한국대기보전학회지 제11권 제2호
J. KAPRA Vol. 11, No. 2(1995) pp. 107~117
Journal of Korea Air Pollution Research Association

특별기고

폐기물 소각시설분석과 소각로 선정

Analysis of Waste Incinerator and Its Selection

임 계 규
호서대학교 환경공학과

Gye-Gyu, Lim
Dept. of Environmental Engineering, Hoseo University

1. 서 론

최근 몇년전 부터 폐기물 처리와 관련하여 소각로에 대한 관심과 연구가 부쩍 늘어나고 있다. 이는 인구의 증가, 산업의 발전, 경제활동의 팽창 및 다양화 등에 의하여 폐기물의 질적 변화가 적정처리에도 영향을 미쳐 큰 문제로 대두되고 있고, 또한 폐기물의 단순 매립처리가 사후 관리에 여러가지의 어려움과 매립지 선정 자체에도 어려움이 따르고 있기 때문이기도 하다. 그러나 소각기술이 아직도 보완되어야 할 부분들이 많기 때문에 현재 가동중인 소각시설에도 많은 어려운 문제점이 발생하고 이들의 문제해결이 시급한 것이 현재의 현실이다. 심한 경우에는 폐기물 처리목적으로 많은 투자를 하여도 폐기물의 특성에 따른 적정 처리시설을 선정하지 않아 소각로 가동 시운전 단계에서도 중지하여야 하는 경우도 발생하고 있다. 반면 적은 투자로도 만족할 만한 처리효과를 내며 가동하는 경우도 있어 당초 계획단계 부터 신중을 기해야할 것이다. 소각로는 외부로 보기에는 거의 비슷하나 상세히 검토하면 소각로에 대한 선택적 기술이 필요하며 특히 소각로를 사용하는 목적이 무엇인지에 따라서 소각로의 선택이 달라질 수도 있다. 이러한 문제에 초점을 두어 현재의 소각기술을 분석하고 선정과정을 검토해 나가기로 한다.

2. 연소계의 원리

연소계의 원리를 분석하려면 다음의 사항을 고려하여야 한다. 첫째로, 비등온(Nonisothermal), 비균질(Nonhomogeneous), 비정상상태(Nonsteady Conditions) 아래서 화학반응의 속도론과 평형(Chemical reaction Kinetics and Equilibrium)을 고려하여야 한다. 따라서 일반적인 화학반응의 메카니즘 하고는 차이가 많다. 둘째로는 기하학적으로 복잡하게 엮여 있는 계(System)내에서 여러종류의 흐름 즉, 층류, 천이류, 난류, 재순환류, 소용돌이류, 그리고 플락류(Plug Flow)에 의해 열이 방출되는 비등온적 비균일적 반응혼합물속에서의 유체영역을 고려하여야 한다. 세째로 열방출속도가 크고 또한 열회수 속도(보일러 시스템 처럼)가 큰 고형물, 액체 및 가스간의 복사, 대류 및 전도에 의한 열전달도 정확히 고려되어야 한다. 이상과 같은 연소공학의 원리를 폐기물소각에 응용하려면 이러한 복잡성이 예측할 수 없는 연료의 조성변화에 따라 3T(Time, Temperature, Turbulence)에 미치는 영향이 증가하게 된다는 것을 항상 인지하여야 한다.

3. 소각시설의 주요성능기준

소각시설의 구성상에 있어 소각로는 소각대상물을 저장, 전처리, 공급, 건조, 연소, 연소재의 배출, 가스냉각, 연소가스등에 따라 설비, 장치, 기기가 조합되어 기본적인 구조가 갖추어지며 여기에 배출가스, 급배수 등의 공해방지설비, 폐열이용설비 등이 덧붙여지게 되면 전체 소각설비가 구성된다. 이러한 소각설비는 연소방법이나 연소설비에 따라 여러종류로 분류한다.

다음은 일반폐기물 소각시설이 최소한 갖추어야할 주요성능기준과 처리기준을 폐기물관리법 시행규칙과 필요성에 따라 다음과 같이 제시할 수 있다. (1)자체중량,

적재하중 기타하중에 충분히 견딜수 있어야하고, 처리에 사용되는 처리약품 및 처리과정에서 발생하는 열, 습기, 배기가스, 배출수, 충격 등에 충분히 견딜수 있는 재질을 사용하여야한다. (2) 소각과정에서 일반폐기물의 흩날림, 흘러나옴, 악취의 발산을 방지하는데 필요한 설비를 갖추어야 한다. (3) 일반폐기물의 소각과정에서 발생되는 대기오염물질, 수질오염물질 등을 처리할 수 있는 시설을 갖추어야한다. (4) 처리시설의 바닥은 시멘트, 아스팔트 등 물이 스며들지 못하는 재료로 포장하여야 한다. (5) 하루 50톤이상의 용량의 소각시설인 경우에는 반입되는 일반폐기물의 중량을 측정할 수 있는 계량시설을 설치하여야 한다. (6) 연소실(2단연소의 경우 최종연소실)의 출구온도는 700°C이상(PVC 등 염화비닐계 화합물을 포함하지 않는 경우에는 450°C이상)이어야 하며, 연소실(둘 이상의 경우 최종연소실) 출구에는 1200°C이상을 측정할 수 있는 열전대를 설치하고, 온도지시계 및 온도변화를 연속적으로 자동기록할 수 있는 자동기록계(200kg/hr이상의 소각로)를 설치하여야 한다. (7) 최종연소실의 가스 체류시간은 0.5초 이상이어야 한다. (8) 연소실의 내부에 사용되는 자재의 재질은 한국산업규격을 충족시키는 것으로 내화점토질은 내화도 SK32이상(건류식의경우 SK34이상)이어야 하며, 강판의 두께는 4mm이상이어야 한다. 내화단열벽돌의 경우에는 B류 1종에서 정하는 열전도율 보다 낮은 열전도율을 갖는 재질이어야 하며, 캐스타블 내화물의 경우에는 4종에서 정하는 기준이상의 내열성을 갖는 재질이어야 한다. 기타의 경우는 환경처장관이 정하는 기준이상이어야 한다. (9) 연소실의 외부표면온도는 80°C이하로 유지할 수 있는 구조이어야 한다. (10) 연소실의 외부를 철판으로 피복할 경우에는 연소실 본체의 고온부위는 내열도료로 도색 또는 단열피복하여야 한다. (11) 소각로의 투입구는 고온에 견딜 수 있는 재질로 만들어야 하며, 소각로는 외부공기의 유입이나 연소가스의 누출을 방지할 수 있는 구조이어야 한다. (12) 연소실의 온도를 조절할 수 있도록 충분한 용량의 보조버너를 설치하여야 한다. 다만, 폐기물의 소각과정에서 발생하는 연소열에 의하여 연소실의 출구온도가 (6) 에서 정하는 온도이상이 되는 경우에는 그러하지 아니하다. (13) 연소실의 공기공급량을 조절할 수 있는 장치를 설치하여야 한다. (14) 연소가스를 300°C 이하로 냉각시키기 위한 냉각시설 또는 폐열회수시설을 설치하여야 하나 대기오염물을 처리하는 방지시설의 구조를 고려할 경우 연소가스의 냉각이 필요하지 아니하다고 인정되는 경우에는 그러하지 아니하다. (15) 연소가스 냉각시설 또는 폐열회수 시설이 수관식인 경우에는 지속적으로 급수가 가능하도록 급수펌프를 2대이상 설치하거나 또는 냉각기능의 정상유지에 필요한 급수설비를 설치하여야 한다. (16) 소각로의 압력을 일정하게 유지하기 위한 통풍설비를 설치하여야 한다. (17) 통풍력과 배기가스의 대기확산 등을 고려한 높이와 구조를 가진 연돌을 설치하여야 한다. (18) 연소실의 내부를 볼 수 있는 검시공을 설치하여야 한다. (19) 연소실 상부에는 연소실내의 압력을 측정하기위한 압력측정기(200kg/hr이상의 소각로)를 설치하여야 한다. (20) 소각잔재물의 제거시 재의 흩날림을 방지할 수 있는 시설을 갖추어야 한다. (21) 회전식 소각로는 연소실의 회전속도를 변화시켜 폐기물의 연소실 체류시간을 조절할 수 있는 구조이어야 한다.

