(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0129579
(43) 공개일자 2012년11월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 53/32 (2006.01) *B01D 53/72* (2006.01)
A61L 9/22 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0047926
(22) 출원일자 2011년05월20일
심사청구일자 2011년05월20일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)
(72) 발명자
박현우
경기도 용인시 기흥구 탑실로 152, 탑실마을2단지 201동 1705호 (공세동)
박동화
서울특별시 서초구 잠원동 65-32 신반포7차아파트 303동 204호
(74) 대리인
이원희

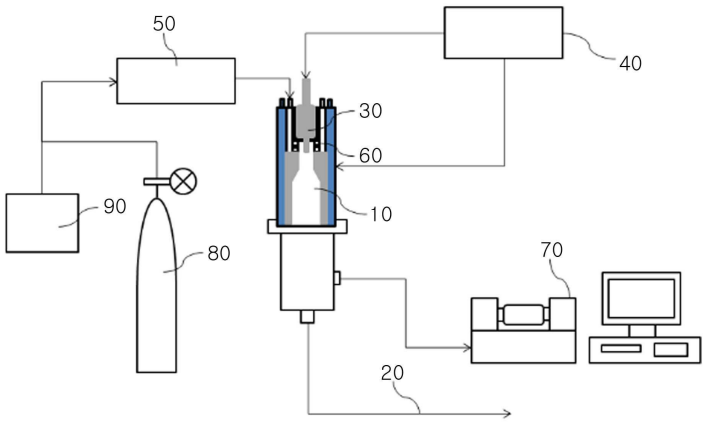
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 **로테이팅 아크 방전을 이용한 대기 중 휘발성 유기 화합물 처리장치 및 이를 이용한 분해방법**

(57) 요 약

로테이팅 아크를 이용한 휘발성 유기 화합물 가스 분해 처리장치 및 이를 이용한 분해방법을 개시한다. 로테이팅 아크를 이용한 휘발성 유기 화합물 가스 분해장치는 하부에 배기구(20)가 구비되어 있는 원통형 반응기(10), 상기 원통형 반응기(10) 내부에 두 개의 전극이 일정한 간격으로 장착된 전극부(30), 상기 원통형 반응기(10) 외부에 설치되며 상기 전극부(30)에 전기를 인가하여 로테이팅 아크 방전을 유도하는 고전압 발생부(40), 휘발성 유기 화합물 가스를 외부로부터 공급받아 저장하는 화합물 저장부(90), 공기 저장부(80), 휘발성 유기 화합물 가스와 공기를 혼합한 혼합가스를 상기 원통형 반응기(10)로 공급하는 혼합기(50), 상기 원통형 반응기(10) 내부에 구비되어 회전하면서 상기 혼합가스를 상기 반응기 내부 공급하는 투입부(60) 및 상기 배출가스를 정성, 정량 분석하기 위해 상기 배기구(20)와 연결된 FT-IR 분석부를 포함한다.

대 표 도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	40904-1
부처명	지식경제부
연구사업명	지역혁신센터(RIC) 사업 - 인하대학교 열플라즈마환경기술연구센터
연구과제명	열플라즈마를 이용한 환경오염물질 처리공정
주관기관	인하대학교 산학협력단
연구기간	2010.03.01 ~ 2011.02.28

특허청구의 범위

청구항 1

하부에 배기구(20)가 구비되어 있는 원통형 반응기(10);

상기 원통형 반응기(10) 내부에 두 개의 전극이 일정한 간격으로 장착된 전극부(30);

상기 원통형 반응기(10) 외부에 설치되며 상기 전극부(30)에 전기를 인가하여 로테이팅 아크 방전을 유도하는 고전압 발생부(40);

휘발성 유기 화합물 가스를 외부로부터 공급받아 저장하는 화합물 저장부(90);

공기 저장부(80);

휘발성 유기 화합물 가스와 공기를 혼합한 혼합가스를 상기 원통형 반응기(10)로 공급하는 혼합기(50);

상기 원통형 반응기(10) 내부에 구비되어 회전하면서 상기 혼합가스를 상기 반응기 내부 공급하는 투입부(60); 및

상기 배출가스를 정성, 정량 분석하기 위해 상기 배기구(20)와 연결된 FT-IR 분석부를 포함하는 로테이팅 아크를 이용한 휘발성 유기 화합물 가스 분해 처리장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 배기구(20)는,

상기 반응기에서 발생된 아크 방정에 의하여 분해된 화합가스의 배출 가스를 배출시키는 통로인 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크를 이용한 휘발성 유기 화합물 가스 분해 처리장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전극부(30)는,

상기 원통형 반응기(10) 내부에 수직으로 위치하며, 적어도 1개 이상의 원통형 전극 및 원뿔형 전극 각각을 구비하는 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크를 이용한 휘발성 유기 화합물 가스 분해 처리장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 고전압 발생부(40)는,

AC 전원 또는 DC 전원을 발생시키는 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크를 이용한 휘발성 유기 화합물 가스 분해 처리장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 투입부(60)는,

상기 혼합가스가 상기 반응기 내부로 회전하면서 투입될 수 있도록 가스 주입부분이 대각선 각도로 형성되는 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크를 이용한 휘발성 유기 화합물 가스 분해 처리장치.

