

(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0056058

(43) 공개일자 2020년05월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C10G 1/10 (2006.01) C10B 53/07 (2006.01)

C10G 1/00 (2006.01) C10G 31/09 (2006.01)

C10G 5/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C10G 1/10 (2013.01)

C10B 53/07 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0139918

(22) 출원일자 2018년11월14일

심사청구일자 2018년11월14일

(71) 출원인

연세대학교 원주산학협력단

강원도 원주시 흥업면 연세대길 1

(72) 발명자

최항석

강원도 원주시 지정면 가곡로 50, 1006동 402호(원주 롯데캐슬 더퍼스트)

박훈채

강원도 원주시 소삼터길 48-1, 202호(단계동)

(74) 대리인

김보민

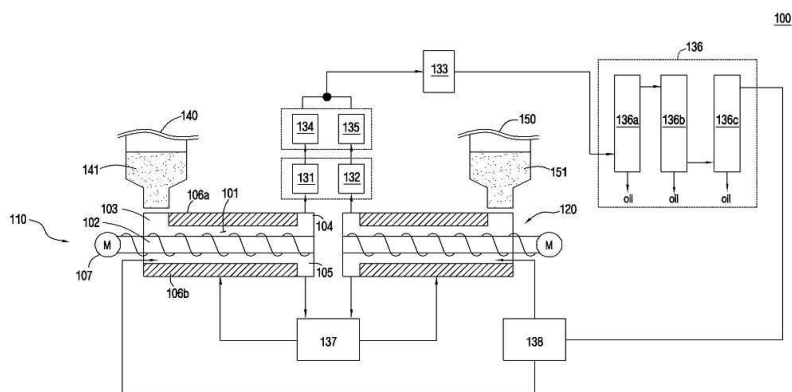
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 바이오매스와 고분자 폐기물의 혼합 열분해 장치 및 이를 이용한 열분해 오일의 제조방법

## (57) 요약

바이오매스와 고분자 폐기물을 각각 열분해 반응시켜 열분해 오일을 제조할 수 있는 바이오매스와 고분자 폐기물의 혼합 열분해 장치가 제공된다. 혼합 열분해 장치는, 바이오매스와 고분자 폐기물을 각각의 반응기를 통해 최적의 열분해 반응 온도에서 급속 열분해 반응시켜 필터링 및 개질하여 취합한 후 응축시킴으로써, 바이오매스와 고분자 폐기물의 열분해 반응 효율을 높이면서 고품질의 열분해 오일에 대한 생산 수율을 높일 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*C10G 1/002* (2013.01)

*C10G 31/09* (2013.01)

*C10G 5/06* (2013.01)

*C10G 2300/1003* (2013.01)

*C10G 2300/1011* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711069273

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)

연구과제명 고분자 폐기물 기반 고발열량 연료 및 탄화수소계 물질 통합 생산 공정 및 Scale-Up 최적  
설계 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 연세대학교(원주캠퍼스)

연구기간 2018.03.01 ~ 2019.02.28

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

공급되는 바이오매스를 타측으로 이송하면서 상기 바이오매스를 급속 열분해 반응시키는 제1반응기;  
공급되는 고분자 폐기물을 타측으로 이송하면서 상기 고분자 폐기물을 급속 열분해 반응시키는 제2반응기;  
상기 제1반응기 및 제2반응기 각각의 타측 가스 배출구에서 배출되는 고온가스를 여과하는 여과모듈; 및  
상기 여과모듈을 통과한 고온가스를 응축하여 열분해 오일을 생산하는 응축모듈을 포함하고,  
상기 제1반응기 및 제2반응기 각각의 내부에는 일 방향으로 회전되어 상기 바이오매스 및 고분자 폐기물을 타측으로 이송하는 스크류가 구비된 것을 특징으로 하는 혼합 열분해 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
상기 제1반응기 및 제2반응기 각각은,  
내부에 상기 바이오매스 및 고분자 폐기물을 이송하는 상기 스크류가 삽입되어 결합되는 중공형의 몸체;  
상기 몸체의 외주면을 둘러싸는 하나 이상의 가열부재;  
상기 바이오매스 및 고분자 폐기물 각각의 최적 열분해 반응온도 범위에 기초하여 상기 가열부재 및 상기 스크류 각각에 열을 제공하는 가열기;  
상기 스크류를 일 방향으로 회전시키는 모터; 및  
상기 모터의 회전 속도를 제어하는 모터제어기와 상기 가열기의 발생 열 온도를 제어하는 온도제어기가 구비된 제어부를 포함하는 혼합 열분해 장치.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,  
상기 여과모듈은,  
상기 제1반응기에서 배출되는 고온가스를 필터링 하는 제1여과기;  
상기 제2반응기에서 배출되는 고온가스를 필터링하는 제2여과기; 및  
상기 제1여과기 및 제2여과기 각각을 통과한 가스를 취합하여 필터링하는 제3여과기를 포함하는 혼합 열분해 장치.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,  
상기 제1여과기 및 제2여과기 각각은,  
적어도 2개가 직렬 연결되어 배치되는 사이클론 집진기인 것을 특징으로 하는 혼합 열분해 장치.

#### 청구항 5

제3항에 있어서,  
상기 제1여과기와 상기 제3여과기 사이에 배치되어 상기 제1여과기를 통과한 가스를 촉매 반응시켜 개질하는 제1촉매; 및  
상기 제2여과기와 상기 제3여과기 사이에 배치되어 상기 제2여과기를 통과한 가스를 촉매 반응시켜 개질하는 제

2축매를 더 포함하는 혼합 열분해 장치.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 응축모듈은,

상기 여과모듈을 통과한 고온가스를 응축하여 상기 열분해 오일을 생산하는 제1응축기;

상기 제1응축기를 통과한 가스를 응축하여 상기 열분해 오일을 생산하는 제2응축기; 및

상기 제2응축기를 통과한 가스를 코로나 방전을 통해 집진하여 상기 열분해 오일을 생산하는 전기집진기를 포함하는 혼합 열분해 장치.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 전기집진기의 외벽을 가열하여 상기 열분해 오일의 점도를 감소시키는 전기히터를 더 포함하는 혼합 열분해 장치.