4. 소각로의 종류

소각시설은 연소방법이나 소각로형식에 따라 여러종류로 나뉘는데 연소방법에 따른 분류는 주로 연소가스의 유동방향에 의해서 분류하고, 소각로형식에 따른 분류는 화격자 연소방식, 상연소방식, 유동층방식, 분무연소방식으로 나눌 수 있다. 연구개발에는 주로 연소방법에 따른 분류방법을 주로 따르나 실제 현장과 마케팅에는 소각로 형식에 따른 분류방법을 주로 따르고 있다.

4.1 연소가스의 유동방향에 의한 분류

연소가스 유동방향에 의한 분류에는 향류방식, 병류방식, 중간식방식, 상향류방식, 하향류방식, 중간류방식으로 분류된다.

향류 방식은 연소물이나 보조 연료의 연소가스 유동방향이 소각물의 이동방향과 반대방향일 경우를 말하며 난연성(또는 착화하기 힘든) 소각물일 경우에 적합한 방식이다. 병류방식은 연소물의 연소가스 유동 방식이 연소물의 이동방향과 동일한 방향일 경우이며 연소물의 연소성, 착화성, 자연성이 양호한 경우에 적용하는 방식이다. 중간식 방식은 소각물중 함수량이 40%(Wet Base)로 비교적 함수율이 낮고 완전히 향류로 하면 소각물 공급구 까지 고온가스가 역류할 것 같은 경우에 적용되며 향류범위를 물체 전이동 거리의 4/5~2/3정도로 한다. 이 범위는 설계 계획에 있어 소각 대상물의 선상에 따라 결정한다. 상향류방식은 화상위의 소각물에 대해 연소용 공기가 아래 쪽에서 화상을 통해서 상승해 연소가스는 소각물의 틈을 통과해서 윗층으로 전열하여 점차 착화하여 연소를 촉진시킨다. 아랫층에 화력이 쌓여 있으면 아래방향에서 들어오는 공기도 가열되고 온도 상

승과 더불어 통기성의 유동이 아주 좋아지게 된다. 따라서 소각물의 열분해 속도가 빠르나 검댕이 발생할 경우는 부적당해 필히 재연소 과정을 설비해야 하며, 회분식 투입에 의한 잡개류 소각일 경우에 오래 전부터 채택되어 왔다. 하향류 방식은 상향류와 반대로 연소 공기를 화상 위의 소각물 위쪽에서 아랫쪽으로 흡입시켜서 아랫층의 복사열을 받으면서 연소를 계속하고, 윗층으로의 불꽃이동을 억제하면서 고온의 불꽃층을 통과시켜 미연소가스와 매연을 완전연소 시킨다. 이 방법은 상향류방식에 비해서 연소 불꽃 이동 속도가 느리기 때문에 화상 부하율은 절반 이하로 저하된다. 소형 소각로에 주로 이용된다. 상향류와 하향류의 중간류 방식은 연소용 공기를 아랫방향에서 일부 불어넣고 퇴적 소각물의 상부 표면에서 일부 불어넣어 상향류에 대한 하향류의 결점을 보완했다. 연소가스의 유동은 연소실의 수평횡방향으로 된다.

4.2 소각로 형식에 의한 분류 소각로

형식에 의해서 분류할 때는 소각로내의 상의 종류나 상이 없을 때는 소각물의 공급하는 방법에 따라 분류하며, 여기에는 화격자연소방식, 상연소방식, 유동층방식, 분무연소방식 등으로 나눈다. 연소공정을 단순히 연소로의 수에 따라 분류하는 경우에는 1단연소와 2단이상의 다단연소로 구분해서 1단연소는 1차연소 과정만으로 전열, 공기공급에 의해 분해연소, 표면연소를 하여 휘발성분, 고정탄소, 악취성분, 유해가스 등을 완전히 연소시키는 소각로 형식을 말하며, 휘발분이 많고 열분해 속도가 빠른 물질이나 건조연소과정에서 악취, 유해가스가 발생하기 쉬운 물질은 일반적으로 1단연소로는 불완전연소를 일으킬 우려가 많아 부적당하다. 다단연소로 1단연소와는 달리 1차연소 과정에서는 총 공기량을 공급하지 않고 연소가스의 복사, 대류 전열등에 의하여 소각물을 건류시키고 2차연소 또는 3차연소과정에 있어서 건류가스, 악취성분, 유해가스 등을 완전 연소시키는 경우를 말한다.

4.2.1 화격자 연소방식 소각로

화격자 연소방식은 소각로내에 고정 화격자 또는 가동화격자를 설치해 이 화격자 위에 피소각물을 올려서 태우는 방식으로 화격자 하부에는 재모음부가 있다. 연소공기의 유통은 화격자의 아랫쪽에서 피조각물을 통해서 윗쪽으로 통과하고 화격자 위에 있는 화종과 피소각물의 연소를 촉진시킨다. 이러한 화격자 연소방식에 이용되는 연소가스의 유동방향은 상향류방식과 하향류방식을 주로 채택하나 발연성이 적은 물질은 연소속도가 빠른 상향류 연소방식을, 열분해속도가 아주 빠른 물질에 대해서는 분해속도를 제어하기위해 하향류 연소방식을 택한다. 화격자 연소방식을 택하는 소형소각로는 주로 수동 재떨림 화격자형을 사용해도 무방하나 대형소각로는 자동재떨림 화격자를 사용하는 것이 편리하다. 대표적인 화격자형 소각로는 스토커(Stoker)소각로를 들수 있다. 고형폐기물의 연속 소각이 가능하도록 개발된 스토형 소각로는 로타리킬런이나 유동층 소각로에 비해 소각로의 구조가 간단하고 소각로내에서의 폐기물 이송이 가능하므로 대량소각시 최소한의 전처리로 폐기물의 소각이 가능하다. 스토커 소각로의 화격자는 주로 계단식 구동방식, 원형회전식, 상하운동식을 채택하고 있다.

