한다. 반응 영역(234)에서 크래킹 반응 후, 반응 영역(234)의 내용물은 분리 영역(236)으로 보내져 반응 영역(234)의 크래킹된 생산물이 폐촉매로부터 분리되고, 이는 예를 들면 코크스가 생성되었다면 크래킹 폐촉매로부터 코크스를 제거함으로써 재생되는 크래킹 촉매 재생 영역(238)으로, 폐촉매 스트림(242)으로 이송된다. 경질 생산물 스트림(220)은 유동 접촉 분해 반응기 유닛으로부터 이송되어 예를 들어 여러 스트림으로 분리되어 더 처리될 수 있다.

[0059] 도 3의 시스템(200)은 또한 크래킹 촉매/공급물 혼합 영역(233), 반응 영역(234), 분리 영역(237)을 포함할 수 있다. 중질 유분 스트림(211)은 크래킹 촉매/공급물 혼합 영역(233)으로 도입되어 크래킹 촉매 재생 영역(238)로부터 이송된 재생 촉매 스트림(241)의 재생된 크래킹 촉매와 혼합될 수 있다. 중질 유분 스트림(211)은 중질 유분 스트림(211)의 내용물을 크래킹하는 반응 영역(235)에서 재생된 크래킹 촉매와 접촉하여 반응한다. 반응 영역(235)에서 크래킹 반응 후, 반응 영역(235)의 내용물은 분리 영역(237)으로 보내져 반응 영역(235)의 크래킹된 생산물이 폐촉매로부터 분리되고, 이는 예를 들면 크래킹 폐촉매로부터 코크스를 제거함으로써 재생되는 크래킹 촉매 재생 영역(238)으로, 폐촉매 스트림(243)으로 이송된다. 중질 생산물 스트림(221)은 유동 접촉 분해 반응기 유닛으로부터 이송되어 예를 들어 여러 스트림으로 분리되어 더 처리될 수 있다. 경질 생산물 스트림(220)과 중질 생산물 스트림(221)은 조합되어 조합된 생산물 스트림(254)을 형성할 수 있다.

[0060] 몇몇 구현예들에서, 코크스는 반응 영역(235)에서 원유의 중질 컷의 크래킹에 의해 생성되어 재생 영역(238)에서 연소되어 반응 영역(234)에서 이용되는 촉매를 가열할 수 있다. 따라서 재생 영역(234)에서 연소용 코크스가 형성되지 않으면 중질 컷과 경질 컷 크래킹의 통합으로 인해 더 적은 추가 에너지가 필요할 수 있다.

[0061] 실시예

[0062] 경질 탄화수소 스트림을 크래킹하기 위한 방법 및 시스템의 다양한 구현예들이 아래의 실시예들에 의해 더욱 명확해질 것이다. 이들 실시예는 실제로 예시적인 것으로 본 개시내용의 요지를 한정하는 것으로 이해되어서는 안 된다.

[0063] 실시예 1 - 크래킹 촉매 제조

[0064] ZSM-5, 제올라이트 Y 및 제올라이트 Beta의 양을 변화시켜 다수의 크래킹 촉매를 제조하였다. 추가로 동일한 과정으로 비교용 촉매를 제조하였다. 제조한 상기 촉매 조성을 표 2에 나타내었다. 추가로, 비교용 촉매 조성물을 제조하여 표 3에 나타내었다. 사용한 ZSM-5 제올라이트는 Zeolyst International사로부터 구입 가능한 실리카 대 알루미늄 비가 23인 CBV 2314 제올라이트이었다. 사용한 제올라이트 Beta는 Zeolyst International사로부터 구입 가능한 실리카 대 알루미늄 비가 25인 CP814E 제올라이트이었다. 사용된 제올라이트 Y는 W.R. Grace and Company로부터 구입 가능한 실리카 대 알루미늄 비가 6인 SP13-0159 제올라이트이었다.