#### 청구항 8

제6항에 있어서,

상기 제1응축기와 상기 제2응축기는 직렬 연결되어 배치된 것을 특징으로 하는 혼합 열분해 장치.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1반응기의 주입구에 상기 바이오매스를 공급하는 제1공급기;

상기 제2반응기의 주입구에 상기 고분자 폐기물을 공급하는 제2공급기;

상기 제1공급기 및 제2공급기 각각의 내부에 캐리어 가스를 공급하는 가스 공급기;

상기 제1반응기 및 제2반응기 각각의 타측 부산물 배출구에서 배출되는 부산물을 연소시키는 부산물 연소기; 및

상기 응축모듈에서 배출되는 비응축가스를 상기 제1반응기 및 제2반응기 내부로 공급하는 송풍기를 더 포함하는 혼합 열분해 장치.

#### 청구항 10

제1반응기의 일측 주입구를 통해 공급된 바이오매스를 내부의 스크류를 회전시켜 타측으로 이송하면서 급속 열분해 반응시켜 제1고온가스를 배출하는 단계;

제2반응기의 일측 주입구를 통해 공급된 고분자 폐기물을 내부의 스크류를 회전시켜 타측으로 이송하면서 급속 열분해 반응시켜 제2고온가스를 배출하는 단계;

상기 제1고온가스와 상기 제2고온가스 각각을 필터링하고, 필터링된 가스를 축매 반응시켜 개질하는 단계; 및

필터링 및 개질된 가스를 응축시켜 열분해 오일을 생산하는 단계를 포함하고,

상기 제1고온가스를 배출하는 단계 및 상기 제2고온가스를 배출하는 단계는 병렬로 함께 진행되는 것을 특징으로 하는 혼합 열분해 장치를 이용한 열분해 오일의 제조방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1고온가스를 배출하는 단계는,

상기 제1반응기의 외면 및 스크류를 450~550℃의 범위 내에서 가열하여 상기 바이오매스를 열분해 반응시키는 단계를 더 포함하는 혼합 열분해 장치를 이용한 열분해 오일의 제조방법.

## 청구항 12

제10항에 있어서,

상기 제2고온가스를 배출하는 단계는,

상기 제2반응기의 외면 및 스크류를 400~450℃의 범위 내에서 가열하여 상기 고분자 폐기물을 열분해 반응시키는 단계를 더 포함하는 혼합 열분해 장치를 이용한 열분해 오일의 제조방법.

## 청구항 13

제10항에 있어서,

상기 제1고온가스와 상기 제2고온가스 각각을 필터링하고, 필터링된 가스를 촉매 반응시켜 개질하는 단계는,

상기 제1고온가스 및 상기 제2고온가스 각각을 1차 필터링하는 단계;

1차 필터링 된 제1고온가스 및 제2고온가스 각각을 촉매 반응시켜 개질하는 단계; 및

개질된 제1고온가스 및 제2고온가스를 취합하여 2차 필터링하는 단계를 포함하는 혼합 열분해 장치를 이용한 열분해 오일의 제조방법.

## 청구항 14

제10항에 있어서,

상기 열분해 오일을 생산하는 단계는,

제1응축기를 이용하여 상기 필터링 및 개질된 가스로부터 상기 열분해 오일을 회수하는 단계;

제2응축기를 이용하여 상기 제1응축기를 통과한 가스로부터 상기 열분해 오일을 회수하는 단계; 및

전기집진기를 이용하여 상기 제2응축기를 통과한 가스로부터 상기 열분해 오일을 회수하는 단계를 포함하는 혼합 열분해 장치를 이용한 열분해 오일의 제조방법.

## 청구항 15

제10항에 있어서,

캐리어 가스와 함께 상기 제1반응기 및 제2반응기 각각에 상기 바이오매스 및 고분자 폐기물을 공급하는 단계; 및

상기 필터링 및 개질된 가스 중 응축되지 않은 비응축가스를 상기 제1반응기 및 제2반응기 각각에 공급하는 단계를 더 포함하는 혼합 열분해 장치를 이용한 열분해 오일의 제조방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 열분해 장치에 관한 것으로, 특히 바이오매스와 고분자 폐기물을 각각 최적의 급속열분해 반응 온도에서 열분해 반응시킬 수 있는 바이오매스와 고분자 폐기물의 혼합 열분해 장치 및 이를 이용한 열분해 오일의 제조방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 최근 신재생에너지로서 바이오매스 연료의 우수성이 새롭게 인식됨에 따라서 세계 각국에서 바이오매스의 에너지 전환기술에 관한 연구가 활발히 진행되고 있고, 이에 따라 현재 빠른 속도로 기술개발이 이루어지고 있다.

[0003] 이러한 바이오매스의 에너지 전환기술 중 최근 주목받는 기술로서 급속열분해를 통한 열분해 오일 생산 기술이 있다. 열분해 오일은 목본계 및 초본계 바이오매스로부터 생산한 오일로서, 석유연료나 석유화학제품의 원료가 되는 원유와 같이 화학제품의 원료물질이 될 수 있으며, 뿐만 아니라 고체 원료에 비하여 에너지 밀도가 높아

운반 및 저장 비용이 적게 소모되고, 액체상이기 때문에 취급이 용이하여 난방용, 발전용 연료로서 이용가치가 높은 장점이 있다.

[0004] 바이오매스로부터 열분해 오일을 생산하기 위해 급속열분해(fast pyrolysis) 기술이 주로 사용되고 있는데, 그 중에서 응축가스의 반응기 체류시간을 짧게 하여 액상 생성물인 열분해 오일의 수율을 높이는 급속 열분해 공정이 발전하게 되었다.

