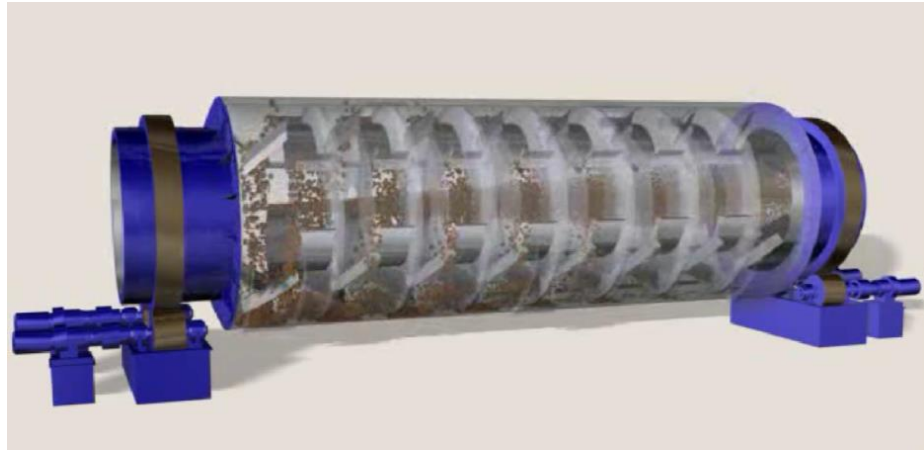


ANDRITZ RDF 드럼 건조기

다량의 수분을 함유한 분쇄폐기물, 슬러지, 바이오매스 등을
고온의 열풍으로 건조하는 설비



ANDRITZ 의 드럼 건조기는 수분율이 높은 피건조물을 드럼 드라이어의 전단에 설치된 열발생기구에 의해 생산된 고온의 열풍으로 건조시키는 장치입니다. 당사가 특수 설계한 다각건조로 방식(Multi-Pass-System)의 건조기는 드럼을 회전하면서 열풍과 피건조물의 이동 시 수분함량이 높은 고비중 물질을 드럼 내부에 구성된 블록형 구조를 따라 장시간 이동하게 하여, 충분히 건조시킵니다. 또한 수분함량이 적은 저비중 물질은 열풍을 타고 드럼 내 중공으로 바로 통과시킨 후 고속으로 수분을 증발시켜 효율적입니다. 이러한 이동경로의 구분은 저비중 제품의 과건조나 고비중 제품의 미건조를 방지합니다

■ 특징 및 장점

- ✓ 수분함량을 최소화하는 건조 방식으로 피건조물의 증량을 획기적으로 감소
- ✓ 스크러버 및 필터로 먼지 및 악취 최소화
- ✓ 특수 설계된 다각건조로(Multi-Pass System)회전 드럼
 - 투입물 비중에 따른 효율적인 건조실현
- ✓ 과건조 및 미건조화 최소화
- ✓ 투입물 비중에 따른 유연한 건조시간
 - 에너지 절감
- ✓ 드럼 후단에 장착된 CO센서가 건조기내 화재 감지
- ✓ 포화고온증기의 고속순환으로 고효율 및 저비용 건조

■ 적용 범위

- ✓ 가연성 폐기물 고형 연료(RDF) 건조
- ✓ 생활 폐기물(MSW) 건조
- ✓ 바이오 매스(톱밥, 우드칩등) 건조
- ✓ 유기 폐기물(야채, 곡물등) 건조
- ✓ 거의 모든 종류의 슬러지 건조
-산업슬러지, 하수슬러지, 종이슬러지 등



효율적인 고형 생활폐기물 건조처리를 통한 폐기물의 에너지 전환

대체연료에 대한 수요 증가는 물론 폐기물 관리방법의 발전은 자원측면에서 폐기물의 처리효율 향상을 위해 필요한 핵심적인 요소들입니다. 이를 위한 한가지 방법은 폐기물처리량을 줄이는 것뿐만 아니라 재사용, 재활용, 그리고 회수기술에 집중하는 것입니다.