[0065] 표 2

	샘플 1	샘플 2	샘플 3	샘플 4	샘플 5
wt.% 카올린	45	65	55	45	35
wt.% 알루미늄	15	15	15	15	15
wt.% ZSM-5	0	10	10	10	10
wt.% 제올라이트 Beta	40	10	20	30	40
wt.% 제올라이트 Y	0	0	0	0	0

[0066]

[0067] 표 3

	비교용 샘플 A	비교용 샘플 B	비교용 샘플 C
wt.% 카올린	45	45	45
wt.% 알루미늄	15	15	15
wt.% ZSM-5	10	0	40
wt.% 제올라이트 Beta	10	0	0
wt.% 제올라이트 Y	20	40	0

[0068]

[0069] 상기 촉매들을 제조하기 위해서, 먼저 ZSM-5(Zeolyst International사 공급, 강열 손실(loss on ignition) 8 wt.%, 실리카/알루미늄 = 23), 제올라이트 Y 및 제올라이트 Beta(Zeolyst International사 공급, 강열 손실 16 wt.%, 실리카/알루미늄 = 25)에 인을 함침시켰다. 목표로 하는 인 함량은 총 크래킹 촉매 중량의 3.5 wt.% P₂O₅이었다.

[0070] 상기 촉매들을 제조하기 위해, 먼저 ZSM-5, 제올라이트 Y 및 제올라이트 Beta에 인을 함침시켰다. 목표로 하는 인 함량은 총 크래킹 촉매 중량의 3.5 wt.% P₂O₅이었다.

[0071] 상기 촉매들은 카올린 점토 분말(SASOL사 공급, 강열 손실 14.8 wt.%를 가짐)을 탈이온수와 배합하여 제조하였다. 별도의 단계에서, 제올라이트 혼합물(건조 기준)을 탈이온수로 슬러리화하였다. 상기 제올라이트 슬러리를 교반하면서 적량의 오르토-인산(농도 85 wt.%)을 점차적으로 첨가하여 총 제올라이트 중량 3.5 wt.%를 달성하였다. 교반을 15분 더 계속하였다. 다음, 상기 제올라이트-인산 슬러리를 카올린 슬러리에 첨가하고 5분 동안 교반하였다.

[0072] 별도로, Catapal 알루미늄(건조 기준)을 증류수와 혼합하여 Catapal A 알루미늄(SASOL 공급, 강열 손실 28 wt.%)의 슬러리를 제조하고 적량의 진한 질산(농도 70 wt.%)을 첨가하고 30분 동안 교반하여 해교시켰다. 그 결과 얻은 해교된 Catapal 슬러리를 제올라이트-카올린 슬러리에 첨가하고 10분 동안 배합하여 개별 입자가 현탁된 상태로 있는 고점도의 슬러리를 제조하였다.

[0073] 얻어진 슬러리는 30 wt.% 고형분으로 구성되었고 분무 건조하여 20-100 미크론의 입자를 제조하였다. 다음, 건

조된 입자를 500℃에서 3시간 동안 하소시켰다.

[0074] 실시예 2 - 촉매 시험

[0075] ASTM D-3907과 D-5154 시험 프로토콜에 따라 일본 Sakuragi Rikagaku사가 제작한 고정층 미소활성 시험기 ("MAT") 유닛에서 아랍 초경질 원유(표 1에 나타난 조성)의 경질 컷의 촉매 크래킹을 실시하였다. 각각의 MAT 실험의 경우에, 완전한 물질 수지(mass balance)를 얻었고 약 100%인 것으로 밝혀졌다. 모든 MAT 실험은 600℃의 크래킹 온도와 30초의 타임-온-스트림(time-on-stream)에서 수행하였다. 모든 샘플은 실험 전 6시간 동안 810℃에서 증자하였다.

[0076] 표 2와 표 3의 촉매 제형들의 촉매 활성 관련 데이터가 각각 표 4와 표 5에 제공되어 있다. 경질 유분(즉, 탄소 분자가 5개 이하인 탄화수소를 가진 유분)의 전환시 촉매 성능을 평가하기 위해 아랍 초경질 원유 유분의 크래킹을 위한 가스 생산물 및 코크스의 총 중량 퍼센트로서 정의된다. 경질 유분(건조 가스 및 LPG)의 전환율은 표 4와 5에 "CONV.(wt.%) "으로 나타내었다.