[0005] 한편, 바이오매스는 자체 산소 함유량이 높기 때문에 급속 열분해 공정을 통해 바이오매스로부터 생산되는 열분해 오일에서도 높은 산소 함유량을 보이며, 이는 오일의 화학적 불안정성과 낮은 발열량을 유발하게 된다. 이에, 탄소 또는 수소 함유량이 높은 물질, 예컨대 고분자 물질을 바이오매스와 혼합하여 급속 열분해 공정을 진행함으로써 열분해 오일 내 산소 함유량 저감과 발열량을 향상시키는 기술이 개발되었다.

[0006] 그러나, 종래에는 시료 상태의 바이오매스와 고분자 물질이 혼합된 상태에서 열분해 반응기에 공급됨으로써 급속 열분해 공정이 수행된다. 이때, 바이오매스와 고분자 물질의 최적 열분해 반응 온도가 다르기 때문에, 종래의 급속 열분해 공정에서는 열분해 반응기 내의 코킹(coking) 또는 왁스(wax)가 생성되는 문제가 발생되고, 이로 인해 바이오 오일의 품질 및 생산 수율이 저하되고 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 바이오매스와 고분자 폐기물을 각각 열분해 반응시켜 열분해 오일의 품질 및 수율을 높일 수 있는 혼합 열분해 장치 및 이를 이용한 열분해 오일의 제조방법을 제공하고자 하는 데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 실시예에 따른 혼합 열분해 장치는, 공급되는 바이오매스를 타측으로 이송하면서 상기 바이오매스를 급속 열분해 반응시키는 제1반응기; 공급되는 고분자 폐기물을 타측으로 이송하면서 상기 고분자 폐기물을 급속 열분해 반응시키는 제2반응기; 상기 제1반응기 및 제2반응기 각각의 타측 가스 배출구에서 배출되는 고온가스를 여과하는 여과모듈; 및 상기 여과모듈을 통과한 고온가스를 응축하여 열분해 오일을 생산하는 응축모듈을 포함한다.

[0009] 여기서, 상기 제1반응기 및 제2반응기 각각의 내부에는 일 방향으로 회전되어 상기 바이오매스 및 고분자 폐기물을 타측으로 이송하는 스크류가 구비된 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 혼합 열분해 장치를 이용한 열분해 오일의 제조방법은, 제1반응기의 일측 주입구를 통해 공급된 바이오매스를 내부의 스크류를 회전시켜 타측으로 이송하면서 급속 열분해 반응시켜 제1고온가스를 배출하는 단계; 제2반응기의 일측 주입구를 통해 공급된 고분자 폐기물을 내부의 스크류를 회전시켜 타측으로 이송하면서 급속 열분해 반응시켜 제2고온가스를 배출하는 단계; 상기 제1고온가스와 상기 제2고온가스 각각을 필터링하고, 필터링된 가스를 축매 반응시켜 개질하는 단계; 및 필터링 및 개질된 가스를 응축시켜 열분해 오일을 생산하는 단계를 포함한다.

[0011] 여기서, 상기 제1고온가스를 배출하는 단계 및 상기 제2고온가스를 배출하는 단계는 병렬로 함께 진행되는 것을 특징으로 한다.

### 발명의 효과

[0012] 본 발명의 혼합 열분해 장치 및 이를 이용한 열분해 오일 제조방법에 따르면, 바이오매스와 고분자 폐기물을 각각의 반응기를 통해 최적의 열분해 반응 온도에서 급속 열분해 반응시킴으로써, 바이오매스 및 고분자 폐기물 각각에 대한 열분해 반응 효율을 높일 수 있다.

[0013] 또한, 바이오매스의 열분해에 의한 고온가스와 고분자 폐기물의 열분해에 의한 고온가스를 적어도 2번 개별적 또는 통합적으로 필터링함으로써, 열분해 반응을 통해 생성되는 가스에서 고체입자, 금속입자 및 미세입자의 제거 효율을 높여 고품질의 열분해 오일을 제조할 수 있다.

[0014] 또한, 필터링 및 개질된 고온가스에 대해 적어도 2번의 응축 및 1번의 전기적 집진을 통해 열분해 오일을 회수함으로써, 고품질의 열분해 오일의 생산 수율을 높일 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 혼합 열분해 장치의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 2는 도 1의 바이오매스 열분해 반응기의 구성을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 혼합 열분해 장치를 이용한 열분해 오일의 제조방법을 나타내는 흐름도이다.
- 도 4는 도 3의 바이오매스 열분해 반응단계를 구체적으로 나타내는 도면이다.
- 도 5는 도 3의 가스 응축 및 열분해 오일 제조단계를 구체적으로 나타내는 도면이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 이하 본 발명의 실시예에 대하여 첨부된 도면을 참고로 그 구성 및 작용을 설명하기로 한다.
- [0017] 도면들 중 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 참조번호 및 부호들로 나타내고 있음에 유의해야 한다. 하기에서 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 또한, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0018] 또한 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니 되며, 발명자들은 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 바람직한 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있으며 본 발명의 범위가 다음에 기술하는 실시예에 한정되는 것은 아니다.
- [0019] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 혼합 열분해 장치의 구성을 나타내는 도면이고, 도 2는 도 1의 바이오매스 열분해 반응기의 구성을 나타내는 도면이다.
- [0020] 도 1을 참조하면, 본 실시예의 혼합 열분해 장치(100)는 제1반응기(110), 제2반응기(120), 여과모듈(131, 132, 133) 및 응축모듈(136)을 포함할 수 있다.
- [0021] 제1반응기(110) 및 제2반응기(120)는 각각에 공급되는 시료를 급속 열분해 반응시켜 기체 상태의 가스와 고체 상태의 부산물을 얻을 수 있다. 제1반응기(110)는 외부에서 공급되는 바이오매스, 예컨대 임업 제품, 농산물, 동물성 재료, 우드 칩 등을 포함하는 바이오매스(141)를 급속 열분해 반응시켜 기체 상태의 제1고온가스와 고체 상태의 바이오차(bio-char)를 얻을 수 있다. 제2반응기(120)는 외부에서 공급되는 고분자 폐기물, 예컨대 폐타이어, 폐플라스틱, 폐수지 등을 포함하는 고분자 폐기물(151)을 급속 열분해 반응시켜 기체 상태의 제2고온가스와 고체 상태의 폴리머차(polymer-char)를 얻을 수 있다. 제1반응기(110)와 제2반응기(120)는 수평선 상에서 서로 대향되어 배치될 수 있으며, 실질적으로 동일한 구성을 가질 수 있다. 이에, 하기에서는 설명의 편의를 위하여 제1반응기(110)의 구성을 구체적으로 설명하나, 이는 제2반응기(120)에서도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0022] 도 1 및 도 2를 참조하면, 제1반응기(110)는 몸체(101), 상기 몸체(101) 내부에 삽입되는 스크류(102), 상기 몸체(101)의 외면을 감싸는 하나 이상의 가열부재(106a, 106b), 상기 스크류(102)를 회전시키는 모터(107), 상기 가열부재(106a, 106b)에 열을 공급하는 가열기(108) 및 상기 모터(107)와 가열기(108)의 동작을 제어하는 제어부(109)를 포함할 수 있다.
- [0023] 제1반응기(110)의 몸체(101)는 내부에 소정 공간이 형성된 중공형으로 구성되어 수평으로 배치될 수 있다. 몸체(101)의 일측 단부에는 시료 주입구(103)가 구성되고, 타측 단부에는 서로 대향되어 가스 배출구(104) 및 부산물 배출구(105)가 구성될 수 있다.
- [0024] 스크류(102)는 축 형태로 구성되어 몸체(101) 내부에 삽입될 수 있다. 스크류(102)는 일측에 연결된 모터(107)의 회전에 따라 몸체(101) 내부에서 일 방향으로 회전될 수 있다. 스크류(102)의 몸체(101)의 시료 주입구(103)를 통해 시료, 즉 바이오매스(141)가 제공될 때 일 방향으로 회전되며, 이에 따라 바이오매스(141)는 몸체(101)의 일측에서 타측까지 이송될 수 있다.
- [0025] 한편, 몸체(101) 내부에는 바이오매스(141)의 급속 열분해 반응을 보조하기 위한 충전물(미도시)이 구비될 수