청구항 6

휘발성 유기 화합물 가스 및 공기가 혼합된 혼합 가스를 원통형 반응기(10)에 주입시키는 주입 단계;

상기 혼합가스가 상기 반응기 내에 구비된 두 개의 전극 사이를 회전하다 상기 전극들 사이에 발생된 아크를 회전시키는 회전 단계; 및

상기 발생된 회전 아크 방전에 의해 상기 혼합 가스를 분해시키는 분해 단계를 포함하는 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 주입 단계는,

상기 휘발성 유기 화합물 가스를 45도 각도, 직경 3㎜로 형성된 주입구를 통해 주입시키는 단계인 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 주입 단계는,

상기 휘발성 유기 화합물 가스를 20 내지 100L/min로 조절하여 주입시키는 단계인 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 주입 단계는,

벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌인 휘발성 유기 화합물 가스를 주입하는 단계인 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 회전 단계는,

상기 주입 단계에서 공급되는 혼합 가스의 유량에 따라 회전하는 단계인 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 회전 단계의 평균 아크 회전수는,

상기 혼합 가스의 유량(20, 40, 60, 80, 100L/min)에 따라 각 900, 3120, 4680, 6300, 7140rpm인 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법.

청구항 12

제6항에 있어서,

상기 회전단계는,

5μsec 당, 전원 40kHz, 평균 입력전력이 565W로 로테이팅 아크 방전을 발생시키는 단계인 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법.

청구항 13

제6항에 있어서,

상기 분해 단계는,

혼합 가스(벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌)의 농도가 각각 600ppm이며 20L/min에서 79, 100, 100 %의 평균 분해율이 되도록 수행하는 단계인 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 분해 단계는,

상기 혼합가스(벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌)의 유량이 증가함에 따라 증가하며, 80L/min에서 각각 1.86, 2.24, 2.36μmol/J의 최대 분해효율이 되도록 수행되는 단계인 것을 특징으로 하는 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 화합물 처리장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 로테이팅 아크 방전을 이용한 대기 중 휘발성 유기 화합물 처리장치 및 이를 이용한 분해방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 휘발성 유기 화합물(Volatile Organic Compounds)은 유기 화학 물질로써 정상상태에서 대기 중으로 휘발되는 정도인 증기압이 충분히 높은 물질을 일컫는다.

[0003] 휘발성 유기 화합물은 대기중에 휘발되어 악취나 오존을 발생시키는 탄화수소화합물을 일컫는 말로, 피부접촉이나 호흡기 흡입을 통해 신경계에 장애를 일으키는 발암물질로써 알려져 있다.

[0004] 벤젠이나 포름알데히드, 톨루엔, 자일렌, 에틸렌, 스틸렌, 아세트알데히드 등을 통칭한다. 이들 휘발성 유기 화합물은 저농도에서도 악취를 유발하며, 화합물 자체로서도 환경 및 인체에 직접적으로 유해하거나 대기중에서 광화학반응에 참여하여 광화학산화물 등 2차 오염물질을 생성하기도 한다.

[0005] 휘발성 유기 화합물은 주로 석유화학, 정유, 도료, 도장공장의 제조와 저장장치, 자동차 배기가스, 페인트나 접착제 등 건축자재, 주유소의 저장탱크 등에서 발생한다.

[0006] 이러한 휘발성 유기 화합물을 제거 처리하는 종래 기술로는 비교적 초기 투자비가 저렴한 수동적인 활성탄 흡착

방식이 가장 많이 사용되고 있다. 하지만 소모성 활성탄을 주기적으로 교체하여야 하는 등 운영비가 높을 뿐 아니라 악취농도가 낮을 경우 제거 효율이 급격하게 저하하는 문제점을 가지게 된다.

[0007] 다른 기술로는 다단 약액 세정법이다. 이 방식은 산 또는 알칼리 용액과 반응시켜 화학적으로 산화, 환원시키기 때문에 제거 효율이 좋은 장점이 있지만, 초기 투자비용이 높은 것과 폐수 처리 문제를 가지고 있다.

[0008] 다음으로는 고온 소각방식이다. 주로 대형 공장에서 많이 이용되며, 탈취, 살균이 잘 되지만, 높은 투자비용과 고온으로 운전하는 운영비의 문제점을 가지고 있다.

[0009] 또한, 광촉매/자외선/오존 방식이 최근 신기술로 대두되고 있지만 빈번한 자외선램프 세척, 고가의 램프 비용, 상대적으로 낮은 분해율, 잔존 오존 처리 문제 등이 문제로 작용하고 있다.

[0010] 마지막으로 플라즈마 방식 및 플라즈마 촉매 혼합 방식이 있다. 플라즈마로는 pulsed corona discharge, dielectric barrier discharge, glow discharge, arc discharge 등을 포함하여 플라즈마 영역내에서 발생되는 이온과 라디칼 또는 전자에 의한 물리, 화학적 반응에 의해 분해하는 방법이다. 또한 플라즈마 촉매 혼합 방식은 플라즈마 내에서 발생된 오존 등과 같은 2차 오염 물질과 플라즈마에 의해 분해되지 못한 폐 가스를 촉매를 이용하여 2차 분해하는 형태이다. 하지만, 비교적 저효율 에너지 문제와 빈번한 전극 교체 등의 문제점을 가지고 있다.

[0011] 따라서 플라즈마를 이용한 휘발성 유기 화합물 폐 가스 처리장치에서는 에너지 효율과 전극 수명을 높여 오염가스 대용량처리 및 제거율을 최대화 할 수 있는 시스템이어야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 로테이팅 아크 방전을 이용하여 대기 중 휘발성 유기 화합물을 처리할 수 있는 처리방법을 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는 아크 회전에 의한 휘발성 유기 화합물 폐 가스를 효율적으로 분해하여 분해효과를 극대화할 수 있는 처리방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해장치는 하부에 배기구(20)가 구비되어 있는 원통형 반응기(10), 상기 원통형 반응기(10) 내부에 두 개의 전극이 일정한 간격으로 장착된 전극부(30), 상기 원통형 반응기(10) 외부에 설치되며 상기 전극부(30)에 전기를 인가하여 로테이팅 아크 방전을 유도하는 고전압 발생부(40), 휘발성 유기 화합물 가스를 외부로부터 공급받아 저장하는 화합물 저장부(90), 공기 저장부(80), 휘발성 유기 화합물 가스와 공기를 혼합한 혼합가스를 상기 원통형 반응기(10)로 공급하는 혼합기(50), 상기 원통형 반응기(10) 내부에 구비되어 회전하면서 상기 혼합가스를 상기 반응기 내부 공급하는 투입부(60) 및 상기 배출가스를 정성, 정량 분석하기 위해 상기 배기구(20)와 연결된 FT-IR 분석부를 포함한다.

