(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0032532
(43) 공개일자 2011년03월30일

(51) Int. Cl.
H01M 8/04 (2006.01) *F26B 3/00* (2006.01)
C10B 47/02 (2006.01) *C10K 1/32* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0090070
(22) 출원일자 2009년09월23일
심사청구일자 2009년09월23일

(71) 출원인
한발대학교 산학협력단
대전 유성구 덕명동 산16-1
(72) 발명자
엄태인
대전시 유성구 전민동 청구나래 아파트 109-1102호
이충곤
대전광역시 서구 둔산동 한마루 아파트 7-702
(74) 대리인
특허법인다울

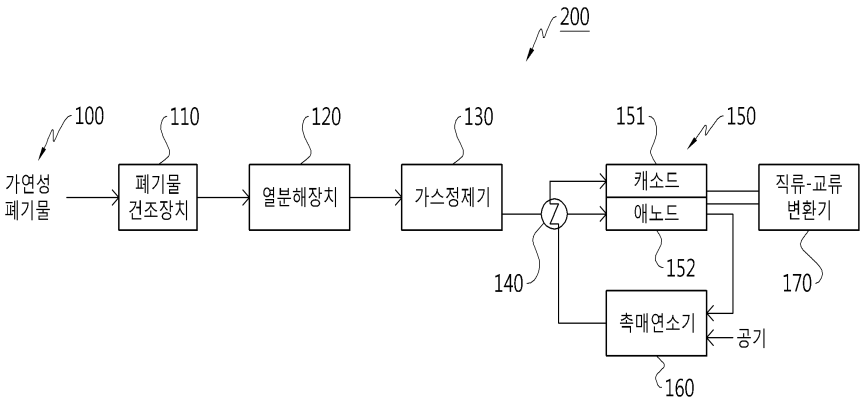
전체 청구항 수 : 총 22 항

(54) 폐기물의 열분해 / 가스화법을 이용한 연료전지 열병합 발전 시스템

(57) 요 약

본 발명은 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 가연성 폐기물에 열분해/가스화 공정을 적용하여 H_2, CO를 비롯하여 CH_4, CO_2, H_2O, H_2S, HCl, N_2 등 다양한 열분해 가스를 생산한 후, 상기 열분해 가스를 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 또는 고체산화물 연료전지(SOFC) 등에 공급하여 연료로 사용할 수 있는 연료전지 열병합 발전 시스템에 관한 것이다. 본 발명은 가연성 폐기물의 열분해 공정을 통하여 얻어지는 열분해 가스를 증기 또는 가스터빈 발전이 아닌 연료전지에 연료가스로서 이용함으로써 높은 발전효율은 물론 열에너지도 효과적으로 이용할 수 있는, 고효율이면서도 친환경적인 연료전지 열병합 발전 시스템을 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

가연성 폐기물의 수분을 증발시키기 위한 가연성 폐기물 건조장치;

상기 가연성 폐기물 건조장치로부터 건조된 폐기물을 열분해하여 열분해 가스를 생성시킬 수 있는 열분해 장치;

상기 열분해 장치로부터 생성된 열분해 가스로부터 산성가스를 제거하기 위한 가스 정제기;

상기 가스 정제기를 통해 정제된 열분해 가스를 애노드로부터 공급받아 전기를 생산하는 연료전지; 및

상기 연료전지의 애노드로부터 배출되는 미반응 수소와 일산화탄소를 연료촉매를 사용하여 공기와 함께 산화시키는 촉매연소기를 포함하는 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 가연성 폐기물은 생활폐기물, 폐플라스틱, 유기성 슬러지, 음식폐기물, 축산분뇨 및 목질계 폐기물을 포함하는 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 가연성 폐기물 건조장치는 가연성 폐기물의 함수율이 10% 이하기 되도록 건조하는 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 열분해 장치는 400~800℃ 온도에서 가열하여 건조된 폐기물을 부분산화식 또는 간접가열식으로 가열하여 휘발분과 유기물을 열분해하는 저온 열분해 장치인 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 열분해 장치는 1,100~11,600℃ 온도에서 플라즈마를 이용하여 휘발분과 유기물을 열분해하는 고온 열분해 장치인 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 가스 정제기는 소석회 분말, 생석회 분말, 돌로마이트 분말 및 중탄산소다 분말로 이루어진 군으로부터 선택된 1종의 분말 또는 2종 이상의 혼합분말을 사용하여 상기 열분해 가스로부터 산성가스를 제거하는 장치인 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 연료전지는 용융탄산염형 연료전지 또는 고체산화물 연료전지인 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 촉매연소기는 상기 연료전지의 애노드로부터 배출되는 미반응 수소와 일산화탄소를 연소촉매를 사용하여 공기와 함께 산화시켜 열 및 배출가스를 발생시키는 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 촉매연소기에서 발생된 열은 가연성 폐기물 건조장치로 회수되어 가연성 폐기물의 건조에 사용되는 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 10

청구항 8에 있어서,

상기 촉매연소기에서 발생된 배출가스는 상기 연료전지의 캐소드에 공급되어 전기화학 반응에 사용되는 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 가스 정제기와 연료전지 사이에 배치되어, 가스 정제기로부터 공급되는 열분해 가스의 온도를 유지할 수 있게 하는 열교환기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 연료전지 열병합 발전 시스템은 연료전지로부터 발생된 직류를 교류로 변환시키는 직류-교류 변환기를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템.

