

폐기물 재활용에 쓰이는 요소기술

가. 물질회수 기술

1) 파쇄

폐기물의 종류에 따라 여러 종류의 파쇄기가 이용된다. 고강도의 철을 분쇄하거나 페타이어, 폐플라스틱등 탄성체를 분쇄하는 기술등이 응용되고 있다. 또한 배출된 폐기물의 크기와 형태에 따라 분쇄기의 종류도 다양하지만 피분쇄체의 강도에 따라 효율적인 작업 강도가 유지될 수 있어야 하며, 특히 캣타의 역할과 교체주기는 유지관리 측면에서 매우 중요하다.

근래에는 외국에서 페타이어 등 탄성체를 액체질소기류에서 초냉각하여 페타이어의 탄성을 없앤다음 분쇄기를 사용하여 분쇄하는 기술이 실용화되고 있으며 우리나라에서도 외국의 기술을 도입하여 일부 실용화되고 있다. 그러나 액체질소를 사용하기 때문에 액체질소의 가격과 초냉각 기류에서 공정이 이루어지기 때문에 분쇄기에 사용되는 윤활유가 특수 용도의 것이어야 하는 등의 어려움이 있다.

파쇄기술의 최종단계인 분말화기술을 이용하여 페타이어로부터 분말고무를 제조한 후 고강도 접착제를 이용하여 보도블럭, 깔판 등을 생산하는 기술이 실용화 개발되었으나 타 제품에 비해 가격경쟁력이 낮고 수요처 확보가 여의치 않은 실정이다.

2) 선별

폐지, 폐유리, 폐플라스틱과 같은 비자성체의 선별은 파쇄 후 풍력에 의해 분리하는 기술, 싸이클론을 통과시키면서 원심력에 의해 분리하는 기술과 비중차이에 의해 분리하는 기술 등이 응용될 수 있다. 근래에 와서 폐유리를 분쇄하지 않고 공병에 빛을 투과시켜 색상에 따라 선별하는 장치도 외국에서 이용되고 있다. 병의 색상은 포함된 금속성분에 따라 갈색, 청색, 녹색 등을 나타내므로 폐유리를 색상별로 선별하게 되면 원료물질의 순도도 높아 우수한 재활용 제품을 생산할 수 있다.

또한 폐플라스틱을 재질별로 선별하는 기술로는 그림 1. 에서 보는 바와 같이 X선, 형광X선, 색상분별 등이 이용되고 분쇄한 후에는 풍력, 원심력 등을 응용하는 방식이 실용화 단계에 있다.

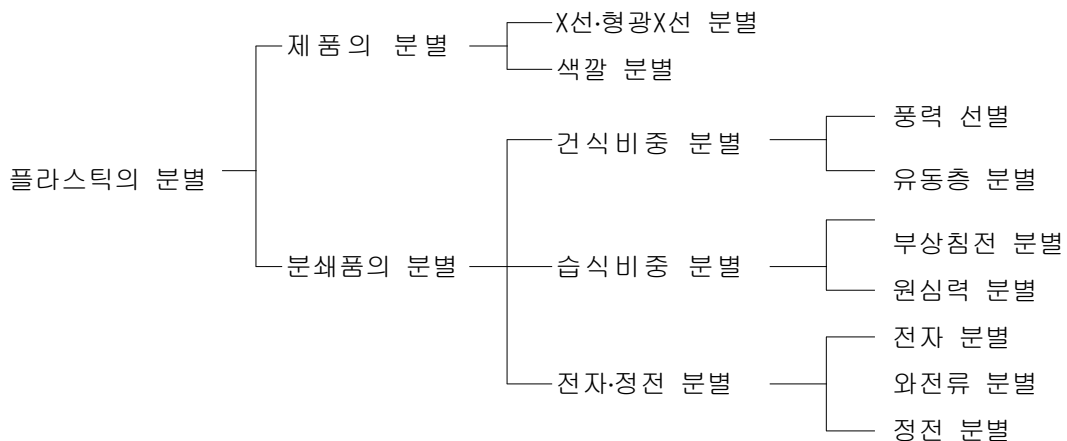


그림 1. 폐플라스틱의 선별 기술

한편 철과 같은 자성체는 자석을 이용한 전통적인 방식으로 선별하고, 알루미늄, 아연 등 비철금속은 Eddy current 이론을 적용하여 금속 성분별로 선별하는 방식이 응용되고 있다.

