

산업폐기물의 에너지자원화 연재 II

편집부

2. 산업폐기물 이용기술 및 지원제도

인구증가와 각종 산업발전에 따라 산업체에서 발생하는 폐기물은 그 발생량이 날로 증가되고 있어 환경측면에서 국내외적으로 심각한 사회문제로 대두되고 있는 실정이다. 현재 폐기물 처리는 대부분 매립에 의존하고 있으나 소각기술과 공해방지 기술의 발전에 따라 산업폐기물의 상당량을 에너지자원화 할 때 환경적인 측면 외에도 산업체의 생산성 향상에 큰 영향을 미칠 수 있음이 매우 중요한 사실로 부각되고 있다. 그러나 우리나라에서는 아직 폐기물의 에너지화에 대한 관심과 노력 및 인식도가 다소 부족한 상태라고 할 수 있는 바, 적정 산업폐기물 처리시설을 통하여 에너지화하는 경우, 에너지절감은 물론 환경오염을 최소화할 수 있을 것이다. 따라서 산업폐기물 중 가연성 산업폐기물의 회수 이용은 시급히 해결되어야 할 과제이므로 여기에서는 산업폐기물의 현황, 그 이용기술 및 이를 적용할 경우의 효과에 대해서 소개하고자 한다.

가. 산업폐기물 현황

1) 일반현황

우리나라 산업폐기물은 꾸준히 증가하고 있고 이를 살펴보면 산업폐기물 총발생량이 연간 12,172천톤 중 78.5%가 무기물이고 19.7%가 가연성 폐기물이다. 산업폐기물의 처리방법별 처리량을 보면 1일 처리량 33,349톤 중 75%가 매립으로 처리되고

있고 재활용은 23% 소각은 2%에 지나지 않는다. 또한 산업폐기물의 에너지자원화를 위한 폐기물 소각 보일러는 해마다 그 보급량이 증가되고 있어 산업체뿐만 아니라 국가사회적인 면에서 매우 다행스런 것으로 보인다.

나. 산업폐기물의 에너지 이용기술

각종 공장 및 산업체에서는 점차 폐기물에 대하여 환경공해 분야뿐 아니라 자원화하는 문제로 검토하고 있으며 특히 에너지로 이용하는 방법을 깊이 있게 연구 검토하고 있는 실정이다. 산업폐기물은 그 종류가 다양하여 그 수는 수백종에 이르며 그 분류방법은 여러가지가 있으나 결국 소각로를 중심으로 한 분류가 일반적인 것이다. 모든 가연성 폐기물의 소각처리에 맞는 만능형의 다목적 소각로는 현재에는 없어 그 각각의 폐기물 종류에 해당하는 소각로를 선정하고 공정을 설계하여 폐열이용, 대기오염방지, 폐수처리 등의 공통부분을 유기적으로 고려하여 하나의 합리적인 소각시설을 해야 할 것이다.

1) 소각로 설치시 유의사항

산업폐기물은 성상이 다양 각색의 것이 혼합되어 있는 경우가 많으므로 악취, 매연, 소음, 수질오염 등에 대한 공해방지 대책은 소각로 설치를 계획함에 있어 우선신중히 고려하여야 하며 에너지로 이용하기 위해서는 폐기물의 질량조사, 성분 및 발

열량조사, 가연성산업폐기물에 대한 에너지이용 가능성, 공해물질 배출 가능성등에 대하여 사전검토가 충분히 되어야 한다.