있으며, 스크류(102)는 회전을 통해 주입구(103)를 통해 제공된 바이오매스(141)를 충전물과 교반시키며 몸체(101)의 일측에서 타측까지 이송할 수 있다.

- [0026] 하나 이상의 가열부재(106a, 106b)는 몸체(101)의 외주면을 감싸며 배치되고, 가열기(108)로부터 제공된 열에 의해 몸체(101)의 외주면을 소정 온도로 가열할 수 있다. 이에, 스크류(102)에 의해 몸체(101) 내부에서 이송되는 바이오매스(141)는 몸체(101) 내부에서 급속 열분해 반응을 일으키며, 그에 따른 고온의 제1가스와 부산물인 바이오차(bio-char)를 생성할 수 있다.
- [0027] 모터(107)는 스크류(102)의 일측 단부에 연결되고, 제어부(109)의 제어에 따라 소정의 속도로 스크류(102)를 일 방향 회전시킬 수 있다.
- [0028] 가열기(108), 즉 히터는 외부, 예컨대 후술될 부산물 연소기(137)로부터 몸체(101)의 외주면을 둘러싸는 가열부재(106a, 106b) 및 몸체(101)의 내부에 삽입된 스크류(102) 각각에 소정 온도의 열을 공급하여 몸체(101) 내부에서 이송되는 바이오매스(141)에서 급속 열분해 반응이 일어나도록 할 수 있다. 가열기(108)는 제어부(109)의 제어에 따라 가열부재(106a, 106b) 및 스크류(102)에 공급되는 열의 온도를 제어할 수 있다.
- [0029] 제어부(109)는 몸체(101) 내부에서 바이오매스(141)의 급속 열분해 반응이 원활하게 이루어지도록 모터(107) 및 가열기(108)의 동작을 제어할 수 있다. 제어부(109)는 모터(107)의 회전 속도를 제어하는 모터제어기(109b) 및 가열기(108)에서 발생하는 열의 온도를 제어하는 온도제어기(109a)를 포함할 수 있다.
- [0030] 제1반응기(110)에 의한 바이오매스(141)의 급속 열분해 공정을 통해 생성된 제1고온가스는 몸체(101)의 타측 단부에 구성된 가스 배출구(104)를 통해 외부로 배출될 수 있다. 또한, 바이오매스(141)의 급속 열분해 공정을 통해 생성된 바이오차는 몸체(101)의 타측 단부에 구성된 부산물 배출구(105)를 통해 외부로 배출될 수 있다. 여기서, 가스 배출구(104)와 부산물 배출구(105)는 몸체(101)의 타측에서 서로 대향되어 구성될 수 있다.
- [0031] 상술한 바와 같이, 본 실시예의 제1반응기(110)는 중공형의 몸체(101) 내부에 구비되는 스크류(102)를 소정 속도로 일 방향 회전시킴으로써 바이오매스(141)를 몸체(101) 내부에서 일 방향으로 이송할 수 있다. 그리고, 가열기(108)를 통해 몸체(101)의 외주면 및 스크류(102)를 소정 온도로 가열함으로써 몸체(101) 내부에서 바이오매스(141)가 급속 열분해 반응을 일으키도록 하여 그 결과물, 즉 제1고온가스 및 바이오차를 얻을 수 있다.
- [0032] 이때, 본 실시예의 제1반응기(110)는 스크류(102)의 회전 속도 제어를 통한 바이오매스의 반응기 내 체류시간 및 반응 시간을 제어함으로써 바이오매스(141)의 급속 열분해 공정에서 발생하는 코킹(coking) 및 왁스(wax)를 방지하여 급속 열분해 반응의 효율을 증가시킬 수 있다. 또한, 제1반응기(110)는 몸체(101)의 외주면과 스크류(102)를 함께 가열함으로써, 바이오매스(141)가 최적의 온도, 예컨대 450~550℃에서 열분해 반응을 일으킬 수 있도록 할 수 있다.
- [0033] 한편, 도 1의 제2반응기(120)도 전술된 제1반응기(110)와 실질적으로 동일한 구성을 가질 수 있다. 다만, 제2반응기(120)는 외부에서 공급되는 고분자 폐기물(151)의 급속 열분해 공정 효율을 높이기 위하여 제1반응기(110)에서와 달리 스크류의 회전 속도를 제어할 수 있으며, 또한 제2반응기(120)의 몸체 및 스크류가 400~450℃에서 함께 가열되도록 제어하여 고분자 폐기물(151)이 최적 열분해 반응 온도에서 급속 열분해될 수 있도록 제어할 수 있다.
- [0034] 또한, 제1반응기(110)와 제2반응기(120)는 후술될 여과모듈(131, 132, 133) 등의 최적 배치를 위하여 각 반응기의 가스 배출구(104)가 서로 대향되도록 배치되는 것이 바람직할 수 있다.
- [0035] 다시 도 1을 참조하면, 본 실시예의 혼합 열분해 장치(100)는 제1공급기(140), 제2공급기(150) 및 부산물 연소기(137)를 더 포함할 수 있다.
- [0036] 제1공급기(140)는 내부에 구비된 바이오매스(141)를 제1반응기(110)의 주입구(103)로 공급할 수 있다. 제2공급기(150)는 내부에 구비된 고분자 폐기물(151)을 제2반응기(120)의 주입구(103)로 공급할 수 있다.
- [0037] 부산물 연소기(137)는 제1반응기(110)의 타단 부산물 배출구(105) 및 제2반응기(120)의 타단 부산물 배출구(105)에 인접되어 배치되고, 각 부산물 배출구를 통해 배출되는 급속 열분해 반응 부산물, 즉 바이오차와 폴리머차를 연소시킬 수 있다. 부산물 연소기(137)는 부산물의 연소에 따라 발생하는 열원, 즉 고온의 연소 배가스를 각 반응기의 가열기(108) 열원으로 제공할 수 있다.
- [0038] 또한, 혼합 열분해 장치(100)는 제1반응기(110) 및 제2반응기(120) 내부, 즉 각 반응기의 몸체(101) 내부의 무산소 상태 유지 및 각 반응기에서 발생된 고온가스가 제1공급기(140) 및 제2공급기(150)로 역류되는 것을 방지