계단식 화격자를 사용할 경우에는 상단부로부터 하단부로 연소되고 있는 폐기물을 계속 낙하시킴으로써 교반효과가 커져서 연소효율이 높은 반면 연소 배출가스 중 입자상 물질의 농도가 과도하게 증가하는 단점이 있다. 연소공기의 공급은 주로 화격자 아래부분으로 공급되는데 아래로부터 공급되는 공기는 연소를 촉진시키며 또한 화격자의 과열을 방지하는 냉각작용도 동시에 갖는다. 공기의 공급속도가 너무 느릴 경우 연소반응에 지장을 초래하며 또한 화격자가 과열되는 결과를 가져올 수 있다. 불완전 입자물질의 완전연소를 위해 화격자 위로도 보조연소공기를 공급하여 로안의 흐름이 난류가 되도록 한다. 계단식 화격자에도 여러형태의 것이 있으며 이중 제일 많이 사용되는 것은 왕복운동식 화격자(Reciprocal Grate)로 고정화격자 사이에 왕복운동을 하는 화격자들이 교대로 배치되어 왕복운동을 하므로써 폐기물의 이동, 혼합, 건조 및 연소가 일어나도록 설계되어 있다. 그러나 이러한 동적인 화격자는 화격자 사이에 폐기물이나 불완전 연소물이 끼일 염려가 있다. 이러한 문제점을 개선한 것을 독일의 마틴사(Martin Engineering Co.)에서 개발한 마틴시스템(Martin System)은 고정 화격자와 왕복운동식 화격자사이에 연소용 공기를 공급하도록 하여 폐기물의 끼임을 막고, 화격자의 냉각효과 연소효율도 증가시키도록 하여 독일, 미국, 일본 등에서 제작판매하고 있으며, 미국에서는 OGDEN MARTIN사의 특허로 등록되어 있기도 하다. 미국의 WHEELABORATOR사의 반롤 시스템(Von Roll System)은 이러한 왕복동 화격자 세개를 직열로 설치하여 첫번째 화격자는 건조용, 두번째 화격자는 연소용, 그리고 세번째 화격자는 후연소용으로 하여 소각로내에서 폐기물을 이동시키면서 연소하도록 하였다. 또다른 형태의 계단식은 이동식 화격자(Traveling Grate)로 화격자가 금속벨트 형태의 컨베어로 되어 있고, 둘 혹은 세개의 컨베어 벨

트를 계단식으로 연속시켜 소각로 안에서 폐기물의 건조와 연소가 각각 별도의 위치에서 일어나도록 되어있어 경사진 컨베어벨터의 화격자에는 폐기물 호퍼로부터 연속적으로 폐기물이 운반되며, 수평 컨베어벨트화격자 위에서는 연소가 일어나 완전연소가 일어나도록 컨배어벨트 화격자 이동속도를 조절하도록 되어 있다. 따라서 화격자위에서 피소각물의 혼합은 일어나지 않는다. 이송율은 양호하나 연소효율이 떨어져 지금은 잘 사용하지 않고 있다.

VKW 시스템 화격자는 서독 Dusseldorf VKW사 특허로 미국 Browning-Ferris사에 의해 제작 판매되고 있는 것으로 이동식 화격자를 변형시킨 것이다. 화격자의 형태는 드럼모양을 하고 있으며, 이 화격자는 천천히 회전하면서 폐기물을 교반하면서 이동시키도록 되어 있으며, 공기는 화격자와 화격자 사이로 공급되며 화격자의 회전속도와 폐기물의 양에 따라 공기의 공급양을 조절하도록 되어있다.

상하운동식 화격자(Rocking Grate)는 화격자 자체가 상하운동을 하도록 설계되어 있으며 폐기물의 혼합과 이송이 잘 일어나도록 하여 연속공급이 가능하도록 하였다. 대표적인 예로 에스링겐 시스템(Esslingen System)이 있으며 여기의 상하요동식 화격자는 반회전식으로 화격자 사이로 공기가 공급되며 폐기물의 교반과 이동이 이루워 진다.

이외에도 앨버티(Alberti) 시스템, 히난니콜(Heenan Nichol) 시스템, CEC(Carbo-nisation Enterprise et C'eramique) 시스템, 브룬 소렌센(Bruun and Sorensen) 시스템, 볼룬트(Volund) 시스템 등이 있다.

4.2.2 상(床) 연소방식 소각로

상(床) 연소방식은 소각로내의 화상위에 소각물을 태우는 방식으로서 화격자로는 적재하기 어려운 슬러지(Sludge), 입자상 물질이나 열을 받으면 용융되어서 착화 연소가 되기 쉬운 소각물에 적당하다. 구조에 따라 고정상, 회전로상, 다단로상, Rotary Kiln방식 등이 있다.

고정상 방식은 구조에 따라 경사식, 수평식, 원호 곡면식으로 구분된다. 경사고정식은 소각물의 건조와 연소를 위한 기계적인 가동 부분이 없어 단순하여 설치비가 저렴하다. 연소용 공기는 송풍기에 의해 강제방식으로 균등하게 공급되므로 연소효율을 높일 수 있다. 연소 배기 가스는 열효율 향상을 위해서 경사고정식의 안쪽을 통과 시켜서 열량을 보유하도록 하고 있다. 소용량, 간헐적인 운전에 적합하며, 회분이 적고 점착성이 없는 성상이 일정한 고분자폐기물 소각에 적당하다.

회전로상 방식은 수평회전로상을 소각로 하부에 설치하여 저속(0.3~1.5rpm)회전시키는 방식이다. 소각물은 상부 천개벽에 설치된 고정 교반 이송 갈구리에 의해 점차로 로상 중앙부로 이동된다. 소각물이 교반, 이동하는 과정에서 건조와 연소가 이루어지는 방식이다. 배가스는 중앙 상부로 배출하고, 재 및 잔사물은 중앙부 아래쪽으로 배출된다. 재 배출관에는 외부 공기가 로내로 침입하는 것을 막기 위해서 Rotary Valve 등의 장치가 설치된다. 연소공기와 조연버너는 원통형 로벽의 밖으로 부터 접선 방향으로 주입시켜 연소가스가 계속해서 선회류를 형성하도록 하여 체류시간을 길게하고 이를 통해 완전연소를 유도한다. 온도는 중앙부가 보통 800~900°C로 높고 외주벽 온도는 600~700°C로 비교적 낮다. 24시간 연속운전이 가능하며 수분이 많은 슬러지, 가축분뇨류, 도료찌꺼기 등의 소각에 적합하다.