청구항 13

가연성 폐기물 건조장치를 사용하여 가연성 폐기물을 건조시키는 단계(단계 1);

상기 건조된 가연성 폐기물을 열분해하여 열분해 가스를 생성시키는 단계(단계 2);

상기 열분해 가스에 포함된 산성가스를 제거하여 정제하는 단계(단계 3); 및

상기 정제된 열분해 가스를 공급받아 연료전지로부터 전기를 생성하는 단계(단계 4)를 포함하는, 폐기물의 열분

해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 단계 1에서 가연성 폐기물은 함수율을 10% 이하가 되도록 건조되는 것을 특징으로 하는, 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법.

청구항 15

청구항 13에 있어서,

상기 단계 2에서 건조된 폐기물을 400~800℃ 온도에서 부분산화식 또는 간접가열식 열분해 장치를 사용하여 가열함으로써 휘발분과 유기물로 열분해하여 열분해 가스를 생성시키는 것을 특징으로 하는, 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법.

청구항 16

청구항 13에 있어서,

상기 단계 2에서 건조된 폐기물을 1,100~11,600℃ 온도에서 플라즈마를 이용하여 휘발분과 유기물로 열분해함으로써 열분해 가스를 생성시키는 것을 특징으로 하는, 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법.

청구항 17

청구항 13에 있어서,

상기 단계 2에서 가연성 폐기물을 열분해하여 열분해 가스를 생성한 후, 배출되는 용융 슬러그를 비산 급냉시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법.

청구항 18

청구항 13에 있어서,

상기 단계 3에서 상기 열분해 가스에 소석회 분말, 생석회 분말, 돌로마이트 분말 및 중탄산소다 분말로 이루어진 군으로부터 선택된 1종의 분말 또는 2종 이상의 혼합분말을 분사시켜 산성가스를 제거하는 것을 특징으로 하는, 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법.

청구항 19

청구항 13에 있어서,

상기 단계 4에서는 사용하는 연료전지는 용융탄산염형 연료전지 또는 고체산화물 연료전지인 것을 특징으로 하는, 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법.

청구항 20

청구항 13에 있어서,

상기 단계 4에서 정제된 열분해 가스를 공급받아 연료전지로부터 전기를 생성한 후, 미반응된 수소와 일산화탄소를 촉매연소기를 사용하여 공기와 함께 산화시켜 열 및 배출가스를 발생시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법.

청구항 21

청구항 20에 있어서,

상기 촉매연소기에서 발생된 열은 가연성 폐기물 건조장치로 회수되어 가연성 폐기물의 건조에 사용되는 것을 특징으로 하는, 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법.

청구항 22

청구항 20에 있어서,

상기 촉매연소기에서 발생된 배출가스는 상기 연료전지의 캐소드에 공급되어 전기화학 반응에 사용되는 것을 특징으로 하는, 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 가연성 폐기물에 열분해/가스화 공정을 적용하여 H_2, CO를 비롯하여 CH_4, CO_2, H_2O, H_2S, HCl, N_2 등 다양한 열분해 가스를 생산한 후, 상기 열분해 가스를 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 또는 고체산화물 연료전지(SOFC) 등의 연료전지에 공급하여 연료로 사용할 수 있는 연료전지 열병합 발전 시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 가정 및 식당 등에서 배출되는 음식물 쓰레기, 각종 산업현장에서의 유기성 슬러지, 축사 등에서 발생되는 축분 및 인분 등과 같은 각종 가연성 폐기물은 자연상태 그대로 배출되는 경우에 토양과 하천 등을 오염시키고 각종 환경 문제 및 사회문제를 일으킨다.

[0003] 하수슬러지, 폐수슬러지, 음식폐기물, 축산분뇨 등의 유기성 슬러지의 국내에서 발생하는 양은 500만톤 이상이며, 이들 유기성 슬러지는 현재 사료화, 퇴비, 복토재 등으로 재활용되고 있으나 수요처 감소, 토양 오염으로 인하여 많은 어려움을 겪고 있다.

[0004] 이 중에서 하수슬러지, 폐수슬러지 발생량은 처리장의 증설에 따라 증가할 것으로 예상된다. 하수슬러지는 건조 후 연료화하여 석탄과 혼합연소 방법 등으로 처리하는 방법으로 처리할 수 있으나, 폐수슬러지에는 다양한 중금속 및 연소 시 유해가스 발생 물질인 유황, 염소 등이 다량 포함되어, 건조 후 직접 연소하는데 많은 제약이 있다. 또한 음식폐기물은 혐기성 소화처리를 거친 후에도 다량의 잔류물이 발생하고 높은 농도의 염분이 포함되어 있어, 이들을 건조하여 연소하면 연소실 및 열교환기 등에 염분부식을 일으키는 문제가 생긴다.

