



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0124830
(43) 공개일자 2012년11월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 25/00 (2006.01) G01N 5/04 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0042696

(22) 출원일자 2011년05월04일

심사청구일자 2012년02월22일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단

울산 남구 무거2동 산29

(72) 발명자

박홍석

울산광역시 남구 옥동 257 서광아파트 103-1405

김경호

울산광역시 남구 신북로79번길 8, 1203호 (무거동, 남운아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김수진, 윤의섭

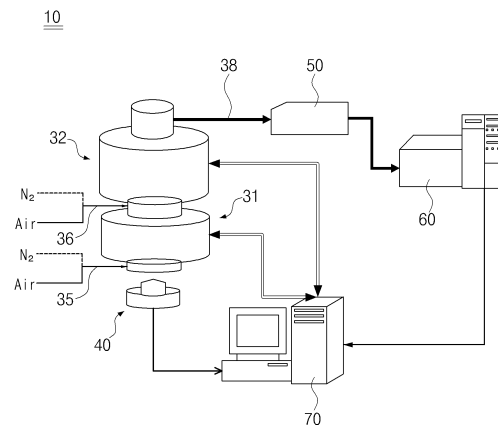
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 소각 및 열분해 시플레이터

(57) 요약

본 발명은 소각 및 열분해 시플레이터에 관한 것으로, 본 발명의 일실시예는 내부에 공간부가 마련되는 하우징과, 하우징의 상부에 설치되며 공간부와 연통되는 중공이 내부에 형성되는 연소실, 및 하우징의 공간부에 승강 가능하게 설치되며, 연소실에서 연소되는 시료의 무게변화를 측정하는 시료무게측정장치를 포함하고, 대량의 시료를 사용하여 열중량 분석결과를 도출할 수 있는 소각 및 열분해 시플레이터를 제공한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김민호

강원도 춘천시 영서로 2317, 104동 1104호 (온의동, 럭키아파트)

김석완

대전광역시 유성구 노은로426번길 15, 송림마을아파트 602동 304호 (하기동)

엄세운

울산광역시 남구 수암로149번길 16-7, 101호 (야음동, 고려연립)

박성호

경상북도 경산시 경산로44길 29, 평광신화아파트 204동 303호 (옥산동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 08 지역기술혁신사업 B-03

부처명 국토해양부

연구사업명 2008 건설교통기술연구개발사업

연구과제명 산업단지 발생 부존자원의 최적활용을 위한 적용방안 개발

주관기관 울산대학교 산학협력단

연구기간 2010.04.13 ~ 2011.06.12

특허청구의 범위

청구항 1

내부에 공간부가 마련되는 하우스;

상기 하우스의 상부에 설치되며 상기 공간부와 연통되는 중공이 내부에 형성되는 연소실; 및

상기 하우스의 공간부에 승강 가능하게 설치되며, 상기 연소실에서 연소되는 시료의 무게변화를 측정하는 시료무게측정장치;를 포함하는 소각 및 열분해 시뮬레이터.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 하우스의 일측에 투명창이 구비되어 상기 공간부의 관찰이 가능한 것을 특징으로 하는 소각 및 열분해 시뮬레이터.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 연소실은 하부의 1차 연소실과 상부의 2차 연소실을 포함하여 이루어지며, 상기 1차 연소실과 상기 2차 연소실의 경계는 노즐 형태의 내벽에 의해 구획되는 것을 특징으로 하는 소각 및 열분해 시뮬레이터.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 1차 연소실의 상부 일측에는 1차 연소가스 채취관이 구비되고, 상기 2차 연소실의 상부 일측에는 2차 연소가스 채취관이 구비되는 것을 특징으로 하는 소각 및 열분해 시뮬레이터.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 시료무게측정장치는,

승강 가능하게 설치되어 시료의 무게를 측정하는 측정저울과, 상기 측정저울의 상부에 구비되며 시료가 담기는 시료홀더와, 상기 시료홀더와 상기 측정저울 사이에 구비되어 상기 연소실로부터 상기 공간부로 열전달을 차단하는 열차단캡과, 상기 전자저울의 상측 테두리를 따라 구비되는 밀폐링을 포함하는 것을 특징으로 하는 소각 및 열분해 시뮬레이터.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 연소실의 하부에 분위기 가스 주입관이 적어도 하나 이상 구비되는 것을 특징으로 하는 소각 및 열분해 시뮬레이터.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 분위기 가스 주입관은 상기 연소실의 하부에 원주방향으로 서로 이격하여 적어도 한 쌍이 배치되며, 인접하는 한 쌍은 직경과 입사각이 서로 상이한 것을 특징으로 하는 소각 및 열분해 시플레이터.

청구항 8

청구항 4에 있어서,

상기 1차 연소가스 채취관 또는 상기 2차 연소가스 채취관과 연결되어, 연소가스를 실리카 겔(silica gel) 필터와 글라스 울(glass wool) 필터를 이용하여 세정하는 배가스 세정기가 상기 하우징의 일측에 구비되는 것을 특징으로 하는 소각 및 열분해 시플레이터.