다단로상 방식은 로 중앙에 설치되어 있는 교반장치에 의해 각 단의 상부로 부터 투입된 피소각물이 교반되면서 하단으로 이동하고 이때 하단의 조연장치에서 나오는 고온의 가스가 상승하면서 건조, 연소과정을 거치는 방법이다. 보조연료의 사용량이 많으며 로 상부로 배출되는 연소가스의 악취 때문에 따로 재연소 장치를 설치하여야 하는 단점은 있으나 열효율은 좋다. 활성 오니 처리에 적합하다. 이러한 방식으로는 원통 다단로와 각형 다단로가 있다. 원통 다단로는 상부에서 공급된 폐기물을 여러단으로 칸이 나뉘어져 있는 수평 고정상에서 교반 갈구리에 의해 가래로 흙을 파일구는 것 처럼 이랑을 만들면서 배가스와 접촉 시키는 방식으로 균등하게 건조시킬 수 있고 국부 연소를 피할 수 있다. 각형 다단로는 상부에서 공급된 오니류의 피소각물을 로상에 설치된 내열 주물재 디스크의 회전에 따라 교반 파쇄하여 외측으로 천천히 이동, 건조시키면서 점차로 하단으로 낙하시키고 Timer에 따라 간헐운전으로 이송량을 조절한다.

Rotary Kiln 방식은 내면에 내화물을 부착한 원통형 로내를 0.5~8%의 구배로 설치하고 하부에 Roller를 설치해 구동장치에 따라 천천히 회전시키면서 윗 부분에 있는 투입 Hopper에서 투입전 피소각물을 교반하면서 Kiln 하위단 또는 상위단에 설치된 고정버너의 연소가스와 향류 또는 병류접촉을 하면서 건조후 착화하고 점차 하위로 보내면서 연소가 완결된 재잔사를 배출하는 간단한 구조로 된 로이다. 건조와 초기연소를 위해 두개의 이동식 화격자가 사용되고 이 장치의 핵심인 킬런의 회전속도에 따라 폐기물의 소각속도가 조절되고 연소된 재

는 킬런끝에서 컨베어로 제거되고 연소가스는 폐열보일러를 통과함으로써 가스중의 열이 회수된다.

4.2.3 유동상 소각로

소각로의 밑바닥에서 1,200~3,500mmH_2O 정압을 가진 200~500℃의 열풍 또는 상온 공기를 로내로 주입시키고 분산판 위의 유동매체를 마치 더운물이 끓는 것과 같이 유동층 상을 형성시켜 매체온도를 700~850℃로 유지하면서, 피소각물을 연속적으로 균일하게 투입해 유동연소를 시키는 방식이다. 유동상 소각로에 사용되는 유동매체의 열용량은 아주 크므로 소각물이 항상 유동 상태로 있기 때문에 교반, 매체와의 접촉빈도가 아주 높고 열전달 계수가 커서 건조속도 및 효율이 다른 형식에 비해서 가장 높다(전열 용량 계수:4,000~20,000kcal/$m^3 \cdot hr \cdot ℃$). 화학 반응 계수, 확산도달계수(O_2)가 아주 커서 연소 속도도 가장 빠르다. 유동매체의 높은 열용량으로 액상물질이나 함수율이 높은 물질, 고형물들의 혼합연소가 가능하며 연소효율이 높고 미연소성분이 아주 적어서 재잔사의 양이 적다. Freeboard (공탑부)의 평균 온도는 일반적으로 760~850℃가 많고 유동매체는 규사나 하천모래로 입경 0.1~0.5mm정도인 것이 가장 많이 사용된다. 화상 면적당 소각율은 400~600kg/$m^2 \cdot hr$(wet base)로 다른형식의 10배 이상이다. 소각시간이 짧고 소량의 과잉공기로 충분하기 때문에 조연 연료비가 저감되며 가스량도 적다. 기계적 가동부분이 없어 정비가 쉽고 노내 온도의 자동제어 및 열의 회수가 용이하며 배출가스온도가 탈취한계이상이 되어도 자동으로 제어되기 때문에 별도의 탈취로를 설치할 필요가 없다. SO_x, NO_x, HCl 등의 유해 가스는 유동층에서는 유동 매체로 생석회, 소석회, Dolomite ($CaMg(CO_3)_2$) 등의 활성매체를 사용하여 탈황, 탈염, 탈질의 효과를 얻을 수 있다. 그러나 유동층의 온도가 850℃를 넘으면 탈황율은 급격히 저하된다. 다단로나 회전로상에서는 소각재의 90%이상이 로 아랫부분에서 꺼낼 수 있으나 유동층로에서는 유동매체의 마찰로 인하여 배출가스중에 먼지의 함유량이 많아 전처리 시스템(주로 Cyclone을 사용하여 85%의 효율 유지)과 후처리 시스템(주로 Ventury Scrubber나 ESP 등을 사용 하여 97%효율 유지)을 사용한 복합 제진장치를 설치하여야 한다. 또한 소각물이 대형인 경우 로 투입전에 5cm 이하로 파쇄하여야 하며 유동매체의 마모손실에 대한 보충이 수시로 필요하여 마모가 작은매체를 선택하여야 한다.

4.2.4 선회류 유동상 소각로

생활수준과 생활양식의 변화로 쓰레기의 조성도 끊임없이 변화하고 있으며, 이중 발열량의 변화는 쓰레기 소각처리에서 또다른 의미를 부여하고 있다. 즉, 소각로의 구조와 운전방법에 새로운 기술개발을 요구하고 있다. 쓰레기중의 플라스틱이나 종이류 증가로 발열량의 증가로 1970년대의 1400kcal/kg, 1980년대의 2000kcal/kg, 1990년대의 3000kcal/kg도 드물지 않다고 한다. 또한 플라스틱중에는 소각처리공정에서 소정의 온도이하로 분해될 수 없는 Dioxin등의 유해물질 발생이 염려되고, 온도상승에 의한 소각로 본체 및 가스처리설비가 대형화, 복잡화 하므로 고온으로 안정된 연소기술의 개발이 진행되고 있다. 이러한 고온연소의 이점은 소각로와 가스처리 장치의 소형화를 이룰 수 있고 열회수 효율상승과 미량 유해물질의 고온분해를 얻을 수 있다.

선회류 유동상로에서 모래의 선회운동은 소각로 내에 아무런 가동부분도 없은 것은 일반적인 유동상 소각로와 다를바 없으나, 유동층내의 유동용 공기유속을 중앙과 좌우에 차이를 둠으로 반사판(Deflect Plate)에 의해 유동매체가 소각로 중앙으로 모여들고 다시 좌우로 이동 확산되도록 한 공정이다. 이때 중앙으로 모여드는 유동매체는 피소각물을 건조, 파쇄, 분해, 연소시켜 다소 큰 물질이라도 쉽게 연소시킨다. 또한 내부순환형 유동상보일러를 설치하여 소각로내의 온도를 조정하여 에너지회수 효율도 높일 수 있다. 유동층내의 전열관의 마모속도는 유동화 속도에 영향을 받지만 내부순환형 유동상보일러의 경우에는 전열부의 유동이 거의 없어 유동매체는 침강이동하게 되어 일반적인 버블링방식 유동층 보일러에 비해 전열관의 마모가 극히 적다.

