



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0073247
(43) 공개일자 2025년05월27일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10G 69/02 (2006.01) C01B 3/24 (2006.01)
C07C 2/06 (2006.01) C07C 4/02 (2006.01)
C07C 5/32 (2006.01) C07C 7/04 (2006.01)
C10G 11/20 (2006.01) C10G 51/06 (2006.01)
C10G 67/04 (2006.01) C10G 69/14 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C10G 69/02 (2013.01)
C01B 3/24 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2025-7012705
- (22) 출원일자(국제) 2023년09월18일
심사청구일자 2025년04월17일
- (85) 번역문제출일자 2025년04월17일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2023/074424
- (87) 국제공개번호 WO 2024/064596
국제공개일자 2024년03월28일
- (30) 우선권주장
17/947,744 2022년09월19일 미국(US)

- (71) 출원인
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
- 알나이미 옛사
사우디 아라비아 31311 다란 포스트 오피스 박스 5000 사우디 아라비안 오일 컴퍼니 내
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
장훈

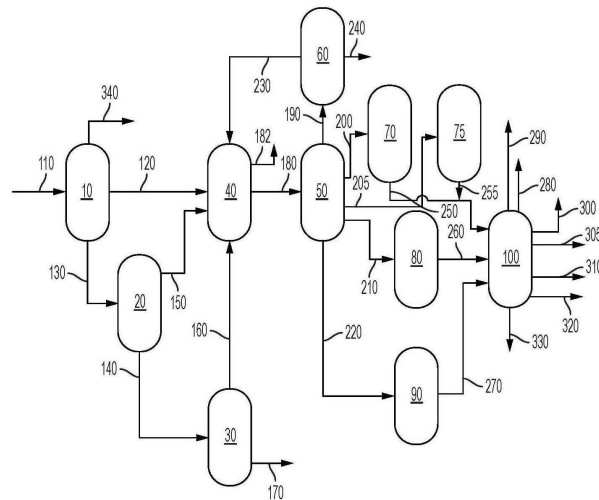
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **통합 반응기 공정에서 전체 원유의 부가가치화된 석유화학물질로의 전환**

(57) 요약

원유를 부가가치화된 석유화학물질로 전환하는 통합 공정 및 관련 시스템이다. 이 공정에는 원유를 경질 및 중질 원유 분획물로 분리하는 단계 및 용매 탈아스팔트화 유닛과 지연 코커 유닛에서 중질 분획물을 처리하는 단계, 및 이후 용매 탈아스팔트화 유닛과 지연 코커 유닛의 경질 분획물과 선택된 유출물을 수소화 처리기로 공급하는 단계가 포함된다. 이 공정에는 또한 메탄 분해기로 전달되는 C1 분획물, 에탄 스팀 분해기로 전달되는 C2 분획물, 탈수소화 반응기로 전달되는 C3 내지 C4 분획물, 방향족화 유닛으로 전달되는 수소화 처리된 경질 분획물, 및 스팀 강화 촉매 분해 유닛으로 전달되는 수소화 처리된 중질 분획물을 생성하기 위해 수소화 처리기의 유출물을 분리하는 단계가 포함된다. 이 공정에는 또한 다양한 유닛 작동의 유출물을, BTX 스트림과 경질 올레핀 스트림을 포함하는 생성물 스트림으로 분리하는 단계가 포함된다.

대표도



(52) CPC특허분류

C07C 2/06 (2013.01)
C07C 4/02 (2013.01)
C07C 5/32 (2013.01)
C07C 7/04 (2013.01)
C10G 11/20 (2013.01)
C10G 51/06 (2013.01)
C10G 67/0454 (2013.01)
C10G 69/14 (2013.01)

(72) 발명자

슈 치

사우디 아라비아 31311 다란 포스트 오피스 박스
5000 사우디 아라비안 오일 컴퍼니 내

알-그래미 무사예드 살렘

사우디 아라비아 31311 다란 포스트 오피스 박스
5000 사우디 아라비안 오일 컴퍼니 내

명세서

청구범위

청구항 1

원유를 부가가치화된 석유화학물질로 전환하기 위한 통합 방법으로서, 하기를 포함하는, 방법:

(i) 원유를 포함하는 탄화수소 스트림을 공급물 분리기에 제공하여 탄화수소 스트림을 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물과 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물로 분리하는 단계로서, 여기서 제1 온도는 190 내지 210℃인, 단계;

(ii) 공급물 분리기로부터의 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물을 용매 탈아스팔트화 유닛(solvent deasphalting unit)으로 제공하는 단계로서, 여기서 비점이 300℃ 초과인 잔류 중질 성분, 및 아스팔텐은 중질 원유 분획물로부터 제거되어 아스팔텐 및 잔류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물(pitch product), 및 300℃ 미만의 비점을 갖는 성분을 포함하는 탈아스팔트화된 오일 생성물을 생성하는, 단계;

(iii) 피치 생성물을 지연 코커 유닛(delayed coker unit)에 제공하는 단계로서, 여기서 피치 생성물은 열분해 반응(thermal cracking reaction)을 거쳐 고체 석유 코크, 및 C1 내지 C4 경질 가스, 코커 나프타 및 코커 가스 오일을 포함하는 지연 코커 생성물 스트림을 얻는, 단계;

(iv) 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림을 수소화 처리기에 제공하는 단계로서, 여기서 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림은 수소화 처리되어 헤테로원자를 제거하고 탄소-탄소 결합을 포화시켜 수소화 처리기 생성물 스트림을 생성하는, 단계;

(v) 수소화 처리기 생성물 스트림을 제1 분리기 유닛에 제공하는 단계로서, 여기서 수소화 처리기 생성물 스트림은 C1 분획물, C2 분획물, C3 내지 C4 분획물, C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물, 및 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물로 분리되고, 여기서 제2 온도는 200 내지 215℃인, 단계;

(vi) C1 분획물을 메탄 분해기(methane cracker)에 제공하는 단계로서, 여기서 C1 분획물은 수소 스트림 및 고정 탄소 스트림으로 전환되는, 단계;

(vii) C2 분획물을 에탄 스팀 분해기(ethane steam cracker)에 제공하는 단계로서, 여기서 C2 분획물은 분해되어 경질 올레핀 및 방향족을 포함하는 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림을 생성하는, 단계;

(viii) C3 내지 C4 분획물을 탈수소화 반응기에 제공하는 단계로서, 여기서 C3 내지 C4 분획물은 탈수소화되어 C3 내지 C4 분획물 중의 프로판 및 부탄으로부터 생성된 프로필렌 및 부텐(butene)을 포함하는 탈수소화 생성물 스트림을 생성하는, 단계;

(ix) C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물을 방향족화 유닛에 제공하는 단계로서, 여기서 방향족화 유닛은 수소화 처리된 경질 분획물 중의 지방족 탄화수소를 방향족으로 전환하여 방향족화 생성물 스트림을 생성하는, 단계;

(x) 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물을 스팀 강화 촉매 분해 유닛(steam enhanced catalytic cracking unit)에 제공하는 단계로서, 여기서 수소화 처리된 중질 분획물은 분해되어 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림을 생성하는, 단계; 및

(xi) 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림, 및 SECC 생성물 스트림을 제2 분리기 유닛으로 제공하는 단계로서, 여기서 제2 분리기 유닛은 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림 및 SECC 생성물 스트림을 수소 분획물, C1 스트림, C2 스트림, C3 내지 C4 알칸 스트림, 경질 올레핀 스트림, 벤젠, 톨루엔 및 자일렌을 포함하는 BTX 스트림, 및 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림으로 분할하는, 단계.

청구항 2

제1항에 있어서, 메탄 분해기로부터의 수소 스트림은 수소화 처리기로 제공되는, 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 제2 분리기 유닛으로부터의 C1 스트림은 추가 메탄 분해를 위해 메탄 분해기로 재순환되는, 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 분리기 유닛으로부터의 수소 분획물은 메탄 분해기 또는 수소화 처리기로 재순환되는, 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 분리기 유닛으로부터의 C2 스트림은 경질 올레핀으로의 추가 전환을 위해 에탄 스팀 분해기로 재순환되는, 방법.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 분리기 유닛으로부터의 C3 내지 C4 알칸 스트림은 프로필렌 및 부텐으로의 추가 전환을 위해 탈수소화 반응기로 재순환되는, 방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 제2 분리기 유닛으로부터의 분해된 나프타, 경질 사이클 오일, 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림은 추가 처리를 위해 수소화 처리기로 재순환되는, 방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 용매 탈아스팔트화 유닛은 120°C 내지 160°C 범위의 온도 및 1 내지 40 bar 범위의 압력에서 작동되는, 방법.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서, 지연 코커 유닛 내의 코크 드럼은 470°C 내지 505°C 범위의 온도 및 1 내지 2 bar 범위의 압력에서 작동되는, 방법.

청구항 10

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서, 수소화 처리기는 280°C 내지 450°C 범위의 온도 및 5 내지 160 bar 범위의 압력에서 작동되는, 방법.

청구항 11

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서, 스팀 강화 촉매 분해 유닛은 600°C 내지 750°C 범위의 온도 및 1 내지 20 bar 범위의 압력에서 작동되는, 방법.

청구항 12

제1항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서, 탈아스팔트화된 오일 생성물의 일부는 스팀 강화 촉매 분해 유닛으로 직접 제공되는, 방법.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서, 지연 코커 생성물 스트림은 제1 지연 코커 생성물 스트림과 C5 탄화수소 내지 343°C의 온도에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 제2 지연 코커 생성물 스트림으로 분리되고, 제1 지연 코커 생성물 스트림의 나머지 지연 코커 생성물 스트림은 제1 지연 코커 생성물 스트림과 함께 수소화 처리기에 제공되고 제2 지연 코커 생성물 스트림은 스팀 강화 촉매 분해 유닛에 제공되는, 방법.

청구항 14

원유를 부가가치화된 석유화학물질로 전환하기 위한 통합 시스템으로서, 하기를 포함하는, 시스템:

(i) 원유를 포함하는 탄화수소 스트림을 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물과 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물로 분리하는 공급물 분리기로서, 여기서 제1 온도는 190 내지 210℃인, 공급물 분리기;

(ii) 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물을 공급물 분리기로부터 수용하기 위해 공급물 분리기에 유동적으로 연결된 용매 탈아스팔트화 유닛으로서, 여기서 비점이 300℃ 초과인 잔류 중질 성분, 및 아스팔텐은 중질 원유 분획물로부터 제거되어 아스팔텐 및 잔류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물, 및 300℃ 미만의 비점을 갖는 성분을 포함하는 탈아스팔트화된 오일 생성물을 생성하는, 용매 탈아스팔트화 유닛;

(iii) 피치 생성물을 수용하기 위해 용매 탈아스팔트화 유닛에 유동적으로 연결된 지연 코커 유닛으로서, 여기서 피치 생성물은 열분해 반응을 거쳐 고체 석유 코크, 및 C1 내지 C4 경질 가스, 코커 나프타 및 코커 가스 오일을 포함하는 지연 코커 생성물 스트림을 얻는, 지연 코커 유닛;

(iv) 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림을 수용하기 위해 공급물 분리기, 용매 탈아스팔트화 유닛 및 지연 코커에 유동적으로 연결된 수소화 처리기로서, 여기서 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림은 수소화 처리되어 헥테로원자를 제거하고 탄소-탄소 결합을 포화시켜 수소화 처리기 생성물 스트림을 생성하는, 수소화 처리기;

(v) 수소화 처리기 생성물 스트림을 수용하기 위해 수소화 처리기에 유동적으로 연결된 제1 분리기 유닛으로서, 여기서 수소화 처리기 생성물 스트림은 C1 분획물, C2 분획물, C3 내지 C4 분획물, C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물 및 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물로 분리되는, 제1 분리기 유닛;

(vi) C1 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기 유닛에 유동적으로 연결된 메탄 분해기로서, 여기서 C1 분획물은 수소 스트림 및 고정 탄소 스트림으로 전환되는, 메탄 분해기;

(vii) C2 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 에탄 스팀 분해기로서, 여기서 C2 분획물은 분해되어 경질 올레핀 및 방향족을 포함하는 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림을 생성하는, 에탄 스팀 분해기;

(viii) C3 내지 C4 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 탈수소화 반응기로서, 여기서 C3 내지 C4 분획물은 탈수소화되어 C3 내지 C4 분획물 중의 프로판 및 부탄으로부터 생성된 프로필렌 및 부텐을 포함하는 탈수소화된 생성물 스트림을 생성하는, 탈수소화 반응기;

(ix) 수소화 처리된 경질 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 방향족화 유닛으로서, 여기서 방향족화 유닛은 수소화 처리된 경질 분획물 중의 지방족 탄화수소를 방향족으로 전환하여 방향족화 생성물 스트림을 생성하는, 방향족화 유닛;

(x) 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 스팀 강화 촉매 분해 유닛으로서, 여기서 수소화 처리된 중질 분획물은 분해되어 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림을 생성하는, 스팀 강화 촉매 분해 유닛; 및

(xi) 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림 및 SECC 생성물 스트림을 수용하기 위해 에탄 스팀 분해기, 탈수소화 반응기, 방향족화 유닛, 및 스팀 강화 촉매 분해 유닛에 유동적으로 연결된 제2 분리기로서, 여기서 제2 분리기 유닛은 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림, 및 SECC 생성물 스트림을 수소 분획물, C1 스트림, C2 스트림, C3 내지 C4 알칸 스트림, 경질 올레핀 스트림, 벤젠, 톨루엔 및 자일렌을 포함하는 BTX 스트림, 및 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림으로 분할하는, 제2 분리기.

청구항 15

제14항에 있어서,

메탄 분해기로부터의 수소 스트림이 수소화 처리기에 유동적으로 연결되어 수소 스트림이 수소화 처리기에 공급물 스트림으로서 제공되도록 하고,

제2 분리기 유닛으로부터의 C1 스트림이 메탄 분해기에 유동적으로 연결되어 C1 스트림이 추가 메탄 분해를 위해 메탄 분해기로 재순환되도록 하고,

제2 분리기 유닛으로부터의 C2 스트림이 에탄 스팀 분해기에 유동적으로 연결되어 C2 스트림이 경질 올레핀으로 추가 전환을 위해 에탄 스팀 분해기로 재순환되도록 하고,

제2 분리기 유닛으로부터의 C3 내지 C4 알칸 스트림은 탈수소화 반응기에 유동적으로 연결되어 C3 내지 C4 알칸 스트림이 프로필렌 및 부텐으로 추가 전환을 위해 탈수소화 반응기로 재순환되도록 하고,

제2 분리기 유닛으로부터의 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림이 수소화 처리기에 유동적으로 연결되어 잔류 스트림이 추가 처리, 또는 그의 조합을 위해 수소화 처리기로 재순환되도록 하는, 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] **관련 출원에 대한 참조**

[0002] 본 출원은 2022년 9월 19일에 출원된 미국 특허 출원 제17/947,744호(명칭: "통합 반응기 공정에서 전체 원유의 부가가치화된 석유화학물질로의 전환")에 대한 우선권을 주장하며, 해당 출원의 전체 내용은 본원에 참고로서 포함된다.

