(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0164904
(43) 공개일자 2024년11월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C10G 1/10 (2006.01) *C10B 53/07* (2006.01)
C10G 1/00 (2006.01) *C10G 47/00* (2006.01)
(52) CPC특허분류
C10G 1/10 (2013.01)
C10B 53/07 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7032209
(22) 출원일자(국제) 2023년03월22일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2024년09월26일
(86) 국제출원번호 PCT/IL2023/050302
(87) 국제공개번호 WO 2023/181038
국제공개일자 2023년09월28일
(30) 우선권주장
63/269,736 2022년03월22일 미국(US)

(71) 출원인
레이턴트 에너지 리미티드
이스라엘 텔아비브 6971920 라울 왈렌버드 스트리트 24
(72) 발명자
멘토비치 네타
이스라엘 텔아비브 6936715 모쉬 퍼록 스트리트 13
아톨 머라이스
이스라엘 텔아비브 6913817 라비 테인홈 스트리트 2
지반 우리
이스라엘 텔아비브 6438507 헤르만 코헨 스트리트 7/1
(74) 대리인
이인식

전체 청구항 수 : 총 25 항

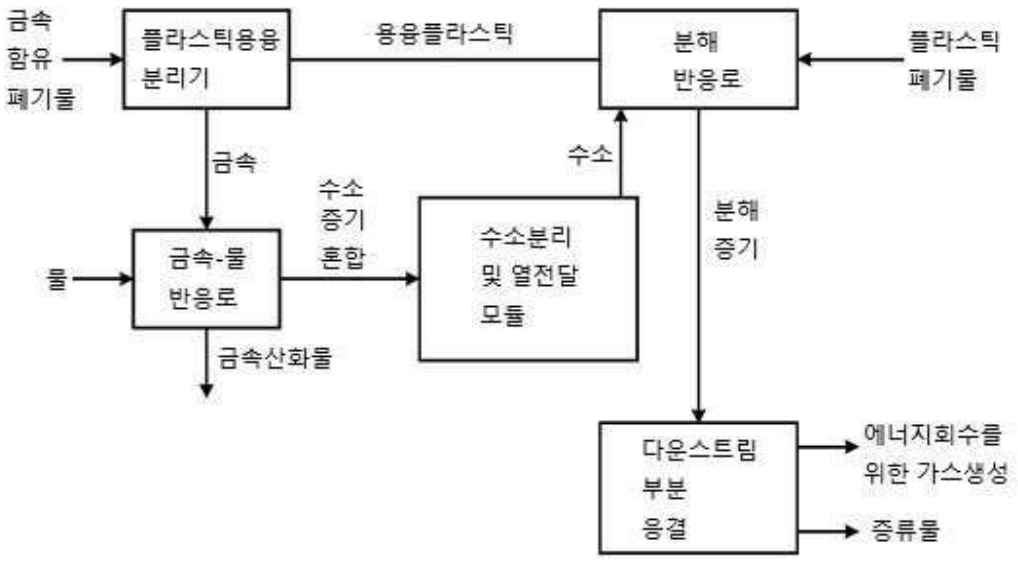
(54) 발명의 명칭 **플라스틱 폐기물 전환을 위한 통합 프로세스**

(57) 요 약

본 발명은 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템으로써, 상기 시스템은, 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 수용하고, 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 수소 처리하여, 수소 가스, 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 재료를 생산하기 위해 구성되고 작동 가능한 제1용기(반응로); 플라스틱 폐기물과 적어도 다량의 상기 수소

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1c



가스, 및 선택적으로 상기 제1용기로부터 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질을 수용하고; 수소 가스, 및 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질이 존재하는 상태에서 플라스틱 폐기물을 열분해하여, 증류물을 생산하도록 구성되고 작동 가능한 제2용기(반응로); 및 상기 수소 가스, 및 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질을 상기 제1용기에서 상기 제2용기로 유도하는 수단;을 포함한다. 따라서, 플라스틱 폐기물을 고부가가치 제품 또는 연료와 석유화학 제품인 일반 제품으로 전환할 수 있게 되는 등의 효과를 얻을 수 있다.

(52) CPC특허분류
C10G 1/002 (2013.01)
C10G 47/00 (2022.08)
C10G 2300/1003 (2013.01)
Y02P 20/143 (2020.08)

명 세 서

청구범위

청구항 1

플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템으로써, 상기 시스템은,

금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 수용하고, 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 수소 처리하여, 수소 가스, 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 재료를 생산하기 위해 구성되고 작동 가능한 제1용기(반응로);

플라스틱 폐기물과 적어도 다량의 상기 수소 가스, 및 선택적으로 상기 제1용기로부터 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질을 수용하고; 수소 가스, 및 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질이 존재하는 상태에서 플라스틱 폐기물을 열분해하여, 증류물을 생산하도록 구성되고 작동 가능한 제2용기(반응로); 및

상기 수소 가스, 및 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질을 상기 제1용기에서 상기 제2용기로 유도하는 수단;

을 포함하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1용기(반응로)는 각각 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물의 서로 다른 성분을 수용하도록 구성된 두 개 이상의 반응로로써 제공되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 둘 이상의 반응로 중 하나는 플라스틱 폐기물을 수용하여 용융된 플라스틱 및 기체 생성물로 열 변환하도록 구성되고, 상기 둘 이상의 반응로 중 다른 하나는 금속 폐기물 및 물을 수용하도록 구성되며, 수소 가스를 생성하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제2용기는 단일 수소 가스 스트림과 선택적으로 가열된 용융 플라스틱 및 가스 생성물, 또는 용융 플라스틱 및 가스 생성물 스트림과 별도의 수소 가스 및 증기 스트림을 수용하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 시스템은,

두 개 이상의 반응로를 포함하는 용기(반응로) 배열체로써,

상기 두 개 이상의 반응로 중 하나는 금속이 없는 플라스틱 폐기물을 수용하고 상기 금속이 없는 플라스틱 폐기물을 열처리하여 가열된 용융 플라스틱 덩어리와 가스 생성물을 생성하고; 상기 두 개 이상의 반응로 중 두번째는 금속 폐기물을 수용하고 물이 있는 상태에서 상기 금속 폐기물을 수소 처리하여 수소 가스를 생성하도록 구성되며;

플라스틱 폐기물을 수용하고, 수소 가스, 증기, 및 선택적으로 가열된 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물이 있는 상태에서 상기 플라스틱 폐기물을 열분해하도록 구성된 제2용기(반응로); 및

상기 수소 가스 및 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 상기 제1용기 배열체에서 상기 제2용기로 유도하는 수단;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 시스템은 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 공급 원료를 상기 제1용기로 전달하도록 구성된 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 스트림과 연관되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 시스템은 금속 및 플라스틱 폐기물의 두 개의 독립적인 스트림과 연관되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 시스템은 플라스틱 폐기물 공급 원료를 상기 제2용기로 전달하도록 구성된 플라스틱 폐기물 스트림과 연관되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 9

이전 청구항 중 어느 하나에 따른 시스템으로써,

플라스틱 폐기물을 증류수로 지속적으로 열화학적으로 변환하도록 구성된 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 10

둘 이상의 반응로를 포함하는 시스템으로써,

그 중 적어도 하나는 수소 가스 발생기이고, 상기 둘 이상의 반응로 중 다른 하나는 열화학 분해 반응로이며, 여기서 상기 수소 가스 발생기와 상기 열화학 분해 반응로는 수소 가스 및/또는 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 상기 수소 가스 발생기에서 상기 열화학 분해 반응로 전달할 수 있도록 이들 사이에서 재료 및/또는 열 통신을 수행하는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 11

이전 청구항 중 어느 한 항에 따른 시스템으로써,

증기의 부분 분리를 위한 열전달 유닛 및 다운스트림 시스템이 더 구비된 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 12

이전 청구항 중 어느 한 항에 따른 시스템으로써,

상기 수소 가스 발생기와 상기 열화학 반응로는 가열된 파이프라인을 통해 연결되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 13

이전 청구항 중 어느 한 항에 따른 시스템으로써,

상기 플라스틱 대 금속 로딩 비율(플라스틱:금속)이 3:1 내지 15:1 사이인 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 14

이전 청구항 중 어느 한 항에 따른 시스템으로써,

상기 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물의 금속은 알루미늄인 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 15

플라스틱 폐기물을 고부가가치 제품으로 전환하기 위한 통합 열화학 공정을 작동하기 위한 공장로써, 상기 공장은,

-주로 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 수소 처리하고 수소 가스, 증기, 가열된 플라스틱 덩어리, 가스 생성물 및 금속 산화물을 얻기 위한 제1히터가 제공되는 제1반응로;

-플라스틱 폐기물 재료의 열화학적 분해를 위한 제2반응로로써, 상기 제2반응로에는 제2히터가 제공되며, 외부 공급원 또는 공급원 및 상기 제1반응로에서 생성된 다량의 수소 가스, 증기, 가열된 플라스틱 덩어리, 가스 생성물로 부터 플라스틱 폐기물 재료를 별도로 공급받기 위해 하나 이상의 파이프에 의해 상기 제1반응로에 연결되어 상기 생성물을 얻으며;

-수력 처리 단계에서 생성된 공정 열 내에서 회수하기 위해 상기 제1반응로로부터 열을 공급받아 상기 제2반응로로 열을 전달하도록 구성된 열 교환 유닛;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 16

이전 청구항 중 어느 한 항에 따른 시스템으로써,

상기 수처리 및 열화학적 분해 공정의 온도를 최소한 조절하기 위해 상기 제1및 제2히터에 연결된 전기 제어 패널을 포함하는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 17

플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 공정으로써, 상기 공정은,

-수소 가스, 증기, 가열된 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 생성하기 위해 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 스트림과 물의 수열 액화(또는 금속 물 반응); 및

