



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0119404
(43) 공개일자 2022년08월29일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10G 1/00 (2006.01) C07C 4/04 (2006.01)
C10B 53/07 (2006.01) C10G 1/10 (2006.01)
C10G 11/18 (2006.01) C10G 45/58 (2006.01)
C10G 69/14 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
C10G 1/002 (2013.01)
C07C 4/04 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7024038
- (22) 출원일자(국제) 2020년12월23일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2022년07월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2020/066810
- (87) 국제공개번호 WO 2021/133895
국제공개일자 2021년07월01일
- (30) 우선권주장
62/952,867 2019년12월23일 미국(US)
- (71) 출원인
세브란 유.에스.에이.인크.
미합중국 94583 캘리포니아주 샌래몬 불링거 캐년
로드 6001
- (72) 발명자
팀켄, 헤-경
미국 캘리포니아주 94583 샌래몬 피.오. 박스
6006 세브란 코퍼레이션
- (74) 대리인
특허법인충정

전체 청구항 수 : 총 25 항

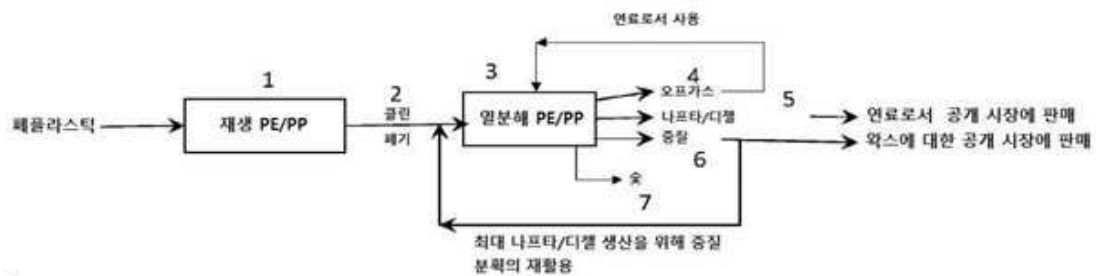
(54) 발명의 명칭 정제 FCC 및 이성질체화 탈락스 장치를 통한 플라스틱 폐기물의 폴리프로필렌 및 윤활유로의 순환 경제

(57) 요약

폐 플라스틱을 폴리에틸렌 중합을 위한 재활용물로 전환시키기 위한 연속 공정이 제공된다. 이 공정은 효과적이고 효율적인 재활용 공정을 제공하기 위해 정제 조작을 통합시킨다. 이 공정은 폴리에틸렌 및/또는 폴리프로필렌을 함유하는 폐 플라스틱을 선택하는 단계, 및 폐 플라스틱을 열분해 반응기를 통해 통과시켜 폴리올레핀 폐기물(뒷면에 계속)

대표도 - 도1

도 1(기본 케이스)
연료 또는 왁스로 폐플라스틱의 열분해



의 적어도 일부를 열적으로 분해하고 열분해된 유출물을 생성하는 단계를 포함한다. 상기 열분해된 유출물은 오프가스, 나프타/디젤 분획, 중질 분획 및 숯으로 분리된다. 상기 나프타/디젤 분획은 정제 FCC 장치로 전달되고, 여기서 액체 석유 가스 C₃ 올레핀/파라핀 혼합물이 회수된다. 상기 C₃ 파라핀 및 C₃ 올레핀은 프로판/프로필렌 스플리터에 의해 상이한 분획으로 분리된다. 상기 C₃ 올레핀 분획은 프로필렌 중합 반응기로 전달된다. C₃ 파라핀 분획은 선택적으로 탈수소화 장치로 전달되어 추가 프로필렌을 생산한 다음 얻어진 C₃ 올레핀은 프로필렌 중합 반응기로 전달된다. 열분해 오일의 상기 중질 분획은 윤활기유를 생산하는 이성질체화 탈락스 장치로 전달된다.

(52) CPC특허분류

C10B 53/07 (2013.01)

C10G 1/10 (2013.01)

C10G 11/18 (2013.01)

C10G 45/58 (2013.01)

C10G 69/14 (2013.01)

C10G 2300/1003 (2013.01)

C10G 2300/1044 (2013.01)

C10G 2300/1055 (2013.01)

C10G 2400/02 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

폐 플라스틱을 폴리프로필렌 중합을 위한 재활용물로 전환시키기 위한 연속 방법으로서,

- (a) 폴리에틸렌 및/또는 폴리프로필렌을 함유한 폐 플라스틱을 선택하는 단계;
- (b) 단계 (a)로부터의 상기 폐 플라스틱을 열분해 반응기를 통해 통과시켜 폴리올레핀 폐기물의 적어도 일부를 열적으로 분해하고 열분해된 유출물을 생성하는 단계;
- (c) 상기 열분해된 유출물을 오프가스, 나프타/디젤 분획, 중질 분획 및 숯으로 분리하는 단계;
- (d) 나프타/디젤 분획을 정제 FCC 장치로 전달하는 단계;
- (e) 상기 FCC 장치로부터 액체 석유 가스 C₃ 올레핀/파라핀 혼합물을 회수하는 단계;
- (f) 상기 C₃ 파라핀 및 C₃ 올레핀을 상이한 분획으로 분리하는 단계;
- (g) 상기 C₃ 올레핀을 프로필렌 중합 반응기로 전달하는 단계; 및
- (h) 상기 중질 분획을 기유를 생산하는 이성질체화 탈락스 장치로 전달하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 단계 (d)의 상기 나프타/디젤 분획이 정제 FCC 장치 증류 섹션으로 직접 전달되는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 가솔린 및 중질 분획이 상기 정제 FCC 장치로부터 회수되는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 열분해 부위(site)에서 오염물질이 제거되는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 중합된 프로필렌으로부터 상기 폴리프로필렌 제품이 제조되는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 단계 (a)에서 선택된 상기 폐 플라스틱은 플라스틱 분류 그룹 2, 4 및/또는 5 유래인 것인 방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 중질 분획이 상기 FCC 장치 증류탑으로부터 회수되어 정제소에서 클린 가솔린, 디젤 및 제트 연료로 추가 가공되는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 FCC 장치에 의해 생성된 상기 가솔린 및 중질 분획의 양은 재활용된 열분해 오일에 의해 증가되는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 이성질체화 탈락스 장치에 의해 생성된 상기 기유의 양은 재활용된 열분해 오일에 의해

증가되는 방법.

청구항 10

제1항에 있어서, 단계(h)에서 상기 중질 분획이 수소화처리된 다음 상기 탈왁스 장치에서 이성질체화되는 방법.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 FCC 정제 장치로 향하는 상기 나프타/디젤 분획의 유량이 상기 FCC 장치로 향하는 전체 탄화수소 흐름의 최대 약 50 부피%를 포함하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 나프타/디젤 흐름이 최대 약 20 부피%를 포함하는 방법.

청구항 13

폐 플라스틱을 폴리프로필렌 중합을 위한 재활용물로 전환시키기 위한 연속 방법으로서,

- (a) 폴리에틸렌 및/또는 폴리프로필렌을 함유하는 폐 플라스틱을 선택하는 단계;
- (b) 단계 (a)로부터의 상기 폐 플라스틱을 열분해 반응기를 통해 통과시켜 상기 폴리올레핀 폐기물의 적어도 일부를 열적으로 분해하고 열분해된 유출물을 생성하는 단계;
- (c) 상기 열분해된 유출물을 오프가스, 나프타/디젤 분획, 중질 분획 및 슛으로 분리하는 단계;
- (d) 상기 나프타/디젤 분획을 정제 FCC 장치로 전달하는 단계;
- (e) 상기 FCC 장치로부터 액체 석유 가스 C₃ 올레핀/파라핀 혼합물을 회수하는 단계;
- (f) 상기 C₃ 파라핀 및 C₃ 올레핀을 상이한 분획으로 분리하는 단계;
- (g) 상기 C₃ 파라핀을 C₃ 올레핀을 생산하는 탈수소화 장치로 전달하는 단계
- (h) 상기 C₃ 올레핀을 프로필렌 중합 반응기로 전달하는 단계; 및
- (i) 상기 중질 분획을 기유를 생산하는 이성질체화 탈왁스 장치로 전달하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 단계 (f) 및 (g)에서 생성된 상기 프로필렌이 상기 프로필렌 중합 반응기로 전달되는 방법.

청구항 15

제13항에 있어서, 단계 (d)의 상기 나프타/디젤 분획이 정제 FCC 장치 증류 섹션으로 직접 전달되는 방법.

청구항 16

제13항에 있어서, 가솔린 및 중질 분획이 상기 정제 FCC 장치로부터 회수되는 방법.

청구항 17

제13항에 있어서, 상기 열분해 부위(site)에서 오염물질이 제거되는 방법.

청구항 18

제13항에 있어서, 단계 (a)에서 선택된 상기 폐 플라스틱은 플라스틱 분류 그룹 2, 4 및/또는 5 유래인 것인 방법.

청구항 19

제13항에 있어서, 중질 분획이 상기 FCC 장치 증류탑으로부터 회수되어 정제소에서 클린 가솔린, 디젤 및 제트

연료로 추가 가공되는 방법.

청구항 20

제13항에 있어서, 상기 FCC 장치에 의해 생성된 상기 가솔린 및 중질 분획의 양은 재활용된 열분해 오일에 의해 증가되는 방법.

청구항 21

제13항에 있어서, 상기 이성질체화 탈락스 장치에 의해 생성된 상기 기유의 양은 재활용된 열분해 오일에 의해 증가되는 방법.

청구항 22

제13항에 있어서, 단계(i)에서 상기 중질 분획이 수소화처리된 다음 상기 탈락스 장치에서 이성질체화되는 방법.

청구항 23

제13항에 있어서, 상기 FCC 정제장치로 향하는 상기 나프타/디젤 분획의 유량이 상기 FCC장치로 향하는 전체 탄화수소 흐름의 최대 약 50 부피%를 포함하는 방법.

청구항 24

제23항에 있어서, 상기 나프타/디젤 흐름이 최대 약 20 부피%를 포함하는 방법.