[0077] 표 4

	샘플 1	샘플 2	샘플 3	샘플 4	샘플 5
촉매 대 오일의 중량비	2.99	2.87	2.99	2.83	2.99
CONV.(wt%)	37.09	16.67	21.47	23.41	30.93
수율(wt%)					
에틸렌	2.6	2.28	2.53	2.24	2.87
프로필렌	11.4	5.35	7.34	8.04	10.67
부텐	10.4	5.25	6.87	7.76	9.53
그룹(wt%)					
H ₂ -C ₂ (건조 가스)	6.15	4.71	5.01	4.37	5.65
C ₃ -C ₄ (LPG)	30.72	11.88	16.43	19.01	25.14
C ₂ =C ₄ (경질 올레핀)	24.39	12.87	16.74	18.03	23.06
가솔린	51.8	67.08	66.27	66.31	60.88

[0078]

[0079] 표 5

	비교용 샘플 A	비교용 샘플 B	비교용 샘플 C
촉매 대 오일의 중량비	3	3	3
CONV.(wt%)	13.67	14.68	20.8
수율			
에틸렌	1.35	1.37	3.19
프로필렌	4	4.45	7.3
부텐	4.8	5.2	5.1
그룹(wt%)			
H ₂ -C ₂ (건조 가스)	2.8	2.79	5.55
C ₃ -C ₄ (LPG)	10.72	11.74	14.19
C ₂ =C ₄ (경질 올레핀)	10.15	11.01	15.59
가솔린	75.82	71.47	67.33
코크스	3	3	3

[0080]

[0081] 상기 결과는 제올라이트 Beta 로딩이 전환율과 생산물 분포에 미치는 영향을 보여주고 있다. 전환율과 경질 올레핀 수율은 각 촉매 제형에서 제올라이트 Beta 로딩이 증가함에 따라 증가하였다. 촉매 제형에서 제올라이트 Beta가 유일한 활성 성분일 때 가장 높은 전환율과 가장 높은 경질 올레핀 수율이 얻어진다. 이론에 국한되지 않고, 이는 제올라이트 Beta 내 산점이 열역학적으로 중질 분자보다 크래킹하기 어려운 경질 탄화수소 분자를 활성화시킬 수 있음을 시사하는 것일 수 있다. 공극 크기와 산점의 속성으로 인해 제올라이트 Beta는 낮은 수소 이동 반응 때문에 에틸렌보다 프로필렌과 부텐을 더 많이 생성한다.

[0082] 아래의 청구항 중 하나 이상은 전환 문구로서 용어 "하되(when)"를 사용한다는 점에 주목해야 한다. 상기 용어는 본 기술을 정의할 목적으로 구조의 일련의 특성들의 인용을 도입하기 위해 사용되는 확장형(open-ended) 전환 문구로서 청구항에 도입되고 보다 일반적으로 사용되는 확장형 전제 용어 "포함"과 유사한 방식으로 해석되어야 함을 명심해야 한다.

[0083] 어느 특성에 귀속된 임의의 2개의 정량값은 그 특성의 범위를 구성할 수 있고 소정 특성의 모든 명시된 정량값

으로부터 구성된 범위의 모든 조합들은 본 개시내용에서 고려됨은 물론이다.

