

# 고속건조시스템의 응축수 공정 개선에 관한 연구

한두희\*

\*청운대학교 건축공학과

e-mail:hanknu@hanmail.net

## A Study on Process of Condensed Water in the Speedy Drying System.

Doo Hee Han\*

\*Chungwoon University

### 요 약

본 논문에서는 유기성 폐기물을 처리하는 과정에서 발생하는 응축수의 제조 방법 및 성능들을 보고 하였다. 유기성 폐기물을 밀폐된 교반조에서 수증기에 의한 연속적인 가열을 통하여 고액을 분리하여 열교환기를 거쳐 액상으로 배출되는 것이 응축수 제조 공정이며, 다량의 유기물을 포함하기 때문에 액비, 탈취제 및 하수처리장에서 외부탄소원으로 활용 가능하다.

### 1. 서론

유기성폐기물을 재활용하기 위한 전처리과정에서 많은 양의 탈리액이 발생한다. 이러한 탈리액은 그동안 해양투기 등을 통하여 처리되었으나 2011년 이후부터는 해양투기가 금지되어 새로운 처리방법을 모색하여야 한다. 한편 음식물류폐기물과 같은 유기성 폐기물은 건조 및 발효과정을 거쳐 고형물은 주로 퇴비, 사료 등으로 재활용되었으나 수급 불균형으로 새로운 폐기물이 되는 경우가 많아졌다. 이의 대안으로 유기성폐기물에서 고형성분과 수분을 증발방식에 의하여 분리한 후 고형성분은 열원으로 재활용하고 남은 탄화물은 토목용 재료로 활용하는 방안이 일부 시행되고 있다.

이때 유기물 함량이 풍부한 응축수가 다량 생성되는데 이것은 하수처리장의 외부 탄소원, 탈취제 및 액비 등의 원료로 재활용이 가능하다. 본 논문에서는 효과적인 응축수의 제조공정과 이를 통하여 얻은 응축수의 성능들을 제시한다.

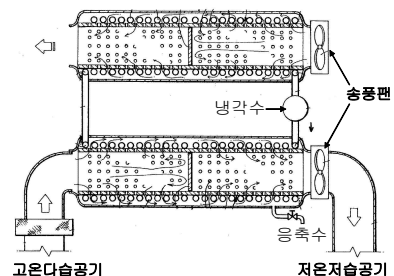
조처리실 내부로 공급하는 반복적인 순환과정을 거친다. 이때 냉각응축실 내부에서 고온다습한 공기를 응축시키는 과정은 냉각수를 열교환기로 통과시켜 고온다습한 공기의 온도를 급감시켜 대부분의 습기는 응결되고 저온저습한 공기는 다시 건조처리실로 들어간다.

이러한 열교환과정을 반복하여 응축수가 만들어진다. 이것을 강제 공냉방식으로 개량하면 냉각응축실 전후방에서 냉각응축실을 통과하는 공기와 열교환기를 경유하는 냉각매체 상호간의 온도차가 적정이상을 유지하도록 하기위하여 냉각매체를 냉각시키되 강제공기순환에 의한 냉각방식을 사용하면 냉각매체의 냉각과 냉각응축실을 통과하는 발효 건조처리실 공기의 냉각 응축효율을 향상시켜 사용되는 냉각매체의 양을 줄일 수 있다. 그림1은 고온다습한 공기를 냉각시켜 저온저습한 공기로 만드는 열교환장치의 개략도이다. 냉각수는 순환펌프에 의해 순환되며, 송풍팬은 공기를 강제 순환시켜 냉각효과를 증대시킨다.

### 2. 응축수 제조 공정

#### 2.1. 종래 기술의 문제점

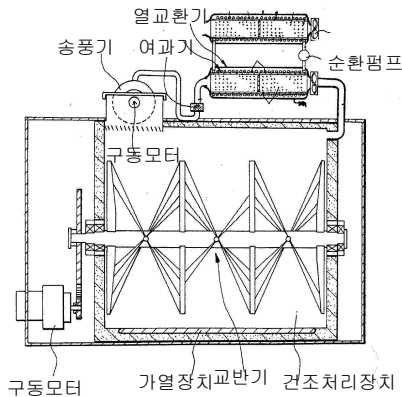
종래의 방식은 발효건조처리시 발생하는 고온다습한 공기를 급송팬을 통하여 냉각응축실로 보내 내부에 생성된 응축수는 외부로 배출하고 냉각응축과정을 거친 저온저습의 공기는 다시 급송팬을 거쳐 발효건