2) 소각로 선정

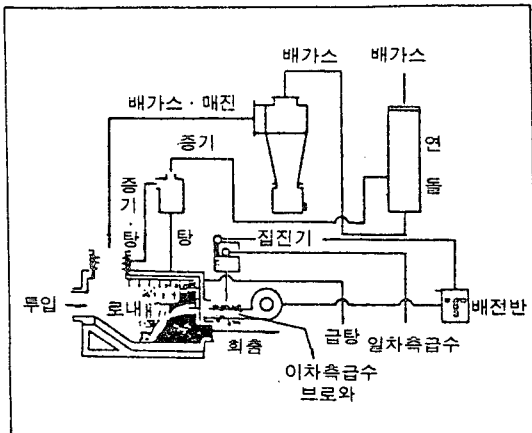
각종 산업폐기물을 소각처리하기 위해서는 폐기물에 대하여 최적의 소각형식을 선정하는 것은 소각효율의 향상을 위하여 극히 중요한 사항이며 선택할 수 있는 소각형식의 종류를 보면 공정상로, 기계로, 로터리킬른, 유동상로, 회전상로, 다단로, 분연로, 열분해로 등이 있으므로 폐기물의 특성에 가장 적합한 로를 선택하여야 한다.

또한 로의 형식 선정에 있어서 유의하여야 할 사항을 살펴보면 설비운전비용, 소각효율, 열이용성, 주변환경영향, 설치장소, 로의 수명, 공해 및 작열감량, 보수의 용이도 등이며 상기제반요소를 신중히 검토하여 그중 어느요소를 가장 중요시 해야 할 것인가를 기본적으로 선정하여야 한다.

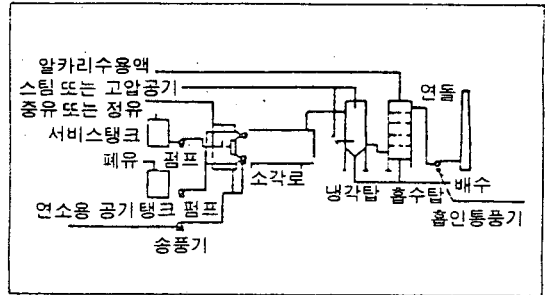
3) 소각로 형식별 특징

각 형식의 소각로가 그 각각의 제조업에 따라 연구개발이 진행되고 있고 단점을 보완하기 위해 많은 노력을 하고 있기 때문에 대상폐기물의 종류에 따라 적용력이 확대되고 있으며 소각로의 형식별 특징은 다음과 같다. 고정상로 (FIXED BED INCINERATOR) 현재 폐기물 소각로로서 가장 많이 설치되어 있는 형식으로 화실구조와 고안 개량과 가동 화격자의 선택, 예비 건조기의 선택 등에

<그림2> 고정상로 소각장치 예



<그림3> 분무연소식 폐유 소각장치



따라 각종 폐기물에 대한 적용범위도 특히 넓어지고 있다. 고정상로는 다른 형식에 비하여 구조가 비교적 간단하며 따라서 고장도 적어 운전이 용이하고 배가스온도의 조절도 용이하여 혼합 잠개의 소각에 광범위하게 적용되고 있다. 정상로의 단점은 통상 6면체로 되어 있어 상하 8개소의 코너에 Dead Space가 있어 타형식에 비하여 연소실 부하를 약간 크게 잡아야 하고 특히 Dead Space는 로의 크기가 작을수록 점유비율이 커지게 된다. 가장 효율적인 소각량은 혼합 잠개에 있어서 500Kg/H ~ 1,500Kg/H이다. 또 고정상로는 화격자하부로부터 1차공기에 의하여 연소가 지배되어 소각된 재도 화격자를 통해 배출되므로 소각물의 질에 따라 소각로내의 온도가 1,000°C를 초과하는 경우, 소각된 재 (ASH)의 CLINKER화 현상이 발생되며 화격자에 부착하여 연소를 저해하는 경우가 있으므로 이 방지대책에 여러가지 방식이 고안되고 있다. 소각처리온도는 750°C~1,100°C이며 작열감량은 각종 소각로중 가장적다고 볼 수 있다.