일례로, SRF (Solid Recovered Fuel, 고형연료)는 MSW (Municipal Solid Waste, 고형 생활폐기물)에서 나온 성분들을 고발열 연료로 변환시킨 것이며 RDF(Refuse-derived fuel, 폐기물 고형연료)는 주로 플라스틱, 섬유질, 직물 등의 생활폐기물에서 나온 가연성 성분들로 이뤄져 있습니다. 효율적인 드럼 또는 벨트건조방식을 이용한 SRF 처리를 통해 시설의 전체적인 에너지 효율을 물론 발열량도 상당량 높일 수 있습니다.

특정 플랜트 매개변수들 및 제품 품질과 관련된 운영경험을 소개하면서 드럼, 벨트 및 패들 건조장치에 대한 전반적인 개념을 제시하고자 합니다. 장점과 단점 위주로 상기 건조장치들을 비교했습니다.

폐기물을 에너지로 변환시키는 또 다른 예는 바이오가스 및 Digestate (소화잔류물)이 생성되는 혐기소화 (AD, Anabolic Digestion)을 이용하여 MSW에서 얻은 유기 폐기물 잔류물질을 처리하는 방법입니다. 다양한 유기질 공급원료의 처리를 위한 AD 시설들의 수와 처리용량이 증가함에 따라, Digestate 개량방법에 더욱 많은 관심이 쏟아지고 있습니다. 또한, Digestate를 건조시킴으로써 환경기여도도 높아지게 됩니다 (즉, 매립 부피 감소).

1. 서두

RDF나 SRF는 고형폐기물의 경량물질을 파쇄, 분류 및 건조시켜 생산된 대체연료입니다. 이러한 개념의 목적은 발열량이 높은 안정적인 물질을 얻는 것입니다. 첨단장치들을 이용하여 건조시키게 되면, 순발열량을 최대 16~20 MJ/kg까지 높일 수 있습니다. 이와 같은 연료로 시멘트 소성로 제강로 또는 발전소 등 많은 분야에서 화석연료를 대체할 수 있습니다. 검증된 고효율 건조방식을 통해 습식 SRF를 추가적인 가스화, 연소 또는 치밀화에 사용될 귀중한 자원으로 바꿀 수 있습니다.

습식 SRF를 가치있는 제품으로 바꿀 수 있는 여러 변환장치들 중에서 벨트건조기 및 드럼건조기가 가장 우수한 것으로 검증되었습니다. 벨트건조기와 드럼건조기는 대류방식의 건조장치들로서 벨트건조기와 패들건조기는 저온 열원을 이용할 수 있고 드럼건조기는 200°C 이상의 고온 열원이 필요합니다.

습식 SRF가 벨트 컨베이어로 투입되고, 뜨거운 공기가 위에서 아래로 원료 사이에 지속적으로 흐르게 됩니다. 드럼건조기에서는 고온 기류가 습식 폐기물과 함께 동시에 흐릅니다. 이러한 건조장치들을 통해 RDF의 발열량은 높이면서 잔존 수분함유량을 최대 10%까지 낮출 수 있습니다.

대류건조방식과 지속건조방식 비교

수 많은 건조방법들이 있지만, 가장 중요한 2가지는 액체증발에 필요한 열과 증기제거 수단입니다. 직접건조방식에서는 상기 2가지 목적에 뜨거운 공기를 이용합니다. 보통 상당량의 열이 배기가스로 낭비되며, 먼지가 많이 발생하여 그 결과로 악취가 나서, 악취제거에 고가장비가 필요합니다. 용제회수도 문제가 될 수 있습니다.

간접 건조방식으로 위와 같은 모든 문제들을 피할 수 있으며, 송풍은 거의 필요하지 않습니다. 또한, 완전히 밀폐된 상태에서 가동되므로, 독성, 유독성 또는 인화물질을 안전하게 처리할 수 있습니다.