[0015] 상기 배기구(20)는 상기 반응기에서 발생된 아크 방정에 의하여 분해된 화합가스의 배출 가스를 배출시키는 통로인 것을 특징으로 한다.

[0016] 상기 전극부(30)는 상기 원통형 반응기(10) 내부에 수직으로 위치하며, 적어도 1개 이상의 원통형 전극 및 원뿔형 전극 각각을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 상기 고전압 발생부(40)는 AC 전원 또는 DC 전원을 발생시키는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 투입부(60)는 상기 혼합가스가 상기 반응기 내부로 회전하면서 투입될 수 있도록 가스 주입부분이 대각선 각도로 형성되는 것을 특징으로 한다.

[0019] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시 예에 따른 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법은 휘발성 유기 화합물 가스 및 공기가 혼합된 혼합 가스를 원통형 반응기(10)에 주입시키는 주입 단계, 상기 혼합가스가 상기 반응기 내에 구비된 두 개의 전극 사이를 회전하다 상기 전극들 사이에 발생된 아크를 회전시키는 회전 단계 및 상기 발생된 회전 아크 방전에 의해 상기 혼합 가스를 분해시키는 분해 단계를 포함한다.

[0020] 상기 주입 단계는 상기 휘발성 유기 화합물 가스를 45도 각도, 직경 3㎜로 형성된 주입구를 통해 주입시키는 단계인 것을 특징으로 한다.

[0021] 상기 주입 단계는 상기 휘발성 유기 화합물 가스를 20 내지 100L/min로 조절하여 주입시키는 단계인 것을 특징으로 한다.

[0022] 상기 주입 단계는 벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌인 휘발성 유기 화합물 가스를 주입하는 단계인 것을 특징으로 한다.

[0023] 상기 회전 단계는 상기 주입 단계에서 공급되는 혼합 가스의 유량에 따라 회전하는 단계인 것을 특징으로 한다.

[0024] 상기 회전 단계의 평균 아크 회전수는 상기 혼합 가스의 유량(20, 40, 60, 80, 100L/min)에 따라 각 900, 3120, 4680, 6300, 7140rpm인 것을 특징으로 한다.

[0025] 상기 회전단계는 5㎲sec 당, 전원 40kHz, 평균 입력전력이 565W로 로테이팅 아크 방전을 발생시키는 단계인 것을 특징으로 한다.

[0026] 상기 분해 단계는 혼합 가스(벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌)의 농도가 각각 600ppm이며 20L/min에서 79, 100, 100%의 평균 분해율이 되도록 수행하는 단계인 것을 특징으로 한다.

[0027] 상기 분해 단계는 상기 혼합가스(벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌)의 유량이 증가함에 따라 증가하며, 80L/min에서 각각 1.86, 2.24, 2.36㎛ol/J의 최대 분해효율이 되도록 수행되는 단계인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0028] 본 발명에 따른 로테이팅 아크 방전은 평형상태와 비평형상태를 모두 지니고 있기 때문에 저온 플라즈마 범주에 속하면서도 열플라즈마의 성향을 띠고 있으며, 기존의 글라이딩 아크 방전과 비교하여 아크 회전에 의한 분해 효율을 극대화 할 수 있으며, 대드 볼륨(dead volume)이 적으며 단위 시간당 많은 양의 유체를 처리할 수 있고, 아크 회전에 의한 전극 수명 연장에 효과와 구조가 간단한 장점이 있어 휘발성 유기 화합물 발생 공정에 적용된다면 보다 효율적으로 처리할 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 도 1은 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 가스 분해 처리장치를 나타내는 개략도이다.

도 2는 도 1에 도시된 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법을 나타낸 플로우 챠트이다.

도 3은 본 발명이 가스 유량액에 따른 로테이팅 아크 유동 사진이다.

도 4는 본 발명의 가스 유량에 따른 로테이팅 아크 회전수를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 가스 유량에 따른 벤젠의 분해율을 나타낸 그래프이다.

도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 가스 유량에 따른 톨루엔의 분해율을 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 메타-자일렌의 분해율을 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 가스 유량에 따른 벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌에 에너지 효율 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 벤젠의 분해 전후 배출가스를 FT-IR을 통해 정성 분석한 스펙트럼을 나타낸 그래프이다.

도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 톨루엔의 분해 전후 배출가스를 FT-IR을 통해 정성 분석한 스펙트럼을 나타낸 그래프이다.

도 11은 본 발명의 일 실시 예에 따른 메타-자일렌의 분해 전후 배출가스를 FT-IR을 통해 정성 분석한 스펙트럼이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 더욱 상세히 설명하도록 한다.

[0031] 본 발명에 첨부된 도면은 설명의 편의를 위한 것이며, 그 형상과 상대적인 척도는 과장되거나 생략될 수 있다.

[0032] 이하, 첨부한 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 상세히 설명하지만, 본 발명이 실시 예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0033] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 가스 분해 장치를 나타낸 개략도이다.

[0034] 도 1을 참조하면, 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 가스 분해 처리장치는 원통형 반응기(10), 전극부(30), 고전압 발생부(40), 화합물 저장부(90), 공기 저장부(80), 혼합기(50), 투입부(60) 및 FT-IR 분석기(70)를 포함한다.