하기 위한 캐리어 가스를 공급하는 가스 공급기(미도시)를 더 포함할 수 있다. 가스 공급기는 제1공급기(140) 및 제2공급기(150) 내부에 질소(N)를 공급함으로써, 제1공급기(140) 및 제2공급기(150) 각각에서 시료, 즉 바이오매스(141) 및 고분자 폐기물(151)과 함께 질소가 각 반응기 내로 공급되도록 할 수 있다.

[0039] 여과모듈(131, 132, 133)은 각 반응기(110, 120)의 가스 배출구(104) 각각에 인접되어 배치된 제1여과기(131) 및 제2여과기(132)와, 후술될 촉매(134, 135)의 후단에 배치된 제3여과기(133)를 포함할 수 있다.

[0040] 제1여과기(131)는 제1반응기(110)의 가스 배출구(104)를 통해 배출되는 제1고온가스를 필터링할 수 있다. 제1여과기(131)는 제1고온가스 내에 포함되어 있는 고체 입자, 예컨대 바이오차 및 알칼리 금속입자를 포집하여 제거할 수 있다. 또한, 제2여과기(132)는 제2반응기(120)의 가스 배출구(104)를 통해 배출되는 제2고온가스 내에서 고체 입자, 즉 폴리머차와 알칼리 금속입자를 포집하여 제거할 수 있다.

[0041] 제1여과기(131) 및 제2여과기(132)는 사이클론(cyclone) 집진기로 구성될 수 있는데, 고체 입자의 필터링 성능을 높이기 위하여 각 여과기는 2대의 사이클론 집진기를 직렬로 배치한 구조를 가질 수 있다. 또한, 열분해 반응기에서 생성된 응축가스의 제1여과기(131) 및 제2여과기(132)에서의 응축 방지를 위하여 각 여과기의 외부에 전기히터(미도시)를 부착하여 여과기를 고온으로 유지할 수도 있다.

[0042] 제3여과기(133)는 취합가스, 예컨대 제1고온가스와 제2고온가스의 취합가스를 필터링할 수 있다. 제3여과기(133)는 제1촉매(134)와 제2촉매(135) 각각의 후단에 공통으로 연결되어 제1촉매(134) 및 제2촉매(135) 각각을 통과한 제1고온가스 및 제2고온가스를 취합하여 제공받을 수 있다. 제3여과기(133)는 취합가스 내의 미세 입자를 포집하여 제거할 수 있다.

[0043] 이와 같이, 본 실시예의 여과모듈(131, 132, 133)은 복수의 여과기, 즉 제1여과기(131) 내지 제3여과기(133)를 포함하여 구성되고, 제1여과기(131) 및 제2여과기(132)를 통해 각 반응기에서 배출된 고온가스 내의 고체 입자를 1차 여과한 후, 이들 고온가스를 취합한 취합가스로부터 미세입자를 2차 여과할 수 있다. 이에 따라, 후술될 응축모듈(136)의 응축 공정 전에 고온가스 내에 포함된 고체 입자 및 미세 입자를 제거함으로써, 고온가스의 응축 효율 및 열분해 오일의 품질을 높일 수 있다.

[0044] 한편, 본 실시예의 다른 예로, 제3여과기(133)는 제1여과기(131) 및 제2여과기(132)의 후단에 공통으로 연결되도록 배치될 수도 있다.

