

# 폐기물소각장치의 구성

## 〈1〉

■ 환경관리공단 발행「폐기물소각처리」

### 개요

본고에서는 폐기물의 소각장치를 구성하고 있는 각 공정별 주요 기기에 대하여 종류별로 나누어 각각 설명한다.

특히 폐기물의 소각장치를 주요 6개 공정으로 분류하여 살펴보고 폐기물 반입 공급에서부터 '소각' 연소가스 냉각, 재배출, 재냉각, 재반출에 이르는 주요공정 및 설비를 이해 함으로써 실무에 도움이 되고자 한다.

### 1. 소각시설

폐기물 소각장치의 구성은 시설의 입지조건, 소각대상 폐기물의 성상, 시설규모, 로 형식, 공해방지 조건, 여열이용계획등에 따라 달라질수 있다. 각 구성장치규격의 결정에 있어서는 폐기물의 성상을 충분히 검토하고 경험적인 사항을 고려하여 결정해야 한다.

소각시설의 구체적인 계획을 수행하기전에 시설 전체의 공정을 생각할 필요가 있다.

폐기물 소각의 전체공정은 다음 6개의 각 공정으로 나눌수가 있다.

#### 소각의 전체공정

- 소각공정
- 잔사처리 공정
- 배가스냉각 공정
- 배가스처리 공정
- 폐수처리 공정
- 여열이용 공정

각 처리 공정에 대해서는 점차 새로운 기술이 개발되고 있지만 여기에서는 설치되어 있는 소각시설 및 구체화된 방법에 대해서만 설명하기로 한다.

#### 가. 소각 공정

##### 1) 스토카식 소각로

##### 가) 폐기물의 공급

소각로내에 폐기물의 공급은 투입 호퍼를 통해 자연유하로 이루어지며, 쓰레기 공급량은 일반적으로 투입호퍼 하부에 폐기물 공급기(feeder)를 설치하여 스토카에 공급량을 조절하지만 건조스토카로 보내는 속도에 의해 조정하는 경우도 있다.

스토카식소각로는 일반 도시쓰레기를 무파쇄, 무선별로 소각가능한 것이 특징이기 때문에 파쇄, 선별조건은 불필요하다. 그러나 가연성 조대쓰레기에 대해서는 투입 호퍼내에서 로내로 공급가능할 정도의 크기면 가능하다.

##### 나) 폐기물의 연소와 이송

스토카안의 폐기물은 스토카아래에서 들어오는 연소용 공기에 의해 건조되면서 연소가스에 의해 방사열을 받아 부착수분이 증발하며, 건조된 폐기물은 순차적으로 착화하여 가연물의 전연소, 후연소 과정을 거치면서 완료하여 회분 및 불연물은 소각잔사물로 배출된다.

건조, 전연소, 후연소는 스토카 안에서 명확히 구분되는 것은 아

니고 폐기물의 성상 또는 소각조작방법에 따라 변동한다. 스토카의 형식에 따라서는 건조, 전연소, 후연소를 각각 독립적으로 스토카에서 행하는 경우와 1개의 스토카내에서 복합적으로 이루어진 예도 있다.

스토카는 폐기물의 이송방법에 따라

##### (1) 계단식(階段式) 스토카

##### (2) 역동식(逆動式) 스토카

##### (3) 이상식(移床式) 스토카

##### (4) 쇄상식(鎖床式) 스토카

##### (5) 회전로라식 스토카

##### (6) 선형 반전식 스토카 등으로 분류한다.

##### 2) 회전식 소각로(로타리 킬른)

회전식 소각로는 폐기물의 흐름 방향이 수평보다 약간 경사진 원통형의 로를 회전시키는 것에 의해 쓰레기를 교반, 이송하는 소각로이다.

이 회전식 소각로는 건조, 후연소를 스토카식 소각로와 조합시켜 사용되는 것도 있다. 쓰레기의 공급, 소각잔사의 배출방법은 스토카식 소각로와 같다.

##### 3) 유동상식 소각로

유동상식 소각로는 폐기물처리 분야에서는 슬러지의 소각 처리등에 일부 이용되고 있는 소각처리 공정이지만 최근에는 일반 도시쓰레기 처리에도 적용되고 있다.