[0035] 상기 원통형 반응기(10)는 원통형으로 형성되며, 하부에 배기구(20)가 구비된다.

[0036] 상기 전극부(30)는 상기 원통형 반응기(10) 내부에 구비되며, 두 개의 전극이 일정한 간격으로 장착되도록 형성된다.

[0037] 상기 고전압 발생부(40)는 상기 원통형 반응기(10) 외부에 설치되며 상기 전극부(30)에 전기를 인가하여 로테이팅 아크 방전을 유도한다.

[0038] 상기 화합물 저장부(90)는 휘발성 유기 화합물 가스를 외부로부터 공급받아 저장한다.

[0039] 상기 혼합기(50)는 휘발성 유기 화합물 가스와 공기를 혼합한 혼합가스를 상기 원통형 반응기(10)로 공급하는 역할을 수행한다.

[0040] 상기 투입부(60)는 상기 원통형 반응기(10) 내부에 구비되어 회전하면서 상기 혼합가스를 상기 반응기 내부 공급한다.

[0041] 상기 FT-IR 분석기는 상기 배출가스를 정성, 정량 분석하기 위해 상기 배기구(20)와 연결된다.

[0042] 보다 상세하게는, 상기 원통형 반응기(10)는 원통의 형태를 취하며, 내 벽면은 일정 직경을 갖는 원통형 내부공간을 제공한다. 상기 내부공간에서는 전극부(30)가 수직으로 위치하며, 내벽면의 내주면과 전극부(30) 외주면

의 사이 공간에 아크 방전에 의한 플라즈마영역이 형성된다.

[0043] 상기 원통형 반응기(10)의 하부에는 배기구(20)가 구비된다.상기 배기구(20)는 반응기에 공급된 휘발성 유기 화합물 가스가 반응기에서 아크 방전에 의하여 분해된 후 배출 가스가 배출되는 통로이다. 이때, 상기 배출 가스 중 부산물로 이산화탄소, 일산화탄소가 생성된다.(도 9 및 도 10 참조).

[0044] 또한 상기 배출 가스를 정성, 정량 분석하기 위해 배기구(20) 말단에 FT-IR과 같은 분석장치를 구비할 수 있다.

[0045] 다음으로, 상기 전극부(30)는 상기 원통형 반응기(10) 내부에 수직으로 위치하며, 하나에 전극은 원통형 모양이고, 다른 한 개에 전극은 원뿔 모양을 가지고 있다.

[0046] 상기 두 개에 모양을 가진 전극 사이로 아크 방전이 일어나게 된다.

[0047] 다음으로, 상기 고전압 발생부(40)는 상기 전극부(30)에 전기를 인가하여 로테이팅 아크를 유도하는 역할을 한다. 이때, 인가되는 전원은 고전압 AC 전원 또는 고전압 DC 전원을 사용하는 것이 바람직하다.

[0048] 다음으로, 상기 혼합기(50)는 원료가스인 휘발성 유기 화합물 가스와 공기를 혼합시켜 반응기 내부로 공급하는 역할을 한다.

[0049] 이때 상기 혼합기(50)를 통하여 고순도의 휘발성 유기 화합물 가스와 공기를 혼합시켜 휘발성 유기 화합물의 농도를 다양하게 조절할 수 있다.

[0050] 다음으로, 상기 투입부(60)분은 휘발성 유기 화합물과 공기 혼합가스를 회전하면서 반응기 내부로 투입될 수 있도록 가스 주입부분이 대각선 각도로 이루어져 있으며, 자석을 이용하여 플라즈마 유체를 회전시키는 것과 다르게 물리적으로 회전하여 반응기 내부로 투입되도록 하였다.

[0051] 본 발명에 따른 장치에 있어서, 사용되는 휘발성 유기 화합물 가스는 벤젠, 톨루엔, 메타 자일렌, 등을 포함한 휘발성 유기 화합물 가스를 사용할 수 있으며, 상기 혼합기(50)를 통하여 농도가 조절된 휘발성 유기 화합물 가스는 45도 각도, 직경 3㎜ 6개 구멍을 통해 상기 원통형 반응기(10)로 공급된다.

[0052] 상기 원통형 반응기(10)에 공급되는 휘발성 유기 화합물과 공기 혼합가스의 유량은 20~100L/min로 조절되었다.

[0053] 만일 상기 혼합가스에 유량이 너무 작으면 가스 회전에 의한 아크 회전이 작아 로테이팅 아크에 효과가 적어지며, 분해효율이 작아진다.

[0054] 또한, 유량이 너무 크면 반응기 내 체류시간이 줄어들어 반응이 충분히 일어나지 못하여 분해율과 분해효율이 감소하는 문제가 있다.

[0055] 도 2는 도 1에 도시된 로테이팅 아크 방전을 이용한 휘발성 유기 화합물 분해방법을 나타낸 플로우 챠트이다.

[0056] 도 2를 참조하면, 본 실시 예에 따른 휘발성 유기 화합물 가스 분해장치를 이용하여 휘발성 유기 화합물 가스를 분해하는 방법은 주입 단계(S10), 회전 단계(S20) 및 분해 단계(S30)를 포함한다.

[0057] 상기 주입 단계(S10)는 휘발성 유기 화합물 가스 및 공기가 혼합된 혼합 가스를 원통형 반응기(10)에 주입시키는 단계일 수 있다.

[0058] 상기 회전 단계(S20)는 상기 혼합가스가 상기 반응기 내에 구비된 두 개의 전극 사이를 회전하다 상기 전극들 사이에 발생된 아크를 회전시키는 단계일 수 있다.

[0059] 상기 분해 단계(S30)는 상기 발생된 회전 아크 방전에 의해 상기 혼합 가스를 분해시키는 단계일 수 있다.

