

## 폐기물 열분해가스화용융 기술

허일상\*

### The Gasification & Melting Treatment Technology of Waste

IL-SANG HUH\*

Plant Division DAEWOO E&C Co., Ltd. (Tel. 02-2288-5693)

E-mail : isuh@mail.dwconst.co.kr

#### ABSTRACT

The worldwide trend of waste treatment technology is rapidly transferring from "incineration system" to "gasification & melting system" which can derive the resources from waste and charge no more environmental burden to nature. And therefore it is necessary to adopt gasification & melting system to prevent the land pollution and to solve the problem of landfill area. Among several thermal waste treatment processes gasification and melting system is the representative process which can transfer waste to resources such as syn-gas, molten slag, metal hydroxide, mixed salt and sulfur through the process of compaction, pyrolysis, gasification and melting.

*Key words : Gasification & Melting System, Waste Treatment, Thermoselect, Daewoo*

#### 1. 서론

우리나라는 1980년대 후반부터 주로 스토커를 이용한 직접 연소방식의 폐기물 소각시설을 설치하기 시작하여 전국적으로 현재 30 여 곳의 대형 소각장이 가동되고 있으며 대기오염 방지 기술도 발전에 발전을 거듭하여 불과 10 여년 동안에 선진국 수준의 대기오염 배출기준을 만족하는데 아무 문제가 없을 정도로 되었다. 그러나 폐기물의 직접 연소후 발생하는 소각재

의 경우 비산재는 지정폐기물로 지정하여 고품 화등의 처리 후 매립토록 하고 바닥재는 별도 처리없이도 매립을 허용하고 있는 실정으로서 시간이 흐를수록 매립된 소각재에서 용출되는 다이옥신과 소각재 중에 중금속 등에 의한 토양 오염과 수질오염의 우려가 남아 있는 것이 사실이다. 소각 후 남은 소각재는 폐기물량의 약 15%, 비산재는 약 1.5% 정도 발생하는 것으로 볼 때 매립은, 특히 다음 세대에 유산으로 남겨진다는 점에서 더 이상 적절하지 않은 해결책으로 생각되며 유럽과 일본등 선진국에서는 이미 이와 같은 소각재에 대한 무해화 처리기술이 개발되고 속속 상용화되고 있으므로 우리나라도

\* (주)대우건설 플랜트사업본부 부장  
E-mail : isuh@mail.dwconst.co.kr

하루빨리 소각재를 발생시키지 않거나 재활용할 수 있는 기술을 개발하거나 도입하여 세계적 환경기술 경쟁에서 선진국과 어깨를 나란히 함은 물론 청정한 국토를 후손에게 물려줄 수 있도록 하는 대책이 강구되어야 할 것이다. 본 고에서는 폐기물 처리기술의 세계적 동향을 살펴보고 폐기물의 완전 자원화에 성공한 대우-TS 열분해가스화 용융 기술의 특징에 대해 살펴보고자 한다.

## 2. 폐기물 처리기술의 세계적 동향

1990년대 초반까지는 기존의 직접연소방식에 의한 소각처리가 주로 이루어졌으나 1990년대 중반 이후 매립장의 부족문제를 해결해야 하고 자원순환형 시스템에 대한 관심이 고조되면서 유럽과 일본등 선진국을 중심으로 소각재의 안전화, 안정화, 무해화 처리는 물론 재활용에 대한 필요성이 대두되면서 폐기물을 안전하게 처리하고 재활용할 수 있는 열분해 가스화용융기술이 속속 개발되고 상용화되는 변화를 겪게 되었다.

전세계 시장 전망도 Table 1에서 보는 것처럼 급속히 열분해가스화 용융시설로 전환될 것으로 예상된다. 특히 일본은 2001. 1.부터 시행되는 다이옥신류 대책 특별조치법에 의해 소각재의 다이옥신 용출기준 농도를 “3 ng-TEQ/g 소각재”로 정하여 열분해가스화 용융기술의 보급을 추진하고 있다.

