企劃 III

시멘트 키른을 이용한 가연성 액상폐기물의 처리

李 承 燁
〈韓國洋灰工業協會 技術課長〉

1. 서 론

지금 세계는 환경과 무역이 연계된 개방압력과 규제가 가속화되고 있다. 우리나라가 OECD 가입을 앞둔 시점에서 이러한 변화는 국내산업에게 조만간 적지 않은 환경부하를 안겨줄 것으로 예상되고, 향후 각종 공해물질의 배출억제는 물론 CO_2 저감을 위한 에너지 절약은 지구환경보전을 위한 항구적인 추진과제가 될 것으로 본다. 특히 시멘트산업은 에너지 다소비 산업으로 가장 큰 영향을 받을 것으로 우려되고는 있으나 타산업에서 발생하는 각종 폐기물을 최대한 이용함으로써 공익산업으로서의 새로운 발돋움도 기대된다.

시멘트 키른이 각종 유해폐기물을 소각처리하는데 가장 효과적이라는 것은 이미 구미, 일본 등 선진국의 적용사례에서와 같이 잘 알려진 사실이다. 이는 폐기물 처리에 소요되는 별도의 막대한 시설투자 없이 기존의 고온설비를 약간만 보완하는 수준에서 완전한 처리를 기할 수 있고, 경제적 목적도 달성할 수 있기 때문이다.

시멘트산업에서 처리가능한 폐기물로서는 우선 폐타이어, 폐플라스틱 등의 고형폐기물을 들 수 있겠으나 본고에서는 가연성 액상폐기물에 관해서만 소개코자 한다.

2. 시멘트 키른 적용시 특징

1) 처리 가능한 폐기물

시멘트 키른을 이용한 폐기물의 처리는 1,500℃ 이상의 고온 소각처리 방식이므로 대체로 처리불가능한 폐기물은 없을 것으로 보나 국내설비의 단위생산능력이 크기 때문에 폐기물 처리목적으로만 고려한다면 시멘트 품질, 생산공정 등에 영향을 주어 생산량 감소 등의 손실을 입을 수도 있다. 따라서 원료, 또는 연료로서의 폐기물은 기존 시멘트원료의 조건을 감안하여 악영향을 최소화할 수 있는 범위에서 적용될 수 있도록 최소한의 조건만은 갖추어야 할 것이다. 이를 요약하여 보면 다음과 같다.

- 일정수준 이상의 발열량이 있는 것
- 혼합형이 아닌 단일 종류로서 취급이 용이한 것
- 시멘트 품질에 악영향을 줄 수 있는 성분이 일정수준 이하인 것
- 지속적이고 안정적인 공급을 위해 수집, 운반이 용이한 것
- 기존 처리방법 보다 경제적인 것

2) 완전한 무공해 처리

시멘트 키른을 이용한 소각처리는 난연성의

물질도 완전히 분해시킬 수 있다는 장점이 있다. 이는 1,500℃ 이상의 고온에서 충분한 산화분위기의 난류를 형성하기 때문에 미연소분의 발생가능성이 거의 없고, 또한 이로부터 연소가스 중의 sulfate 나 chlorine등은 석회석을 사용하는 알칼리성의 시멘트원료와 반응하여 탈황 및 세정효과를 내게 된다.

더욱이 폐기물의 소각잔재물은 중금속을 포함하여 시멘트 크링카중에 완전히 고용되어 흡수되므로 외부로 방출되는 2차공해는 전혀 없으며, 시멘트 키른은 제품생산량에 따라 폐기물의 사용을 수시 조절할 수 있기 때문에 키른의 소각 및 열분해설비의 운영미숙으로 야기되는 문제점들을 근본적으로 해소시킬 수 있다는장점이 있다.

3) 경제적인 처리

시멘트 키른의 연료소모량은 유연탄으로서 120~130kg/t 크링카 수준이다. 이를 유연탄과 같은 발열량(6,500 kacl/kg-cl')을 가지는 폐기물로 본다면 연간 100만톤 규모의 생산라인에서 330~390톤/일이 소요되므로 기존 특정폐기물 처리용 대형 소각/열분해시설 능력인 30~40톤/일 규모의 10배가 넘는 처리능력을 보유하고 있다고 볼 수 있다.

더욱이 특정폐기물 처리용 열분해시설을 갖추는데는 1톤/일 당 1억원 정도의 시설투자비와 별도의 유지관리비가 소요되나 시멘트 키른을 이용하면 최소의 설비로서 ①소각/열분해로, ②연료공급장치 ③방지설비만 갖추면 되고, 기 보유하고 있는 소성공정 및 품질관리기술을 활용할 수 있다는 장점이 있다.

