

KDS 61 55 00 : 2017

찌꺼기(슬러지)처리시설 설계기준

2017년 월 일 제정

KDS 61 55 00 찌꺼기(슬러지)처리시설 설계기준

1. 총설

1.1 찌꺼기(슬러지)처리시설의 용량

찌꺼기(슬러지)처리시설 용량은 계획발생찌꺼기(슬러지)량을 기초로 하여 각 찌꺼기(슬러지)처리시설로부터 반송되어 순환하는 고형물량을 고려한 시설계획찌꺼기(슬러지)량 및 운전방법을 감안하여 산정한다.

계획발생찌꺼기(슬러지)량(고형물량 t/d) =

계획1일최대오수량(m³/d) × 계획유입 SS농도(mg/l) × 1/108 × 수처리시설에서의 종합 SS제거율(%) × 제거 SS량 당 찌꺼기(슬러지)발생률

1.2 찌꺼기(슬러지) 처리 및 처분방법

찌꺼기(슬러지) 농축, 개량, 소화, 탈수등의 처리 및 매립, 퇴비화, 고형연료등의 처분 방법은 찌꺼기(슬러지)의 특성, 처리효율, 처리시설의 규모, 최종처분방법, 입지조건, 건설비, 유지관리비, 관리의 난이도, 재활용 및 에너지화 그리고 환경오염대책 등을 종합적으로 검토한 후 지역특성에 적합한 처리법을 평가하여 결정하며 찌꺼기(슬러지)광역처리도 고려하여야 한다.

1.3 반류수 처리

찌꺼기(슬러지)처리의 각 처리공정에서 발생하는 농축분리액 소화탈리액 탈수여액 등 반류수는 일반적으로 수처리시설로 보내어 처리하든지 필요에 따라 반류수 단독처리를 하는 경우 유입 원수 수질까지 처리한 후 2차 처리시설로 반송시키는 방법과 직접방류가 가능한 정도까지 처리하는 방법이 있으나 처리비용 등의 경제성과 처리수질의 안정성 등에 대하여 종합적인 판단을 하여 결정할 필요가 있다

반류수에 대하여 주의해야 할 수질항목은 다음과 같다

농축 : SS, 질소 인

혐기성소화 : 질소, 인, COD

탈수 : 탈수까지의 처리공정에 따라 달라지나 소화공정이 있는 경우에는 질소, 인

소각, 용융 : 중금속(저비등점의 것), 다이옥신류, 시안

2. 찌꺼기(슬러지)의 수송 및 저류

2.1 찌꺼기(슬러지)의 전처리

찌꺼기(슬러지)의 농축, 소화, 탈수 등 처리공정 전에 찌꺼기(슬러지)의 전처리를 통하여 헝겍물 및 그리트에 의한 문제가 발생하지 않도록 다음사항을 고려하여야 한다.

- (1) 외부찌꺼기(슬러지)를 반입할 경우 반입설비를 설치하여야 한다.
- (2) 1차찌꺼기(슬러지)에 포함된 헝잡물 및 그리트를 제거한다.
- (3) 1차찌꺼기(슬러지)에 유기성분이 많이 포함될 경우 분리시설을 설치할 수 있다.
- (4) 필요에 따라 찌꺼기(슬러지) 분쇄시설을 설치할 수 있다.
- (5) 헝잡물 및 그리트는 적절하게 최종처분 되어야 한다.