그 결과 일본에서는 많은 업체들이 열분해가스화 용융기술 개발에 성공하여 2000년 발주 건수 기준으로 표 2 에서 보는 것처럼 스토커 방식보다 많은 수주실적을 기록하여 기술의 대전환이 일어

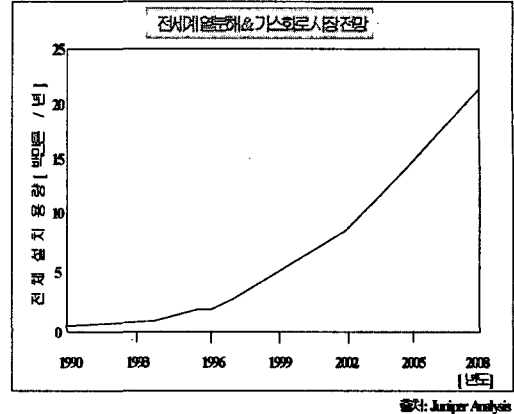


Table 1 The forecast of Gasfication & Melting system of Worldwide Market

났음을 보여주고 있으며 주목할 것은 스토커식으로 발주된 Project도 대부분 소각재의 용융시설의 설치를 의무화하고 있다는 점이고 톤당 건설단가도 스토커식 소각로와 비슷한 실적을 보이고 있다는 점이다.

기종	년도	건수	처리량 (Ton/D)ay	수주총액 (천엔)	평균 단가 (천엔/Ton)
스토커 방식	1998	13	3,627	162,132,000	44,701
	1999	18	4,884	238,685,405	48,870
	2000	23	5,006	236,215,400	47,186
유동층 방식	1998	2	215	13,960,000	64,930
	1999	2	450	27,120,000	60,266
	2000	5	1,076	41,081,199	38,179
열분해 용융방식	1998	3	900	42,180,000	46,866
	1999	9	1,888	87,590,935	46,393
	2000	31	4,453.50	225,670,572	50,672

Table 2 Contract Status of Incinerator in Japan  
(출처 : 環境施設 No. 84. 2001)

### 3. 대우 열분해가스화 용융기술의 특징



Fig. 1 The theory of Coal & Natural Gas Generation

#### 3. 1 공정 개요

폐기물 처리기술은 국제적으로 다양한 연구개발이 추진되고 있으나 본 처리기술은 스위스의 Thermosteet사에 의해 최초로 개발되어 1992년 이후 이탈리아 Fondotoce에서 100톤/일의 설비로, 독일 Karlsruhe에 720톤/일 (240톤/일 x 3기)의 설비로 상용화에 성공하였고, 일본에서는 치바에 300톤/일(150톤 x 2기)등 총 13 기( 1,510 톤/일)가 가동되고 있으며, 전세계의 10여 곳에서 건설중에 있는 설비로서 Fig. 1에서 보는 것처럼 천연가스로의 생성원리를 쓰레기 처리에 응용한 기술이다.

이 시스템의 주공정은 압축, 탈가스화, 가스화, 용융의 4 단계로 구성된다. 즉 폐기물을 고압

으로 압축한 후 무산소 상태의 탈가스칸널에 압입, 가스화 용융로 내부 열의 열전달 방식으로 무산소 상태에서 유기물은 탄화 및 열분해한 후, 다시 가스화용융로에서 고온 가스화하여 합성가스로 회수되며, 이 가스는 발전용 열원 또는 자체 에너지로 재사용한다. 이 과정에서 생성된 탄화물과 잔류 무기물들은 가스화용융로(HTR) 하부에서 1600℃ 이상으로 용융처리하여 무해화, 안정화한 뒤 도로포장용 및 콘크리트용골재 등으로 재활용할 수 있으며 저비점 중금속류는 휘산되어 합성가스 중에 섞여 나가다가 정제과정에서 안정된 금속 수산화물 형태로 회수되어 전량 재활용되고 황산화물과 염화물은 공업용 황과 공업용 소금

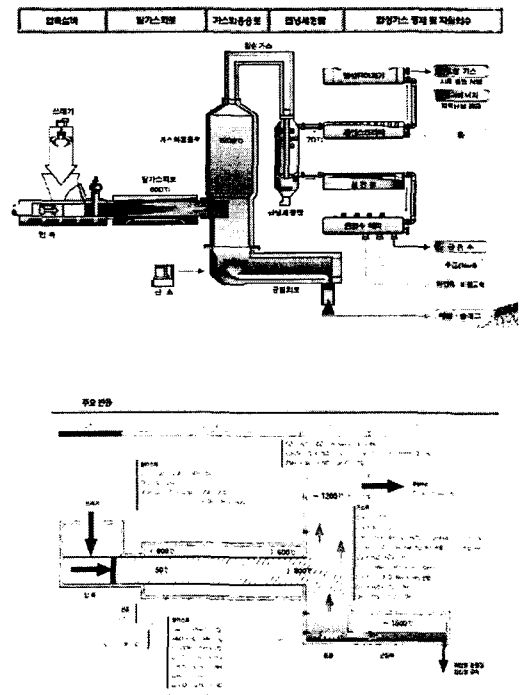


Fig. 2 The Process Diagram of Gasification & Melting System

형태로 회수되어 재활용되며 고비점 금속류는 용융슬래그 형태로 배출되어 선별과정을 거쳐 재활용되도록 설계된 공정이다. 합성가스는 1200℃의 고온에서 생성됨으로써 다이옥신을 비롯한 각종 유해가스를 완전 분해하고 70℃ 이하로 급속 냉각시켜 다이옥신의 재합성을 방지할 수 있도록 설계되었다.