-다량의 수소 가스와 선택적으로 상기 증기, 가열된 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물이 존재하는 상태에서 금속이 없는 플라스틱 폐기물의 열 분해;

를 포함하고,

여기서, 상기 수열 액화 및 열 분해는 열화학 시스템 내에서 별도의 용기에서 수행되어 연료 및 석유화학 제품을 생산하는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 수소 가스 생산은 용융 플라스틱 덩어리 및 가스 생성물의 생성과는 별도로 이루어질 수 있는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 19

플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 프로세스로써, 상기 프로세스,

-금속이 풍부한 플라스틱 폐기물과 물을 열 반응시켜 금속이 부족하거나 금속이 없는 용융 플라스틱 덩어리, 가스 생성물 및 수소 가스를 생성하고;

-상기 수소 가스의 적어도 일부와 상기 금속이 부족하거나 금속이 없는 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 금속이 없는 플라스틱 폐기물이 들어 있는 열화학 분해 반응로로 전송; 및

-금속이 없는 플라스틱 폐기물을 적어도 수소 가스가 있는 상태에서 반응시켜 연료 및 석유 화학 제품을 생산;

하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 20

제17항 내지 제19항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 물은 하수, 수돗물, 바닷물 또는 염분이 풍부한 물인 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 21

제17항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

메타크워터의 중량 비율이 1:1 내지 1:10인 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 22

제17항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서,

수소 가스는 270-450℃의 온도, 선택적으로 60-200기압의 압력하에서 생성되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 23

제17항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서,

연료 및 석유화학 제품의 생성은 200-400℃의 온도 및 10-70기압의 압력에서 이루어지는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 24

탄화수소와 잠재적으로 바이오매스를 포함하는 플라스틱 폐기물에서 수소 가스와 증류물을 회수하기 위한 통합 열화학 공정으로써, 상기 공정은,

-a- 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 제1반응로에 다량 공급하고 물이 있는 상태에서 상기 폐기물을 처리하여 최소 수소 가스 및 증기를 얻기 위해 270-450° C의 공정값 범위 내에서 유지하는 온도로 처리;

-b- 공정값 범위가 200-400° C인 제2반응로에 플라스틱 폐기물을 다량 공급하는 행위; 및

-c- 상기 제1반응로에서 발생하는 적어도 다량의 수소 가스 및 증기를 상기 제2반응로로 공급;

하는 단계를 포함하고,

여기서 단계 a와 b 또는 b와 c는 동시에 또는 순차적으로 발생되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

청구항 25

제17항 내지 제24항 중 어느 한 항에 따른 공정은 제1항 내지 제16항 중 어느 한 항에 따른 시스템에서 수행되는 것을 특징으로 하는 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 플라스틱 폐기물을 고부가가치 제품으로 전환하기 위한 시스템 및 프로세스를 제공한다.

[0002] 본 발명은 일반적으로 혼합 플라스틱 및/또는 바이오매스 및 금속 함유 폐기물을 고부가가치 제품으로 전환하는 통합 공정을 고려한다.

배 경 기 술

[0003] **발명의 배경**

[0004] 플라스틱 재료 폐기물의 꾸준한 증가는 플라스틱을 재사용 가능한 재료로써 효과적으로 전환하는 최신 기술의 개발을 장려하고 있다. 플라스틱 폐기물 재활용은 다양한 방식으로 수행되지만, 대부분의 개발도상국에서는 폐기물 소각과 개방형 또는 매립형 폐기가 플라스틱 폐기물 관리의 일반적인 관행이다.

[0005] 플라스틱 재료를 액체 오일로 전환하는 데 사용되는 일반적인 기술인 열분해는 산소가 없는 상태에서 다양한 온도(300-900° C)에서 플라스틱 폐기물을 열분해하는 것이다. 일반적으로 열분해 공정을 개선하고 공정 효율을 높이기 위해 다양한 종류의 촉매가 사용된다. 기계적 처리와 달리 화학적 재활용은 다층 유연 포장, 금속 함유 폐기물, 바이오매스 폐기물 등 복잡한 재료의 폐기물을 처리하는 데 사용할 수 있지만, 현재 사용 가능한 모든 열화학적 재활용 공정은 두 가지 주요 단점이 있다: 첫째는 높은 에너지 강도가 필요하다는 점과 둘째는 제품 스트림 업그레이드에 필요한 필수 보조 인프라 및 재료(예: 수소 가스)의 존재이다.

[0006] 플라스틱 화학 재활용을 위해 많은 플라스틱 분해 시스템이 개발되었지만, 모두 외부 화석 에너지 자원이나 분해 생성물의 약 10-20%를 분해 및 업그레이드 공정의 에너지원으로 사용하며, 이 두 가지 모두 상당한 온실가스(GhG) 배출을 수반한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2023-0087004호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 플라스틱 재료의 열화학적 처리와 관련된 많은 단점을 극복할 뿐만 아니라 내재된 제품 업그레이드를 제공하는 통합 공정을 개발하여, 플라스틱 폐기물을 고부가가치 제품 또는 연료와 석유화학 제품인 일반 제품으로 전환할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0009] **일반 설명**

[0010] 본 명세서에 개시된 기술의 발명자들은 플라스틱 재료의 열화학적 처리와 관련된 많은 단점을 극복할 뿐만 아니라 내재된 제품 업그레이드를 제공하는 통합 공정을 개발했다. 대부분의 일반적인 용어로, 금속 함유 폐기물 공급 원료로부터 발열 수소 생산을 통해 활용되는 시스템 및 발명 에너지에 따른 공정은 다른 폐기물 재료의 열화학적 분해에 사용된다. 이와 같이, 본 발명의 시스템 및 공정은 다음에 대한 대안을 제공하고, 기존의 열화학 분해 반응은 다음을 제공한다:

[0011] 1) 고온 알루미늄 수반응로에 결합하여 열과 수소 요구 사항이 모두 충족되는 혼합 플라스틱 폐기물의 열화학적 분해와 수소화/수쇄/수열 액화를 동시에 제공하는 수처리 반응로를 포함하는 통합 공정에서 폐기물을 포함하는 혼합 플라스틱과 금속을 고부가가치 제품으로 전환하기 위한 통합 공정;

[0012] 2) 고부가가치 연료/공급원료 화학물질을 제공하는 확장 가능하고 상업적으로 실행 가능한 고수익 플라스틱 열화학적 회수 공정;

[0013] 3) 플라스틱의 흡열 분해에 의해 고품질 제품 생산에 필요한 수소 가스와 에너지를 공급하기 위해 폐기물 등급 알루미늄과 물의 반응을 활용하여 공정 수율을 강화;

[0014] 4) 현장에서 수소 가스를 생성하여 외부 가스 공급원을 활용한 수소 크래킹의 필요성을 제거;

[0015] 5) 코킹을 최소화하기 위해 수소 대기를 유지하기에 충분한 양의 수소 가스가 발생;

[0016] 6) 촉매가 필요하지 않지만 다양한 부반응을 제어하기 위해 시판되는 촉매를 사용할 수 있는 공정;

[0017] 7) 알루미늄과 같은 폐기물 등급 금속의 회수 및 업사이클링;

[0018] 8) 직접 열전달로 인한 공정 단위 확장성 향상; 및

[0019] 9) 열수 분해 경로에서 향상된 공정(열) 효율성과 선택성.

[0020] 따라서, 대부분의 일반적인 용어로, 폐플라스틱 재료(또는 혼합 플라스틱 폐기물을 고부가가치 제품으로 전환하기 위한)로 부터 증류물(가연성 가스, 연료, 석유화학 제품 및 오일뿐만 아니라)을 생성하기 위한 통합 시스템이 제공되며, 상기 시스템은 분류되거나 분류되지 않은 플라스틱 폐기물의 열화학적 분해(예: 수소화, 수소 크래킹 및/또는 수열 액화를 포함)를 유발하도록 구성된 열화학 반응로를 포함하며, 여기서, 열화학 반응로는 열에너지(열), 가스 및 기타 생성물, 열화학 반응로에서 열화학적 분해를 수행하기 위해 완전히 또는 부분적으로 수확되는 수소 가스를 생성하도록 구성되고 작동 가능한 수처리 금속-물 반응로와 결합 또는 연관되어 있다. 따라서 일부 실시예에서, 본 발명의 시스템은 한 반응로에서 생산된 수소 가스를 다른 반응로에서 사용하여 이후에 있을 수 있고 분리되어 보관되는 고부가가치 제품을 생산하는 폐쇄 루프 시스템일 수 있다.

[0021] 각 반응로는 폐기물에서 선택된 다양한 배치를 처리할 때 서로 다른 조건에서 작동할 수 있지만, 예를 들어 열에너지, 수소 가스 및 증기와 같은 반응성 물질, 뿐만 아니라 가열된 용융 플라스틱 분해 생성물을 통해 에너지를 수확하면 외부 수소 가스를 시스템에 도입할 필요없이 효과적인 에너지 수확과 효율적인 제품 생산이 가능하다.

[0022] 본 명세서에 사용된 열화학 반응로 또는 '열화학 분해 반응로'는 본 명세서에 추가로 개시된 바와 같이 수소 가스 또는 수소와 증기의 혼합물, 뿐만 아니라 수처리 금속-물 반응로로부터 직, 간접적으로 공급받은 용융 플라스틱 및 기타 기체 물질의 존재하에 폐기물 재료의 열화학적 분해가 일어나는 시스템의 반응로이다. 열화학적 분해란 고온 및 산소가 없는 상태에서 폐기물 재료에 존재하는 탄화수소가 하나 이상의 다른 재료 또는 증류물(열화학적 재활용)로 전환되는 반응을 의미한다. 분해 반응 또는 화학적 변환은 당업계에 공지된 바와 같이 열분해, 수소화분해, 수소열분해, 수열 액화 공정 및 기타 관련 반응을 포함한다.