[0005] 이러한 유기성 폐기물의 열분해/가스화를 이용한 처리방법은 널리 이용되고 있으나, 현재까지는 생성된 열분해 가스를 연소하여 수증기 또는 온수를 산업이나 난방에 이용하거나, 아니면 지리적으로 여의치 않을 경우 단순히 연소하여 외부로 배출하는 방법이 주로 이용되었다. 최근 화석에너지 가격의 급등으로 유기성 폐기물을 안정적으로 처리한 후 잉여에너지를 효과적으로 활용하는 방안의 일환으로 열분해 처리 후 발생하는 열분해 가스를 연소하여 증기/가스터빈을 구동하여 전력으로 생산하는 방안이 적극 고려되고 있으나, 폐기물을 열분해 공정을 이용하여 얻은 열분해 가스는 발열량이 LNG 또는 LPG와 비교하여 30~70% 정도이므로 증기터빈을 이용할 경우 전기생산 효율이 20~25% 정도로 매우 낮다. 그러나 LNG 또는 LPG를 전용으로 연소하여 증기터빈을 구동할 경우 발전

효율이 40% 이상이다.

[0006] 그러나 유기성 폐기물 중에서 염소(Cl) 성분 또는 염분(NaCl)이 포함된 음식폐기물이나 크롬(Cr), 수은, 알루미늄 등의 다양한 중금속이 포함된 폐수슬러지를 건조 후 연소하거나 열분해/가스화 처리하는 기술은 중금속 및 염소가스 처리의 어려움으로 인하여 상용화되지 못하고 있다. 이들 폐기물은 공통적으로 수분농도가 80% 정도로 높아 건조공정에 많은 에너지가 필요하므로 높은 처리비용으로 인하여 큰 어려움을 겪고 있다.

[0007] 한편, 최근 고효율이고 환경 친화적인 연료전지가 새로운 전기에너지원으로 각광받고 있다. 연료전지는 연료의 공급에 의해 지속적으로 발전하는 특성을 가지는 것으로서, 연료로서는 주로 수소를 사용하고, 공기 중의 산소를 이용하여 수소의 산화 및 산소의 환원과정을 통해 물을 발생시키며 발전하는 시스템이다.

[0008] 특히, 용융탄산염형 연료전지(MCFC)와 같은 연료전지는 탄산염으로 된 전해질이 고온에서 용융상태로 되어 전극반응을 일으키기 때문에 600℃ 이상의 고온에서 발전하는 시스템으로서, 수소의 산화 및 산소의 환원에 고가의 귀금속 촉매가 필요하지 않다. 따라서 일산화탄소와 같은 피독성 가스 이용이 용이하여, 수소와 일산화탄소의 혼합가스를 연료로 이용할 수도 있고, 고온의 폐열도 이용할 수 있어 효율이 높다는 특징을 가지고 있다.

[0009] 또한, 고체산화물 연료전지(SOFC)는 산소이온 전달성의 지르코니아를 전해질로 사용하며, 전극은 니켈산화물 및 전도성 세라믹을 사용하므로 700℃ 이상의 고온에서의 발전이 가능하며, 수소와 일산화탄소의 혼합물을 연료로 사용할 수 있다.

[0010] 이러한 연료전지에 사용되는 연료로서는 메탄이 주성분인 천연가스를 하기 화학식 1과 같이 수증기 개질하여 수소와 일산화탄소로 전환하여 사용하고 있다.

[0011] [화학식 1]

[0012] $CH_4 + H_2O = 3H_2 + CO$

[0013] 그러나 천연가스는 전량 수입에 의존하는 국내 현실을 감안할 때 경제성 확보문제가 대두될 수 있다. 또한 석탄가스화 가스를 사용하여 발전이 가능하나, 국내에서의 석탄 가스화 기술은 아직 성숙되지 않은 단계로서 사용하기까지는 시간이 필요한 실정이다.

[0014] 한국공개특허 제2009-0045251호에서는 저온인 200℃ 이하에서 수증기를 공급하여 폐기물로부터 디젤연료와 더불어 생성되는 수소를 이용하여 저온 연료전지를 구동하는 것을 특징으로 하는, 금속을 포함하는 폐기물을 처리하기 위한 장치가 설명되어 있다. 하지만 한국공개특허 제2009-0045251호의 폐기물 처리 장치는 다양한 발생가스 중에서 수소를 분리하는 장치를 필수적으로 포함되어야 하는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0015] 본 발명의 목적은 가연성 폐기물의 열분해/가스화를 통해 생성된 소량의 수소와 일산화탄소를 포함하는 열분해 가스를 사용하며, 소량의 수소와 일산화탄소를 포함하는 열분해 가스를 연료로 사용하여도 높은 발전 효율을 나타내는 연료전지를 포함하여 구성된, 고효율을 나타내면서도 친환경적인 연료전지 열병합 발전 시스템을 제공하는데 있다.

과제 해결수단

[0016] 상기의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은,

[0017] 가연성 폐기물의 수분을 증발시키기 위한 가연성 폐기물 건조장치;

[0018] 상기 가연성 폐기물 건조장치로부터 건조된 폐기물을 열분해하여 열분해 가스를 생성시키는 열분해 장치;

[0019] 상기 열분해 장치로부터 생성된 열분해 가스에 포함된 산성가스를 제거하기 위한 가스 정제기;

[0020] 상기 가스 정제기를 통해 정제된 열분해 가스를 애노드로부터 공급받아 전기를 생산하는 연료전지; 및

[0021] 상기 연료전지의 애노드로부터 배출되는 미반응 수소와 일산화탄소를 촉매를 사용하여 공기와 함께 산화시키는 촉매연소기를 포함하는 것을 특징으로 하는 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템을 제공한다.