[0060] 보다 구체적으로, 상기 주입 단계(S10)는 처리 대상 휘발성 유기 화합물 가스를 물리적으로 유체를 회전시킬 수 있는 투입부(60)분을 통과하면서 유체는 회전하면서 반응기에 도입시키는 단계이다.

[0061] 상기 주입 단계(S10)에서는 혼합기(50)를 통해 휘발성 유기 화합물 가스, 예를 들면 벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌 등을 공기와 혼합하여 반응기에 도입시키게 되며, 이때 일정한 아크 회전을 위하여 적정한 유량을 조절하는 것이 바람직하다.

[0062] 상기 회전 단계(S20)는 상기 주입 단계(S10)에서 도입된 휘발성 유기 화합물 가스가 두 개의 전극 사이를 회전하여 지나면서 전극 사이에 발생된 아크를 회전시키는 단계일 수 있다.

[0063] 상기 회전 단계(S20)에서 아크 방전은 반응기 내의 서로 다른 두 개의 전극사이에서 발생되며, 상기 원통형 반응기(10)에 도입된 휘발성 유기 화합물 가스는 이 전극 사이를 회전하여 통과하면서 발생된 아크를 회전시켜 플라즈마 영역이 형성된다.

[0064] 이때 상기 원통형 반응기(10)에 주입된 가스의 유량은 평균 아크 회전수와 거의 비례적으로 증가하며, 아크 회전은 분해효율에 영향을 준다.

[0065] 다음으로, 상기 분해 단계(S30)는 상기 회전 단계에서 발생된 회전 아크에 의해서 휘발성 유기 화합물이 분해되는 단계이다. 상기 분해 단계(S30)에서 분해되는 과정은 크게 두 가지 영향에 의해 진행되어진다.

[0066] 첫 번째는 공기 중에 포함된 산소에 의해 산화되는 산화반응이며, 두 번째는 플라즈마 영역에서 존재하는 라디칼, 이온 또는 전자에 의해 분해반응이다.

[0067] 분해율은 유량이 작을 때 가장 좋으며 유량이 증가할수록 감소된다. 플라즈마 영역을 지난 이후의 분해가스를 분해 측정을 위하여 FT-IR과 같은 분석기를 통과시킬 수 있다.

[0068] 도 3은 본 발명이 가스 유량액에 따른 로테이팅 아크 유동 사진이며, 도 4는 본 발명의 가스 유량에 따른 로테이팅 아크 회전수를 나타낸 그래프이며, 도 5는 본 발명의 일 실시 예에 따른 가스 유량에 따른 벤젠의 분해율을 나타낸 그래프이며, 도 6은 본 발명의 일 실시 예에 따른 가스 유량에 따른 톨루엔의 분해율을 나타낸 그래프이며, 도 7은 본 발명의 일 실시 예에 따른 메타-자일렌의 분해율을 나타낸 그래프이며, 도 8은 본 발명의 일 실시 예에 따른 가스 유량에 따른 벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌에 에너지 효율 그래프이며, 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 벤젠의 분해 전후 배출가스를 FT-IR을 통해 정성분석한 스펙트럼을 나타낸 그래프이며, 도 10은 본 발명의 일 실시 예에 따른 톨루엔의 분해 전후 배출가스를 FT-IR을 통해 정성분석한 스펙트럼을 나타낸 그래프이며, 도 11은 본 발명의 일 실시 예에 따른 메타-자일렌의 분해 전후 배출가스를 FT-IR을 통해 정성 분석한 스펙트럼이다.

[0069] 이하, 본 발명을 실시 예를 통해 보다 구체적으로 설명한다. 그러나, 하기 실시 예는 본 발명을 설명하기 위한 것일 뿐, 하기 실시 예에 의하여 본 발명의 권리범위가 한정되는 것은 아니다.

[0070] <실시 예1> 가스 유량에 따른 아크 회전수 측정

[0071] 도 1에 도시된 휘발성 유기 화합물 가스 분해장치에서 아크 발생 장치 끝부분에서 고속 카메라를 이용하여 아크 움직임을 촬영하여 분석하였다.

[0072] (1) 휘발성 유기 화합물 가스 분해 장치

[0073] 반응관의 내경은 20㎜ 길이 40㎜의 원통형이며, 반응관 내 전극의 외경은 12㎜ 재질은 반응관 내 전극은 텅스텐이고 다른 전극은 구리를 사용했다.

[0074] 반응 가스는 양 전극 사이에 6㎜ 튜브를 이용하여 투입하였고 유체 회전을 위하여 양 전극 사이에 45도 각도 내경이 3㎜ 6개 구멍을 이용하여 투입하였다.

[0075] 이때 두 전극간 거리는 1.5㎜이다. 플라즈마 발생전원은 고전압 AC 전원 발생장치(ENTECHNOLOGIES, IHP-1002)를 이용하여 아크방전을 발생시켰다. 전원 발생장치의 출력 주파수는 40kHz, On time을 5㎲sec로 고정시켰다.

[0076] 실험에서 로테이팅 아크 플라즈마 방전관으로 인가하는 실제 전력을 측정하기 위해 오실로스코프(TEKTRONIX, TDS3012C)를 이용하였으며, 전압프로브(TEKTRONIX, P6015A)와 전류프로브(TEKTRONIX, TCPA300, 150A)를 사용하여 측정하였다. 실제 인가된 평균 전력은 약 565W이다.

[0077] 원통형 반응기(10)에 투입되는 가스의 유량은 MFC(mass flow meter)를 사용하여 조절하였다. 상기 원통형 반응기(10) 내에서 로테이킹 아크 방전 플라즈마에 의해 분해된 가스는 반응기(10)에 연결된 튜브에 의해 FT-IR로 포집되어 가스의 분해율 및 분해효율을 관찰하였고 분해 후 가스 내에 남아있는 성분들을 분석하였다.