[0023] '수소 가스 반응로 또는 발전기'라고도 하는 '수소-공정 금속-물 반응로'는 물이 있는 상태에서 금속과 플라스틱 사이의 반응으로부터 수소 제품이 생산되는 시스템의 반응로이다. 이 과정에서 수소 가스 외에도 증기, 용융 플라스틱, 플라스틱 분해 증기(다양한 기체 물질), 및 잠재적으로 금속 산화물 또한 생성된다. 이들 각각은 열화학 반응로에서 열화학적 분해를 구동하기 위해 에너지 운반체로 사용되는 다른 제품과 별도로 또는 조합될 수 있다.

[0024] "폐플라스틱"이란 많은 양의 플라스틱 재료를 포함하는 모든 폐기물재료, 즉 일반적으로 탄화수소 기반 폴리머, 즉 모든 합성 또는 반합성 중합 제품을 의미한다. 폐플라스틱 스트림에는 바이오매스 및 기타 합성, 반합성 또는 자연 발생 폴리머 재료도 포함될 수 있다. 전형적으로, 폐플라스틱 재료는 폴리에틸렌(예: 저밀도 또는 고밀도 폴리에틸렌) 및/또는 폴리프로필렌을 포함하는 재료의 혼합물이다. 경우에 따라, 상기 폐기물은 PVC, 폴리스티렌 및 PET를 더 포함하거나 PVC가 없을 수도 있다.

[0025] 폐플라스틱은 산업 및 도시 폐기물을 포함한 모든 폐기물 공급원에서 추출할 수 있다. 폐기물은 단일 폴리머 또는 플라스틱 구성 요소 또는 구성 요소의 조합으로 구성될 수 있으며, 모든 유형의 전처리 또는 분류 없이 미리 분류되거나 있는 그대로 사용될 수 있다. 폐기물은 파쇄 또는 파쇄하여 크기를 줄이기 위해 기계적으로 처리할 수 있는 2차원 또는 3차원의 플라스틱 물체 또는 재료로 구성되거나, 또는 그대로 사용될 수 있다.

[0026] 폐플라스틱은 일반적으로 금속 성분 또는 금속을 포함할 수도 있고 포함하지 않을 수도 있다. 플라스틱 폐기물은 금속을 첨가제 또는 기타 별도의 폐기물 성분으로 포함하는 금속 폐기물 및/또는 플라스틱 재료로 구성될 수 있다. 일부 실시예에서, 폐기물 재료는 플라스틱 및 금속성 또는 금속성 물체 또는 재료를 모두 포함하며, 이는 금속 성분이 실질적으로 없는 플라스틱 폐기물 공급원(즉, 본 명세서에서 추가로 정의한 바와 같이 금속 성분이 거의 없는)과 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 공급원으로 분류될 수 있다. 폐기물에 필요한 제로발레 금속이 풍부한 제품이 덜 포함된 경우, 폐기물은 폐기물 또는 저등급 재료인 금속이 풍부한 제품으로 농축될 수 있다. 사용되는 폐기물 재료는 재활용되지 않거나 재활용할 수 없는 재료를 포함하거나 포함할 수 있다.

[0027] 본 명세서에 개시된 바와 같이, 본 명세서에 개시된 조건에서 열화학 분해에 의해 얻은 제품에는 다양한 비플라스틱 최종 제품 또는 "증류액", 예를 들어 다양한 석유화학, 연료, 나프타, 단량체 등이 포함된다. 이러한 각 재료는 적절한 분리 및/또는 정제 기술을 사용하여 얻은 제품 증류액에서 증류되거나 분리될 수 있다. 폐기물 재료에 존재하는 최종 제품 또는 기타 재료와 관련하여 제조될 때 "비플라스틱"이라는 용어는 그 출처에 관계없

이 탄화수소 기반 폴리머가 아닌 모든 재료를 의미한다.

[0028] 본 발명의 시스템과 프로세스는 폐플라스틱을 고급 제품으로 전환하는 데 있어 환경적으로 매우 중요하지만, 본 발명의 프로세스는 플라스틱 재료의 전환에 유사하게 사용될 수 있다.

[0029] 따라서, 본 발명은 제1측면에서 폐플라스틱과 같은 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 통합 시스템, 예를 들어, 폐플라스틱, 수소 처리 반응로 또는 수소 가스 발생기 및 열화학 반응로를 포함하는 시스템을 제공하며, 각각 독립적으로 플라스틱 폐기물 재료를 수용하도록 구성되며, 열처리 반응로에서 생성된 수소 가스 및 열 에너지는 열화학 반응로에서 플라스틱 폐기물의 열화학적 분해를 수행하기 위해 수확된다.

[0030] 발명의 시스템은 다음과 같이 구성된다:

[0031] 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물(또는 금속과 플라스틱의 조합)을 수용하고, 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물(또는 조합)을 가수 처리(또는 물이 있는 상태에서 폐기물을 열적으로 처리하는)하여, 수소 가스(및 분해된 플라스틱 덩어리, 증기 및 가스 제품, 뿐만 아니라 금속 산화물)를 생산하도록 구성된 제1용기(반응로);

[0032] 플라스틱 폐기물(선택적으로 바이오매스, 버진 플라스틱 및/또는 비폐기물 플라스틱과 함께 또는 조합)을 수용하고, 제1용기에서 생성된 적어도 수소 가스의 존재하에 플라스틱 폐기물(또는 그 조합)을 열분해하여, 플라스틱 분해 생성물(또는 증류물)을 생산하도록 구성된 제2용기(반응로); 및

[0033] 수소 가스 및 선택적으로 다른 가열된 물질을 제1용기에서 제2용기로 유도하는 수단을 포함한다.

[0034] 또한, 플라스틱 재료, 예를 들어, 폐플라스틱의 열화학적 재활용을 위한 시스템이 제공되고, 상기 시스템은 다음과 같이 구성된다.

[0035] 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 수용하고, 물이 있는 상태에서 폐기물을 열처리하여, 수소 가스, 증기 및 분해된 플라스틱 덩어리 또는 기체 제품을 생산하도록 구성된 제1용기(반응로);

[0036] 플라스틱 폐기물을 수용하고, 수소 가스와 선택적으로 상기 제1용기에서 생성된 선택적으로 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물이 있는 상태에서 플라스틱 폐기물을 열분해하여, 플라스틱 분해 제품(또는 증류액)을 생산하도록 구성된 제2용기(반응로); 및

[0037] 수소 가스 및 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 제1용기에서 제2용기로 유도하는 수단을 포함한다.

[0038] 일부 실시예에서, 제1용기(반응로)는 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물의 서로 다른 성분을 수용하도록 각각 구성된 두 개 이상의 반응로로 제공된다. 일부 실시예에서, 반응로 중 하나는 예를 들어 플라스틱의 분해를 실질적으로 유발하지 않으면서 플라스틱 폐기물을 용융된 플라스틱 및 기체 생성물로 수용하고 열 변환하도록 구성되며, 다른 하나는 금속 폐기물 및 물을 수용하도록 구성되고 수소 가스의 생성을 위해 구성 및 작동하도록 구성된다. 따라서, 상기 제2용기는 용융된 플라스틱 및 기체 생성물의 스트림과 수소 가스 및 증기의 별도의 스트림을 수용하도록 구성될 수 있다.

[0039] 일부 실시예에서, 상기 시스템은 다음과 같이 구성된다.

[0040] 두 개 이상의 반응로로써, 금속이 없는 플라스틱 폐기물을 수용하고, 금속이 없는 플라스틱 폐기물을 열처리하여, 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 생성하도록 구성된 상기 반응로 중 하나; 및 금속 폐기물을 수용하고, 상기 금속 폐기물을 수소 처리하여, 수소 가스 및 증기(및 열 형태의 에너지)를 생성하도록 구성된 상기 반응로 중 두번째를 포함하는 용기(반응로) 배치;

[0041] 플라스틱 폐기물(선택적으로 바이오매스, 버진 플라스틱 또는 비폐기물 플라스틱과 함께 또는 조합)을 수용하도록 구성되고, 수소 가스 및 선택적으로 용융된 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물이 존재하는 상태에서 플라스틱 폐기물(또는 그 조합)을 열분해하여 플라스틱 분해 생성물(또는 증류물)을 생성하도록 작동할 수 있는 제2용기(반응로); 및

[0042] 수소 가스와 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리를 제1용기에서 제2용기로 유도하기 위한 수단을 포함한다.

[0043] 일부 실시예에서, 상기 시스템은 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 공급 원료를 상기 제1용기로 전달하도록 구성된 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 스트림을 추가로 포함하거나 이에 연결되거나 이와 관련되어 있다.

[0044] 일부 실시예에서, 금속이 풍부한 플라스틱 스트림은 금속 성분을 플라스틱 재료로부터 분리하기 위해 처리된다.

이러한 경우, 상기 시스템은 (금속이 풍부한 소스 또는 두 개의 개별 폐기물 소스: 하나는 금속 및 다른 하나는 플라스틱으로부터 분리된) 금속 및 플라스틱의 두 개의 독립적인 스트림을 구성하거나 이에 연결 또는 연관시킬 수 있다.

[0045] 일부 실시예에서, 상기 시스템은 플라스틱 폐기물 공급 원료를 제2용기로 전달하도록 구성된 플라스틱 폐기물 스트림을 더 포함하거나 이와 관련이 있다.

[0046] 일부 실시예에서, 상기 플라스틱 폐기물 스트림은 스트림 또는 바이오매스 재료의 양과 결합된다.

[0047] 본 발명은 플라스틱 폐기물을 증류물(및 기타 분해 부산물)로 연속적인 열화학적 변환을 위한 시스템을 추가로 제공하며, 상기 시스템은 다음을 포함한다.