분연료 (SPRAY COMBUSTION INCINERATOR)

폐유 및 수처리가 곤란한 유해, 폐액의 처리에 대하여 채택 되고 있다. 폐유의 경우는 유수분리장치에 의해 될 수 있는 한 함수율을 적게하고 FILTER를 통하여 협잡물을 제거한후 폐유버너에 의하여 분산 연소하나 폐유의 질에 따라서는 보조 버너를 병설하여 연속소각을 용이하게 하는대책을 세우고 있다. 발열량이 많은 경우 폐열 보일러를 부착하여 최대한 열을 활용할 수 있다.

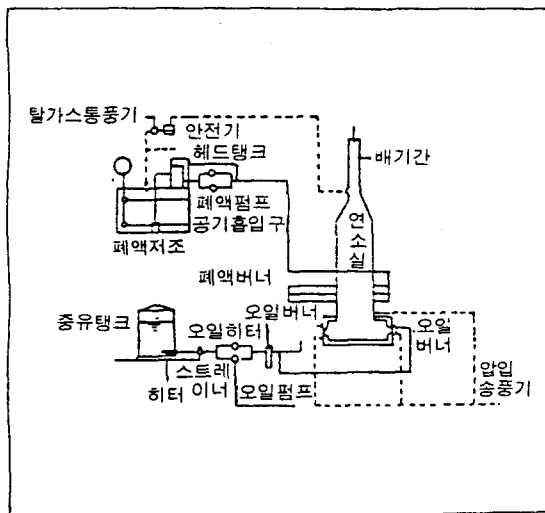
이때 중요한 점은 폐유가 연소할 시 고온의 연소가스로 인한 각 소재, 재질 등의 부식, 열화현상을 어떻게 방지하느냐와 충분히 견딜 수 있는 재질을 선택하는 것이다. 다단로(MULTY STEP FURNACE) 폐수처리장에서 나오는 슬러지류를 소각하기 위하여 채택되고 있다.

다단로는 로내의 상부로부터 협잡물을 투입하여 단계적으로 하단으로 낙하되게 되면서 건조와 소각이 연속적으로 발생되도록 제작된 것이다. 이때 중요한 것은 로중심에 설치되어야 하는 구동장치류이다. 예로 중심축, 레이커감속기어 등이며 또한 로내부의 구조중 각단과 로벽의 재질의 선택이 무엇보다 중요하다. 장점으로는 적은 면적으로 설치가 가능하고 열손실이 적은 점이다. 그러나 기계적 구동장치와 로내부에 내장된 부분이 내화내산에 강한 소재이어야 하고 운전기술의 숙련이 필요하다. 기계로(MACHINERY INCINERATOR)대규모 도시쓰레기 전용 소각로이며 24시간 연속가동을 원칙으로 한다. 1기당의 처리능력은 50TON/일~60TON/일의 범위의 것이 많으며 연소효율, 배열이용, 2차공해설비에 대하여 완전해 가까운 대책이 취해지고 있다. 도시쓰레기는 계절에 따라 그 배출량과 함수율이 다르고 쓰레기 등에 함유되어 있는 물질의 종류도 복잡하여 전처리 설비, 건조설비, 2