[0022] 본 발명자들은 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템에 관하여 연구한 결과, 가연성 폐기물에 포함된 에너지원인 유기물을 효과적으로 이용하기 위한 방안으로 열분해/가스화 법을 적용하여 H_2, CO를 비롯한 CH_4, CO_2, H_2O, H_2S, HCl, N_2 등을 포함하는 열분해 가스를 생산한 후, 상기 열분해 가스를 별도의 수소를 분리하기 위한 장치를 거칠 필요없이 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 또는 고체산화물 연료전지(SOFC)에 공급하여 연료로 사용할 수 있는 연료전지 열병합 발전 시스템을 개발하기에 이르렀다.

[0023] 하기에서 본 발명에 따른 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템에 대해 도면을 참조하여 구체적으로 설명한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0025] 도 1을 참조하면, 본 발명의 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템(200)의 구성요소 중 가연성 폐기물 건조장치(110)는 가연성 폐기물(100)을 건조시키기 위해 사용된다.

[0026] 본 발명에서 사용될 수 있는 가연성 폐기물(100)로는 생활폐기물, 폐플라스틱, 목질계 폐기물을 비롯하여 니켈, 크롬, 납, 수은 등의 중금속이 포함된 폐수슬러지가 사용가능하며 하수종말처리장의 하수슬러지, 축산분뇨, 음식폐기물 처리장에서 발생하는 잔유물이 사용될 수 있으나, 이들 또한 종류가 특별히 제한되지 않는다. 본 발명은 사용되는 가연성 폐기물(100)은 통상 30 내지 90중량%의 수분을 포함하며, 니켈, 크롬, 납, 수은 등의 중금속이 0.5~2,000 ppm 정도 포함된 것일 수 있다.

[0027] 상술한 가연성 폐기물(100)은 가연성 폐기물 건조장치(110)를 사용하여 최종 함수율이 10% 이하가 되도록 건조되는 것이 바람직하다.

[0028] 상기 가연성 폐기물 건조장치(110)로는 가연성 폐기물을 건조할 수 있는 장치이면 제한 없이 사용될 수 있다.

[0029] 상술한 바와 같이 가연성 폐기물 건조장치(110)를 사용하여 건조된 가연성 폐기물은 열분해 가스를 생성하기 위해 열분해 장치(120)에 투입된다.

[0030] 본 발명의 한 실시형태에 있어서, 열분해 장치(120)는 400~800℃ 온도에서 가열하여 건조된 가연성 폐기물을 부분산화식 또는 간접가열식으로 가열하여 휘발분과 유기물을 열분해하는 저온 열분해 장치일 수 있으며, 1,100~11,600℃ 온도에서 플라즈마를 이용하여 휘발분과 유기물을 열분해하는 고온 열분해 장치일 수 있다.

[0031] 상술한 열분해 장치(120)를 사용하여 건조된 가연성 폐기물을 열분해하는 경우 H_2, CO, CH_4, CO_2, H_2O, H_2S, HCl, N_2 등을 포함하는 열분해 가스가 생성될 수 있다.

[0032] 상기 열분해 가스는 사용하는 가연성 폐기물의 종류 및 열분해 장치의 특징에 따라 다양한 합성 가스로 발생될 수 있다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 상기 열분해 가스에서 H_2 농도는 13~40 부피%, CO 농도는 13~35 부피%, CH_4 농도는 1~3 부피%, CO_2 농도는 6~16 부피%, H_2O 농도는 5~40 부피%, H_2S는 0.1~2 부피%, HCl 농도는 0.01~1 부피%, N_2 농도는 1~15 부피%일 수 있다.

[0033] 열분해 장치(120)로부터 생성된 열분해 가스는 가스 정제기(130)로 투입된다.

[0034] 열분해 장치(120)로부터 생성된 열분해 가스에는 가연성 폐기물에 포함된 유황(S), 염소(Cl) 성분에 의한 HCl 가스, SO_2 가스, Cl_2 가스 등과 같은 산성가스가 포함될 수 있으며, 이와 같은 산성가스는 가스 정제기(130)를 거쳐 제거될 수 있다.

[0035] 본 발명의 한 실시형태에 있어서, 가스 정제기(130)를 사용하여 상술한 열분해 가스에 포함된 산성가스를 제거하기 위하여 가스 정제기(130)에 열분해 가스를 투입한 후 소석회($Ca(OH)_2$) 분말, 생석회(CaO) 분말, 돌로마이

트($CaMg(CO_3)_2$) 분말 및 중탄산소다($NaHCO_3$) 분말로 이루어진 군으로부터 선택된 1종의 분말 또는 2종 이상의 혼합분말을 분사함으로써 제거할 수 있다. 보다 구체적으로 열분해 가스에 포함된 산성 가스는 HCl 가스, SO_2 가스, Cl_2 가스이므로 소석회($Ca(OH)_2$) 분말, 생석회(CaO) 분말, 돌로마이트($CaMg(CO_3)_2$) 분말 및 중탄산소다($NaHCO_3$) 분말을 혼합하여 열분해 가스에 분사하는 경우, 상기 혼합분말들과 산성가스가 하기 화학식 2 내지 10에 따른 화학 반응에 의해 NH_4Cl, $CaCl_2$, CaS, $CaSO_4$, NaCl과 같은 생성물을 형성하게 되고 추후 이를 제거하여 산성가스를 제거할 수 있다(하기 화학식 2-10 참조).