[0078] (2) 아크 회전수 분석

[0079] 참고로, 도 3은 가스 유량에 따른 아크 유동 사진이며, 도 4는 가스 유량에 따른 로테이팅 아크 회전수를 나타낸다.

[0080] 도 3에서 보면 유량이 커질수록 아크 회전이 많아지며 플라즈마 부피가 줄어든다. 이를 통해 보면 유량이 커질수록 반응관 내에 가스 체류시간이 줄어들어 플라즈마 온도가 떨어지는 것을 알 수 있다.

[0081] 도 4에서는 유량이 커질수록 평균 아크 회전수는 거의 비례적으로 증가한다. 이를 통해 유량이 증가할수록 아크 회전에 의한 효과가 커짐을 알 수 있다.

[0082] <실험 예2> 분해율 및 분해효율 측정

[0083] 공기와 함께 벤젠, 톨루엔 또는 메타-자일렌을 각각 MFC(Mass Flow Meter)를 조절하여 혼합기(50)로 유입한 후 공기와 충분히 혼합된 각각의 가스가 상기 원통형 반응기(10)로 흘러가는 유량은 20, 40, 60, 80, 100 L/min으로 조절하였다. 분해된 가스의 분해율 및 분해효율을 분석하기 위해 도입된 기체의 농도는 600 ppm으로 고정하였다. 측정 결과를 도 5 내지 도 8에 나타내었다.

[0084] 도 5 내지 도 8에서 나타낸 바와 같이, 가장 안전한 물질인 벤젠의 경우 20L/min에서 최대 79% 분해되었으며, 톨루엔, 메타-자일렌의 경우 20L/min에서 거의 100% 분해되었다. 또한 유량이 증가함에 따라 반응기 내 체류시간이 줄어들어 반응이 충분히 일어나지 못하여 분해율이 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0085] 분해효율은 도 8에서 나타낸 바와 같이, 벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌의 분해효율은 유량이 증가하면서 증가하다가 80L/min에서 최대이며 100L/min일 때 다시 감소하는 것을 확인할 수 있다. 유량이 증가하면서 분해효율이 증가하는 것은 아크 회전에 의한 영향으로 유량 증가에 따른 아크 회전수가 증가하여 휘발성 유기 화합물 폐 가스와 아크의 접촉률이 증가하는 요인으로 생각한다. 또한 100L/min에서 분해효율이 감소하는 것은 유량이 너무 많으면 반응기 내에 체류시간 감소와 플라즈마에 온도 하강에 의한 영향으로 생각한다.

[0086] <실험 3> 배출 가스 정성분석

[0087] 실험 예 2에서 벤젠, 톨루엔, 메타-자일렌을 분석한 후, 배출 가스를 FT-IR을 통해 정성분석하여 그 결과를 각각 도 9 내지 도 11에 나타내었다.

[0088] 도 9 내지 도 11에 나타낸 바와 같이, 공기를 희석가스로 사용할 경우 배출가스로 CO, CO2, NO, NO2가 공통적으로 생성되었으며, 분해되지 못한 벤젠, 톨루엔, 메타 자일렌을 확인할 수 있다. 도 9 내지 도 11은 유량 40L/min에서 분석한 FT-IR결과이다.

[0089] 따라서, 본 발명에 따른 로테이팅 아크 방전은 평형상태와 비 평형상태를 모두 지니고 있기 때문에 저온 플라즈마 범주에 속하면서도 열플라즈마의 성향을 띠고 있으며, 기존의 글라이딩 아크 방전과 비교하여 아크 회전에 의한 분해 효율을 극대화 할 수 있다.

[0090] 또한, 대드 볼륨(dead volume)이 적으며 단위 시간당 많은 양의 유체를 처리할 수 있고, 아크 회전에 의한 전극 수명 연장에 효과와 구조가 간단한 장점이 있어 휘발성 유기 화합물 발생 공정에 적용된다면 보다 효율적으로 처리할 수 있는 효과가 있다.

[0091] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 균등한 다른 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 고안의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0092] 10 : 원통형 반응기 20: 배기구

