

파쇄중류(Destructive Distillation) 기술검토

한 승 호
주식회사 유피테크

Review of the Destructive Distillation Technology

Seung Ho Han
United Pacific Technology, Inc.

1. 서론

70년대이후 급격한 경제발전에 따라 발생한 인구의 대도시 집중화 현상 때문에 국토면적에 비하여 주거공간이 협소하고 인구밀도가 높은 우리나라 여건에서 도시쓰레기 처리문제는 매우 시급히 해결해야 할 과제로 대두하고 있다. 지방자치제도의 실시로 각 지방정부는 스스로 주민합의를 도출하여 도시쓰레기 중간처리시설을 건설해야 하는 과제를 안고 있으며 이에 따라 대부분 소각로 건설을 서두르고 있는 실정이다. 그러나 이러한 소각로에서 배출하는 배기가스에서 다이옥신과 같이 인체에 유해한 물질이 측정되고 있어 지역주민과 환경단체의 반대를 야기하고 있다.

이와같은 배경에서 불 때 보다 환경친화적인 도시쓰레기의 에너지자원화 기술에 대한 연구개발이 시급한 실정이며 현재 추진하고 있는 소각로 건설 일변도의 정책을 재고할 필요가 있다. 본 발표에서는 최근 새로운 개념으로 등장하고 있는 파쇄중류(Destructive Distillation) 기술에 대하여 검토한 결과를 요약하여 소개하고 우리나라에 적용가능성을 평가하고자 한다.

2. 폐자원에너지 회수방식 비교

폐자원으로 부터 에너지를 회수하는 개념으로는, 열에너지 형태로 회수 하는 소각 (Incineration) 방식과 개스에너지 형태로 회수하는 열분해 (Pyrolysis) 방식을 추천한다.

소각로는 일반적으로 사용되는 단순연소 방식으로서 과거 선진국에서도 많이 채택한 개념이지만 최근에는 소각후 남는 재에 중금속이 많이 잔류하는 문제와 배기가스중 유해한 독성물질 때문에 소각로 건설을 점차 중단하고 있다. 미국에서는 이러한 소각로 연소 재를 독성폐기물로 분류하여 매립장에 직접 매립하지 못하도록 규제한다.

열분해 방식은 소각로보다 상대적으로 고온에서 공급원료의 열분해반응을 유도하는 방식으로 산소결핍 조건에서 공급원료를 불완전 연소시켜 반응열을 공급하고 열분해 결과로 생성된 개스형태로 에너지를 회수한다. 반면에 열분해방식의 변종으로, 혐기성조건에서 간접가열에 의한 새로운 열분해 처리개념을 “파쇄중류”라고 한다.

단순연소방식 공정이 비교적 간단하기 때문에 우리나라에서도 소각로방식을 많이 채택하고 있으나 분리수거 실시후 도시쓰레기 성장중 음식물 비율이 높아져 직접 소각이 비효율적인 것으로 평가된다.

3. 파쇄중류 기술

3.1 기술특성

파쇄중류법은 미국 Pan American Resources사의 특허기술로써, 회전식 원통형 구조의 반응기(Lantz Converter)에서 연속적으로 도시쓰레기를 처리하여 저열량개스를 생성하는 방식이다. 소각로와 기술특성을 비교하면 [표-1]과 같다.

[표-1] 소각로와 파쇄중류법의 기술성 비교

소각로	파쇄중류법
고온, 과다산소 조건에서 운전	저온, 혐기성 조건에서 운전
염화폐물, 다이옥신 등 생성	발생안함
소각로 재는 독성폐기물로 분류 (중금속 함유)	무독성 활성탄 생성
회전킬른형 소각로의 배출가스 Puffing 등 운전상 문제	해당없음