[그림 1] 열교환장치

## 2.2. 고속건조장치와의 결합공정

열교환기는 고속건조발효장치와 연결하여 사용하며 구조는 그림2와 같다. 본 장치는 회분식이며, 유기성폐기물이 들어가면 가열과 교반이 반복된다. 이 과정에서 발생하는 고온다습공기는 열교환기를 통과하게 되고 여기에서 수분은 응결되어 제거되고 남은 저온저습공기는 다시 고속발효건조장치로 들어가는 것을 반복한다. 내부 공기순환은 급송팬에 의하여 장제로 이루어지며, 응결된 응축수는 열교환기 외부로 방출된다. 열교환기의 작동원리는 냉각내체가 순환펌프에 의하여 열교환기의 유입구를 거쳐 내부에 공급되고 냉각응축 열교환기를 거쳐 배출구를 거쳐 외부로 배출되어 냉각응축실 내부의 온도를 저감시킨다. 이송관에는 차단벽을 설치하여 고온다습한 공기의 체류시간을 연장시켜 열교환기의 작동 효율을 높인다. 그림2는 회분식고속발효장치에 결합된 열교환기의 설계도이다.



[그림 2] 회분식 고속발효건조장치

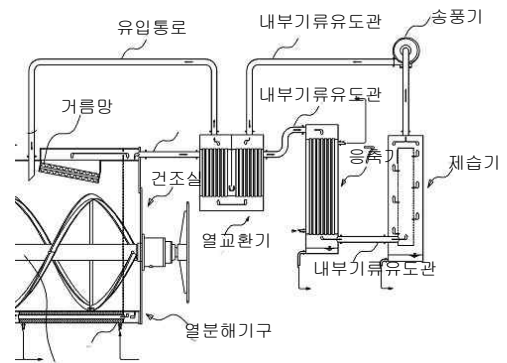
## 2.3. 고온다습한 공기의 약취제거

건조처리를 위한 내용물의 가열과정에서 생성되는 고온다습한 내부의 기류를 열분해시켜 약취를 포함한 오염물질을 제거한 상태로 크게 열팽창이 이루어진 상태에서 응축이 이루어지도록 하여 냉각응축효율을 향상시키고 응축수의 사전 정화처리가 가능하도록 하여 응축수의 배출로 인한 외부의 오염문제를 근본적으로 해소하고 최종적으로 남게 되는 건조처리물의 경우에도 약취물질이 제거된 형태로 얻어질 수 있다.

또한 직접적인 가열에 의하여 내부기류에 대한 열팽창을 보다 확산시켜 열전달 및 열응축 효율을 향상시키고 응축과정이 이루어진 다음에도 작은 공극을 인위적으로 통과하도록 하여 별도의 제습과정이 이루어지도록 하여 건조효율을 보다 향상시킬 수 있다. 고온으로 유동하게 되는 내부기류에 대한 폐열을 활용하여 저온저습 상태로 복귀하는 내부기류를

열교환기를 활용에 의한 예열목적으로 활용하여 열효율을 향상시키면서 사용되는 열에너지의 절감이 이루어질 수 있다.

건조실의 내부에 설치되는 교반익의 구조를 개선하여 내용물의 교반 혼합과 이송되는 효과를 향상시키면서 건조실의 내벽에 내용물이 엉겨붙지 않도록 하여 외부 가열원에 의하여 내용물에 전달이 이루어지게 되는 열전달 효율을 향상시켜 건조효과를 보다 향상시킬 수 있다.



[그림 3] 약취제거 포함 건조 공정

## 3. 고속건조장치와 응축수 제조의 결합 공정

### 3.1. 재료투입단계

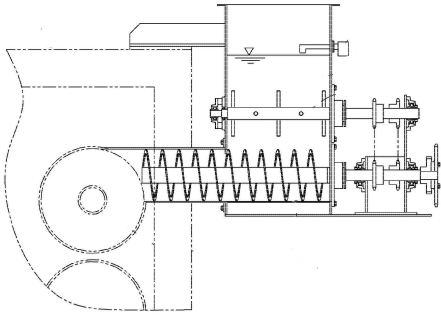
투입저장호퍼내에 각종 미처리된 폐기물로서 처리하고자 하는 재료를 투입하여 저장하는 단계이다.

### 3.2. 정량공급건조처리단계

재료투입저장단계에서 저장된 재료를 건조처리에 정량 공급하고 밀폐된 건조처리기의 내부에서 교반이송이 이루어지면서 2차가열원에 의하여 밀폐 가열건조가 이루어지는 단계이다. 정상적인 작동상태에서는 정량공급탄화처리단계에서 고온의 가열이 이루어진 후에 남게 되는 여열을 활용하여 상대적으로 낮은 온도에서 본 건조처리단계가 이루어지도록 행하게 된다.