[0048] 본 명세서에 개시된 바와 같이 금속이 풍부한 폐기물을 수소 가스, 증기 및 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물로 전환하기 위해 수용하고 수소 처리하도록 구성된 용기이고,

[0049] 상기 용기에 수소 가스, 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 무금속 플라스틱 폐기물을 수용하도록 구성된 열화학 반응로가 장착되어 있거나 이와 관련되어 금속이 없는(또는 실질적으로 없는) 플라스틱 폐기물의 열화학적 분해를 유발한다.

[0050] 또한, 수소 가스 발생기 중 적어도 하나는 수소 가스 발생기이고, 상기 두 개 이상의 반응로 중 다른 하나는 열화학 분해 반응로인 두 개 이상의 반응로를 포함하는 시스템이 제공되며, 여기서 수소 가스 발생기와 열화학 분해 반응로는 가열된 수소 가스 및/또는 가열된 용융 플라스틱 덩어리(및 열 에너지)를 수소 가스 발생기에서 열화학 분해 반응로 전달할 수 있도록 그 사이에서 재료 및/또는 열 통신을 수행한다.

[0051] 또 다른 측면에서, 본 발명은 플라스틱 재료(예를 들어, 플라스틱 폐기물로부터 증류액 또는 연료/석유화학 제조용)의 열화학적 재활용을 위한 시스템을 제공하며, 상기 시스템은 적어도 두 개의 반응로를 포함하고, 상기 반응로 중 적어도 하나는 수소 가스 발생기이고, 다른 하나는 열화학적 분해 반응로이며, 상기 적어도 하나의 수소 가스 발생기는 외부 공급원으로부터 금속이 풍부한 폐플라스틱 재료를 공급받도록 구성되며, 여기서 상기 열화학적 분해 반응로는 외부 공급원으로부터 폐플라스틱 재료를 공급받도록 구성되며, 수소 가스 발생기로부터 실질적으로 가열된 무금속 덩어리와 가열된 수소 가스 및 스트림을 공급받도록 구성된다.

[0052] 본 발명은 플라스틱 폐기물을 본 명세서에 개시된 바와 같이 고부가가치 제품 또는 일반 제품으로 전환하기 위한 통합 열화학 공정을 작동시키기 위한 플랜트를 추가로 제공하며, 상기 플랜트는 다음을 포함한다.

[0053] -주로 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 재료를 수소 처리하고 수소 가스, 증기, 가열된 플라스틱 덩어리, 가스 생성물 및 금속 산화물을 얻기 위한 제1히터가 제공되는 제1반응로;

[0054] -플라스틱 폐기물 재료의 열화학적 분해를 위한 것으로써, 제2히터가 제공되며, 외부 공급원 또는 공급원으로부터 플라스틱 폐기물을 별도로 공급받기 위해 적어도 하나 이상의 파이프로 제1반응로에 연결되어 있으며, 상기 제1반응로에서 생성된 수소 가스, 증기, 가열된 플라스틱 덩어리, 가스 생성물의 양과 상기 생성물을 얻을 수 있는 제2반응로;

[0055] -수력 처리 단계에서 생성된 공정 열 내에서 회수하기 위해 제1반응로로부터 열을 받아 제2반응로로 열을 전달하도록 구성된 열 교환기; 및

[0056] -상기 수처리 및 열화학적 분해의 온도를 적어도 조절하기 위해 상기 제1및 제2히터에 연결된 전기 제어 패널을 포함한다.

[0057] 상기 통합된 시스템과 프로세스는 발열(수소 생산) 단계와 흡열(열화학 분해 공정) 단계 간에 직간접적인 열전달을 허용한다. 도 1A-C에 도시된 바와 같이, 본 발명의 반응로 형성 시스템은 다양한 방식으로 통합될 수 있다. 도 1A 및 1B에 도시된 구성은 수소 발생기와 열화학 반응로 사이의 직접적인 열전달을 보여준다. 도 1A의 시스템에서, 상기 수소 가스 발생기(금속-H2O 반응로)는 열화학 반응로와 (물질적 및 열적으로) 연관되어 있다. 상기 수소 가스 발생기는 적절한 입구를 통해 금속이 풍부한 폐기물 재료가 제공되고, 상기 적절한 입구를 통해 유입된 물과 혼합되거나(금속이 풍부한 폐기물과 물의 혼합물로서) 또는 다른 입구를 통해 유입된 물과 혼합된다. 본 명세서에 개시된 바와 같이, 적절한 열수 조건 하에서, 가열된 수소 가스 및 증기는 용융된 분해 플라스틱 덩어리와 함께 얻어진다. 상기 수소 가스, 증기, 다양한 가스 생성물 및 가열된 분해 덩어리는 수소 가스 발생기에서 지정된 폐류 입구를 통해 플라스틱 폐기물을 별도로 수용하도록 구성된 열화학 분해 반응로로 날아간다. 수소 가스 발생기에서 형성된 금속 산화물은 반응로에서 별도로 분리될 수 있다. 상기 열화학 반응로에서

형성될 수 있는 증류물 뿐만 아니라 액체 및 고체 생성물도 각각 별도로 수집될 수 있다.

[0058] 도 1B에 묘사된 추가 구성에서, 금속이 풍부한 폐기물 재료는 플라스틱 재료에서 금속 성분을 분리하기 위해 전처리된다. 또는, 금속 스트림과 플라스틱 스트림이라는 두 가지 개별 재료 스트림이 사용된다. 따라서, 상기 시스템은 플라스틱 폐기물 반응로와 별도의 수소 가스 발생기로 구성된다. 상기 플라스틱 폐기물 용기는 플라스틱 재료의 열분해를 실질적으로 유발하지 않고 플라스틱 폐기물을 수용하고 열처리하여 용융 플라스틱을 얻도록 구성된다. 상기 가스 발생기에서 금속은 물과 결합하여 수소 가스를 생성한다. 수소 가스 발생기와 플라스틱 폐기물 반응로에는 각각 수소 가스와 용융 폴리머를 배출할 수 있는 출구가 마련되어 있으며, 본 명세서에 설명된 바와 같이, 플라스틱 폐기물 재료를 수용하고 보유하도록 구성된 열화학 반응로로 직접 배출된다.

[0059] 추가 실시예에서, 상기 시스템은 도 1C에 도시된 바와 같이, 생성된 증기를 부분적으로 분리하기 위한 열전달 유닛(작동은 덩어리 및 에너지 균형으로 자세히 설명됨)과 다운스트림 시스템을 장착하거나 제공할 수 있다. 열회수는 응축 열교환기 쉘을 통해 수소-증기 혼합물(도 1A 또는 도 1B의 수소 가스 발생기에서 얻을 수 있는)을 통과시킴으로써 달성된다. 상기 수소 가스는 쉘에서 분리되며 수소 크래킹 반응을 더욱 활성화시킬 수 있다. 응축된 물은 회수될 수 있으며 수소 가스 발생기의 보충수로 재사용될 수 있다. 대체 열회수는 수소 가스-증기 혼합물을 열화학 분해 반응로에 직접 공급함으로써 달성할 수 있다. 열화학 분해 반응로에는 플라스틱 폐기물(단지 플라스틱 폐기물 및 수소 가스 발생기 또는 플라스틱 회수 시스템의 용융 플라스틱), 가스 재료 및 기타 액체 성분이 공급될 수 있다.

[0060] 일부 실시예에서, 수소 가스 발생기 및 열화학 분해 반응로는 서로 다른 선택적으로 독립적인 외부 공급원으로부터 폐기물 재료를 수용할 수 있는 개별적으로 주소가 지정된 반응로 유닛 또는 용기이다. 각 반응로에는 입구 밸브 및 출구 밸브가 제공되며, 수소 가스 및 가열된 플라스틱 덩어리(분해 여부)가 수소 가스 반응로 또는 분리 용기에서 열화학 분해 반응로로 흐르도록 두 반응로를 연결하기 위한 수단이 제공된다. 각 반응로 입구 밸브는 외부 장치, 예를 들어 폐기물 공급원 또는 저장소, 또는 다른 장치, 예를 들어 수소 발생기에서 열화학 반응로로 재료의 유입을 허용하기 위해 구성된다. 유사하게, 출구 밸브는 기체, 액체 또는 고체 형태인 재료의 양(또는 전체 용기 함량)을 반응로에서 다른 용기 또는 저장소로 출력하거나 분사하도록 구성된다.

[0061] 상기 수소 가스 발생기와 열화학 반응로는 가열된 액체 폴리머 덩어리, 가스 및 기타 부산물을 상기 수소 가스 발생기 또는 폴리머 폐기물 재료를 용융 덩어리로 전환하기 위한 용기에서 열화학 분해 반응로로 흐르도록 하는 가열된 파이프라인을 통해 연결될 수 있다.

[0062] 금속이 풍부한 폐기물 또는 별도의 금속(금속-플라스틱 분리기에서 회수된 신선한 사료 및/또는 이러한 금속)은 고체 또는 가압 피더를 통해 물에 분산되는 형태로 공급될 수 있다. 구성된 물은 고압 펌프를 통해 공급될 수 있다. 금속과 물을 포함하는 수소 가스 발생기에는 압력 조절 밸브와 배압 조절기를 통해 추출된 수소 가스와 증기를 방출하기 위한 상단 출구가 제공될 수 있으며, 조성은 금속과 반응로 조건의 속도와 비율에 영향을 받는다. 산화된 금속 생성물은 스로틀링 밸브를 통해 현탁액으로 인출될 수 있다.

[0063] 상기 수소 가스 발생기는 본 명세서에 개시된 바와 같이 고압 및 온도에서 작동할 수 있는 용기 또는 반응로이다. 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물과 물을 다량 수용하여 금속이 존재하는 상태에서 플라스틱 폐기물을 수소 가스, 가열된 액화 또는 분해된 플라스틱 덩어리 및 기타 가스 생성물을 생성하기 위해 허용하거나 유발하도록 구성되고 크기가 조정된다. 금속 산화물(예를 들어, 알루미나) 퇴적물은 공정 부산물로도 수집될 수 있다.