##### (가) 폐기물의 공급

유동상식 소각로는 연소용 공기에 의해 화상에서 유동화를 하기

때문에 소각 대상 쓰레기를 유동화가 가능한 크기까지 파쇄할 필요가 있다. 또한 비중이 큰 이물질이 함유되어 있으면 유동화가 방해되기 때문에 금속류 등 선별 가능한 것을 미리 제거할 필요가 있다.

소각 전처리의 공정으로써는 폐기물 핏트에 저장하는 폐기물을 크레인으로 파쇄기에 투입하여 전량 파쇄한다. 파쇄 폐기물중의 금속류는 자력선별기로 선별하여 회수 처리한다.

파쇄기는 마모, 소음 등의 면에서 연속 운전은 곤란하며 파쇄기실을 독립적으로 밀폐구조로 하는 것이 바람직하며 유동화 가능크기 이하로 파쇄된 폐기물은 일정량, 연속적으로 유동상로내로 공급하기 위해 저장조로 이송된다.

#### (나) 폐기물의 연소

유동상은 유동매체로써 입경 약 1mm 전후의 규사, 모래 등을 이용하여 산기관에서 연소용 공기를 보내서 화상을 유동화시킨다. 로내에 투입된 파쇄 쓰레기는 유동화되는 가열된 모래(약 500~750°C)에 의해 교반, 혼합되어 유동상 상부에서 부착수분이 증발되고 가연분은 유동상태에서 후연소를 완료한다.

#### 나. 소각잔사 처리공정

소각 잔사는 로에서 배출되는 소각재와 연소배가스중에 함유되어 있는 분진으로 구별된다.

##### 1) 소각재

연소를 완료한 소각재는 스토카식 소각로나 회전식 소각로의 경우에는 재반출 장치로 자연낙하하여 건조한 재의 비산이 안될 정도

까지 가습냉각하여 배출하거나 직접 배출한다.

재반출장치로써는 스크레파콘베어 또는 재 압출장치등이 사용되고 있다.

가습된 소각재는 재핏트에 저류하고 크레인에 의해 차량에 적재되어 매립 처리 등을 위해 장외로 반출된다.

중·소규모의 소각시설에서는 핏트, 크레인 방식에 의하지 않고 병커 저류 또는 쇼벨로다장비로 차량에 적재하는 방식도 채용한다. 또한 소각재의 반출과정에서 자선기에 의해 금속을 분리, 회수하는 예도 있다. 유동상식 소각로의 경우에 소각재는 유동사와 혼합된 상태로 배출되므로 진동분리기등에 의해 소각재와 유동사로 분리하여 소각재는 가습냉각하고 유동사는 다시 소각로내로 반송한다.

##### 2) 분진

배가스중의 분진은 집진장치에서 포집하고 비산되지 않을 정도로 가습하여 소각재와 혼합 매립한다. 가습에 의한 냉각 방법으로는 포집된 비산재를 단독으로 물과 혼합 가습하는 경우와 소각재와 혼합하여 재반출 장치에서 가습하는 경우가 있다.

최근에는 매립지에서의 유해물질 용출 등의 문제 때문에 소각재나 집진분진을 관계법규 규정에 의하여 용출 시험결과에 따라 고행화 처리하여 매립 처리한다.

#### 다. 배가스 냉각 공정

소각로에서 배출되는 연소배가스 온도는 700~950°C의 고온 상태이기 때문에 그림 1에 표시된 배가스 처리장치로 직접 보낼수는 없다.