4.2.5 분무연소방식 소각로

분무연소방식 소각로는 석유화학계통의 공정폐액인 유기성 폐수나 유기용재 등의 액상폐기물의 소각처리에 양호하다. 액체 연료의 분무화 연소와 똑 같이 분무화기(Atomizer)에 의하여 폐액을 분무화, 미립자화 하여서 표면적을 증대시켜 로의 복사 및 대류전열, 증발 가스화를 촉진하고, 공급 공기의 확산 혼합에 의하여 연소속도, 연소효율의 증대를 꾀하는 방식으로 연소시 유체의 가압분무, 회전식분무 등의 분무 방법이 있고, 분무 입경은 10~300mm 정도가 일반적이다. 액적경이 적을수록 연소상태가 양호 하기에 연속해서 조연 열량 공급을 필요로 하는 저열량 폐액일수록 고압 분무형식(2유체 분무형식)을 채택하는 것이 좋다. 폐액중의 수분변동에 의해 발열량이 변하고 화염이 잘라지는 현상이 나타날 수

있다. 조연료를 필요로하는 폐유 또는 폐액을 소각처분하는 경우는 중유나 등유 등에 의해 주 버너의 화염에 따라 로내를 600℃에서 1000℃로 유지하여 이중에서 가장 효율이 좋고 액적이 접촉하는 위치를 고려하여 분무방법을 선정한다. 폐액의 점도, 입도, 농도 등의 물성치와 유지비도 고려사항에 포함시켜야 한다. 가연성의 폐유 또는 폐액을 소각하는 경우 통상의 중유등의 연소기기를 이용하여도 좋다.

로의 형식은 횡형고정상식, 횡형원통식, 수평원통식, 회전로(로타리킬런)방식, 액중연소식 등이 있다. 횡형고정상식과 횡형원통로는 액체나 보조연료액 어느것도 이용된다. 체류시간을 길게 할 필요가 있고 무기용융물이 발생하는 경우 등에 적합하다. 수분증발량이 많고 폐용제와의 혼합연소 회분이 적은 폐액 소각등에는 회형원통통로가 적합하다. 수평원통식과 액중연료식은 거의 비슷한 형식이지만 주로 조연액의 연소에 이용된다. 조연버너의 위치는 원통의 중간 또는 하부에 있어 고온 열류를 하향류로 하는 경우는 폐액 등을 하부에서 십자유형으로 분무하는 경우와 주버너와 같은 위치에서 하향류로 하는 경우가 있다. 액중연소 방식은 폐액 등의 농축처리와 배가스에서 염산 등의 회수에 이용되는 것도 있다. 로타리킬런 방식에서는 분무연소법만이 단독으로 이용되는 것은 아니다.

설비관리에서는 폐액의 찌꺼기등에 의해 펌프나 분무노즐등이 막힘이 일어나지 않도록 하여야 겠고, 노즐의 마모나 부식에도 항상 주의를 기울려 점검을 요하며 내화재에 직접분무 될 경우에는 내화재의 부식 마모도 고려하여야 한다. 부주의로 염소계 용제와 폐유가 혼합처리되는 경우 설비의 부식 및 손상으로 부적정한 가스방출에 의한 환경오염을 일으킬 수 있으므로 주의를 하여야 한다.

4.2.6 열분해식 소각로

소각물질이 열을 받으면 건조과정을 거쳐 열분해가 일어나며 휘발분은 가스화되고 비휘발분은 챠르(Char)상태를 거쳐 마지막으로 타서 회분만 남게되도록 소각로를 설계한 것을 말한다. 즉, 화학양론적 산소없이 열존재하에서 고체, 탄소질 등의 물질을 분해증류하는 것이다. 열역학적으로 볼때 열분해는 흡열반응이다. 반응이 일어나도록 열을 공급하여야 한다. 열분해의 한예로 셀룰로우즈($C_6H_{10}O_5$)를 열분해하면 메탄(CH_4), 일산화탄소(CO), H_2O, 챠르(Char)가 발생한다. 일산화탄소와 메탄은 폐가스에 에너지를 공급하면서 연소한다. 챠르는 광물, 회분 및 무기물 등을 포함한다. 연소시 발생하는 열은 상부의 폐기물을 건조하고, 열분해 가스화 하는 공정에 공급되어 열에너지의 효율성을 최대화하고 있다. 열분해식 소각로 공정에서 발생한 폐가스는 그대로 연료로 사용가능하기 때문에 폐타이어나 폐합성수지류 등의 고분자계 폐기물의 처리에 많이 이용되고 있다. 열분해 방법도 소각방식과 비교해 볼때 장치적으로 거의 같고 조작 조건만 다르다. 열처리가스가 산화상태(산소가 가스중에 남은 것)이면 소각이고, 중성상태(산소가 거의 없이 CO_2, N_2, H_2O만 있는 것), 환원상태(산소가 없고 N_2, H_2, CO_2, CH_4, C_2H_6 등의 것)의 경우에는 열분해라 한다. 발열량이 높은 것을 소각하게 되면 생성가스량이 증가하므로 연소용량이 큰 로가 필요하게 되어 비용이 높게 되지만 열분해에서는 생성가스량, 가열용량은 발열량에 관계없이 거의 일정하다. 발열량이 높은 것은 기름의 생성량은 증가하고 가스의 칼로리가 높게되어 가스의 생성량은 일정하다.

열분해를 위한 전처리 과정도 상당히 중요하다. 폐플라스틱등의 폐기물을 파쇄, 건조하여 연속적으로 정량적으로 일정한 양을 공급하는 장치가 필요하며, 분해가스의 처리설비와 잔사의 연소설비도 중요한 한부분을 차지한다. 안전운행도 요구된다. 특히 셀룰로스 등을 열분해하면 분해가스중에 폭발한계가 넓은 H_2와 CO가 다량함유 되어 있으므로 장치내에 공기가 침입하지 않도록 기밀을 잘 유지하여야 한다.

4.2.7 부유식 연소 소각로(Suspension Burning Incinerator)

소각로와 폐기물 분류공정이 조합된 것으로, 폐기물이 먼저 분쇄 및 분류공정을 거치면서 일정한 크기로 분쇄된 후, 공기부상 선별기로 가연성인 종이, 플라스틱, 비닐 등 가벼운 것과 비가연성인 금속, 유리, 세라믹 등 무거운 것으로 분리가 되도록 설계되어 있다. 공기선별기에서 분리된 가벼운 물질들은 공기부상식 송입장치에 의해 소각로로 보내지며, 무거운 물질들은 다시 자기분리기에 의해 경금속과 중금속 그리고 알루미늄 등으로 분리되어 자원으로서 회수된다. 부유상태에서 연소되지 않은 폐기물은 파쇄 스토커위로 떨어져 연소되며 스토커로서 여러종류의 이동식 화격자가 사용되고 있다. 부유연소에서 생성되는 대부분의 재는 분산스토커(Spreader Stoker)로 포집되어 최종 처분을 위해 호퍼속으로 배출된다. 연소되지 않고 남은 것들은 주로 금속류와 유리들로 이들은 가능한 자원회수로 이어지도록 하고 있다.

5. 소각로의 부식

소각로의 시설가운데서 부식이 쉽게 일어나는 곳은 화격자부분과 로 내부장치 등이다. 특히 이러한 부분들은 연소시 발생되는 여러가지의 산성, 알카리성 기체물질과 수분에 의한 고온에서의 반응특성 때문에 일어나고 있다. 또한 연소가스의 처리부분인 집진시설에도 심한 부식성에 노출되고 있다고 본다.