3) 용 용

금속과 플라스틱이 혼합된 재질인 폐전선, 폐가전제품 등을 재활용하는 방법으로 분쇄한 폐전선이나 폐가전제품을 용융로에 넣고 가열하여 플라스틱을 용융 분리하고, 녹지 않은 금속성분과 선별하는 기술이다. 또한 페스티로폴의 감용을 목적으로 이용되고 있으나 용융방식은 선별보다는 감용을 목적으로 하는 사례가 많다.

최근에는 폐가전제품보다 더 많이 폐기되고 있는 컴퓨터의 PCB기판을 Plasma로 용융하여 분사한 후 냉각하여 미립자로 만든 다음 산 처리하여 PCB기판에 함유된 백금, 구리 등 유가 금속을 회수하는 기술개발이 수행되고 있으며 전기로 Dust를 Plasma로 용융하여 Dust에 함유된 철, 납, 카드뮴을 비중차에 의해 회수하는 기술도 실험 중이다.

4) 증 류

폐유기용제, 폐윤활유 등 비점이 서로 다른 액상의 물질을 증류에 의해 분리하는 기술이다. 증류의 방법으로는 상압증류, 감압증류로 크게 구분할 수 있고, 수증기 증류, 분별증류 및 다단계 증류방식 등이 있다. 그러나 폐유기용제나 폐윤활유를 증류에 의해 분리할 때에는 외부에서 에너지의 공급이 필요하므로 사전에 경제성 검토가 이루어져야 한다.

5) 추 출

폐유기용제, 폐윤활유 등과 같이 여러 가지 성분이 포함되어 있는 물질 중에서 하나의 성분 또는 같은 계열의 성분만을 녹일 수 있는 용매를 이용하여 그 성분만을 추출하고, 용매를 날려보낸 다음 추출성분을 회수하는 기술이다. 그러나 추출에 사용되는 용매는 선택에 제한이 있으며, 용매의 가격이 비싼 단점이 있기 때문에 추출용매의 회수 재이용 기술의 확보가 중요하다. 특히 추출공정의 원료인 폐유기용제와 공정에서 이용되는 추출용매가 모두 유해성분임으로 전체공정이 Closed System으로 이루어져야 하며, 용매에 의한 대기오염을 방지하기 위해서는 휘발성 용제를 회수하여야 한다.

6) 막분리

고형성분과 용매와의 분리, 반고형성분과 용매와의 분리, 양·음이온의 선택적 이온교환, 삼투압에 의한 분리 등 막분리기술의 발전은 매우 빠르며 응용범위도 넓다. 폐유기용제나 폐윤활유는 막분리에 의해 1차 유수분리가 가능하며, 특히 폐수의 재이용에 막분리 기술이 이용되고 있다. 막분리 기술에는 여과, 한외여과, 삼투압 등 물리적 이론이 적용되고 있으며, 선택적 농축을 위한 분리막의 개발이 이루어져 성분의 분리, 농축기술이 관련산업에서 직접 응용되고 있다. 이와 같이 막분리기술은 응용범위가 넓고 특히 물리학적 분리기술이 응용되기 때문에 성능이 우수한 장점이 있으나 막재료의 대부분을 수입에 의존하고 있는 실정이다.

7) 고품화

도금폐수 슬러지, 분진·소각재, 석탄회 등 유해한 중금속을 다량 함유한 무기성 폐기물을 시멘트 또는 포졸란을 혼합하여 고형화하는 기술이다. 고형화 기술은 건축자재로 이용되는 벽돌이나 보도블럭 생산기술을 원천으로 하고 있지만 무기성 폐기물을 고형화 한 후에 고화체 안에 포함되어 있는 유해한 중금속의 용출량이 용출기준 이내로 고정되어야 하고 생산된 벽돌이나 보도블럭이 건축자재의 규격기준에 적합하여야 재활용이 가능하다.