청구항 25

폐 플라스틱을 폴리프로필렌 및 윤활유 제조에 유용한 화학물질(chemicals)로 전환시키기 위한 방법으로서,

- (a) 폴리에틸렌 및/또는 폴리프로필렌을 함유하는 폐 플라스틱을 선택하는 단계;
- (b) 상기 폐 플라스틱을 열분해하고 나프타/디젤 분획 및 중질 분획을 회수하는 단계;
- (c) 상기 나프타/디젤 분획을 정제 FCC 장치로 전달하는 단계; 및
- (d) 상기 중질 분획을 이성질체화 탈락스 장치로 전달하는 단계를 포함하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

배경 기술

- [0001] 세계는 극도로 빠른 성장의 플라스틱 생산을 보여주고 있다. 플라스틱유럽 마켓 리서치 그룹(PlasticsEurope Market Research Group)에 따르면 전 세계 플라스틱 생산은 2016년 3억 3천 5백만 톤, 2017년 3억 4천 8백만 톤, 2018년 3억 5천 9백만 톤이었다. McKinsey & Company에 따르면 전 세계 플라스틱 폐기물 양은 2016년에 연간 약 2억 6천만 톤으로 추산되었고, 현재의 궤도가 계속된다면 2030년까지 연간 4억 6천만 톤에 이를 것으로 전망된다.
- [0002] 일회용 플라스틱 폐기물은 점점 더 중요한 환경 문제가 되고 있다. 바로 지금도 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 폐 플라스틱을 부가가치가 있는 화학제품 및 연료 제품으로 재활용할 수 있는 옵션은 거의 없는 것으로 나타난다. 현재, 화학적 재활용을 통해서도 소량의 폴리에틸렌과 폴리프로필렌만이 재활용되며, 여기서 재활용 및 클리닝된 중합체 펠릿은 열분해 장치에서 열분해되어 연료(나프타, 디젤), 스트림 분해기 공급물 또는 슬랙 왁스가 된다.
- [0003] 폐플라스틱을 탄화수소 윤활제로 전환시키는 공정은 알려져 있다. 예를 들어, 미국 특허 제3,845,157호는 합성 탄화수소 윤활제의 생산을 위해 추가로 가공되는 에틸렌/올레핀 공중합체와 같은 기체 생성물을 형성하기 위한

폐 또는 순수(virgin) 폴리올레핀의 분해(cracking)를 개시한다. 미국 특허 제4,642,401호는 분쇄된 폴리올레핀 폐기물을 150 내지 500℃의 온도 및 20 내지 300 bar의 압력에서 가열함에 의한 액체 탄화수소의 생산을 개시한다. 미국 특허 제5,849,964호는 폐 플라스틱 물질이 휘발성 상 및 액체 상으로 탈중합되는 공정을 개시한다. 휘발성 상은 기체 상 및 응축물로 분리된다. 액체 상, 응축물 및 기체 상은 표준 정제 기술의 사용에 의해 액체 연료 성분으로 정제된다. 미국 특허 제6,143,940호는 폐 플라스틱을 중질 왁스 조성물로 전환시키는 절차를 개시한다. 미국 특허 제6,150,577호는 폐플라스틱을 윤활유로 전환시키는 공정을 개시한다. EP0620264는 유동층에서 폐기물을 열분해하여 왁스 생성물을 형성하고, 선택적으로 수소화처리를 사용한 다음, 촉매 이성질체화 및 분별하여 윤활유를 회수함으로써 폐(waste) 또는 순수(virgin) 폴리올레핀으로부터 윤활유를 생산하는 방법을 개시한다.

[0004] 폐 플라스틱을 윤활유로 전환시키는 공정에 관한 다른 문헌으로는 미국 특허 제6,288,296호; 제6,774,272호; 제6,822,126호; 제7,834,226호; 제8,088,961호; 제8,404,912호; 및 제8,696,994호; 및 미국 특허 공개 번호 제2019/0161683호; 제2016/0362609호; 및 제2016/0264885호를 포함한다. 전술한 특허 문헌은 그 전체가 본원에 참고로 포함된다.

[0005] 열분해를 통해 화학적 재활용하는 현재의 방법은 플라스틱 산업에 큰 영향을 미칠 수 없다. 현재 열분해 조작용 품질이 좋지 않은 연료 성분(나프타 및 디젤 범위 제품)을 생산하지만, 이들 생성물을 연료 공급물에 블렌딩할 수 있을 정도로 충분한 양은 아니다. 그러나, 환경 문제를 해결하기 위해 매우 다량의 폐 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌이 재활용되어야 한다면, 이러한 간단한 블렌딩은 계속될 수 없다. 열분해 장치에서 생성된 대로의 생성물은 운송 연료에 다량(예를 들어, 5 내지 20 부피% 블렌딩)으로 블렌딩되기에는 품질이 너무 좋지 않다.

[0006] 환경 영향을 줄이기 위해 산업적으로 상당한 양의 일회용 플라스틱의 재활용을 달성하기 위해서는 보다 강력한 공정이 필요하다. 개선된 공정은 소비된 폐 플라스틱이 중합체 및 고부가가치의 부산물에 대한 출발 물질로서 효과적으로 재활용되는, 폐 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 플라스틱에 대한 "순환 경제"를 확립해야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 폐플라스틱을 전환시키기 위한 연속 공정이 제공된다. 폐플라스틱은 폴리프로필렌 중합을 위하여 재활용된다. 이 공정은 먼저 폴리에틸렌 및/또는 폴리프로필렌을 함유한 폐 플라스틱을 선택하는 것을 포함한다. 그 다음, 이러한 폐 플라스틱은 열분해 반응기를 통과하여 폴리올레핀 폐기물의 적어도 일부를 열 분해하고 열분해된 유출물(effluent)을 생성한다. 열분해된 유출물은 오프가스, 나프타/디젤 분획, 중질 분획, 및 숯(char)으로 분리된다.

[0008] 정유 공장에 이 공정의 혼입은 본 공정의 중요한 측면이며, 폴리프로필렌과 같은 일회용 폐 플라스틱에 대한 순환 경제를 창조할 수 있게 한다. 따라서, 분리된 나프타/디젤 분획은 정제 FCC 장치로 전달되고, 여기서 액체 석유 가스 C₃ 올레핀/파라핀 혼합물이 회수된다. 본 발명의 공정에서, C₃ 파라핀 및 C₃ 올레핀은 상이한 분획으로 분리된다. C₃ 올레핀은 폴리프로필렌을 생산하는 프로필렌 중합 반응기로 전달된다. 선택적으로, C₃ 파라핀은 추가 프로필렌을 생산하는 탈수소화 장치로 전달된다. 중질 분획은 기유를 생산하는 이성질체화 탈왁스 장치로 전달될 수 있다.

[0009] 정제소는 일반적으로 정제 장치를 통해 흐르는 자체 탄화수소 공급물을 갖고 있을 것이다. 폐플라스틱의 열분해로부터 생성된 나프타/디젤 또는 왁스 중질 분획이 정제 장치로 향하는 유량은 정제 장치로 향하는 전체 흐름의 임의의 실질적인 또는 수용가능한 부피 %를 포함할 수 있다. 일반적으로, 폐플라스틱 열분해로부터 발생된 분획의 흐름은 현실적인 이유로 인해, 전체 흐름, 즉 정제소 흐름 및 분획 흐름의 최대 약 50 부피%일 수 있다. 일 실시양태에서, 나프타/디젤의 흐름은 전체 흐름의 최대 약 20 부피%의 양이다.

[0010] 다른 요인들 중에서, 정제 조작용의 추가에 의해, 폐 열분해 오일 및 왁스를 가솔린, 제트, 디젤 및 기유과 같은 더 고급 가치의 생성물로 업그레이드할 수 있음이 발견되었다. 그러나 또한, 정제 조작용의 추가에 의해, 궁극적인 폴리프로필렌 중합체 생산을 위해 폐열분해 오일로부터 클린 프로판 및 프로필렌 이 효율적이고 효과적으로 생산될 수 있음이 발견되었다. 재활용 플라스틱으로부터 순수 중합체와 동일한 생성물 품질을 갖는 폴리프로필