[0003] **기술분야**

[0004] 본 개시는 원유를 부가가치화된(value added) 석유화학물질로 전환하기 위한 통합 공정 및 관련 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0005] BTX(벤젠, 톨루엔, 자일렌) 및 올레핀과 같은 방향족 화합물은 다양한 소재의 생산과 여러 소비재 제조에 자주 사용되는 가치있는 화학물질이다. 예를 들어 BTX 화합물은 석유 제품의 가공 또는 생산과, 페인트 및 래커, 시너, 연료, 고무 제품, 접착제, 잉크, 화장품 및 의약품과 같은 소비재 생산 과정에서 자주 활용된다. 마찬가지로, 경질 올레핀은 많은 현대 플라스틱 제품의 구성 요소이다. 따라서 경질 올레핀과 BTX를 풍부하고 효율적이며 경제적으로 생산하는 것이 일반적으로 바람직하다.

[0006] 이러한 가치있는 화학물질에 대한 현재 및 향후 수요 증가를 고려할 때 전체 원유를 경질 올레핀과 BTX로 효율적으로 전환할 수 있는 것이 바람직하다. 그러나 기존의 정제 시스템과 공정은 원유 스트림으로부터 시장 가치를 극대화하지 못하고 경질 올레핀과 BTX를 생산하는 과정에서 바람직하지 않은 더 낮은 가치의 제품을 생산하게 된다.

발명의 내용

[0007] **요약**

[0008] 따라서, 상당량의 전체 원유를 포함하는 공급 원료로부터 경질 올레핀 및 BTX를 생산하기 위한 효율적이고 경제적인 공정을 제공해야 할 필요성이 분명하고 오랜 기간 동안 존재해 왔다. 본 개시의 공정 및 시스템은 구체적으로 통합 시스템 내의 각 유닛 작동에 제공되는 공급 원료를 최적화하여 원유로부터 경질 올레핀 및 BTX를 생산하기 위한 공정 및 시스템을 활용함으로써 이러한 명확하고 오랜 필요성을 해결한다. 구체적으로, 탄화수소 스트림은 반응기 또는 다른 유닛 작동으로 보내지는 각 분획과 함께 분리되거나 분할되어 반응기에 제공되는 공급물을 BTX 또는 경질 올레핀 또는 전구체 화학 물질로 가장 효과적으로 전환하여 BTX 또는 경질 올레핀을 형성할 수 있다.

[0009] 본 개시의 하나 이상의 실시양태에 있어서, 원유를 부가가치화된 석유화학물질로 전환하기 위한 통합 공정이 개시된다. 이 공정은 (i) 원유를 포함하는 탄화수소 스트림을 공급물 분리기에 제공하여 탄화수소 스트림을 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물과 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물로 분리하는 단계로서, 여기서 제1 온도는 190 내지 210°C인, 단계; (ii) 공급물 분리기로부터 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물을 용매 탈아스팔트화 유닛(solvent deasphalting unit)으로 제공하는 단계로서, 여기서 비점이 300°C 초과인 잔류 중질 성분, 및 아스팔텐은 중질 원유 분획물로부터 제거되어 아스팔텐 및 잔

류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물(pitch product) 및 탈아스팔트화된 오일 생성물을 생성하는, 단계; (iii) 피치 생성물을 지연 코커 유닛(delayed coker unit)에 제공하는 단계로서, 여기서 피치 생성물은 열분해 반응(thermal cracking reaction)을 거쳐 고체 석유 코크, 및 C1 내지 C4 경질 가스, 코커 나프타 및 코커 가스 오일을 포함하는 지연 코커 생성물 스트림을 얻는, 단계; (iv) 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림을 수소화 처리기에 제공하는 단계로서, 여기서 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림은 수소화 처리되어 헤테로원자를 제거하고 탄소-탄소 결합을 포화시켜 수소화 처리기 생성물 스트림을 생성하는, 단계; (v) 수소화 처리기 생성물 스트림을 제1 분리기 유닛에 제공하는 단계로서, 여기서 수소화 처리기 생성물 스트림은 C1 분획물, C2 분획물, C3 내지 C4 분획물, C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물, 및 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물로 분리되고, 여기서 제2 온도는 200 내지 215°C인, 단계; (vi) C1 분획물을 메탄 분해기(methane cracker)에 제공하는 단계로서, 여기서 C1 분획물은 수소 스트림 및 고정 탄소 스트림으로 전환되는, 단계; (vii) C2 분획물을 에탄 스팀 분해기(ethane steam cracker)에 제공하는 단계로서, 여기서 C2 분획물은 분해되어 경질 올레핀 및 방향족을 포함하는 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림을 생성하는, 단계; (viii) C3 내지 C4 분획물을 탈수소화 반응기에 제공하는 단계로서, 여기서 C3 내지 C4 분획물은 탈수소화되어 C3 내지 C4 분획물 중의 프로판 및 부탄으로부터 생성된 프로필렌 및 부텐(butene)을 포함하는 탈수소화 생성물 스트림을 생성하는, 단계; (ix) C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물을 방향족화 유닛에 제공하는 단계로서, 여기서 방향족화 유닛은 수소화 처리된 경질 분획물 중의 지방족 탄화수소를 방향족으로 전환하여 방향족화 생성물 스트림을 생성하는, 단계; (x) 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물을 스팀 강화 촉매 분해 유닛(steam enhanced catalytic cracking unit)에 제공하는 단계로서, 여기서 수소화 처리된 중질 분획물은 분해되어 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림을 생성하는, 단계; 및 (xi) 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림, 및 SECC 생성물 스트림을 제2 분리기 유닛으로 제공하는 단계로서, 여기서 제2 분리기 유닛은 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림 및 SECC 생성물 스트림을 수소 분획물, C1 스트림, C2 스트림, C3 내지 C4 알칸 스트림, 경질 올레핀 스트림, 벤젠, 톨루엔 및 자일렌을 포함하는 BTX 스트림, 및 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림으로 분할하는, 단계를 포함한다.

[0010] 추가 실시양태에서, 수소 분획물, C1 스트림, C2 스트림, C3 내지 C4 알칸 스트림, 및 잔류 스트림 중 하나 이상은 추가 처리를 위해 통합 공정 내의 하나 이상의 유닛 작동에 공급물 스트림으로 재순환될 수 있다.

[0011] 본 개시의 하나 이상의 실시양태에 있어서, 원유를 부가가치화된 석유화학물질로 전환하기 위한 통합 시스템이 개시된다. 상기 시스템은 (i) 원유를 포함하는 탄화수소 스트림을 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물과 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물로 분리하는 공급물 분리기로서, 여기서 제1 온도는 190 내지 210°C인, 공급물 분리기; (ii) 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물을 공급물 분리기로부터 수용하기 위해 공급물 분리기에 유동적으로 연결된 용매 탈아스팔트화 유닛으로서, 여기서, 비점이 300°C 초과 잔류 중질 성분 및 아스팔텐은 중질 원유 분획물로부터 제거되어 아스팔텐 및 잔류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물 및 탈아스팔트화된 오일 생성물을 생성하는, 용매 탈아스팔트화 유닛; (iii) 피치 생성물을 수용하기 위해 용매 탈아스팔트화 유닛에 유동적으로 연결된 지연 코커 유닛으로서, 여기서 피치 생성물은 열분해 반응을 거쳐 고체 석유 코크, 및 C1 내지 C4 경질 가스, 코커 나프타 및 코커 가스 오일을 포함하는 지연 코커 생성물 스트림을 얻는, 지연 코커 유닛; (iv) 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림을 수용하기 위해 공급물 분리기, 용매 탈아스팔트화 유닛 및 지연 코커에 유동적으로 연결된 수소화 처리기로서, 여기서 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림은 수소화 처리되어 헤테로원자를 제거하고 탄소-탄소 결합을 포화시켜 수소화 처리기 생성물 스트림을 생성하는, 수소화 처리기; (v) 수소화 처리기 생성물 스트림을 수용하기 위해 수소화 처리기에 유동적으로 연결된 제1 분리기 유닛으로서, 여기서 수소화 처리기 생성물 스트림은 C1 분획물, C2 분획물, C3 내지 C4 분획물, C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물 및 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물로 분리되는, 제1 분리기 유닛; (vi) C1 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기 유닛에 유동적으로 연결된 메탄 분해기로서, 여기서 C1 분획물은 수소 스트림 및 고정 탄소 스트림으로 전환되는, 메탄 분해기; (vii) C2 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 에탄 스팀 분해기로서, 여기서 C2 분획물은 경질 올레핀 및 방향족을 포함하는 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림을 생성하도록 분해되는, 에탄 스팀 분해기; (viii) C3 내지 C4 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 탈수소화 반응기로서, 여기서 C3 내지 C4 분획물은 탈수소화되어 C3 내지 C4 분획

물 중의 프로판 및 부탄으로부터 생성된 프로필렌 및 부텐을 포함하는 탈수소화된 생성물 스트림을 생성하는, 탈수소화 반응기; (ix) 수소화 처리된 경질 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 방향족화 유닛으로서, 여기서 방향족화 유닛은 수소화 처리된 경질 분획물 내의 지방족 탄화수소를 방향족으로 전환하여 방향족화 생성물 스트림을 생성하는, 방향족화 유닛; (x) 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 스팀 강화 촉매 분해 유닛으로서, 여기서 수소화 처리된 중질 분획물은 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림을 생성하기 위해 분해되는, 스팀 강화 촉매 분해 유닛; 및 (xi) 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림, 및 SECC 생성물 스트림을 수용하기 위해 에탄 스팀 분해기, 탈수소화 반응기, 방향족화 유닛, 및 스팀 강화 촉매 분해 유닛에 유동적으로 연결된 제2 분리기로서, 여기서 제2 분리기 유닛은 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림, 및 SECC 생성물 스트림을 수소 분획물, C1 스트림, C2 스트림, C3 내지 C4 알칸 스트림, 경질 올레핀 스트림, 벤젠, 톨루엔 및 자일렌을 포함하는 BTX 스트림, 및 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림으로 분할하는, 제2 분리기를 포함한다.

[0012] 추가 실시양태에서, 수소 분획물, C1 스트림, C2 스트림, C3 내지 C4 알칸 스트림 및 잔류 스트림 중 하나 이상은 추가 처리를 위해 통합 시스템 내의 하나 이상의 유닛 작동에 공급물 스트림으로 재순환될 수 있다.

[0013] 기재된 실시양태의 추가적인 특징 및 이점은 다음에 이어지는 상세한 설명에 제시될 것이다. 기재된 실시양태의 추가 특징 및 이점은 부분적으로 그 설명으로부터 당업자에게 그 설명으로부터 쉽게 명백하거나, 도면 및 청구 범위뿐만 아니라 이어지는 상세한 설명을 포함하여 기재된 실시양태를 실시함으로써 인식될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 본 개시의 특정 실시양태에 대한 다음의 상세한 설명은 다음 도면과 함께 읽을 때 가장 잘 이해될 수 있다:

도 1은 방향족화 반응기를 포함하는 본 개시의 통합 정제 공정의 하나 이상의 실시양태의 개략도이고;

도 2는 통합 정제 공정의 하나 이상의 유닛 동작에 대한 추가 공급물로서 하나 이상의 생성물 스트림의 재순환을 포함하는 본 개시의 통합 정제 공정의 하나 이상의 실시양태의 개략도이고;

도 3은 유닛 작동을 분리하기 위한 선택적 추가 스트림 분할을 갖는 도 2의 통합 정제 공정의 개략도이다.

이러한 단순화된 개략도 및 본 명세서의 목적을 위해, 특정 정유 작업의 당업자에게 관례적으로 사용되고 잘 알려진 수많은 밸브, 온도 센서, 전자 제어기 등은 포함되지 않는다. 또한, 예를 들어 공기 공급 장치, 수소 공급 장치, 촉매 호퍼 및 연도 가스 처리와 같은 통상적인 정유 작업에서 사용되는 수반되는 구성 요소는 반드시 도시되지 않는다.

또한 도면의 화살표는 하나 이상의 시스템 장치를 하나 이상의 다른 시스템 장치에 유체 수송으로 연결하는 파이프, 도관, 채널 또는 기타 물리적 이송 라인을 나타낸다. 또한 시스템 장치에 연결되는 화살표는 지정된 각 시스템 장치의 유입구와 배출구를 정의한다.

이제 다양한 실시양태에 대해 더 자세히 설명할 것이며, 그 중 일부 실시양태는 첨부된 도면에 예시되어 있다. 가능한 경우, 동일하거나 유사한 부분을 지칭하기 위해 도면 전체에서 동일한 참조 번호가 사용될 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015] 이제, 본 개시의, 원유의 부가가치화된 석유화학물질로의 전환을 위한 통합 공정 및 관련 시스템의 실시양태들을 상세히 설명할 것이다. 도 1 및 도 2의 원유의 부가가치화된 석유화학물질로의 전환을 위한 시스템은 예시적인 것으로 제공되지만, 본 시스템 및 방법은 다른 배열을 포함한다는 것을 이해해야 한다.

[0016] 본 개시의 공정 및 시스템은 원유를 주로 경질 올레핀 및 BTX(벤젠, 톨루엔 및 자일렌)와 같은 고부가가치 제품으로 전환하기 위한 통합 공정 및 시스템을 제공한다. 구체적으로, 본 개시의 공정 및 시스템은 원유를 C1 분획물, C2 분획물, C3 내지 C4 분획물, 경질 액체 분획물 및 중질 액체 분획물로 분할한 다음, 메탄 분해기, 에탄 스팀 분해기, 탈수소화 반응기, 방향족화 유닛 또는 스팀 강화 촉매 분해 유닛과 같은 적절한 반응기에서 분해하여 석유화학물질의 수율을 극대화할 수 있다. 이처럼 통합 시스템 및 공정을 통해 경질 올레핀과 BTX의 생산량이 개선된다.