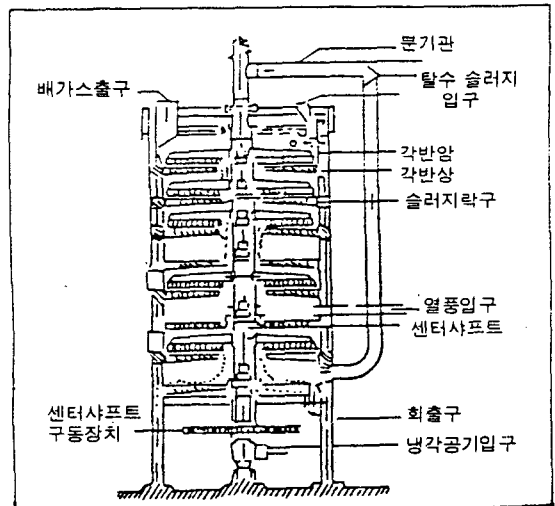
차용해처리설비의 대책이 중요시 되고있다. 로터리킬른(ROTARY KILN)고정상로와 함께 가장 오래된 역사를 가지고 있으며 로내에서 건조와 소각을 계속적으로 수행할 수 있으며 함수율이 높은 폐기물이나 형상의 균일화가 된 폐기물의 소각에 적당하다. 다만, 방열면적이 크고 내화물의 두께를 일정 이상으로 축조하는 일이 곤란하여 배기가스 온도도 낮기 때문에 폐열이용을 목적으로 하는 소각로장치로서는 적당하지않다. 또한 설치면적과 운전, 보수, 관리 측면에서도 좀더 개선되어야 할 것이다. 유동상로(FLUIDIZED BED)소각로 가운데서 규소사를 매체로 하여 이용하는 방식으로 로하부에 1m미만의 규소사층을 형성시켜 연소용기에 의해 하부에서 상부로 유동을 시켜 폐기물의 건조와 연소를 하는 방식으로 최근에 실용화 되어 있다. 폐기물은 사전에 파쇄, 선별 등의 전처리를 실시하여 로내규소사층에 유입되나 규소사층은 로하부에서 산기장치에 의해 200°C~300°C로 예열된 공기에 의해 유동상태로 유지된다.

그렇기 때문에 폐기물은 충분히 교반, 혼합되어 소각 잔사중에 미연소물이 적다. 이 방식의 장점은 단위 면적당 소각량이 큰 것과 배가스중의 황화수소가스, 황화수소가스등을 제거하는데 알칼리 분말을 투입함으로써 용이하게 효과를 거둘 수 있