렌 생성물까지의 전체 공정 동안 실증 경제학이 실현된다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은 페플라스틱을 열분해하여 연료 또는 왁스를 생산하는 현재의 관행을 도시한 것이다(기본 케이스).
- 도 2는 페플라스틱에 대한 순환 경제를 확립하기 위한 본 발명의 공정을 도시한 것이다.
- 도 3은 페플라스틱 재활용을 위한 플라스틱 유형 분류를 도시한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 본 발명의 공정에서, 별개의 산업 공정을 조합함으로써 순환 경제를 확립하기 위해 폐 폴리에틸렌 및/또는 폴리프로필렌을 다시 순수 폴리프로필렌으로 재활용하는 방법이 제공된다. 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 중합체의 상당 부분은 일회용 플라스틱에 사용되며 사용 후 폐기되어진다. 일회용 플라스틱 폐기물은 점점 더 중요한 환경 문제가 되고 있다. 지금으로서는 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 폐 플라스틱을 부가가치가 있는 화학물질 및 연료 생성물로 재활용할 수 있는 옵션이 거의 없는 것으로 보여진다. 현재, 화학적 재활용을 통해서도 소량의 폴리에틸렌/폴리프로필렌만이 재활용되며, 여기서 재활용 및 클리닝된 중합체 펠렛은 열분해 장치에서 열분해되어 연료(나프타, 디젤), 증기 분해기 공급물 또는 슬랙 왁스를 만든다.
- [0013] 폴리프로필렌은 다양한 소비자 및 산업용 제품에 널리 사용된다. 폴리프로필렌은 기계적 견고성과 높은 내화학성으로 폴리에틸렌 다음으로 널리 생산되는 범용 플라스틱이다. 폴리프로필렌은 포장, 필름, 카펫 및 의류용 섬유, 성형품 및 압출성형 파이프에서 널리 사용된다. 오늘날, 위에서 논의된 재활용 노력의 비효율성으로 인해 소비된 폴리프로필렌 제품은 소량만이 재활용을 위해 수집된다.
- [0014] 도 1은 오늘날 업계에서 일반적으로 조작되는 페플라스틱 연료 또는 왁스의 열분해 다이어그램을 보여준다. 위에서 언급한 바와 같이, 일반적으로 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 폐기물은 함께 분류된다(1). 클리닝된 폴리에틸렌/폴리프로필렌 폐기물(2)은 열분해 장치(3)에서 오프가스(4) 및 열분해 오일(액체 생성물)로 전환된다. 열분해 장치로부터의 오프가스(4)는 열분해 장치(3)를 작동시키기 위한 연료로서 사용된다. 현장 증류 장치(표시되지 않음)는 열분해 오일을 분리하여 나프타 및 연료 시장에 판매되는 디젤(5) 생성물을 생산한다. 증질 열분해 오일 분획(6)은 연료 수율을 최대화하기 위해 열분해 장치(3)로 다시 재순환된다. 숯(7)은 열분해 장치(3)로부터 제거된다. 증질 분획(6)은 장쇄 선형 탄화수소가 풍부하고 매우 왁스성이다(즉, 주변 온도로 냉각 시 파라핀 왁스를 형성함). 왁스는 증질 분획(6)으로부터 분리되어 왁스 시장에 판매될 수 있다.
- [0015] 본 공정은 폐 중합체 열분해 생성물 스트림을 정유 조작 내로 통합시킴으로써 열분해된 폴리프로필렌 및/또는 폴리에틸렌 폐 플라스틱을 대량으로 전환시킨다. 결과적으로 생성된 공정은 중합체용 공급원료(프로판 탈수소화 장치를 위한 액체 석유 가스(LPG) 프로판 스트림 및 폴리프로필렌 중합 장치를 위한 프로필렌), 뿐만 아니라 고품질 가솔린 및 디젤 연료, 및/또는 고품질의 기유를 생산한다.
- [0016] 일반적으로, 본 공정은 폴리프로필렌 플랜트에 대한 순환 경제를 제공한다. 폴리프로필렌은 순수 프로필렌의 중합을 통해 생산된다. 클린 프로필렌은 프로판 탈수소화 장치로부터 만들 수 있다. 또한, 프로필렌은 프로필렌 및 프로판 액화 석유 가스(LPG)의 혼합물을 생산하는 정유 유체 촉매 분해(FCC) 장치로부터 얻을 수 있다. 순수 프로필렌은 고효율 증류탑인 프로판/프로필렌 스플리터(PP 스플리터)를 사용하여 혼합물로부터 분리된다.
- [0017] 폐 열분해유 및 왁스를 더욱 가치있는 생성물(가솔린, 디젤 및 기유)로 업그레이드하고 궁극적인 폴리프로필렌 중합체 생산을 위한 클린 프로판 및 프로필렌을 생산하기 위해 정제 조작을 추가함으로써, 재활용 플라스틱으로부터 순수 중합체와 동일한 생성물 품질을 갖는 폴리프로필렌 생성물까지의 전체 공정 동안 실증 경제학이 실현된다.
- [0018] 열분해 장치는 칼슘, 마그네슘, 염화물, 질소, 황, 디엔 및 증질 성분과 같은 오염 물질을 함유하는 품질이 좋지 않은 생성물을 생산하며, 이러한 생성물은 운송 연료(transportation fuels)에 블렌딩하기 위해 다량으로 사용될 수 없다. 이들 생성물이 정제 장치를 거치게 함으로써, 오염물질은 전처리 장치에서 포획될 수 있어 이들의 부정적인 영향이 축소될 수 있음이 발견되었다. 연료 성분은 화학 전환 공정을 통해 적절한 정제 장치에 의해 더욱 업그레이드될 수 있으며, 이러한 통합 공정에 의해 생산된 최종 운송 연료는 더욱 고품질이고 연료 품질 요건을 만족시킨다. 본 공정은 왁스를 가치있는 기유로 업그레이드할 것이다. 통합 공정은 프로판 탈수소화 장치 및 궁극적으로 폴리프로필렌 생산을 위한 훨씬 더욱 클린하고 더 순수한 프로판 스트림을 생성할 것이다. 이러한 대규모 온-스펙(on-spec)생산은 재활용 플라스틱에 대한 "순환 경제"를 실현 가능하게 한다.

- [0019] 정제 조작 안팎의 탄소는 "투명"하며, 이는 폐플라스틱으로부터의 모든 분자가 반드시 폴리올레핀 플랜트로 다시 순환되는 정확한 올레핀 생성물이 되는 것은 아니지만, 그럼에도 불구하고 정제소 안팎의 순 "환경친화적(green)" 탄소로서 "배출권(credit)"에 긍정적인 것으로 가정된다는 것을 의미한다. 이러한 통합 공정을 통해 폴리프로필렌 플랜트에 필요한 순수 공급물의 양은 크게 감소될 것이다.
- [0020] 도 2는 효과적인 폴리프로필렌 생산을 위해 재활용물과 정제 조작을 통합한 본 발명의 통합 공정을 보여준다. 도 2에서, 혼합된 폐플라스틱은 함께 선별된다(21). 클리닝된 폐플라스틱(22)은 열분해 장치(23)에서 오프가스(24) 및 열분해 오일(액체 생성물) 및 선택적으로 왁스(주변 온도에서 고체 생성물)로 전환된다. 열분해 장치로부터의 오프가스(24)는 열분해 장치(23)를 작동시키기 위한 연료로서 사용될 수 있다. 열분해 오일은 일반적으로 현장 증류 장치에 의해 나프타/디젤 분획(25) 및 중질 분획(26)으로 분리된다. 숯(27)은 열분해 단계의 완료 후 열분해 장치(23)로부터 제거된다.
- [0021] 열분해 장치는 폐 플라스틱 수집 부위 근처에 위치할 수 있으며, 이 부위는 정제소에서 멀리 떨어져 있거나, 정제소 근처이거나, 또는 정제소 내에 있을 수 있다. 열분해 장치가 정제소에서 멀리 떨어져 있는 경우, 열분해 오일(나프타/디젤 및 중질유) 및 왁스는 트럭, 바지선, 철도 차량 또는 파이프라인을 통해 정제소로 이송될 수 있다. 하지만, 열분해 장치는 폐 플라스틱 수집 부위 또는 정제소 내에 있는 것이 바람직하다.
- [0022] 본 공정에 바람직한 출발 물질은 주로 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌을 함유하는 선별된 폐 플라스틱이다(플라스틱 재활용 분류 유형 2, 4 및 5). 사전선별된 폐플라스틱은 세척되고 파쇄되거나 펠렛화되어 열적 분해를 위해 열분해 장치로 공급된다. 도 3는 폐플라스틱 재활용을 위한 플라스틱 유형 분류를 도시한 것이다. 분류 유형 2, 4 및 5는 각각 고밀도 폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌이다. 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 폐플라스틱의 임의의 조합이 사용될 수 있다. 본 공정의 경우, 적어도 몇몇 폴리프로필렌 폐 플라스틱이 바람직하다.
- [0023] 폐플라스틱의 적절한 선별은 N, Cl, S와 같은 오염물질을 최소화하기 위해 매우 중요하다. 폴리에틸렌 테레프탈레이트(플라스틱 재활용 분류 1형), 폴리염화비닐(플라스틱 재활용 분류 3형) 및 기타 중합체(플라스틱 재활용 분류 7형)를 함유하는 플라스틱 폐기물은 5% 미만, 바람직하게는 1% 미만, 가장 바람직하게는 0.1% 미만까지 선별되어야 할 필요가 있다. 본 공정은 적당한 양의 폴리스티렌(플라스틱 재활용 분류 6형)을 허용할 수 있다. 폐 폴리스티렌은 30% 미만, 바람직하게는 20% 미만, 가장 바람직하게는 5% 미만까지 선별되어야 할 필요가 있다.
- [0024] 폐플라스틱의 세척은 나트륨, 칼슘, 마그네슘, 알루미늄과 같은 금속 오염물질 및 다른 폐기물 공급원으로부터 비금속 오염물질을 제거한다. 비금속 오염물질로는 실리카와 같은 주기율표 IV족의 오염물질, 인 및 질소 화합물과 같은 V족의 오염물질, 황 화합물과 같은 VI족의 오염물질, 불화물, 염화물 및 요오드화물과 같은 VII족의 할로겐화물 오염물질을 포함한다. 잔류 금속, 비금속 오염물 및 할로겐화물은 50ppm 미만, 우선적으로는 30ppm 미만, 가장 우선적으로는 5ppm 미만으로 제거되어야 할 필요가 있다.
- [0025] 세척이 금속, 비금속 오염물 및 할로겐화물 불순물을 적절하게 제거하지 않는 경우, 별도의 가드 베드(guard bed)를 사용하여 금속 및 비금속 오염물을 제거할 수 있다.
- [0026] 열분해는 열분해 구역에서 열분해 조건 하에 플라스틱 물질 공급원료를 접촉시킴으로써 수행되며, 여기서 공급물(들)의 적어도 일부는 분해되어, 1-올레핀 및 n-파라핀을 포함하는 열분해 구역 유출물을 형성한다. 열분해 조건은 약 400°C 내지 약 700°C, 바람직하게는 약 450°C 내지 약 650°C의 온도를 포함한다. 통상적인 열분해 기술은 대기압 초과와 작동 조건을 교시한다. 예를 들어, 미국 특허 제4,642,401호 참조. 또한, 압력을 하향 조정함으로써 원하는 생성물의 수율을 제어할 수 있음을 발견했다. 예를 들어, 미국 특허 제6,150,577호 참조. 따라서, 이러한 제어가 요구되는 일부 실시양태에서, 열분해 압력은 대기압 이하이다.
- [0027] 도 2는 열분해 장치로부터의 나프타/디젤 분획만이 FCC 장치(28)로 이송되는 본 발명의 통합 공정을 보여준다. 나프타/디젤 분획은 공급물 품질에 따라 FCC 반응기 또는 증류탑으로 공급된다. 유체 촉매 분해(FCC) 공정은 상압 경유, 감압 경유, 상압 잔류물 및 다른 정제 조작에서 회수된 중질 스톱을 고옥탄가 가솔린, 경질 연료유, 중질 연료유, 올레핀이 풍부한 경질 가스(LPG) 및 코크스로 전환하기 위한 정제 산업에서 널리 사용된다. FCC는 고활성 제올라이트 촉매를 사용하여 중질 탄화수소 분자를 라이저(riser)에서 950 내지 990 °F 반응기 온도에 몇 분 이하의 짧은 접촉 시간 동안 분해한다. 올레핀(프로필렌, 부틸렌)을 함유하는 LPG 스트림은 흔히 알킬화 가솔린을 만들기 위해 또는 화학물질 제조에 사용되기 위해 업그레이드된다. 기존의 FCC 장치가 사용된다.
- [0028] 정제소는 일반적으로 정제 장치를 통해 흐르는 자체 탄화수소 공급물을 갖고 있을 것이다. 폐 플라스틱의 열분해로부터 생성된 나프타/디젤이 정제 장치, 여기서 FCC 장치로 향하는 유량은 정제 장치로 향하는 전체 흐름의

임의의 실질적인 또는 수용가능한 부피%를 포함할 수 있다. 일반적으로, 폐플라스틱 열분해로부터 생성된 나프타/디젤 분획의 흐름은 현실적인 이유로 인해, 전체 흐름, 즉 정제소 흐름 및 나프타/디젤 흐름의 최대 약 50 부피%일 수 있다. 일 실시양태에서, 나프타/디젤의 흐름은 전체 흐름의 최대 약 20 부피%의 양이다. 또 다른 실시양태에서, 나프타/디젤의 흐름은 전체 흐름의 최대 약 10 부피%의 양이다. 약 20 부피%는 정제소에 미치는 영향이 꽤 실질적이면서 동시에 우수한 결과를 제공하고 수용될 수 있는 양인 것으로 밝혀졌다. 열분해로부터 생성된 나프타/디젤의 양은 물론 정제 장치로 전달되는 분획이 흐름의 원하는 부피 %를 제공하도록 제어될 수 있다. 탈왁스 장치까지의 중질 분획의 흐름은 유사하게 제어 및/또는 조절될 수 있다.