[0045] 촉매는 제1고온가스를 개질하는 제1촉매(134) 및 제2고온가스를 개질하는 제2촉매(135)를 포함할 수 있다. 제1촉매(134)는 제1여과기(131) 후단에 배치되고, 제1여과기(131)를 통과한 제1고온가스를 대기압 하에서 촉매 반응시켜 개질할 수 있다. 제2촉매(135)는 제2여과기(132) 후단에 배치되고, 제2여과기(132)를 통과한 제2고온가스를 대기압 하에서 촉매 반응시켜 개질할 수 있다. 이러한 제1촉매(134) 및 제2촉매(135)의 촉매 반응에 따라 각 고온가스 내의 수분 함량이 저하될 수 있다.

[0046] 응축모듈(136)은 여과모듈(131, 132, 133) 및 촉매를 통과한 고온가스를 응축하여 액체 상태의 오일로 회수하여 열분해 오일을 생산할 수 있다. 응축모듈(136)은 제1응축기(136a), 제2응축기(136b) 및 전기집진기(136c)를 포함할 수 있다.

[0047] 제1응축기(136a)는 여과모듈(131, 132, 133)의 제3여과기(133)를 통과한 가스를 응축하여 열분해 오일을 생산할 수 있다. 제2응축기(136b)는 제1응축기(136a)를 통과한 가스, 즉 제1응축기(136a)에서 응축되지 않은 가스를 응축하여 열분해 오일을 생산할 수 있다.

[0048] 여기서, 제1응축기(136a) 및 제2응축기(136b)는 셸앤튜브(shell and tube)의 형태를 가질 수 있고, 내부의 저온의 유체와 외부에서 공급되는 고온가스를 간접 접촉시켜 고온가스의 응축을 통해 열분해 오일을 회수할 수 있다. 제1응축기(136a) 및 제2응축기(136b)는 직렬로 연결될 수 있고, 이로 인해 제3여과기(133)로부터 제공된 고온가스의 응축기 내 체류시간을 증가시켜 응축 효율을 높일 수 있다.

[0049] 또한, 제1응축기(136a)와 제2응축기(136b)는 개별적으로 내부 온도가 제어될 수 있으며, 이에 따라 고온가스 중에서 바이오매스(141)의 열분해에 의한 제1고온가스와 고분자 폐기물(151)의 열분해에 의한 제2고온가스를 분리 응축하여 열분해 오일을 회수할 수도 있다.

[0050] 전기집진기(136c)는 제2응축기(136b)를 통과한 열분해 오일 액적, 즉 제2응축기(136b)에서 응축되지 않은 열분해 오일 액적으로부터 추가적인 열분해 오일을 회수할 수 있다. 전기집진기(136c)는 외부에서 인가되는 전압에 따라 코로나 방전을 통한 고전압을 발생시켜 제2응축기(136b)를 통과한 열분해 오일 액적에 포함된 미세 열분해

오일 액적을 포집함으로써 액체 성분, 즉 열분해 오일을 회수할 수 있다.

- [0051] 전기집진기(136c)는 원통의 중앙에 파이프(미도시)가 위치하고 별 형태의 다수의 방전침(미도시)이 상기 파이프를 따라 축 상으로 일정 간격으로 부착되어 구성될 수 있다. 이러한 전기집진기(136c)는 제2응축기(136b)로부터 제공된 가스가 원통 형태의 파이프를 따라 상승되고, 이때 중심부의 방전침에서 코로나 방전이 발생됨으로써 가스 내의 오일 입자가 정전 응집 작용에 의해 전기집진기(136c)의 내벽에 부착될 수 있다. 이어, 내벽에 부착된 오일은 상기 내벽을 타고 하부로 흐르게 되어 열분해 오일로 회수될 수 있다. 여기서, 전기집진기(136c)는 외벽에 부착된 전기히터(미도시)를 더 포함할 수 있으며, 전기히터에 의해 내벽이 가열되어 벽면에 부착된 오일의 점도가 감소되고, 이로 인해 열분해 오일의 회수 효율을 높일 수 있다.
- [0052] 또한, 본 실시예의 혼합 열분해 장치(100)는 송풍기(138)를 더 포함할 수 있다. 송풍기(138)는 전기집진기(136c)를 통과한 가스, 즉 비응축가스를 다시 제1반응기(110) 및 제2반응기(120)로 공급하여 상기 비응축가스가 열분해 오일의 제조 공정에 재활용될 수 있도록 한다.
- [0053] 이상과 같이, 본 실시예에 따른 바이오매스(141)와 고분자 폐기물(151)을 혼합 열분해하여 열분해 오일을 제조하는 혼합 열분해 장치(100)를 설명하였다. 본 발명의 혼합 열분해 장치(100)는 내부에서 바이오매스(141)를 이송하면서 급속 열분해 반응을 발생시키는 제1반응기(110)와 내부에서 고분자 폐기물(151)을 이송하면서 급속 열분해 반응을 발생시키는 제2반응기(120)를 구비함으로써, 바이오매스(141)와 고분자 폐기물(151) 각각을 최적의 열분해 반응 온도에서 급속 열분해할 수 있다. 또한, 본 발명의 혼합 열분해 장치(100)는 바이오매스(141)의 열분해에 의한 고온가스와 고분자 폐기물(151)에 의한 고온가스를 각각 1차 필터링하고, 필터링 된 가스를 각각 촉매반응 시킨 후, 이들 각 가스를 취합한 취합가스를 다시 2차 필터링함으로써, 급속 열분해에 의해 발생된 고온가스 내의 고체입자 및 미세입자의 제거 효율을 높이고, 수분 함량을 저하시킬 수 있다. 이에 따라, 본 발명의 혼합 열분해 장치(100)는 바이오매스(141)와 고분자 폐기물(151)의 급속 열분해 공정 효율을 높이면서 고품질의 열분해 오일의 생산 수율 및 품질을 향상시킬 수 있다.
- [0054] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 혼합 열분해 장치를 이용한 열분해 오일의 제조방법을 나타내는 흐름도이고, 도 4는 도 3의 바이오매스 열분해 반응단계를 구체적으로 나타내는 도면이고, 도 5는 도 3의 열분해 오일 제조단계를 구체적으로 나타내는 도면이다.
- [0055] 이하, 도 3 내지 도 5를 참조하여, 본 발명의 혼합 열분해 장치를 이용하여 열분해 오일을 제조하는 방법을 상세하게 설명한다. 설명의 편의를 위하여 이하에서는 앞서 설명된 도 1 내지 도 2를 함께 참조하여 열분해 오일의 제조방법을 설명하기로 한다.
- [0056] 도 3을 참조하면, 혼합 열분해 장치(100)의 제1반응기(110) 내부에 바이오매스(141)를 공급하여 급속 열분해 반응시키고, 그에 따른 제1고온가스 및 바이오차를 얻을 수 있다(S10). 이와 함께, 제2반응기(120) 내부에 고분자 폐기물(151)을 공급하여 급속 열분해 반응시키고, 그에 따른 제2고온가스 및 폴리머차를 얻을 수 있다(S20). 여기서, 바이오매스(141)의 급속 열분해 반응 단계와 고분자 폐기물(151)의 급속 열분해 반응 단계는 병렬로 함께 수행될 수 있다.
- [0057] 도 4를 참조하면, 먼저 제1공급기(140)에서 제1반응기(110)의 주입구(103)를 통해 바이오매스(141)가 공급될 수 있다. 그리고, 모터제어기(109b)에 의한 모터(107)의 회전에 따라 제1반응기(110) 내부의 스크류(102)가 일 방향으로 회전하면서 바이오매스(141)를 이송시킬 수 있다(S110).
- [0058] 여기서, 제1반응기(110) 내부에는 충전물이 구비될 수 있고, 스크류(102)는 바이오매스(141)와 충전물을 교반시키며 제1반응기(110)의 내부에서 바이오매스(141) 및 충전물을 이송할 수 있다.
- [0059] 이어, 가열기(108)에 의해 제1반응기(110)의 몸체(101) 외벽과 스크류(102)가 각각 가열될 수 있다(S120). 여기서, 가열기(108)는 바이오매스(141)의 최적 열분해 반응 온도, 즉 450~550℃의 범위 내에서 몸체(101)와 스크류(102)를 각각 가열할 수 있다.
- [0060] 계속해서, 제1반응기(110) 내부에서 바이오매스(141)의 급속 열분해 반응이 발생되고, 그에 따라 제1반응기(110)의 가스 배출구(104)를 통해 제1고온가스가 배출되며, 부산물 배출구(105)를 통해 부산물, 즉 바이오차가 배출될 수 있다(S130).
- [0061] 이와 같이, 본 실시예는 제1반응기(110)의 내부에서 수평으로 이송되는 바이오매스(141)를 이의 최적 열분해 반응 온도 범위 내에서 제1반응기(110) 및 스크류(102)를 가열함으로써, 바이오매스(141)의 급속 열분해 반응에 의한 제1고온가스와 바이오차가 생성되어 배출될 수 있다.