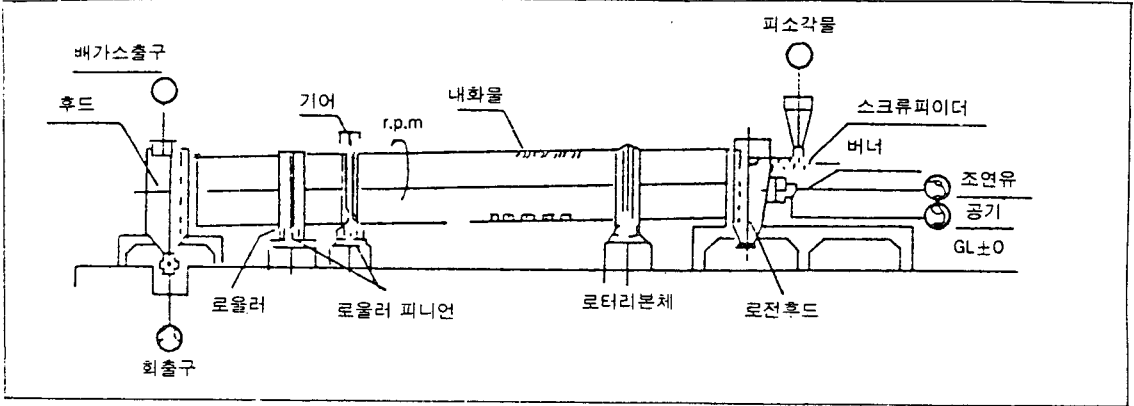
<그림4> 폐액의 분무연소로



<그림5> 다단로 연소장치 예



<그림6> 병류식 로터리 킬른 연소장치 예



는 것이 특징이다. 그러나 전처리 설비와 비교적 균일한 투입조건 등과 유동압의 조절 등 운전의 기술이 많이 필요하다. 열분해로 (PYROLYSIS) 오래 전부터 화학공업분야에서 실용화하고 있는 것으로 주로 목재나 식물성을 이용하여 알콜을 생산해 왔다. 근래는 폐기물을 대상으로 각국에서 연구개발에 많은 노력을 가하고 있으며 폐기물의 대상에 따라 열회수에 많은 효과를 보고 있다. 장점으로는 단일한 성분의 폐기물을 대상으로 했을시 열분해 온도가 균일하여 제어하기 용이하며, 매연이나 먼지가 대단히 적다고 할 수 있어 고무류, 비닐류, 합성수지류, 페타이어 등에는 적용이 가능하고 설계, 제작사의 고도의 제어기술에 대한 운전자의 숙달이 필요할 것이다. 단점으로는 혼합폐기물의 분류 문제, 적용 대상물질의 성분, 화학적 변화요소, 유해가스방출, 유무확인 등이며, 특히 사전에 파이롯 시험에 의해 분해가스 발생량에 대한 온도와 압력의 제어관련 사항을 충분히 검토하여야 안전하게 사용할 수 있다.

4) 소각으로 인한 오염방지 대책

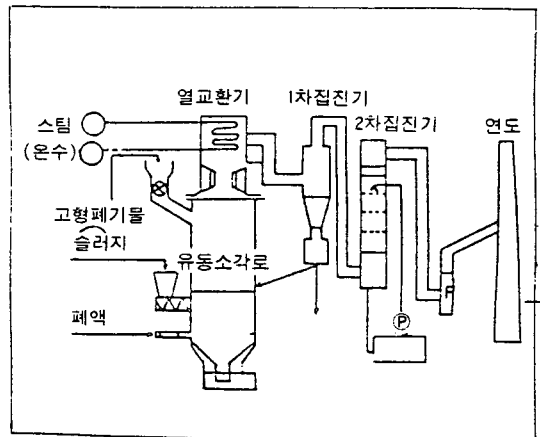
산업폐기물 중에서는 특정유해물질이 대량 함유된 것도 있으므로 방지시설을 고려해야 하며 연소시에 분해되는 가스도 있으나 CO등 대부분의 유해가스는 건식집진장치 등으로 분해가 안되므로 습식이 병행되어야 하고 습식을 택하였을 때는 폐수 처리 등도 참고하여야 한다. 또한 건식, 습식 등을

결한 방지시설을 하여도 중화처리되지 않는 가스나 물질이 있으므로 약품사용 및 화학처리방법 등을 이용한 방지대책의 검토가 요구되므로 기술감리시에 신중을 기하여야 한다.

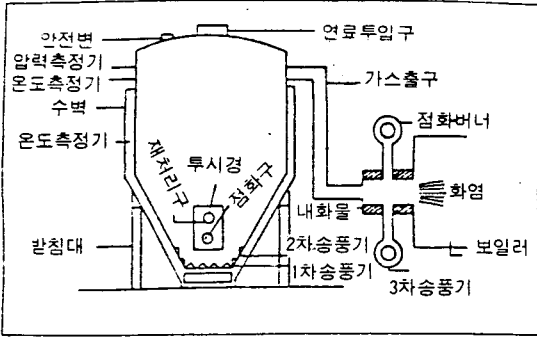
5) 열회수 이용 효과

각 산업체에서 발생하는 산업폐기물을 연소, 소각하여 발생하는 열을 활용하는 것은 산업체의 생산성 측면이나 환경적 측면에서 꼭 필요한 것이며, 특히 발열량이 높은 폐기물을 배출하는 산업체의 경우, 많은 경제적 이익을 가져올 수 있다는 점은 산업폐기물에 대한 인식을 갖게 할 수 있는 동기가 될 것이다.