- [0029] FCC 장치(28)는 C₃⁺/C₃ 올레핀/파라핀 혼합물 및 C₄⁺/C₄ 올레핀/파라핀 혼합물을 포함하는 액화 석유 가스 올레핀 스트림(29)을 생산한다. C₃ 올레핀/파라핀 혼합물은 40에서 회수된 다음, 프로판 및 프로필렌 스트림은 PP 스플리터(31)에 의해 분할되어 순수 프로판(32) 및 프로필렌(33) 스트림을 생산한다. 프로필렌 스트림(33)은 폴리프로필렌 수지를 생산하는 폴리프로필렌 장치(35)로 직접 공급될 수 있다. 그 다음, 폴리프로필렌 소비재를 만들 수 있다(36).
- [0030] 순수 프로판(32)은 프로판 탈수소화 장치(34)로 공급되어 추가 프로필렌을 만든 다음, 궁극적으로 프로필렌 중합 장치(35)에서 폴리프로필렌을 만들 수 있다.
- [0031] 프로판의 탈수소화는 프로필렌을 생산하기 위해 산업에서 널리 실시된다. 반응은 흡열이며, 전환은 단단계 반응기 및 단계 간 가열기에 의해 유지된다. 장치는 전형적으로 귀금속(Pt) 촉매 존재 하에 높은 온도(>900°F) 및 낮은 압력(<50psig)에서 작동한다. 단단계 공정은 대략 85% 순도의 프로필렌/프로판 혼합물을 생성한다. 이러한 스트림은 고효율 증류탑인 프로판/프로필렌(PP) 스플리터로 보내진다. 스플리터는 99.5-99.8% 순도를 갖는 순수 프로필렌 스트림을 생산한다.
- [0032] PP 스플리터 장치 및/또는 프로판 탈수소화 장치는 정제소에서 멀리 떨어지거나, 정제소 근처이거나, 또는 정제소 내에 위치할 수 있다. 프로판/프로필렌 혼합물은 트럭, 바지선, 철도 차량 또는 파이프라인을 통해 PP 스플리터로 이송된다. PP 스플리터 장치 및 프로판 탈수소화 장치는 정제 FCC 장치에 아주 근접한 것이 바람직하다.
- [0033] 폴리프로필렌은 프로필렌 단량체로부터 시슬 성장 중합을 통해 생산된다. 지글러-나타(Ziegler-Natta) 촉매 또는 메탈로센(metallocene) 촉매는 원하는 특성을 갖는 폴리프로필렌 중합체로의 프로필렌의 중합을 촉진시키는 데 사용된다. 이러한 촉매는 유기알루미늄 화합물을 함유하는 특수한 공촉매(cocatalyst)에 의해 활성화된다. 산업적 중합 공정은 유동층 반응기에서의 기체 상 중합 또는 루프 반응기에서의 벌크(bulk) 중합을 사용한다. 기체 상 중합은 전형적으로 H₂ 존재 하에 50 내지 90°C 온도 및 8 내지 35 atm 압력에서 실행된다. 벌크 중합은 60 내지 80°C에서 진행되며, 30 내지 40 atm 압력을 적용하여 프로필렌을 액체 상으로 유지한다.
- [0034] 프로필렌 중합 장치는 바람직하게는 정제소 근처에 위치하여, 공급원료(프로필렌)가 파이프라인을 통해 이송될 수 있다. 정제소에서 멀리 떨어진 석유화학 플랜트의 경우, 공급원료는 트럭, 바지선, 철도 차량 또는 파이프라인을 통해 전달될 수 있다.
- [0035] FCC 장치로부터의 C₄(30) 및 중질 탄화수소 생성물(37)은 클린 가솔린, 디젤 및 제트 연료로 업그레이드하기 위해 적절한 정제 장치(45)로 이송될 수 있다.
- [0036] 열분해 장치(23)로부터의 중질의 왁스성 열분해 오일 또는 왁스(26)는 기유 탈왁스 장치, 일반적으로 수소이성질체화(hydroisomerization)를 위한 제올라이트 촉매를 함유하는 귀금속을 갖는 이성질체화 탈왁스 장치(38)로 이송되어 우수한 점도 지수 및 유동점을 갖는 윤활기유(lubricating base oil)를 생산할 수 있다. 중질의 왁스성 분획의 흐름은 필요에 따라 수용을 원하는 양에 기반하여 제어 및 조절될 수 있다.
- [0037] 이성질체화 탈왁스 장치는 일반적으로 650°F에서 끓는 파라핀계 왁스성 중질 탄화수소 물질을 높은 점도 지수(VI)의 윤활유로 전환시킨다. 장치는 전형적으로 공급물 수소화처리 섹션, 이성질체화 탈왁스 섹션 및 증류 섹션으로 이루어진다.
- [0038] 탈왁스 장치로의 공급물은 바람직하게는 수소화처리 단계에서 먼저 수소화된다. 수소화처리는 탈왁스 장치의 일부로서 발생한다. 공급물 수소화처리 단계는 임의의 질소 함유, 황 함유 및/또는 산소 함유 오염물질의 상당 부분을 제거한다. 수소화처리 단계는 또한 올레핀, 디엔 및 방향족화합물의 일부를 포화시켜, 탈왁스 장치로의 공급물의 품질을 개선시킨다. 분해를 피하면서 오염 물질을 제거하기 위해 사용되는 전형적인 수소화처리 조건은 약 190°C(374°F) 내지 약 340°C(644°F) 범위의 온도, 약 400psig 내지 약 3000psig 범위의 압력, 약 0.1hr⁻¹

내지 약 20hr⁻¹ 범위의 공간속도(LHSV) 및 약 400 내지 약 15,000SCF/B 범위의 수소 재순환 비율(hydrogen recycle rates)을 포함한다. 수소화처리 촉매는 Ni, Mo, Co, W와 같은 금속 및 알루미늄, 실리카 또는 실리카-알루미늄과 같은 다공성 지지체를 함유하는 수소화처리 장치에서 통상적으로 사용되는 것을 포함한다.

[0039] 수소화처리된 중질 탄화수소는 귀금속, 중간 기공 크기의 분자체(molecular sieve) 및 결합제(binder)를 함유하는 이성질체화 탈왁스 촉매와 함께 탈왁스 반응기로 이송된다. 촉매는 바람직하게는 ZSM-23, ZSM-35, ZSM-48, ZSM-5, SSZ-32, SSZ-91, SAPO-11, SAPO-31 및 SAPO-41과 같은 중간 기공 크기(10 원자 고리, 10-membered ring)의 분자체를 함유한다. 귀금속은 Pt, Pd 또는 Pt와 Pd의 혼합물과 같은 8족 금속(Group VIII metals)를 포함한다. 전형적으로, 다공성 알루미늄 또는 실리카는 물질을 결합하여 고정층 반응기용 촉매 펠릿을 생산하는데 사용된다. 탈왁스 반응기의 전형적인 반응 조건은 200°C(392°F) 내지 약 475°C(887°F)의 온도 범위, 약 200psig 내지 약 3000psig 범위의 압력, 약 0.2hr⁻¹ 내지 약 10hr⁻¹ 범위의 공간속도(LHSV) 및 약 400 내지 약 15,000SCF/B 범위의 수소 재순환 비율을 포함한다. 이성질체화 탈왁스 촉매는 n-과라핀을 이소과라핀으로 전환시켜, 얻어진 오일의 유동점을 감소시키고, 높은 점도 지수의 윤활유를 형성한다.

[0040] 이성질체화 탈왁스 섹션으로부터 유출된 탄화수소는 증류 장치로 이송되어 유출물을 다양한 오일 분획, 예를 들어 650°F 초과에서 끓는 기유 분획, 약 300 내지 700°F에서 끓는 디젤 분획 및 약 80 내지 400°F에서 끓는 가솔린 분획으로 분리한다. 가솔린, 제트 및 디젤 분획의 비등점은 계절 및 지역적 특수성에 따라 조절될 것이다.

[0041] 순환 경제의 이점 및 효과적이고 효율적인 재활용 캠페인은 본 발명의 통합 공정에 의해 실현된다.

[0042] 하기 실시예는 본 공정 및 이의 이점을 추가로 설명하기 위해 제공된다. 실시예는 예시하기 위한 것이며 제한하려는 것이 아니다.

[0043] **실시예 1: 상업적 공급원으로부터의 열분해 오일 및 왁스의 특성**

[0044] 열분해 오일 및 왁스 샘플은 상업적 공급원으로부터 얻었고, 그 특성은 표 1에 요약된다. 이러한 열분해 샘플은 임의의 가스 또는 촉매 첨가 없이 대기압 부근에서 약 400 내지 600°C의 열분해 반응기에서 열적 분해를 통해 주로 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌을 함유하는 폐 플라스틱으로부터 제조했다. 열분해 장치는 전형적으로 가스, 액체 오일 생성물, 선택적으로 왁스 생성물 및 숯을 생산한다. 열적으로 분해된 탄화수소를 함유하는 열분해 장치의 오버헤드 가스 스트림은 냉각하여 열분해 오일(주변 온도에서 액체) 및/또는 열분해 왁스(주변 온도에서 고체)로서 응축물을 수집했다. 열분해 오일은 열분해 장치의 주요 생성물이다. 일부 장치는 열분해 오일 외에 별도의 생성물로서 열분해 왁스를 생산한다.