화격자가 주물이나 강철로 만들어져 있을 경우 공기의 흐름이 불충분하여 압력의 감소와 재의 연화나 유동화 현상에 의해 부식이 쉽게 일어난다. 이와함께 로내에 비정상적인 온도상승이 일어날 경우 부식율은 크게 증가하게 된다. 다음를 통해서 온도의 상승에 따른 부식율 참고할 수 있다. 한 예로 650°C에 노출된 탄소강 화격자는 한 달동안에 0.914cm 만큼 부식될 수 있다.

표 1. 온도상승에 따른 탄소강의 부식도

합금종류	온도(°C)	부식율(mils/month)
A106(GradeB)	430	0.9
A106	540	8
A106	650	36
A213(Grade T11)	430	0.8
A213	540	6
A213	650	29

(주. 1mils=10^{-3}inches)

로 내부 장치중에는 주로 보이러관이 저온에서 산성물질, 주로 황산이나 염산의 응축에 의한 금속의 부식이 일어난다. 폐기가스중의 유리염소, 염화수소, 아황산, 이산화황가스 등은 온도가 노점온도(약 140°C) 이하로 내려가면 응축하므로 금속을 쉽게 부식시키게 된다. 따라서 이러한 응축을 막기위하여 최소한 150°C를 유지하여야 한다. 이러한 부식을 저온부식이라고도 한다. 고온부식의 경우 소각로내의 온도가 371°C 이상이 될 경우 연소가스중의 황화물 및 염화물간의 복잡한 화학반응이 일어나 부식이 발생하게 된다. 가스중의 염소는 보일러 관벽의 철과 반응하여 염화철을 생성하고, 염화철은 다시 연소가스중의 산소와 반응하여 산화철, 즉 녹이 된다. 스텐레스강은 일반적으로 부식에 잘견디나 보일러 같은 고온 고압의 압력용기제조에는 응력부식으로 인한 균열을 초래하므로 매우 위험하다.

소각로내의 이러한 화학적인 부식외에 물리적이거나 다른 요인에 의한 부식도 많이 일어난다. 대표적인 것으로는 Errosion(마모), Slag(슬래그), 부식, Spalling(부스러짐) 등을 들 수 있다. 이중 Errosion은 폐기물중에 포함된 고체상 물질이나 연소가스중에 포함된 입자상 물질이 내화재 표면에 직접 충돌하면서 표면이 닳아 없어지는 현상으로 내화재 마모의 주 요인으로 작용하게 된다. 슬래그에 의한 부식은 폐기물과 함께 소각로에 투입된 금속이나 유리 등이 소각로 안에서 고온에 의해 녹아서 비중이 큰 액체처럼 녹아흐르다가 변형이 일어나는 중에 온도저하에 의해 고형화되어 매우 단단한 물질을 형성하게 되는데 이러한 물질을 슬래그라 하며, 이러한 슬래그가 산성이나 알카리성을 띠게될 때 부식이 일어나는 경우를 말하며, 산성슬래그를 발생하는 물질은 규소, 알류미늄, 티타늄 등이며, 철, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 나트륨, 크롬 등의 산화물이 주성분으로 된 슬래그는 염기

표 2. 소각로 내화재와 온도에 대한 부식성

명 칭	온도범위(°C)	내화재선정	마모도	슬래그생성	기계적충격	스폴링	비산재점착성
폐기물 투입문	20~1430	고강도내화재	심함	약함	심함	심함	없음
로내벽(하단부)	20~1430	실리콘카바이드	심함	심함	심함	심함	없음
로내벽(상단부)	20~1430	고강도내화재	약함	심함	보통	심함	없음
점화용 문	20~1430	고강도내화재	심함	심함	심함	심함	없음
로 천정	370~1430	고강도내화재	약함	보통	약함	심함	보통
연도(로와 연소실)	650~1430	실리콘카바이드	약함	심함	없음	보통	보통
연소실 벽	650~1650	고강도내화재	약함	보통	없음	보통	보통
연소실 천정	650~1650	고강도내화재	약함	보통	없음	보통	보통
집진실 벽	650~870	보통 내화재	약함	약함	없음	약함	보통
집진실 천정	650~870	보통 내화재	약함	약함	없음	약함	보통
굴뚝	260~540	보통 내화재	약함	없음	없음	약함	없음

성을 띠게 된다. 따라서 내화재의 선택시 이들 슬래그에 충분히 견딜 수 있는 재료의 선택이 필요하다. 산성 슬래그에 내식성이 큰 재료는 내화점토나 알루미나 혹은 실리카 내화벽돌 등이며, 염기성 슬래그에 대한 내식성 재료는 크롬, 마그네사이트, 프스테라이트 벽돌 등이다. 또다른 부식으로는 불균일한 온도분포로 내화재나 소각로에 열응력이 발생하여 표면이 얇은 조각으로 깨어지거나 부스러지는 현상이 일어나는 경우가 있는데 이러한 현상을 스폴링 이라고한다. 이 외에도 기계적 충격이나 비산재의 부착에 의한 부식이 일어난다. 표 2에 소각로 각부분에서의 필요한 내화재와 부식성을 나타내는 자료가 요약되어 있다.

6. 소각로 선정

소각로를 선정하는일은 기술부분 뿐만아니라 경제성, 지역환경에 미치는 영향 등을 고려하여야 하기 때문에 간단한 것은 아니다. 여기서는 주로 기술부분에만 초점을 마추도록 한다. 우선 처리대상 폐기물의 배출량, 물성, 연소공학적 특성에 적합한 소각로를 선정하여야 하나 국내외적으로 활용되고 있는 소각방법들을 비교검토한후 선정하여야 할 것이다. 물론 연소효율과 열효율이 높은 것을 선택하여야 하나 처리능력, 형식 등을 검토할 때 환경오염방지에 대한 책임감을 잊지는 말아야 할 것이다. 아직까지도 소각로 운용에는 높은 위험부담을 안고 있는 것은 사실이기 때문이다. 폐기물분류에 따른 적정소각방식과 일반고체폐기물의 연소특성이 각각 표 3과 표 4에 주어져 있다.

(1) 함수율이 높은 고체폐기물의 소각:

슬러지류, 주방쓰레기, 가축분뇨류, 동물사체, 도시쓰레기, 일반쓰레기, 제재토막 등과 같은 함수율이 높은 고체폐기물은 건조효율이 높은 기종과 구조를 선택하여야 하고, 연소속도가 빠른 것과 열매체 열원에서의 전열이 유효착화온도까지 빨리 가열되어 연소반응속도상수, 확산속도상수를 크게하는 구조가 바람직하다. 즉, 유동층 방식, 다단로방식, 회전로방식, Kiln방식, 다단부채형반전 스토카방식, 경사요동 계단 스토카 방식 등이 적합하다. 특히 슬러지소각의 경우에는 열효율과 연소효율이 가장좋은 기종선정이 이루어져야 하겠다. 수분이 아주 높은 주방쓰레기나 청과껍질은 파쇄가 가능하면 유동층소각로가 좋으나 그렇지 못할 경우는 다단로식이나 회전로상, 로타리킬런식도 가능하리라 본다. 또한 건조소각시 악취가 많은 가축분뇨의 경우는 탈취효과를 얻을 수 있는 톱밥을 사용한 유동층로를 사용할 수 있겠다.