[0064] 상기 수소 가스, 가열된 덩어리 및 금속 산화물은 추가 사용을 위해 수집 및 저장될 수 있다. 추가로 또는 대안적으로, 상기 수소 가스 및/또는 가열된 덩어리는 열화학 분해를 구동하기 위한 청정 에너지원으로써 열화학 반응로로 전달되거나 유입될 수 있다. 따라서, 일부 실시예에서, 상기 수소 가스 반응로 또는 발전기에는 수소 가스를 수집하기 위한 출구가 제공될 수 있다.

[0065] 수소 가스 발생기는 수소 가스, 증기 및 기타 가스 생성물의 흐름을 허용하고 선택적으로 액화 플라스틱 덩어리를 허용하기 위해 다양한 수단을 통해 열화학 반응로와 관련될 수 있다. 이러한 수단은 용융 상태에서 플라스틱의 흐름을 허용하기 위해 가열된 파이프 세그먼트, 가스 릴리프 라인, 유량 계량 시스템, 하나 이상의 고압 투여 유닛, 수소 압축기, 열 흐름 및 레벨 제어 및 기타 유닛 또는 요소가 선택적으로 제공되는 파이프 형태로 제공될 수 있다.

[0066] 본 발명의 시스템의 각 반응로는 하나 이상의 폐기물 스트림에 의해 공급될 수 있다. 금속이 풍부한 폐기물은 발열 금속-물 반응 세트에 따라 반응 조건에 의존하여 물/포화 증기/과열 증기로 반응하는 반응로에 공급될 수 있다. 기체 또는 액체 반응 생성물은 반응로 작동 모드(등온/단열) 및 공급 원료 전처리 수준에 따라 수소 가스

반응로 또는 발전기에서 열화학 분해 반응로 직간접적으로 열을 전달하는 데 사용된다. 최적의 열화학 분해 반응 조건에 필요한 열과 수소는 수소 가스 반응로와의 통합으로부터 회수된다.

[0067] 상기 혼합 플라스틱 폐기물 스트림은 열화학 분해 반응로로 공급되며, 여기서 다양한 탄화수소로 분해된다. 상기 탄화수소는 기체 및 액체 생성물의 분리 가능한 혼합물을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 생성물은 다양한 증류물(예를 들어, 제트 연료, 나프타) 및 석유화학, 예를 들어, 제품, 액체 석유 재료 및 가스 생산물 총량의 50-90%, 예를 들어 생성물의 총량의 10-50%의 양을 포함하고, 예를 들어 생성물 총량의 5% 미만의 양의 탄소질 재료 또는 재가 생성된다. 이러한 생성물은 생성물 스트림을 통해 반응로 용기에서 분리되고 더 나아가 다양한 구성 요소 또는 구성 요소 그룹으로 분리될 수 있다.

[0068] 상기 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물은 다양한 형태의 다양한 금속으로 구성될 수 있다. 에너지 및 수소 가스를 생성하는 데 적합한 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물은 물과 반응하여 금속 수산화물 또는 금속 산화물은 물론 수소 가스, 기타 기체 물질 및 액화 분해된 플라스틱 덩어리를 진화시킬 수 있는 0가(zero-valent) 형태의 금속을 포함하는 폐기물이다. 금속이 풍부한 폐기물에 존재하는 금속은 칼슘, 알루미늄, 마그네슘, 아연 및 기타 금속 등일 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 금속은 알루미늄이다. 일부 실시예에서, 상기 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물은 알루미늄이 풍부한 플라스틱 폐기물이다.

[0069] 일반적으로, 상기 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물, 예를 들어, 알루미늄이 풍부한 플라스틱 폐기물은 금속이 플라스틱 재료 내에 내장되거나 결합되는 폐기물이며 때로는 그것으로부터 분리할 수 없다. 상기 금속은 일반적으로 폐기물에 첨가되지 않고 플라스틱 재료로 결합된다. 그러나, 일부 실시예에서, 저등급 금속(패키지 또는 음료 캔 등을 포함하는 금속에 사용되는 것처럼)은 공정 안정제 뿐만 아니라 생산 능력을 높이기 위해 첨가제로 첨가될 수 있다. 사용되는 금속의 유형과 양은 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물에 존재하는 금속의 양과 같은 다양한 요인에 따라 달라질 수 있다.

[0070] 일부 실시예에서, 상기 금속은 일반 폐기물로부터 선별되어 플라스틱 폐기물과 결합될 수 있는 폐금속이다.

[0071] 일반적으로, 금속의 양은 스트림을 포함하는 상기 금속의 최대 30% w/w이거나 예를 들어 알루미늄과 같은 저등급 금속을 첨가하여 더욱 증가할 수 있다.

[0072] 따라서, 경우에 따라, 상기 그 양은 30% 이상일 수 있다.

[0073] 플라스틱:금속의 로딩 비율은 일반적으로 3:1-15:1이다.

[0074] 상기 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물과 달리 상기 플라스틱 폐기물은 일반적으로 0가 상태의 금속으로 구성되지 않는다. 그럼에도 불구하고 금속염이나 착물 또는 산화물이 포함될 수 있다.

[0075] 상기 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물은 물과 금속을 금속 산화물과 수소 가스로 전환하고 증기, 다양한 기체 및 열 에너지가 방출되는 것을 가능하게 하는 상당한 양의 0가 금속으로 구성되어 있다. 따라서, 상기 플라스틱 폐기물은 액체 플라스틱 덩어리와 일반적으로 금속이 없거나 금속이 부족한 다양한 기체 물질로 변환된다. 상기 "금속이 없거나 "금속이 부족한" 또는 실질적으로 금속이 없는 폐기물 또는 액체화된 덩어리는 일반적으로 대부분의 금속이 산화물, 소금 또는 복합 형태로 전환됨에 따라 0가 금속 함량이 부족한 액체 상태의 플라스틱 덩어리이다. 따라서, 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물은 본 명세서에 정의 및 공개된 바와 같이, 상당량의 0가 금속을 포함할 수 있지만, 처리된 플라스틱 폐기물 또는 열화학 반응로에 사용된 플라스틱 폐기물은 훨씬 적은 양의 0가 금속 형태를 포함할 수 있으므로 금속이 자유, 불량 또는 실질적으로 없는 것으로 간주될 수 있다. 일부 실시예에서, 실질적으로 "금속이 없는" 폐기물 또는 덩어리는 10wt% 이하의 0가 금속을 포함하거나 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2 또는 lwt 이하의 0가 금속을 포함할 수 있다.

[0076] 본 명세서에 언급된 바와 같이, 무금속 플라스틱 폐기물은 분류되거나 분류되지 않은 상태로 사용될 수 있다. 경우에 따라, 상기 폐기물 스트림에는 상당량의 폴리염화비닐(PVC)이 포함될 수 있으며, 폐기물에 존재하면 수소 대기를 염화물 가스로 오염시킬 수 있다. 이러한 경우, 상기 폐기물은 수소 대기 중에서 HC1로 전환될 방출된 염소 가스로 인한 산도를 녹이고 탈기 및/또는 중화하여 전처리될 수 있다. 상기 중화는 물에서 증기를 문지르고 HC1 용액(추가 부산물로써)을 생성하거나 또는 가성 용액에서 생성함으로써 달성될 수 있다. 따라서, 일부 실시예에서 상기 폐기물 스트림은 대기압에서 상기 폐기물을 녹임으로써 전처리된다.

[0077] 일부 실시예에서, 상기 플라스틱 폐기물은 도시 폐기물로부터 유래된다. 상기 폐기물은 단일 폴리머 또는 플라스틱 성분 또는 폴리에틸렌(저밀도 또는 고밀도 폴리에틸렌과 같은) 및 폴리프로필렌과 같은 성분의 조합을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 폐기물은 PVC, 폴리스티렌 및 PET를 더 포함할 수 있다. 일부

실시예에서, 상기 플라스틱 폐기물에는 PVC가 없다.

[0078] 예시적인 폐기물 조합은 저밀도 폴리에틸렌(예: 23wt%), 고밀도 폴리에틸렌(예: 19wt%), 폴리프로필렌(예: 14wt%), PVC(예: 6wt%), 폴리스티렌(예: 9wt%) 및 PET(예: 10wt%)를 포함할 수 있다.

[0079] 또한, 상기 플라스틱 폐기물 재료는 바이오매스와 결합될 수 있다.

[0080] 본 발명은 플라스틱 폐기물과 같은 플라스틱 재료(예: 연료 및 석유화학으로 전환)의 열화학적 재활용을 위한 공정을 추가로 제공하며, 이 공정은 다음을 포함한다.

[0081] -수소 가스 및 분해된 용융 플라스틱 덩어리 및/또는 기체 물질(예: 플라스틱 덩어리 분해를 통해 생성됨)을 생성하기 위해 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 스트림을 수열 액화; 및

[0082] -수소 가스 및 용융 플라스틱 덩어리 및/또는 기체 물질이 존재하는 상태에서 금속이 없는 플라스틱 폐기물의 열 분해;

[0083] 이를 통해 연료와 석유화학 제품을 생산할 수 있다.

[0084] 일부 실시예에서, 상기 수소 가스 생산은 분해된 용융 플라스틱 덩어리 또는 플라스틱 덩어리의 분해로부터 진화된 기체 생성물과는 별개로 달성될 수 있다.