2.2 찌꺼기(슬러지)의 수송관

찌꺼기(슬러지) 수송관 설계시에는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 관은 스테인레스, 주철관, 플라스틱관 등 견고하고 내식성 및 내구성 있는 것을 사용한다.
- (2) 관내유속은 1.0-1.5 m/s를 표준으로 하고, 관경은 관경폐쇄를 피하기 위하여 150 mm 이상으로 한다.
- (3) 필요에 따라서는 세척장치를 설치한다.
- (4) 배관은 다음과 같이 한다.
 - ① 동수경사선 이하로 배관한다.
 - ② 가능하면 직선으로 하고, 급격한 굴곡은 피한다.
 - ③ 곡관 및 T자관 등은 콘크리트 블록 등을 설치하여 이탈을 방지한다.
- (5) 필요에 따라 오목한 부분에 이토밸브 및 배수관을 설치하고 공기밸브의 전후 배수관 및 교량 시공장소의 전후 등에는 제수밸브를 설치하여 찌꺼기(슬러지)의 흐름을 중단시킬 수 있도록 준비한다. 관로의 길이가 긴 경우에도 중간에 일정한 간격을 두고 공기밸브와 배수관 설치 등의 안전설비를 한다.

2.3 찌꺼기(슬러지) 펌프

찌꺼기(슬러지) 펌프는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 찌꺼기(슬러지)펌프는 찌꺼기(슬러지)의 종류와 특성에 따라 선정한다.
- (2) 찌꺼기(슬러지) 내의 그리트에 의한 마모 및 부식에 강한 재질을 사용하여야 한다.
- (3) 막힘이 없고, 청소 등의 목적을 위하여 분해 및 조립이 용이하여야 한다.
- (4) 설치대수는 예비를 포함하여 2대 이상으로 한다.
- (5) 위치는 수면 이하이거나 양압력식(positive head)으로 한다.
- (6) 찌꺼기(슬러지)펌프를 제어할 수 있도록 관련설비를 갖추어야 한다.

2.4 찌꺼기(슬러지) 저류조 및 펌프실

찌꺼기(슬러지) 저류조 및 펌프실은 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 철근콘크리트나 철골콘크리트로 축조하되 방수, 방식을 고려하여야 한다.
- (2) 찌꺼기(슬러지) 저류조의 용량은 그 기능을 고려하여 정한다.
- (3) 찌꺼기(슬러지)저류조는 2조 이상을 원칙으로 하고 교반장치를 설치한다.
- (4) 찌꺼기(슬러지)펌프실은 기계의 배치와 반출입이 가능하도록 충분한 공간을 확보하여야 한다.

- (5) 찌꺼기(슬러지)펌프실은 조명시설을 갖추도록 하고 전기설비의 설치 위치를 고려하여 설치 위치를 정한다.
- (6) 악취를 고려하여 환기시설 및 탈취설비를 설계하여야 하며, 역세설비 및 배수설비의 설치를 고려하여야 한다.

3. 찌꺼기(슬러지)의 농축

3.1 중력식 농축조

3.1.1 형상과 수

중력식 농축조의 형상과 수는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 형상은 원칙적으로 원형으로 한다.
- (2) 찌꺼기(슬러지) 제거기(sludge scraper)를 설치할 경우 탱크바닥의 기울기는 5/100 이상이 좋다.
- (3) 찌꺼기(슬러지) 제거기를 설치하지 않을 경우 탱크바닥의 중앙에 호퍼를 설치하되 호퍼측벽의 기울기는 수평에 대하여 60° 이상으로 한다.
- (4) 농축조의 수는 원칙적으로 2조 이상으로 한다.

3.1.2 용량

찌꺼기(슬러지)농축조의 용량은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 농축조의 용량은 계획찌꺼기(슬러지)량의 18시간 분량 이하로 하고, 유효수심은 4 m 정도로 한다.
- (2) 농축조의 고형물부하는 $25\sim70 \text{ kg/m}^2\cdot\text{d}$ 을 표준으로 하나, 대상 찌꺼기(슬러지)의 특성에 따라 변경될 수 있다.

3.1.3 구조

중력식 농축조의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 구조는 원칙적으로 철근콘크리트 구조물로 하고 내식성을 고려한다.
- (2) 찌꺼기(슬러지) 유입관, 찌꺼기(슬러지) 배출관, 상징수 유출관 그리고 월류위어를 설치하여야 한다.