[0017] 하나 이상의 실시양태에서, 원유의 부가가치화된 석유화학물질로의 전환을 위한 통합 공정은 원유를 포함하는

탄화수소 스트림(110)을 공급물 분리기(10)로 제공하여 탄화수소 스트림(110)을 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물(120)과 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물(130)로 분리하는 단계를 포함하며, 여기서 제1 온도는 190 내지 210℃이다. 통합 공정은 또한 중질 원유 분획물(130)을 공급물 분리기(10)로부터 용매 탈아스팔트화 유닛(20)으로 제공하는 단계를 더 포함하며, 여기서, 비점이 300℃ 초과인 잔류 중질 성분, 및 아스팔텐이 중질 원유 분획물로부터 제거되어 아스팔텐과 잔류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물(140)과 탈아스팔트화된 오일 생성물(150)을 생성한다. 그런 다음 피치 생성물(140)은 지연 코커 유닛(30)으로 제공되며, 피치 생성물(140)은 열분해 반응을 거쳐 고체 석유 코크(170), 및 C1 내지 C4 경질 가스, 코커 나프타 및 코커 가스 오일을 포함하는 지연 코커 생성물 스트림(160)을 얻는다. 경질 원유 분획물(120), 탈아스팔트화된 오일 생성물(150) 및 지연 코커 생성물 스트림(160)은 수소화 처리기(40)로 제공되며, 여기서 경질 원유 분획물(120), 탈아스팔트화된 오일 생성물(150) 및 지연 코커 생성물 스트림(160)은 수소화 처리되어 헤테로원자가 제거되고 탄소-탄소 결합이 포화되어 수소화 처리기 생성물 스트림(180)을 생성한다. 그런 다음, 수소화 처리기 생성물 스트림(180)은 제1 분리기 유닛(50)으로 제공되며, 여기서 수소화 처리기 생성물 스트림(180)은 C1 분획물(190), C2 분획물(200), C3 내지 C4 분획물(205), C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물(210), 및 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물(220)으로 분리되며, 여기서 제2 온도는 200 내지 215℃이다. C1 분획물(190)은 메탄 분해기(60)에 제공되며, 여기서 C1 분획물(190)은 수소 스트림(230) 및 고정 탄소 스트림(240)으로 전환된다. C2 분획물(200)은 에탄 스팀 분해기(70)에 제공되며, 여기서 C2 분획물(200)은 분해되어 경질 올레핀 및 방향족을 포함하는 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250)을 생성한다. C3 내지 C4 분획물(205)은 탈수소화 반응기(75)에 제공되며, 여기서 C3 내지 C4 분획물(205)은 탈수소화되어 C3 내지 C4 분획물(205) 중의 프로판과 부탄으로부터 생성된 프로필렌과 부텐을 포함하는 탈수소화 생성물 스트림(255)을 생성한다. 수소화 처리된 경질 분획물(210)은 방향족화 유닛(80)에 제공되며, 방향족화 유닛(80)은 수소화 처리된 경질 분획물(210) 중의 지방족 탄화수소를 방향족으로 전환하여 방향족화 생성물 스트림(260)을 생성한다. 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물(220)은 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)으로 제공되며, 여기서 수소화 처리된 중질 분획물(220)은 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림(270)을 생성하기 위해 분해된다. 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250), 탈수소화 생성물 스트림(255), 방향족화 생성물 스트림(260) 및 SECC 생성물 스트림(270)은 제2 분리기 유닛(100)으로 제공되며, 제2 분리기 유닛(100)은 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250), 탈수소화 생성물 스트림(255), 방향족화 생성물 스트림(260), 및 SECC 생성물 스트림(270)을 수소 분획물(280), C1 스트림(290), C2 스트림(300), C3 내지 C4 알칸 스트림(305), 경질 올레핀 스트림(310), 벤젠, 톨루엔 및 자일렌을 포함하는 BTX 스트림(320), 및 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림(330)으로 분할한다.

[0018]

하나 이상의 실시양태에서, 원유를 부가가치화된 석유화학물질로 전환하기 위한 통합 시스템은, 원유를 포함하는 탄화수소 스트림(110)을 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물(120)과 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물(130)로 분리하는 공급물 분리기(10)를 포함하고, 여기서 제1 온도는 190 내지 210℃이다. 용매 탈아스팔트화 유닛(20)은 중질 원유 분획물(130)을 수용하기 위해 공급물 분리기(10)에 유동적으로 연결되며, 여기서 비점이 300℃ 초과인 잔류 중질 성분, 및 아스팔텐은 중질 원유 분획물(130)로부터 제거되어 아스팔텐과 잔류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물(140) 및 탈아스팔트 오일 생성물(150)을 생성한다. 지연 코커 유닛(30)은 용매 탈아스팔트화 유닛(20)에 유동적으로 연결되어 피치 생성물(140)을 수용하며, 여기서 피치 생성물(140)은 열분해 반응을 거쳐 고체 석유 코크(170), 및 C1 내지 C4 경질 가스, 코커 나프타 및 코커 가스 오일을 포함하는 지연 코커 생성물 스트림(160)을 얻는다. 수소화 처리기(40)는 공급물 분리기(10), 용매 탈아스팔트화 유닛(20) 및 지연 코커(30)에 유동적으로 연결되어 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물(120), 탈아스팔트화된 오일 생성물(150) 및 지연 코커 생성물 스트림(160)을 수용하며, 여기서 경질 원유 분획물(120), 탈아스팔트화된 오일 생성물(150) 및 지연 코커 생성물 스트림(160)은 수소화 처리하여 헤테로원자를 제거하고 탄소-탄소 결합을 포화하여 수소화 처리기 생성물(180)을 생성한다. 제1 분리기 유닛(50)은 수소화 처리기(40)에 유동적으로 연결되어 수소화 처리기 생성물 스트림(180)을 수용하며, 여기서 수소화 처리기 생성물 스트림(180)은 C1 분획물(190), C2 분획물, C3 내지 C4 분획물(205), C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물(210), 및 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물(220)로 분리되고, 여기서 제2 온도는 200 내지 215℃이다. 메탄 분해기(60)는 제1 분리기 유닛(50)에 유동적으로 연결되어 C1 분획물(190)을 수용하며, 여기서 C1 분획물(190)은 수소 스트림(230) 및 고정 탄소 스트림(240)으로 전환된다. 에탄 스팀 분해기(70)는 제1 분리기(50)에 유동적으로 연결되어 C2 분획물(200)을 수용하고, 여기서 C2 분획물(200)은 분해되어 경질 올레핀과 방향족을 포함하는 에

탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250)을 생성한다. 탈수소화 반응기(75)는 C3 내지 C4 분획물(205)을 수용하기 위해 제1 분리기(50)에 유동적으로 연결되고, 여기서 C3 내지 C4 분획물(205)은 탈수소화되어 C3 내지 C4 분획물(205) 중의 프로판과 부탄으로부터 생성된 프로필렌과 부텐을 포함하는 탈수소화 생성물 스트림(255)을 생성한다. 방향족화 유닛(80)은 제1 분리기(50)에 유동적으로 연결되어 수소화 처리된 경질 분획물(210)을 수용하며, 방향족화 유닛(80)은 수소화 처리된 경질 분획물(210) 중의 지방족 탄화수소를 방향족으로 전환하여 방향족화 생성물 스트림(260)을 생성한다. 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)은 제1 분리기(50)에 유동적으로 연결되어 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물(220)을 수용하며, 여기서 수소화 처리된 중질 분획물(220)은 분해되어 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림(270)을 생성한다. 제2 분리기(100)는 에탄 스팀 분해기(70), 탈수소화 반응기(75), 방향족화 유닛(80) 및 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)에 유동적으로 연결되어 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250), 탈수소화 생성물 스트림(255), 방향족화 생성물 스트림(260) 및 SECC 생성물 스트림(270)을 수용하며, 여기서 제2 분리기 유닛(100)은 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250), 방향족화 생성물 스트림(260) 및 SECC 생성물 스트림(270)을 수소 분획물(280), C1 스트림(290), C2 분획물(300), C3 내지 C4 알칸 스트림(305), 경질 올레핀 스트림(310), 벤젠, 톨루엔 및 자일렌을 포함하는 BTX 스트림(320) 및 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림(330)으로 분할한다.

[0019] 원유를 부가가치가 높은 석유화학물질로 전환하는 통합 공정 및 관련 시스템의 기본 작동을 공개하였으므로, 이제 통합 공정 및 관련 시스템의 실시양태의 각 단계 및 유닛 작동에 대해 보다 상세히 설명한다.

[0020] **탄화수소 공급물 스트림**

[0021] 탄화수소 스트림(110)은 원유를 포함한다. 다양한 실시양태에서, 탄화수소 스트림(110) 내의 원유는 아랍 초경질 원유(Arab Extra Light crude oil, AXL), 아랍 경질 원유(Arab Light crude oil, AL), 아랍 중질 원유(Arab Heavy crude oil, AH), 대기 잔류물 또는 이들의 조합일 수 있다.

[0022] **공급물 분리기**

[0023] 하나 이상의 실시양태에서, 원유를 포함하는 탄화수소 스트림(110)은 공급물 분리기(10)에 제공되어 탄화수소 스트림(110)이 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물(120)과 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물(130)로 분리된다. 다양한 실시양태에서, 제1 온도는 190 내지 210°C, 195 내지 205°C, 198 내지 202°C, 또는 약 200°C일 수 있다.

[0024] 공급물 분리기(10)는 탄화수소 스트림(110)을 200°C 이하의 온도에서 비등하는 경질 원유 분획물(120)과 200°C 초과 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물(130)로 분리하도록 구성된 임의의 유닛일 수 있다. 하나 이상의 실시양태에서, 공급물 분리기(10)는 플래시 탱크(flash tank)이다. 플래시 탱크는 고압에서 저압으로 이동할 때 액체 탄화수소가 즉시 증기(vapor)로 전환되는 공정을 의미하는 플래싱의 원리에 따라 작동하여 액체 탄화수소의 공급물을 분리할 수 있다. 플래시 탱크는 200 내지 500°C의 온도와 적절한 압력에서 작동하여 경질 원유 분획물(120)과 중질 원유 분획물(130)로 분리할 수 있다.

[0025] **용매 탈아스팔트화 유닛**

[0026] 하나 이상의 실시양태에서, 공급물 분리기(10)로부터 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물(130)이 용매 탈아스팔트화 유닛(20)으로 제공된다. 이와 같이, 도 1 및 도 2를 참조하여, 용매 탈아스팔트화 유닛(20)은 공급물 분리기(10)에 유동적으로 연결된다. 용매 탈아스팔트화 유닛(20)은 비점이 300°C 초과인 잔류 중질 성분과 중질 원유 분획물(130)로부터의 아스팔텐을 제거하여 아스팔텐과 잔류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물(140)을 생성한다. 아스팔텐 및 잔류 중질 성분을 제거하여 생성된 결과물 스트림은 탈아스팔트화된 오일 생성물(150)이다.

[0027] 용매 탈아스팔트화 유닛(20)에서 수행되는 용매 탈아스팔트화는 파라핀 용매와 혼합하여 아스팔텐 및 기타 잔류 중질 성분을 용액으로부터 침전시켜 특정 중을 분자 유형별로 선별적으로 분리하는 분리 공정임을 알 수 있을 것이다. 경질 탄화수소는 지방족 화합물을 용해시키는 용매로 작용할 수 있지만 아스팔텐은 용매로 작용하지 않을 수 있기 때문에 용매 탈아스팔트화 유닛(20)은 아스팔텐 및 잔류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물(140)을 중질 원유 분획물(130)의 공급원료로부터 분리한다.

[0028] 다양한 실시양태에서, 용매 탈아스팔트화 유닛(20)에 사용되는 용매는 프로판, 부탄 또는 헥산일 수 있다. 경질 탄화수소 용매의 선별은 생성된 탈아스팔트화된 오일 생성물(150)의 수율 및 품질에 영향을 미친다. 예를 들어, 용매 탈아스팔트화 유닛(20)에서 프로판을 사용하여 생성된 탈아스팔트화된 오일 생성물(150)은 금속 및

탄소 잔류물에 의한 더 큰 잔류 오염으로 인해 품질이 저하되는 대신 수율이 2배 또는 3배 증가할 수 있는 펜탄을 사용하는 것에 비해 품질은 더 높지만 수율이 낮은 탈아스팔트화된 오일 생성물(150)을 생성할 수 있다.

[0029] 다양한 처리 매개변수가 용매 탈아스팔트화 유닛(20)의 작동에 적합한 것으로 간주된다. 예를 들어, 용매 탈아스팔트화 유닛(20)은 사용된 용매의 용매 임계 압력 및 온도보다 낮은 온도 및 압력에서 작동할 수 있다. 또한, 아스팔텐 및 잔류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물(140)과 탈아스팔트화된 오일 생성물(150)의 수율은 용매 탈아스팔트화 유닛(20)에 제공되는 용매 및 중질 원유 분획물(130)의 비율을 변경함으로써 조정될 수 있다. 하나 이상의 실시양태에서, 중질 원유 분획물(130)에 대한 용매의 중량별 비율은 2 내지 20, 또는 5 내지 10, 또는 6 내지 8이다. 또한, 하나 이상의 실시양태에서, 용매 탈아스팔트화 유닛(20)은 120°C 내지 160°C 범위의 온도 및 1 내지 40bar 범위의 압력에서 작동된다.

[0030] 하나 이상의 실시양태에서, 용매 탈아스팔트화 유닛(20)은 중질 원유 분획물(130)로부터 금속을 추가로 제거한다. 용매 탈아스팔트화 공정은 처리된 스트림의 금속을 포함하는 탄화수소가 용매 탈아스팔트화 유닛(20)의 피치 생성물(140)에서 아스팔텐 및 잔류 중질 성분으로 끝나는 결과를 초래한다. 미국특허 제7,566,394호(참조로 통합됨)는 용매 탈아스팔트화 공정에 대한 세부 사항을 기재한다.

[0031] 탈아스팔트화 유닛(20)에서 수행되는 탈아스팔트화는 중질 원유 분획물(130)에 존재하는 많은 오염 물질을 제거한 탈아스팔트화된 오일 생성물(150)을 생성한다. 중질 원유 분획물(130)에 존재하는 대부분의 오염 물질은 피치 생성물(140)의 일부로 제거된다. 이러한 오염 물질에는 Ni 및 V와 같은 금속 오염 물질 및 탄소 잔류물이 포함된다.

[0032] **지연 코크 유닛**

[0033] 하나 이상의 실시양태에서, 용매 탈아스팔트화 유닛(20)으로부터의 피치 생성물(140)은 지연 코크 유닛(30)으로 제공된다. 이와 같이, 도 1 및 도 2를 참조하여, 지연 코크 유닛(30)은 용매 탈아스팔트화 유닛(20)에 유동적으로 연결된다. 지연 코크 유닛(30) 내에서 피치 생성물(140)은 열 분해 반응을 거쳐 고체 석유 코크(170) 및 지연 코크 생성물 스트림(160)을 얻는다. 지연 코크 생성물 스트림(160)은 C1 내지 C4 경질 가스, 코크 나프타 및 코크 가스 오일을 포함한다. 구체적으로, 지연 코크 유닛(30)은 공급물 스트림으로 제공되는 피치 생성물(140)을 다수의 병렬 통로가 있는 퍼니스에서 열분해 온도까지 가열하여 작동한다. 이러한 가열은 피치 생성물(140)의 중질 장쇄 탄화수소 분자를 고체 석유 코크(170) 및 지연 코크 생성물 스트림(160)의 다양한 성분으로 분해시킨다.