명세서

기술 분야

- [0001] 본 발명은 소각 및 열분해 시플레이터에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 시료를 연소시켜 열분해하고, 시료가 열분해되는 과정에서의 온도와 반응시간, 배가스 농도 및 시료의 무게변화를 측정함으로써, 시료의 반응모델과 열분해 및 연소반응에 관련된 다양한 특성값을 구할 수 있는 소각 및 열분해 시플레이터에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 통상적으로 혼합폐기물 등의 열분해에 대한 동역학적 데이터 및 연소 또는 열분해 특성을 관찰하기 위해서는 열중량 분석기(Thermogravimetric Analysis, TGA) 또는 이와 유사한 장치를 이용한다.
- [0003] 이와 같은 혼합폐기물의 열분해 특성을 파악하는데 있어서, 통상적인 열분해 분석기기는 매우 적은 양의 시료가 분석용도로 사용되는데, 시료의 양이 적을수록 분석결과에 대한 신뢰도가 감소하는 문제가 있다.
- [0004] 열중량 분석기는 열분해 장치와 유사한 원리로 작동하며, 시료를 연소시키는 연소실, 시료의 연소에 따라 변화되는 시료의 무게를 시간에 따라 측정하는 무게 측정부, 및 연소시 발생하는 배가스 및 불활성 가스를 외부로 배출하는 배출구 등을 포함하여 이루어진다.
- [0005] 전술한 구성의 열중량 분석기는, 특정 가스 분위기에서 시료의 온도를 일정 속도로 상승 또는 등온으로 유지시키면서 시간과 온도에 따른 시료의 무게변화를 기록하여 열분해, 승화, 산화, 환원, 탈착, 흡수, 증발에 따른 시료 무게의 증감을 측정함으로써 시료의 분해특성을 분석하게 된다.
- [0006] 이와 같은 열중량 분석기는 열중량 분석을 하고자 하는 대상물질, 특히 혼합폐기물 등의 혼합물질로부터 2.0g 이하의 시료를 채취하여 동역학적 현상을 관찰하므로, 분석된 결과가 시료에 따라 오차를 발생시켜 신뢰도가 낮은 문제가 있다.
- [0007] 또한, 혼합 특성을 갖는 폐기물을 연료로 활용하는 분야의 경우 다양한 물질이 섞여있는 특성상, 기존 TGA 장치만으로는 폐기물의 열적 특성을 파악하기 힘들며, 또한 질소 분위기에서 실험이 이루어지므로 실제 소각 공정을 모사하기 힘들다.
- [0008] 아울러, 시료의 양뿐만 아니라 크기에 있어서도, 실제 소각로와 연소로에서 연소반응이 일어나는 크기보다 매우 작아 TGA에서 얻은 특성값을 활용하기에는 그 정확성이 떨어지게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 전술한 바와 같은 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명의 일실시예는 내부에 공간부가 마련되는 하우징과, 하우징의 상부에 설치되며 공간부와 연통되는 중공이 내부에 형성되는 연소실, 및 하우징의 공간부에 승강 가능하게 설치되며, 연소실에서 연소되는 시료의 무게변화를 측정하는 시료무게측정장치를 포함하고, 대량의 시료를 사용하여 열중량 분석결과를 도출할 수 있는 소각 및 열분해 시플레이터와 관련된다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 바람직한 일실시예에 의하면, 내부에 공간부가 마련되는 하우징과, 하우징의 상부에 설치되며 공간부와 연통되는 중공이 내부에 형성되는 연소실, 및 하우징의 공간부에 승강 가능하게 설치되며, 연소실에서 연소되는 시료의 무게변화를 측정하는 시료무게측정장치를 포함하는 소각 및 열분해 시플레이터가 제공된다.
- [0011] 이때, 하우징의 일측에는 투명창이 구비되어 공간부의 관찰이 가능한 것이 바람직하다.
- [0012] 또한, 연소실은 하부의 1차 연소실과 상부의 2차 연소실을 포함하여 이루어지며, 1차 연소실과 2차 연소실의 경계는 노즐 형태의 내벽에 의해 구획된다.
- [0013] 이때, 1차 연소실의 상부 일측에는 1차 연소가스 채취관이 구비되고, 2차 연소실의 상부 일측에는 2차 연소가스 채취관이 구비된다.
- [0014] 또한, 시료무게측정장치는, 승강 가능하게 설치되어 시료의 무게를 측정하는 측정저울과, 측정저울의 상부에 구비되며 시료가 담기는 시료홀더와, 시료홀더와 측정저울 사이에 구비되어 연소실로부터 공간부로의 열전달을 차단하는 열차단캡을 포함하여 이루어진다.
- [0015] 이때, 전자저울의 상측 테두리를 따라 밀폐링이 구비되는 것이 바람직하다.
- [0016] 또한, 연소실의 하부에 분위기 가스 주입관이 적어도 하나 이상 구비된다.
- [0017] 이때, 분위기 가스 주입관은 연소실의 하부에 원주방향으로 서로 이격하여 적어도 한 쌍이 배치되며, 인접하는 한 쌍은 직경과 입사각이 서로 상이한 것이 바람직하다.
- [0018] 한편, 1차 연소가스 채취관 또는 2차 연소가스 채취관과 연결되어, 연소가스를 세정하는 배가스 세정기가 하우징의 일측에 구비될 수 있다.
- [0019] 이때, 배가스 세정기는, 서로 연결된 실리카 겔(silica gel) 필터와 글라스 울(glass wool) 필터를 포함하여 이루어지는 것이 바람직하다.

발명의 효과

- [0020] 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시플레이터에 의하면, 종래의 예와 비교하여 더욱 많은 양의 시료를 분석대상으로 할 수 있으므로 더욱 정확한 데이터를 얻을 수 있고, 열분해/연소된 시료의 반응 전후 형태를 관측하여 시료의 수축정도를 확인함으로써, 시료의 열분해/연소반응 특성을 규정할 수 있다.
- [0021] 또한, 연소실이 1차 연소실과 2차 연소실의 2단으로 나뉘어 구성되며, 각각의 연소실로 공급되는 분위기 가스를 산화 또는 환원분위기로 조절할 수 있으므로, 시료의 연소반응이 1차반응에 더하여 2차반응이 필요한지, 필요하다면 어느 정도의 체류시간과 2차 연소공기가 필요한지를 측정하여 연소가스의 특성값을 결정할 수 있다.
- [0022] 아울러, 1차 연소실과 2차 연소실의 온도와 반응시간, 배가스 농도, 시료의 무게변화량을 실시간으로 측정하여, 온도와 반응시간의 함수로 측정된 모든 배가스 성분의 농도와 무게감소량을 표현하고, 시료의 반응모델, 열분해/연소반응에 관련된 다양한 특성값을 구할 수 있는 자료를 획득할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시플레이터의 구성도.
 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시플레이터의 상세도.
 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 분위기 가스 주입관의 배치도.
 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 시료무게측정장치의 사용상태도.
 도 5는 각종 시료의 열분해/연소 반응 전후의 모습을 나타낸 사진.
 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시플레이터를 이용하여 여러 가지 폐기물의 중량감소 곡선

을 온도와 시간의 함수로 나타낸 그래프.

도 7은 통상의 화학분석용 열중량 분석장치(TGA)를 이용하여 여러 가지 폐기물의 중량감소 곡선을 온도와 시간의 함수로 나타낸 그래프.

도 9는 1차 연소기능만을 활용한 줌(char)과 RPF의 열분해 연소 과정에서 검출된 배가스의 농도변화를 나타낸 그래프.

도 10은 1차와 2차 연소기능을 활용한 줌(char)과 RPF의 열분해 연소 과정에서 검출된 배가스의 농도변화를 나타낸 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터의 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 이 과정에서 도면에 도시된 선들의 두께나 구성요소의 크기 등은 설명의 명료성과 편의상 과장되게 도시되어 있을 수 있다.

[0025] 또한, 후술되는 용어들은 본 발명에서의 기능을 고려하여 정의된 용어들로서 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 관례에 따라 달라질 수 있다. 그러므로, 이러한 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 하여 내려져야 할 것이다.

[0026] 아울러, 아래의 실시예는 본 발명의 권리범위를 한정하는 것이 아니라 본 발명의 청구범위에 제시된 구성요소의 예시적인 사항에 불과하며, 본 발명의 명세서 전반에 걸친 기술사상에 포함되고 청구범위의 구성요소에서 균등물로서 치환 가능한 구성요소를 포함하는 실시예는 본 발명의 권리범위에 포함될 수 있다.

[0027] 실시예

[0028] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터의 구성도이고, 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터의 상세도이다.

[0029] 도 1과 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터(10)는 내부에 공간부(20a)가 마련되는 하우징(20)과, 하우징(20)의 상부에 설치되며 하우징(20)의 공간부(20a)와 연통되는 중공(30a)이 내부에 형성되는 연소실(30), 및 하우징(20)의 공간부(20a)에 승강 가능하게 설치되며 연소실(30)에서 연소되는 시료(S)의 무게변화를 측정하는 시료무게측정장치(40)를 포함하며, 연소실(30)에서 배출되는 연소가스의 세정을 위한 배가스 세정기(50)가 하우징(20)의 일측에 더 구비될 수 있다.

[0030] 이때, 하우징(20)은 전체적으로 내부에 공간부(20a)가 형성되는 육면체 형상이며, 하단에는 다수의 바퀴(21)가 구비되어 자유롭게 이동 가능한 것이 바람직하다.

[0031] 또한, 하우징(20)의 전면 양측에는 내부압력을 표시하는 압력게이지(22), 분위기 가스 공급을 위한 레귤레이터 작동 버튼(23), 분위기 가스 공급량을 나타내는 플로우미터(flowmeter)(24), 시료무게측정장치(40)의 승강을 위한 승강 버튼(25)과, 승강속도 조절을 위한 조절스위치(26) 등 각종의 표시기와 작동 스위치 및 버튼이 구비된다.

[0032] 이때, 하우징(20)의 전면 중앙부에는 투명창(27)이 설치되는데, 사용자는 이 투명창(27)을 통해 하우징(20) 내부의 공간부(20a)를 관찰할 수 있으며 특히, 시료(S)의 연소 전/후 형태를 관측하여 수축 정도를 확인할 수 있다.