집진장치의 최적운전을 위한 배가스 냉각 방법으로는, 배가스중에 직접 물을 분무하고 증발시

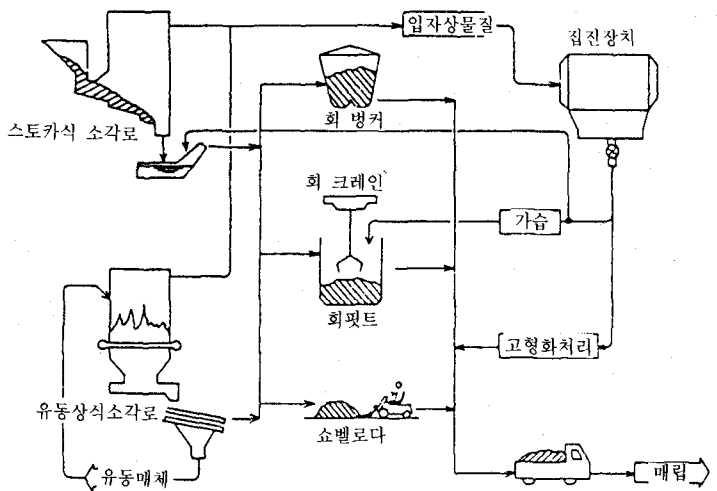
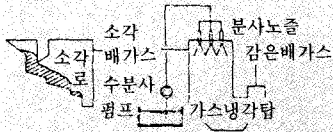


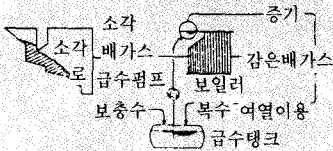
그림 1 소각잔사처리 공정

켜 증발 잠열(약 600kcal/kg)에 의한 배가스를 냉각하는 수분사식 가스 냉각방식과 폐열 보일러를 설치하여 간접적으로 가스를 냉각하는 보일러식 가스 냉각방식으로 구별한다.

수분식 가스 냉각방식과 보일러식 가스냉각 방식의 공정도를 그림 2에 나타냈다.



(A) 수분사식가스 냉각방식



(B) 보일러식 가스냉각방식

그림 2 배가스냉각 공정

냉각 방식의 결정은 소각공장의 입지조건, 시설의 규모, 형식, 여열이용, 규모 등을 감안하여 결정한다.

최근에는 보일러 방식과 수분사식 방식의 병용(並用)방식이 채용되는 예도 있다. 오른쪽 표 1에 그 비교를 나타내었다.

### 라. 배가스 처리 공정

#### 1) 입자상 물질 제거 공정

폐기물 소각시 배가스중의 제거되어야할 분진 및 그 성상은 폐기물의 성상, 소각로의 구조, 배가스 냉각장치의 구조, 운전상황 등에 따라 변한다.

표 1 보일러식 가스냉각방식과 수분사식 가스냉각방식의 비교

	보일러식가스냉각방식	수분사식가스냉각방식
주 목 적	연소가스의 냉각과 동시에 증기로써 열 회수	연소가스의 냉각
시설규모	전연속연소식의 대, 중 규모시설에 적합하다.	전연속연소식, 유연속연소식, 배치연소식의 중, 소규모시설에 적합하다.
쓰레기질	발열량이 높은 쓰레기 연소에 적합하다.	발열량이 낮은 쓰레기 연소에 적합하다.
소각후의 배 가스	간접냉각방식이기 때문에 연소배가스량, 성상은 변함이 없다.	수분사에 의한 직접냉각방식이기 때문에 수증기의 발생에 의해 배가스량은 20~30% 증가한다. 따라서 집진 장치이후의 설비용량은 보일러식 가스냉각방식에 비교하여 약 20~30% 크게 된다.
건설비	부대설비(보급수처리설비, 복수설비 등) 기기가 많고 건물도 크게 되기 때문에 수분사식 가스냉각방식 보다 높다.	
사용전력	부대설비기기가 수분사가스냉각방식에 비교하여 많기 때문에 사용전력도 크다. 단, 보일러 발생증기를 이용하여 발전을 하는 경우에는 공장내 수요전력을 충당한다.	
사용수량	쓰레기발열량, 여열이용방식에 의해 약간 다르나 보일러 보급수로는 쓰레기 톤당 약 20~40ℓ 이다.	쓰레기발열량, 수분사가스 냉각탑의 구조에 의해 다르나, 수분사량은 쓰레기 톤당 약 1000~2000ℓ 이다.
수 명	보일러의 유지, 관리가 적절할 경우 10~15년 이상	수분무가스냉각탑은 열쇼크 등 무리한 운전조건이 있을 수 있기 때문에 보일러에 비교하여 짧다.
유지관리		배가스 중에 수분함량이 보일러방식 보다 많기 때문에 열교환기, 집진장치 등에서 분진의 부착에 유의할 필요가 있다.
취 급	보일러취급 기술자가 필요	특정한 기술자를 필요로 하지 않는다.