[0034] 하나 이상의 실시양태에서, 지연 코크 생성물 스트림(160)은 제1 지연 코크 생성물 스트림(162) 및 제2 지연 코크 생성물 스트림(164)으로 분할된다. 제2 지연 코크 생성물 스트림(164)은 C5 내지 지연 코크 생성물 스트림(60)으로부터 343°C에서 비등하는 탄화수소를 포함하며, 제1 지연 코크 생성물 스트림(162)은 제1 지연 코크 생성물 스트림 내의 나머지 지연 코크 생성물 스트림을 포함한다.

[0035] 하나 이상의 실시양태에서, 지연 코크 유닛 내의 코크 드럼은 470°C 내지 505°C 범위의 온도 및 1 내지 2 bar 범위의 압력에서 작동하여 용매 탈아스팔트화 유닛(20)으로부터 피치 생성물(140)을 처리한다.

[0036] 지연 코크 유닛(30)은 스윙 모드에서 작동되는 적어도 2개의 병렬 드럼을 포함할 수 있다. 하나의 코크 드럼에 코크가 가득 차면, 피치 생성물(140)의 공급물은 새로운 빈 드럼으로 전환되고, 가득 찬 드럼은 냉각된다. 지연 코크 유닛(30)의 유입 및 배출을 제어하기 위해 다양한 유입구 밸브 및 배출구 밸브가 제공될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 드럼에 남아있는 코크는 일반적으로 물로 냉각된 다음, 예를 들어 유압 또는 기계적 기술 또는 양쪽 모두를 사용하는 통상적인 방법으로 코크 드럼에서 제거되어 고체 석유 코크(170)로 회수하기 위해 드럼 벽으로부터 고체 코크를 제거한다.

[0037] **수소화 처리기**

[0038] 하나 이상의 실시양태에서, 공급물 분리기(10)로부터의 경질 원유 분획물(120), 용매 탈아스팔트화 유닛(20)으로부터의 탈아스팔트화된 오일 생성물(150) 및 지연 코크 유닛(30)으로부터의 지연 코크 생성물 스트림(160)이 수소화 처리기(40)로 제공된다. 이와 같이, 도 1 및 도 2를 참조하여, 수소화 처리기(40)는 용매 탈아스팔트화 유닛(20)에 유동적으로 연결된다. 하나 이상의 실시양태에서, 그리고 도 3을 참조하여, 제1 지연 코크 생성물 스트림(162)은 지연 코크 생성물 스트림(160) 대신에 수소화 처리기에 제공된다. 수소화 처리기(40) 내에서 경질 원유 분획물(120), 탈아스팔트화된 오일 생성물(150) 및 지연 코크 생성물 스트림(160)은 수소화 처리되어 헤테로원자를 제거하고 탄소-탄소 결합을 포화시켜 수소화 처리기 생성물 스트림(180)을 생성한다. 수소화 처리기(40)에서 수행되는 수소화 처리는 공급물 스트림에서 유기 화합물의 탄소-탄소 결합을 포화시켜 질소, 황

및 염소와 같은 다른 헤테로원자와 함께 산소를 제거하기 위해 고압 수소의 존재하에 유기 화합물을 반응시키는 것임을 알 수 있을 것이다.

[0039] 경질 원유 분획물(120), 탈아스팔트화된 오일 생성물(150) 및 지연 코커 생성물 스트림(160) 내의 탄화수소의 탄소-탄소 결합을 포화시키는 것은 각각 암모니아, 황화수소 및 HCl을 생성함으로써 질소, 황 및 염소와 같은 헤테로원자를 제거하고, 이는 수소화 처리기 폐기물 스트림(182)에서 분리될 수 있다. 하나 이상의 실시양태에서, 수소화 처리기(40)를 빠져나가는 수소화 처리기 생성물 스트림(180)은 800ppm 미만의 질소 및 900ppm 미만의 황을 포함한다. 다양한 추가 실시양태에서, 수소화 처리기 생성물 스트림(180)은 750ppm 미만의 질소, 650ppm 미만의 질소, 550ppm 미만의 질소, 500ppm 미만의 질소, 또는 370 내지 750ppm의 질소를 포함한다. 다양한 실시양태에서, 수소화 처리기 생성물 스트림(180)은 850ppm 미만의 황, 750ppm 미만의 황, 500ppm 미만의 황, 300ppm 미만의 황, 또는 150 내지 820ppm의 황을 포함한다.

[0040] 수소화 처리기(40)의 작동은 경질 원유 분획물(120), 탈아스팔트화된 오일 생성물(150) 및 지연 코커 생성물(160)의 공급물 스트림을 수소 가스와 혼합하는 단계, 생성된 혼합물을 가열 및 가압하는 단계, 및 이를 촉매로 통과시켜 황 함유 화합물을 황화수소 및 탈황화 탄화수소로, 질소 함유 화합물을 암모니아 및 탈질화 탄화수소로, 염화물 함유 화합물을 HCl 및 탈염화 화합물로 전환하는 단계를 포함한다. 하나 이상의 실시양태에서, 수소화 처리기(40)는 CoMo/알루미나 또는 NiMo/알루미나 촉매를 포함할 수 있다.

[0041] 하나 이상의 실시양태에서, 수소화 처리기(30)는 280 내지 450°C의 온도에서 작동할 수 있다. 하나 이상의 실시양태에서, 수소화 처리기(30)는 수소 유입구를 통해 수소를 도입하여 5 내지 160 bar의 압력에서 작동할 수 있다. 다양한 추가 실시양태에서, 수소화 처리기(40)는 280 내지 425°C, 280 내지 400°C, 또는 280 내지 350°C의 온도, 및 5 내지 100bar, 5 내지 50bar, 20 내지 160bar, 20 내지 100bar 또는 20 내지 50bar의 압력에서 작동할 수 있다. 하나 이상의 실시양태에서, 수소화 처리기(30)는 1 내지 10 h⁻¹의 탄화수소 공간 속도로 작동할 수 있다.

[0042] **제1 분리기 유닛**

[0043] 하나 이상의 실시양태에서, 수소화 처리기(40)로부터의 수소화 처리기 생성물 스트림(180)은 제1 분리기 유닛(50)으로 제공된다. 이와 같이, 도 1 및 도 2를 참조하여, 제1 분리기 유닛(50)은 수소화 처리기(40)에 유동적으로 연결된다. 제1 분리기 유닛(50)은 수소화 처리기 생성물 스트림(180)을 C1 분획물(190), C2 분획물(200), C3 내지 C4 분획물(205), C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물(210) 및 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물(220)으로 분할한다. 다양한 실시양태에서, 제2 온도는 200 내지 215°C, 200 내지 210°C, 204 내지 210°C, 약 204°C, 또는 약 210°C일 수 있다.

[0044] 제1 분리기 유닛(50)은 증기압에 의해 탄화수소 스트림을 분리하기 위해 당업자에게 공지된 임의의 유닛 작동 또는 시스템을 포함할 수 있다. 예시적인 제1 분리기 유닛(50)은 대기 증류 유닛이다. 대기 증류 유닛은 혼합물의 하나 이상의 분획물이 기화되는 온도까지 공급물을 가열하여 분획 증류를 이용하고, 다른 분획물은 액체로 남겨두어 공급물 스트림을 분리한다. 또한, 다양한 실시양태에서, 제1 분리기 유닛(50)은 단순한 플래시 컬럼 또는 적어도 15개의 이론적 플레이트를 갖는 참비점(true boiling point) 증류일 수 있다.

[0045] 하나 이상의 실시양태에서, 제1 분리기 유닛(50)은 복수의 분리기 유닛을 포함한다. 설명의 편의를 위해, 제공된 도 1 및 도 2는 단일 유닛 작동을 예시하지만, 그러한 유닛 작동은 개시된 생성물 스트림을 생성하기 위해 복수의 개별 분리기 유닛을 포함할 수 있음이 이해될 것이다.

[0046] **메탄 분해기**

[0047] 하나 이상의 실시양태에서, 제1 분리기 유닛(50)으로부터의 C1 분획물(190)은 메탄 분해기(60)로 제공된다. 이와 같이, 도 1 및 도 2를 참조하여, 메탄 분해기(60)는 제1 분리기 유닛(50)에 유동적으로 연결된다. 메탄 분해기(60) 내에서, C1 분획물(190)은 수소 스트림(230) 및 고정 탄소 스트림(240)으로 전환된다. 구체적으로, 메탄 분해기(60)는 제1 분리기 유닛(50)로부터 공급물 스트림으로서 제공되는 C1 분획물(190)을 가열하여 메탄을 수소 스트림(230)을 형성하는 수소와 고정 탄소 스트림(240)을 형성하는 탄소로 분해하도록 작동한다.

[0048] 메탄 분해는 고온에서 일어나는 흡열 반응으로서, 열역학에 따르면 메탄은 이론적으로 촉매 없이도 300°C에 도달하면 고체 탄소 입자와 H₂ 가스로 분해되기 시작한다. 그러나 메탄의 비촉매 열분해는 운동학적 한계와 메탄 분자의 안정적인 C-H 결합을 끊는 데 필요한 높은 활성화 에너지로 인해 약 1200°C 미만에서는 합리적인 수율에

도달하지 못한다. 따라서, 하나 이상의 실시양태에서, 메탄 분해 촉매는 메탄 분해기(60)에서 C-H 결합을 끊기 위해 활성화 에너지를 감소시키기 위해 활용된다. 촉매적 메탄 분해는 700°C의 낮은 온도에서 합리적인 수율을 달성한다.

[0049] 다양한 실시양태에서, 메탄 분해기(60)에 사용되는 메탄 분해 촉매는 니켈, 코발트 또는 철 기반 촉매이다. 이러한 촉매는 저렴한 비용 및 가용성으로 인해 바람직하다. 또한, 하나 이상의 실시양태에서, 촉매 성능을 향상시키기 위해 금속 촉매에 지지체 및 촉진제가 첨가될 수 있다. 일반적인 지지체는 Al₂O₃, MgO 및 SiO₂이다. 다양한 실시양태에서, 메탄 분해기(60)에 이용되는 메탄 분해 촉매는 Ni/CeO₂, NiLa₂O₃, Ni/SiO₂, Fe/CeO₂, Fe/La₂O₃, Fe/SiO₂, Ni/SiO₂, Fe/SiO₂, Co/SiO₂, Ni/Mg-O-Al, Rh/Al₂O₃, 또는 Rh/Al₂O₃-10중량% Nd₂O₃이다.

[0050] 하나 이상의 실시양태에서, 메탄 분해기(60)는 700°C 내지 1,200°C 범위의 온도에서 작동된다. 추가 실시양태에서, 메탄 분해기(60)는 700°C 내지 1,000°C 범위의 온도에서 작동된다.

[0051] **에탄 스팀 분해기**

[0052] 하나 이상의 실시양태에서, 제1 분리기 유닛(50)으로부터의 C2 분획물(200)은 에탄 스팀 분해기(70)로 제공된다. 이와 같이, 도 1 및 도 2를 참조하여, 에탄 스팀 분해기(70)는 제1 분리기 유닛(50)에 유동적으로 연결된다. 에탄 스팀 분해기(70) 내에서, C2 분획물(200)은 분해되어 경질 올레핀 및 방향족을 포함하는 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250)을 생성한다. 일반적으로 스팀 분해는 포화 탄화수소를 더 작은, 종종 불포화된, 탄화수소로 분해하는 석유화학 공정이다. 작동 시, C2 분획물(200)은 스팀으로 희석되고 산소가 없는 상태에서 에탄 스팀 분해기(70)의 용광로에서 짧게 가열된다. 반응은 밀리초 정도의 체류 시간으로 빠르게 발생하며, 분해 온도에 도달한 후 흐름이 빠르게 쉼터되어 분해 반응이 멈춘다. 구체적으로, 에탄 스팀 분해기(70)는 제1 분리기 유닛(50)으로부터의 공급물 스트림으로서 제공되는 C2 분획물(200)을 스팀으로 가열하여 C2 분획물(200)의 포화 탄화수소를 경질 올레핀 및 주로 에틸렌으로 열적으로 분해하도록 작동한다. 본 개시의 목적상, 경질 올레핀은 에틸렌, 프로필렌 및 부틸렌을 포함하는 C2 내지 C4 알켄으로 간주된다.

[0053] 하나 이상의 실시양태에서, 에탄 스팀 분해기(70)는 800°C 내지 950°C 범위의 온도에서 작동된다. 심각도(severity)라고도 하는 더 큰 분해의 온도는 낮은 심각도 작동에 비해 더 큰 분해가 발생하기 때문에 더 짧은 사슬 탄화수소의 생산에 유리하다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0054] 하나 이상의 실시양태에서, 에탄 스팀 분해기(70)는 0.2 내지 0.8 범위의 스팀에 대한 탄화수소의 비율(hydrocarbon to steam ratio)로 작동된다. 하나 이상의 추가 실시양태에서, 에탄 스팀 분해기(70)는 0.2 내지 0.5 범위의 스팀에 대한 탄화수소의 비율로 작동된다. 스팀에 대한 탄화수소의 비율은 에탄 스팀 분해기(70)에 동시에 제공되는 스팀에 대한 제1 분리기 유닛(50)으로부터의 C2 분획물(200)에 제공되는 탄화수소의 비율을 나타내는 것으로 이해될 것이다.

[0055] 아래에 나타난 표 1은 에탄 스팀 분해기(70)로의 공급물 스트림의 구성에 따라 생성되는 일반화된 스팀 분해기 수율을 제공한다. 중량 퍼센트로서 수율은 C2 분획물(200)의 주요 구성 성분인 에탄뿐만 아니라 제1 분리기 유닛(50)의 분리 불완전성으로 인해 C2 분획물(200)에 소량으로 제공될 수 있는 프로판, 부탄, 나프타 및 가스유에 대하여도 제공된다.

표 1

표 1: 다양한 공급 원료에 대한 이론적 스팀 분해기 수율

중량별 수율	에탄(%)	프로판(%)	부탄(%)	나프타(%)	가스유(%)
수소 및 메탄	13	28	24	26	18
에틸렌	80	45	37	30	25
프로필렌	2	15	18	13	14
부타디엔	1	2	2	5	5
혼합 부텐	2	1	6	8	6
C5+	2	9	13	8	7
벤젠	0	0	0	5	5
톨루엔	0	0	0	4	3
연료유	0	0	0	2	18

[0056]

[0057] 탈수소화 반응기

[0058] 하나 이상의 실시양태에서, C3 내지 C4 분획물(205)은 탈수소화 반응기(75)에 제공된다. 이와 같이, 도 1 및 도 2를 참조하면, 탈수소화 반응기(75)는 제1 분리기 유닛(50)에 유동적으로 연결된다. 탈수소화 반응기(75) 내에서 C3 내지 C4 분획물(205)은 탈수소화되어 C3 내지 C4 분획물(205) 중의 프로판 및 부탄으로부터 생성되는 프로필렌 및 부텐을 포함하는 탈수소화 생성물 스트림(255)을 생성한다.

