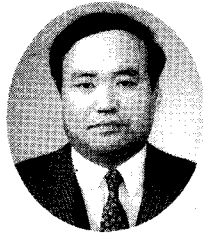


슬릿지처리 및 처분

〈3〉



奇文奉

〈환경관리공단 기술부, 환경(수질)기술사〉

3. 슬릿지 처리

3.1. 탈수

1) 개요

일반적으로 오·폐수처리시설에서 배출되는 슬릿지는 구성된 입자(SS)의 입도 분포가 미세하여 함수율이 비교적 높아서 농축이나 탈수하기에 곤란한 슬릿지가 많다.

각각의 슬릿지 특성에 적합한 처리장치의 선택, 설계에 따른 처리, 처분공정을 결정하는데는 대단히 판단하기가 어려울 때가 있어서 현재 까지도 연구 과제중의 하나이다. 따라서 슬릿지의 탈수처리 기술에 있어서 고려하여야 할 인자가 많은데, ① 그 나라의 사정에 따라, 예를 들어 산업구조 특히 노동력, 화학약품비 ② 자원, 에너지수급관계 또는 원료비나 동력비 ③ 국토의 크기, 특히 환경용량 등에 따라, 선택이나 평가의 척도가 된다.

이러한 처리 기술의 선택은 그 나라의 사정이 바뀔에 따라 즉 경제적 변동 등에 의해 처리공법의 변화가 올 수도 있다.

예를들면, 국토가 좁은 우리나라의 경우는 광대한 땅을 갖고 있는 미국이나 소련의 경우와는

다를 것이며, 영국 등 구라파 각국들은 옛날에 적용한 자연 탈수법에서 근대적인 기계적 탈수법으로 전환하고 있다. 탈수는 물리적(기계적) 단위 조작의 하나로 슬릿지중의 수분 함유량을 줄이는데 쓰이는 것으로 탈수를 하는 이유는 다음과 같다.

① 탈수하여 슬릿지부피를 줄이면 최종처분 장소까지 운반하는 비용이 아주 절감된다.

② 농축 또는 액체 슬릿지에 비하여 탈수 슬릿지가 일반적으로 취급이 쉽다. 대개의 경우 탈수 슬릿지는 삽질하거나 bucket와 blade를 설치한 트랙터로 옮길 수 있고, 벨트 컨베이어로 운반할 수 있다.

③ 슬릿지를 소각하려면 탈수하여 과잉의 수분을 제거하여 발열량을 증가시켜야 한다.

④ 매립하고자 할 때에는 매립지에서 침출액의 생성을 줄이기 위하여 미리 탈수하여야 한다.

탈수기기에서는 수분을 제거하기 위하여 여러 가지 기술을 이용하는데, 표 7에서와 같이 여러 가지 탈수방법을 채택하기 위하여 물리적인 방법으로 자연증발을 이용하거나 기계적인 것으로 진공여과기, 원심분리기, 가압탈수기 등이 이용된다.

탈수기기는 탈수하고자 하는 슬릿지의 형태와 이용할 수 있는 공간에 따라 선정하는데 소규모 플랜트로서 토지 이용이 문제가 되지 않는 경우에는 건조상이나 라군이 가장 자주 이용된다.

[표 7] 슬릿지의 탈수기술과 장치

| 탈수 기술 | 방식 | 원리 | 장치구조 | 적용분야 |
|-------|--------------|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------|
| 자연탈수 | 라군식 | 태양열이나 바람 등에 의한 자연 증발 탈수 | 깊이에 따라 구분 | 상수슬릿지, 하수슬릿지 등 |
| | 사여과상 | 사여과상에 의한 여과와 태양열이나 바람에 의한 자연증발 탈수 | 20-30cm 정도의 사여과상, 20cm 정도의 자갈층으로 구성 | 상·하수 슬릿지, 공장폐수슬릿지 등 |
| 탈수체 | 응집방식 | 응집제 첨가하여 플록형성시켜 체에 걸름 | 제조회사에 따라 다소 다름 | 공장폐수슬릿지 |
| 진공여과 | 회분혹은 연속여과 방식 | 진공펌프에 의해 회전체에 진공압을 걸어 탈수여과 | 진공원동형, 진공원관형, 진공수평형, 진공벨트형 | 비교적 대량의 슬릿지를 연속 탈수할시 |
| 가압여과 | 회분혹은 연속여과 방식 | 펌프 또는 압축기를 이용하여 여과압을 주어 탈수여과 | 여과관내에 슬릿지를 가압시켜 탈수 | 슬릿지 탈수에 광범위하게 쓰임 |