3.1.4 부대장치

중력식 농축조의 부대장치는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 피켓(pickets)을 설치하는 것이 좋다.
- (2) 찌꺼기(슬러지) 제거기를 설치하는 경우 침강한 찌꺼기(슬러지)가 재부상하여 혼탁해지지 않을 정도의 속도로 운전한다.
- (3) 찌꺼기(슬러지) 배출은 펌프로 하는 것을 원칙으로 한다.
- (4) 찌꺼기(슬러지) 배출관은 최소관경 150 mm 이상으로 한다.
- (5) 찌꺼기(슬러지) 배출관에는 관이 폐쇄될 경우를 대비해서 적당한 곳에 청소구를 설치한다.

- (6) 수면에 스크제거장치를 설치한다. 또한, 월류위어의 청소가 가능하도록 고려한다.
- (7) 필요한 경우에 복개하고 환기 및 탈취설비를 한다.
- (8) 조내의 찌꺼기(슬러지) 경계면과 찌꺼기(슬러지)농도가 파악되도록 하는 것이 좋다.

3.2 부상식 농축조

3.2.1 가압부상농축

(1) 용량과 형상

부상식 농축조의 용량과 형상은 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- ① 형상은 원형이나 사각형으로 한다.
- ② 고형물부하는 $100 \sim 120 \text{ kg} \cdot \text{ds/m}^2 \cdot \text{d}$ 정도로 한다.
- ③ 깊이는 $4.0 \sim 5.0 \text{ m}$ 를 표준으로 한다.
- ④ 농축조의 수는 원칙적으로 2조 이상으로 한다.

(2) 구조

부상식 농축조의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- ① 농축조는 수밀성의 철근콘크리트 구조물로 만드는 것이 좋다.
- ② 농축조에는 부상찌꺼기(슬러지) 제거기와 침전찌꺼기(슬러지) 제거기를 모두 설치한다.
- ③ 농축조의 수위조절을 위하여 월류위어 등의 설비를 갖추어야 한다.

(3) 가압펌프

가압펌프는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- ① 가압펌프의 형식은 공기의 주입위치에 따라 선정한다.
- ② 가압펌프의 토출압력은 $2 \sim 5 \text{ kg/cm}^2$ 의 범위가 되도록 선정한다.
- ③ 가압펌프의 양수량은 다음에 의해 정한다.

가. 전랑가압방식인 경우는 유입찌꺼기(슬러지)량으로 한다.

나. 부분가압방식의 경우는 필요한 공기/고형물 비가 얻어지도록 찌꺼기(슬러지)의 농도 및 가압력 등을 고려해서 정한다.

다. 순환수가압방식의 경우는 유입찌꺼기(슬러지)량으로 한다. 가압펌프는 ②에 따라 정한다.

(4) 공기포화조

공기포화조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- ① 조는 내압용기구조에 관한 규격에 따라 압력과 부식에 견딜 수 있는 재료로 만들어야 한다. 일반적으로 강철판의 원통형으로 만들고 조내의 물이 완전히 비는 것을 방지하기 위하여 저수판을 설치하는 것이 좋다.
- ② 조의 용량은 가압수의 체류시간이 2분 정도 되도록 결정한다.
- ③ 조에는 포화수 확산장치, 자동배기밸브, 압력계를 볼 수 있는 창, 안전밸브, 가압수 유입구와 유출구, 밸브가 부착된 배수구, 그리고 내부점검용의 맨홀 등을 설치한다.

(5) 부대장치

부상식 농축조의 부대장치는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- ① 유입찌꺼기(슬러지) 저류조

- ② 부상찌꺼기(슬러지) 탈기조
- ③ 찌꺼기(슬러지) 펌프
- ④ 순환수펌프(순환수가압법의 경우)
- ⑤ 필요한 경우에 복개시설을 설치하고 환기 및 탈취설비를 한다.