2. 드럼/벨트/패들 건조방식 개요

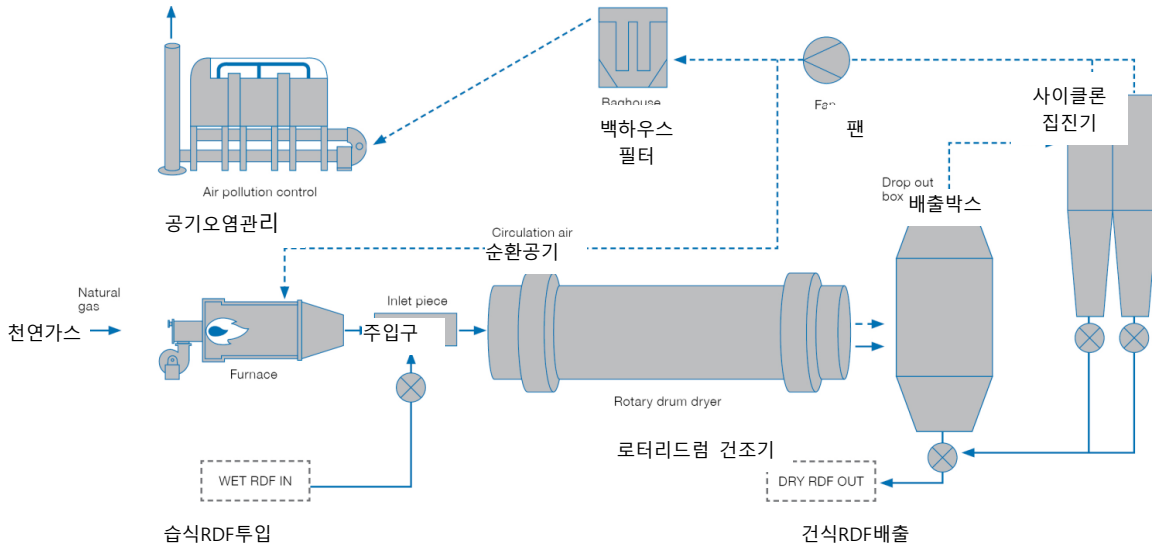
2.1 드럼건조방식

건조에 필요한 열을 주로 버너/보일러 병합장치로 천연가스를 연소시켜 얻습니다. 보일러 내부에서 공기와 천연가스를 순환시켜, 건조작업에 사용하기 위해 원하는 온도 (약 250°C)까지 가열시킵니다. 뜨거운 공기를 주입구를 통해 로터리드럼에 바로 집어넣습니다.

로터리밸브를 이용하여 주입구를 통해 습식 SRF를 투입시키고, 가열된 공기가 건조드럼 안쪽으로 습식 SRF를 이동시키게 됩니다. 회전드럼에는 같은 방향으로 흐르도록 설계된 여러 개의 건조 칸들이 부착되어 있어, 작업효율 향상을 위해 경질입자와 중질입자의 체류기간을 유연하게 조절할 수 있습니다. 상기 처리과정에서, 건조한 고형물 비율을 필요한 수준까지 서서히 올리게 되며, 여러 처리 매개변수들에 따라 비율이 달라집니다. 'ANDRITZ Vandenbroek' 건조방식을 이용하여, 처리과정 동안 투입물 온도를 일정하게 (대략 80°C-100°C) 유지시키게 됩니다.

배출박스나 사이클론 내부에서 드럼으로부터 배출되는 투입물로부터 가열된 공기를 제거합니다. 다음으로, 제거한 가열된 공기를 2곳으로 분기시켜 한쪽은 버너로 재순환시키고, 다른 쪽은 배기가스 처리장치 (예, 백필터 (Bag Filter) 및 RTO)로 보내서 관련 기준에 맞게 배출시킵니다.