30 : 전극부 40 : 전원공급부

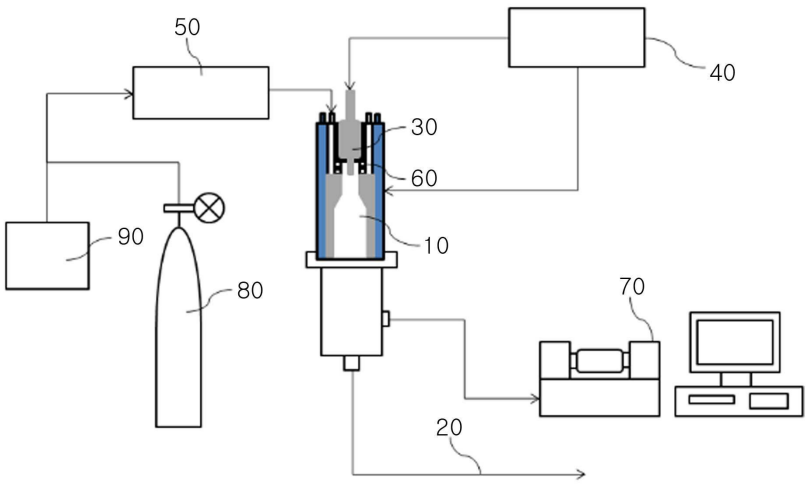
50 : 혼합기 60 : 투입부

70 : 분석기(FT-IR) 80 : 공기 저장부

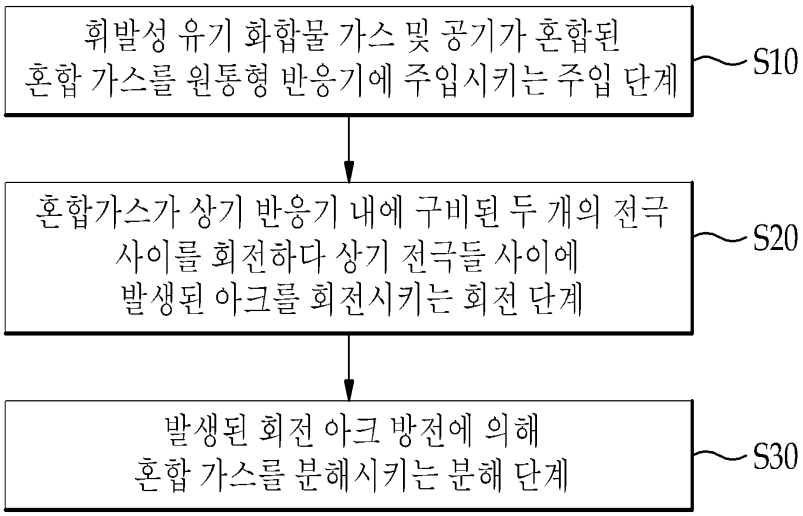
90 : 화합물 저장부

도면

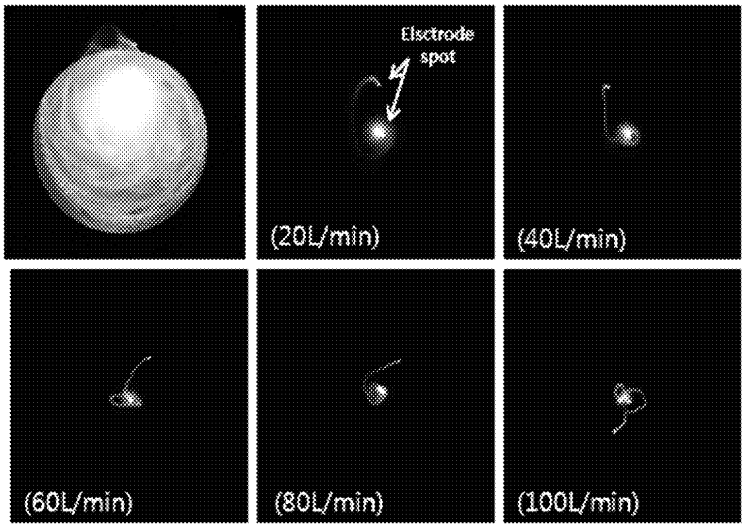
도면1



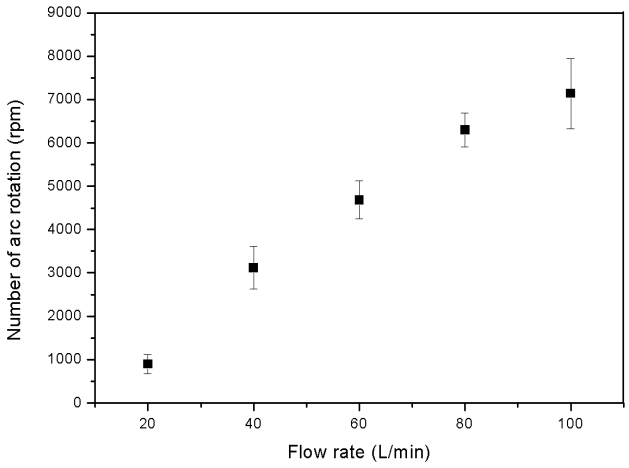
도면2



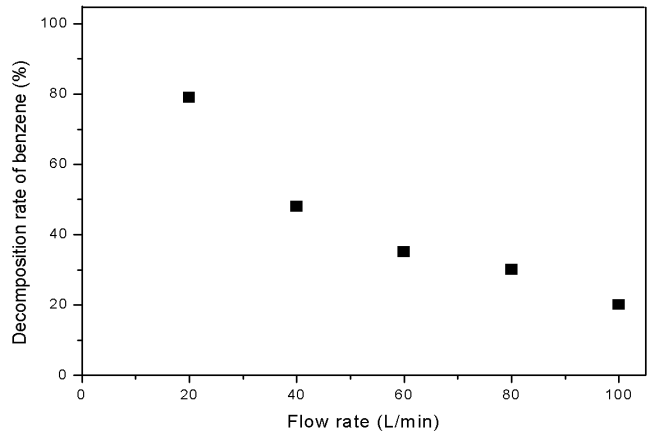
도면3


Elsctrode
spot
(20L/min)
(40L/min)
(60L/min)
(80L/min)
(100L/min)

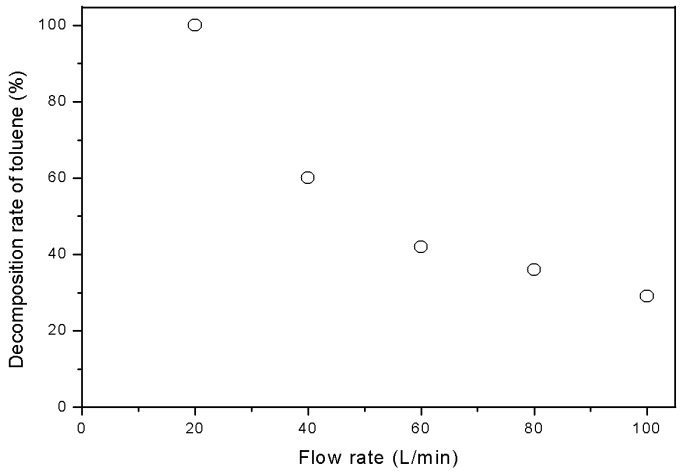
도면4


Number of arc rotation (rpm)
9000
8000
7000
6000
5000
4000
3000
2000
1000
0
20
40
60
80
100
Flow rate (L/min)