소각로부터 발생된 연소가스 중의 분진 입경분포를 보면 평균 입자경은 20~30 $\mu$  정도이고 10 $\mu$  이하가 50~80%를 차지한다.

집진장치로는 사이클론집진기, 건식전기집진기, 백필터, 습식전기집진기 등이 있지만 폐기물 소각 배가스 처리방법으로서 백필터나 습식전기집진기는 내열, 부식, 취급 등의 면에서 문제가 있으므로 사이클론집진기, 벤추리스크라바 및 건식 집진기 등이 일반적으로 적용되고 있다.

그림 3, 그림 4에 사이클론집진

기, 건식전기집진기의 구조를 나타냈다.

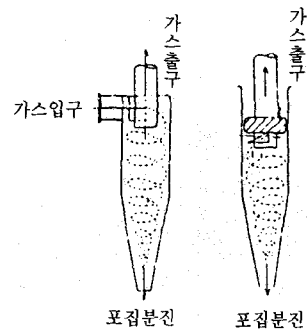


그림 3 사이클론집진기

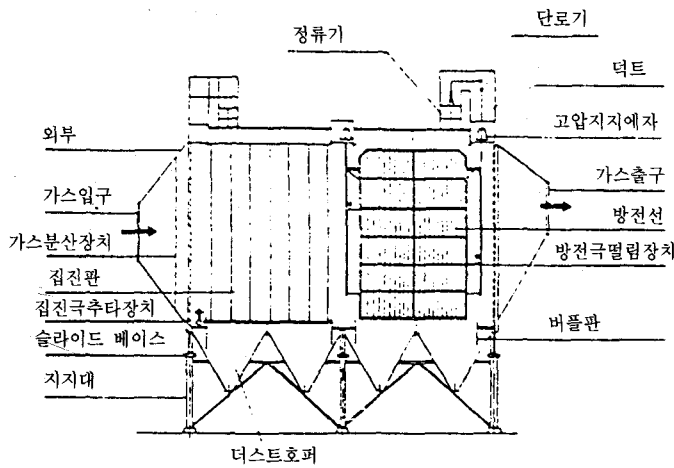


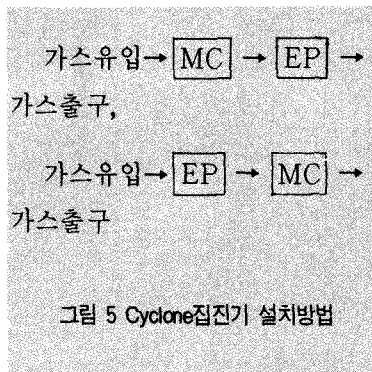
그림 4 건식전기집진기

사이클론집진기, 건식집진기의 집진 효율은 분진의 성상, 입자경, 배가스량의 변동폭에 의해 상당히 차이가 난다.

사이클론집진기에서는 일반적으로 10 $\mu$ 이상의 분진제거에 대해서는 약 80% 정도의 집진 효율이 기대된다. 그러나 폐기물 소각 배가스의 경우에는 폐기물 발열량에 따라 배가스량도 크게 변동하기 때문에 집진 효율은 약 40~60% 정도로 계획하는 것이 안전하다. 또한 사이클론 집진기는 내부에 분진이 부착하기 쉽기 때문에 장가 연속운전에 지장이 없도록 시설설치 계획시 충분한 대책이 고려되어야 한다. 전연속식 소각로에서는 더스트의 부착 등을 피하기 위해 전기집진기만을 계획하는 것이 많다.

그림 5에 나타난 사이클론 집진기와 전기집진기를 나란히 설치한 예도 있다.