그러므로 유해한 중금속을 다량 함유한 무기성 폐기물의 고형화에는 경화제인 시멘트 또는 포졸란외에 고화촉진제, 불용출화제 등의 첨가에 대한 연구가 수행되고 있으며, 일부 생산된 고형화 제품이 실용화되고 있다.

8) 열적기술

산화·환원 등 화학적인 반응기술과 산에 의한 금속의 용해 또는 알칼리에 의한 금속이온의 침전이론을 비롯하여 분진, 소각재, 석탄회의 Plasma 열원에 의한 Glassification, 고형화물의 소성(Calcination)등에 열적 반응이 이용되고 있다. 열적 반응 기술은 재활용 대상 폐기물의 성상과 재활용 제품의 성격에 따라 다양한 요소기술이 필요하다.

9) 생물학적 기술

음식쓰레기, 식품산업폐수 슬러지, 가축분뇨 등 유기성 물질을 다량 함유한 폐기물에 적용되는 기술로서 주로 퇴비화 기술과 메탄화 기술로 구분할 수 있다. 퇴비화 기술과 메탄화 기술은 모두 미생물을 응용하는 기술임으로 난분해성 유기물질의 처리 및 악취 제거의 문제와 반응과정에서 환경조건이 적합하지 않을 때에는 처리효율이 낮고 생산된 퇴비의 질이 낮으며 염분의 농축 때문에 사용에 어려움이 따르는 문제 및 생산된 메탄가스의 활용을 위한 정제 문제 등이 사전에 해결되어야 한다.

한편 생물학적 기술의 하나인 지렁이를 이용한 유기성 폐기물의 퇴비화 기술은 우리나라에서도 널리 보급되어 있고 그 처리효율도 높으며, 생산된 분변토가 양질의 퇴비로 이용되고 있다. 그러므로 다량으로 발생하는 유기성 폐기물을 안정화 처리하는 방법으로는 생물학적 기술의 적용이 바람직하다고 사료되며, 선진외국에서는 유기성폐기물로부터 유용한 유기산을 생산하는 기술이 일부 개발되고 있으며 국내에서도 음식물쓰레기로부터 유기산을 생산하는 실험적 연구가 수행되고 있다.

10) 기 타

재활용 대상 폐기물이 흙, 먼지 등과 혼합되어 있을 때에는 분쇄하기전이나 선별하기 전에 먼저 폐기물을 세척하고 건조하여야 한다. 특히 재활용하기 위해 폐기물을 세척하고 건조하는 기술은 비용 경제적이고 규모에 알맞은 설계에 의해 설치할 필요가 있다.

나. 에너지 회수 기술

일반적으로 유기성 폐기물에는 가연 성분이 함유되어 있고 여러 가지 폐기물이 함께 혼합되어 있어 선별하기 어려운 폐기물을 소각하여 그 열을 회수하여 이용하는 기술이다. 에너지회수 기술은 도시쓰레기 소각기술과 같지만 저공해 소각을 위해서는 일반적으로 이용되고 있는 스토카식 소각보다는 열분해 방식이나 건류소각 방식이 바람직하다.

한 편, 에너지회수 기술의 하나로 고체연료 전환기술(RDF)에도 관심이 집중되고 있다. 특히 다량으로 발생하는 폐타이어 등 고무제품은 파쇄하여 분말을 이용하는 기술보다는 에너지 회수기술을 응용하는 것이 더 경제적인 수도 있다. 폐타이어 등 고무제품은 그 원료가 고무나무에서 추출한 원액이며, 고무원료는 광합성에 의해 생산되는 무한자원임으로 유한자원이 원유에서 생산된 페플라스틱을 소각하는 것과는 그 성격이 다르다.