[0033] 하우징(20)의 상부에는 내부에 열선(미도시)이 구비된 연소실(30)이 설치되는데, 이 연소실(30)은 내부에 원형 단면형상의 중공(30a)을 가지며, 이 중공(30a)은 하우징(20)의 공간부(20a)와 수직으로 연통된다.

[0034] 또한, 연소실(30)은 원통형 또는 예를 들어 사각형 단면이나 육각형 단면을 가진 다면체 형상으로 이루어질 수 있으며, 높이방향으로 길게 수직으로 설치되어 내부에 1차 연소실(31)과 2차 연소실(32)이 아래에서부터 차례로 형성된다.

- [0035] 즉, 1차 연소실(31)은 연소실(30)의 하부에 구비되고, 2차 연소실(32)은 1차 연소실(31)의 상부에 구비되며, 1차 연소실(31)과 2차 연소실(32)의 중공(30a)은 서로 연통된다.
- [0036] 이때, 1차 연소실(31)과 2차 연소실(32)의 반응온도는, 온도제어 및 모니터링 장치(70)에 의해 설정된 가열속도($^{\circ}\text{C}/\text{min}$)에 맞춰, 열선에 전력이 공급되면서 온도가 상승하게 된다.
- [0037] 또한, 1차 연소실(31)과 2차 연소실(32)이 만나는 경계 부분에는 단열재(33)가 개재되고, 이 단열재(33)의 내벽은 도 2에 도시된 바와 같이 노즐 형상을 이루는 것이 바람직한데 이에 따라, 1차 연소실(31)에서 생성된 연소가스가 이 노즐을 통과하면서 2차 연소실(32)로 확산되고, 2차 연소실(32)에 주입되는 분위기 가스와 충분히 혼합된 후 연소반응하게 된다.
- [0038] 한편, 1차 연소실(31)과 2차 연소실(32)에는 높이에 따라 각각의 내부온도를 측정하기 위한 온도센서(34)가 높이방향으로 서로 이격하여 다수 배치되며, 1차 연소실(31)의 하부에는 1차 연소실(31)의 연소 분위기 조정을 위해 1차 분위기 가스를 1차 연소실(31) 내부로 주입하는 1차 분위기 가스 주입관(35)이 중공(30a)의 원주방향으로 서로 이격하여 다수 구비되고, 2차 연소실(32)의 하부에는 2차 연소실(32)의 연소 분위기 조정을 위해 2차 분위기 가스를 2차 연소실(32) 내부로 주입하는 2차 분위기 가스 주입관(36)이 중공(30a)의 원주방향으로 서로 이격하여 다수 구비된다.
- [0039] 이때, 1차 연소실(31)에서 발생된 연소가스와 2차 분위기 가스가 충분히 혼합될 수 있도록, 2차 분위기 가스 주입관(36)은 노즐 형상 경계 부분의 목(neck)부에 배치되는 것이 바람직하다.
- [0040] 아울러, 1차 연소실(31)에서 발생된 연소가스를 채취하는 1차 연소가스 채취관(37)이 1차 연소실(31)의 상부에 구비되고, 2차 연소실(32)에서 발생된 연소가스를 채취하는 2차 연소가스 채취관(38)은 2차 연소실(32)의 상부에 구비되며, 채취된 연소가스는 후술하는 배가스 세정기(pretreatment unit of gas)(50)를 거쳐 연소가스의 각종 특성을 측정하는 배가스 측정장치(combustion gas analyzer)(60)로 보내진다.
- [0041] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 분위기 가스 주입관의 배치도이다.
- [0042] 도 3에 도시된 바와 같이, 다수의 1차 분위기 가스 주입관(35)은, 분위기 가스 주입에 의해 공기의 유동이 발생하여 시료(S)가 흐트러지는 것을 방지하는 한편, 주입압력에 의한 시료(S)의 무게측정시 오차 발생을 방지하기 위해, 중공(30a)의 원주방향으로 서로 이격하여 적어도 한 쌍이 수평으로 배치된다.
- [0043] 좀 더 상세히 설명하자면, 도 3에 도시된 예와 같이 4개의 1차 분위기 가스 주입관(35)이 중공(30a)의 원주방향으로 서로 이격하여 가상의 수평면에 배치되는 경우, 각각의 1차 분위기 가스 주입관(35)은 끝단의 주입구가 시료홀더(42)의 외주면에 대해 약간 기울어진 입사각(α, β)을 가지도록 배치된다.
- [0044] 이때, 시료홀더(42)는 시료무게측정장치(40)의 상승에 의해 연소실(30)의 중공(30a)으로 삽입된 상태이며, 이에 대한 상세한 설명은 후술하기로 한다.
- [0045] 이때, 서로 엇갈려서 마주보는 한 쌍의 1차 분위기 가스 주입관(35)은 나머지 한 쌍에 비해 약간 더 큰 직경을 가짐으로써, 동일한 주입압력에 의해, 한 쌍의 1차 분위기 가스 주입관(35) 내부의 가스 유동속도와 나머지 한 쌍의 내부 유동속도가 예를 들어 50% 정도 차이 나도록 하는 것이 바람직하다.
- [0046] 또한, 서로 엇갈려서 마주보는 한 쌍의 1차 분위기 가스 주입관(35)의 입사각(α)과, 나머지 한 쌍의 입사각(β)이 서로 상이하게 배치되는 것이 바람직하다.
- [0047] 이는, 연소가스와 분위기 가스가 충분히 혼합되도록 하기 위함이며, 2차 분위기 가스 주입관(36)의 배치형태 역시 전술한 1차 분위기 가스 주입관(35)의 배치형태와 전체적으로 동일하고 다만, 2차 분위기 가스 주입관(36)은 노즐의 목(neck)부에 배치된다는 점에서 차이가 있다.
- [0048] 한편, 1차 연소실(31)과 2차 연소실(32)에 각각 주입되는 1차 분위기 가스와 2차 분위기 가스의 종류를 적절히 선택함으로써, 아래와 같이 열분해/연소반응을 일으킬 수 있다.
- [0049] 먼저, 1차 분위기 가스와 2차 분위기 가스를 모두 질소로 선택하는 경우, 1차 연소실(31)과 2차 연소실(32)에서 차례로 1차/2차 열분해 반응이 일어난다.
- [0050] 또한, 1차 분위기 가스로 질소를 선택하고, 2차 분위기 가스로 산소를 선택하는 경우, 1차 연소실(31)에서는 열분해 반응이 일어나고, 2차 연소실(32)에서는 연소(산화) 반응이 일어난다.