그림 5의 (A)는 사이클론집진기를 기설치한 것에 의해 전기집진



기의 부하를 저감하는 목적이 있고 (B)는 전기집진기의 항타시 분진의 재비산을 방지하는 목적이 있다. 그러나 최근에는 전기집진기의 성능을 높이고 사이클론집진기와 전기집진기의 병행설치로 설치비의 비유면에서 잇점이 높다.

## 2) 유해가스제거 공정

폐기물 소각시 배가스중의 염화수소는 주로 폐기물중의 플라스틱, 특히 염화비닐의 분해연소에 의해 발생한다. 그 농도는 폐기물 성분에 의해 크게 변하지만 평균적으로는 200~800ppm 정도이다.

유해가스(특히 염화수소)제거 공정은 다음과 같이 구분할 수 있다.

- 가) 습식 알칼리세정법
- 나) 반건식 알칼리흡수법
- 다) 건식 알칼리흡수법
- (1) 습식 알칼리세정법

배가스를 알칼리용액에 의해 세정하고 배가스 중의 염화수소, 황산화물을 흡수 제거한 공정이다.

흡수액으로는 가성소-다의 수용액을 사용하는 경우가 많다.

습식알칼리 세정법은 염화수소의 제거효율이 높으나(90~98%) 세정후 배가스의 백연대책, 및 세정배수의 처리가 문제가 된다.

그림 6은 습식 알칼리세정법의 처리공정 예를 나타내었다.

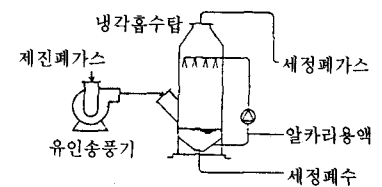


그림 6 습식알칼리세정법

- (2) 반건식 알칼리 흡수법

이 방식은 보일러 또는 수분사 식 가스냉각탑에 의해 약 300~330°C까지 냉각된 배가스를 알칼리용액과 접촉시켜 염화수소, 황산화물등을 제거하는 방식이 있다. 흡수액은 반응탑출구까지 증발되기 때문에 반응생성염류는 집진장치에서 포집된다. 흡수액에 있어서는 가성소-다, 탄산소-다, 소석회 등의 수용액 또는 슬러

리 상태용액이 사용된다. 염화수소 제거효율은 사용약품종류, 약품사용량, 배가스온도강하, 흡수탑의 구조에 의해 달라지지만 약 30~80%의 제거효율을 기대할 수 있다. 흡수반응탑의 형식에는 이동층진탑, 세정탑 등이 실용화되고 있다.

이 방식에는 배수처리가 필요하지 않고 백연대책도 저감되지만 배가스중의 분진이 증가하기 때문에 집진장치의 부하가 커지고, 포집된 반응생성염의 취급 등에 주의가 필요하다. 그림 7에 반건식 알카리흡수법의 처리공정을 나타냈다.

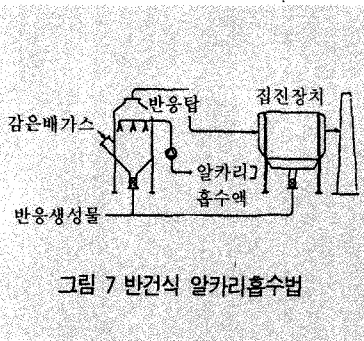


그림 7 반건식 알카리흡수법

### (3) 건식알카리 흡수법

소각로 연소실의 고온부(700~950°C)에서 알카리 분말을 분사하는 방법으로 염화수소, 황산화물은 알카리분말의 표면에 흡착하므로써 반응한다.

사용약품은 탄산칼슘, 소석회, 백운석 등이 사용된다.