그림 1: 드럼건조방식 개요



2.2 벨트건조방식

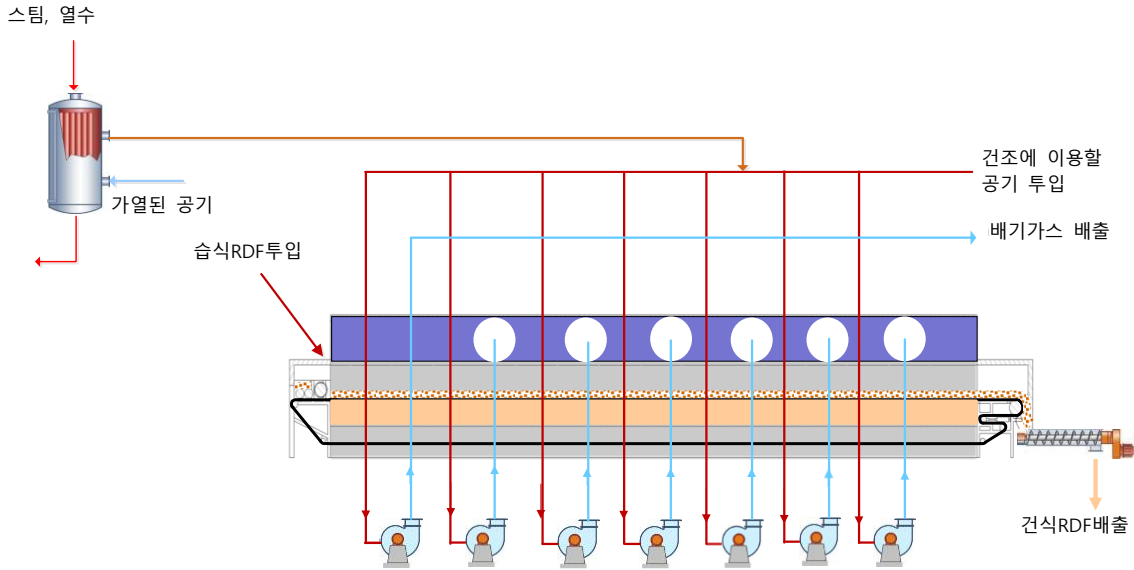
벨트건조기에 필요한 열을 저온의 열원 (200°C 이하)로부터 공급하고 핀-튜브 열교환기를 이용하여 건조공정으로 전달합니다.

벨트 위에 습식 재료를 고르게 뿌려주는 특수 설계된 투입장치를 통해 습식 SRF가 투입됩니다. 건조를 위해 뜨거운 공기를 방사형 팬으로 순환시켜 위에서 아래로 그리고 다시 위로 투입물 사이로 흐릅니다. 소량의 뜨거운 공기만이 대기로 배출되거나 배기처리과정을 거치게 됩니다.

열이 투입물로 전달되어, 수분이 증발하면서, 가열된 공기가 식게 됩니다. 차가워진 공기를 벨트 아래에 장착된 방사형 팬으로 빨아들입니다. 이 기류에 핀-튜브 열교환기에서 나온 뜨거운 공기를 집어넣고, 방사형 팬으로 잘 섞은 다음, 벨트건조기에 가열된 공기를 다시 공급합니다. 벨트건조기 내부에 미세한 음압을 유지시켜, 악취나 미세입자 누출을 방지합니다. 건조된 투입물을 적절한 운반장치를 이용하여 벨트건조기에서 배출시킵니다.

배기처리가 법적 의무사항은 아니지만 습식 RDF에 함유된 다량의 암모니아나 H₂S때문에 필요하다면 산성 스크러버 및 가성 스크러버를 건조공정에 추가시킬 수 있습니다.

그림 2: 벨트건조방식 개요



2.3 패들건조방식

패들건조방식에 관해서는 주요 부품들을 중심으로 설명하도록 하겠습니다.