- [0051] 또한, 1차 분위기 가스로 산소를 선택하고, 2차 분위기 가스로 질소를 선택하는 경우, 1차 연소실(31)에서는 연소(산화) 반응이 일어나고, 2차 연소실(32)에서는 불활성 가스의 공급으로 인해 1차 연소실(31)에서 반응하고 남은 산소의 추가적인 반응이 일어난다.
- [0052] 한편, 1차 분위기 가스와 2차 분위기 가스를 모두 산소로 선택하는 경우, 1차 연소실(31)과 2차 연소실(32)에서 차례로 연소반응이 일어난다.
- [0053] 이때, 2차 연소실(32)에 공기와 질소를 일정비율로 공급하여, 연소가스의 2차 연소실(32) 체류시간을 조절함으로써, 열분해/연소 반응을 실험하는 것도 가능하다.
- [0054] 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 시료무게측정장치의 사용상태도이다.
- [0055] 도 2와 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 시료무게측정장치(40)는, 승강 가능하게 설치되어 시료(S)의 무게를 측정하는 측정저울(41)과, 측정저울(41)의 상부에 구비되며 시료(S)가 담기는 시료홀더(42)와, 시료홀더(42)와 측정저울(41) 사이에 구비되어 연소실(30)로부터 공간부(20a)로의 열전달을 차단하는 열차단캡(43)을 포함하여 이루어지며, 측정저울(41)의 일측에 구비되는 RS485 통신 인터페이스(411)를 통해, 연소과정에서 시료(S)의 연속적인 무게변화를 온도제어 및 모니터링 장치(70)에서 확인할 수 있다.
- [0056] 종래의 열중량 분석기에서는 시료의 측정을 위해 천칭식 저울을 사용하였다. 즉, 연소실의 상부에 무게측정부를 두고, 무게측정부에서 하부로 늘어뜨린 와이어에 접시를 달아, 이 접시에 담긴 시료의 무게변화를 무게측정부에서 측정하였다.
- [0057] 그런데, 이 경우 시료의 양이 많으면 열분해 또는 연소과정에서 시료의 일부가 접시에서 이탈하게 되는 경우가 있고, 분위기 가스의 주입압력에 의해 와이어나 접시가 흔들리면서 시료의 무게측정시 오차가 발생하는 경우도 있다.
- [0058] 이를 감안하여, 본 발명의 일실시예에 따른 시료무게측정장치(40)는, 측정저울(41)의 상부에 시료(S)가 담긴 시료홀더(42)를 올려놓고, 시료홀더(42)의 하부에서 시료(S)의 무게변화를 측정하는 방식을 적용한다.
- [0059] 이때, 측정저울(41)은, 전술한 방식으로 무게측정이 가능한 통상의 정밀 전자저울을 사용할 수 있다.
- [0060] 또한, 시료홀더(42)는 바닥이 평평하고 테두리를 따라 소정의 높이로 측벽이 형성된 것으로, 바람직하게는 원형의 평평한 그릇 형상을 이룬다.
- [0061] 본 발명의 일실시예에 따른 시료홀더(42)에 의하면, 대량(예를 들어, 100g)의 시료(S)를 내부에 담을 수 있고, 소정 높이의 측벽이 테두리에 형성되므로, 열분해 또는 연소과정에서 시료(S)가 이탈하는 것을 방지할 수 있다.
- [0062] 시료(S)의 열분해 및 연소는 연소실(30)에서 이루어진다.
- [0063] 따라서, 열분해 및 연소를 위해서는 시료(S)를 담은 시료홀더(42)가 하우징(20) 내의 공간부(20a)에서 연소실(30)의 중공(30a)으로 이동할 수 있어야 하며 이를 위해, 측정저울(41)은 하우징(20)의 공간부(20a)에 승강 가능하게 설치된다.
- [0064] 이러한 승강수단의 일 예로서, 측정저울(41)의 하부에 에어 또는 유압에 의해 작동하는 승강실린더가 설치될 수 있고, 도 2와 도 4에 도시된 예와 같이, 모터(미도시)의 작동에 의해 회전하는 리드스크류(44)를 측정저울(41)의 하부에 수직으로 나사결합시킬 수 있다.
- [0065] 한편, 측정저울(41)의 상승에 의해 시료홀더(42)가 연소실(30) 내부의 중공(30a)으로 삽입된 후, 연소실(30)이 가열되면서 시료(S)의 열분해 및 연소가 이루어지는데, 이때 연소실(30)의 열이 측정저울(41)로 전달되는 경우, 측정저울(41)의 손상에 따른 측정오차의 발생이나 고장의 우려가 있다.
- [0066] 이를 방지하기 위해, 하우징(20)과 맞닿는 연소실(30)의 하단부에는 단열재로 이루어진 내화벽(39)이 형성되고, 시료홀더(42)와 측정저울(41) 사이에는 열차단캡(43)이 구비된다.
- [0067] 이 열차단캡(43)은 소정 두께의 지지부(431)와, 지지부(431)의 중앙에서 소정의 폭과 높이로 돌출 형성되는 돌출부(432)를 포함하여 이루어지며, 지지부(431)의 상측에 시료홀더(42)가 안착된다.

- [0068] 이때, 열차단캡(43)은 세라믹 등 열전달율이 낮은 재질로 형성되는 것이 바람직하며, 돌출부(432)는 연소실(30)의 중공(30a)에 삽입될 수 있도록 중공(30a)의 직경보다 약간 작은 직경으로 형성되고, 지지부(431)는 내화벽(39)의 내경보다 약간 작은 직경으로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0069] 또한, 시료(S)의 무게측정에 영향을 미치지 않도록, 돌출부(432)의 외주면과 중공(30a)의 내벽 사이, 그리고 지지부(431)의 외주면과 내화벽(39)의 내벽 사이에는 소정 간격으로 틈새가 형성되는 것이 바람직하다.
- [0070] 열차단캡(43)의 하부 중앙에는 열차단캡(43)을 지지하는 지지대(433)가 구비된다. 즉, 전자저울에서 압전소자나 로드셀 등이 구비되는 측정부 위에 지지대(433)가 올려지고, 이 지지대(433)가 열차단캡(43)과 시료홀더(42)를 지지하게 되는 것이다.
- [0071] 이때, 측정저울(41)의 상측 테두리에는, 측정저울(41)의 상승시 내화벽(39)의 하단에 가압 밀착되는 밀폐링(45)이 구비되는 것이 바람직하며, 이 밀폐링(45)은 측정저울(41)의 측정부 바깥쪽에 소정 거리 이격하여 구비되므로, 내화벽(39)의 하단에 밀폐링(45)이 가압되더라도 시료(S)의 무게측정에는 영향을 미치지 않는다.
- [0072] 한편, 시료(S)의 열분해/연소 반응 이후에는 시료무게측정장치(40)를 하강시켜, 시료홀더(42)에 담긴 시료(S)의 형태변화를 하우징(20) 전면의 투명창(27)을 통해 관측할 수 있다.
- [0073] 본 발명의 일실시예에 의하면, 하우징(20)의 일측에 배가스 세정기(pretreatment unit of gas)(50)가 구비되어, 배가스 측정장치(combustion gas analyzer)(60)로 유입되는 연소가스에서 측정에 방해가 되는 미세입자나 수분을 제거하게 된다.
- [0074] 여기서, 배가스 세정기(50)는 서로 연결된 실리카 겔(silica gel) 필터(52)와 글라스 울(glass wool) 필터(53)를 포함하여 이루어지며, 1차 연소가스 채취관(37) 또는 2차 연소가스 채취관(38)을 통해 채취된 연소가스는 엠프티관(empty line)(51)과, 실리카 겔 필터(52), 및 글라스 울 필터(53)를 차례로 거쳐 배가스 측정장치(60)로 들어간다.
- [0075] 이때, 엠프티관(51)은 연소가스의 균일화(equalization)와, 실리카 겔 필터(52)나 글라스 울 필터(53)에서 떨어져 나온 입자를 제거하는 기능을 하는 것으로, 필요에 따라 선택적으로 설치될 수 있다.
- [0076] 한편, 온도제어 및 모니터링 장치(70)는 1차, 2차 연소실(31,32)의 온도측정과, 지정된 가열속도와 온도를 조절하고, 실시간으로 측정되는 온도, 반응시간, 시료의 무게, 연소가스 농도를 시간과 온도의 함수로 기록, 저장 및 디스플레이하며, 시료(S)의 반응모델, 열분해/연소 반응에 관련된 다양한 특성값(표 1 참조)을 구할 수 있는 자료를 제시한다.
- [0077] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 각종 폐기물 시료의 열분해/연소 반응 전후의 모습을 나타낸 사진으로서, 투명창(27)을 통해 실험 전후의 시료(S) 형태를 확인할 수 있으며, 이를 통해 시료(S)의 화학반응이 비수축반응(non-shrinking reaction)인지, 아니면 수축반응(shrinking reaction)인지 구별할 수 있다.
- [0078] 종래의 화학분석용 TGA에 의해서는 이러한 반응을 확인하거나 알아내기 어려웠으나, 본 발명의 경우 도 5에 제시된 바와 같이, 슬러지를 열분해시켜 얻은 확(char)의 경우 비축소반응을 나타내는 것을 알 수 있고, 폐면류나 폐혼방류의 경우 축소반응에 의해 열분해/연소가 일어나는 것을 확인할 수 있다.
- [0079] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터를 이용하여 여러 가지 폐기물의 중량감소 곡선을 온도와 시간의 함수로 나타낸 그래프이고, 도 7은 통상의 화학분석용 열중량 분석장치(TGA)를 이용하여 여러 가지 폐기물의 중량감소 곡선을 온도와 시간의 함수로 나타낸 그래프이다.
- [0080] 도 6과 도 7은 현재 상업적으로 열중량 분석에 이용되고 있는 화학분석용 열중량 분석기(Thermo-gravimetric Analyzer ; TGA)와, 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터(10)를 이용하여 연료 시료에 대한 열분해/연소 특성을 비교 분석한 실시예로서, 폐기물에 따른 다양한 열분해/연소 반응 특성을 볼 수 있다.
- [0081] 여기서, RPF(Refuse Plastic Fuel ; 폐플라스틱)의 열중량 변화를 비교하면, 3℃/min의 가열속도에서 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터(10)의 경우, 1차 열분해 반응을 따르는 Type I-1(도 8 참