이 공정은 비교적 간편한 방식이며 기설치된 소각로에도 대폭적인 개조없이도 적용할 수 있다. 단점으로는 습식과 반건식 방식보다 제거효율이 낮고 (30~60%), 사용약품량은 이론당량비와 비교하여 많이 사용된다. 또, 알카리분

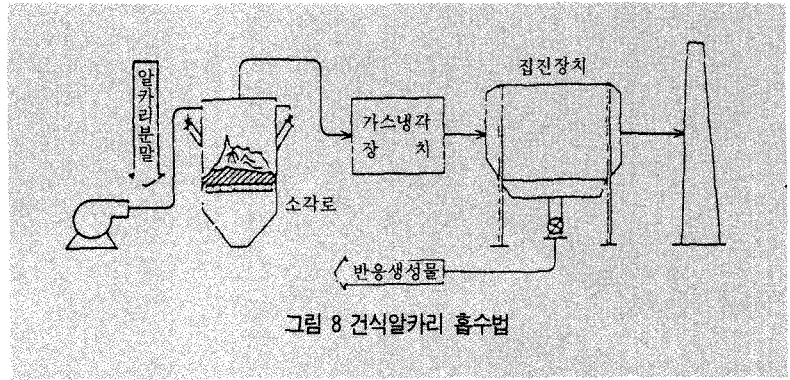


그림 8 건식알카리 흡수법

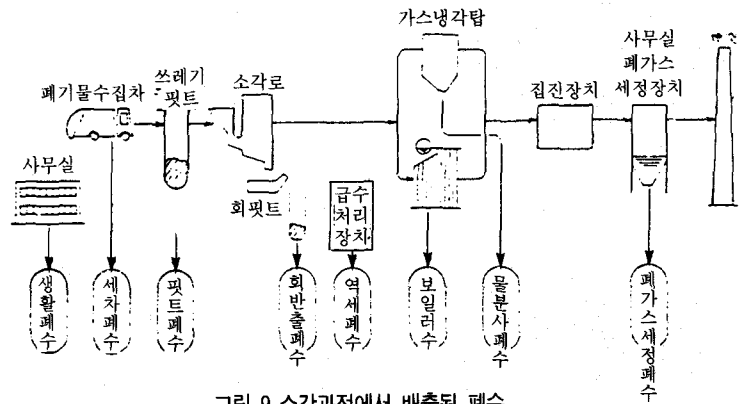


그림 9 소각과정에서 배출된 폐수

말, 반응 생성물에 의하여 소각로 각부위에 분진의 부착, 집진장치에서 포집된 반응생성물의 취급에는 충분히 유의해야 한다.

### 마. 폐수처리 공정

폐기물 소각시설에서 배출된 폐수는 여러가지 복합된 혼합물로 구성되어있으며 이는 시설규모, 폐기물 종류, 로형식, 부대 설비, 운전상황에 따라 다르다.

폐기물 소각과정에서 배출된 폐수의 종류를 그림 9에 나타냈다.

폐기물 소각공장 전체의 폐수처리 공정을 계획할 때엔 공장입지 조건, 시설내용을 고려해야 한다.

기본적인 조건으로는 가능한 배출량을 적게 하고 오염농도가 낮은 폐수는 적정히 처리하여 소각 과정에 재이용하는 이른바 크로스 시스템(Close System)으로 계획하는 것이 좋다.

### 바. 여열이용 공정

폐기물 소각시 발생한 연소열을 이용하여 급탕, 난방, 발전 등에 이용하는 공정에 대하여 언급한다.

#### 1) 소규모 여열이용 공정

소각공장내의 숙직실, 부대관리동의 급탕, 난방등의 소요되는 열량은 통상 수분사식 가스냉각탑

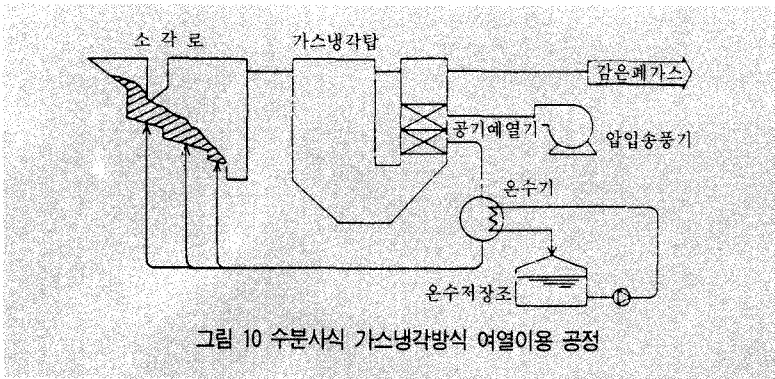


그림 10 수분사식 가스냉각방식 여열이용 공정

보일러 증기조건은 10~20kg/cm<sup>2</sup>G의 포화증기로 계획된다. 잉여증기는 공냉식의 증기복수기에 의해 응축시켜 보일러 압력을 제어한다. 이 경우 일반적인 여열이용의 처리공정은 그림 12에 나타낸다.

