

재활용을 위한 자동분류 장치

1. 서론

최근 유럽연합의 폐전자제품(WEEE) 규정을 보면 기존의 재활용 방식을 개선해보려는 의도를 알 수 있다. 주목할만한 것은 여기에 폐전자제품처리를 위해 특별히 설계된 기계적 재활용장치가 포함되어 있다는 점이다. 최근 독일 아헨공대에서 진행중인 특별연구분야525 (Sonderforschungsbereich 525)를 통해 이루어지고 있는 기존의 재활용기술에 대한 분석과 공정향상 및 물질별 재활용 공정기술에 대한 내용을 살펴보고자 한다.

이 논문에서는 우선 재활용 공정의 개선 가능성과 유럽에서 폐전자제품의 수거율에 대해 설명하고 있다. 또한 물리적 재활용 공정의 개선을 위한 예비단계로써 수작업에 의한 폐전자제품의 분해작업에 대해서도 설명하고 있다.

첫번째 연구 목적은 분류시스템의 향상 및 최적의 기술을 산업적으로 최대한 이용하는데 있다. 폐전자제품처리를 위한 전체공정에 자동선별장치까지 포함되어 있다. 이 장치의 이름은 CombiSense 인데 이 장치에는 색깔, 모양, 크기 및 전도성과 같은 다양한 물질의 특성을 파악하는 센서가 장착되어 있다.

따라서 이 장치를 이용하면 폐전자제품에 포함된 부품과 물질들을 더욱 선택적으로 선별할 수 있는 장점이 있다. 예를 들어 센서를 통과할 때 양성반응이 나타나면 공기 노즐을 통해 불어 제거되는 것이다.

2. 폐전자제품의 처리 현황

최근 통계자료에 따르면 연간 발생하는 폐전자제품의 양은 독일의 경우 2 백만 톤 정도에 달하고 유럽 전체로 볼 때는 8백만 톤 정도이며 연간 증가율은 5-10 % 정도이다. 유럽연합 집행위원회에서는 폐전자제품의 90 % 정도가 매립되거나 소각되고 있는 것으로 보고 있다. 그러나 이러한 수치는 폐전자제품 재활용시장이 상당한 잠재력을 가지고 있음을 또한 보여주는 것이다.

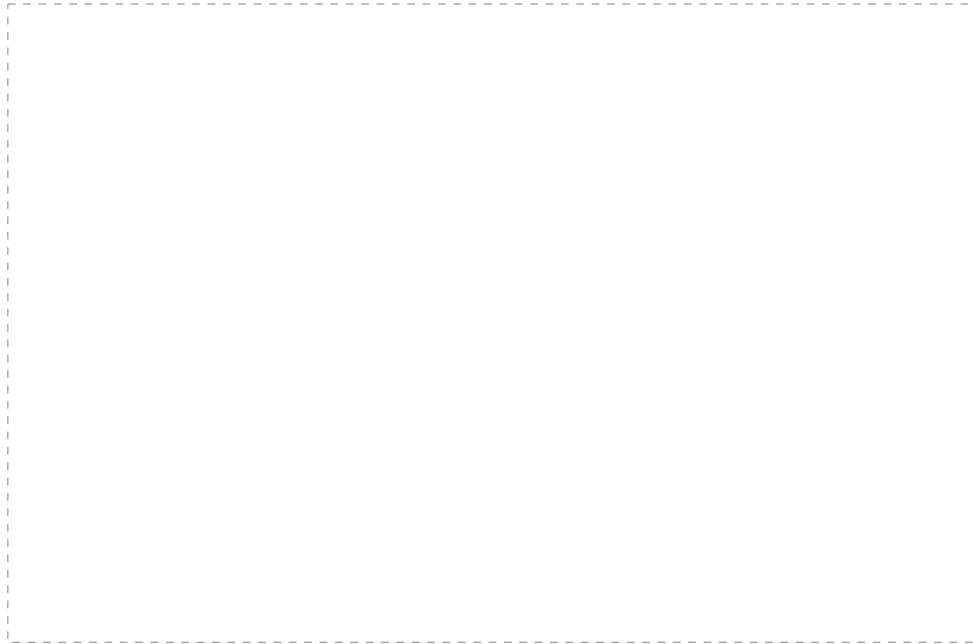
폐전자제품의 수거 현황을 살펴보면 제품의 크기에 따라 차이를 보인다. 첫번째 세탁기나 냉장고 같은 대형 제품의 경우 이들의 크기와 무게 때문에 비교적 높은 수거율을 보인다. 독일에서 이들의 수거량은 약 57만 톤이다. 두 번째로 라디오나 다리미 같은 중형제품의 경우 가장 많은 부분을 차지하며 그 양은 백만 톤 정도에 달한다. 하지만 수거율은 비교적 낮아 30 % 정도밖에 되지 않는다. 마지막 세 번째 종류에는 폐컴퓨터와 소형제품들이 속한다. 이들의 양은 23만 톤 정도이며 그 수거율은 10 50 % 정도 밖에 되지 않아 수거율을 높일 수 있는 가능성이 높다고 볼 수 있다.