[0036] [화학식 2]

[0037] $$Ca(OH)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2H_2O$$

[0038] [화학식 3]

[0039] $$Ca(OH)_2 + SO_2 + \frac{1}{2}O_2 = CaSO_4 + H_2O$$

[0040] [화학식 4]

[0041] $$CaO + 2HCl = CaCl_2 + H_2O$$

[0042] [화학식 5]

[0043] $$CaO + SO_2 + \frac{1}{2}O_2 = CaSO_4$$

[0044] [화학식 6]

[0045] $$CaMg(CO_3)_2 + 4HCl = CaCl_2 + MgCl_2 + 2H_2O + 2CO_2$$

[0046] [화학식 7]

[0047] $$CaMg(CO_3)_2 + 2SO_2 = CaSO_3 + MgCO_2 + 2CO_2$$

[0048] [화학식 8]

[0049] $$CaSO_3 + MgSO_2 + O_2 = CaSO_4 + MgSO_4 + 2CO_2$$

[0050] [화학식 9]

[0051] $$2NaHCO_3 \rightarrow Na_2CO_3 + CO_2 + H_2O$$

[0052] [화학식 10]

[0053] $$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + CO_2 + H_2O$$

[0054] 상술한 바와 같이 정제된 열분해 가스는 연료전지(150)의 애노드(152)에 연료로서 공급되어 발전에 사용된다.

[0055] 본 발명에서 사용되는 연료전지(150)는 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 또는 고체산화물 연료전지(SOFC)를 사용할 수 있으며, 보통 사용되는 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 또는 고체산화물 연료전지(SOFC)를 제한 없이 사용할 수 있다.

[0056] 용융탄산염형 연료전지(MCFC)는 수소 및 일산화탄소의 산화 및 산소의 환원 반응을 원활히 진행하기 위해 넓은 표면적의 다공성 전극을 사용할 수 있다. 이 두 전극의 사이의 세라믹 다공체에 함침된 용융탄산염이 주로 수소로 구성된 연료와 산소로 구성된 산화제의 직접 접촉을 막아준다. 또한 공기극(캐소드)에서 생성된 카보네이

트 이온(CO_3^{2-})이 연료극(애노드)으로 이동하는 통로의 역할을 수행한다.

[0057] 용융탄산염형 연료전지(MCFC)는 고온에서 작동하는 연료전지로서 전극반응 속도가 충분히 빨라 폐기물로부터 발생될 것으로 생각되는 소량의 수소와 일산화탄소 혼합물에 대해서도 일반적인 수소연료와 거의 동일한 전압-전류 및 전류-파워 특성을 나타낼 수 있다.

[0058] 또한 고체산화물 연료전지(SOFC)는 수소 및 일산화탄소의 산화가 산화니켈로부터 출발한 니켈 금속에서 이루어지고, 산소의 환원은 전도성 세라믹에 의해 이루어진다. 또 산소이온 전도성 지르코니아 등의 전해질이 연료극인 애노드와 공기극인 캐소드 사이에 배치되어 수소나 일산화탄소가 산소와 화학반응하는 것을 막아주기도 한다.

[0059] 그러나 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 또는 고체산화물 연료전지(SOFC)가 하나의 단위전지로 사용되는 경우 이론기전력이 약 1V로서 낮아 실제 사용하기에는 부적절하다. 따라서 이러한 단위전지를 전도체인 분리판을 통하여 적층하여 전기적으로 직렬 연결하여 적층수의 조절에 의해 목적하는 용량의 발전시스템으로 구성하여 사용할 수 있다.

[0060] 즉 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 또는 고체산화물 연료전지(SOFC) 단위전지는 한 쌍의 다공질 전극판(연료극 및 공기극)과 이들 사이에 존재하는 전해질판으로 구성되나, 이들 단위전지는 전도성의 분리판을 매개하여 적층된다. 분리판은 각 단위전지간의 전기적인 접속을 제공함과 동시에 연료극인 애노드에 연료가스의 유로와 공기극인 캐소드에 산화제가스의 유로를 제공한다.

[0061] 상술한 바와 같이, 본 발명에서 사용하는 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 또는 고체산화물 연료전지(SOFC)는 적층구조의 연료전지일 수 있다. 상기 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 또는 고체산화물 연료전지(SOFC)에는 반응가스의 분배 및 회수기능을 가지는 매니폴드를 설치함으로써 반응에 필요한 가스가 입구 매니폴드를 통해 공급되고, 공기극 및 연료극 반응을 거친 후에 반대편 매니폴드를 통해 외부로 배출시킬 수 있다.

[0062] 본 발명에 따른 연료전지 열병합 발전 시스템(200)은 연료전지(150)의 애노드(152)로부터 배출되는 미반응 수소와 일산화탄소를 촉매를 사용하여 공기와 함께 산화시키는 촉매연소기(160)를 포함한다.

[0063] 촉매연소기(160)는 소량의 수소와 일산화탄소를 연소시킬 수 있는 반응장치로서 연소기 내부에 연소촉매를 설치하여 연료전지(150)의 애노드(152)로부터 배출되는 미반응된 소량의 수소와 일산화탄소를 포함하는 가스를 공기와 함께 공급하여 산화시켜 열을 발생하는 반응장치이다. 따라서 촉매연소기(160)에서 배출되는 가스는 공기와 수증기 및 이산화탄소를 주성분으로 하여 구성되어 있다.