표 1

[0045] 폐플라스틱의 열분해로부터 회수된 대로의 오일 및 왁스의 특성

	열분해 오일 샘플 A	열분해 오일 샘플 B	열분해 오일 샘플 C	열분해 오일 샘플 D	열분해 왁스 샘플 E
60 °F에서의 비중	0.814	0.820	0.774	-	0.828
모의 증류, °F					
0.5% (초기 비등점)	87	299	18	86	325
5%	179	306	129	154	475
10%	214	309	156	210	545
30%	322	346	285	304	656
50%	421	447	392	421	733
70%	545	585	517	532	798
90%	696	798	663	676	894
95%	772	883	735	743	939
99.5% (최종 비등점)	942	1079	951	888	1064
Carlo-Erba 탄화수소 분석					
탄소, wt%	87.6	84.21	85.46	85.97	85.94
수소, wt%	12.7	12.25	14.1	14.0	14.15
C + H의 합계, wt%	100.3	96.46	99.5	100.0	100.1
H/C 몰 비율	1.73	1.75	1.98	1.96	1.98

브롬가, g/ 100 g	49	60	40	44	14
탄화수소 유형					
총 방향족화합물, vol%	23.3	22.8	5.1	8.7	13.3
총 올레핀 및 나프텐, vol%	39.0	50.2	42.4	38.2	42.1
총 파라핀, vol%	37.7	27	52.5	53.1	44.6
오염물질					
총 S, ppm	48	29	7.8	99	6.3
총 N, ppm	751	1410	318	353	237
총 Cl, ppm	113	62	41	70	4.7
나프타 및 증류물 중 O, ppm	250	-	574	-	-
미량 원소 불순물Al, ppm					
Ca, ppm	<1.1	<0.56	0.6	<0.53	<0.68
Fe, ppm	1.4	11.5	<0.5	<0.53	<0.68
Mg, ppm	4.9	11.9	1.6	<1.1	3.1
Na, ppm	<0.51	1.3	<0.52	<0.53	<0.68
Ni, ppm	2.5	<0.54	<1.1	<2.2	<2.7
V, ppm	<0.51	<0.54	<0.52	2	<0.68
P, ppm	<0.51	<0.54	<0.52	4	<0.68
Si, ppm	8.2	9.9	<1.6	<2.2	20.2
	82.5	49.6	13	17	3.1

[0046] 비중 측정에는 ASTM D4052 방법을 사용했다. 모의 비등점 분포 곡선은 ASTM D2887 방법을 사용하여 얻었다. 탄소 및 수소에 대한 Carlo-Erba 분석은 ASTM D5291 방법을 기반으로 했다. 브롬가 측정은 ASTM D1159 방법을 기반으로 했다. 탄화수소 유형 분석은 40에서 500 돌턴(Dalton)까지 스캐닝되는 자석을 사용한 고해상도 자석 질량분석기를 사용하여 수행했다. 총 황은 ASTM D2622 방법에 따라 XRF를 사용하여 결정했다. 질소는 화학발광 검출을 사용하여 변형된 ASTM D5762 방법을 사용하여 결정했다. 총 염화물 함량은 변형된 ASTM 7359 방법을 사용하여 연소 이온 크로마토그래피 기구를 통해 측정했다. 나프타 및 증류물 비등 범위에서 산소 함량은 29 내지 500의 m/Z 범위 동안 전자 이온화 검출기를 이용한 GC/MS 측정을 통해 GC를 이용하여 추정했다. 오일 중 미량 금속 및 비금속 원소는 유도 커플링된 플라즈마-원자 방출 분광법(ICP-AES)을 사용하여 결정했다.

[0047] 주로 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 폐기물로부터 공급되는 선별된 플라스틱의 산업적 열분해 공정은 열분해 오일 또는 열분해 왁스에서와 같이 비중이 0.7 내지 0.9 범위이고 비등점 범위가 18 내지 1100°F인 고급 탄화수소 스트림을 생성했다.

[0048] 열분해 생성물은 대부분 탄소와 수소로 만들어진 다소 순수한 탄화수소이다. 수소 대 탄소 몰비는 1.7에서 거의 2.0까지로 다양하다. 브롬가는 14에서 60까지의 범위이며, 이는 올레핀 및 방향족화합물에서 발생하는 다양한 불포화도를 나타낸다. 방향족 함량은 5 내지 23 부피% 범위이며, 더 큰 가혹도 장치가 더 많은 방향족화합물을 생성한다. 열분해 장치의 공정 조건에 따라 열분해 생성물은 20 부피% 중반 내지 50 부피% 중반 범위의 파라핀계 함량을 보여준다. 열분해 생성물은 상당한 양의 올레핀을 함유한다. 더 높은 열분해 온도 및/또는 더 긴 체류 시간과 같은 더 가혹한 조건 하에 생성된 열분해 오일인 샘플 A 및 B는 더 높은 방향족 및 더 낮은 파라핀계 성분을 함유하여 약 1.7의 H/C 몰비 및 50 내지 60의 높은 브롬가를 초래한다. 샘플 C 및 D는 덜 가혹한 조건에서 생성되었으며 열분해 오일은 더 파라핀계이므로 H/C 몰비가 2.0에 가깝고 브롬가가 약 40이 된다. 열분해 왁스인 샘플 E는 대부분 파라핀계 포화 탄화수소로서, 단지 14인 낮은 브롬가를 갖는 일반 탄화수소(분지형 탄화수소와 대조적)가 상당한 양인 대부분 파라핀계의 포화 탄화수소이다.

[0049] 하기 실시예 2 내지 5는 운송 연료를 위한 폐 플라스틱 열분해 오일의 평가를 보여준다.

[0050] **실시예 2: 운송 연료로서의 평가를 위한 열분해 오일의 분별(fractionation)**

[0051] 샘플 D는 증류하여 가솔린(350°F), 제트(350-572°F), 디젤(572-700°F) 및 중질(700°F⁺) 분획을 나타내는 탄화수소 컷(cut)을 생성했다. 표 2는 증류 생성물 분획 간의 비등점 분포 및 불순물 분포를 요약한 것이다.

표 2

[0052] 연료 분획으로 열분해 오일의 증류

샘플 ID	샘플 D	샘플 F	샘플 G	샘플 H	샘플 I
의도된 분획		가솔린 컷	체트 컷	디젤 컷	미전환
컷 포인트 목표, °F		350 ⁻	350-572	572-700	700 ⁺
증류 실제 수율, wt%		37.2	38.0	15.0	9.3
모의 증류, F					
IBP(0.5 wt%)	86	27	299	539	640
5 wt%	154	98	345	557	684
10 wt%	210	147	365	574	696
30 wt%	304	222	416	597	727
50 wt%	421	270	457	619	758
70 wt%	532	291	492	644	808
90 wt%	676	337	546	674	898
95 wt%	743	347	554	683	953
FBP(99.5 wt%)	888	385	591	711	1140
총 S, ppm	99	52	35	80	320
총 N, ppm	353	215	556	232	467
총 Cl, ppm	70	181	27	12	13

[0053] 실시예 3: 가솔린 연료에 대한 열분해 오일 컷의 평가

[0054] 가솔린 연료 비등 범위의 열분해 오일 컷인 샘플 F를 평가하여 가솔린 연료로서 사용 가능성을 평가했다. 샘플 F의 탄소수 범위는 C5 내지 C12로서, 가솔린 연료의 전형이다.

[0055] 열분해 오일의 올레핀계 특성으로 인해, 산화안정성(ASTM D525) 및 검 형성 경향(ASTM D381)은 조사해야 할 가장 중요한 특성으로서 식별되었다. 리서치법 옥탄가(ROK) 및 모터법 옥탄가(MON)도 엔진 성능에 중요한 특성이 다. RON 및 MON 값은 상세한 탄화수소 GC 분석으로부터 추정되었다.

표 3

[0056] 가솔린 연료에 대한 열분해 오일 나프타 분획의 평가

	산화 안정성, min	세척된 검, mg/100 mL	RON	MON
샘플 F	90	5.0	71.4	67.7
기준 가솔린	>1440	1	95.8	86.2
4/96 부피%의 샘플 F와 기준 가솔린의 블렌드	>1440	2.0	94.5	85.1
15/85 부피%의 샘플 F와 기준 가솔린의 블렌드	>1440	2.2	91.8	83.1

[0057] 가솔린 연료 비등 범위의 열분해 오일 컷인 샘플 F는 품질이 좋지 않음으로 인해, 그 자체를 자동차 가솔린 연료로 사용할 수 없다. 열분해 오일의 가솔린 분획은 샘플 F가 1440분 초과 목표 안정성에 비해 겨우 90분 후에 실패했다는 점에서 매우 불량한 산화 안정성을 보여주었다. 열분해 가솔린은 4 mg/100 mL의 세척 검 목표를 초과하여 심각한 검 형성 경향을 시사한다. 열분해 가솔린은 기준 가솔린에 비해 옥탄가가 낮다. 기준 가솔린으로는 프리미엄 무연 가솔린을 사용했다.

[0058] 본 발명자들은 또한 기준 가솔린에 대한 제한된 양의 열분해 가솔린 컷의 블렌딩 가능성을 조사했다. 본 발명자들의 연구는 아마도 최대 15 부피%의 샘플 F가 연료 특성 목표를 여전히 충족하면서 정제 가솔린에 블렌딩될 수 있음을 보여주었다. 열분해 가솔린 생성물을 정제 연료와 통합함으로써 전반적인 생성물 품질이 유지될 수 있다.

[0059] 이러한 결과는 열분해 오일의 생성된 대로의 가솔린 분획이 가솔린 연료로서 제한된 유용성을 갖는다는 것을 나타낸다. 열분해 오일의 이러한 가솔린 분획을 가솔린 연료 특성 목표를 충족하는 탄화수소로 전환하기 위해서는 정제 장치에서의 업그레이드가 바람직하다.