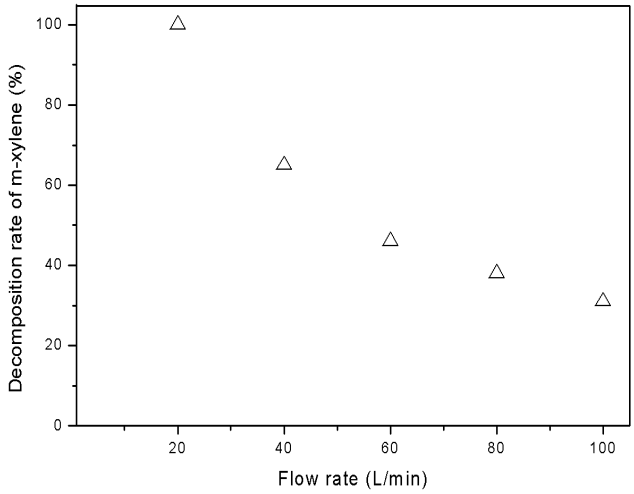
도면5


Decomposition rate of benzene (%)
Flow rate (L/min)
0
20
40
60
80
100

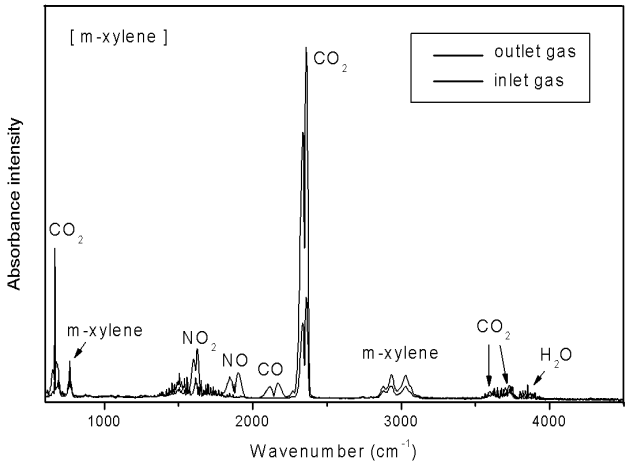
도면6


Decomposition rate of toluene (%)
Flow rate (L/min)
0
20
40
60
80
100

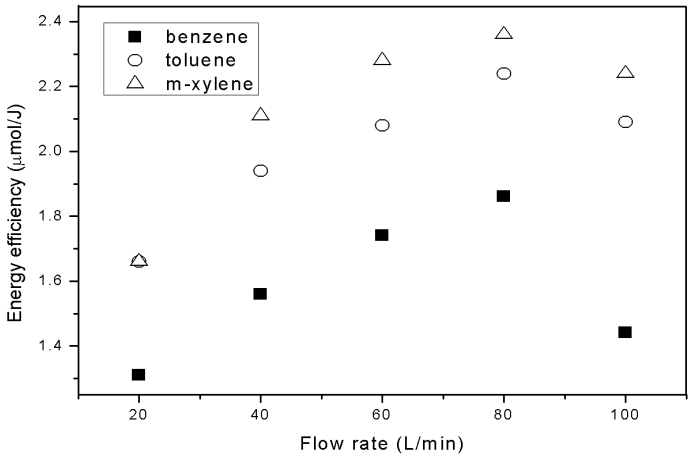
도면7


Decomposition rate of m-xylene (%)
Flow rate (L/min)
0
20
40
60
80
100
20
40
60
80
100

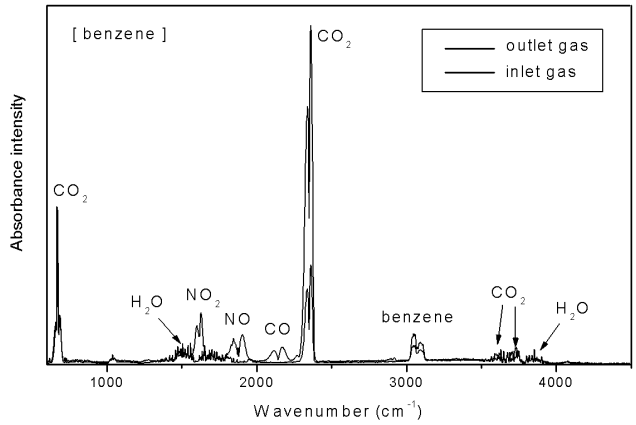
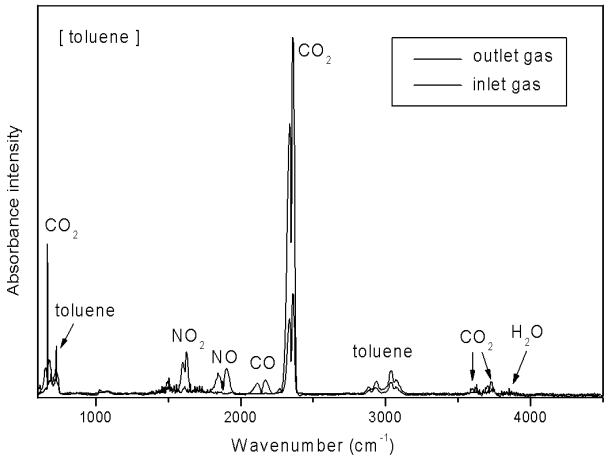
도면8


[m-xylene]
outlet gas
inlet gas
Absorbance intensity
Wavenumber (cm-1)
CO2
m-xylene
NO2
NO
CO
CO2
m-xylene
CO2
H2O
1000
2000
3000
4000

도면9



도면10



도면11