[0064] 촉매연소기(160)에서 소량의 수소와 일산화탄소를 공기와 함께 산화시켜 발생되는 열은 애노드에 공급되는 열분해 가스를 예열하는 데 사용될 수도 있으며, 가연성 폐기물 건조장치(110)로 회수되어 가연성 폐기물의 건조에 사용될 수 있다.

[0065] 공기, 수증기, 이산화탄소 등을 포함하는 촉매연소기(160)의 배출가스는 연료전지(150)의 캐소드(151)에 공급되어 공기중의 산소성분에 의해 전기화학 반응에 사용된 후 잉여가스는 출구를 통해 배출될 수 있다. 배출된 가스 또한 가연성 폐기물 건조장치(110)로 회수되어 가연성 폐기물의 건조에 사용될 수 있다.

[0066] 본 발명에 따른 연료전지 열병합 발전 시스템(200)은 가스 정제기(130)와 연료전지(150) 사이에 배치되어, 가스 정제기(130)로부터 공급되는 열분해 가스의 온도를 유지할 수 있게 하는 열교환기(140)를 더 포함할 수 있다.

[0067] 상기 열교환기(140)는 가스 정제기(130) 또는 촉매연소기(160)로부터 공급되는 가스의 온도를 반응에 적절한 온도로 유지하여 연료전지(150)에 공급하는 역할을 한다.

[0068] 또한, 본 발명에 따른 연료전지 열병합 발전 시스템(200)은 연료전지(150)로부터 발생된 직류를 교류로 변환시키는 직류-교류 변환기(170)를 더 포함할 수 있다.

[0069] 상술한 본 발명에 따른 연료전지 열병합 발전 시스템(200)은 가연성 폐기물의 열분해/가스화를 통해 생성된 소량의 수소와 일산화탄소를 포함하는 열분해 가스를 사용하며, 소량의 수소와 일산화탄소를 포함하는 열분해 가스를 연료를 사용하여도 높은 발전 효율을 나타내는 연료전지를 활용함으로써, 45% 이상의 발전효율과 65% 이상의 열효율을 얻을 수 있다.

[0070] 또 본 발명은,

[0071] 가연성 폐기물 건조장치를 사용하여 가연성 폐기물을 건조시키는 단계(단계 1);

[0072] 상기 건조된 가연성 폐기물을 열분해하여 열분해 가스를 생성시키는 단계(단계 2);

[0073] 상기 열분해 가스에 포함된 산성가스를 제거하여 정제하는 단계(단계 3); 및

[0074] 상기 정제된 열분해 가스를 공급받아 연료전지로부터 전기를 생성하는 단계(단계 4)를 포함하는 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법을 제공한다.

[0075] 하기에서 본 발명에 따른 유기물 폐기물의 열분해/가스화법 및 연료전지를 사용한 열병합 발전방법을 보다 상세하게 설명한다.

[0076] 우선, 가연성 폐기물 건조장치를 사용하여 가연성 폐기물을 건조시킨다(단계 1).

[0077] 상술한 바와 같이 본 발명에서 사용하는 가연성 폐기물은 생활폐기물, 폐플라스틱, 유기성 슬러지, 음식폐기물, 축산분뇨, 목질계 폐기물 등일 수 있다. 상기 단계 1에서 가연성 폐기물은 함수율이 10% 이하가 되도록 건조되는 것이 바람직하다.

[0078] 다음으로, 상기 건조된 가연성 폐기물을 열분해하여 열분해 가스를 생성시킨다(단계 2).

[0079] 본 발명의 한 실시형태에 있어서, 상기 건조된 가연성 폐기물을 열분해하여 열분해 가스를 생성시키는 단계는 가연성 폐기물의 일부를 연소시킬 수 있도록 완전연소에 필요한 산소량의 20~30%를 공급하여 이 과정에서 발생한 열을 이용할 수 있다. 또는 별도의 외부의 열원을 이용하는 간접가열 방법으로 건조된 폐기물을 400~800℃ 정도로 가열하여 휘발분과 유기물을 열분해시켜 수행될 수 있다.

[0080] 또한 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 상기 건조된 가연성 폐기물을 열분해하여 열분해 가스를 생성시키는 단계는 플라즈마 토치 등을 이용하여 반응로 분위기 온도가 1,100~11,600℃에서 폐기물을 급속히 열분해 시키는 고온 열분해 장치를 사용하여 수행될 수 있다.

[0081] 상기 가연성 폐기물의 열분해 시간은 함수율, 유기물 농도, 탄화도 등에 따라 차이를 나타낼 수 있으며, 분위기 온도 400~800℃ 정도의 저온 열분해 장치를 사용하는 경우 2~6시간 정도 소요될 수 있고, 반응로 분위기 온도가 1,100~11,600℃인 플라즈마를 이용하는 고온 열분해 장치를 사용하는 경우 20~80분 정도 소요될 수 있다.

[0082] 다음으로, 상기 단계 2에서 생성된 열분해 가스로부터 산성가스를 제거하여 정제한다(단계 3).

[0083] 상기 단계 2의 열분해 공정을 통해 생성된 열분해 가스는 열분해 가스에 포함된 유황(S), 염소(Cl) 성분에 의한 HCl 가스, SO_2 가스, Cl_2 가스 등과 같은 산성가스를 포함하기 때문에 상기 열분해 가스는 정제 과정이 필요하다.