3.2.2 상압부상농축

(1) 용량과 형상

부상조의 용량과 형상은 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- ① 형상은 원형을 표준으로 한다.
- ② 고형물부하는 $25 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 정도로 한다.
- ③ 유효수심은 4.0 m 정도로 한다.
- ④ 농축조의 수는 원칙적으로 2조 이상으로 한다.

(2) 구조

부상조의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- ① 내구성, 내식성을 고려한 강판제를 표준으로 한다.
- ② 수면조절을 위하여 월류위어 등의 설비를 갖추어야 한다.

(3) 기포(起泡)공급·혼합장치

기포공급·혼합장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- ① 기포장치를 설치한다.
- ② 기포용수펌프를 설치한다.
- ③ 공기압축기를 설치한다.
- ④ 혼합장치를 설치한다.

(4) 약품공급장치

약품공급장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- ① 기포조제주입펌프를 설치한다.
- ② 기포조제회석조를 설치한다.
- ③ 응집제용해조를 설치한다.
- ④ 응집제공급기를 설치한다.
- ⑤ 응집제주입펌프를 설치한다.

(5) 부대장치

부대장치는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- ① 투입찌꺼기(슬러지) 저류조를 설치한다.
- ② 부상찌꺼기(슬러지) 탈기조를 설치한다.
- ③ 농축찌꺼기(슬러지) 저류조를 설치한다.
- ④ 찌꺼기(슬러지) 호퍼를 설치한다.
- ⑤ 필요한 경우에 복개시설을 설치하고 환기 및 탈취설비를 한다.

3.3 원심농축기

3.3.3 용량 및 효율

찌꺼기(슬러지)의 농축을 위하여 원심농축기를 선택할 때에는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 용량은 찌꺼기(슬러지)의 성상, 고형물의 농도 및 운전시간을 고려하여 결정한다.
- (2) 대수는 다음 식(1.3.6)을 이용하여 구할 수 있다.

$$N = \frac{Q}{q \cdot t} \dots\dots\dots (1.3.6)$$

여기에서, N : 대수(대)

Q : 유입찌꺼기(슬러지)량(m³/day)

q : 1대당 처리 용량(m³/대·h)

t : 일 운전시간비(h/day)

- (3) 원칙적으로 예비없이 2기 이상 설치한다.
- (4) 농축찌꺼기(슬러지)의 함수율은 96% 정도이며, 고형물회수율은 90~95% 정도를 목표로 한다.
- (5) 재질은 내구성이 있는 것을 사용한다.
- (6) 농축효율 및 고형물회수율을 높이기 위해 약품주입설비를 설치할 수 있다.

3.3.2 찌꺼기(슬러지) 펌프

찌꺼기(슬러지) 공급펌프는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 원칙적으로 용적형 펌프를 설치한다.
- (2) 예비를 포함하여 2대 이상 설치한다.
- (3) 배관은 개별배관을 원칙으로 한다.

3.3.3 부대장치

부대장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 필요에 따라 미리 찌꺼기(슬러지)에 포함된 모래나 협잡물을 사전에 제거하도록 한다.
- (2) 악취 및 소음에 대한 방지 대책을 강구하며 진동에 대해서도 대비한다.
- (3) 유입찌꺼기(슬러지)의 농도변화에 대비한 약품주입설비를 설치할 수 있다.

3.4 중력식 벨트농축기

3.4.1 용량 및 효율

찌꺼기(슬러지)의 농축을 위하여 중력식벨트농축기를 선택할 때에는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 용량은 처리찌꺼기(슬러지)량으로 한다.
- (2) 원칙적으로 2기 이상 설치한다.
- (3) 농축찌꺼기(슬러지)의 함수율은 96% 정도이며, 고형물회수율은 85~95% 정도를 목표로 한다.
- (4) 재질은 내구성이 있는 것을 사용한다.