1) 열분해(Thermal pyrolysis)

가연성 폐기물을 처리하여 에너지를 회수하는 기술 중에서 열분해공정이 주목을 받고 있다. 열분해는 유기물을 무산소 또는 저산소분위기 중에서 고온(500~1,000℃)으로 가열하여, 수소, 메탄 등의 탄화수소, 일산화탄소 등으로 되는 가연성 가스와 상온에서는 액상인 초산, 아세톤, 메탄올과 같은 유기화합물을 함유하는 타르(Tar) 또는 유분 및 탄소와 유리, 금속, 토사를 함유하는 Char의 3성분으로 분해하는 공정이다. 열분해기술은 새로운 것은 아니지만 미국에서 EPA가 1970년부터 유기성 폐기물의 가스화 및 유화(油化)기술로서 열분해 기술의 보급을 강력히 추진하고 있다. 열분해기술은 소각에서 문제가 되는 폐가스 및 폐수 처리 등의 2차 공해처리 및 매립 처분량의 감소대책의 일환으로 개발되고 있다.

따라서 앞으로의 열분해공정은 ① 배기가스량이 적은 점, ② 황분, 중금속분이 Ash중에 고정되는 확률이 큰 점, ③ 환원성 분위기를 유지할 수 있어서 Cr+3가 Cr+6로 산화하지 않는 점, ④ NOx의 발생량이 적은 점 등의 장점으로 소각처리에 대체될 수 있는 폐기물처리공정으로 기술개발이 기대된다.

2) 건류소각

건류소각방식은 기존의 열분해(Pyrolysis)에 의한 건류가스 생성방식이 밀폐된 장치 내에서 외부열원에 의해 이루어지는 것과는 달리 소량의 공기를 공급하면서 발생하는 연소열에 의해 건류가스를 생성시키는 방식이다. 이 방식은 열분해방식에서 소요되는 외부 열공급장치 및 공기밀폐시설이 불필요할 뿐만 아니라 잔열의 회수가 가능하여 열효율을 증가시킬 수 있다. 건류가스 생성장치에서 발생한 건류가스는 덕트에 의해 건류가스와 공기혼합장치를 거쳐 2차연소실을 갖춘 보일러내에 공급된다. 이때 가스버너에 의해 2차연소되어 과잉공기비를 낮추고 연소공기의 난류형성 및 연소실내 체류시간을 연장시켜 고효율의 연소성 및 열효율을 얻을 수 있다. 건류소각장치는 건류관으로 투입하는 리프트시설, 건류가스를 생성시키는 건류관, 가스이송설비, 이송된 가스를 연료로 하여 스팀을 발생시키는 보일러 및 대기오염방지설비로 구성되어 있다.

3) RDF 전환기술

화석연료의 에너지전환의 일환으로 쓰레기로부터 개질가공한 고체연료 즉 RDF (Refuse

Drived Fuel) 의 실용화 연구가 수행되고 있다. 최초의 RDF 실용프랜트는 1971년 U.S.EPA의 화력발전소에서 석탄혼소를 목적으로 한 건식처리에 의한 Saint Louis Project와 이와 거의 동시에 습식처리에 의한 Franklin Project로 설치 되었다. 현재 RDF는 10 종이 있으며, 그 중 ECO-Fuel 은 RDF 중에서도 고도의 기술에 속하며 원료쓰레기에 대한 가공도가 높고 연소 특성이 많이 개선된 것이다. RDF를 제조하는 경우 생산가가 높아 경제적인 사전검토가 충분히 이루어지지 않으면 실패할 위험이 있으며 특히 다음과 같은 점에 유의하여야 한다.

- 제품으로서의 발열량, 즉 칼로리가 높을 것(High calorific value)
- 쓰레기 원료나 제품의 함수율이 낮을 것(Low water content)
- 원료 중에 비가연성 성분이나 연소 후 잔류하는 재(災)의 양이 적을 것
- RDF의 조성 배합율이 균일할 것(Homogenous composition)
- 저장 및 수송이 편리하도록 개질되어야 할 것
- 대기오염이 적을 것
- 기존의 고체연료를 사용하는 로에서 사용이 가능할 것