[0060] **실시예 4: 제트 연료에 대한 열분해 오일 컷의 평가**

- [0061] 제트 연료 비등 범위의 열분해 오일 컷인 샘플 G를 평가하여 제트 연료로서의 사용 가능성에 대해 평가했다. 샘플 G의 탄소수 범위는 C9 내지 C18로서, 이는 제트 연료의 전형이다.
- [0062] 열분해 오일의 올레핀계 특성으로 인해, 제트 연료는 열산화 테스트(D3241)가 가장 중요한 테스트인 것으로 간주되었다. 있는 그대로의 열분해 오일 제트 컷인 샘플 G는 산화안정성이 겨우 36분이었고, 이는 순수 열분해 제트 컷은 제트 연료로서 사용하기에 부적합함을 시사한다.
- [0063] 본 발명자들은 정제소 생산 제트와 열분해 제트 컷(샘플 G)의 5 부피%의 블렌드를 제조했다. 이 블렌드는 표 4에 제시된 바와 같이, 제트 연료 산화 테스트를 통과하지 못했다.

표 4

[0064] 제트 연료를 위한 열분해 오일 제트 분획의 평가

	제트 연료 열적 산화 테스트
기준 제트 연료	통과
5/95 부피%의 샘플 G와 기준 제트 연료의 블렌드	실패

- [0065] 이들 결과는 생산된 대로의 열분해 오일의 제트 분획이 제트 연료에 완전히 부적합하며, 정제 장치에서의 업그레이드가 이 열분해 오일의 제트 분획을 제트 연료 특성 목표를 충족시키는 탄화수소로 전환시키는 데 필요하다는 것을 나타낸다. **실시예 5: 디젤 연료를 위한 열분해 오일 컷의 평가**

- [0066] 디젤 연료 비등 범위의 열분해 오일 컷인 샘플 H를 평가하여 디젤 연료로서의 사용 가능성을 평가했다. 샘플 H의 탄소수 범위는 C14 내지 C24로서, 디젤 연료의 전형이다.
- [0067] 샘플 H는 상당한 양의 일반(normal) 탄화수소를 함유한다. 일반 탄화수소는 왁스 특성을 나타내는 경향이 있으므로, 유동점(ASTM D5950-14) 및 운점(ASTM D5773)과 같은 저온 유동 특성이 가장 중요한 테스트인 것으로 간주되었다.
- [0068] 본 발명자들은 정제소에서 생산된 디젤 연료와 10 부피% 및 20 부피%의 샘플 H의 2가지 블렌드를 제조했다. 하지만, 두 블렌드 모두 -17.8℃(0°F) 미만의 유동점인 목표 유동점을 여전히 통과하지 못했다.

표 5

[0069] 디젤 연료를 위한 열분해 오일 디젤 분획의 평가

	운점 (°C)	유동점 (°C)	유동점 테스트
기준 디젤 연료	-17.1	-19.0	통과
10/90 부피%의 샘플 H와 기준 디젤 연료의 블렌드	-11.1	-12.0	실패
20/80 부피%의 샘플 H와 기준 디젤 연료의 블렌드	-5.5	-7.0	실패

- [0070] 이러한 결과는 있는 그대로의 열분해 오일이 디젤 연료에 완전히 부적합하며, 정제 장치에서의 업그레이드가 열분해 오일의 디젤 분획을 디젤 연료 특성 목표를 충족시키는 탄화수소로 전환시키는데 필요하다는 것을 나타낸다.

[0071] **실시예 6: FCC 장치 또는 FCC 전처리 장치로의 열분해 생성물의 동시처리**

- [0072] 표 1의 결과는 주로 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 폐기물에서 공급되는 선별된 플라스틱의 산업적 열분해 공정이 주로 탄소 및 수소로 이루어진 고품질의 열분해 오일 또는 열분해 왁스를 생산함을 보여주었다. 양호한 선별 및 효율적인 열분해 장치 조작에 의해, 질소 및 황 불순물은 충분히 낮은 수준으로, 현대 정제소는 열분해 공급원료를 이들의 처리 장치로 아무런 유해 영향 없이 동시공급할 수 있다.
- [0073] 하지만, 일부 열분해 오일 또는 왁스는 정제소에서 전환 장치의 성능에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 다량의 금속(Ca, Fe, Mg) 및 다른 비금속(N, S, P, Si, Cl, O)을 여전히 함유할 수 있다. 불순물 수준이 높은 열분해 생성물의 경우에는 불순물의 대부분이 전처리에 의해 효과적으로 제거되도록, FCC 장치 이전에 FCC 공급물 처리

기 장치로 우선적으로 공급된다.

[0074] 전체 열분해 공급원료를 도 2에 도시된 바와 같이 FCC 장치로 또는 FCC 장치 이전에 FCC 전처리 장치로 공급함으로써, 열분해 오일 및 왁스는 오프가스, LPG 파라핀 및 올레핀, FCC 가솔린 및 중질 탄화수소 성분으로 전환된다. FCC 가솔린은 가치가 있는 가솔린 블렌딩 성분이다. 중질 분획인, 경질 순환 오일(LCO) 및 중질 순환 오일(HCO)은 제트 수소화처리 장치, 디젤 수소화처리 장치, 수소분해 장치 및/또는 코커 장치를 비롯한 후속 전환 장치에서 추가로 전환되어, 만족스러운 생성물 특성을 갖는 더 많은 가솔린, 제트 및 디젤 연료를 만든다. LPG 파라핀 및 올레핀은 알킬화 장치에서 추가로 처리되거나, 가솔린 풀에 블렌딩되거나, 재활용 함유물이 있는 석유화학 제품 생산에 부분적으로 사용된다. C₃ 프로판 및 프로필렌 혼합물 스트림은 폴리프로필렌 생성에 가치있는 공급원료이다.

[0075] 하기 실시예 7 및 8은 예로서 FCC 장치를 사용하여, 정제소 전환 장치에서 폐 플라스틱 열분해 생성물을 고품질의 운송 연료로 전환시키는 것을 입증한다.

[0076] **실시예 7: FCC에서 열분해 오일의 전환**

[0077] FCC에 대한 폐 플라스틱 열분해 오일의 공동처리 영향을 연구하기 위해 일련의 실험실 테스트를 샘플 A 및 C로 수행했다. 감압 경유(VGO)는 FCC에 전형적인 공급물이다. VGO 및 순수 열분해 오일과 20 부피%의 열분해 오일의 블렌드의 FCC 성능을 순수 VGO 공급물의 성능과 비교했다.

[0078] FCC 실험은 정제소로부터 재생 평형 촉매(Ecat)를 사용하여 Kayser Technology Inc.에 의해 제작된 Model C ACE(최신 분해 평가) 장치에서 수행했다. 반응기는 유동화 가스로서 N₂를 사용하는 고정 유동화 반응기였다. 촉매 분해 실험은 대기압 및 900°F 반응기 온도에서 수행했다. 촉매의 양을 변경하여 촉매/오일 비율을 5 내지 8로 변경시켰다. 가스 생성물을 수집하고 FID 검출기가 있는 GC가 장착된 정제 가스 분석기(RGA)를 사용하여 분석했다. 소비된 촉매의 동일계내 재생은 1300°F에서 공기의 존재하에 수행했고, 재생 연도 가스(flue gas)는 LECO 장치로 통과시켜 코크스 수율을 결정했다. 액체 생성물을 칭량하고 모의 증류(D2887) 및 C₅⁺ 조성 분석을 위해 GC에서 분석했다. 물질 균형 하에, 코크스, 건성 가스 성분, LPG 성분, 가솔린(C5-430°F), 경질 순환 오일(LCO, 430-650°F) 및 중질 순환 오일(HCO, 650°F⁺)의 수율을 결정했다. 결과는 하기 표 6에 요약된다.

표 6

FCC에 열분해 오일 동시공급(cofeeding)의 평가

[0079]

공급물	100% VGO	20/80 vol% 블렌드, 샘플 A/ VGO	20/80 vol% 블렌드, 샘플 C/ VGO	100% 샘플 A	100% 샘플 C
촉매/오일, wt/wt	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
전환, wt%*	81.3	83.15	83.09	76.1	78.82
WLP 불순물**					
총 O, ppm	81	76	62	54	67
총 N, ppm	27	30	33	50	21
수율					
코크스, wt%	4.45	4.35	4.20	3.56	2.90
총 건성 가스, wt%	2.08	1.96	1.93	1.55	1.43
수소	0.16	0.12	0.12	0.05	0.04
메탄	0.68	0.65	0.64	0.50	0.46
에탄	0.44	0.43	0.41	0.33	0.28
에틸렌	0.76	0.74	0.72	0.63	0.61
총 LPG, wt%	21.25	21.08	21.50	20.17	24.40
프로판	1.78	1.76	1.72	1.47	1.53
프로필렌	5.53	5.51	5.56	5.57	6.75
n-부탄	1.56	1.56	1.54	1.29	1.34
이소부탄	6.61	6.48	6.64	5.43	6.61
C4 올레핀	5.77	5.77	6.04	6.41	8.16

가솔린, wt%	53.53	55.75	55.46	62.53	61.75
LCO, wt%	12.89	12.23	11.93	10.37	8.03
HCO, wt%	5.81	4.63	4.98	1.82	1.50
옥탄가 ^{***}	88.05	84.57	82.79	73.75	75.41

[0080]

*: 전환 - 430°F⁺ 분획을 430°F⁻로 전환

[0081]

** : GC x GC에 의한 연료 비등 범위에서 전체 액체 생성물 중 N 및 O의 불순물 수준, ppm

[0082]

*** : 옥탄가, (R+M)/2는 FCC 가솔린의 상세한 탄화수소 GC로부터 추정되었음.

[0083]

표 6의 결과는 최대 20 부피% 열분해 오일의 동시공급만이 FCC 장치 성능의 극미한 변화를 만든다는 것을 보여주며, 이는 최대 20%의 열분해 오일의 동시처리가 쉽게 실현가능하다는 것을 나타낸다. 샘플 A 또는 샘플 C의 20 부피% 블렌딩은 코크스 및 건성 가스 수율의 극미한 감소, 가솔린 수율의 약간의 증가 및 LCO 및 HCO의 약간의 감소를 야기했으며, 이는 대부분의 상황에서 유리한 것이다. 열분해 오일의 파라핀 특성으로 인해, A 및 C의 20% 블렌드는 옥탄가를 약 3가 내지 5가만큼 저하시켰다. 정제 조건의 유연성으로 인해, 이러한 옥탄가 차변 (debit)은 블렌딩 또는 공급 위치 조정으로 보상될 수 있다.