[0059] 하나 이상의 실시양태에서, 탈수소화 반응기(75)는 C3 내지 C4 분획물(205)을 탈수소화하여 프로필렌 및 부텐을 포함하는 탈수소화 생성물 스트림(255)을 생성하기 위해 그 안에 배치된 탈수소화 촉매를 갖는다. 탈수소화 반응기(75)의 촉매층 반응기(catalytic bed reactor)는 하나 이상의 실시양태에서 고정층 반응기로서 작동할 수 있다. 추가 실시양태에서, 탈수소화 반응기(75)의 촉매층 반응기는 이동층 반응기로서 작동할 수 있다.

[0060] 탈수소화 촉매는 C3 내지 C4 분획물(205)을 효율적으로 탈수소화하고 프로필렌 및 부텐을 생성하도록 선택될 수 있다. 다양한 실시양태에 따라, 탈수소화 촉매는 제올라이트 유형 또는 염소화 알루미늄 유형일 수 있으며, 각각은 Pt 또는 Pd와 같은 귀금속 또는 귀금속의 조합을 함유한다. 또한, 다양한 실시양태에서, 촉매는 초안정(US) Y형 제올라이트, 베타 제올라이트 또는 모르테나이트 제올라이트를 함유하는 지지체에 담지된 활성상 금속을 포함할 수 있다. 다양한 개시된 실시양태에서, 제올라이트는 USY 제올라이트로 언급되지만, 베타 제올라이트 또는 모르테나이트 제올라이트는 이러한 개시된 실시양태에서 치환될 수 있다.

[0061] 하나 이상의 실시양태에서, 탈수소화 촉매는 초안정(US) Y형 제올라이트를 함유하는 지지체 상에 담지된 활성상 금속을 포함할 수 있으며, 여기서 상기 USY 제올라이트의 프레임워크의 알루미늄 원자의 일부는 지르코늄, 티타늄 및 hafnium 원자 중 하나 이상으로 치환된다. 하나 이상의 실시양태에서, 지지체는 바인더로 작용하는 알루미늄이다. 하나 이상의 실시양태에서, 제올라이트는 총 촉매의 5 내지 80 중량%로 포함될 수 있다.

[0062] 하나 이상의 구체적인 실시양태에서, USY 제올라이트는 상기 USY 제올라이트의 프레임워크의 알루미늄 원자의 일부 대신에 지르코늄 및 티타늄 원자를 포함하도록 변형된 프레임워크이다. 하나 이상의 실시양태에서, USY 제올라이트는 제올라이트 기준으로 1 내지 5중량%의 지르코늄 및 티타늄을 포함할 수 있다.

[0063] 다양한 실시양태에서, USY 제올라이트를 포함하는 지지체에 담지된 활성상 금속은 Ru, Rh, Pd, Ag, Os, Ir, Pt 및 Au 중에서 선택될 수 있다. 하나 이상의 실시양태에서, USY 제올라이트를 포함하는 지지체에 담지된 활성상 금속은 특히 Pt이다. 하나 이상의 실시양태에서, 활성상 금속은 총 촉매의 0.1 내지 1.5 중량%로 포함될 수 있다.

[0064] 하나 이상의 실시양태에서 및 다양한 구성에 따라, C3 내지 C4 분획물(205)은 1 내지 10 h^{-1} 의 액체 공간 속도(LHSV)로 탈수소화 반응기(40)에 제공된다. 다양한 추가 실시양태에서, C3 내지 C4 분획물(205)은 1 내지 15 h^{-1} , 1 내지 10 h^{-1} , 2 내지 15 h^{-1} , 3 내지 10 h^{-1} , 3 내지 8 h^{-1} 또는 약 5 h^{-1} 의 LHSV로 탈수소화 반응기(40)에

제공된다.

[0065] 하나 이상의 실시양태에서 및 다양한 구성에 따라, 탈수소화 반응기(75)는 575 내지 620°C의 반응 온도에서 작동될 수 있다. 다양한 실시양태에서, 탈수소화 반응기(75)는 590 내지 620°C, 600 내지 620°C, 575 내지 600°C, 또는 약 575°C의 반응 온도에서 작동될 수 있다. 온도가 감소함에 따라 반응성이 감소하지만 온도가 증가함에 따라 코크스 형성도 증가한다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0066] 하나 이상의 실시양태에서 및 다양한 구성에 따라, 탈수소화 반응기(75)는 가압될 수 있다. 가압은 수소로 달성될 수 있다. 다양한 실시양태에서, 탈수소화 반응기(75)는 1 내지 5 bar, 1.5 내지 5 bar, 2 내지 5 bar, 또는 약 3 bar의 압력에서 작동된다.

[0067] **방향족화 유닛**

[0068] 하나 이상의 실시양태에서, C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물(210)이 방향족화 유닛(80)에 제공된다. 이와 같이, 도 1 및 도 2를 참조하여, 방향족화 유닛(80)은 제1 분리기 유닛(50)에 유동적으로 연결된다. 방향족화 유닛(80) 내에서, 수소화 처리된 경질 분획물(210) 중의 지방족 탄화수소는 방향족으로 전환되어 탈수소화 및 수소 이탈 고리화(dehydrocyclization) 과정을 통해 방향족화 생성물 스트림(260)을 생성한다. 방향족화 유닛(80)은 방향족화 생성물 스트림(260)의 형태로 방향족 함량이 증가된 액체 생성물 스트림을 생성하기 위해 작동 가능하게 방향족화 촉매가 배치된 적어도 하나의 방향족화 반응기를 포함한다.

[0069] 다양한 실시양태에 따라, 방향족화 촉매는 제올라이트 지지체의 표면에 분산된 금속 산화물 성분을 포함할 수 있다. 금속 산화물 성분은 국제순수응용화학연맹(IUPAC) 주기율표의 4 내지 13족(예: IUPAC 주기율표의 8 내지 13족)에서 선택된 하나 이상의 금속 원소의 산화물을 포함할 수 있다. 하나 이상의 실시양태에서, 하나 이상의 금속 산화물의 금속 원소는 IUPAC 주기율표의 4 내지 13족 및 4 내지 6주기, 예컨대 주기율표의 4 주기에서 선택된 금속 원소일 수 있다. 금속 산화물의 금속 원소는 티타늄, 바나듐, 크롬, 망간, 철, 코발트, 니켈, 구리, 아연, 갈륨, 몰리브덴, 팔라듐, 은, 하프늄, 텅스텐, 백금, 금 또는 이들 금속 원소의 조합을 포함할 수 있지만 이에 제한되지 않는다. 하나 이상의 실시양태에서, 하나 이상의 금속 산화물의 금속 원소는 갈륨, 아연, 철, 하프늄 또는 이들 금속의 조합을 포함할 수 있다. 하나 이상의 실시양태에서, 금속 산화물은 갈륨 산화물일 수 있다.

[0070] 하나 이상의 실시양태에서, 방향족화 촉매는 갈륨 개질된 H-MFI 타입 제올라이트를 포함할 수 있다. 구체적으로, 방향족화 촉매는 H-MFI 타입 제올라이트에 통합된 갈륨으로 형성된 촉매를 포함할 수 있다. 이러한 촉매는 전체 촉매를 기준으로 1 내지 5 중량 퍼센트의 갈륨(Ga)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 다양한 실시양태에서, 갈륨 개질 H-MFI 타입 제올라이트 촉매는 1 내지 4 중량 퍼센트 갈륨, 1 내지 3 중량 퍼센트 갈륨, 1.5 내지 2.5 중량 퍼센트 갈륨, 1.8 내지 2.2 중량 퍼센트 갈륨 또는 약 2 중량 퍼센트 갈륨을 포함할 수 있다. 가장 넓은 범위에 포함되는 다른 비율로 갈륨을 통합하는 것도 구상되지만 간결성을 위해 명시적으로 설명하지 않았음을 이해할 수 있을 것이다. 전술한 바와 같이, 다양한 실시양태에서, 갈륨은 개시된 갈륨 개질 H-MFI 타입 제올라이트의 나머지 매개변수를 유지하면서 대체 금속 원소로 치환될 수 있다. 다양한 실시양태에서, H-MFI 타입 제올라이트의 알루미늄에 대한 실리카의 비율은 20 내지 100, 20 내지 80, 20 내지 50 또는 20 내지 30으로 다양할 수 있다.

[0071] 하나 이상의 실시양태에서, 제1 분리기 유닛(50)으로부터의 수소화 처리된 경질 분획물(210)은 0.1 내지 10 h⁻¹의 액체 공간 속도(LHSV)로 방향족화 유닛(80)에 제공된다. 다양한 추가 실시양태에서, 수소화 처리된 경질 분획물(210)은 0.1 내지 8 h⁻¹, 0.3 내지 10 h⁻¹, 0.5 내지 5 h⁻¹, 0.8 내지 3 h⁻¹, 0.8 내지 2 h⁻¹, 또는 약 1 h⁻¹의 LHSV에서 방향족화 유닛(80)으로 제공된다. 더 큰 LHSV는 더 낮은 방향족 수율을 초래하고, 더 작은 LHSV는 덜 바람직한 중질의 방향족 형성을 선호한다는 것이 인식될 것이다.

[0072] 하나 이상의 실시양태에서, 방향족화 유닛(80)은 400 내지 600°C의 반응 온도에서 작동될 수 있다. 다양한 실시양태에서, 방향족화 유닛(80)은 400 내지 550°C, 425 내지 550°C, 450 내지 600°C, 또는 450 내지 550°C의 반응 온도에서 작동될 수 있다. 온도가 낮을수록 전환율이 낮아지고, 온도가 높을수록 촉매 비활성화가 빨라지는 것을 알 수 있을 것이다.

[0073] 하나 이상의 실시양태에서, 방향족화 유닛(80)은 1 내지 35bar, 5 내지 35bar, 또는 10 내지 35bar의 압력에서 작동될 수 있다. 더 낮은 압력은 방향족화 반응에 유리하지만, 실제 작동을 위해서는 최소 수준의 양압이 필요

하다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0074]

스팀 강화 촉매 분해 유닛

[0075]

하나 이상의 실시양태에서, 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 제1 분리기 유닛(50)으로부터의 수소화 처리된 중질 분획물(220)은 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)으로 제공된다. 이와 같이, 도 1 및 도 2를 참조하여, 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)은 제1 분리기 유닛(50)에 유동적으로 연결된다. 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90) 내에서, 수소화 처리된 중질 분획물(220)은 분해되어 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림(270)을 생성한다. 하나 이상의 실시양태에서, 탈아스팔트화된 오일 생성물(150), 제2 지연 코커 생성물 스트림(164) 또는 둘 다는 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)에 추가적으로 제공되어 결합된 SECC 공급물 스트림(222)을 생성한다. 이와 같이, 도 3을 참조하여, 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)은 용매 탈아스팔트화 유닛(20), 지연 코커(30), 또는 둘 다에 유동적으로 연결될 수 있다.

[0076]

촉매 분해는 석유 정제소에서 사용되는 알려진 전환 공정으로, 석유 원유 또는 기타 탄화수소 스트림의 고비점, 고분자량 탄화수소 분획물을 보다 가치 있는 가솔린, 올레핀 가스 및 기타 생성물로 전환하는 데 활용된다. 마찬가지로, 스팀 분해는 나프타와 같은 기체 또는 액체 탄화수소 공급물을 스팀으로 희석하고 산소가 없는 상태에서 용광로에서 잠시 가열하여 포화 탄화수소를 올레핀과 같은 더 작고 종종 불포화인 탄화수소로 분해하는 석유 정제소에서 사용되는 알려진 전환 공정이다. 본 개시에 따른 공정은 촉매 분해와 스팀 분해 둘 다의 이점을 결합하여 경질 올레핀의 생산을 극대화하는 스팀 강화 촉매 분해이다. 구체적으로, 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)은 종래의 유동화 촉매 분해 반응기와는 달리, 더 높은 온도 범위에서 작동하고 또한 공급물에 더 많은 스팀 함량을 포함한다는 점에 주목한다. 과도한 스팀과 더 높은 온도는 수소화 처리된 중질 분획물(220)의 공급 탄화수소를 에틸렌 및 프로필렌과 같은 비교적 더 경질인 올레핀으로 전환시킨다. 특히, 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)에서 수행되는 스팀 강화 촉매 분해 공정은 수소화 처리된 중질 분획물(220)과 같은 중질 스트림을 경질 올레핀으로 효과적으로 분해할 수 있다는 점에 주목한다.

[0077]

스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)은 유동층 반응기(fluidized bed reactor), 고정층 반응기(fixed bed reactor) 또는 이동층 반응기(moving bed reactor)로서 작동할 수 있다. 하나 이상의 특정 실시양태에서, 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)은 라이저 반응기(riser reactor) 또는 다운너 반응기(downer reactor) 형태의 유동층 반응기를 포함하여 수소화 처리된 중질 분획물(220)을 탄소수가 C2 내지 C4인 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림(270)으로 전환할 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, "다운너(downer)"라는 용어는 반응물이 예를 들어 반응기의 상부로 유입되고 하부로 배출되는 것과 같은 일반적으로 하향 방향으로 유동하는 유동층 반응기와 같은 촉매 분해 반응기를 지칭한다. 마찬가지로, "라이저(riser)"라는 용어는 반응물이 예를 들어 반응기의 바닥으로 유입되고 상부로 배출되는 것과 같은 일반적으로 상향 방향으로 유동하는 유동층 반응기와 같은 촉매 분해 반응기를 지칭한다.

[0078]

하나 이상의 실시양태에서, 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)은 스팀 강화 분해 촉매를 이용하므로, 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)은 반응기/분리기뿐만 아니라 사용된 촉매를 재생하기 위한 재생 용기(regeneration vessel)를 포함할 수 있다. 본원에서 사용되는 "사용된 촉매(spent catalyst)"는 연료와 반응을 거쳐 적어도 부분적으로 코크화된(coked) 촉매를 지칭한다. 또한, 본원에서 사용되는 "재생 촉매(regenerated catalyst)"는 촉매 재생기에서 배출되는 촉매로서 적어도 부분적으로 또는 실질적으로 코크가 없는 촉매를 말하며, "프레쉬 촉매(fresh catalyst)"는 시스템에 새로 유입되는 촉매로서 적어도 부분적으로 또는 실질적으로 코크가 없는 촉매를 말한다. 수소화 처리된 중질 분획물(220)은 탄소-탄소 결합 절단에 의해 수소화 처리된 중질 분획물(220) 내에서 탄화수소 분자를 촉매적으로 분해하는 가열된 프레쉬 또는 재생 스팀 강화 분해 촉매 입자의 유효량과 혼합되고 밀접하게 접촉된다. SECC 생성물 스트림(270)과 스팀 강화 분해 촉매는 스팀 강화 분해 촉매의 재생을 위해 재생 용기로 순환되는 스팀 강화 분해 촉매와 함께 분리된다.