### 3.3. 정량공급탄화처리단계

상기 정량공급건조처리단계에서 건조처리가 이루어진 재료를 탄화처리에 정량공급하고 밀폐된 탄화처리기의 내부에서 교반이송이 이루어지면서 1차가열원에 의하여 재료의 탄화처리가 이루어지는 처리 단계이다.



[그림 4] 정량공급장치

### 3.4. 정량배출단계

상기 정량공급탄화처리단계에서 탄화처리가 이루어진 재료를 이송기(40)에 의하여 정량배출기(4)로 급송시키고 이 정량급송기(4)로 급송된 탄화처리된 재료를 정량배출기(4)의 외부로 정량배출시키는 단계이다.

### 3.5. 응축수배출단계

상기 정량공급건조처리단계에서 밀폐된 건조처리기(2)의 재료로부터 발생하는 내부의 고온다습한 기류는 응축기 및 제습기를 경유하여 응축 및 제습과정을 거치면서 응축수와 고온저습한 기류를 생성시키고 그 중 응축수는 활성탄여과기에 의한 정화처리후에 외부로 배출시키는 단계이다.

### 3.6. 1차가열상태

응축수배출단계에서 생성된 고온저습한 기류는 연소기의 혼합기로 급송하여 제1가열원에 활용하고 상기 정량공급탄화처리단계에서 상기 탄화처리 및 정량배출기의 내부에서 생성되는 건류가스도 연소기의 혼합기로 급송하여 제1가열원에 활용하여 함께 연소가 이루어지면서 생성되는 열기에 의하여 상기 탄화처리기를 가열하는 가열단계이다.

### 3.7. 2차가열상태

<97> 본 2차가열단계는 상기 1차가열단계에서 사용하고 남게 되는 여열을 건조처리기(2)로 급송하여 건조처리기(2)를 가열하는 가열단계로서, 상기 1차가열단계에서 탄화처리기(3)의 내부에서 연소기(36)에 의하여 연소 가열이 이루어진 다음에 남는 여열을 건조처리기(2)의 본체(20) 내부로 급송하여 여러 교반이송유닛(24) 사이 가열공간을 경유하도록 하고 이러한 가열공간을 경유하는 과정에서 여러 교반이송유닛(24)를 가열하여 정량공급건조처리단계를 수행할 수 있도록 작동이 이루어지게 되는 단계이다.

### 3.8. 배기가스배출단계

2차가열단계의 건조처리기에서 정량공급건조처리과정을 수행하고 나서 남는 여열은 그대로 배출시키지 아니하고 이를 최대한 재활용하기 위하여 열교환기를 경유하도록 하되, 상기 건조처리기의 정량공급건조처리과정 중에 내부에서 생성되는 내부기류 중 응축기 및 제습기를 거치면서 응축수는 분리하여 별도로 정화시킨 다음에 배출처리하고 응축수가 제거된 내부기류를 연소시키는 데 활용하기 전에 연소효율을 높이기 위한 목적으로 예열시키기 위하여 열교환기를 경유하도록 하여 상기 열교환기 내부에서 내부기류를 상기 여열에 의하여 예열이 이루어지도록 사용한 후 활성탄흡착기에 의한 정화처리후에 외부로 배출시키는 단계이다.

## 4. 결론

그동안 하수슬러지나 음식물류폐기물의 처리후 탈리액은 해양투기에 의존하였다. 그러나 해양 오염이 심각해지면서 향후 해양투기는 전면 금지될 전망이다. 이 경우 탈리액을 완전처리하거나 획기적으로 감소시키는 장치가 필요할 것인데, 이상의 장치는 응축수가 나오므로 재활용가치를 높일 수 있다. 건조처리과정에서 생성되는 고온다습한 내부기류를 응축과 제습과정을 거치면서 생성되는 응축수는 정화후 외부로 배출하고 나머지 잔류기류는 연소공기로 활용하고 탄화처리과정에서 순도 높은 가연성 연소가스를 생성하여 이를 연소시켜 자체 연소열에 의하여 탄화처리 및 연소처리의 열원으로 활용할 수 있도록 하여 처리과정에서 오염원이 발생하는 것을 방지하며, 연료비용을 절감할 수 있다. 응축수는 탈취제, 액비 등의 원료로 사용할 수 있다.

## 감사의 글

이 논문은 2009년도 충남환경기술개발센터의 지원에 의하여 이루어졌습니다.

## 참고문헌

- [1] 농림부 보도자료, “비료관리법 개정안(2003. 3. 19) (2003)
- [2] 김두환, “음식물류 폐기물 관리정책 방향”, 음식물쓰레기 분리수거 자원화 현황 및 개선방향 세미나 자료집, 한국폐기물학회, 2005.