주요공정은 아래 Fig. 2과 같으며 압축 - 탈가스화 및 열분해 - 가스화 및 용융 - 급냉 세정 - 합성가스 정제 및 자원회수 공정으로 구성된다.

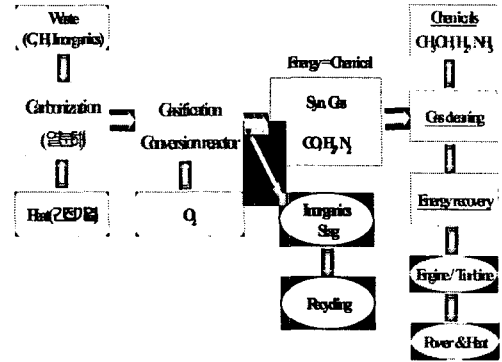


Fig. 4 Schematic Diagram of Gasification & Melting System

### 3. 2 직접 소각방식과의 비교

직접 소각방식은 그림 3에서 보는 바와 같이 유기물을 다량의 공기를 공급하여 직접 산화 처리하는 방식으로 부산물로 소각재, 폐열과 각종 산화 오염물질이 발생되며 열분해가스화 용융방식은 그림 4에서처럼 유기물은 환원 분위기에서 합성가스화 되고 무기물은 재가 아닌 용융슬래그로 생성되어 재활용하게 된다.

다음 Table 3 에 두 시스템 간의 차이점을 비교 요약하였다.

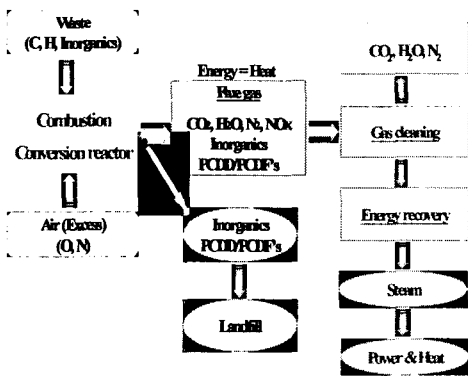


Fig.3 Schematic Diagram of Incineration

	Incineration	Gasification
운전온도	~ 1,000℃	>1,300℃
운전압력	atmospheric	high pressure (atmospheric)
회재상태	ash	slag
공급가스	air	oxygen(air), steam
주반응	$C + O_2 = CO_2$ $H_2 + 1/2O_2 = H_2O$	$C+H_2O = CO + H_2$ $C + CO_2 = 2CO$
생성가스	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	CO, H <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub>
가스세정	Post scrubbing	Intermediate scrubbing
오염물질	SO <sub>2</sub> , NO <sub>2x</sub> , PCDD/PCDF's	H <sub>2</sub> S, HCN, NH <sub>3</sub>
Char 반응	fast(with O <sub>2</sub> )	slow(with H <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> )
산화제	In excess	Deficient
목적	폐기물의 감량화, 안정화, 고온의 연소가스	폐기물의 감량화, 안정화, 재활용 연소가스, 화학 원료 생성

Table 3 Comparison Table of Incineration and Gasification

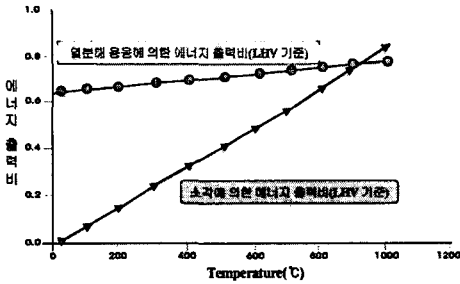


Fig. 5 Comparison of Energy Output Ratio

폐기물이 가지고 있는 에너지의 회수형태는 가음 그림 5 와 같이 열분해 용융 방식의 경우 합성가스가 가지고 있는 에너지는 주로 화학에너지로서 합성가스의 온도에 따른 에너지 출력비는 일정하며

직접 소각방식의 경우 연소가스가 가지고 있는 에너지는 주로 현열로서 연소가스 온도증가에 따라 출력비도 비례적으로 증가하게 된다.