3.4.2 찌꺼기(슬러지) 유입펌프

찌꺼기(슬러지) 유입펌프는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 정량성 있는 것을 사용한다.
- (2) 벨트식 농축기 1대마다 설치한다.

3.4.3 부대장치

부대장치는 다음 사항을 고려한다.

- (1) 유입찌꺼기(슬러지)의 농도변화에 대비한 찌꺼기(슬러지) 유량 자동제어장치를 설치할 수 있다.
- (2) 자동화의 용이성을 위한 폴리머 용해장치를 설치할 수 있다.

3.5 디스크형 농축기

용량 및 효율은

- (1) 용량은 찌꺼기(슬러지)의 성상, 고형물의 농도 및 운전시간을 고려하여 결정한다.
- (2) 대수는 다음 식(1.3.6)을 이용하여 구할 수 있다.

$$N = \frac{Q}{q \cdot t} \dots\dots\dots (1.3.6)$$

여기에서

N : 대수(대)

Q : 유입찌꺼기(슬러지)량(m³/day)

q : 1대당 처리 용량(m³/대 · h)

t : 일 운전시간비(h/day)

- (3) 원칙적으로 예비없이 2기 이상 설치한다.
- (4) 농축찌꺼기(슬러지)의 함수율은 96% 정도이며, 고형물회수율은 90~95% 정도를 목표로 한다.
- (5) 재질은 내구성이 있는 것을 사용한다.
- (6) 농축효율 및 고형물회수율을 높이기 위해 약품주입설비를 설치 할 수 있다

4. 혐기성 소화

4.1 혐기성 소화의 원리

혐기성 소화는 하수찌꺼기(슬러지)를 감량화, 안정화하는 것으로 소화과정, 목적, 영향인자 및 운전시 주의사항은 다음과 같다.

- (1) 혐기성 소화는 혐기성균의 활동에 의해 찌꺼기(슬러지)가 분해되어 안정화되는 것이다.
- (2) 소화 목적은 찌꺼기(슬러지)의 안정화, 부피 및 무게의 감소, 병원균 사멸 등을 들 수 있다.
- (3) 공정 영향인자에는 체류시간, 온도, 영양염류, pH, 독성물질, 알칼리도 등이 있다.
- (4) 혐기성 소화공정을 적절하게 운전 및 관리하기 위해서는 유입찌꺼기(슬러지)의 상태 및 주입량, 소화조내의 찌꺼기(슬러지) 성상, 거품 등을 지속적으로 파악하여 이상사태가 발생하면 신

속하고 적절한 조치를 취할 수 있도록 하여야 한다.

4.2 설계시 고려사항

혐기성 소화조를 설계할 경우에는 다음 사항을 고려하여 조의 크기를 정한다.

- (1) 소화조에 유입되는 찌꺼기(슬러지)의 양과 특성
- (2) 고형물 체류시간 및 온도
- (3) 소화조의 운전방법
- (4) 소화조내에서의 찌꺼기(슬러지) 농축, 상징수의 형성 및 찌꺼기(슬러지) 저장을 위하여 요구되는 부피

4.3 소화방식

소화방식은 일단소화 또는 이단소화방식으로 한다.

4.4 시설계획

- (1) 소화조의 용량은 다음에 주어진 공식을 이용하여 계산할 수 있다.

- ① 1단소화조의 용량은 식(1.4.8)을 이용하여 계산한다.

$$V = \left[\frac{V_1 + V_2}{2} \right] \cdot T_1 + V_2 T_2 \dots\dots\dots (1.4.8)$$

여기에서, V : 소화조의 전체용량(m³)

V₁ : 소화조로 주입되는 찌꺼기(슬러지)의 유량(m³/d)

V₂ : 소화조에 축적되는 소화찌꺼기(슬러지)의 유량 (m³/d)

T₁ : 찌꺼기(슬러지) 소화기간 (일)