(2) 고분자물질의 소각(폐플라스틱, 폐고무 등):

대부분의 고분자물질은 고열량물질로 열분해속도가 빠르고 연소시 산소공급 부족으로 검댕과 매연이 발생하기 쉽다. C/H비가 클수록 많은 양의 연소공기가 필요로 하여 매연의 발생율이 높다. 따라서 휘발성분이 많고 열분해속도가 빠른 열가소성 폐플라스틱, 고무성형품(폐타이어, 고무조각) 등은 연소할 때 매연, 검댕이 발생하기 쉽기 때문에 이런물질들은 연소속도를 억제하거나 공기의 확산속도를 증가시켜주어야 한다. 그러나 휘발성분이 적고 착화성이 불량한 물질은 공기비를 약간 낮게해서 연소분위기온도를 높여주고 유동연소가스를 혼합하여 소각물 표면에 충돌접촉시켜 열전달속도를 크게 향상시킬 수 있는 소각로이어야 한다. 즉, 유동상 소각로, 로타리킬런, 열분해로, 건류소각로, 상연소 소각로 중에서 선정함이 적합하다.

(3) 잡쓰레기와 고분자계 폐플라스틱, 슬러지, 주방쓰레기처럼 함수율이 높은 소각물의 혼합소각:

과지, 기름걸레조각, 종이상자, 나무토막 등과 같은 공장잡쓰레기와 폐플라스틱의 혼합물을 소각할 때는 저위 발열량이 3000kcal/kg정도이고 아주 착화연소성이 우수해 소형일 경우는 화격자 상향 연소의 고정소각로로도 연소 속도가 빨라 높은 연소 효율이 얻어진다. 그러나 폐플라스틱이 10%이상 혼입되면 매연이 발생되기 쉽고, 20%정도에 도달하면 열부하가 크게 증가해 고온으로 되어서 화격자의 내구성도 떨어진다. 혼입 폐플라스틱은 수열 용융하여 화격자 아래로 떨어져서 소각로 밑부분에서(화격자 아래에서) 연소하기 때문에 화격자 재질은 내열성이 높은 것이 필요하고 내화연와나 내열 재료로 하는 것이 좋다. 특히 운전시 폐플라스틱을 혼입할 경우 산소의 확산도달계수를 화학반응 속도계수와 균형이 되도록 높여야 한다. 이에 대한 방법으로는 간헐식(Batch) 연소형일 경우 수분이 10~30%정도(함수율이 낮은 경우)인 혼합 쓰레기는 연소가스 불꽃을 화격자의 아랫 방향에 보내 하향연소 방식으로 한다. 이렇게 함으로서 연소속도를 상향연소 방식에 비해 30~50% 저하시킬 수 있다. 그리고 연속공급 연소형일 경우 8000℃ 이상의 고온 Zone을 형성시켜 체류시간 1초 이상으로 해서 이 지역을 통과시켜(완전탈취시키고)서 소각로 밖으로 배출하는 구조로 되어 있으면 매연 방지는 가능하다. 그러나 화격자 연소 방식에서는 용융적하연소에 의한 내열성 때문에 매연방지에 어려운 점이 있으므로 유동층이 무난하다.

(4) 플라스틱이 함유되지 않은 함수율이 높은 공장 잡쓰레기와 슬러지, 주방쓰레기류의 혼합연소:

잡쓰레기는 발열량도 어느정도 있어 착화연소성이 좋아 이 연소열을 슬럿지, 주방쓰레기류의 건조에 유효하게 이용하고 수분을 감소시켜 연소범위에서 잡쓰레기와 혼합연소시키는 구조가 바람직하다. 따라서 다단로 형식을 사용 할 경우 상부에는 수분함량이 많은 물질을 공급하고, 하단은 간헐적으로 개폐문에서 잡쓰레기를 투입하는 구조가 좋다. 유동층 방식을 사용할 경우에는 전처리로 파쇄하여 사용 하면 이상적이며, 착화연소성이 곤란한 것은 향류 방식으로 공급하고 착화 연소성이 양호한 물질은 말단부 부터 연소시켜서 이 가스를 향류 방식으로 다시 보내 연소 곤란한 물질에 유동시켜 유효하게 전열해야한다. 용제처럼 휘발착화하기 쉬운 것과 혼합된 겔상태의 가연 물질을 소각할 경우는 휘발성분이 빨리 연소하고 고정 탄소가 남기 쉬워서 이 경우에는 향류 방식으로 보내는 것은 불가능하여 병류 방식으로 해서 휘발성분의 연소가스 열량을 잔류고정 탄소에 유효하게 전열가능한 구조형식을 사용할 필요가 있다.

(5) 액체폐기물의 소각:

액체폐기물이란 슬럿지상 고점성 물질로서 대부분이 주로 고농도 유기성 폐수에서 각종 물리적, 화학적 성분이 다른 액체까지 섞여 있다. 입자 크기가 다양한 것은 체로 걸러 내거나 원심 불리기를 이용하여 입경 분리를 한후에 입자가 10~5μm이하의 것은 Spray로 분무하여 미립자화 해서 공간 연소 효율을 높이고 분무가 불가능한 것은 유동층 소각이 이상적이다.

(6) 기체폐기물의 소각:

화학플랜트나 금속로 등에서 발생되는 산업폐가스 등은 가열로를 사용하여 연소소각시킨다. 시안과 그 화합물(CN, HCN 등) 등은 850°C에서 1초이상 가열로에서 연소 시켜 CO_2, N_2 등의 무해 가스로 배출되도록 하는 것이 한 예가 되겠고, 특히 NH_3(난연성 물질)의 가스 소각은 공기와 가스의 혼합을 아주 잘 하는 급속 교반 혼합 방식을 취하는 것이 효율적이다. 악취물질의 탈취연소는 직접연소법(직화 가열법), 촉매연소법(저온 탈취), 흡착법이 대표적이지만, 탈취율은 일반적으로 직접연소의 경우 99%이상이고 촉매연소의 경우 90%의 효율을 얻을 수 있다.