2) 탈수에 관련된 입자

(1) 탈수시험법

슬릿지의 탈수성을 조사하기 위한 시험법에는 진공여과는 Leaf test(그림 6)와 압력여과에서는 압력여과 시험이 있다.

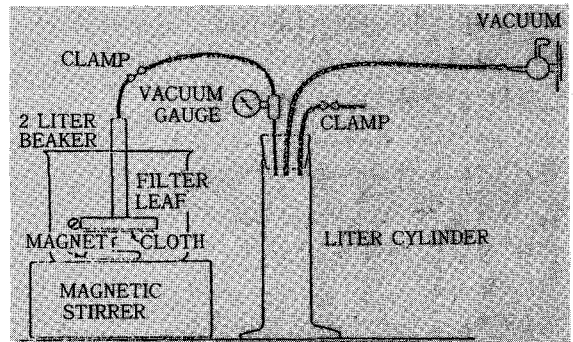
이 시험법은 각각의 실제 운전상황을 가정한 것으로 Cake의 생성속도와 최종함수율에 미치는 각종 조건의 영향을 조사하므로써 최적 조작 조건을 얻기 위한 것으로 이 조작은 비교적 다량의 공시체 슬릿지를 필요로 하며, 탈수의 영향인자를 시행착오적으로 조사하지 않는 난점이 있다.

관련 약품조정이나 열처리 등의 전처리법이 진공여과의 여과성에 미치는 영향을 조사하는 시험법으로 Buchner 깔때기시험법(그림 7)과 CST (Capillary Suction Time)법이 있다.

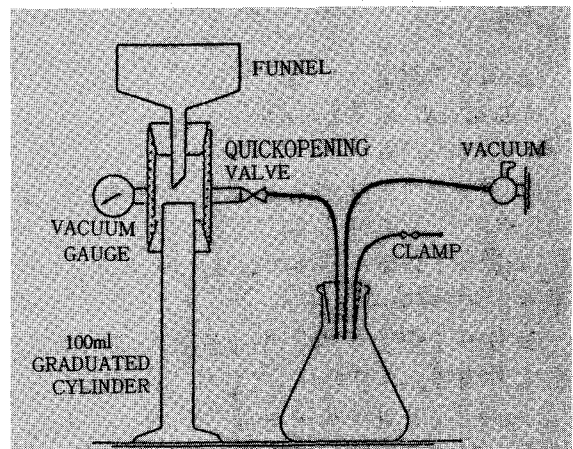
환경관리인. 1992.2

Buchner 깔때기시험법에 의하여 얻는 비저항을 지표로 하여 전처리법의 좋고 나쁨을 판정할 수 있다.

이 경우 비저항은 슬릿지 농도, 압력조건 및 여재저항에 영향을 받으므로 동일한 조건으로 시험하여야 한다.



〈그림 6〉 Leaf Test 장치



〈그림 7〉 Buchner 깔때기시험장치

(2) 탈수성과 여과성에 대한 영향인자 (가) 개요

슬릿지의 탈수성, 여과성은 유입 폐수중의 고형물의 원성질과 각처리 공정에 따라 즉 물리적, 화학적, 생물학적처리에 따라 결과가 다르다. 이때 고형물의 원성질 보다도 처리공정의 작용이 훨씬 더 영향을 미치게 되어 약품슬릿지, 잉여슬

러지, 소화슬러지가 각각 다른 탈수성, 여과성을 나타낸다.

따라서 대부분의 경우에 슬러지 그 상태로 기계탈수는 거의 불가능한 상태이므로 각종 전처리 조작이 필요하게 되는데 전처리 조작은 폐수처리 공정에서의 슬러지를 탈수성과 여과성을 향상시키는 것으로 그 탈수성의 지표로서는 Cake 생성 속도, 최종함수율과 여과성의 지표로서는 비저항이 있다.