- [0084] 본 개시내용의 요지를 상세하게 그리고 특정 구현예를 참조하여 설명하였지만, 본 개시내용에 기재되어 있는 다양한 세부 설명은 이들 세부 설명이 특정 구성요소가 본 기재내용에 첨부된 도면 각각에 도시되어 있는 경우에도 본 개시내용에 기재되어 있는 다양한 구현예들의 필수 성분인 구성요소와 관련 있음을 의미하는 것으로 간주되어서는 안됨을 명심해야 한다. 이보다는, 아래에 첨부된 청구범위가 본 개시내용의 폭과 본 개시내용에 기재되어 있는 다양한 실시예의 상응하는 범위를 나타내는 유일한 것으로 간주되어야 한다. 또한 청구범위 요지의 사상과 범위를 벗어나지 않는 한 기재된 구현예들에 대한 다양한 변형과 수정이 가능함은 당업자에게 자명할 것이다.
- [0085] 본 개시내용의 제1 양태에 따르면, 탄화수소 공급 스트림을 크래킹하기 위한 방법은 반응기 유닛에서 상기 탄화수소 공급 스트림을 크래킹 촉매와 접촉시키는 것을 포함하되 상기 탄화수소 공급 스트림은 적어도 40도의 API 중력을 갖고 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로 하나 이상의 바인더 물질; 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 65 wt.%의 양으로 하나 이상의 매트릭스 물질; 및 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 *BRA 프레임워크형 제올라이트를 포함하고 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 80 wt.%는 *BEA 프레임워크형 제올라이트이다.
- [0086] 본 개시내용의 제2 양태는 상기 탄화수소 공급 스트림이 45도 내지 65도의 API 중력을 갖는 상기 제1 양태를 포함할 수 있다.
- [0087] 본 개시내용의 제3 양태는 상기 탄화수소 공급 스트림이 원유 공급 원료의 유분인 상기 제1 또는 제2 양태를 포함할 수 있다.
- [0088] 본 개시내용의 제4 양태는 상기 반응기 유닛이 유동층 반응기인 상기 제1 내지 제3 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0089] 본 개시내용의 제5 양태는 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트의 양이 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 45 wt.%인 상기 제1 내지 제4 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0090] 본 개시내용의 제6 양태는 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 양이 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 50 wt.%인 상기 제1 내지 제5 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0091] 본 개시내용의 제7 양태는 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 99 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트인 상기 제1 내지 제6 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0092] 본 개시내용의 제8 양태는 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 오산화인을 포함하는 상기 제7 양태를 포함할 수 있다.
- [0093] 본 개시내용의 제9 양태는 상기 BEA 프레임워크형 제올라이트가 1 wt.% 내지 20 wt.%의 오산화인을 포함하는 상기 제1 내지 제8 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0094] 본 개시내용의 제10 양태는 상기 하나 이상의 바인더 물질 중 적어도 하나가 의사 보에마이트인 상기 제1 내지 제9 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0095] 본 개시내용의 제11 양태는 상기 크래킹 촉매가 5 wt.% 내지 35 wt.%의 의사 보에마이트를 포함하는 상기 제1 내지 제10 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0096] 본 개시내용의 제12 양태는 상기 하나 이상의 바인더 물질의 양이 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%인 상기 제1 내지 제11 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0097] 본 개시내용의 제13 양태는 상기 매트릭스 물질 중 하나 이상이 카올린인 상기 제1 내지 제12 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0098] 본 개시내용의 제14 양태는 상기 크래킹 촉매가 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 50 wt.%의 양으로 상기 하나 이상의 바인더 물질을 포함하는 상기 제1 내지 제13 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0099] 본 개시내용의 제15 양태는 상기 촉매 대 오일의 중량비가 7 내지 10인 상기 제1 내지 제14 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0100] 본 개시내용의 제16 양태는 상기 탄화수소 공급 스트림을 크래킹 촉매와 접촉시켜 에틸렌, 프로필렌과 부텐으로부터 선택되는 경질 올레핀을 적어도 20 wt.% 포함하는 생산물 스트림을 생성하는 상기 제1 내지 제15 양태 중