[0079]

일반적으로, 다운너 또는 라이저 FCC 유닛으로서의 배열에서 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)의 작동 조건은 약 600°C 내지 약 750°C, 특정 실시양태에서 약 625°C 내지 약 725°C, 및 추가 실시양태에서 약 650°C 내지 약 700°C의 반응 온도; 약 1bar 내지 약 20bar, 특정 실시양태에서 약 1bar 내지 약 10bar, 및 추가 실시양태에서 약 1bar 내지 약 2bar의 반응 압력; 약 0.1초 내지 약 30초, 특정 실시양태에서 약 0.1초 내지 약 20초, 및 추가 실시양태에서 약 0.1초 내지 약 10초의 반응기 내 접촉 시간; 중량 기준의 촉매 대 공급물 비는 약 3:1 내지 약 60:1, 특정 실시양태에서 약 4:1 내지 약 50:1, 및 추가 실시양태에서 약 6:1 내지 약 40:1; 및 중량 기준의 스팀 대 공급물 비는 약 1:5 내지 약 1:1, 특정 실시양태에서 약 1:4 내지 약 1:1, 및 추가 실시양태에서 약 1:4 내지 약 2:3이다. 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)으로 유입되는 촉매의 유량을 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)으

로 유입되는 수소화 처리된 중질 분획물(220)의 유량으로 나눈 값은 촉매 대 공급물 비율을 정의하고, 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)으로 유입되는 스팀의 유량을 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)으로 유입되는 수소화 처리된 중질 분획물(220)의 유량으로 나눈 값은 스팀 대 공급물 비율을 정의한다는 점에 유의한다.

[0080] 다양한 실시양태에서, 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)에 제공되는 스팀 강화 분해 촉매는 USY, 제올라이트 베타 또는 ZSM-5에 기초한 유동 촉매적 분해 촉매일 수 있다. 하나 이상의 특정 실시양태에서, 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)에 제공되는 스팀 강화 분해 촉매는 높은 수열 안정성을 위해 선택된 ZSM-5 배합 촉매일 수 있다.

[0081] **제2 분리기 유닛**

[0082] 하나 이상의 실시양태에서, 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250), 탈수소화 생성물 스트림(255), 방향족화 생성물 스트림(260) 및 SECC 생성물 스트림(270)이 제2 분리기 유닛(100)에 제공된다. 이와 같이, 도 1 및 도 2를 참조하여, 제2 분리기 유닛(100)은 에탄 스팀 분해기(70), 탈수소화 반응기(75), 방향족화 유닛(80) 및 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)에 유동적으로 연결된다. 제2 분리기 유닛(100)은 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250), 탈수소화 생성물 스트림(255), 방향족화 생성물 스트림(260) 및 SECC 생성물 스트림(270)을 수소 분획물(280), C1 스트림(290), C2 스트림(300), C3 내지 C4 알칸 스트림(305), 경질 올레핀 스트림(310) 및 벤젠, 톨루엔 및 자일렌을 포함하는 BTX 스트림(320) 및 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림(330)으로 분할한다.

[0083] 제2 분리기 유닛(100)은 증기 압력에 의해 탄화수소 스트림을 분리하기 위해 당업자에게 공지된 임의의 유닛 작동 또는 시스템을 포함할 수 있다. 예시적인 제2 분리기 유닛(100)은 대기 증류 유닛이다. 앞서 언급한 바와 같이, 대기 증류 유닛은 혼합물의 하나 이상의 분획물이 기화되는 온도까지 공급물을 가열하여 분획물 증류를 활용하고 다른 분획물은 액체로 남겨두어 공급물 스트림을 분리한다. 또한, 다양한 실시양태에서, 제2 분리기 유닛(100)은 단순한 플래시 컬럼 또는 적어도 15개의 이론적 플레이트를 갖는 예비점 증류일 수 있다.

[0084] 하나 이상의 실시양태에서, 제2 분리기 유닛(100)은 복수의 분리기 유닛을 포함한다. 설명의 편의를 위해, 제공된 도면들은 단일 유닛 작동을 예시하지만, 그러한 유닛 작동은 개시된 생성물 스트림을 생성하기 위해 복수의 개별 분리기 유닛을 포함할 수 있음이 이해될 것이다.

[0085] **추가 처리**

[0086] 하나 이상의 실시양태에서, 도 2를 참조하여, 메탄 분해기(60)로부터의 수소 스트림(230)은 수소화 처리기(40)로 제공된다. 또한, 하나 이상의 실시양태에서, 제2 분리기 유닛(100)으로부터의 수소 분획물(280)이 수소화 처리기(40)로 제공된다. 이와 같이, 도 2를 참조하여, 수소화 처리기(40)는 메탄 분해기(60)에 유동적으로 연결될 수 있다. 메탄 분해기(60), 제2 분리기 유닛(100) 또는 통합 시스템 내의 다른 유닛 작동으로부터 생성된 수소 가스를 수소화 처리기(40)로 재순환시키면, 수소화 처리기(40)를 동작시키기 위한 통합 공정 외부로부터 제공되는 보충 수소 가스의 수요가 줄어든다는 것을 알 수 있을 것이다.

[0087] 하나 이상의 실시양태에서, 그리고 도 2를 참조하여, 제2 분리기 유닛(100)으로부터의 C1 스트림(290)은 추가 메탄 분해를 위해 메탄 분해기(60)로 재순환된다. 전술한 바와 같이, 메탄 분해기(60)에서 메탄을 분해하면 수소 가스가 생성되는데, 이는 수소화 처리기(40)에 유리하게 제공되어 수소화 처리기(40)를 작동하기 위한 외부 수소 소스의 수요를 증가 및 감소시킬 수 있다. 또한, 하나 이상의 실시양태에서, 제2 분리기 유닛(100)으로부터의 수소 분획물(280)은 메탄 분해기(60)에도 제공된다. 제2 분리기 유닛(40)으로부터 메탄 분해기(60)로 수소 분획물(280) 및 C1 스트림(290) 둘 모두를 제공함으로써, 수소 분획물(280) 및 C1 스트림(290)이 단일 조합 스트림으로 제공되어 제2 분리기 유닛(40)의 분리 수요 및 복잡성을 감소시킬 수 있음이 인식될 것이다. 메탄 분해기(90)에 제공되는 임의의 수소 가스는 수소화 처리기(40)로 제공되는 메탄 분해기(60)로부터의 수소 스트림(230)의 일부로서 간단히 배기될 수 있다. 이와 같이, 도 2를 참조하여, 메탄 분해기(60), 수소화 처리기(40) 또는 둘 다는 제2 분리기 유닛(100)에 유동적으로 연결될 수 있다.

[0088] 하나 이상의 실시양태에서, 메탄 분해기(60)로부터의 수소 스트림(230), 제2 분리기 유닛(100)으로부터의 수소 분획물(280) 또는 둘 모두를 수소화 처리기(40)에 제공하는 대신에, 수소 스트림(230) 및 수소 분획물(280) 중 하나 또는 둘 모두가 연료 전지 차량에서 이용하기 위해 수집되거나 제공될 수 있다. 마찬가지로, 수소 스트림(230) 및 수소 분획물(280) 중 하나 또는 둘 모두로부터의 수소는 열 및 전기 발생을 위해 연료 전지에 제공될 수 있다.

[0089] 하나 이상의 실시양태에서, 그리고 도 2를 참조하여, 제2 분리기 유닛(100)으로부터의 C2 스트림(300)은 경질 올레핀 및 더 구체적으로 에틸렌으로의 추가 전환을 위해 에탄 스팀 분해기(70)로 재순환된다. 이와 같이, 도

2를 참조하여, 에탄 스팀 분해기(70)는 제2 분리기 유닛(100)에 유동적으로 연결될 수 있다.

[0090] 하나 이상의 실시양태에서, 도 2를 참조하여, 제2 분리기 유닛(100)으로부터의 C3 내지 C4 알칸 스트림(305)은 프로필렌 및 부텐으로의 추가 전환을 위해 탈수소화 반응기(75)로 재순환된다. 이와 같이, 도 2를 참조하면, 탈수소화 반응기(75)는 제2 분리기 유닛(100)에 유동적으로 연결될 수 있다.

[0091] 하나 이상의 실시양태에서, 도 2를 참조하여, 제2 분리기 유닛(100)으로부터의 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림(330)은 추가 처리를 위해 수소화 처리기(40)로 재순환된다. 이와 같이, 도 2를 참조하여, 수소화 처리기(40)는 제2 분리기 유닛(100)에 유동적으로 연결될 수 있다.

[0092] 하나 이상의 실시양태에서, 공급물 분리기(10)는 C1 내지 C4 가스를 포함하는 오프-가스 스트림(340)을 추가적으로 생성할 수 있다. 오프-가스 스트림(340)은 증기압 또는 다른 매개변수에 의해 탄화수소 스트림을 분리하기 위해 당업자에게 알려진 임의의 유닛 작동 또는 시스템에서 분리되어 메탄 분해기(60)로 전달되는 메탄 스트림, 에탄 스팀 분해기(70)로 전달되는 C2 가스의 스트림, 및 탈수소화 반응기(75)로 전달되는 C3 내지 C4 가스 스트림을 제공할 수 있다.

[0093] **실시예**

[0094] 다음 실시예는 본 개시의 특징을 예시하지만, 본 개시의 범위를 한정하기 위한 것은 아니다.

[0095] 본 개시에 따른 공정 및 시스템을 통한, 벤젠, 톨루엔, 자일렌 및 경질 올레핀과 같은 부가가치가 높은 석유화학 물질의 주된 생산을 입증하기 위해, 통합 공정 내의 다양한 처리 유닛의 시뮬레이션된 수율이 계산되었다. 통합 공정의 복잡하고 다중 유닛 특성을 실험실 규모로 운영하는 것은 비실용적이며, 그의 컴퓨터 시뮬레이션은 전체 규모의 산업 구현의 합리적 재현을 제공한다는 것을 인식할 것이다. 도 3에 도시된 바와 같은 통합 공정은 본 발명의 실시예를 개발하기 위해 시뮬레이션되었다.

[0096] 본 발명의 실시예에 사용된 탄화수소 스트림(110)은 표 2에 설명된 조성을 갖는 아랍 엑스트라 라이트(Arab Extra Light, AXL) 원유이다.

표 2

표 2: 본 발명의 실시예의 탄화수소 공급물 스트림(AXL)

매개변수	값
API[페트롤(Petrol)]	40.4
SG (60/60)[페트롤]	0.8
Std. 액체 밀도[페트롤] [kg/m ³]	822.3
TBP 0%[페트롤] [C]	-11.9
TBP 5%[페트롤] [C]	31.6
TBP 10%[페트롤] [C]	70.3
TBP 30%[페트롤] [C]	160.5
TBP 50%[페트롤] [C]	254.2
TBP 70%[페트롤] [C]	363.5
TBP 90%[페트롤] [C]	531.9
TBP 95%[페트롤] [C]	623.7
TBP 100%[페트롤] [C]	855.7

[0097]

[0098] 탄화수소 스트림(110)은 공급물 분리기(10)에 제공되어 경질 원유 분획물(120)과 중질 원유 분획물(130)을 생성하였다. 또한 오프-가스 스트림(340)이 생성되었다. 경질 원유 분획물(120)은 200℃ 이하에서 비등하는 탄화수소를 나타내는 AXL-나프타를 포함하고, 중질 원유 분획물(130)은 200℃ 초과에서 비등하는 탄화수소를 나타내는 AXL-중질(AXL-Heavy)을 포함한다. 오프-가스 스트림(340)은 C1 내지 C4 가스를 포함한다. 공급물 분리기(10)로부터의 생성물 수율 분석은 표 3에 나와 있다.

표 3

표 3: 공급물 분리기 생성물 수율

성분	중량(%)
오프-가스	2.4
경질 원유 분획물 [AXL-나프타(200°C-)]	32.5
중질 원유 분획물 [AXL-중질 (200°C+)]	65.0

[0099]

[0100]

중질 원유 분획물(130)은 용매 탈아스팔트화 유닛(20)에 제공되었다. 탈아스팔트화 유닛(20)의 수율은 94.1 중량%의 탈아스팔트화된 오일 생성물(150) 및 5.9 중량%의 피치 생성물(140)이었다.

[0101]

생성된 피치 생성물(140)은 지연 코커(30)에 제공되어 고체 석유 코크(170), 제1 지연 코커 생성물 스트림(162) 및 제2 지연 코커 생성물 스트림(164)을 생성했다. 제2 지연 코커 생성물 스트림(164)은 C5 내지 343°C 비등 범위의 탄화수소를 포함하며, 제1 지연 코커 생성물 스트림(162)은 나머지 성분을 포함한다. 제1 지연 코커 생성물 스트림(162) 및 제2 지연 코커 생성물 스트림(164)에서 지연 코커(30)로부터의 생성물 수율의 분석은 표 4에 제공된다. 연료 가스는 C2 미만의 경질 가스 포함을 나타낸다. 액화 석유 가스는 올레핀과 파라핀 둘 모두를 포함하는 C3 및 C4 경질 가스를 나타낸다. 연료 가스와 액화 석유 가스 사이의 분할은 15°C에서 일어난다. 생성된 고체 석유 코크(160)는 생성물 수율에서 생략되었음에 유의한다.

표 4

표 4: 지연된 코커 생성물 수율

성분	중량(%)
연료 가스(FG)	10.9
액화 석유 가스(LPG)	6.1
C5 내지 350F(176.7°C) 탄화수소	18.4
350F(176.7°C) 내지 650F(343.3°C) 탄화수소	25.1
650F+(343.3°C+) 탄화수소	39.4

[0102]

[0103]

경질 원유 분획물(120) 및 지연 코커 생성물 스트림(160)은 수소화 처리기(40)에 제공되어 수소화 처리기 생성물 스트림(180)을 생성하였다. 수소화 처리기(40)의 생성물 수율 분석은 표 5에 나와 있다.

표 5

표 5: 수소화 처리기 생성물 수율

성분	중량(%)	
C1 및 C ₂	1.7	메탄, 에탄, 수소
액화 석유 가스(LPG)	0.1	프로판, 부탄
나프타	28.9	C5, C6 내지 221°C
증류액	37.0	221 내지 371°C
가스 오일	30.9	371°C 내지 538°C
중질 사이클 오일	1.4	538°C+

[0104]

[0105]

수소화 처리기 생성물 스트림(180)은 제1 분리기 유닛(50)을 통과하여 C1 분획물(190), C2 분획물(200), C3 내지 C4 분획물(205), C5 탄화수소 내지 200°C 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획

물(210), 및 200℃ 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물(220)을 생성하였다.