[0085] 본 발명은 또한 다음을 포함하는 프로세스를 제공한다:

[0086] -금속이 부족하거나 금속이 없는 용융 플라스틱 덩어리, 기체 물질 및 수소 가스를 생성하기 위해 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물과 물을 열 반응;

[0087] -금속이 부족하거나 금속이 없는 플라스틱 덩어리의 적어도 일부와 수소 가스를 금속이 없는 플라스틱 폐기물을 수용하거나 수용하도록 구성된 열화학 분해 반응로로 전송; 및

[0088] -금속이 부족하거나 금속이 없는 플라스틱 덩어리, 수소 가스 및 금속이 없는 플라스틱 폐기물을 결합하여 연료와 석유화학 제품을 생산하도록 반응을 일으킨다.

[0089] 또한, 플라스틱 폐기물로부터 연료 및 석유화학 제품을 생산하기 위한 연속 공정이 제공되며, 상기 공정은 적어도 두 개의 반응로 용기에 플라스틱 폐기물을 공급하고, 여기서 제1용기에 금속 성분이 없는 플라스틱 폐기물을 공급하고 제2용기에 금속 성분이 풍부한 플라스틱 폐기물과 물을 공급하며, 상기 금속 성분이 풍부한 플라스틱 폐기물의 금속이 물과 반응하여 열과 수소 가스를 생성하는 조건 하에서, 상기 제1용기에서 연료 및 석유화학 제품을 생성할 수 있는 열화학 조건으로 수소 가스의 일부를 제1용기로 전달하는 단계로 구성된다.

[0090] 상기 수소 가스 발생기에 사용되는 물은 모든 공급원의 물일 수 있다. 상기 물이 깨끗하거나 순수할 필요는 없다. 하수, 수돗물, 바닷물, 염분이 풍부한 물 등일 수 있다. 가동 중일 때, 상기 반응로는 액체-증기 평형 또는 초임계 상태의 물을 포함할 수 있다. 일부 실시예에서, 상기 수소 가스 반응로 또는 발전기에 사용되는 물의 양은 금속이 풍부한 폐기물에 존재하는 금속의 추정량에 따라 달라진다. 일반적으로 금속의 비율은 1 : 1 - 1 : 10 사이의 물이 사용될 수 있다.

[0091] 일부 실시예에서, 수소 가스는 높은 온도, 예를 들어 270-450° C의 온도, 선택적으로 증가된 압력, 예를 들어 60-200기압의 온도에서 생성된다. 일부 실시예에서, 온도는 300-400° C이다.

[0092] 일부 실시예에서, 상기 연료 및 석유화학 제품의 생성은 고온, 예를 들어 200-400℃, 중등도 압력, 예를 들어 10-70기압에서 발생한다. 일부 실시예에서, 온도는 300-350℃이다.

[0093] 일부 실시예에서, 상기 공정은 플라스틱 폐기물을 용기에 공급하는 단계를 포함한다.

[0094] 일부 실시예에서, 상기 공정은 금속이 함유된 플라스틱 폐기물을 금속이 함유되지 않은 플라스틱 폐기물로 분리하기 위해 폐기물을 분류하는 단계를 포함한다.

[0095] 본 발명은 탄화수소 및 잠재적으로 바이오매스를 포함하는 플라스틱 폐기물로부터 수소 가스 및 증류물을 회수하기 위한 통합 열화학 공정을 추가로 제공하며, 이 공정은 다음을 포함한다.

[0096] -a- 최소 수소 가스 및 증기를 얻기 위해 270-450° C의 공정값 범위 내에서 유지되는 온도에서 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 제1반응로에 다량 공급하고 물이 있는 상태에서 상기 폐기물을 처리;

[0097] -b- 공정값 범위가 200-400° C인 제2반응로에 플라스틱 폐기물을 다량 공급; 및

[0098] -c- 제1반응로에서 발생하는 최소 수소 가스 및 증기의 양을 제2반응로로 공급;

[0099] 여기서 단계 a와 b 또는 b와 c는 동시에 또는 순차적으로 발생한다.

[0100] 일부 실시예에서, 상기 공정은 적어도 하나의 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 재료의 공급 원료를 제공하는 것을 포함하며, 여기서 상기 공급 원료는 물과 미리 혼합되거나 물을 포함하는 제1반응로로 공급된다.

[0101] 일부 실시예에서, 상기 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물은 금속 폐기물의 공급 원료 및 금속이 없는 플라스틱 폐기물의 공급 원료로 제공되며, 각각 별도의 반응로에 개별적으로 공급된다. 일부 실시예에서, 상기 금속 폐기물이 공급되는 반응로는 수소 가스 및 증기를 생산하기 위한 물로 구성되며, 상기 무금속 플라스틱 폐기물이 공급되는 반응로는 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 생산하도록 작동 가능하며, 여기서 상기 수소 가스, 증기, 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물은 제2반응로로 공급된다.

[0102] 본 발명은 플라스틱 폐기물 유래 공급 원료로부터 업그레이드된 연료 및 석유화학 조성물을 제공하기 위한 통합 열화학 공정을 추가로 제공하며, 이 공정은 다음을 포함한다.

[0103] -물과의 반응을 통해 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 공급 원료를 수소 처리하여 수소 가스 조성물(용융 플라스틱 덩어리, 증기, 가스 생성물 및 금속 산화물을 구성함)을 생성; 및

[0104] -수소 가스 조성물을 사용하여 플라스틱 폐기물 공급 원료를 열화학적으로 분해하여 업그레이드된 연료 및 석유화학 조성물을 생성.

[0105] 본 발명의 공정 및 시스템은 수소 가스의 외부 첨가를 포함하거나 포함하지 않는다. 본 발명의 공정에 사용되는 모든 수소 가스는 정의된 바와 같이 수소 가스 반응로 또는 발전기 내의 원위치에서 생성된다. 또한, 열화학 분해에 사용되는 모든 에너지는 본 명세서에 개시된 바와 같이 수소 발전기 내의 원위치에서 생성되어 열화학 분해 유닛으로 전달된다.

[0106] 일부 실시예에서, 본 발명의 프로세스는 정의된 바와 같이 발명의 시스템에서 수행된다.

[0107] 본 발명의 공정은 열적으로 작동하며 촉매를 사용할 필요가 없다. 그러나, 촉매는 선택성, 수율 및 작동 온도 하락을 개선하기 위해 공정 단계 중 어느 것에도 사용될 수 있다. 플라스틱 분해 촉매는 제올라이트 및 제올라이트와 FCC 같은 이중 기능적 수소화/하이드로크래킹 촉매 중에서 선택될 수 있다. 촉매의 양은 0.1wt%보다 적을 수 있다.

[0108] 경우에 따라, 상기 소량의 NaOH가 수소 가스 발생기내의 수소 가스 생산을 촉매하기 위해 추가적으로 또는 대안적으로 사용될 수 있다. 상기 금속이 풍부한 폐기물의 금속 성분에 존재하는 산화물 층을 벗겨내거나 제거하여 수소 가스 생성 프로세스를 앞당길 수 있도록 NaOH의 양을 선택할 수 있다. NaOH 외에 또는 대신에 다른 가성 물질이 사용될 수 있다. 가성 물질 또는 NaOH의 양은 0.1 중량%보다 적거나 때로는 0.1 내지 5wt% 사이일 수 있다.

[0109] 본 발명의 공정에 따라 생성되는 제품은 일반적으로 연료 및 석유화학 제품으로써 기체, 액체 또는 고체 제품일 수 있으며, 그 양은 각각 5 중량% 내지 50 중량%, 0 중량% 내지 10 중량% 범위이다. 금속 산화물과 같은 부산물도 생성될 수 있다. 기체 제품에는 탄소 원자 1-4개와 수소 가스가 포함된 저탄소 함량 제품이 포함될 수 있다. 상기 액체 제품은 열분해 오일부터 나프타에서 제트 연료에 이르는 수소화 열분해 오일 증류에 이르기까지 다양할 수 있다. 고체 제품에는 불활성 환경 열분해에서 중왁스 제품과 애쉬가 포함될 수도 있고 하이드로 크래킹의 경우 완전히 없을 수도 있다.

[0110] 따라서, 본 발명의 공정 및 시스템에 의해 생산되는 연료 및 석유화학 제품은 올레핀, 아로마틱, 파라핀, 이소파라핀, 나프텐, 중탄화수소 등일 수 있다. 제품의 선택과 수율은 분해 공정 조건, 가열 속도, 공급 원료 조성 및 기타 공정 매개변수에 따라 달라질 수 있다.

[0111] 본 발명은 다음을 제공한다:

[0112] 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 시스템으로써, 상기 시스템은 다음을 포함한다.

[0113] 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 수용하고, 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 수소 가스, 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질을 생성하기 위해 수소 처리하기 위해 구성되고 작동 가능한 제1용기(반응로);

[0114] 플라스틱 폐기물과 적어도 상당량의 상기 수소 가스, 및 선택적으로 상기 제1용기로부터 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질을 공급받고; 수소 가스, 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질이 존재하

는 상태에서 플라스틱 폐기물을 열분해하여 증류물을 생산하도록 구성되고 작동 가능한 제2용기(반응로); 및

[0115] 수소 가스, 및 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질을 제1용기에서 제2용기로 유도하는 수단.

[0116] 경우에 따라, 상기 제1용기(반응로)는 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물의 다른 성분을 수용하도록 구성된 두 개 이상의 반응로로 제공된다.

[0117] 경우에 따라, 상기 둘 이상의 반응로 중 하나는 플라스틱 폐기물을 수용하여 용융된 플라스틱 및 기체 생성물로 열 변환하도록 구성되고, 둘 이상의 반응로 중 다른 하나는 금속 폐기물과 물을 수용하도록 구성되며 수소 가스를 생성하도록 구성된다.

[0118] 경우에 따라, 상기 제2용기는 단일 수소 가스 스트림과 선택적으로 가열된 용융 플라스틱 및 가스 생성물; 또는 용융 플라스틱 및 가스 생성물 스트림과 별도의 수소 가스 및 증기 스트림을 수용하도록 구성된다.