T₂ : 소화찌꺼기(슬러지) 저장기간 (일)

- ② 고율 이단소화조의 용량은 식(1.4.9)와 식(1.4.10)을 이용하여 계산한다.

$$V_I = V_1 \times T \dots\dots\dots (1.4.9)$$

$$V_{II} = \left[\frac{V_1 + V_2}{2} \right] \cdot T_1 + V_2 T_2 \quad (1.4.10)$$

여기서, V_I : 1단계 소화조의 용량(m³)

V_{II} : 2단계 소화조의 용량(m³)

V₁ : 소화조로 주입되는 찌꺼기(슬러지)의 유량(m³/d)

V₂ : 소화조에 축적되는 소화찌꺼기(슬러지)의 유량(m³/d)

T : 찌꺼기(슬러지) 소화기간(일)

T₁ : 소화찌꺼기(슬러지)의 농축기간(일)

T₂ : 소화찌꺼기(슬러지)의 저장기간(일)

- (2) 소화효율이란 유입찌꺼기(슬러지)중의 유기성분이 가스화 및 무기화하는 비율로서 소화일수, 소화온도, 유입찌꺼기(슬러지)의 유기성분함량 등에 따라 정해진다.

- (3) 소화찌꺼기(슬러지)량은 투입찌꺼기(슬러지)중의 유기성분, 소화율 및 찌꺼기(슬러지)의 함수율에 따라 정해진다.
- (4) 소화조의 수와 형상은 다음 사항을 고려하여 정한다.
- ① 형상은 원통형, 계란형 등으로 하고 내경과 측심(유효수심)의 비율은 조내의 교반효과를 고려해서 정한다.
 - ② 바닥은 가능한 한 기울기를 크게 하는 것이 좋다.
 - ③ 조의 수는 원칙적으로 2조 이상으로 하는 것이 좋다.
- (5) 소화조의 구조는 다음 사항을 고려하여 정한다.
- ① 소화조는 수밀성, 기밀성 그리고 내식성의 구조로 한다.
 - ② 소화조는 열손실을 방지할 수 있는 재료로 축조하거나 열손실을 줄이기 위한 방법을 강구한다.
 - ③ 혐기성 소화조에는 소화가스의 포집 및 저장, 보온 그리고 혐기성 상태의 유지 등의 목적을 위하여 지붕을 설치한다.
 - ④ 천정과 찌꺼기(슬러지)면간의 여유고는 충분히 둔다.
- (6) 소화조 가동에 설치되는 전기설비는 관련법규를 검토하여 필요시 방폭설비로 구성한다.

4.5 혼합장치

찌꺼기(슬러지) 소화조에는 다음에 열거된 방법의 혼합장치를 준비하여 조내의 온도분포를 균일하게 하고, 유입되는 찌꺼기(슬러지)를 조내에 골고루 분산시켜 전체적으로 균질한 상태로 만들어 주는 것이 좋다.

- (1) 소화가스에 의한 재순환
- (2) 기계식 방법에 의한 혼합
- (3) 펌프에 의한 찌꺼기(슬러지)의 재순환

4.6 찌꺼기(슬러지)의 유입 및 배출

찌꺼기(슬러지) 유입관 및 소화찌꺼기(슬러지) 배출관은 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 찌꺼기(슬러지) 유입관은 찌꺼기(슬러지)가 소화조내에 균일하게 혼합될 수 있는 위치에 설치한다.
- (2) 소화찌꺼기(슬러지) 배출관은 소화조 바닥 중심부근에 위치시킨다.
- (3) 찌꺼기(슬러지) 유입관 및 소화찌꺼기(슬러지) 배출관은 내경이 최소한 150mm 이상되도록 하고 Struviet($MgNH_4PO_4$) 및 Vivianite($Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$)에 대한 대비를 하여야 한다.
- (4) 찌꺼기(슬러지) 배출밸브 등은 정전시를 고려해야 한다.