조)의 형태이며, TGA-air의 경우, 소각 및 열분해 시뮬레이터(10)와 유사한 열분해/연소 반응을 보이고 있으나, 소각 및 열분해 시뮬레이터(10) 보다 높은 온도에서 반응이 일어남을 알 수 있다.

한편, 10℃/min의 가열속도에서는, 소각 및 열분해 시뮬레이터(10)의 경우도 역시 복합반응이 일어났으며, 선형적인 무게 감소율을 나타내다가 2차 반응에서 열분해/연소가 일어나는 Type II-2의 형태를 나타내고 있다.

그리고, TGA-air에서는 소각 및 열분해 시뮬레이터(10)와 같은 복합반응이 나타났으며, 최대 열분해가 두 번 일어나는 Type II-1의 반응모델을 보이고 있다.

즉, 비균질성 연료의 경우, 미량(10mg 이하)의 시료가 사용된 TGA의 자료를 이용하여 열분해/연소 반응을 결정하면, 그 자료의 정확성이 떨어지는 관계로, 실제 연소로나 소각로의 설계 및 운전에 필요한 정확한 값을 얻기가 힘들다.

반면에, 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터(10)의 경우, 도 8에 도시된 바와 같이 비균질성 연료에 대한 반응모델을 결정할 수 있으며, 아래의 표 1에 나타낸 바와 같이 각 반응에서 나타나는 특성값을 결정할 수 있다.

<표 1>

시료	T ₀ (℃)	T _f (℃)	1차열분해/연소반응					2차열분해/연소반응					850℃에서 잔류물(wt%)	열분해/연소 반응형태
			T _{p1} ¹ (℃)	T _{p2} ¹ (℃)	T _{p3} ¹ (℃)	W _{pt} ¹ (wt%/min)	W _{pt} ¹ (wt%/℃)	T _{p1} ² (℃)	T _{p2} ² (℃)	T _{p3} ² (℃)	W _{pt} ² (wt%/min)	W _{pt} ² (wt%/℃)		
Char(L) ^a	51	766	374	L	436	1.1	0.4	·	·	·	·	·	61	I-2
Char(T)-air	55	840	413	427	431	4	1.3	·	·	·	·	·	73	I-1
RPF(L)	89	426	349	402	414	8.2	2.8	·	·	·	·	·	0	I-1
RPF(T) ^b -air	79	531	368	399	434	5.5	1.8	·	·	·	·	·	3	I-1
RPF(T)-N ₂	71	476	423	445	476	12.7	4.2	·	·	·	·	·	90	I-1
Charcoal(L)5g	70	424	191	L	357	0.8	0.3	365	397	424	1.6	0.5	0	II-2
Charcoal(L)10g	55	597	331	407	597	2.4	0.8	·	·	·	·	·	0	I-1
Charcoal(L)20g	71	551	323	L	551	0.8	0.3	·	·	·	·	·	18	I-2
Charcoal(T)-air	52	426	368	409	426	20.1	6.7	·	·	·	·	·	4	I-1
TC(L)	57	436	233	L	280	1.3	0.4	284	L	436	1.0	0.3	0	II-4
TC(T)-air	37	658	220	L	658	0.8	0.3	·	·	·	·	·	0	I-2
TC(T)-N ₂	49	808	217	308	449	2	0.7	·	·	·	·	·	19	I-1
Cotton(L)	60	281	239	258	281	20	6.7	·	·	·	·	·	0	I-1
Cotton(T)-air	50	414	232	311	333	4.1	1.4	336	L	414	0.9	0.3	0	II-3
Cotton(T)-N ₂	41	791	257	323	347	4.2	1.4	·	·	·	·	·	18.8	I-1
Sludge(L)	63	465	164	L	340	0.7	0.2	349	424	465	1.7	0.6	0	II-2
Sludge(T)-air	42	462	188	L	354	0.4	0.1	410	436	462	2.8	0.9	28.3	II-2
Sludge(T)-N ₂	42	811	383	407	431	1	0.3	·	·	·	·	·	40	I-1

이때, a ; (L) 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터,

b ; (T) 화학분석용 열중량 분석 장치(TGA),

L ; 무게감량이 선형적으로 일어나는 온도구간,

T₀ ; 초기 무게의 0.5 wt% 감량이 일어난 열분해/연소 반응의 시작온도,

T_p¹, T_p² ; 1차와 2차 반응에서 최대 무게 감소 속도를 갖는 온도,

T_f ; 연료의 최종 무게 감소 온도,

W_{pt}¹, W_{pt}² ; 1차와 2차 반응의 최대 무게 감소 속도(wt%/min),

W_{pt}¹, W_{pt}² ; 1차와 2차 반응의 최대 무게 감소 비율(wt%/℃),

air와 N₂ ; 화학분석용 열중량 분석 장치(TGA)에서 실험에 적용한 공기와 질소 분위기이다.