### 3.3 열분해가스화 용융기술의 특징

#### 1) 공해 방지 측면

다량의 과잉공기 공급에 의한 산화반응으로 SOx, NOx 등의 산화오염물질이 발생하는 직접 연소방식과는 달리 저산소 상태의 환원성 분위기에 의한 물질분해 공정이 이루어지므로 전체 처리대상 가스 발생량이 작고 유해물질이 거의 발생하지 않으며 발생된 물질들도 고온 가스화 반응 과정에서 분해되므로 소각에 비해 경제적으로 유리하며 Ash를 용융 슬래크로 처리함으로써, 환경적으로 유리하다.

#### 2) 에너지 효율 측면

폐기물 내의 C, H 성분을 가스 연료인

CO, H2 의 chemical energy로 전환되므로 냉각 등에 의한 에너지 손실을 최소화할 수 있다. 즉 소각에서 얻을 수 있는 에너지는 전량 Sensible energy (현열)에 의존하나 가스화에서 얻을 수 있는 에너지는 Sensible + Chemical energy 형태로 회수하므로 효율면에서 유리하고 에너지의 활용 범위를 복합발전, 연료전지, 화학 Process 원료등으로 다양화할 수 있다. 또한 기존의 소각로에서 발생하는 Ash를 별도로 용융 처리하는 경우보다 쓰레기 자체의 에너지를 이용하므로 처리단가가 현저히 낮아진다.

#### 3) 환경부하 측면

소각잔사는 용융슬래그화 되므로 감용비, 감량비가 높으며 슬래그를 재활용하므로 매립지가 불필요하고 매립해도 부하율이 낮아 수명이 연장된다.

#### 4) 처리대상 폐기물 측면

종래의 소각방식으로 처리 곤란한 페타이어, 폐플라스틱, 폐유슬러지, 슬러지등의 처리가 쉬우며 오히려 폐플라스틱등 고발열량 쓰레기가 좋은 조건으로 처리될 수 있게 되었다.

### 4. 결론과 전망

폐기물 열적처리의 세계적인 기술 동향은 매립해야할 소각재가 발생하는 직접연소보다는 폐기물의 모든 가용 자원을 회수하는 열분해가스화 용융시스템으로 대 전환이 급속히 이루어지고 있으며 2000년을 기점으로 해서 급증하고 있으므로 우리나라도 더 이상 늦기 전에 열분해 용융기술을 개발하고 적용하여 선진국과의 기술경쟁에 뒤지지 않도록 해야 한다. 대우-TS 폐기물 열분해가스화 용융공정은 기존의 소각방식에서 해결하기 힘든 다음과 같은 특징들을 달성하였다.

- 소각재의 용융 Slag화후 재활용으로 생태학적 환경 유지
- 99% 이상의 원료물질 회수로 이상적 자연순환형 환경목표 달성
- 플랜트의 컴팩트한 모듈화 및 표준화 달성으로 건설기간 및 비용 절감
- 생활폐기물, 지정폐기물등 다양한 폐기물에 적용
- 현재의 특정수요에 탄력성 있게 통합될 수 있는 고효율의 에너지회수

## 5. 참 고 문 헌

1. Stahlberg, R.: High-Temperature Recycling and Minimization of Environmental Pollution through Complete Thermal-Chemical Material Conversion; MUT International Congress for Environmental Engineering and Research. Basel, October, 1992,pp. 7-22.
2. Kiss, G., Marfiewicz, W., Riegel, J.,Stahlberg, R.: THERMOSELECT-Recovery of Energy and Raw Materials from Waste. In: The Thermoselect Process for the Degasification and Gasification of Wastes, Schweitzer, F.J.(Ed.). Berlin, EFVerlag, pp. 21-55(1994).
3. Feuerriegel, U.,Kunsch, M., Stahlberg, R., Steiger, F.: The Material and Energy Balance of the THERMOSELECT Process : The Thermoselect Process for the Degasification and Gasification of Wastes, Schweitzer, F.J.(Ed.). Berlin, EFVerlag, pp. 69-84 (1994).
4. Report on Measurements in the Synthesis Gas, the Flue Gas, after the Gas Motor and Degasification - Channel Heating Section ; and, Sampling and Analyses of Product and Material Samples for the Evaluation of the THERMOSELECT Process: RWTVU Institute for Environmental Protection, Chemistry and Biotechnology, Central Office for Air Quality and Emissions; Essen. October, 1994
5. 環境施設 No.84. 2001
6. 石川 禎昭 : 最先端の ごみ處理熔融技術