4.7 상징수의 제거와 처리

소화조 상징수의 제거와 처리를 위해서는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 상징수 제거관은 소화조의 적당한 깊이에서 상징수를 제거할 수 있도록 3-4개소에 배치되어야 하며 또한 소화조에는 월류관을 설치한다.

(2) 소화조 상징수는 하수처리시설의 하수처리계통으로 반송하여 재처리시켜야 한다.

4.8 가온 및 보일러

소화조의 가온을 위한 설비는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 가온은 직접가온방식 또는 간접가온식으로 한다.
- (2) 가온에 필요한 열량은 유입찌꺼기(슬러지)의 가온에 필요한 열량에 소화조와 가온배관 등에서 외계로의 방사열 등을 고려한다.
- (3) 보일러의 구조는 관련법규에 기초를 둔 것으로 안전한 운전이 될 수 있게 해야 한다.
- (4) 보일러 및 증기배관 등은 단열재로 덮고, 증기관에는 증기트랩 및 진공방지 밸브를 설치한다.
- (5) 증기주입은 진동 및 소음을 방지를 고려하여 결정한다.
- (6) 증기보일러에는 급수처리장치를 설치한다.

4.9 소화가스의 포집 및 저장

찌꺼기(슬러지) 소화가스의 포집과 저장을 위한 시설은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 소화가스의 포집은 찌꺼기(슬러지)의 소화상태, 찌꺼기(슬러지)의 유입, 소화찌꺼기(슬러지) 및 상징수의 제거에 따른 소화가스 발생량과 가스압이 100~300mmHg를 항상 유지하도록 설계한다.
- (2) 찌꺼기(슬러지) 소화조 지붕의 가스돔 및 가스포집관에 안전장치를 설치한다.
- (3) 가스포집관은 내경 100~300 mm 정도로 한다. 배관은 가스흐름방향에 따라 약 1/200 정도의 기울기를 가져야 하며 관의 수직부분 바로 앞에는 체수밸브를 위치시켜야 한다.
- (4) 건식이나 습식탈황장치를 설치한다.
- (5) 하루에 발생하는 가스부피의 1/2 정도를 저장할 수 있는 용량의 가스저장조를 설치한다.
- (6) 가스저장조의 구조는 관계법규에 준하여 설계한다.
- (7) 잉여가스의 가스연소장치를 준비한다.

일반적으로 소화조의 지붕이나 가스저장조로부터 최소한 15m는 떨어져 있어야 하며 눈에 잘 띄는 곳에 위치시켜야 하며 유량계 역화방지장치, 자동방출장치 등을 설치하고, 연소장치는 노내 연소형과 노외연소형이 있고 버너에 공급하는 가스 및 노에 보내는 공기의 가압여부에 따른 구분도 있다. 대규모시설에서는 많은 양의 가스를 이동시켜야 하므로 가압하는 기종이 필요하다 설계시 다음 사항을 고려한다

- ① 소요공기량
- ② 배출가스 유량
- ③ 연돌 배출속도
- ④ 연소가스 체류시간 (0.3초 이상)
- ⑤ 연소온도범위 (850-1,200℃)
- ⑥ 에너지 방출량

4.10 소화가스의 에너지화

가능한 한 소화가스를 폐기시키지 말고 다음에 열거된 목적을 위하여 이용할 수 있도록 필요한 시설을 갖추는 것이 좋다.

- (1) 가온
- (2) 찌꺼기(슬러지)의 건조 및 소각
- (3) 에너지원

4.11 부대시설

(1) 찌꺼기(슬러지) 소화조의 밸브 조작실은 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- ① 소화조에 인접시키거나 부근에 설치한다.
- ② 폭발성의 메탄가스에 대한 자동경보장치를 설치하여야 하고 내화성으로 가스의 누출 및 화재와 폭발에 대하여 안전한 구조로 한다.
- ③ 필요한 기기의 반출입, 설치, 점검, 수리 등에 편리한 구조로 한다.
- ④ 실내의 환기, 조명, 배수를 고려한다.