- [0097] 시료(화석연료, 재생연료 등)의 열분해/연소 과정에서 발생하는 배가스의 특성을 알아보기 위하여, 본 발명의 일실시예에 따라 1차 연소 기능만을 활용한 경우와, 1차 및 2차 연소 기능을 동시에 활용한 경우의 실시간 배가스 농도변화를 도 9와 도 10에 나타내었다.
- [0098] 도 9는 1차 연소기능만을 활용한 찰(char)와 RPF의 열분해 연소 과정에서 검출된 배가스의 농도변화를 나타낸 그래프이다.
- [0099] 도 9의 (a)와 (b)는 찰(char)의 열분해/연소시 발생하는 배가스의 가열속도에 따른 CO와 C_xH_y 의 발생량을 나타낸 것으로, 가열속도 10℃/min에서 CO의 농도가 1,450ppm으로 가장 높게 발생하였으며, 1℃/min에서 788ppm, 3℃/min에서 825ppm이 발생하였다.
- [0100] 배가스 중 탄화수소화합물류의 총 농도를 표현하는 C_xH_y 농도는 1℃/min에서 발생하지 않았으나, 3℃/min과 10℃/min에서 각각 0.02%, 0.06%로 나타나, 가열속도가 증가함에 따라 C_xH_y 가 발생하여 증가하는 것으로 나타났다.
- [0101] 이는 분해속도가 가열속도에 따라 0.3wt%/min에서 1.3wt%/min으로 증가하여, 열분해 생성물이 공기와 충분한 2차 연소반응이 일어나지 않았기 때문으로, 이들 폐자원을 연료화하기 위해서는 2차 연소실 또는 2차 연소기능이 필요하다는 것을 알 수 있다.
- [0102] 도 9의 (c)와 (d)는 RPF의 열분해/연소시 발생하는 배가스의 가열속도에 따른 농도를 나타낸 것으로, CO 농도는 1℃/min에서 1,914ppm, 3℃/min에서 3,013ppm, 10℃/min에서 5,878ppm이 발생하였다.
- [0103] RPF의 CO 농도는 가열속도가 증가함에 따라 농도가 높게 나타났다. C_xH_y 는 모든 가열속도에서 발생하였으며, 3℃/min에서 0.54%로 가장 높게 발생하였다.
- [0104] 즉, 전술한 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터(10)에 의하면, 찰(char)와 RPF의 경우 가열속도가 증가함에 따라 불완전한 연소에 의한 CO 발생량이 증가하는 것과, 연소 분위기와 조건이 동일할 경우 무게가 증가할수록 CO 발생량이 증가하여 불완전연소 생성물이 생성되는 것을 파악할 수 있게 되는 것이다.
- [0105] 도 10은 1차 및 2차 연소기능을 활용한 찰(char)와 RPF의 열분해 연소 과정에서 검출된 배가스의 농도변화를 나타낸 그래프이다.
- [0106] 아래의 표 2에 나타낸 바와 같이, 1차 연소반응만을 적용하는 경우 많은 양의 불완전연소 생성물이 발생하는 것으로 나타났다.

[0107] <표 2>

가열 속도 (℃/min)	시료	최대 배출가스의 농도가 검출된 온도와 시간, 그 농도							
		시간 (min)	온도 (℃)	CO (ppm)	NO _x (ppm)	SO ₂ (ppm)	CO ₂ (%)	C _x H _y (%)	최 소 O ₂ (%)
1	Char-①	243	378	788	3	0	0.4	0	20.2
	Char-②	262	398	1	8	0	0.4	0	20.1
	RPF-①	249	383	1914	7	1	0.4	0.12	20.1
	RPF-②	267	402	0	27	0	1.2	0	18.9
3	Char-①	91	375	825	4	0	0.4	0.02	20.1
	Char-②	98	397	0	12	0	0.7	0	19.6
	RPF-①	101	406	3013	15	3	0.6	0.54	19.8
	RPF-②	99	400	65	73	0	5.8	0	10.5
10	Char-①	39	389	1450	7	0	0.7	0.06	19.6
	Char-②	45	448	0	14	0	0.7	0	19.6
	RPF-①	40	399	5878	83	10	6.6	0.22	9
	RPF-②	42	426	183	98	0	6.5	0	9.1

[0108]

[0109] 이때, ① ; 1차 열분해/연소 기능, ② ; 1차/2차 열분해/연소 기능이다.

[0110]

이러한 불완전연소 생성물의 2차 연소 후 불완전연소 생성물의 발생 정도를 알아보기 위해, 본 발명의 일실시예에 따라 2차 연소 기능을 추가하여 배가스를 분석한 결과, 표 2에 나타낸 바와 같이, 화(char)의 경우 1차 연소에 의해 발생된 CO 농도는 최소 788ppm에서 최대 1,450ppm이 발생하였으나, 1차/2차 연소에 의해서는 대부분의 CO가 발생하지 않았으며, C_xH_y 농도 또한 거의 발생하지 않았다.

[0111]

또한, RPF의 경우 1차 연소에 의한 CO 농도는 1,914ppm ~ 5,878ppm으로 높게 측정된 반면, 1차/2차 연소에 의하면 CO 농도는 3℃/min과 10℃/min에서 각각 65ppm, 183ppm이 발생하였다. 그리고, 1차 연소에 의하여는 C_xH_y가 발생하였으나, 1차/2차 연소에 의해서는 전혀 발생하지 않았다.

[0112]

즉, 1차 연소에서 생성된 불완전연소 생성물은 2차 연소에 의해 완전연소되거나, 농도가 줄어드는 것을 알 수 있다.

[0113]

이는, 열분해 과정에서 가연성 기체가 많이 생성되었으나, 2차 연소 과정에 의해 충분한 체류시간과 연소공기와의 혼합이 이루어진 것으로 판단되며, 이로 인해 완전연소가 될 수 있는 조건이 형성되어, 1차 연소에 의해 발생되었던 불완전연소 생성물인 CO의 농도가 2차 연소에 의해 급격히 감소하는 것을 볼 수 있다.

[0114]

즉, 본 발명의 일실시예에 따른 소각 및 열분해 시뮬레이터(10)에 의하면, 특정 연료에 대하여, 열분해 과정에서 생성되는 가연성 기체와 연소공기와의 충분한 혼합과, 2차 연소시간(법적기준 : 2sec)을 충분히 확보할 수 있는 연소실 용적의 설계 등 2차 연소과정을 고려한 에너지화 시설의 설계가 필요한지 유무를 판단할 수 있게 되는 것이다.

부호의 설명

[0115]

S : 시료

10 : 소각 및 열분해 시뮬레이터

20 : 하우징

27 : 투명창

30 : 연소실

31 : 1차 연소실

32 : 2차 연소실

34 : 온도센서

35 : 1차 분위기 가스 주입관

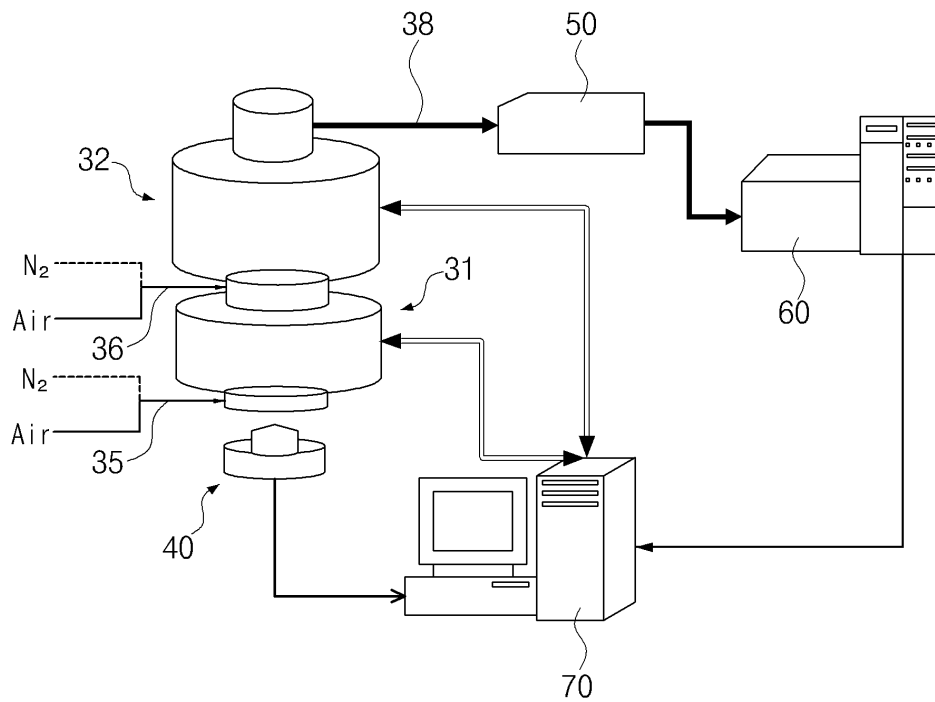
36 : 2차 분위기 가스 주입관

- | | |
|---------------------|------------------|
| 37 : 1차 연소가스 채취관 | 38 : 2차 연소가스 채취관 |
| 40 : 시료무게측정장치 | 41 : 측정저울 |
| 42 : 시료홀더 | 43 : 열차단캡 |
| 44 : 리드스크류 | 45 : 밀폐링 |
| 50 : 배가스 세정기 | 51 : 엠프티관 |
| 52 : 실리카 겔 필터 | 53 : 글라스 울 필터 |
| 60 : 배가스 측정장치 | |
| 70 : 온도제어 및 모니터링 장치 | |