[0106] C1 분획물(190)은 메탄 분해기(60)에 제공되어 수소 스트림(230)과 고정 탄소 스트림(240)을 생성하였다. 메탄 분해기(60)로부터의 생성물 수율 분석은 표 6에 나와 있다.

표 6

표 6: 메탄 분해기 생성물 수율

성분	중량(%)
H ₂	25.0
탄소	75.0

[0107]

[0108] C2 분획물(200)은 에탄 스팀 분해기(70)에 제공되어 주로 경질 올레핀을 포함하는 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250)을 생성하였다. C3 내지 C4 분획물(205)은 탈수소화 반응기(75)에 제공되어 C3 내지 C4 분획물(205) 중의 프로판과 부탄으로부터 생성된 프로필렌과 부텐을 포함하는 탈수소화 생성물 스트림(255)을 생성했다. 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250) 및 탈수소화 생성물 스트림(255)으로부터 형성된 조합된 스트림에 대한 생성물 수율의 분석이 표 7에 나와 있다.

표 7

표 7: 에탄 스팀 분해기 및 탈수소화 반응기 생성물 수율

성분	중량 (%)
C1 및 H ₂	18.56
에틸렌	57.52
프로필렌	9.63
부타디엔	2.74
C5+	8.24
벤젠	2.17
톨루엔	0.39
연료유	0.76

[0109]

[0110] 수소화 처리된 경질 분획물(210)은 방향족화 유닛(80)에 제공되어 방향족화 생성물 스트림(260)을 생성하였다. 방향족화 유닛(80)으로부터의 생성물 수율의 분석은 표 8에 나와 있다.

표 8

표 8: 방향족화 유닛 생성물 수율

성분	중량(%)
C1 및 H ₂	5.0
C2 내지 C5	10.0
벤젠	2.0
톨루엔	15.0
자일렌	28.0
C9, C10 방향족	25.0

[0111]

[0112] 수소화 처리된 중질 분획물(220) 및 탈아스팔트화된 오일 생성물(150)이 스팀 강화 촉매 분해 장치(90)에 제공되어 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림(270)을 생성하였다. 스팀 강화 촉매 분해 유닛(90)으로부터의 생성물 수율 분석은 표 9에 나와 있다.

표 9

표 9: 스팀 강화 촉매 분해 유닛 생성물 수율

성분	중량(%)	
C1 및 H ₂	3.0	
C2 내지 C4 알칸	9.2	
C2 내지 C4 알켄	41.0	
가솔린	27.6	C5 내지 221°C
경질 사이클 오일(LCO)	8.0	221°C 내지 343°C
중질 사이클 오일(HCO)	5.9	343°C+
코크	5.2	

[0113]

[0114] 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림(250), 탈수소화 생성물 스트림(255), 방향족화 생성물 스트림(260) 및 SECC 생성물 스트림(270)은 제2 분리기 유닛(100)으로 제공되어 다양한 생성물 스트림을 생성하였다. 제2 분리기 유닛(100)에서 나온 수소 및 C1 탄화수소는 메탄 분해기(60)의 공급물 스트림으로서 다시 재순환되어 메탄을 분해하고 H₂를 회수하였다. 제2 분리기 유닛(100)에서 나온 C2 탄화수소는 경질 올레핀으로의 추가 전환을 위해 에탄 스팀 분해기(70)의 공급물 스트림으로서 다시 재순환되었다. C3 내지 C4 알칸은 프로판 및 부탄으로 추가 전환을 위해 탈수소화 반응기(75)의 공급물 스트림으로서 다시 재순환되었다. 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림은 수소화 처리기(40)의 공급물 스트림으로 다시 재순환되어 그 안에서 그리고 다운스트림 유닛 작동에서 추가 처리되었다. 또한, 경질 올레핀 스트림 및 벤젠, 톨루엔 및 자일렌을 포함하는 BTX 스트림은 제2 분리기 유닛(100)으로부터의 생성물 스트림으로서 바람직한 부가가치화된 석유화학물질로 수집되었다. 전체 시스템의 생성물 수율에 대한 분석은 표 10에 나와 있다. "기타"에는 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일과 같은 하부 생성물이 포함된다.

표 10

표 10: 전체 생성물 수율

성분	중량 (%)
H ₂	2.5
고정 탄소	3.2
<i>경질 올레핀</i>	
에틸렌	8.1
프로펜	21.0
부텐	13.7
총 경질 올레핀	42.8
<i>BTX</i>	
부탄, 톨루엔, 자일렌	24.9
C9+	13.8
기타	12.8

[0115]

[0116] 본 발명의 실시예는 통합 공정 및 시스템에서 생성되는 부가가치화된 석유화학물질인 BTX와 경질 올레핀이 주요 생성물임을 보여준다. 구체적으로, 생성된 생성물은 경질 올레핀이 42.8 중량%, BTX가 24.9 중량%로 전체 생성

물의 65 중량% 이상을 차지한다.

- [0117] 이제 원유를 부가가치화된 석유화학물질로 전환하는 통합 공정 및 시스템의 다양한 측면을 설명하고 이러한 측면을 다양한 다른 측면과 함께 활용할 수 있음을 이해해야 한다.
- [0118] 제1 측면에 따르면, 원유를 부가가치화된 석유화학물질로 전환하는 통합 공정은 (i) 원유를 포함하는 탄화수소 스트림을 공급물 분리기에 제공하여 탄화수소 스트림을 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물과 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물로 분리하는 단계로서, 여기서 제1 온도는 190 내지 210°C인, 단계; (ii) 공급물 분리기로부터 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물을 용매 탈아스팔트화 유닛(solvent deasphalting unit)으로 제공하는 단계로서, 여기서 비점이 300°C 초과인 잔류 중질 성분, 및 아스팔텐은 중질 원유 분획물로부터 제거되어 아스팔텐 및 잔류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물(pitch product) 및 탈아스팔트화된 오일 생성물을 생성하는, 단계; (iii) 피치 생성물을 지연 코커 유닛(delayed coker unit)에 제공하는 단계로서, 여기서 피치 생성물은 열분해 반응(thermal cracking reaction)을 거쳐 고체 석유 코크, 및 C1 내지 C4 경질 가스, 코커 나프타 및 코커 가스 오일을 포함하는 지연 코커 생성물 스트림을 얻는, 단계; (iv) 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림을 수소화 처리기에 제공하는 단계로서, 여기서 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림은 수소화 처리되어 헤테로원자를 제거하고 탄소-탄소 결합을 포화시켜 수소화 처리기 생성물 스트림을 생성하는, 단계; (v) 수소화 처리기 생성물 스트림을 제1 분리기 유닛에 제공하는 단계로서, 여기서 수소화 처리기 생성물 스트림은 C1 분획물, C2 분획물, C3 내지 C4 분획물, C5 탄화수소 내지 제2 온도에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물, 및 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물로 분리되고, 여기서 제2 온도는 200 내지 215°C인, 단계; (vi) C1 분획물을 메탄 분해기(methane cracker)에 제공하는 단계로서, 여기서 C1 분획물은 수소 스트림 및 고정 탄소 스트림으로 전환되는, 단계; (vii) C2 분획물을 에탄 스팀 분해기(ethane steam cracker)에 제공하는 단계로서, 여기서 C2 분획물은 분해되어 경질 올레핀 및 방향족을 포함하는 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림을 생성하는, 단계; (viii) C3 내지 C4 분획물을 탈수소화 반응기(dehydrogenation reactor)에 제공하는 단계로서, 여기서 C3 내지 C4 분획물은 탈수소화되어 C3 내지 C4 분획물 중의 프로판 및 부탄으로부터 생성된 프로필렌 및 부텐을 포함하는 탈수소화 생성물 스트림을 생성하는, 단계; (ix) C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물을 방향족화 유닛에 제공하는 단계로서, 여기서 방향족화 유닛은 수소화 처리된 경질 분획물 중의 지방족 탄화수소를 방향족으로 전환하여 방향족화 생성물 스트림을 생성하는, 단계; (x) 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물을 스팀 강화 촉매 분해 유닛(steam enhanced catalytic cracking unit)에 제공하는 단계로서, 여기서 수소화 처리된 중질 분획물은 분해되어 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림을 생성하는, 단계; 및 (xi) 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림 및 SECC 생성물 스트림을 제2 분리기 유닛으로 제공하는 단계로서, 여기서 제2 분리기 유닛은 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림 및 SECC 생성물 스트림을 수소 분획물, C1 스트림, C2 스트림, C3 내지 C4 알칸 스트림, 경질 올레핀 스트림, 벤젠, 톨루엔 및 자일렌을 포함하는 BTX 스트림, 및 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림으로 분할하는, 단계를 포함한다.
- [0119] 제2 측면은 제1 측면의 공정에서 메탄 분해기로부터의 수소 스트림이 수소화 처리기에 제공되는 것을 포함한다.
- [0120] 제3 측면은 제1 또는 제2 측면의 공정에서 제2 분리기 유닛으로부터의 C1 스트림이 추가 메탄 분해를 위해 메탄 분해기로 재순환되는 것을 포함한다.
- [0121] 제4 측면은 제1 내지 제3 측면 중 임의의 공정에서 제2 분리기 유닛으로부터의 수소 분획물이 메탄 분해기 또는 수소화 처리기로 재순환되는 것을 포함한다.
- [0122] 제5 측면은 제1 내지 제4 측면 중 임의의 공정에서 제2 분리기 유닛으로부터의 C2 스트림이 경질 올레핀으로의 추가 전환을 위해 에탄 스팀 분해기로 재순환되는 것을 포함한다.
- [0123] 제6 측면은 제1 내지 제5 측면 중 임의의 공정에서 제2 분리기 유닛으로부터의 C3 내지 C4 알칸 스트림이 프로필렌 및 부텐으로의 추가 전환을 위해 탈수소화 반응기로 재순환되는 것을 포함한다.
- [0124] 제7 측면은 제1 내지 제6 측면 중 임의의 공정에서 제2 분리기 유닛으로부터의 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림이 추가 처리를 위해 수소화 처리기로 재순환되는 것을 포함한다.

- [0125] 제8 측면은 제1 측면 내지 제7 측면 중 임의의 공정에서 용매 탈아스팔트화 유닛이 120℃ 내지 160℃ 범위의 온도 및 1 내지 40 bar 범위의 압력에서 작동되는 것을 포함한다.
- [0126] 제9 측면은 제1 측면 내지 제8 측면 중 임의의 공정에서 지연 코커 유닛 내의 코크 드럼이 470℃ 내지 505℃ 범위의 온도 및 1 내지 2 bar 범위의 압력에서 작동되는 것을 포함한다.
- [0127] 제10 측면은 제1 측면 내지 제9 측면 중 임의의 공정에서 수소화 처리기는 280℃ 내지 450℃ 범위의 온도 및 5 내지 160 bar 범위의 압력에서 작동되는 것을 포함한다.
- [0128] 제11 측면은 제1 측면 내지 제10 측면 중 임의의 공정에서 메탄 분해기가 700℃ 내지 1,000℃ 범위의 온도에서 작동되는 것을 포함한다.
- [0129] 제12 측면은 제1 측면 내지 제11 측면 중 임의의 공정에서 에탄 스팀 분해기가 800℃ 내지 950℃ 범위의 온도에서 작동되는 것을 포함한다.
- [0130] 제13 측면은 제1 측면 내지 제12 측면 중 임의의 공정에서 탈수소화 반응기가 575℃ 내지 620℃ 범위의 온도 및 1 내지 5 bar 범위의 압력에서 작동되는 것을 포함한다.
- [0131] 제14 측면은 제1 측면 내지 제13 측면 중 임의의 공정에서 방향족화 유닛이 400℃ 내지 600℃ 범위의 온도 및 1 내지 35 bar 범위의 압력에서 작동되는 것을 포함한다.
- [0132] 제15 측면은 제1 내지 제14 측면 중 임의의 공정에서 스팀 강화 촉매 분해 유닛이 600℃ 내지 750℃ 범위의 온도 및 1 내지 20 bar 범위의 압력에서 작동되는 것을 포함한다.
- [0133] 제16 측면은 제1 측면 내지 제15 측면 중 임의의 공정에서 수소화 처리기 생성물 스트림이 질소 800ppm 미만 및 황 900ppm 미만을 포함하는 것을 포함한다.
- [0134] 제17 측면은 제1 내지 제16 측면 중 임의의 공정에서 제1 분리기 유닛이 복수의 분리 유닛을 포함하는 것을 포함한다.
- [0135] 제18 측면은 제1 내지 제17 측면 중 임의의 공정에서 제2 분리가 복수의 분리 유닛을 포함하는 것을 포함한다.
- [0136] 제19 측면은 제1 내지 제18 측면 중 임의의 공정에서 탈아스팔트화된 오일 생성물이 스팀 강화 촉매 분해 유닛에 제공되는 것을 포함한다.
- [0137] 제20 측면은 제1 내지 제19 측면 중 임의의 공정에서 지연 코커 생성물 스트림이 제1 지연 코커 생성물 스트림과 C5 내지 343℃에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 제2 지연 코커 생성물 스트림으로 분리되고, 제1 지연 코커 생성물 스트림의 나머지 지연 코커 생성물 스트림이 제1 지연 코커 생성물 스트림과 함께 수소화 처리기에 제공되고 제2 지연 코커 생성물 스트림이 스팀 강화 촉매 분해 유닛에 제공되는 것을 포함한다.
- [0138] 제21 측면에 따르면, 원유를 부가가치화된 석유화학물질로 전환하기 위한 통합 시스템은 (i) 원유를 포함하는 탄화수소 스트림을 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물과 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물로 분리하는 공급물 분리기로서, 여기서 제1 온도는 190 내지 210℃인, 공급물 분리기; (ii) 제1 온도보다 높은 온도에서 비등하는 중질 원유 분획물을 공급물 분리기로부터 수용하기 위해 공급물 분리기에 유동적으로 연결된 용매 탈아스팔트화 유닛으로서, 여기서 비점이 300℃ 초과인 잔류 중질 성분, 및 아스팔텐은 중질 원유 분획물로부터 제거되어 아스팔텐 및 잔류 중질 성분을 포함하는 피치 생성물과 탈아스팔트화된 오일 생성물을 생성하는, 용매 탈아스팔트화 유닛; (iii) 피치 생성물을 수용하기 위해 용매 탈아스팔트화 유닛에 유동적으로 연결된 지연 코커 유닛으로서, 여기서 피치 생성물은 열분해 반응을 거쳐 고체 석유 코크, 및 C1 내지 C4 경질 가스, 코커 나프타 및 코커 가스 오일을 포함하는 지연 코커 생성물 스트림을 얻는, 지연 코커 유닛; (iv) 제1 온도 이하에서 비등하는 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림을 수용하기 위해 공급물 분리기, 용매 탈아스팔트화 유닛 및 지연 코커에 유동적으로 연결된 수소화 처리기로서, 여기서 경질 원유 분획물, 탈아스팔트화된 오일 생성물 및 지연 코커 생성물 스트림은 수소화 처리되어 헤테로원자를 제거하고 탄소-탄소 결합을 포화시켜 수소화 처리기 생성물 스트림을 생성하는, 수소화 처리기; (v) 수소화 처리기 생성물 스트림을 수용하기 위해 수소화 처리기에 유동적으로 연결된 제1 분리기 유닛으로서, 여기서 수소화 처리기 생성물 스트림은 C1 분획물, C2 분획물, C3 내지 C4 분획물, C5 탄화수소 내지 제2 온도 미만에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 경질 분획물 및 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물로 분리되는, 제1 분리기 유닛; (vi) C1 분획물을 수용하기 위해 제1 분리