- [0062] 한편, 본 발명의 혼합 열분해 장치(100)에서는 제1반응기(110)와 제2반응기(120)의 구성이 실질적으로 동일하다. 따라서, 도 4에 따른 바이오매스(141)의 급속 열분해 공정은 제2반응기(120)에 공급되는 고분자 폐기물(151)의 급속 열분해 공정에 동일하게 적용될 수 있다. 다만, 고분자 폐기물(151)은 그 최적 열분해 반응 온도가 400~450℃의 범위이므로, 이를 위해 제2반응기(120)의 가열기 및 모터를 제1반응기(110)와 다르게 적용해야 함은 당연할 것이다.
- [0063] 다시 도 3을 참조하면, 제1여과기(131)를 이용하여 제1반응기(110)에서 배출되는 제1고온가스를 1차 필터링하고, 그에 따라 제1고온가스 내의 고체입자와 금속입자를 제거할 수 있다. 마찬가지로, 제2여과기(132)를 이용하여 제2반응기(120)에서 배출되는 제2고온가스를 1차 필터링하여 그 내부의 고체입자와 금속입자를 제거할 수 있다(S40).
- [0064] 이와 함께, 부산물 가열기(108)를 이용하여 제1반응기(110) 및 제2반응기(120) 각각에서 배출되는 부산물, 즉 바이오차 및 폴리머차를 연소시키고, 그에 따라 발생하는 고온의 연소 배가스를 각 반응기의 가열기 열원으로 제공할 수 있다(S30).
- [0065] 계속해서, 제1촉매(134)를 이용하여 제1여과기(131)를 통과한 제1고온가스를 촉매 반응시켜 개질하고, 제2촉매(135)를 이용하여 제2여과기(132)를 통과한 제2고온가스를 촉매 반응시켜 개질할 수 있다(S50). 이러한 촉매 반응을 통해 각 고온가스 내에 포함된 수분 함량이 저감될 수 있다.
- [0066] 이어, 각각 촉매 반응된 제1고온가스와 제2고온가스를 취합하고, 제3여과기(133)를 이용하여 취합된 가스를 2차 필터링하여 내부의 미세입자를 제거할 수 있다(S60).
- [0067] 그리고, 응축모듈(136)을 통해 2차 필터링 된 가스를 응축시켜 열분해 오일을 생산할 수 있다(S70).
- [0068] 도 5를 참조하면, 제3여과기(133)를 통과한 가스는 응축모듈(136)의 제1응축기(136a)로 제공되어 저온 응축될 수 있다(S210). 이에 따라, 제1응축기(136a)는 고온의 가스로부터 액체 상태의 열분해 오일을 회수할 수 있다(S240).
- [0069] 이어, 제1응축기(136a)에서 응축되지 않은 가스는 제2응축기(136b)로 제공되어 다시 한번 응축될 수 있다(S220). 이에 따라, 제2응축기(136b)는 고온의 가스로부터 액체 상태의 열분해 오일을 회수할 수 있다(S240).
- [0070] 계속해서, 제2응축기(136b)에서 응축되지 않은 열분해 오일 액체는 전기집진기(136c)로 제공되고, 전기집진기(136c)의 코로나 방전 현상을 이용하여 상기 가스로부터 열분해 오일이 회수될 수 있다(S230).
- [0071] 한편, 전기집진기(136c)에서 오일로 회수되지 않은 비응축가스는 송풍기(138)를 통해 다시 제1반응기(110) 및 제2반응기(120)의 내부로 제공되어 후속 열분해 공정에서 재활용되도록 할 수 있다(S250).
- [0072] 상술한 바와 같이, 본 실시예에 따른 열분해 오일의 제조 방법은, 바이오매스(141)와 고분자 폐기물(151)을 각각의 반응기를 통해 최적의 열분해 반응 온도에서 급속 열분해 반응시킴으로써, 바이오매스(141) 및 고분자 폐기물(151) 각각에 대한 열분해 반응 효율을 높일 수 있다.
- [0073] 또한, 본 실시예의 열분해 오일 제조 방법은, 바이오매스(141)의 열분해에 의한 고온가스와 고분자 폐기물(151)의 열분해에 의한 고온가스를 적어도 2번 개별적 또는 통합적으로 필터링함으로써, 열분해 반응을 통해 생성되는 가스에서 고체입자, 금속입자 및 미세입자의 제거 효율을 높여 고품질의 열분해 오일을 제조할 수 있다. 또한, 본 실시예의 열분해 오일 제조 방법은, 필터링 및 개질된 고온가스에 대해 적어도 2번의 응축 및 1번의 전기적 집진을 통해 열분해 오일을 회수함으로써, 고품질의 열분해 오일의 생산 수율을 높일 수 있다.