도면

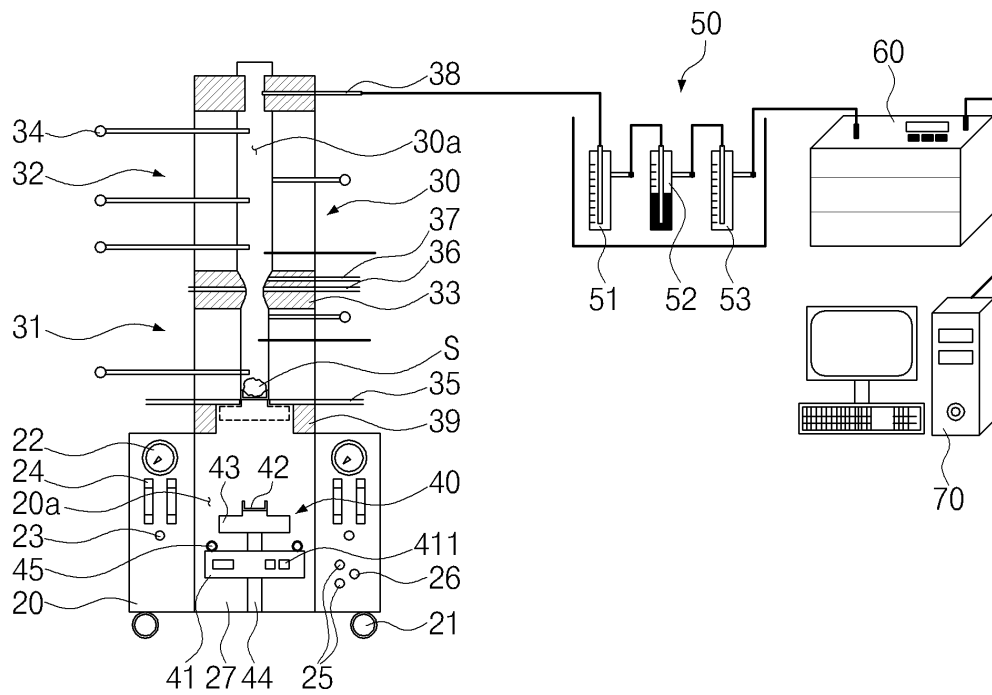
도면1

10

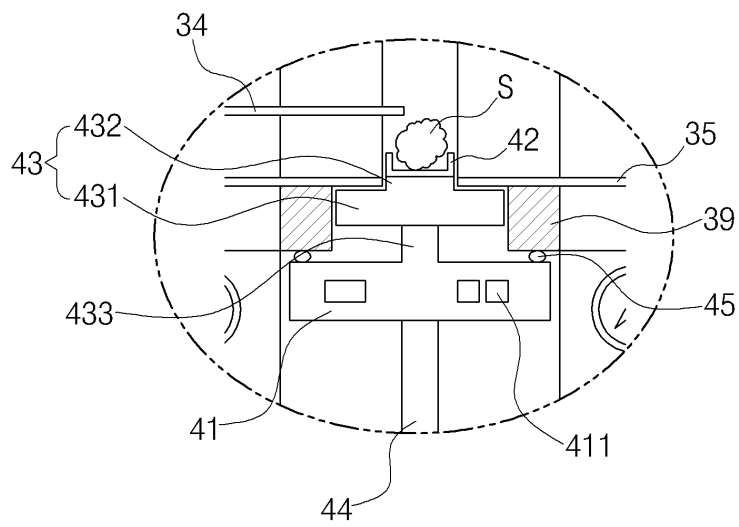


도면2

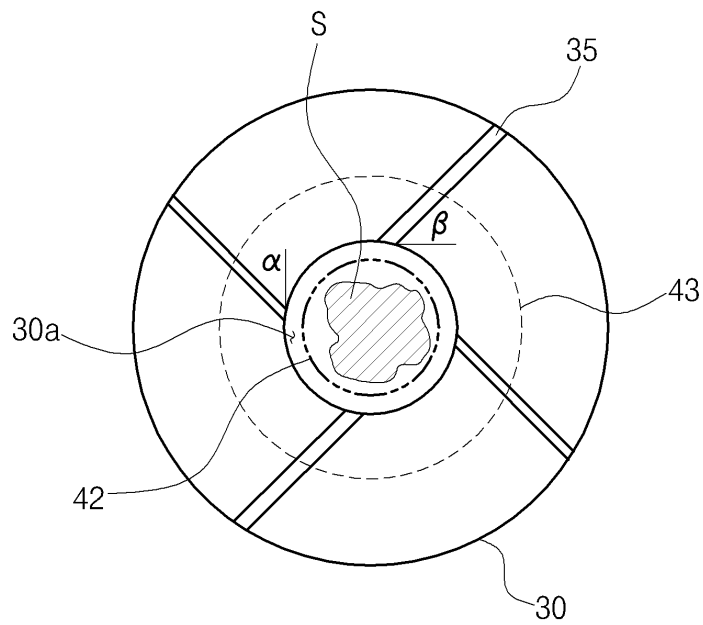
10



도면3



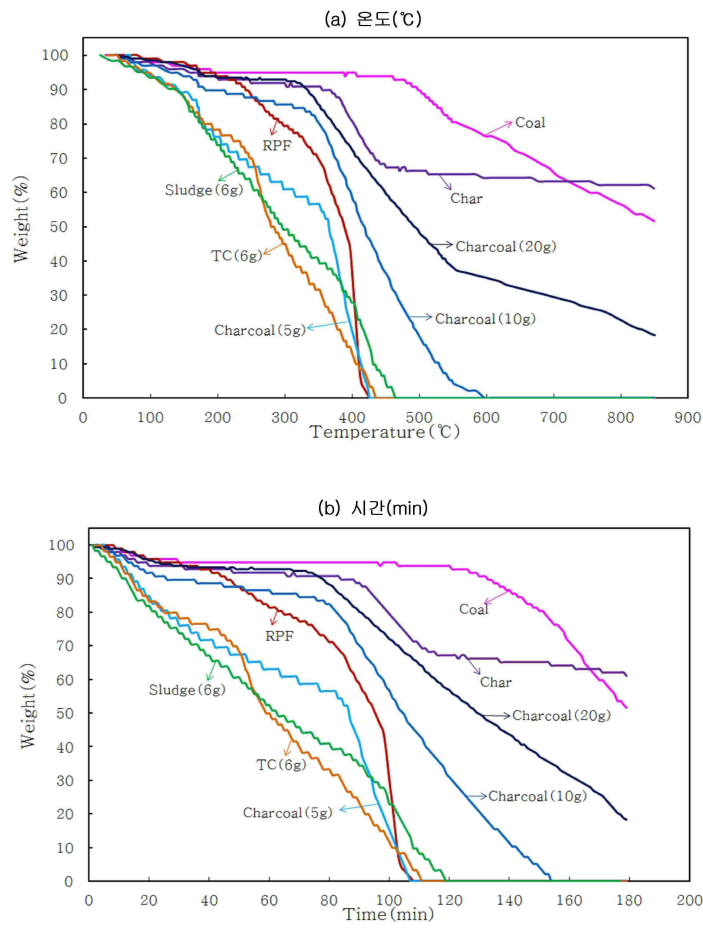