3. 액상 폐기물의 처리

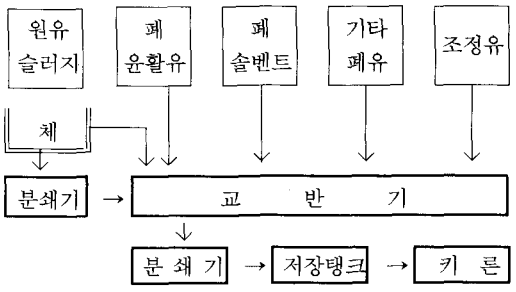
1) 종 류

70년대 미국에서 특정폐기물 처리를 시멘트 키른에 적용할 무렵, 최초로 폐유 및 폐솔벤트를 택하였다. 이는 같은 액상연료인 B•C유의 사용경험을 바탕으로 기존의 설비를 활용할 수 있었고, 고발열량으로서 일정 형상을 갖추어 열량 및 성분조절 등의 취급이 용이했기 때문인 것으로 보인다. 이로부터 액상폐기물의 처리기술이 발전하여 고점도 액상폐기물까지도 동시에 처리하는 방법이 구미, 일본에서 개발되었으며 현재는 각종의 고형폐기물은 물론 도시쓰레기 까지 처리할 수 있는 기술로 발전되었다. 이에 처리가능한 액상폐기물로서는 다음과 같은 것들이 있다.

- 원유슬러지
- 폐유(폐윤활유)
- 유분함유 폐수슬러지(Filter cake)
- 폐솔벤트
- 폐페인트 및 잉크

2) 전처리 공정

액상폐기물의 종류는 다양하나 그 각각의 열량과 성분이 다르기 때문에 이들을 동시에 처리하려면 혼합조정 가능토록 전처리 공정을 갖추는 것이 필요하다. 대체로 원류 슬러지 등 고형물질을 함유하는 폐기물은 1차로 체로 걸러 교반기에 투입하여 여타 폐기물과의 혼합과정에서 발열량과 점도를 조정하며, 걸러진 고형물질은 별도의 분쇄기를 통해 분쇄한 후 교반기에 투입한다. 교반기 내의 미세한 고형입자는 분산제를 사용하여 에멀젼상태가 되도록 하고 교반된 폐기물은 다시 습식분쇄기로 2차분쇄하여 저장, 키른버너에서 소각/열분해 시킨다.



〈그림 1〉 액상폐기물의 전처리 공정(예)

4. 외국의 처리현황

선진국에서는 이미 20년전부터 특정폐기물의 처리를 시멘트 키른에 적용하여 오고 있는데 이 중 미국은 '94년도 현재 108개사 210공장에서 년간 120만톤의 특정폐기물(Hazardous waste)을 소각처리하고 있다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 시멘트 키른을 활용하는 처리방법이 여러가지 측면에서 기존의 소각 및 열분해시설보다 저렴하기 때문이다. 즉 소각 및 열분해 잔재물의 매립처리장이 점차 부족해 짐에 따라 신규매립시설의 설치비용이 급격히 상승하였고, 매립처리절차는 물론 새로운 소각시설의 설치 규제가 엄격해졌기 때문에 시멘트 키른의 이용이 불가피해진 것이다. 미국 환경청(EPA)에서도 시멘트 키른을 폐기물 처리에 「매우 적절한」 것으로 언급하고 있다.

특히 PCB 및 PCB가 함유된 폐유도 성공적인 열분해처리가 되고 있다는 사실은 주목할 만 하다. PCB는 열분해과정 중 맹독성물질인 다이옥신과 퓨란이 생성되어 매우 엄격한 관리가 요구되는 폐기물이나 시멘트 키른에서 안전하게 처리될 수 있음이 여러 시멘트공장 사례를 통해 입증되고 있다.

일본은 80년대 들어 정부의 요청에 따라 각종 산업폐기물을 시멘트 공장에서 처리하여 오고 있다. '93년 현재 액상폐기물은 175천톤, 폐타이어는 220천톤을 처리하고 있으며, 원료로 사용되고 있는 무기질 산업폐기물을 포함하면 24,545천톤에 달한다.

벨지움의 SA. Clments D'obourg사는 2기의 시멘트 키른으로 다량의 폐기물을 처리하여 주목을 받고 있다. 〈표 2〉에서와 같이 액상폐기물은 점차 큰 폭으로 증가하고 있는 것은 알 수 있는데 이는 전술한 이유에서와 같은 것을 알 수 있는데 이는 전술한 이유에서와 같은 것으로 보인다. 한편 폐타이어를 주로 하는 고상폐기물의 처리량도 증가하고 있으나 가정쓰레기의 처리량이 증가되지 않는 것은 이중 Chlorine의 함량이 높기 때문이며 이는 일본에서도 도시쓰레기 처리상의 골치거리로 남아 있다.