어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0101] 본 개시내용의 제17 양태는 200 내지 400℃의 분별 온도에서 원유를 분별하여 상기 탄화수소 공급 스트림을 형성하는 것을 더 포함하는 상기 제1 내지 제16양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0102] 본 개시내용의 제18 양태는 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 제올라이트 Beta를 포함하는 상기 제1 내지 제17 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0103] 본 개시내용의 제19 양태에 따르면, 탄화수소 공급 스트림을 크래킹하기 위한 방법은 반응기 유닛에서 탄화수소 공급 스트림을 크래킹 촉매와 접촉시키는 것을 포함하되 상기 탄화수소 공급 스트림은 적어도 40도의 API 중력을 갖고 상기 크래킹 촉매는 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로 하나 이상의 바인더 물질; 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 65 wt.%의 양으로 하나 이상의 매트릭스 물질; 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 *BEA 프레임워크형 제올라이트; 및 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 MFI 프레임워크형 제올라이트를 포함한다.
- [0104] 본 개시내용의 제20 양태는 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 99 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트, MFI 프레임워크형 제올라이트 또는 *BEA 프레임워크형 제올라이트와 MFI 프레임워크형 제올라이트의 조합인 상기 제19 양태를 포함할 수 있다.
- [0105] 본 개시내용의 제21 양태는 상기 탄화수소 공급 스트림이 원유 공급 원료의 경질 유분인 제19 또는 제20 양태를 포함할 수 있다.
- [0106] 본 개시내용의 제22 양태는 상기 반응기 유닛이 유동층 반응기인 상기 제19 내지 제21 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0107] 본 개시내용의 제23 양태는 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트의 양이 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%인 상기 제19 내지 제22 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0108] 본 개시내용의 제24 양태는 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트의 양이 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%인 상기 제19 내지 제23 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0109] 본 개시내용의 제25 양태는 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 양이 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 50 wt.%인 상기 제19 내지 제24 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0110] 본 개시내용의 제26 양태는 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트와 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트 중 하나 이상이 오산화인을 포함하는 상기 제19 내지 제25 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0111] 본 개시내용의 제27 양태는 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트와 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트 중 하나 이상이 1 wt.% 내지 20 wt.%의 오산화인을 포함하는 상기 제19 내지 제26 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0112] 본 개시내용의 제28 양태는 상기 하나 이상의 바인더 물질 중 적어도 하나는 의사 보에마이트인 제19 내지 제27 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0113] 본 개시내용의 제29 양태는 상기 크래킹 촉매가 5 wt.% 내지 35 wt.%의 의사 보에마이트를 포함하는 상기 제19 내지 제28 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0114] 본 개시내용의 제30 양태는 상기 하나 이상의 바인더 물질의 양이 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%인 상기 제19 내지 제29 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0115] 본 개시내용의 제31 양태는 상기 매트릭스 물질 중 하나 이상이 카올린인 제19 내지 제30 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0116] 본 개시내용의 제32 양태는 상기 크래킹 촉매가 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 50 wt.%의 양으로 상기 하나 이상의 바인더 물질을 포함하는 상기 제19 내지 제31 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0117] 본 개시내용의 제33 양태는 상기 촉매 대 오일의 중량비가 7 내지 10인 상기 제19 내지 제32 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0118] 본 개시내용의 제34 양태는 상기 경질 탄화수소 스트림을 크래킹 촉매와 접촉시켜 에틸렌, 프로필렌과 부텐으로부터 선택되는 경질 올레핀을 적어도 20 wt.% 포함하는 생산물 스트림을 생성하는 상기 제19 내지 제33 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