(나) 슬러지 자체의 성질

이상에서와 같이 슬러지의 탈수성, 여과성에 영향을 주는 인자는 슬러지 자체의 성질, 전처리법, 운전조작 조건의 3가지로 크게 나눌 수가 있는데 상세한 내용을 보면,

○ 물리적 성질

슬러지 입자크기와 그 분포, 슬러지 입자의 형상과 단단하기, 슬러지액의 고형물 농도

○ 물리화학적 성질

슬러지입자의 정전하, 슬러지액의 이온강도 pH

○ 화학적성질

슬러지액과 고형물의 화학조성

(다) 전처리법

○ 생물학적처리 공정의 경우 자연 침강과 잉여슬러지의 혼합비

○ 농축 : 슬러지의 초기농도, 농축시간, 표면부하율, 고형물 부하율

○ 수세 : 슬러지액과 수세용수의 알카리도, 수세 수량비, 혼합방식, 혼합시간과 혼합강도

○ 응집 : 응집제의 종류와 량, 첨가순서, 교반시간과 교반강도, pH조정, 응집후 방치시간

○ 여과조제의 첨가 : 종류와 양

○ 열처리 : 처리온도, 처리시간

(라) 운전조작 조건

○ 여재 : 강도, 공격의 크기와 밀도

○ 압력

○ 여과시간

(3) 응집제의 영향

(가) 탈수의 메카니즘

○ 진공탈수와 가압탈수

슬러지를 여과하는 여포위에 고형물의층(Cake)이 부착하여 여포와 같이 작용하여 Cake 두께를 올리게 되고, 여액은 슬러지의 모세관 사이를 연속적으로 빠져서 분리되게 된다.

슬러지를 비압축성으로 보아서 Carman-ruth는 다음식에 의해 여액량과 여과시간의 관계를 도출하였다.

$$\frac{t}{Q_f} = \frac{\mu \cdot d \cdot w}{2 P \cdot g} \cdot \frac{Q_f}{A} + \frac{\mu \alpha}{P \cdot g} \cdot \frac{1}{A}$$

Qf : 시간 t까지의 여액량(m³)

t : 여과시간(sec)

A : 여과면적(m²)

P : 여과압력(kg / m²)

μ : 여액입도(kg / m.sec)

d : Cake의 비저항(m / kg)

α : 여포 비저항 계수(m⁻¹)

g : 중력 가속도(9.8m / sec²)

W : 단위여액에 대하여 Cake의 건조증량(kg / m³)

이식에 의하면 Cake의 비저항(d) 또는 여포 저항 계수(α)를 적게하면 여액량이 많고 여과 효율이 증가한다.

○ 원심탈수

원심탈수는 슬러지를 고속 회전시켜 원심력에 의해 그 침강속도를 올려서 고형물을 분리한다.

슬러지중의 입자는 연속식 Decantor의 외벽으로 침강하여 그 속도가 Stockes 법칙에 따르게 되면 생성된 Cake 량의 일반식은 다음의 식에 의한다.

$$Q = \eta \cdot V_g \cdot \frac{\pi \cdot L \cdot W^2}{g} \cdot \frac{r_1 + r_2 \cdot r_1 - 2r_1^2}{3lu}$$

Q : 생성 Cake 량

Vg : 중력장에 있어서 입자의 침강속도

η : 분리 성능인자

L : Decantor의 길이

r1 : 액면반경

r2 : 벽면반경

W : 각 속도

원심탈수에 영향을 주는 슬러지의 성상은 진공 여과기의 경우와 거의 동일하여 일반적으로 급속히 분리하여 침전에 의한 농축된 슬러지 형태로 탈수가 된다.

(나) 탈수에 미치는 슬러지의 성질

탈수에 영향을 주는 슬러지의 성질은 앞서 언급한 것과 같이 ① 입자의 밀도, ② 입도의 분포, ③ 표면전하, ④ 수화의 정도, ⑤ 압축성 등의 요소가 있다.

입자의 밀도는 그 침강속도에 영향을 주며, 입도분포는 그 평균 입경이 감소하면 용적에 대한 표면적비가 지수 함수적으로 증가하고 그 표면적이 증가하면 수화력 탈수의 비저항이 크게 된다.