처리가능한 공급원료의 전형적인 조성은 Biomass 55%, 습분 25%, 유리/철금속류 16%, 비철금속류 4%이며, Biomass류가 에너지를 생성하는 주요 물질로 다양한 형태의 유기물(산업쓰레기, 일반쓰레기, 병원쓰레기, 폐타이어 등)의 처리가 가능하다. 온도 600°C, 혐기성 환경에서 운전하므로 공급원료의 함유습분은 10% 이하로 제한한다. 반응기내 운전압력은 상압보다 약간 높게 유지하며 생성물로는 200-300Btu/ft³의 저열량개스와 활성탄 형태의 고형잔류물이 발생한다. 처리후 부피감소율은 90% 이상으로 최종 매립처분시 매립장의 수명연장 효과가 크게 증가한다.

생성개스는 가연성 저열량개스로 약 15%를 자체 연소하여 반응열 및 건조열로 소비하고 나머지 85%를 가용에너지로 회수하는 자급식(Self-Sustaining) 에너지시스템이다. 특기할 점은 다이옥신이나 푸란과 같은 유해개스물질을 배출하지 않으며 처리후 생성되는 잔류고형물은 무독성 활성탄으로 직접 매립이 가능하므로 소각로에 비하여 매우 환경친화적이라는 것이다.

반응기 배출개스의 성분을 비교분석한 결과는 [표-2]와 같다. CO, NO₂, SO₂, HCl, 분진등과 같은 개스상 물질 발생량이 소각로보다 매우 낮은 편이다. CO 배출량이 낮은 것은 혐기성 조건에서 처리하기 때문이며 HCl은 처리과정에서 활성탄에 대부분 흡착되므로 배출량이 역시 매우 낮아진다. 중금속류의 배출결과도 소각로보다 현저하게 낮은데 그 이유는 처리과정에서 생성되는 활성탄이 중금속물질을 흡착하기 때문이다.

[표-2] 환경배출성 비교

구분	소각로	파쇄중류
개스상	CO	0.88
	NO ₂	2.66
물질 (lb/ton)	SO ₂	1.84
	HCl	0.48
	분진	9.17
	Cd	0.05
	Pb	0.7
중금속 (x10 ⁻² lb/ton)	Cr	0.2
	Ni	0.06
	Hg	0.002
	As	0.1
		0.5

이와같이 파쇄중류법의 최대 장점은 처리과정에서 생성되는 활성탄이 중금속 및 화학물질을 흡착하여 Encapsulation 시키는 현상으로서 이렇게 생성된 활성탄은 물에 접촉시켜도 흡착물질을 용출하지 않는 특성을 나타낸다. 이 때문에 활성탄을 그대로 매립처분하여도 문제가 되지 않는다.

또한 파쇄중류방식은 운전특성상 다이옥신을 생성하는 Oxychlorination 반응이 일어나기 어려우며, 따라서 디벤조다이옥신(Dibenzodioxine) 이나 디벤조푸란(dibenzofuran) 과 같은 유해물질을 배출하지 않는다. 소각로에서 배출되는 다이옥신의 생성원인은, 공급원료중 염소함유 물질이 연소 후 개스상 HCl 형태로 존재하게 되는데 이러한 염소와 공급원료중 섬유질이 다중염화반응(Polychlorination)을 일으키기 때문이다. 파쇄중류방식에서는 염소가 활성탄에 화학적으로 결합한 상태로 남아있으며 혐기성 조건에서 처리하기 때문에 이러한 다이옥신반응이 일어나기가 어렵다. 따라서 파쇄중류 반응기의 생성개스는 습식처리(Hydrosonic Scrubber) 만으로도 선진국 수준의 대기환경기준을 만족시킬 수 있다.