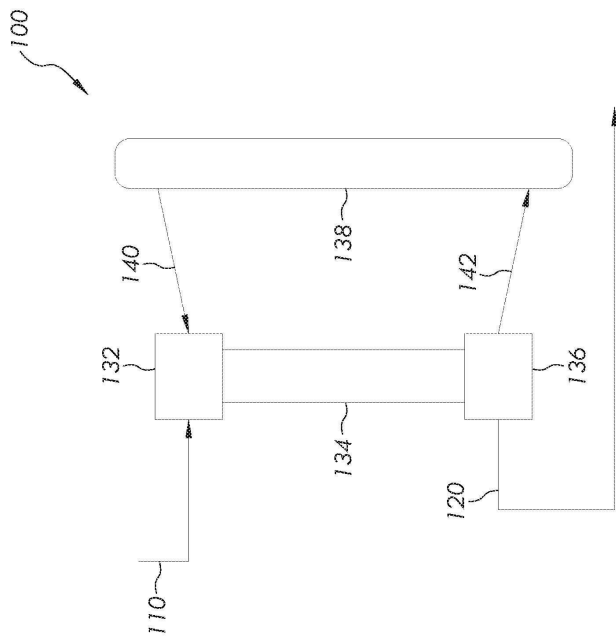
- [0119] 본 개시내용의 제35 양태는 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트가 ZSM-5를 포함하는 제19 내지 제34 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0120] 본 개시내용의 제36 양태는 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 제올라이트 Beta를 포함하는 제19 내지 제35 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0121] 본 개시내용의 제37 양태는 200℃ 내지 400℃의 분별 온도에서 원유를 분별하여 상기 탄화수소 공급 스트림을 형성하는 것을 더 포함하는 제19 내지 제36 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0122] 본 개시내용의 제38 양태에 따르면, 탄화수소 공급 스트림을 크래킹하기 위한 시스템은 반응기; 상기 반응기로 유입되되 적어도 40도의 API 중력을 가진 탄화수소 공급 스트림; 상기 반응기로부터 배출되는 생산물 스트림; 및 적어도 상기 반응기에 위치되는 크래킹 촉매를 포함하되, 상기 크래킹 촉매가: 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로 하나 이상의 바인더 물질; 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 65 wt.%의 양으로 하나 이상의 매트릭스 물질; 및 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 *BEA 프레임워크형 제올라이트를 포함하고, 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 80 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트이다.
- [0123] 본 개시내용의 제39 양태는 상기 탄화수소 공급 스트림이 45도 내지 65도의 API 중력을 갖는 상기 제38 양태를 포함할 수 있다.
- [0124] 본 개시내용의 제40 양태는 상기 탄화수소 공급 스트림이 원유 공급 원료의 유분인 상기 제38 양태 또는 제39 양태를 포함할 수 있다.
- [0125] 본 개시내용의 제41 양태는 상기 반응기 유닛이 유동층 반응기인 상기 제38 내지 제40 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0126] 본 개시내용의 제42 양태는 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트의 양이 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 45 wt.%인 상기 제38 내지 제41 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0127] 본 개시내용의 제43 양태는 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 양이 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 50 wt.%인 상기 제38 내지 제42 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0128] 본 개시내용의 제44 양태는 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 99 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트인 상기 제38 내지 제43 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0129] 본 개시내용의 제45 양태는 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 오산화인을 포함하는 상기 제38 내지 제44 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0130] 본 개시내용의 제46 양태는 상기 하나 이상의 바인더 물질 중 적어도 하나 이상이 의사 보에마이트인 상기 제38 내지 제45 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0131] 본 개시내용의 제47 양태는 상기 크래킹 촉매가 5 wt.% 내지 35 wt.%의 의사 보에마이트를 포함하는 상기 제38 내지 제46 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0132] 본 개시내용의 제48 양태는 상기 하나 이상의 바인더 물질의 양이 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%인 상기 제38 내지 제47 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0133] 본 개시내용의 제49 양태는 상기 매트릭스 물질 중 하나 이상이 카올린인 상기 제38 내지 제48 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0134] 본 개시내용의 제50 양태는 상기 크래킹 촉매가 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 50 wt.%의 양으로 상기 하나 이상의 바인더 물질을 포함하는 상기 제38 내지 제49 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0135] 본 개시내용의 제51 양태는 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 제올라이트 Beta를 포함하는 상기 제38 내지 제50 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0136] 본 개시내용의 제52 양태에 따르면, 탄화수소 공급 스트림을 크래킹하기 위한 시스템은 반응기; 상기 반응기로 유입되되 적어도 40도의 API 중력을 가진 탄화수소 공급 스트림; 상기 반응기로부터 배출되는 생산물 스트림; 및 적어도 상기 반응기에 위치되는 크래킹 촉매를 포함하되, 상기 크래킹 촉매가: 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 35 wt.%의 양으로 하나 이상의 바인더 물질; 총 크래킹 촉매의 25 wt.% 내지 65 wt.%의 양으로 하나 이상의 매트릭스 물질; 총 크래킹 촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 *BEA 프레임워크형 제올라이트; 및 총 크래킹

촉매의 5 wt.% 내지 45 wt.%의 양으로 MFI 프레임워크형 제올라이트를 포함한다.