(2) 발전을 주목적으로 하는 경우  
 발전을 주목적으로 하는 경우에

의 후단에 온수기를 설치하는 것에 의해 열원확보가 가능하다. 배가스중에 직접온수기를 설치하는 방식은 배가스중의 무수황산(SO<sub>3</sub>)등에 의해 저온부식에 유의할 필요가 있다.

그림 10에 온수기를 설치한 소규모 여열이용 처리공정의 예를 나타내었다.

2) 중간규모의 여열이용 공정

소각공장내 또는 부속관리동의 급탕, 난방, 그외에 복지센터, 실내수영장 등의 급탕, 난방열원을 공급하는 정도의 여열 이용계획에는 수분사식 가스 냉각탑과 증기보일러를 조합한 공정이 적용되며 그림 11과 같이 2가지 방법으로 구분할 수 있다.

가) 수분사식 가스냉각탑+증기보일러

나) 증기보일러+수분사식+가스냉각탑

가)의 경우, 여열이용 부하가 작을 경우에 적합하고 나)의 경우는, 여열이용 부하가 클 경우에 적합하다.

증기 보일러를 설치하는 방법에는 저온부식을 피하기 위해 보일러 증기압력은 4kg/cm<sup>2</sup>G 이상 유지하는 것이 필요하다. 통상 중규모 여열이용을 하는 경우에는 7~

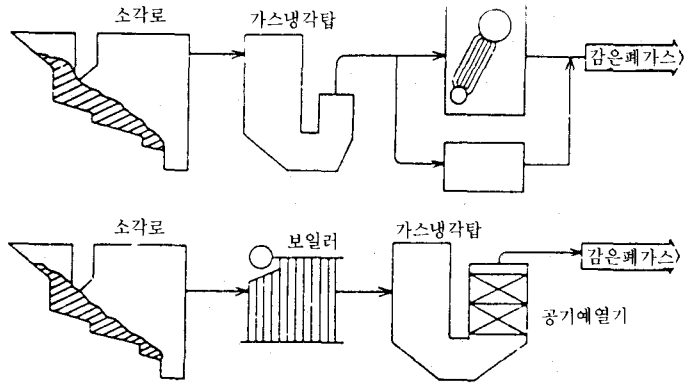


그림 11 수분사식 가스냉각탑과 증기보일러 병설

10kg/cm<sup>2</sup>G의 증기압이 적당하다.

3) 대규모 여열이용 공정

소각에서 발생한 열량을 최대한 이용하는 경우에는 배가스의 보유 열량을 전량 보일러에서 회수한다.

이 경우 여열이용의 주목적은 가) 가열된 물 또는 증기에 의한 열공급

나) 발전

다) 발전과 열공급의 조합이 있다.

(1) 열공급이 주목적인 경우  
 열공급을 주목적으로 하는 경우

는 발전효율을 높게하기 위하여 보일러 증기조건은 고온, 고압이 바람직하다. 그러나 폐기물 소각 배가스중에 함유된 염화수소 등에 의해 전열관의 고온부식이 문제가 되기 때문에 증기조건이 제약된다. 이 고온부식은 전열관의 온도가 320°C이상에서 현저하게 생기고 500~600°C에서 가장 심해진다.

이 경우 이용측면에서 보면 과열증기 조건은 250~280°C로 계획하는 것이 안전하다.

한편 터빈은 공장입지조건,

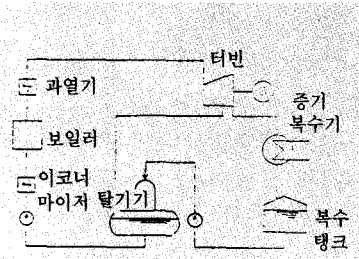


그림 12 열병공급을 위한 여열이용 공정

건설비 등에서 공냉식 복수기가 일반적으로 사용 된다.