3. 분류장치 개발의 당위성

폐전자제품을 수거하여 모으는 것이 재활용 공정의 첫 번째 단계이다. 제품별로 수작업에 의해 사전 분류가 이루어지고 분해를 통해 재이용가능한 물질들은 따로 모아진다. 예를 들어 벨기에에서는 중형 가전제품을 제품에 따라 나무나 플라스틱 케이스, 케이블 등 10 개의 부품으로 나누어 처리한다.

이어 파쇄 및 본격적인 자석이나 자동 진동에 의한 분류, 그리고 공기 노즐에 의한 분류 등의 공정은 가장 널리 알려진 공정들이다. 다양한 금속과 비철금속은 대부분 수거되고 플라스틱이나 다른 잔여물질들은 최소화되어 처리된다. 하지만 모든 공정들은 기술적으로 그 효율성이 한정되어 있기 때문에 효율성을 높이고 경제성도 높일 수 있는 보조장치가 필요하다.

다음 도표는 배터리없이 켜진 모바일전화(약 90g)의 구성물질을 보여주고 있다.



새로운 분리장치를 통해 각각의 금속 및 비금속물질이 최대한 효율적으로 분리될 수 있다.

더욱이 폐전자제품의 처리를 위한 새로운 유럽연합의 지침에 의거하여 앞으로 최대한 여러 종류의 물질과 최근에 새롭게 개발된 전자제품들이 적절하게 재활용될 수 있도록 해야 한다. 하지만 기존의 재활용 방식은 유럽연합의 국가별 및 지역별마다 다르고 특히 제품의 다양한 구성성분과 다양한 환경정책적 요구사항 및 목표가 다르기 때문에 유럽연합의 지침을 따르는데 어려움이 있다.

그러므로 법적으로 요구되는 재활용율을 달성하고 새로운 전자제품에 대한 효과적인 재활용을 가능하게 하기 위한 하나의 범지역적인 해결책으로 최근 유럽연합에서는 '자동분류장치의 도입

'을 강조하고 있다. 이 장치의 이름은 CombiSense 이고 색깔, 모양, 크기 그리고 전도성과 같은 다양한 물질의 특성을 파악하여 물질을 자동으로 분류해낸다. 자동 분류 장치에 대한 자세한 원리와 센서의 역할 등을 살펴본다.

4. 개선된 분류장치의 실례

우선 Finder 라는 선별장치를 예로 들 수 있다. 이 장치는 여러 종류의 금속을 분류해낼 수 있으며 특히 자동진동에 의한 분류를 거친 후 혼합물에 함유된 금속들의 분류에 매우 적합한 것으로 평가된다. 이를 통해 알루미늄뿐만 아니라 구리까지도 수거될 수 있다. 그리고 그 밖의 잔여물은 계속해서 농축되게 된다. 이 번 아헨공대의 특별연구에서도 구리수거를 위해 이 장치가 사용되었다.

자동분류장치의 또 다른 실례는 파쇄잔여물 같은 혼합플라스틱을 분류해내는 장치이다. 폐전자제품의 처리와는 달리 파쇄잔여물의 경우 그 구성성분이 육안으로 구분되지 않아 플라스틱의 종류가 파악될 수 없다. 그러므로 특정물질을 수거하지 않고 엄청난 양을 그대로 매립이나 소각을 통해 처리하고 있다. 그러나 Dorado라는 특수분별장치는 적외선 램프를 이용해 여러 종류의 플라스틱에 각각 특별한 영향을 줌으로써 혼합플라스틱이 온도에 따라 서로 다른 연성을 띠게 만들어 이들을 분류해낸다.

5. CombiSense의 장점

CombiSense 장치는 독일의 분류시스템엔지니어링(Separation System Engineering :SSE)사에 의해 개발되었다. 이 장치는 카메라와 센서등의 전자 관측 시스템을 이용하는 자동분류 장치이다.

특히 'CombiSense1200'이라는 장치는 600mm 내지 1200mm 넓이의 벨트로 작동되는 광학전자시스템을 갖추고 있다. 즉 이것은 10억의 색상분해도를 갖는 초고속 카메라와 다양한 금속을 인식할 수 있는 센서가 결합된 형태의 광학시스템을 가지고 있다.