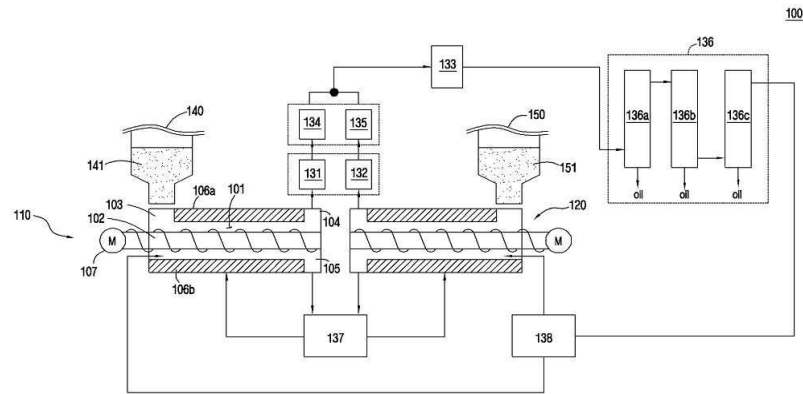
## 부호의 설명

- [0074] 100: 혼합 열분해 장치 110: 제1반응기  
101: 몸체 102: 스크류  
106a, 106b: 가열부재 107: 모터  
108: 가열기 109: 제어부  
120: 제2반응기 131: 제1여과기  
132: 제2여과기 133: 제3여과기

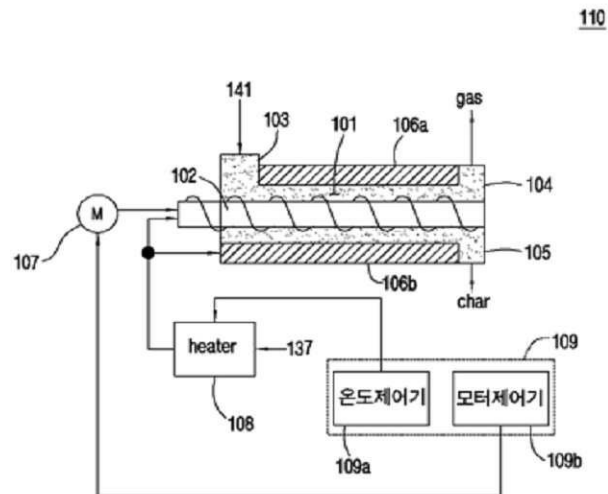
134: 제1촉매    135: 제2촉매  
 136a: 제1응축기    136b: 제2응축기  
 136c: 전기집진기

## 도면

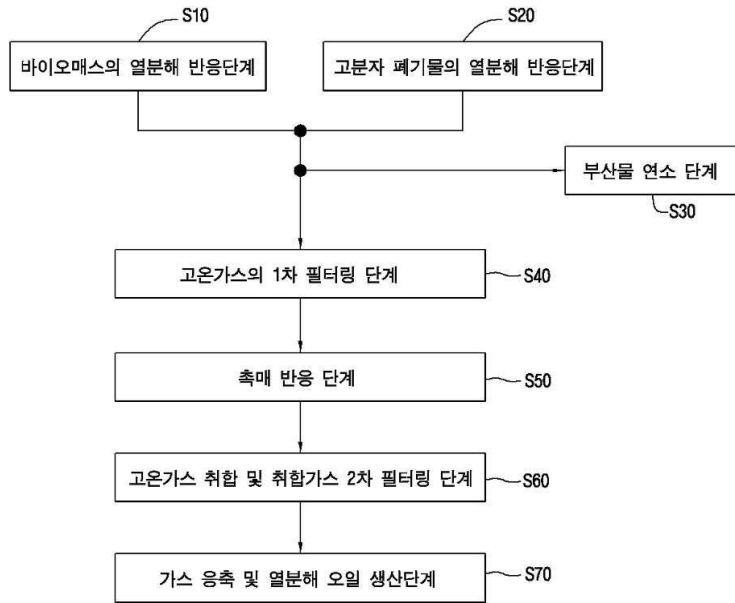
### 도면1



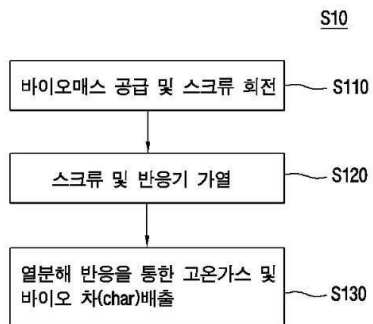
### 도면2



도면3



도면4



도면5