도면4



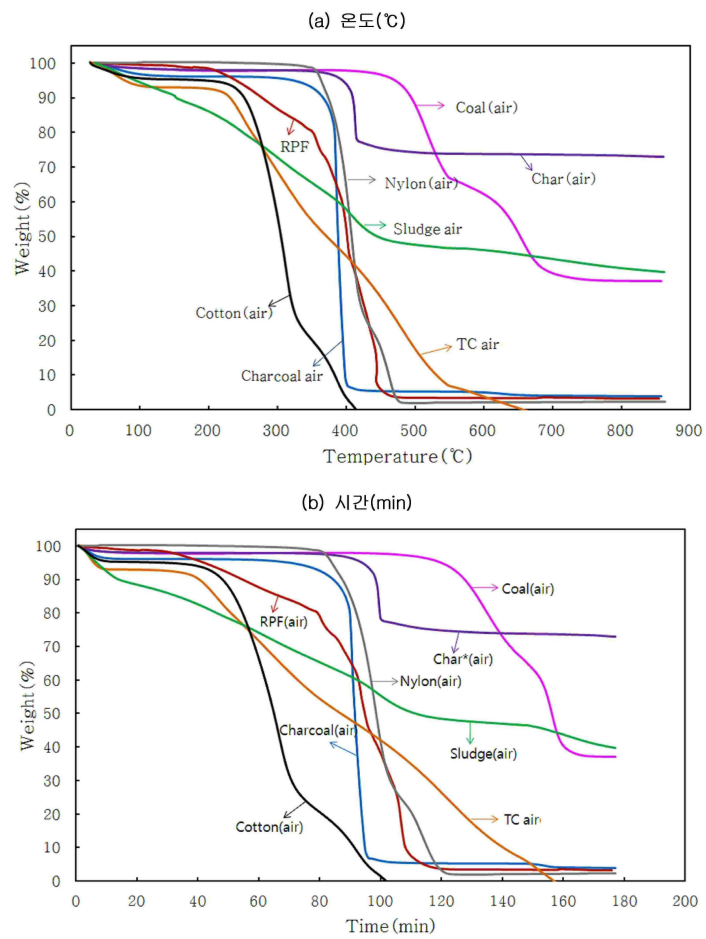
도면5



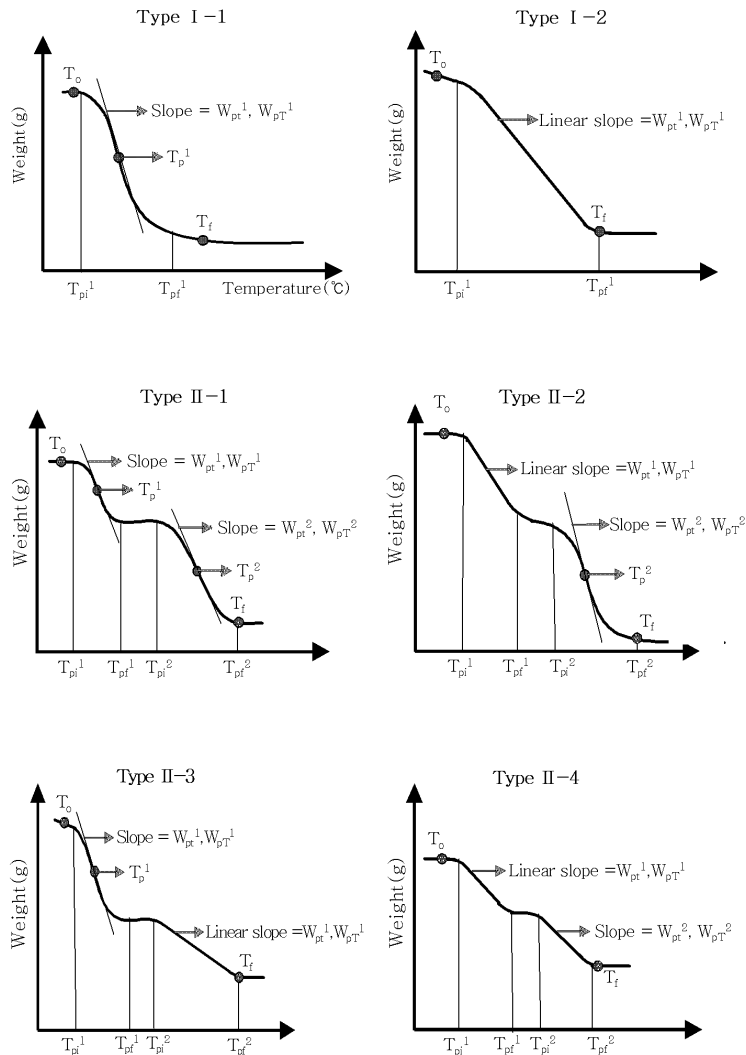
도면6



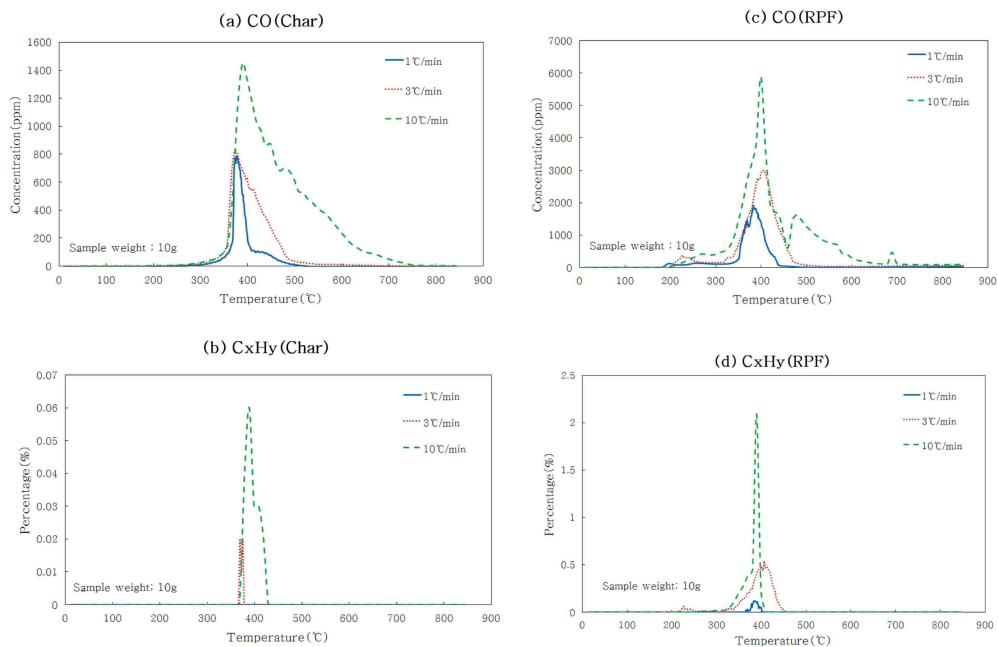
도면7



도면8



도면9



도면10