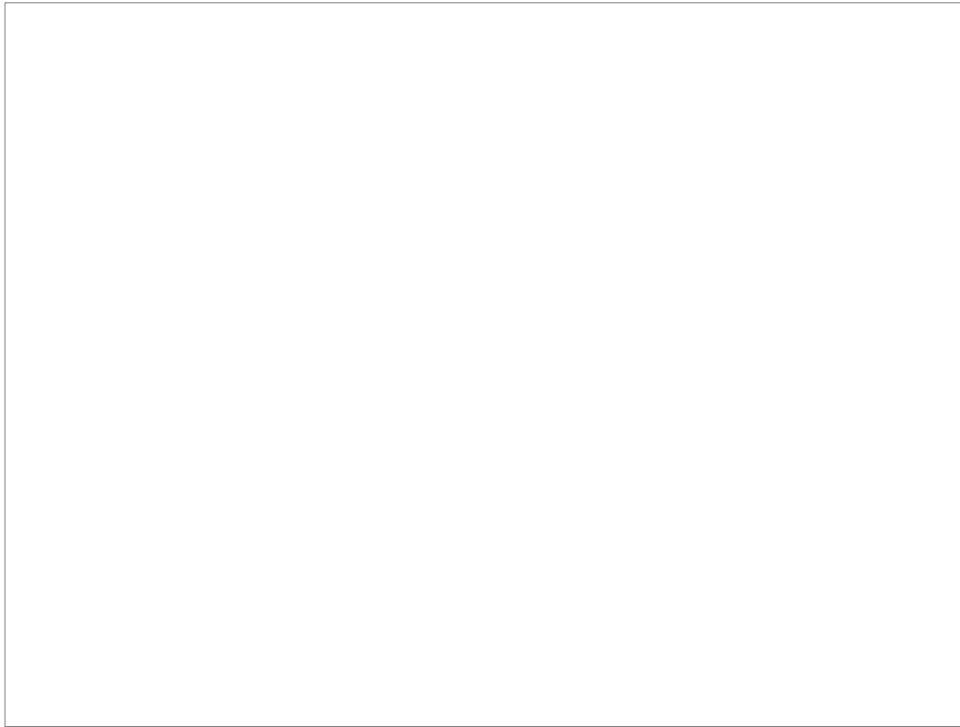
진동공급기(Vibrating feeder)에서는 초당3 m 움직이는 콘베이어 벨트를 통과한 파쇄입자가 분류된다. 금속센서(Metal sensor)는 콘베이어 벨트의 아랫부분에 위치하고 있는데 각각의 금속입자의 특성을 파악하여 그 정보를 컴퓨터로 전달하게 된다.

상단에 위치한 카메라에 의해 크기, 형태, 색깔 그리고 콘베이어 벨트에서 입자의 위치 등이 파악되어지게 된다. 이 모든 자료들은 컴퓨터로 보내져 거기서 특별한 프로그램에 의해 분류와 처리에 필요한 데이터를 얻게 된다. 컴퓨터를 통해 센서에 감지된 정보와 컴퓨터에 저장된 이론적인 정보가 비교되어 양성을 띠는 경우 공기 노즐을 통해 불어 제거된다.

계속되는 자동 진동을 통해 입자의 물질별 분류가 이루어지며, 결국 알루미늄과 구리의 혼합물이 분류되어 나온다. 이 혼합물은 시장성이 있을지 모르지만 용융상태의 구리는 순도가 90 % 밖에 되지 않기 때문에 처음부터 더 높은 순도로 분류된 구리에 비해 시장성이 떨어진다. 알루

미늄과 구리를 혼합해서 분류해내는 공정의 또 하나의 큰 단점은 용융과정에서 알루미늄이 손실될 수도 있다는 것이다.

이 장치를 이용해 폐전자제품 이외에도 자동차나 다른 철을 많이 함유한 제품들을 같이 파쇄시켜 처리할 수 있다. 처리 후 수거물질의 순도와 수거율은 투자 이익과 직접적인 연관이 있기 때문에 경제적인 처리를 위해 처리시간과 처리량의 조절이 매우 중요하다. 그밖에 이 장치는 가벼운 입자로 파쇄된 혼합플라스틱 입자들도 분리해 낼 수도 있다.



1. 진동공급기: 파쇄입자 크기별 분류
2. 컨베이어벨트: 진동공급기로 입자들 수송
3. 금속센서: 금속입자별 파악. 컴퓨터로 정보전달
4. 카메라 : 입자의 크기, 형태, 색깔 파악. 입자들의 위치 추적
5. 컴퓨터 : 자료분석 및 입력된 정보와의 비교분석. 양성 및 음성으로 입자물질 판단
6. 모니터
7. 압력밸브
8. 수용물질 : 컴퓨터에 의해 재활용원료로 인식된 물질
9. 폐기물질 : 컴퓨터에 의해 폐기물로 인식된 물질
10. 모뎀