7. 맺는 말

환경공학 측면에서 소각처리기술이란 폐기물(고형, 액상)을 소각할 때 필요한 연소공학 공정분야를 응용하

표 3. 폐기물 분류에 따른 적정소각방식

폐기물의 분류	대상폐기물	주요 선정조건	소각로 형태
함수율이 높은 폐기물	슬러지류 야채 청과류 가축분뇨류 식당쓰레기	소각로내의 건조 전열상태 소각로내의 유동상태 연소반응속도 및 연소온도 내화물의 수열면적	유동상소각로 로타리 킬런 화격자 다단소각로
혼합 폐기물	폐지, 폐고무, 폐목 폐섬유류, 폐플라스 틱의 혼합류 폐기물	폐기물의 발열량 및 조성비 공기공급방식 폐기물과 연소공기의 혼합도 열작감량	고정회분식 소각로 로타리킬런 유동상식 소각로 연속식화격자
셀류로즈계 폐기물	종이류 폐목재류 수피류 톱밥류 목초류	배기가스중 분진발생율 열작감량	고정회분식소각로 화격자 소각로 단단소각로
고분자계 폐기물	플라스틱류 고무류	연소공기의 공급방식 단단소각방식 표면연소가능성 검토 배기가스중 분진 발생율 열작감량	유동상소각로 로타리킬런 열분해로 건류방식 상연소방식
유분슬러지 타르 피치계 폐기물	오일슬러지 오일스컴 증류잔재 타르	폐기물의물리적성상 전처리 설비필요성 점도검토	분무소각로 유동상소각로 로타리킬런

표 4. 일반 고체폐기물 연소특성

명 칭	수 분(%)	고위발열량 (×100kcal/kg가연분)	저위발열량 (×100 kcal/kg)	겉보기 중량 (t/m³)	비 열 (kcal/kg-°C)	열전도율 (kcal/m°C)	이론공기량, Ao (Sm³/kg)	이론연소 가스량, Go (Sm³/kg)
도시쓰레기	25-65	4.8-5.5	0.7-2.0	0.2-0.35	0.5-0.8	0.21-0.37	0.8-2.2	1.1-2.5
식물성 쓰레기	70-90		0.7-0.9	0.45-0.6	0.8-0.9		0.8	1.1
옥수수대		4.44		0.24			4.7	5.2
폐지	건7-10 습40-70	3.6		0.1-0.2	0.4-0.7	0.1-0.12	0.9-3.8	1-4.2
신문지		4		0.112	0.32	0.11	4.7	5.0
잡지		2.9		0.56	0.32	0.11	3.1	3.5
단보루상자		3.9		0.112	0.3	0.07	4.1	4.5
우유용기		6.3		0.08	0.3	0.25	6.7	7.0
마분지		4.03		0.112	0.3	0.25	4.3	4.6
폐목, 폐대나무	건5-10 습25-55	4.1	2.7-3.2 0.9-2.5	0.34 -0.38	0.3-0.5	0.09-0.18	3-3.5 1-2.7	3.3-3.9 1.3-3.1
동물성 쓰레기	35-65		0.9-1.5		0.6-0.8		1-1.7	1.3-2.0
동물사체	55-80		1.0-1.2		0.7-0.9		1.2-1.4	1.4-1.7
동물성지방		9.4	8.0-8.6	0.96	0.4	0.12	8.5-10	9-10.5
피혁		4		0.53-1.2		0.14	4.3	4.7
리노륨장판		6.1		1.44		0.07-0.16	6.5	6.8
폐톱밥	건 5-10 습30-60		2.7-3.2 0.85-2.0	0.12 -0.19	0.4 -0.7	0.045	2.9-3.5 1.0-2.2	3.3-3.9 1.2-2.5

여 대기오염방지 측면에서 다루어지고 있다. 현대의 환경오염방지의 차원에서 소각로 연소공정의 성패여부는 완벽한 연소후에 배출되는 오염물질의 배출기준에 적법한가 아닌가에 맞추는데 있기 때문이다. 또한, 보통 연소 소각로 시설의 비용중 대기오염방지시설 부분이 50% 이상을 차지한다. 그런데, 소각기술의 기초인 연소공학 분야에 있어서 학문체계가 충분히 확립되어 있지 않고, 열관리의 일부분으로서의 경험적인 연소공학과 그간 급속히 발달해온 연소과학과 융합이 안되고 있다. 최근의 연소공학은 단순히 에너지 발생과 회수의 차원을 넘어서 저오염 연소기술 및 저질연료 특히 폐기물의 소각이라는 새로운 분야로의 기술개발에 박차를 가하고 있는 실정이다. 더우기 좁은국토의 지리적 여건상 매립보다는 소각처리를 지향하고 있는 우리나라 현실을 고려할 때 소각처리기술의 개발과 보급은 매우 시급하고 중요한 과제이다. 그러나 실제로 소각로 제조업계는 사회적관심에도 불구하고 오히려 많은 기술적인 문제점과 경제적인 문제점에 직면하고 있다. 특히 소각로는 대부분이 선진외국의 기술도입에 의존하고 있으며, 자체 기술자립도가 취약한 상태이다. 투자가 인색하여 시중의 일부 중소기업에서 주먹구구식으로 제작하는 소각로로 인해 성능과 내구성에 문제가 있어 폐기물의 소각처리에 대한 인식을 나쁘게 하고 있으며 수요자의 소각설치 의욕을 저하시키는 큰 원인이 되고 있다. 이러한 문제점을 해결하고 소각시설의 제작기술의 향상과 성능이 어느정도 보장된 소각시설의 보급확대를 위해 중소기업에도 환경부의 중심으로 공해방지를 위한 정부차원의 기술개발을 위한 지원을 하여야 한다고 본다.

참 고 문 헌

김은희(1993) 소각기술개발과 기술동향, 산업환경정보, 8.

나경일(1993) 폐기물 소각처리의 현주소와 신기술동향, 산업환경정보 12.

송문수(1993) 소각기술동향과 에너지 이용, 첨단환경

기술, 9월, p2-6.
임계규(1994) 연소공학, 호서대학교,
이용운(1994) 최근 소각기술과 선회류유동상로에 의한 쓰레기 처리, 첨단환경기술, p44-53.
환경기술표준화(1993) 폐기물 소각로 설계 및 오염물질 처리기술, 환경처/전국환경관리인연합회.
Bacchi, J. J. (1991) Improving Combustion Conditions at RDF Facilities, Municipal Waste Combustion-Papers and Abstracts from the Second Annual International Conference, Air & Waste Management Association, p165.
Battelle Memorial Institute(1972) Corrosion Studies in Municipal Incinerators, USEPA.
Brunner, C. R. (1991) Handbook of Incineration Systems, McGraw-Hill, Inc.
European Waste to Energy Systems(1977) An Overview, Energy Research & Development Administration, USDOC, Springfield, VA.
Levendis, Y. A. (1991) Experimental Techniques to Study the Combustion Characteristics of Two Plastics Commonly Found in Municipal Wastes, Municipal Waste Combustion-Papers and Abstracts from the Second Annual International Conference, Air & Waste Management Association, p72.
Municipal Incinerator Enforcemnet Manual(1977) USEPA 340-1-76-013.
Miller, P.(1972) Corrosion Studies in Municipal Incinerators, USEPA.
Niessen, W. R.(1978) Combustion and Incineration Process-Application in Environmental Engineering, Marcel Dekker, Inc.
Popperman, C.(1974) "The Harrisburg Incinerator," Proceedings of the National Incinerator Conference, American Society of Mechanical Engineering, Miami, FL.
Robinson, W. D.(1986) The Solid Waste Handbook, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, NY.
Scott, D. W. (1991) Municipal Solid Waste Incineration in the United Kingdon, Municipal Waste Combustion-Papers and Abstracts from the Second Annual International Conference, Air & Waste Management Association, p706.
Tchobanoglous, G. H. Theisen, R. Eliassen(1977) Solid Wastes, McGraw Hill Book Co., p301.