[0084] 상기 열분해 가스로부터 상기 산성가스를 제거하기 위하여 상술한 바와 같이 가스 정제기 내부에 상기 열분해 가스를 투입한 후, 소석회 분말, 생석회 분말, 돌로마이트 분말 및 중탄산소다 분말을 혼합하여 열분해 가스에 분사하는 경우 상기 혼합분말들과 산성가스가 상기 화학식 2 내지 10으로 나타난 화학 반응에 의해 생성물을 형성하고, 추후 이를 배출시킴으로서 제거할 수 있다.

[0085] 이와 같이 열분해 가스의 정제 공정을 거쳐 최종 정제된 열분해 가스에는 HCl, NH_3, SO_2 농도가 10 ppm 이하일 수 있다.

[0086] 마지막으로, 상기 단계 3에서 정제된 열분해 가스를 연료전지에 공급하여 전기를 생성한다(단계 4).

[0087] 상기 단계 4에서 사용하는 연료전지는 소량의 수소 및 일산화탄소를 포함하는 혼합가스를 연료로 발전과 열에너지를 동시에 이용할 수 있는 열병합이 가능한 연료전지를 사용할 수 있다. 상기 연료전지로는 본 발명의 연료전지 열병합 발전 시스템에서 설명한 용융탄산염형 연료전지(MCFC) 또는 고체산화물 연료전지(SOFC)를 사용할 수 있다.

[0088] 이와 같이 상기 단계 4에서 연료전지에 열분해 가스를 공급하여 직류를 생성한 후, 직류를 교류로 변환하는 직류-교류 변환기를 통해 교류로 변환될 수 있다.

[0089] 본 발명의 열병합 발전방법은 상기 단계 2에서 가연성 폐기물을 열분해하여 열분해 가스를 생성한 후, 배출되는

용융 슬러그를 비산 급냉시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0090] 본 발명의 한 실시형태에 있어서, 상기 단계 2에서 가연성 폐기물을 열분해하여 열분해 가스를 생성한 후 배출되는 용융 슬러그를 원추형 회전판에 낙하시키면서 비산시키고 급냉하여 미세골재를 형성할 수 있다. 이때, 원추형 회전판의 회전속도는 300~20,000 rpm의 범위이고, 1,000~20,000 rpm인 것이 바람직하다.

[0091] 상기 조건의 원추형 회전판에 낙하하면서 비산 급냉되어 얻어지는 미세골재는 표면이 유리화된 것으로서 상기 미세골재는 지름이 1~5㎜ 정도의 크기로 제조될 수 있다. 또 표면이 유리화되어 있어 본래 슬러지 내 포함되어 있던 중금속이 냉각된 골재로부터 용출이 불가능한 상태가 되어 친환경적 재활용 자재로서 사용할 수 있다.

[0092] 또한, 본 발명의 방법은 상기 단계 4에서 연료전지를 통해 전기를 생성한 후, 연료로서 공급된 열분해 가스 중 미반응된 열분해 가스를 회수하여 촉매연소기를 통해 공기와 함께 산화시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0093] 상기 촉매연소기를 통해 미반응된 열분해 가스를 공기와 함께 산화시켜 열을 발생시킬 수 있으며, 이와 같이 발생된 열은 가연성 폐기물 건조장치로 회수되어 가연성 폐기물의 건조에 사용될 수 있다. 또한 촉매연소기에서의 산화과정에서 발생된 배출가스는 회수되어 연료전지의 캐소드에 공급됨으로써 전기화학 반응에 사용될 수 있다.

효 과

[0094] 본 발명은 가연성 폐기물 중에서 중금속과 공해물질이 포함되어 기존의 직접소각, 석탄과 혼합연소가 곤란한 폐수슬러지, 음식폐기물 처리 잔유물 등을 고효율 건조 후 열분해 공정을 통하여 얻어지는 열분해 가스로 증기 또는 가스터빈 발전이 아닌 연료전지를 이용할 수 있다. 따라서 발전효율이 높고 열에너지를 효과적으로 이용할 수 있는, 고효율이면서도 친환경적인 연료전지 열병합 발전 시스템을 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0095] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범주 및 기술사상 범위 내에서 다양한 변경 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 당연한 것이다.

[0096] **실시예 1**

[0097] 가연성 폐기물 중에서 하기 표 1 및 표 2에 나타난 성분의 생활폐기물을 저온 열분해 방법인 부분산화식 열분해 장치에서 체류시간 4~8시간, 열분해 조건으로 분위기 온도 400~800℃에서 열분해하여 열분해 가스를 얻었고, 상기 열분해 가스의 조성을 분석한 결과, H_2 18.3%, CO 5.08%, CO_2 15.85%, N_2 42.1%, H_2O 16.2%를 포함하며 CH_4, H_2S, HCl를 나머지 함량으로 포함하였다.