기 유닛에 유동적으로 연결된 메탄 분해기로서, 여기서 C1 분획물은 수소 스트림 및 고정 탄소 스트림으로 전환되는, 메탄 분해기; (vii) C2 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 에탄 스팀 분해기로서, 여기서 C2 분획물은 분해되어 경질 올레핀 및 방향족을 포함하는 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림을 생성하는, 에탄 스팀 분해기; (viii) C3 내지 C4 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 탈수소화 반응기로서, 여기서 C3 내지 C4 분획물은 탈수소화되어 C3 내지 C4 분획물 중의 프로판 및 부탄으로부터 생성된 프로필렌 및 부텐을 포함하는 탈수소화된 생성물 스트림을 생성하는, 탈수소화 반응기; (ix) 수소화 처리된 경질 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 방향족화 유닛으로서, 여기서 방향족화 유닛은 수소화 처리된 경질 분획물 내의 지방족 탄화수소를 방향족으로 전환하여 방향족화 생성물 스트림을 생성하는, 방향족화 유닛; (x) 제2 온도 이상에서 비등하는 탄화수소를 포함하는 수소화 처리된 중질 분획물을 수용하기 위해 제1 분리기에 유동적으로 연결된 스팀 강화 촉매 분해 유닛으로서, 여기서 수소화 처리된 중질 분획물은 분해되어 경질 올레핀을 포함하는 SECC 생성물 스트림을 생성하는, 스팀 강화 촉매 분해 유닛; 및 (xi) 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림 및 SECC 생성물 스트림을 수용하기 위해 에탄 스팀 분해기, 탈수소화 반응기, 방향족화 유닛, 및 스팀 강화 촉매 분해 유닛에 유동적으로 연결된 제2 분리기로서, 여기서 제2 분리기 유닛은 에탄 스팀 분해기 생성물 스트림, 탈수소화 생성물 스트림, 방향족화 생성물 스트림, 및 SECC 생성물 스트림을 수소 분획물, C1 스트림, C2 스트림, C3 내지 C4 알칸 스트림, 경질 올레핀 스트림, 벤젠, 톨루엔 및 자일렌을 포함하는 BTX 스트림, 및 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림으로 분할하는, 제2 분리기를 포함한다.

- [0139] 제22 측면은 제21 측면의 시스템에서 메탄 분해기로부터의 수소 스트림이 수소화 처리기에 유동적으로 연결되어 수소 스트림이 수소화 처리기에 공급물 스트림으로 제공되도록 하는 것을 포함한다.
- [0140] 제23 측면은 제21 측면 또는 제22 측면의 시스템에서 제2 분리기 유닛으로부터의 C1 스트림이 메탄 분해기에 유동적으로 연결되어 C1 스트림이 추가 메탄 분해를 위해 메탄 분해기로 재순환되도록 하는 것을 포함한다.
- [0141] 제24 측면은 제21 측면 내지 제23 측면 중 임의의 시스템에서 제2 분리기 유닛으로부터의 C2 스트림이 에탄 스팀 분해기에 유동적으로 연결되어 C2 스트림이 경질 올레핀으로의 추가 전환을 위해 에탄 스팀 분해기로 재순환되도록 하는 것을 포함한다.
- [0142] 제25 측면은 제21 측면 내지 제24 측면 중 임의의 시스템에서 제2 분리기 유닛으로부터의 C3 내지 C4 알칸 스트림이 탈수소화 반응기에 유동적으로 연결되어 C3 내지 C4 알칸 스트림이 프로필렌 및 부텐으로 추가 전환을 위해 탈수소화 반응기로 재순환되도록 하는 것을 포함한다.
- [0143] 제26 측면은 제21 측면 내지 제25 측면 중 임의의 시스템에서 제2 분리기 유닛으로부터의 분해된 나프타, 경질 사이클 오일 및 중질 사이클 오일을 포함하는 잔류 스트림이 수소화 처리기에 유동적으로 연결되어 잔류 스트림이 추가 처리를 위해 수소화 처리기로 재순환되도록 하는 것을 포함한다.
- [0144] 청구된 주제의 정신과 범위를 벗어나지 않고 기재된 실시양태에 다양한 수정 및 변형이 이루어질 수 있음이 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 본 명세서는 그러한 수정 및 변형이 첨부된 청구범위 및 그 균등물의 범위 내에 있는 경우 설명된 다양한 실시양태의 수정 및 변형을 포함하도록 의도되었다.
- [0145] 본 개시의 목적을 위해, 하나의 스트림 또는 유출물이 하나의 유닛으로부터 다른 유닛으로 전달되거나 제공된다는 표시는 스트림 또는 유출물이 하나의 유닛으로부터 다른 유닛으로 직접 전달되는 실시양태뿐만 아니라, 유닛들 사이에서 스트림 또는 유출물의 조성을 실질적으로 변화시킬 수 있는 개입 시스템 또는 유닛이 있는 실시양태가 포함된다는 것이 명시적으로 언급되어 있다. 본 개시에서 사용되는 바와 같이, 한 유닛으로부터 다른 유닛으로 스트림 또는 유출물을 "직접" 전달하는 것은 스트림 또는 유출물의 조성을 실질적으로 변화시키는 개입 반응 시스템 또는 분리 시스템을 통한 스트림 또는 유출물의 전달을 포함하지 않고 스트림 또는 유출물을 제1 유닛으로부터 제2 유닛으로 전달하는 것을 의미한다. 마찬가지로 두 시스템이 "유동적으로 연결"되어 있다는 것은 스트림이 시스템 간에 직접 전달될 수 있음을 나타낸다. 열교환기, 예열기, 냉각기, 콘덴서 또는 기타 열 전달 장비와 같은 열 전달 장치와, 펌프, 압력 조절기, 압축기 또는 기타 압력 장치와 같은 압력 장치는 스트림 또는 유출물의 조성을 변경하는 개입 시스템으로 간주되지 않는다. 두 개의 스트림 또는 유출물을 함께 결합하는 것도 결합되는 스트림 또는 유출물 중 하나 또는 둘의 조성을 변경하는 개입 시스템으로 간주되지 않는다.
- [0146] 스트림은 스트림의 성분에 대해 명명될 수 있으며, 스트림으로 명명되는 성분은 스트림의 주요 성분(예를 들어, 스트림의 내용물 중 100 중량 퍼센트(중량%)에 대하여 스트림 내용물 중 50 중량%, 70 중량%, 90 중량%, 95 중량%, 99 중량%, 99.5 중량% 또는 심지어 99.9 중량%를 포함할 수 있는)일 수 있다는 것을 추가로 이해해야

한다. 또한, 해당 성분을 포함하는 스트림이 해당 시스템 성분에서 다른 시스템 성분으로 통과하는 것으로 개시된 경우, 스트림의 성분이 한 시스템 성분에서 다른 시스템 성분으로 통과하는 것으로 개시된다는 점을 이해해야 한다. 예를 들어, 제1 시스템 성분으로 또는 제1 시스템 성분에서 제2 시스템 성분으로 통과하는 개시된 "탄화수소 스트림"은 제1 시스템 성분으로 통과하거나 제1 시스템 성분에서 제2 시스템 성분으로 통과하는 "탄화수소"를 동등하게 개시하는 것으로 이해되어야 한다.

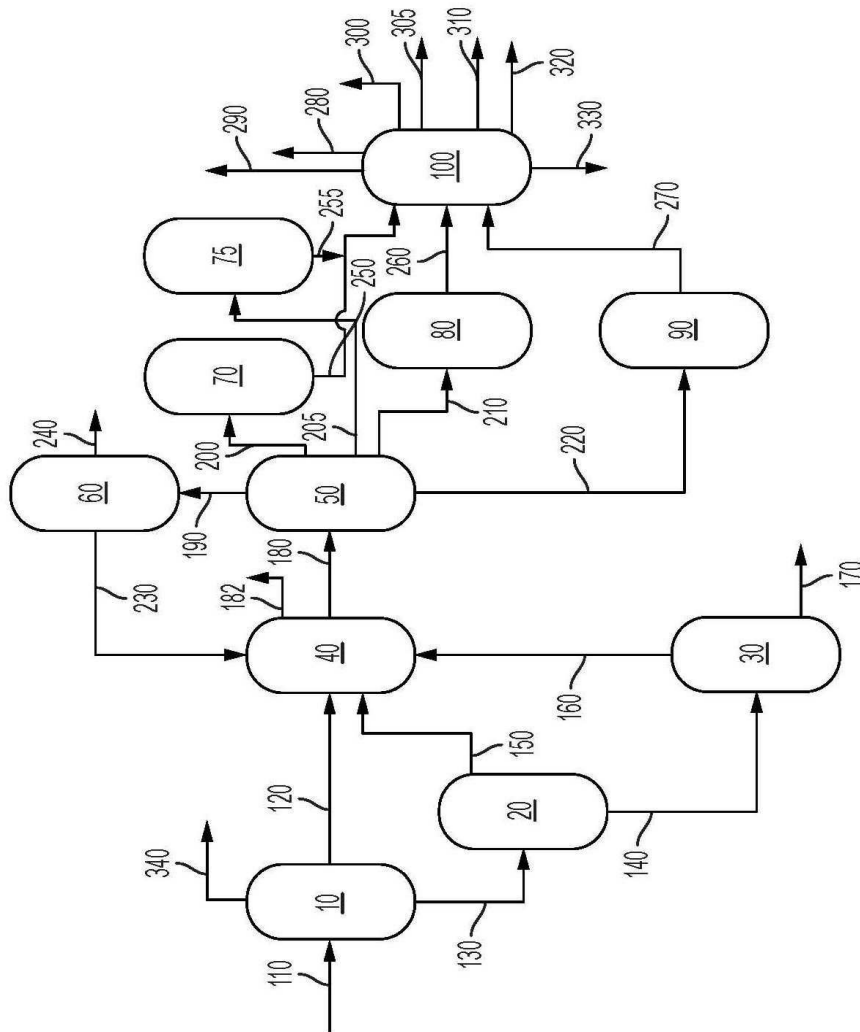
[0147] 단수형 관사["a", "an" 및 "the"]는 문맥상 달리 명시되지 않는 한 복수 지시어를 포함한다.

[0148] 본 개시 전체에 걸쳐 범위가 제공된다. 범위가 포괄하는 각 불연속 값도 포함되는 것으로 예상된다. 또한, 명시적으로 개시된 범위에 포함되는 각 불연속 값에 의해 형성될 수 있는 범위도 동일하게 구상된다. 간결성을 위해, 개시된 각 범위 다음에 명시적으로 동일한 범위를 표시하지 않고 본원의 일반적인 표시를 제공한다.

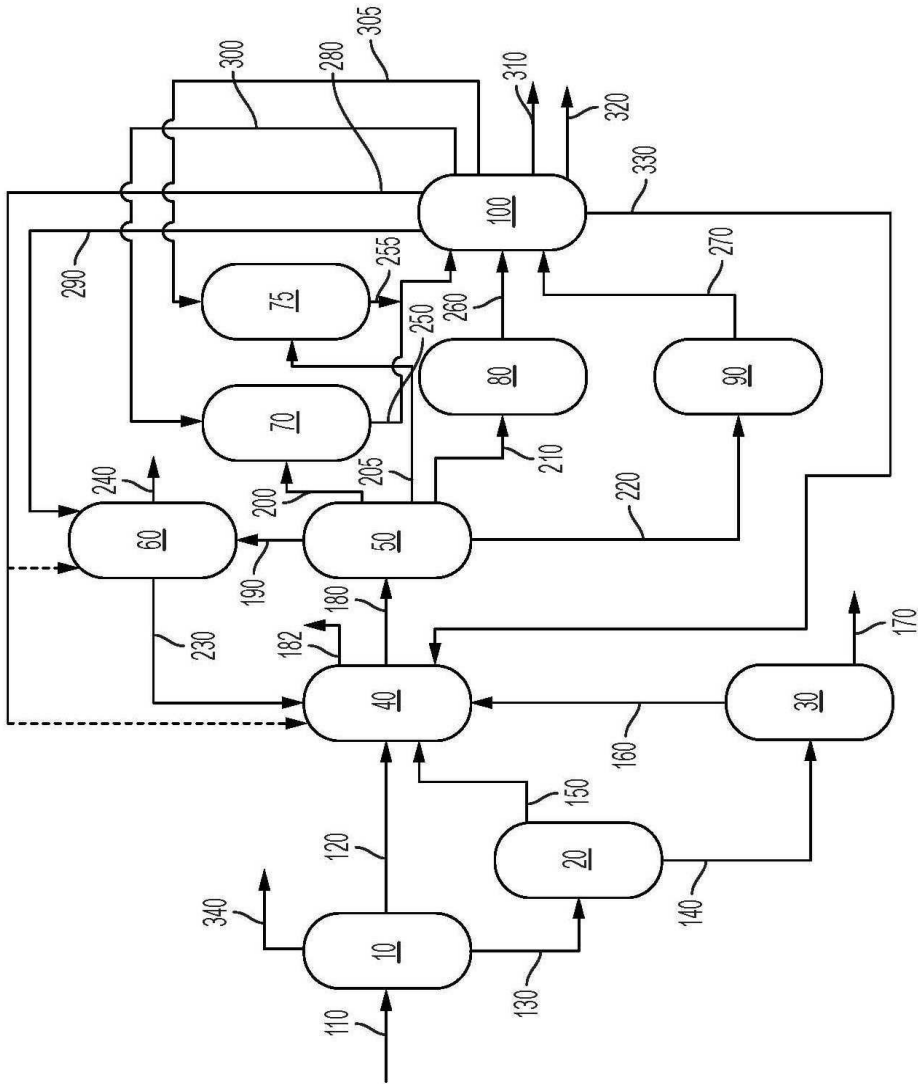
[0149] 본 개시 및 첨부된 청구항에서 사용된 바와 같이, "포함하다(comprise)", "가지다", "포함하다(include)"라는 용어 및 그 모든 문법적 변형은 각각 추가 요소 또는 단계를 배제하지 않는 개방적이고 비제한적인 의미를 갖도록 의도된 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3