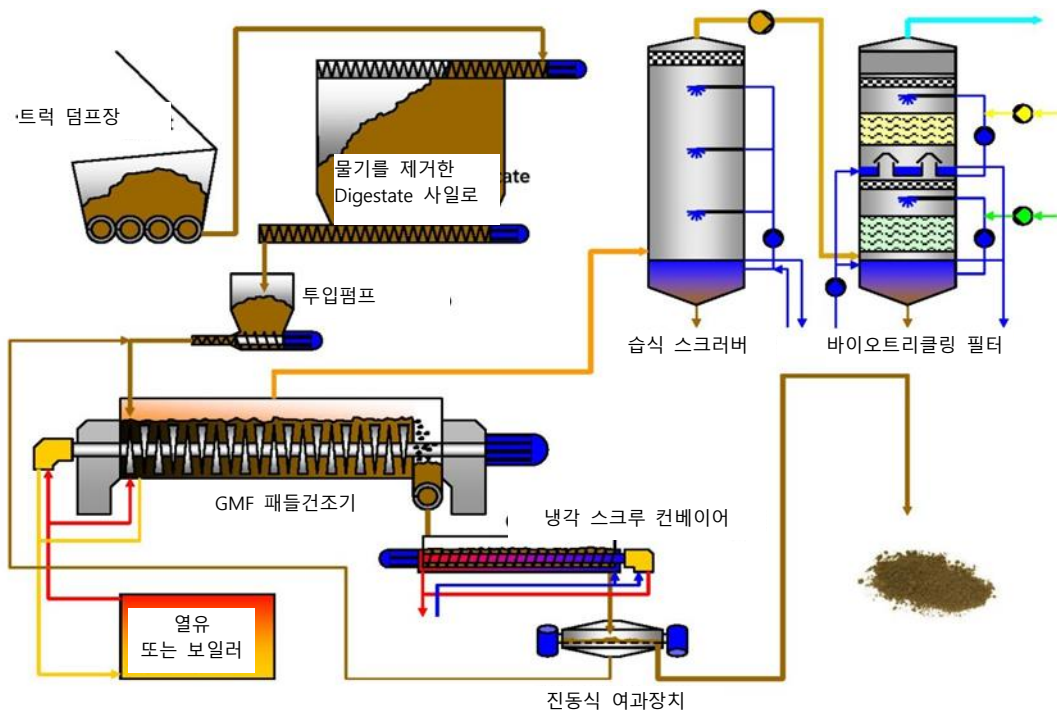
패들: ANDRITZ 패들건조기에서 패들은 이상적인 국부환경 형성과정에서 중요한 역할을 맡는다. 유동화 입자들을 교란시키면, 열전달이 이뤄지는 표면의 접촉시간이 길어지게 됩니다. 패들의 전면 및 측면을 경사지지 않게 설계하여, 열전달이 동일하게 이뤄지도록 하였으며, 패들형상을 매끄럽게 제작하였기 때문에 부서지기 쉬운 투입물이 손상되지 않습니다. 특수 설계된 패들의 자정효과로 인해, 자유유동성이 없는 투입물을 처리할 수 있습니다. 마모성이 높은 투입물에 대해 표면을 경화시킨 패들을 적용할 수 있습니다.

트로프 (Trough): 패들에 부착된 서로 반대방향로 회전하는 샤프트 2개가 수평으로 재킷이 부착된 트로프를 통과합니다. 열전달 매질 (증기, 열유 (Thermal oil), 또는 냉각수)가 재킷, 샤프트 및 패들 전체에 흐릅니다. 투입물이 주입되는 대로, 썩기 형상의 패들이 적절하게 국부적으로 혼합시키고, 기계적으로 유동화시킵니다. 샤프트들을 정밀하게 배열시켜 회전할 때, 패들들이 서로 엇갈려 지나가므로 이상적인 표면-투입물 접촉과 플러그 플로우 (Plug flow)가 이뤄지게 됩니다.