[0119] 경우에 따라, 상기 시스템은 다음을 구성한다.

[0120] 두 개 이상의 반응로를 포함하는 용기(반응로) 배열체, 상기 두 개 이상의 반응로 중 하나는 금속이 없는 플라스틱 폐기물을 수용하고 금속이 없는 플라스틱 폐기물을 열처리하여 가열된 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 생성하도록 구성된 것이고; 상기 두 개 이상의 반응로 중 두번째는 금속 폐기물을 수용하고 물이 있는 상태에서 금속 폐기물을 수소 처리하여 수소 가스를 생성하도록 구성된 것이며; 플라스틱 폐기물을 수용하고 수소 가스, 증기 및 선택적으로 가열된 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물이 있는 상태에서 열분해하도록 구성된 제2용기(반응로); 및

[0121] 수소 가스 및 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 제1용기 배열체에서 제2용기로 유도하는 수단.

[0122] 경우에 따라, 상기 시스템은 금속이 풍부한 플라스틱 공급 원료를 상기 제1용기로 전달하도록 구성된 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 스트림과 관련이 있다.

[0123] 경우에 따라, 상기 시스템은 두 개의 독립적인 금속 및 플라스틱 폐기물 스트림과 관련이 있다.

[0124] 경우에 따라, 상기 시스템은 플라스틱 폐기물 공급 원료를 제2용기로 전달하도록 구성된 플라스틱 폐기물 스트림과 관련이 있다.

[0125] 경우에 따라, 상기 시스템은 플라스틱 폐기물을 증류액으로의 지속적인 열화학적 변환을 위해 구성된다.

[0126] 또한, 수소 가스 발생기 중 적어도 하나는 수소 가스 발생기이고, 상기 두 개 이상의 반응로 중 다른 하나는 열화학 분해 반응로인 두 개 이상의 반응로를 포함하는 시스템이 제공되며, 여기서, 수소 가스 발생기와 열화학 분해 반응로는 수소 가스 및/또는 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 수소 가스 발생기에서 열화학 분해 반응로로 전달할 수 있도록 허용하는 재료 및/또는 열전달 장치이다.

[0127] 경우에 따라, 상기 시스템에는 증기를 부분적으로 분리하기 위한 열전달 장치와 다운스트림 시스템이 장착되어 있다.

[0128] 경우에 따라, 상기 수소 가스 발생기와 열화학 반응로는 가열된 파이프라인을 통해 연결된다.

[0129] 경우에 따라, 상기 플라스틱 대 금속 부하 비율(플라스틱:금속)은 3:1에서 15:1 사이이다.

[0130] 경우에 따라, 상기 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물의 금속은 알루미늄이다.

[0131] 플라스틱 폐기물을 고부가가치 제품으로 전환하기 위한 통합 열화학 공정을 작동하기 위한 플랜트가 제공되며, 상기 플랜트는 다음과 같이 구성된다.

[0132] -주로 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 재료를 수소 처리하고 수소 가스, 증기, 가열된 플라스틱 덩어리, 가스 생성물 및 금속 산화물을 얻기 위한 제1히터가 제공되는 제1반응로;

[0133] -플라스틱 폐기물 재료의 열화학적 분해를 위한 제2반응로로써, 여기서, 상기 제2반응로에는 제2히터가 제공되며, 외부 공급원 또는 공급원 및 상기 제1반응로에서 생성된 다량의 수소 가스, 증기, 가열된 플라스틱 덩어리, 가스 생성물로부터 플라스틱 폐기물 재료를 별도로 공급받기 위해 하나 이상의 파이프에 의해 상기 제1반응로에 연결되어, 상기 생성물을 얻는 제2반응로; 및

[0134] -수력 처리 단계에서 생성된 공정 열 내에서 회수하기 위해 상기 제1반응로로부터 열을 공급받아 상기 제2반응

로로 열을 전달하도록 구성된 열 교환 유닛.

[0135] 경우에 따라, 상기 수처리 및 열화학 분해 공정의 온도를 최소한 조절하기 위해 상기 제1및 제2히터에 연결된 전기 제어 패널을 포함하는 상기 플랜트 또는 시스템이다.

[0136] 또한, 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 프로세스가 제공되며, 상기 프로세스는 다음과 같다.

[0137] -수소 가스, 증기, 가열된 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 생성하기 위해 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물 스트림과 물을 수열액화(또는 금속 물 반응); 및

[0138] -다량의 수소 가스와 선택적으로 증기, 가열된 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물이 존재하는 상태에서 금속이 없는 플라스틱 폐기물의 열 분해;

[0139] 여기서, 상기 수열 액화 및 열분해는 열화학 시스템 내에서 별도의 용기에서 수행되어 연료 및 석유화학 제품을 생산한다.

[0140] 경우에 따라, 상기 수소 가스 생산은 용융 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물의 생성과는 별도로 달성할 수 있다.

[0141] 플라스틱 재료의 열화학적 재활용을 위한 공정도 제공되며, 상기 공정은 다음과 같이 구성된다:

[0142] -금속이 풍부한 플라스틱 폐기물과 물을 열 반응시켜 금속이 부족하거나 금속이 없는 용융 플라스틱 덩어리, 가스 생성물 및 수소 가스를 생성;

[0143] -수소 가스의 적어도 일부와 금속이 부족하거나 금속이 없는 플라스틱 덩어리 및 기체 생성물을 금속이 없는 플라스틱 폐기물이 들어 있는 열화학 분해 반응로로 전송; 및

[0144] -적어도 수소 가스가 있는 상태에서 금속이 없는 플라스틱 폐기물을 반응시켜 연료와 석유화학 제품을 생산.

[0145] 경우에 따라, 상기 물은 하수도, 수돗물, 바닷물 또는 염분이 풍부한 물이다.

[0146] 경우에 따라, 상기 메타크워터의 중량 비율은 1:1에서 1:10 사이이다.

[0147] 경우에 따라, 상기 수소 가스는 270-450° C의 온도, 선택적으로 60-200기압의 압력하에서 생성된다.

[0148] 어떤 경우에는 연료와 석유화학 제품의 생성 온도가 200-400° C이고 압력이 10-70기압 사이인 경우도 있다.

[0149] 탄화수소와 잠재적으로 바이오매스를 포함하는 플라스틱 폐기물에서 수소 가스와 증류물을 회수하기 위한 통합 열화학 공정이 제공되며, 상기 공정은 다음과 같다.

[0150] -a 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 제1반응로에 다량 공급하고 물이 있는 상태에서 상기 폐기물을 처리하여 최소 수소 가스 및 증기를 얻기 위해 270-450° C의 공정값 범위 내에서 유지하는 온도로 처리;

[0151] -b- 공정값 범위가 200-400° C 사이인 제2반응로에 플라스틱 폐기물을 다량 공급하는 행위; 및

[0152] -c- 제1반응로에서 발생하는 최소 수소 가스 및 증기의 다량을 제2반응로로 공급;

[0153] 여기서, 단계 a와 b 또는 b와 c는 동시에 또는 순차적으로 발생한다.

[0154] 경우에 따라, 상기 프로세스는 본 발명에 따른 시스템에서 수행된다.

발명의 효과

[0155] 따라서, 본 발명의 시스템은, 플라스틱 재료의 열화학적 처리와 관련된 많은 단점을 극복할 뿐만 아니라 내재된 제품 업그레이드를 제공하는 통합 공정을 개발하여, 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 수용하고, 금속이 풍부한 플라스틱 폐기물을 수소 처리하여, 수소 가스, 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 재료를 생산하기 위해 구성되고 작동 가능한 제1용기(반응로); 플라스틱 폐기물과 적어도 다량의 상기 수소 가스, 및 선택적으로 상기 제1용기로부터 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질을 수용하고; 수소 가스, 및 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질이 존재하는 상태에서 플라스틱 폐기물을 열분해하여, 증류물을 생산하도록 구성되고 작동 가능한 제2용기(반응로); 및 상기 수소 가스, 및 선택적으로 가열 분해된 플라스틱 덩어리 및 기체 물질을 상기 제1용기에서 상기 제2용기로 유도하는 수단;을 포함함으로써, 플라스틱 폐기물을 고부가가치 제품 또는 연료와 석유화학 제품인 일반 제품으로 전환할 수 있게 되는 등의 효과를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0156] 도면에 대한 간략한 설명

본 명세서에 개시된 주제를 더 잘 이해하고 실제로 수행될 수 있는 방법을 예시하기 위해, 이제 첨부된 도면을 참조하여 비제한적인 예시로만 실시예를 설명하기로 한다:

도 1a-1c는 본 발명에 따른 다양한 시스템 설계를 도시한 것이다.

도 2는 본 발명의 일부 실시예에 따른 시스템을 도시한 것이다.

도 3은 본 발명의 일부 실시예에 따른 시스템 및 프로세스 흐름을 나타낸 것이다.

도 4는 제안된 프로세스와 기존 프로세스의 예시적인 높은 수준의 덩어리 균형 비교를 나타낸 것이다.

도 5는 GhG 영향의 전체 수명 주기 분석을 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0157] **실시예에 대한 자세한 설명**

[0158] 도 2는 본 발명의 일부 실시예에 따른 시스템을 도시한 것이다. 도시된 바와 같이, 본 발명의 시스템에는 열화학 분해 반응로와 수소 가스 반응로 또는 발전기(도 2에 AI-H20 반응로로 표시됨)의 두 개의 반응로 또는 용기가 제공된다. 도 2에 도시된 실시예에서, 상기 시스템은 알루미늄 금속의 존재하에서 작동된다.

[0159] 본 발명의 일부 실시예에 따른 가능한 시스템 및 프로세스 흐름은 도 3에 나타나 있다.