또 입도분포는 압축성에도 영향을 준다.

표8은 여러가지 슬러지의 비저항치를 나타낸 것이고 그림 8은 약품 처리에 의한 비저항치의 변화를 나타낸 것이다.

[표 8] 여러가지 슬러지의 비저항치

| 슬러지종류 | 비저항(sec ² /g) |
|----------|--------------------------|
| 생슬러지 | 10-30×10 ⁹ |
| 생슬러지 응집 | 3-10×10 ⁷ |
| 소화슬러지 | 3-10×10 ⁸ |
| 소화슬러지 응집 | 2-20×10 ⁷ |
| 활성슬러지 | 4-12×10 ⁹ |

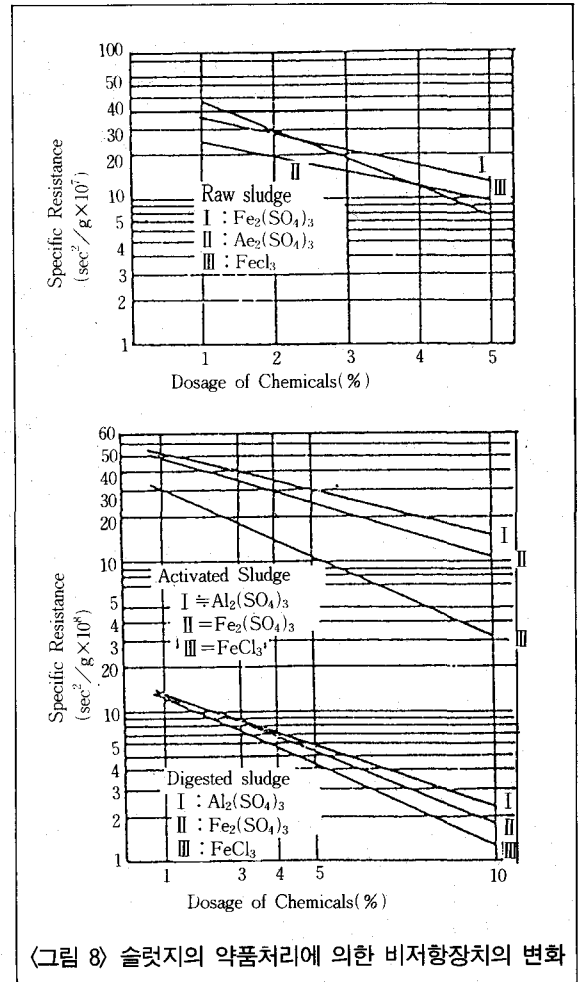
(다) 약품응집의 메카니즘

Colloid 입자의 약품응집에 대해서는 Colloid 화학이나 상수도 및 폐수처리에서 많이 활용되어 온 것으로 슬러지의 약품응집에 관하여서는 수처리에서와 같이 ① 입자 표면전하의 중화, ② floc의 성장과 가교작용 등에 의한 것이다.

○ 입자 표면전하의 중화

슬러지중의 미립자는 일반적으로 ⊖전기를 띄고 있기 때문에 입자간에 정전기적 반발력이 생겨서 서로 엉기는 것을 방해하고 있고, 물중의 Colloid 입자의 전기적 성질은 일반적으로 전기 2 중층의 모델에 의해 설명되어지고 있다.

이것은 표면에 띄고 있는 전기의 반대부호의 이온을 끌어당기고, 같은 부호의 이온에는 반발



(그림 8) 슬러지의 약품처리에 의한 비저항장치의 변화

하게 되므로 표면전기 가까운곳에는 반대부호의 이온농도가 높게되고 같은 부호이온 농도가 낮게 된다.

따라서 약품에 의해 Colloid 입자에 반대전하를 갖는 이온전하를 주입하게 되면 응집이 이루어지게 된다.

○ floc 성장 가교작용

한번 형성된 floc은 다른 floc과 응집하여 큰 입자로 성장하게 되고 또한 고분자 응집제에는 floc과 floc간에 가교 작용을 하여 탈수가 용이한 큰 입자로 성장하게 된다. (다음호에 계속)