커버: 투입 및 배출장치 개조로 인해 완전진공이나 과도한 압력이 발생하는 경우, 패들건조기의 방진 커버를 변경할 수 있습니다. 커버에 히트 트레이싱을 설치하거나 중앙의 배기포트에 약간의 공기(또는 비활성기체)가 흐르도록 하여 처리과정에서 생성된 증기의 응축을 방지할 수 있습니다. 커버 어셈블리를 약간 경사지게 설치하여, 입자들이 웨어(Weir) 위로 배출되도록 중력만으로 트로프의 반대쪽까지 흐르도록 했습니다.



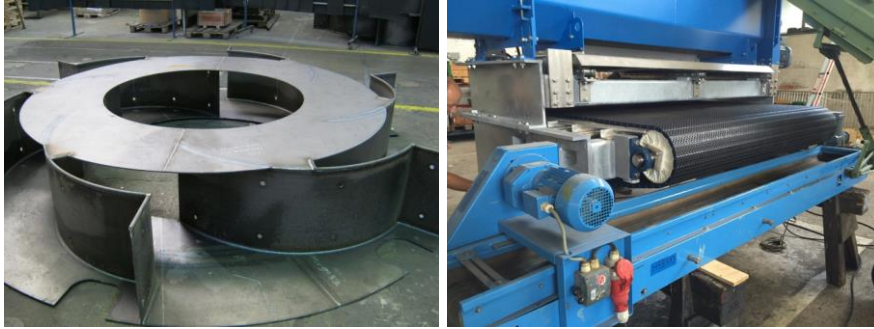
그림 3: 패들건조방식 개요



2.4 SRF 건조방식의 주요 난점들

SRF에는 플라스틱류, 폐지, 직물 및 고무는 물론 유리, 돌이나 금속조각 등 바람직하지 않은 여러 종류의 물질들이 포함되어 있습니다. 상기 혼합물은 입도 및 밀도가 서로 다르기 때문에 처리하기가 상당히 까다롭고, 날카로운 입자들로 인해 마손이 발생할 수 있습니다. 따라서, RDF 건조장치에 적합한 물질을 투입시키는 것이 가장 중요합니다. 다양한 SRF 및 MSW 물질들을 이용하여 광범위하게 실시한 예비시험을 바탕으로 ANDRITZ SEPARATION에서는 상기 문제점들을 해결하여 경질 및 중질 입자들을 문제없이 균일하게 건조시킬 수 있도록 드럼건조기 및 벨트건조기에 적합한 특수 설계된 투입장치들을 개발했습니다.

그림 4: 특수설계한 건조기 투입장치들



2.5 드럼건조기와 벨트건조기 비교

드럼건조기와 벨트건조기의 주요 특징들은 표1과 같습니다.

모두 대류건조방식이 사용되며 벨트건조기는 저온 열원을 이용하지만, 드럼건조기는 200°C 이상의 고온 열원이 필요합니다. 드럼건조기와 벨트건조기 모두 습식 투입물의 변동에 따라 쉽게 조정할 수 있어, 건조된 투입물의 수분함량을 균일하게 낮출 수 있습니다.

표 1: 드럼건조기와 벨트건조기의 주요 특징들

	전제조건	장점	단점
벨트건조기	효율을 높이려면, 저온 열원을 사용해야 함.	<ul style="list-style-type: none"> - 다양한 물질을 처리 가능함. - 화재위험이 낮음. - 배출가스를 낮출 수 있음. - 가동시작 및 정지방법이 간단함. - 폐열 이용 가능 	<ul style="list-style-type: none"> - 배기가스가 다량 발생하지만, 예상보다 분진배출량이 크면, 처리 가능함. - 건조에 사용되는 공기온도가 낮아, 열 및 전기 소모량이 10~15% 높음.
드럼건조기	중간온도 및 고온 열원이 필요함.	<ul style="list-style-type: none"> - 건조기 내 체류시간이 짧음. - 열효율이 높음 - 배기가스량이 적음. 	<ul style="list-style-type: none"> - 사용 가능한 열원이 제한적임. - PM 및 VOC 배출량이 많아, 배기처리가 필요함. - 적절한 안전대책이 필요함.