그림 13은 발전을 주목적으로한 여열이용 처리공정의 예를 나타냈다.

(3) 발전과 열공급을 조합한 경우

발전과 열공급을 조합한 여열이용 계획은 보일러에서 발생하는 고온, 고압의 증기로 터빈을 돌려 양질의 전기에너지를 만들고, 잉여증기는 급탕, 난방 등에 이용하는 공정이 있다.

그림 14에 발전과 열공급을 조합한 여열이용 공정의 예를 나타낸다.

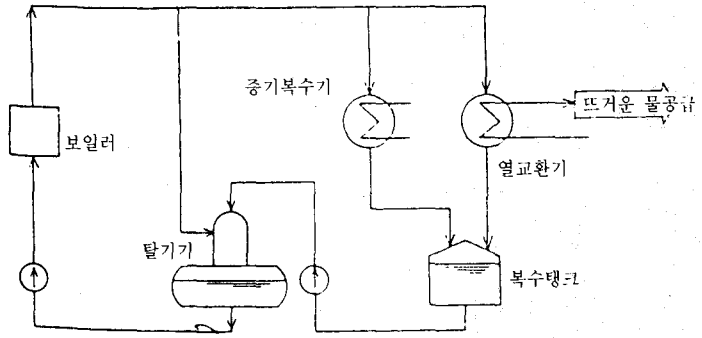


그림 13 발전을 위한 여열이용

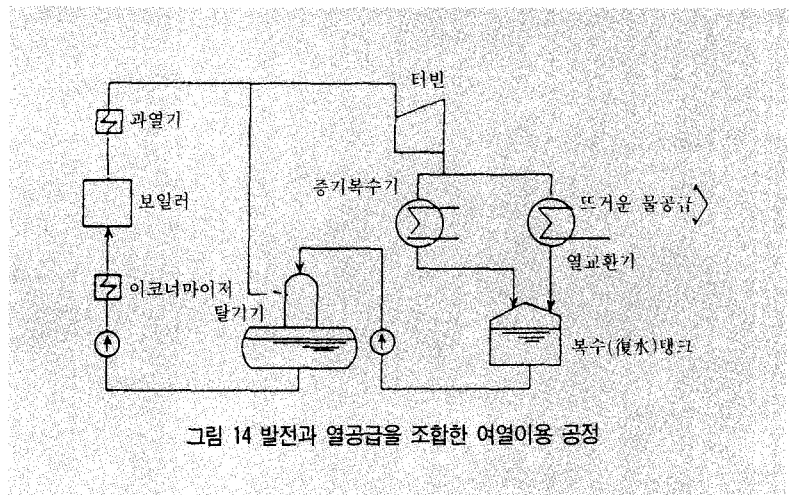


그림 14 발전과 열공급을 조합한 여열이용 공정

## 게 시 판

**광주, 전남환경관리인협회는** 국제화, 개방화 시대를 맞이하여 환경문제가 자국의 이익을 위한 무역 규제에 대두됨에 따라 각 기업체의 환경에 대한 관심과 요구에 부응하고자 다음과 같이 「제1회 신기술 발표회」를 개최한다.

1. 일 시 : 1994.6월중, 세계 환경의 날 기념(별도 통보)

2. 장 소 : 별도 통보

3. 신청대상 : 방지시설업체, 소각로제작업체, 환경관련 기기제작 및 판매업체, 폐기물처리 약품개발, 생산 및 판매업체

4. 참가인원 : 약 2백명

5. 신청분야 : 대기, 수질, 소음·진동, 폐기물 등 환경관련 전 분야

6. 신청내용 : 신기술 및 신상품, 특허출원, 개선사례

7. 발표시간 : 1건당 30분

8. 신청방법 : 신청서 및 발표내용 PC로 작성, 제출

9. 신청기한 : 1994.5.20까지

10. 심사방법 : 동협의회 고문 및 환경기술사로 심사위원 구성, 선정후 개별통보

11. 제 출 처 : 광주, 전남환경관리인협회 사무실

TEL : (062)368-7503