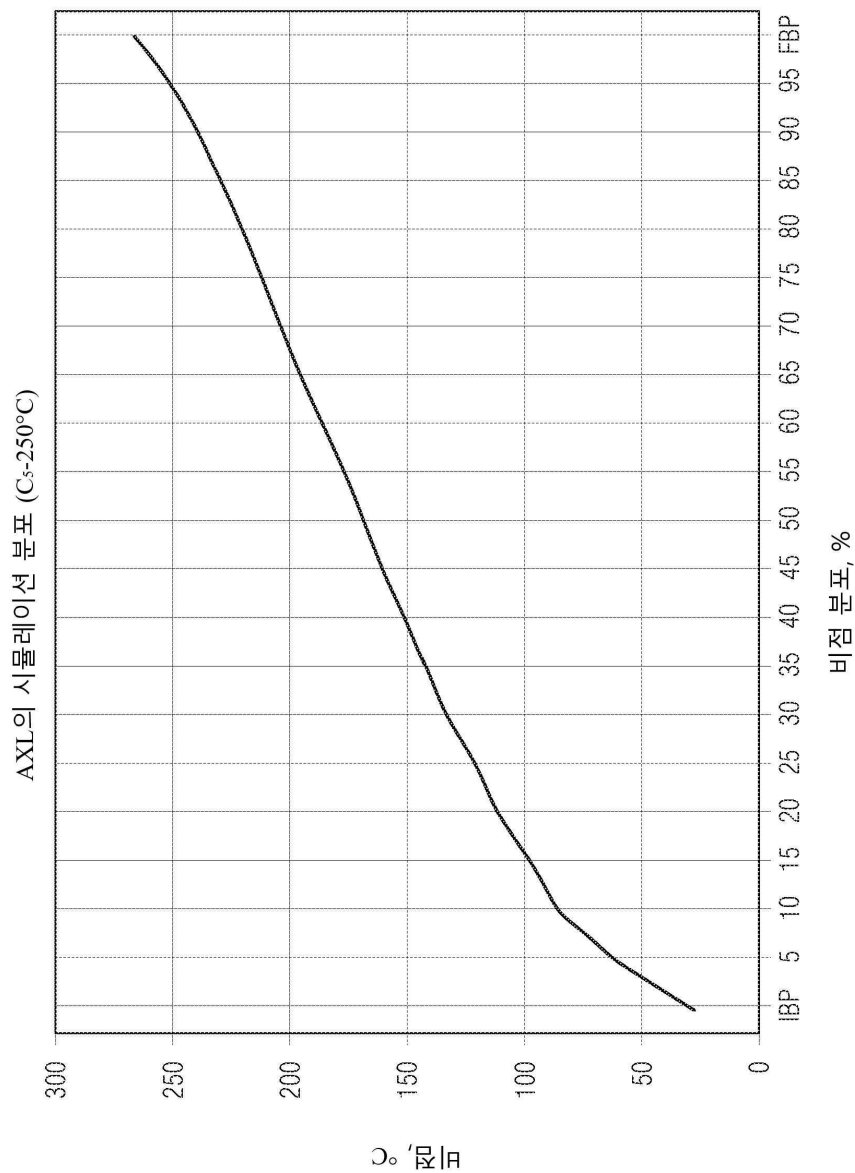
- [0137] 본 개시내용의 제53 양태는 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 적어도 99 wt.%가 *BEA 프레임워크형 제올라이트, MFI 프레임워크형 제올라이트 또는 *BEA 프레임워크형 제올라이트와 MFI 프레임워크형 제올라이트의 조합인 상기 제52 양태를 포함할 수 있다.
- [0138] 본 개시내용의 제54 양태는 상기 탄화수소 공급 스트림이 원유 공급 원료의 경질 유분인 상기 제52 양태 또는 제53 양태를 포함할 수 있다.
- [0139] 본 개시내용의 제55 양태는 상기 반응기 유닛이 유동층 반응기인 상기 제52 내지 제54 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0140] 본 개시내용의 제56 양태는 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트의 양이 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%인 상기 제52 내지 제55 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0141] 본 개시내용의 제57 양태는 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트의 양이 총 크래킹촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%인 상기 제52 내지 제56 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0142] 본 개시내용의 제58 양태는 상기 크래킹 촉매 내 총 제올라이트의 양이 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 50 wt.%인 상기 제52 내지 제57 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0143] 본 개시내용의 제59 양태는 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트와 *BEA 프레임워크형 제올라이트 중 하나 이상이 오산화인을 포함하는 상기 제52 내지 제58 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0144] 본 개시내용의 제60 양태는 상기 하나 이상의 바인더 물질 중 적어도 하나가 의사 보에마이트인 상기 제52 내지 제59 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0145] 본 개시내용의 제61 양태는 상기 하나 이상의 바인더 물질의 양이 총 크래킹 촉매의 10 wt.% 내지 20 wt.%인 상기 제52 내지 제60 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0146] 본 개시내용의 제62 양태는 상기 매트릭스 물질 중 하나 이상이 카올린인 상기 제52 내지 제61 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0147] 본 개시내용의 제63 양태는 상기 크래킹 촉매가 총 크래킹 촉매의 30 wt.% 내지 50 wt.%의 양으로 상기 하나 이상의 바인더 물질을 포함하는 상기 제52 내지 제62 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0148] 본 개시내용의 제64 양태는 상기 MFI 프레임워크형 제올라이트가 ZSM-5를 포함하는 상기 제52 내지 제63 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0149] 본 개시내용의 제65 양태는 상기 *BEA 프레임워크형 제올라이트가 제올라이트 Beta를 포함하는 상기 제52 내지 제64 양태 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

도면

도면1



도면2



도면3