<그림7> 유동상로 연소장치 예



<그림8> 열분해로 연소장치 예



다. 적용사례

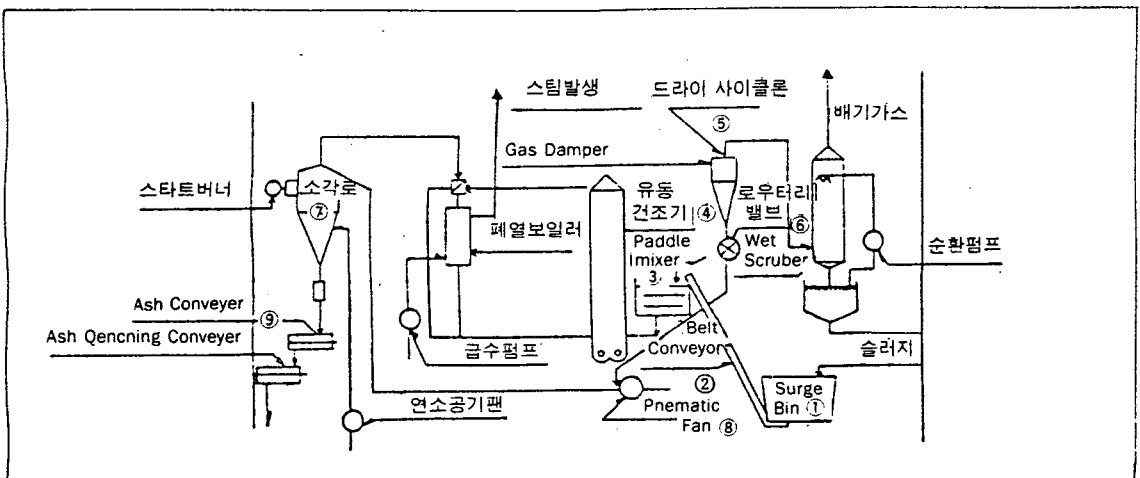
현재 국내에서는 제지슬러지를 효과적으로 연소시켜 증기를 발생시키는 방법이 아직 공인된 시스템은 없으나 일부업체는 제지슬러지를 탈수, 건조 등으로 에너지화하여 성공한 사례가 있으므로 검토하여 불만한 기술이다.

1) 적용업체 개요

- 생산품목 : 신문용지, 중절지, 서적용지 등
- 생산량 : 연간 150, 250M/T
- 종업원수 : 1, 045명
- 에너지소비량
 - 연료 : 26, 860KI/년
 - 전기 : 106, 200MWH/년

2) 적용분야

<그림9> 제지 슬러지 소각설비의 공정도



(다음호에 계속)

제지제조 공정중 부산물인 슬러지를 건조, 소각하여 그 발생열을 이용 증기를 발생하여 공급한다.

3) 제지 슬러지 소각설비 공정도

탈수기에서 농축된(함수율65~70%) 제지 슬러지는 Surge bin①에 투입되어 일정량으로 벨트 콘베어②에 의하여 Paddle mixer③에 투입된다. 여기에서 생슬러지는 건조된 일부를 이송 스크류에서 받아 교반혼합하고 미건조슬러지의 입자조정과 동시에 슬러지내의 수분을 줄여 입형이 결정되며 교반혼합이 끝난 슬러지는 삼입스크류에 의해 건조기④내에 투입된다. 건조기는 직립타워형태로서 하부에 한쌍의 송풍기가 설치되어 있다. 이 송풍기는 흡입된 고온의 가스가 투입된 미건조 슬러지와 순간적으로 교반혼합되어 슬러지의 수분이 증발되게 하며, 가스 기류에 편승된 건조슬러지는 입자 및 수분을 균일화하여 Cyclone⑤에서 Rotary Valve⑥를 통과한 다음 일부 슬러지는 Paddle mixer ③에 환수되고 나머지는 소각로⑦에 연소공기를 포함한Pneumatic Fan⑧에 의해 이송되어 소각로 상단 접선방향으로 로내에 분사된다. 분사된 슬러지는 로내에서 약850℃ 고온으로 선회연소되어 재와 가스가 분리된다. 가스는 덕트를 통해 보일러에 유도되어 최대로 증기를 발생시키고 재는 소각로 하부에 있는 Ash conveyor⑨와 Rotary Valve를 통해서 저장탱크에 쌓여진다.