스위스는 시멘트공장 소요연료의 약 14.7%를 폐기물로 대용하고 있다.〈표 3〉

〈표 1〉 외국에서 시멘트 키른에 처리되는 폐기물

Hazardous	Non-hazardous Wastes
• Degreasing Slovents • Paint/Paint Thinners • Petroleum Refinery Sludge • Chemical Industry Wastes • Pharmaceutical Industry Wastes • Coal Tars • Inks/Ink Sludge • Used Oil • Used Lubricating Oil • PCB/PCB Containing Oil • Wastes Alkalies & Acids	• Used tires • Plastics • Used Papers • Household Wastes • Sewage Sludge • Forestry Wastes • Agricultural Wastes • Biogas

〈표 3〉 스위스 시멘트 키른의 폐기물 처리현황

Ranks	Wastes Type	Quanity(t/y)
1	Waste Oil	37,000
2	Waste Tire	12,500
3	Spent Solvent	8,000
4	Dried Sewage Sludge	2,100

〈표 2〉 SA. Ciments D'Obourg사의 폐기물 처리현황

Waste Type		'90	'91	'92	'94 E
Total Liquid Fuel	(t/y)	8,000	15,000	35,000	50,000
Total Solid Fuel	(t/y)	85,000	100,000	120,000	150,000
Household Waste	(t/y)	2,000	2,000	2,000	2,000
Waste Water	(t/y)	10,000	15,000	15,000	15,000
Total Fuel Wastes	(t/a)	105,000	132,000	172,000	265,000
% Substitute of thermal input		17	22	30	50

5. 국내 액상폐기물의 처리 현황

국내에서 발생되는 액상폐기물은 약 47만톤('93)으로서 이중 95%가 위탁 또는 자가처리되고 있다〈표 4〉. 앞서 언급한 바와 같이 시멘트 키른에서 처리하기 위해서는 우선 키른내 휘발성분에 의한 생산성 감소에 촛점을 맞추어야 할 것으로 본다. 외국에서의 사례에서는 기존 연료에 대해 10~60%까지 적용하고 있으나 국내 원료조건에 대한 Chlorine의 영향을 고려해 본다면 5~20%의 혼소율을 생각해 볼 수 있다. 다만 공장인근에서 수집, 운반이 용이한 범위에서 기존 처리물량, 관할지역내 경쟁처리 시설의 유무 등을 감안해 볼 때 일차 실험적 사용후 점차 그 사용량을 증가시켜 가는 것이 바람직할 것으로 본다.

〈표 4〉 국내 액상폐기물 발생 및 처리현황('93)

종 류	발생량	자가처리	위탁처리	보 관
폐 유	262,050	17,909	229,718	14,423
폐솔벤트	188,401	31,253	150,665	6,483
폐페인트	19,097	65	18,332	700
계	469,548	49,227	398,715	21,606

주) '93 전국 폐기물발생 및 처리현황, 환경부, 1994

6. 결 론

우리나라의 폐기물 정책은 OECD가입을 앞두고 외국의 경우에서와 같이 매립에서 점차 소각/열분해 하는 방향으로 추진되어 매립 또는 해양투기에 대한 규제가 강화될 전망이다. 그러나 증가하는 폐기물량에 비해 처리시설 능력의 부족으로 비용이 매년 증가되는 추세에 있다. 선진국에서는 이미 이와 같은 이유로 폐기물 처리업으로서의 시멘트공장이 점차 보편화되고 있고, 우리나라는 이를 적극 검토하지 않으면 안 될 시점에 와 있다. 그러므로 시멘트공장의 폐기물처리업 허가를 위한 법규의 보완 〈표 5〉, 공급체계의 확립, 물류비용의 최소화 등을 위해 정부와 산업이 합리적인 결론을 도출할 수 있도록 협력해 나가야 할 것으로 본다.

〈표 5〉 특정폐기물 소각 및 열분해설비의 법적 요건과 시멘트 키른과의 비교

소각시설(열분해시설)기준	시멘트소성로
• 연소실출구온도 : 70℃ (1,100℃이상)	1,100℃이상
• 연소가스체류시간 : 0.5초이상(2초이상)	2초이상
• SK 32 이상 내화물사용 축로(SK 36이상)	SK 36이상
• 외부표면온도 80℃ 유지 구조	최대 350℃
• 고온부위의 내열도료 도색	도색시 변색으로 유지 곤란
• 연소실 온도 조절용 보조버너 설치	보조버너(B·C유 공급)
• 연소공기량 조절가능	조절가능
• 연소가스냉각 : 300℃이하	냉각가능 : 120℃수준
• 가스냉각 급수시설 구비	스프레이타워 보유
• 일정압력 유지용 통풍설비	IDF 보유
• 대기오염방지시설 및 연돌보유	EP/Stack 보유
• 소각잔재물 제거장치	소각잔재물은 클링커에 고용
• 폭발방지 안전설비	방폭판보유
• 연소실내부 검시공	보유
• 청소구는 밀폐형 구조 : 공기유입 및 가스누출방지	각 맨홀은 실링
• 소각재 제거시 흩날림방지 시설 보유	해당무 : 소각재미발생
• 연소실체류시간 조절가능 구조	키른 rpm 조절가능
• 연소실 출구온도감지 열전대 : 1200℃ 이상(1600℃이상)	설치가능
• 온도지시계 및 자동온도기록계 보유	보유