[0084]

FCC 장치는 열분해 오일을 연료 범위 탄화수소로 분해하고, 불순물을 감소시키며, n-파라핀을 이소파라핀으로 이성질체화한다. 이러한 모든 화학작용은 열분해 오일 및 왁스의 연료 특성을 개선시킬 것이다. 제올라이트 촉매와 함께 FCC 공정 장치를 통한 열분해 오일의 동시공급에 의해, 연료범위 중 산소 및 질소 불순물은 약 300 내지 1400ppm N에서부터 약 30ppm N으로, 약 250 내지 540ppm O에서부터 약 60 내지 80ppm O로 실질적으로 감소되었다. 이러한 모든 동시공급 생성물의 탄화수소 조성은 전형적인 FCC 가솔린 범위 안에 있다.

[0085]

100% 열분해 오일의 FCC 실행은 대략 13 내지 14가의 상당한 옥탄가 차변을 보여주었다. 이는 순수한 100% 열분해 오일의 처리보다 열분해 오일의 동시처리가 바람직하다는 것을 보여준다.

[0086]

실시예 8: 프로필렌 분리 또는 생산을 위한 재활용된 C₃의 공급, 이어서 폴리프로필렌 수지 및 폴리프로필렌 소비재 생산

[0087]

실시예 7에 나타난 바와 같이, FCC 장치에 열분해 오일의 동시공급은 재활용 함유물과 함께 C₃ LPG 스트림의 상당량을 생산한다. C₃ 스트림은 재활용 함유물과 함께 폴리프로필렌 중합체의 생산을 위해 중합장치로 공급되는 좋은 공급원료이다. 이를 달성하기 위해, 프로판 및 프로필렌을 함유하는 C₃ LPG 스트림은 포획되고, 프로판/프로필렌(P/P) 스플리터로 공급되어 순수 프로필렌 스트림(>99몰%)을 분리한 다음 프로필렌 중합 장치로 공급된다. P/P 스플리터로부터의 프로판은 탈수소화되어 중합 장치를 위한 추가 프로필렌을 생산할 수 있다.

[0088]

일부 재활용된 폴리에틸렌/폴리프로필렌 유래 물질을 함유하는 폴리프로필렌 수지는 전적으로 순수 석유 자원으로부터 제조된 순수 폴리프로필렌의 품질과 구별할 수 없는 높은 품질을 갖는다. 재활용 물질을 갖는 폴리프로필렌 수지는 그 다음 추가 가공처리되어 소비재의 요구에 맞는 다양한 폴리프로필렌 제품을 생산한다. 이러한 폴리프로필렌 소비재는 이제 전적으로 순수 폴리프로필렌 중합체로 제조된 것과 폴리프로필렌 소비재의 품질이 구별될 수 없지만 화학적으로 재활용된 순환 중합체를 함유한다. 이러한 화학적으로 재활용된 중합체 생성물은 품질이 순수 중합체로 제조된 중합체 생성물보다 열등한 기계적으로 재활용된 중합체 생성물과 상이한 것이다.

[0089]

실시예 9: 윤활기유의 생산을 위한 이성질체화 탈왁스 장치로의 열분해 왁스의 공동처리

[0090]

표 1의 결과는 주로 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 폐기물에서 공급되는 선별된 플라스틱의 산업적 열분해 공정이 주로 탄소 및 수소로 이루어진 열분해 왁스를 생산함을 보여주었다. 수소이성질체화 탈왁스 공정을 통해 열분해 왁스로부터 윤활기유를 만들기 위해 다양한 공정 옵션이 조사되었다.

[0091]

열분해 왁스는 귀금속(Pt, Pd 또는 Pt와 Pd의 혼합물) 및 ZSM-11, ZSM-23, ZSM-48, SSZ-32, SSZ-91, SAPO-11, SAPO-31 및 SAPO-41과 같은 제올라이트를 함유하는 수소이성질체화 탈왁스 촉매의 성능에 부정적인 영향을 미치는 너무 많은 양의 질소 및 황 불순물, 금속(Ca, Fe, Mg) 및 다른 비금속(P, Si, Cl, O)을 여전히 함유한다.

[0092]

탈왁스 촉매를 사용하여 순수 열분해 오일의 직접 공급을 통해 고품질 윤활기유를 만들기 위한 시도는, 하기 실시예 10에 나타난 바와 같이 성공하지 못했다. 촉매 활성을 유지하기 위하여, 수소이성질체화 탈왁스 장치로 열

분해 오일의 직접 공급을 위해, 동시공급 수준은 10 부피% 미만, 바람직하게는 5 부피% 미만으로 제한될 필요가 있다. 부피% 제한은 제올라이트 활성에 유해한 질소 불순물에서 비롯될 것이다. 조합된 공급물의 질소 수준은 5ppm N 미만, 바람직하게는 1ppm N 미만에서 유지될 필요가 있다.

[0093] 대안적으로, 열분해 왁스는 S, N 및 다른 불순물을 제거하기 위해 수소분해 장치로 동시공급된다. 수소분해 장치는 열분해 왁스를 수소화하고 불순물을 제거한다. 수소분해 장치의 가혹도는 조합된 공급물의 기유 수율을 최대화하기 위해 조절될 수 있다. 수소분해 장치로의 동시공급 수준은 많게는 50 부피 %, 바람직하게는 20 부피% 일 수 있다. 이러한 경우에, 부피% 제한은 장치 구성 및 촉매 선택에 따라 금속 불순물 또는 N 불순물 또는 P 불순물로부터 비롯될 수 있다. 수소분해된 열분해 왁스를 함유하는 최하위(bottom) 분획(650°F+)은 그 다음 윤활기유를 만드는 수소이성질체화 탈왁스 장치로 공급된다.

[0094] 대안적으로, 열분해 왁스는 전용 수소화 장치로 공급되어, 기유를 만드는 수소이성질체화 탈왁스 장치로 공급되기 전에 S, N 및 다른 불순물을 제거한다. 수소화 단계는 하기 실시예 11에 나타난 바와 같이, 매우 쉽게 불순물을 제거한다. 수소화처리된 왁스는 임의의 부피%로 수소이성질체화 탈왁스 장치로 동시공급될 수 있다.

[0095] 하기 실시예 10 및 11은 정제 전환 장치에서 페플라스틱 열분해 왁스를 공급원료로 사용하여 고품질의 기유를 만드는 성공하지 못한 루트(route) 및 성공한 공정의 루트를 보여준다.

[0096] **실시예 10: 수소이성질체화 탈왁스 공정만을 통한 재활용 열분해 왁스로부터의 기유의 생산**

[0097] 재활용 왁스로부터 기유의 생산 가능성을 평가하기 위하여, 미정제 열분해 왁스인 샘플 E는 감압 증류되어 690 °F⁺ 분획, 샘플 J를 생산했다. 100% 샘플 J는 650°F에서 800 psig H₂ 압력 하에 10:1의 오일 대 촉매 중량비로 Pt/SSZ-32/알루미나 촉매에 의해 하룻밤 동안 배치(batch) 오토클레이브(autoclave) 장치에서 수소이성질체화되었다. 수소화된 생성물은 감압 증류되어 690°F⁺ 에서 끓는 투명한 오일인 샘플 K를 생산했다. 샘플의 특성은 표에 요약된다.

표 7

Pt/제올라이트 촉매에 의한 열분해 왁스의 탈왁스

[0098]

	샘플 E	샘플 J, 슬랙 왁스	샘플 K, 탈왁스된 오일
설명	회수된 대로의 열 분해 왁스	샘플 E의 690 °F ⁺ 왁스 컷	샘플 J의 탈왁스에 이은 증류로부터의 690 °F ⁺ 오일
<u>모의 증류, °F</u>			
0.5% (초기 비등점)	325	680	694
5%	475	715	727
10%	545	727	742
30%	656	768	783
50%	733	807	820
70%	798	854	865
90%	894	930	939
95%	939	970	980
99.5% (최종 비등점)	1064	1067	1096
<u>브롬가, g/ 100 g</u>	14	6	<0.1
<u>오염물질총 S, ppm</u>			
총 N, ppm	6.3	-	-
총 Cl, ppm	237	180	<0.3
	4.7	1.9	-
<u>미량 원소 불순</u>			
물Fe, ppm	3.1	3.0	<1.1
P, ppm	20.2	32.5	<0.55
Si, ppm	3.1	<2.7	<2.2
색상 및 물리적 상태	연갈색 고체	연갈색 고체	투명한 액체

점도 지수 (VI)	-	169	162
100°C에서의 점도, cSt	-	4.26	4.67
70°C에서의 점도, cSt	-	7.52	-
40°C에서의 점도, cSt	-	-	19.81
유동점, °C	42	-	12
운점, °C	-	-	20

[0099] 페플라스틱 열분해로부터의 650°F⁺ 컷 슬랙 왁스인 샘플 J는 169의 우수한 점도 지수를 갖는 100°C에서 약 4.3 cSt인 저점도 왁스이다. 하지만, 슬랙 왁스는 수소이성질체화 탈왁스 공정에서 제올라이트 촉매의 활성을 부동태화할 상당한 양의 N(180ppm) 및 P(32.5ppm)을 함유한다. 탈왁스 및 증류된 오일인 샘플 K는 162의 점도 지수 및 12°C의 유동점을 보여준다. 유동점이 샘플 E의 42°C로부터 상당히 감소되었음에도 불구하고, 12°C의 유동점은 산업 목표인 15°C 미만 대비 여전히 매우 좋지 않다. 이러한 오일은 주변 온도가 12°C 미만으로 떨어지고 오일이 걸쭉하거나 고체 유사 물질이 되는 경우 유체(fluid)/유성(oily) 특성을 잃을 것이기 때문에 고성능 현대 윤활제로 사용될 수 없다.

[0100] 이러한 연구는 페 플라스틱 열분해 왁스로부터 만족스러운 기유를 생산하기 위해 열분해 왁스는 수소화 처리 또는 수소분해되어 N 불순물 및 다른 불순물을 감소시킬 필요가 있다는 것을 나타낸다.