*PM: Particulate Matter (입자물질)

*VOC: Volatile Organic Compounds (휘발성 유기화합물)

3. 최근 SRF 건조장치 설치 실적

대한민국 목포시는 산업폐기물은 물론 MSW를 연간 1 백만 톤씩 처리할 수 있는 최신식 MSW처리시설을 2011 년에 설치했습니다. 상기 시설의 주요 목적은 폐기물을 적절하게 분리시켜, 판매용 및 산업용 보조연료로 사용하기 위해 펠릿형태로 RDF와 SRF를 생산하는 것입니다.

MSW 전처리시설의 하류에 ANDRITZ SEPARATION은 배기가스량을 낮추면서 최종 제품의 수분함유량을 10%까지 낮출 수 있는 드럼건조기를 설치하였습니다.

미리 건조시킨 투입물의 수분함유량은 20%에서 50%까지 변동이 심하기 때문에 특수 설계한 드럼 내부장치들을 이용하여 제품의 수분함유량을 균일하게 관리하고 있습니다.

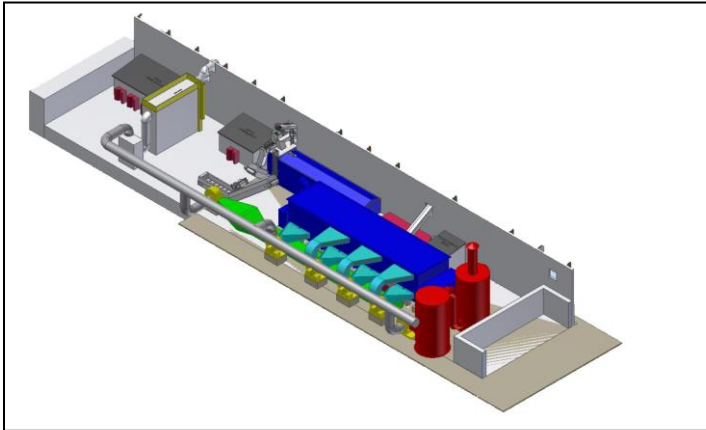
그림 5: 드럼건조시설 - 영국 Swindon



스코틀랜드 Levenseat에서는 가스화처리를 통해 MSW를 에너지로 변환시키는 폐기물재활용시설을 건설할 계획입니다. 유동화된 베드 가스화기술과 SRF를 최초로 병합시키는 사업으로 매립시킬 폐기물 140 만톤과 온실가스 배출량을 약 130 만톤 가량 줄일 수 있으며, 추가적으로 가정 18,000 호에서 필요한 양에 맞먹는 전기를 생산할 예정입니다.

가스화처리를 위해서는 ANDRITZ SEPARATION 벨트건조기로 처리할 물질의 수분함유량과 발열량을 일정하게 유지시켜야 합니다. 이러한 방식으로 연간 72,000 톤씩 습식 RDF를 변환시킬 예정입니다. 건조시켜야 하는 MSW에는 다량의 음식물쓰레기가 포함되므로 산성 스크러버와 가성 스크러버 병합장치를 이용하여 암모니아 및 H₂S의 배출기준을 준수하게 됩니다.

그림 6: 벨트건조기 -스코틀랜드 Levensat



상기 건조장치들은 모두 성공적으로 모든 목적을 달성했거나 달성할 것으로 보이며, Swindon에 설치할 드럼건조기는 이미 모든 요건을 충족시키고 있으며, Levensat 에 설치된 벨트건조기는 시험가동을 통해 성능이 입증되었다. 상기에서 설명한 사항들을 표2로 요약했습니다..