[0160] 제안된 공정과 기존 공정의 예시적인 높은 수준의 덩어리 균형 비교는 1톤 혼합 폐기물 공급에 대한 도 4에 나타나 있다. 도의 상단 패널이다.

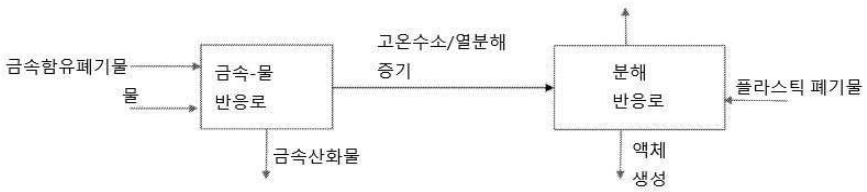
[0161] 도 4는 본 발명에 따른 공정을 보여주는 반면, 도 4의 하단 패널은 기존 공정을 보여준다.

[0162] 도 4에서 볼 수 있듯이, 본 발명의 시스템과 프로세스를 활용하면 톤수의 플라스틱 폐기물에 대해 최종 생성물의 10% 이상을 얻을 수 있다. 필요한 모든 수소 가스는 20kg/hr을 초과하는 알루미늄-물 반응에서 얻을 수 있다.

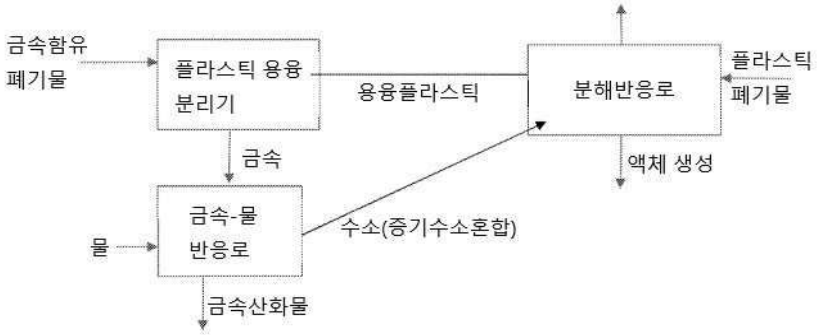
[0163] 또한, 부수적 제품(금속 산화물)으로 회수된 알루미나에서 얻은 증류액 1kg당 0.55kg의 CO2를 대체할 수 있다. 이는 GhG 영향의 전체 수명 주기 분석을 보여주는 도 5에 추가로 설명되어 있다. 배출량에는 전체 수명 주기(전처리 및 분류)가 포함되며 BASF 화학 사이클링 공정의 상업적 데이터를 기반으로 한다. 부정적인 수명 주기 평가(LCA) GhG 영향은 알루미나 부산물 회수 및 수소 발생으로 인한 변위(각각 1.2 및 8-12Kg CO2 g/kg 알루미나 및 수소)와 더불어 수율 개선으로 인해 발생된다.

도면

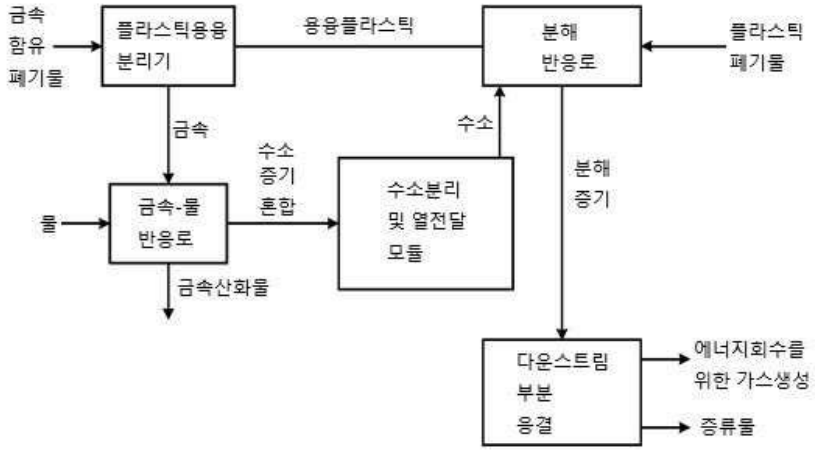
도면1a



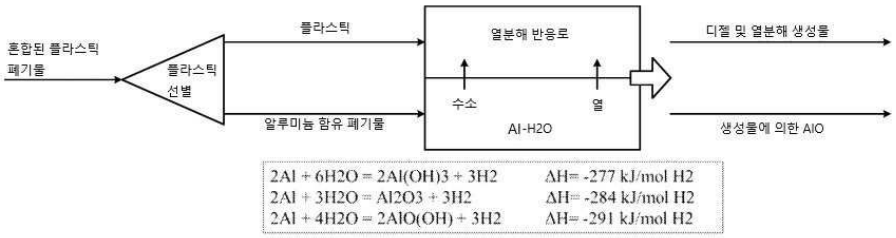
도면1b



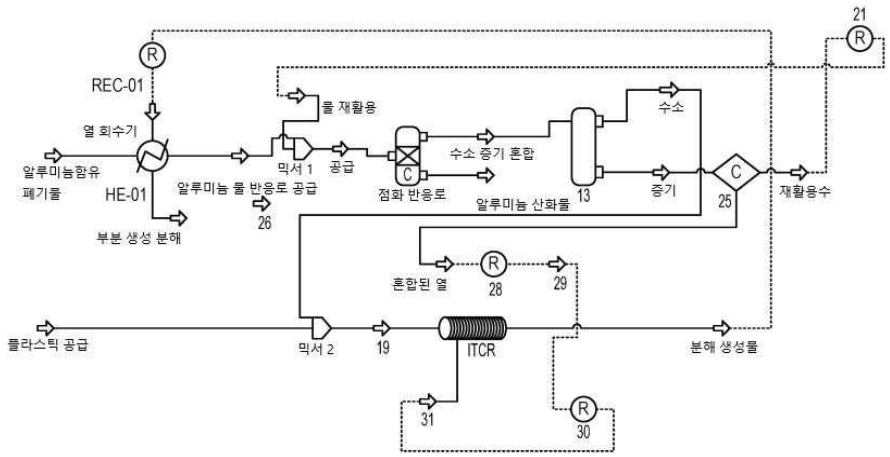
도면1c



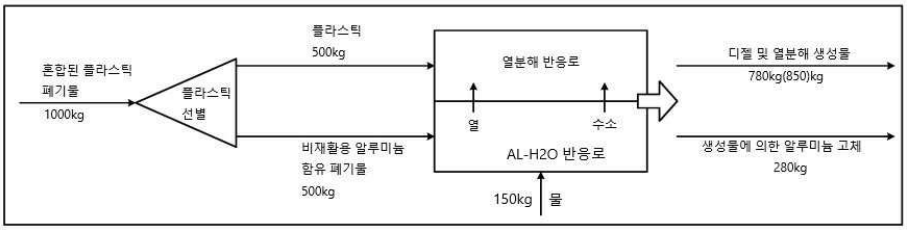
도면2



도면3

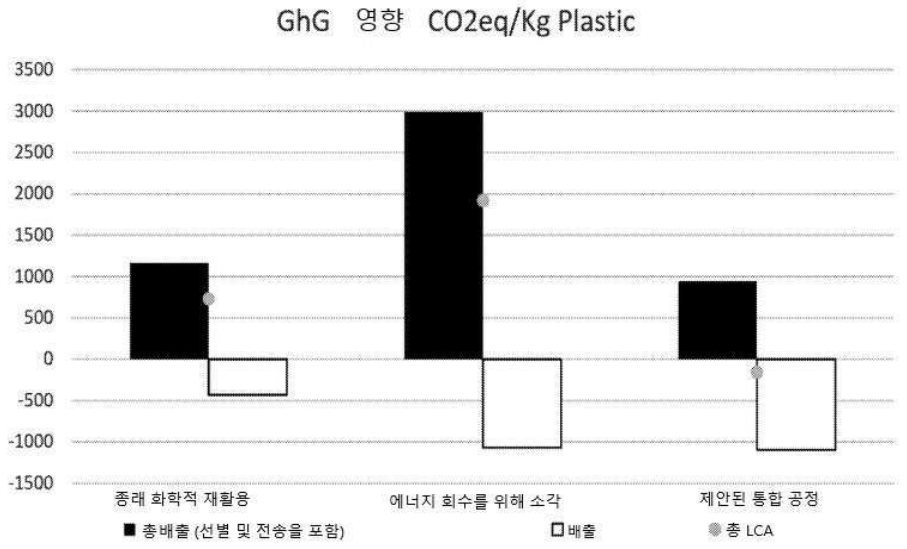

21
R
REC-01
열 회수기
물 재활용
수소
수소 증기 혼합
알루미늄함유
폐기물
HE-01
믹서 1
공급
C
점화 반응로
13
증기
25
재활용수
알루미늄 물 반응로 공급
26
부분 생성 분해
알루미늄 산화물
혼합된 열
28
29
플라스틱 공급
믹서 2
19
ITCR
분해 생성물
31
30

도면4


혼합된 플라스틱
폐기물
1000kg
플라스틱
선별
플라스틱
500kg
비재활용 알루미늄
함유 폐기물
500kg
열분해 반응로
열
수소
AL-H2O 반응로
150kg
물
디젤 및 열분해 생성물
780kg(850)kg
생성물에 의한 알루미늄 고체
280kg


열분해 생성물
공기
연소
연료 가스
300kg
(70kg 이산화탄소)
열
수소
~10kg
에너지
혼합된 플라스틱 폐기물
1000kg
열분해 반응로
석유
정제
디젤
660kg

도면5


GhG 영향 CO2eq/Kg Plastic
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
-500
-1000
-1500
종래 화학적 재활용
에너지 회수를 위해 소각
제안된 통합 공정
■ 총배출 (선별 및 전송을 포함)
□ 배출
◉ 총 LCA