[0101] **실시예 11: 수소화처리에 이은 수소이성질체화 탈왁스 공정에 의한 재활용 함유물을 갖는 고품질 기유의 생산**

[0102] 미정제 열분해 왁스인 샘플 E를 625°F 반응기 온도 및 1200 psig 압력에서 NiMo/알루미나 촉매를 함유하는 고정층 장치에서 수소화했다. 촉매층 부피 대비 1.0 hr⁻¹의 액체 공급물 유속 및 2500 scf/bbl의 H₂/탄화수소 유속을 사용하여 대부분 왁스인 수소화된 생성물을 생산했다. 수소화된 생성물은 감압 증류되어 수소화된 열분해 파라핀 왁스로서 650°F⁺ 분획, 샘플 L을 생산했다

[0103] 페 플라스틱 열분해로부터 만들어진 수소화된 왁스인 샘플 L은 625°F 반응기 온도 및 400 psig 압력에서 Pt/ZZS-91/알루미나 촉매를 함유하는 연속 고정층 장치에서 수소이성질체화 탈왁스된다. 촉매층 부피 대비 1.0 hr⁻¹의 액체 공급물 유속 및 2500 scf/bbl의 H₂/탄화수소 유속을 사용하여 탈왁스된 오일을 생산했다. 탈왁스된 오일은 감압 증류되어 최종 탈왁스된 기유 생성물로서 690°F⁺ 분획, 샘플 M을 생산했다. 결과는 하기 표 8에 요약된다.

표 8

[0104] 윤활기유 생산을 위한 열분해 왁스의 수소화처리/탈왁스

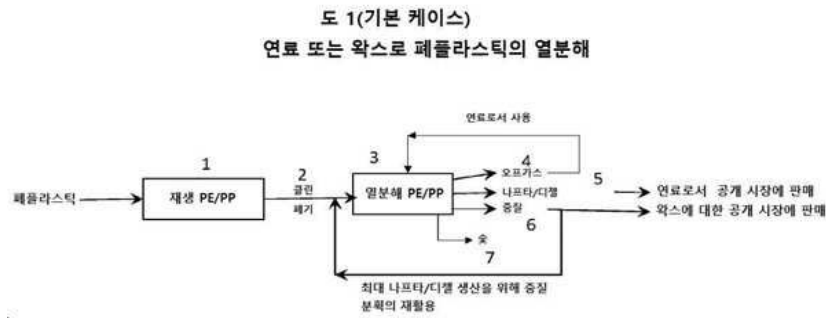
	샘플 E	샘플 L, 수소화된 왁스	샘플 M, 탈왁스된 오일
설명	회수된 대로의 열 분해 왁스	수소화된 샘플 E, 650 °F ⁺ 에서 컷	탈왁스된 샘플 L, 600 °F ⁺ 에서 컷
모의 증류, °F			
0.5% (초기 비등점)	325	625	651
5%	475	671	681
10%	545	686	695
30%	656	735	738
50%	733	781	782
70%	798	834	836
90%	894	917	923
95%	939	958	965
99% (최종 비등점)	1033	1041	1048
브롬가, g/ 100 g	14	<0.09	-

오염물질			
총 S, ppm	6.3	검출 미만	-
총 N, ppm	237	<0.4	-
총 Cl, ppm	4.7	검출 미만	-
미량 원소 불순물			
Fe, ppm	3.1	<1.1	-
P, ppm	20.2	<2.2	-
Si, ppm	3.1	<2.7	-
색상 및 물리적 상태	연갈색 고체	백색 고체	투명한 액체
점도 지수	-	163	135
100°C에서의 점도, cSt	-	3.80	4.05
70°C에서의 점도, cSt	-	6.66	-
40°C에서의 점도, cSt	-	-	17.39
유동점, °C	42	51	-35
운점, °C	-	-	-17

- [0105] 열분해 왁스 샘플 E의 수소화는 우수한 품질의 수소화된 왁스, 샘플 L을 생산했다. 샘플 L에는 탈왁스 촉매에 해를 끼칠 수 있는 측정가능한 불순물이 없다는 점에서 수소화로 모든 미량 불순물은 완전히 제거된다. 이 실시예에는 폴리에틸렌과 폴리프로필렌을 주로 함유하는 페플라스틱으로부터 고품질의 순수 파라핀계 왁스가 효과적으로 생산될 수 있으며, 약한 수소화는 페플라스틱 유래 왁스를 정제하기에 매우 효과적인 방법임을 보여준다.
- [0106] 수소화된 왁스(샘플 L)의 수소이성질체화 탈왁스는 135의 점도 지수, -35°C의 유동점 및 -17°C의 운점을 갖는 현저하게 우수한 품질의 4 cSt 기유(샘플 M)을 생산했다. 품질의 면에서, 페플라스틱 열분해로부터 만들어진 이러한 기유는 그룹 III 기유 카테고리에 속한다. 이러한 긍정적인 결과는 샘플 K에서 관찰된 좋지 않은 특성을 고려하면 꽤 놀라웠다. 저점도 4 cSt 기유는 자동차 윤활유의 성분으로 널리 사용되므로 대단히 바람직하다.
- [0107] 실시예 10 및 11은 동시공급 공정 구성 및 공정 조건의 세심한 선택에 의해 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 폐기물의 열분해로부터 유래된 왁스로부터 우수한 품질의 기유가 만들어질 수 있다는 것을 분명하게 보여준다. 결과는 페플라스틱 열분해 왁스로부터 기유를 만드는 바람직한 방법은 수소화에 이은 수소이성질체화 탈왁스 공정에 의한 것임을 분명하게 보여준다. 생산된 최종 기유는 재활용 함유물을 가지며, 기유의 품질은 순수 원유로 기준의 정제 공정을 통해 생산된 기유의 품질과 비슷하거나 우수하다.
- [0108] 전술한 실시예들은 함께 화학적 재활용을 통한 다량의 폴리에틸렌 및 폴리프로필렌 유래 페플라스틱을 열분해를 통해 재활용하고, 및 그 다음 열분해 생성물을 효과적인 통합을 통해 정제소에 동시공급하는 효과적인 신규 방법을 분명하게 보여준다. 이러한 통합으로 고품질 연료, 윤활기유 및 순환 중합체 생산이 가능해진다.
- [0109] 본 개시내용에 사용된 바와 같이, "포함한다" 또는 "포함하는"이라는 단어는 명명된 요소의 포함을 의미하지만, 다른 명명되지 않은 요소를 반드시 배제하는 것은 아님을 의미하는 개방형 접속어로서 의도된다. "본질적으로 이루어진다" 또는 "본질적으로 이루어지는"이라는 어구는 조성물에 대한 임의의 본질적인 중요성을 갖는 다른 요소의 배제를 의미하는 것으로 의도된다. "~로 이루어지는" 또는 "~로 이루어진다"라는 어구는 미량의 불순물만을 제외하고 언급된 요소외에 모든 요소의 배제를 의미하는 접속어로 의도된다.
- [0110] 본 명세서에 참고된 모든 특허 및 간행물은 본 명세서와 모순되지 않는 범위까지 본 명세서에 참고로 포함된다. 특정의 전술한 구조, 기능, 및 전술한 실시양태의 조작은 본 발명을 실시하는 데 필수적인 것은 아니며, 단지 예시적인 실시양태 또는 실시양태들의 완성도를 위해 본 명세서에 포함된 것으로 이해되어야 할 것이다. 또한, 전술한 참조 특허 및 간행물에 설명된 구체적인 구조, 기능 및 조작은 본 발명과 관련하여 실시될 수 있지만, 본 발명의 실시예 필수적인 것은 아님을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명은 첨부된 청구범위에 의해 정의된 본 발명의 사상 및 범위를 실제로 벗어남이 없이 구체적으로 설명된 것과 다르게 실시될 수 있음을 이해해야 한다.

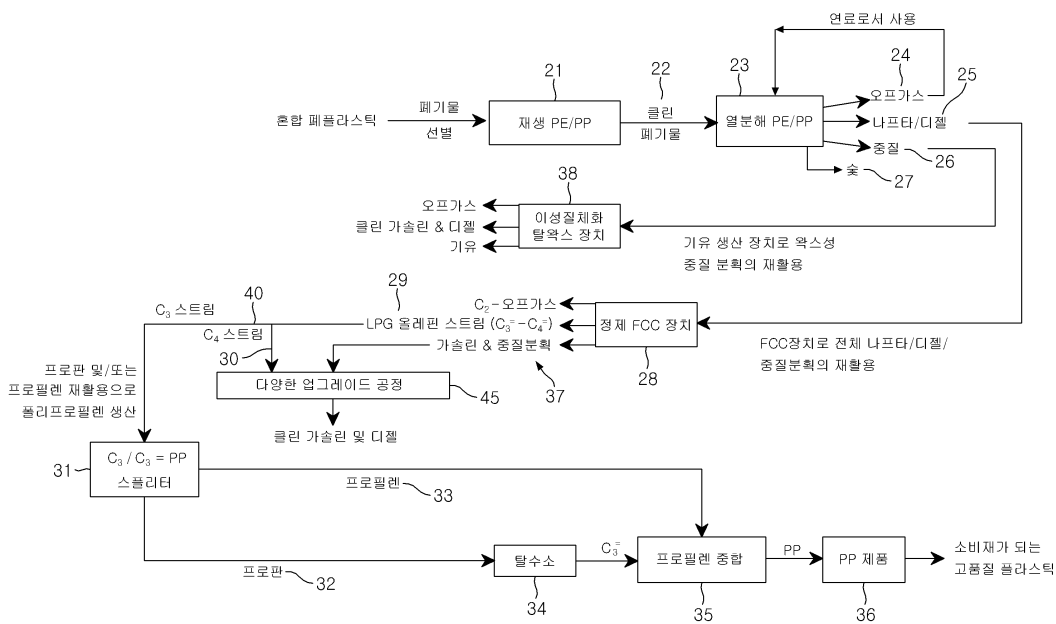
도면

도면1



도면2

정유 조작을 거친 PE/PP 폐플라스틱의 열분해를 통한
PP 재활용을 위한 순환경제의 확립



도면3

폐플라스틱 재활용을 위한 플라스틱 유형 분류