표 1

[0098] 생활폐기물 공업분석 결과

구분	수분 (wt.%)	가연분 (wt.%)	불연분(Ash) (wt.%)	저위발열량 (Kcal/kg)
	31.94	59.08	8.98	2,200

표 2

[0099] 생활폐기물의 가연분 원소분석 결과

구분	염소 (wt. %)	탄소 (wt. %)	수소 (wt. %)	산소 (wt. %)	질소 (wt. %)	유황 (wt.%)
	0.15	29.51	3.71	25.05	0.49	0.10

[0100] 상기 얻어진 열분해 가스를 가스 정제기 내에 투입하여 소석회($Ca(OH)_2$) 분말은 Ca/Cl 몰비 3.0, Ca/S 몰비 3.5로, 생석회(CaO) 분말은 Ca/Cl 몰비 3.0, Ca/S 몰비 3.5로, 돌로마이트($CaMg(CO_3)_2$) 분말은 Ca/Cl 몰비 3.5, Ca/S 몰비 3.0로 그리고 중탄산소다($NaHCO_3$) 분말은 Ca/Cl 몰비 3.2로 분말을 분사함으로써 산성가스를 제거한 후, 용융탄산염 연료전지에 공급하여 하기 화학식 11 및 화학식 12에 표시된 반응으로 전기를 생성하였다.

[0101] [화학식 11]

[0102] 애노드 (연료극) $H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$

[0103] [화학식 12]

[0104] 캐소드 (공기극) $1/2O_2 + CO_2 + 2e^- \rightarrow CO_3^{2-}$

[0105] **실시예 2**

[0106] 상기 실시예 1에서의 생활폐기물의 열분해 과정에서, 산소 플라즈마 기체로 사용하는 고온의 플라즈마 토치를 이용한 열분해 과정을 통해 열분해 가스를 생성한 것을 제외하고 실시예 1과 동일하게 수행하였다. 생성된 열분해 가스의 조성을 분석한 결과, H_2 40%, CO 35%, CO_2 6.5%, H_2O 8%를 포함하며 N_2를 나머지 함량으로 포함하였다.

[0107] **실시예 3**

[0108] 상기 실시예 1에서의 생활폐기물의 열분해 과정에서 공기 플라즈마 기체로 사용하는 고온의 플라즈마 토치를 이용한 열분해 과정을 통해 열분해 가스를 생성한 것을 제외하고 실시예 1과 동일하게 수행하였다. 생성된 열분해 가스의 조성을 분석한 결과, H_2 12~23%, CO 13~20%, CO_2 10~15%, H_2O 30~40%를 포함하며 CH_4, N_2를 나머지 함량으로 포함하였다.

[0109] 도 2는 예로 고온의 용융탄산염형 연료전지에서 통상의 수소연료 (H_2:CO_2:H_2O=69%:17%:14%)를 사용하는 수소연료전지와 실시예 1에 따른 생활폐기물 열분해가스(H_2:CO:CO_2:N_2:H_2O =18.3%:5.08%:15.85%:42.1%:16.2%)에 대한 100 cm^2급의 단위전지에서의 전류에 따른 전압 및 파워 특성을 나타내는 그래프이다. 도 2에서 알 수 있듯이 저농도의 폐기물 열분해 가스의 경우에도 통상의 수소연료와 유사한 성능을 보임을 알 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0110] 도 1은 본 발명에 따른 폐기물의 열분해/가스화법을 적용한 연료전지 열병합 발전 시스템의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

[0111] 도 2는 통상의 수소연료 (H_2:CO_2:H_2O=69%:17%:14%)를 사용하는 수소연료전지와 실시예 1에 따른 생활폐기물의 열분해가스를 사용한 100 cm^2급의 단위전지에서의 전류에 따른 전압 및 파워 특성을 나타낸 그래프이다.

[0112] * 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 *

[0113] 200: 연료전지 열병합 발전 시스템 100: 가연성 폐기물

[0114] 110: 가연성 폐기물 건조장치 120: 열분해 장치

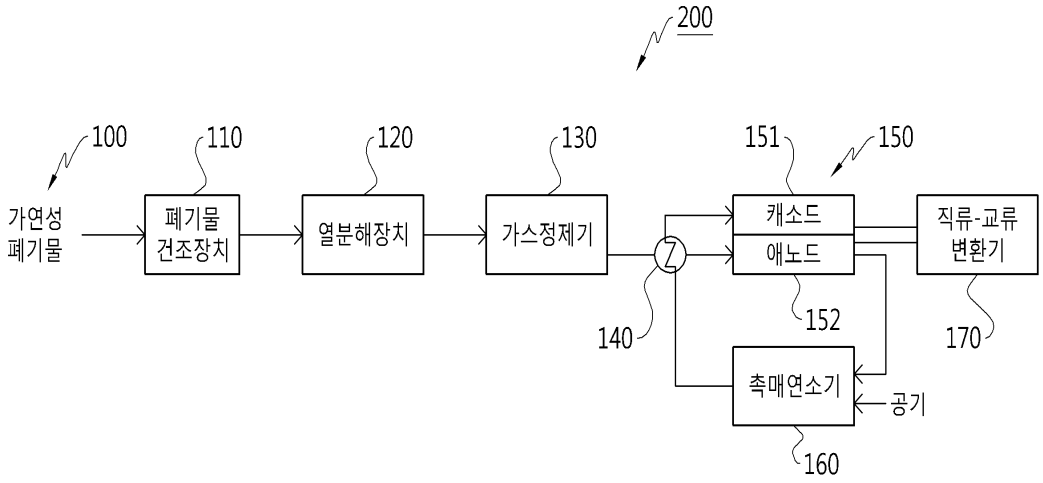
[0115] 130: 가스 정제기 140: 열교환기

[0116] 150: 연료전지 160: 촉매 연소기

[0117] 170: 직류-교류 변환기

도면

도면1



도면2