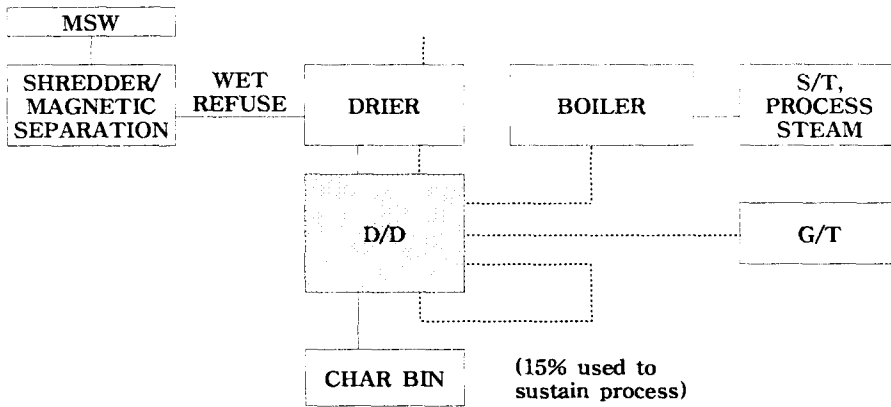
3.2 처리공정

파쇄중류 처리공정을 개략적으로 나타내면 [그림-1]과 같다. 반응기에서는 산화반응을 최대로 억제해야 하기 때문에 공급원료는 건조기에서 습분을 10% 미만으로 건조시킨후 반응기에 공급한다. 반응기 생성개스를 일부 연소시켜 먼저 반응기 온도유지에 사용한 후 건조열로 재사용한다. 건조기에서 배출되는 건조개스는 냄새, 유해가스 배출을 방지하기 위하여 활성탄 처리후 배출한다. 건조된 원료는 이중 원통형 반응기에 연속적으로 공급한다.

파쇄중류 반응기는 이중원통형구조로 되어 있다. 바깥쪽에는 연소개스가 통과하며 공급원료를 간접적으로 가열하고, 안쪽에서는 공급원료를 혐기성 조건에서 열분해하여 가연성 저열량개스를 생성한다. 처리후 남은 고형물질은 활성탄으로 반응기에서 연속적으로 배출하여 냉각시킨후 저장한다.

반응기에서 자체 소비하는 개스이외의 나머지 개스는 가용에너지원으로 활용한다. 보일러에서 연소시켜 공정증기를 생산하거나 스팀터빈을 설치하여 전력을 생산할 수 있다. 또는 개스터빈에서 직접 연소하여 전력을 생산하기도 한다.

파쇄증류 반응기의 생성개스는, 소각로와 같이 사이클론, 백필터, 전기집진기, 습식 Scrubber 등의 다단계 개스정화 설비가 필요하지 않으며 단순한 습식처리 만으로도 환경배출기준을 만족시킬 수 있는 장점이 있다.



[그림-1] 파쇄증류공정 개략도

4. 결론 및 제언

우리나라의 도시쓰레기 처리정책은 수집단계에서는 분리수거, 중간처리단계에서는 소각로 중심으로 추진하고 있으나, 전반적인 자원의 재활용 정책의 부재와 제도의 미비로 선진국에 비하여 폐자원 활용도가 매우 낮은 실정이다. 더구나 쓰레기 분리수거 실시후 쓰레기 부피의 대폭적인 감량에도 불구하고 경제발전과 인구증가로 수도권 김포 매립지의 사용연한이 초기의 예상설계수명보다 크게 단축될 것으로 예상되고 있어 장기적으로 심각한 환경문제가 될 전망이다. 우리나라 국토여건에서 대규모 매립지를 추가로 확보한다는 것은 매우 어렵기 때문에 중간처리 또는 최종매립처리 과정에서 부피감량 효과가 크고 환경친화적인 기술의 채택이 필요하며 이런 점에서 파쇄증류방식은 가능성이 매우 높은 기술로 평가된다.

이런 배경에서 파쇄증류방식은 도시쓰레기의 중간처리시설로 운영하거나 기존 매립지에 건설하여 매립물질의 부피 감량을 위한 재처리 목적으로 활용하는 방안을 구체적으로 검토할 필요가 있다.