표 2: 설계 및 성능 매개변수들

설계 매개변수	단위	Swindon(DX)	Levensat(BDS)	목포(DX)
건조기 종류		DX 1200	BDS RD 100	DX-600
생성물		습식 RDF	유기 폐기물 비율이 높은 습식 RDF	습식 RDF
목적		SRF 수출을 위한 균질현탁액 건조	가스화 이전의 RDF 건조	SRF 수출을 위한 균질현탁액 건조
생성물 크기	mm	10-50	50-100	60
습식 용량	톤/시간	12-20	9-10	10
정격 용량 (수분 증발)	t _{수분증발} /시간	4.1	4.765	4
건조 시, 공기온도	°C	200-350	100	200-350
최소 수분함유량	% MC	20-50	60	20-50
수분 감소량	% MC	18-20	15-20	10

건조시설을 95% 이상 가동시키면, 수분함유량이 10~20% 이하인 RDF/SRF를 쉽게 얻을 수 있습니다. 이 정도의 수분을 함유한 SRD/RDF는 발열량이 높아서 몇몇 분야에서 화석연료를 대체할 수 있습니다.

4. 생물학적 처리를 통한 유기 잔류물의 건조

기계식 생물학적 처리시설은 퇴비화나 AD (Anaerobic Digestion, 혐기소화)같은 생물학적 처리를 위한 분류시설을 병합시킨 일종의 폐기물 처리시설입니다. MBT 시설은 혼합 폐기물 처리를 위해 설계되었습니다.

AD는 유기 폐기물 처리와 재생가능 에너지 (바이오가스) 생산을 위해 입증된 처리방법입니다. AD처리의 주된 목적은 효율적인 바이오가스 생산이지만, 생분해 가능 물질의 혐기소화처리를 통해 생성된 소위 Digestate라 부르는 고형/액체물질은 비료나 토질개선편제로 사용하기에 적합합니다.

독일의 Leonberg 발효시설에서는 그린 빈 (Green Bin)에서 나온 유기 폐기물을 수집 및 처리하고 있습니다. 최대로 가동시키면, 연간 대략 30,000톤의 발효 잔류물을 생산할 수 있습니다. 이러한 발효 잔류물은 주로 인근 농가들에서 퇴비로 사용됩니다. 퇴비의 수분함유량이 중요하며 이상적인 범위는 40-60% DS입니다. 수분이 많으면 공기가 제거되어, 미생물들이 죽는 혐기조건이 만들어집니다. 적당한 수분함유량을 조절하기 위해, Leonberg 발효시설에서 나온 발효 잔류물 중 절반을 ANDRITZ SEPARATION에서 납품한 열건조장치로 처리하고 있습니다. 벨트건조기로 건조도를 80-90% DS로 맞춰 연간 약 7,000톤씩 발효 잔류물의 부피를 줄이고 있습니다. 적절한 퇴비 제조를 위해 건조시킨 발효 잔류물을 나머지 절반의 발효 잔류물과 혼합시키게 됩니다.

그림 7: 벨트건조기로 Digestate를 건조시키는 모습



4. 결론 / 전망

현재의 폐기물처리 규제에 일환으로 효율적인 폐기물 관리를 실시하고 있으며, 폐기물 감소, 재활용 및 재사용을 주된 목표로 합니다. RDF나 유기잔류물을 건조시키는 방법으로 고품질 생활폐기물 (MSW)를 발열량이 높은 보조연료로 손쉽게 변환시킬 수 있습니다. 균일하게 건조시킨 제품으로 시멘트 소성로, 발전소 등 많은 분야에서 화석연료를 대체할 수 있습니다. 또한 건조처리를 통한 무게 및 부피 감소로 매립물을 대폭 줄일 수도 있습니다.

상기와 같은 이유들로, 효율적인 건조장치의 중요성이 향후 더욱 커질 것입니다.

참고문헌 (번호를 매기지 않은 목록) ANDRITZ SEPARATION (2015-2016)

주의사항: 여기서 설명한 드럼건조기와 벨트건조기는 ANDRITZ SEPARATION에서 제작한 장비들이다. 따라서, 별도의 참조문헌을 표시하지 않았다.