(2) 찌꺼기(슬러지) 소화조에는 가온설비, 교반장치, 소화가스 포집 및 저장설비 외에도 스크 방지 및 제거장치, 맨홀 및 역화방지, 시료채취장치, 온도측정장치, 수위계 및 투시창과 보호관 등을 설치하는 것이 좋다.

(3) 찌꺼기(슬러지) 소화시설의 설계시 소화조를 주기적으로 청소할 수 있는 시설이 되도록 고려한다.

4.12 분뇨, 음식물폐수 등 연계처리

분뇨 및 음식물폐수를 혐기성 소화조에서 연계처리하는 경우에는 다음 사항을 고려한다.

(1) 분뇨 및 음식물폐수처리용량

하수처리시설에서 연계수용가능한 분뇨 또는 음식물폐수 처리용량은 하수처리계통 및 찌꺼기(슬러지)처리계통 전체를 고려한 여유용량만큼으로 한다.

(2) 전처리방법

드럼스크린이나 분쇄기 침사 제거설비를 추가 설치하는 것이 필요하다

(3) 운전방법

유입되는 분뇨 또는 음식물폐수의 특성을 파악하여 적절한 부하량을 선정하여 체류시간을 조절하고 가스생산량과 발생하는 소화찌꺼기(슬러지)량 등도 고려하여 후속처리시설에서의 문제발생을 줄이도록 한다.

(4) 상징수의 처리

하수처리계통으로 반송되어 하수처리시설에 과부하를 유발하지 않도록 주의하여야 한다.

5 호기성 소화

5.1 호기성 소화의 원리

호기성 소화는 미생물의 내생호흡을 이용하여 유기물의 안정화를 도모하며, 찌꺼기(슬러지) 감량 뿐만 아니라 차후의 처리 및 처분에 알맞은 찌꺼기(슬러지)를 만드는데 있다.

5.2 설계시 고려사항

- (1) 온도가 소화효율에 미치는 영향을 고려한다.
- (2) 유입찌꺼기(슬러지)의 농축 필요성을 설계시 고려한다.

5.3 시설계획

- (1) 호기성 소화조의 용량은 식 (1.5.1)을 사용하여 계산할 수 있다.

$$V = \frac{Q_i (X_i + Y \cdot S_i)}{X \left(b \cdot P_v + \frac{1}{SRT} \right)} \dots\dots\dots (1.5.1)$$

여기에서, V: 호기성 소화조의 실용적 (m³)

Q: 평균찌꺼기(슬러지)유입량(m³/d)

X: 유입찌꺼기(슬러지)의 부유물농도(mg/l)

Y: 유입찌꺼기(슬러지)의 BOD 중에서 1차찌꺼기(슬러지)가 차지하는 비율

S_i: 유입찌꺼기(슬러지)의 BOD(mg/l)

X: 소화조의 부유물농도(mg/l)

b: 내호흡률(l/d)

P_v: 소화조의 부유물 중에서 휘발성 고형물이 차지하는 비율

SRT: 고형물체류시간(d)

- (2) 호기성 소화조의 수와 형상은 다음 사항을 고려하여 정한다.
 - ① 소화조의 수는 최소한 2조 이상으로 한다.
 - ② 형상은 직사각형 또는 원형으로 하며, 원형인 경우 바닥의 기울기는 10~25% 정도 되게 한다.
 - ③ 축심은 5 m정도로 하며, 0.9~1.2 m의 여유고를 주어야 한다.
- (3) 호기성 소화조는 수밀성의 구조로 한다.
- (4) 호기성 소화조의 설계시 소화조가 다음에 열거된 두 가지 방법중에서 어느 방법에 의하여 운전 될 것인가를 고려한다.
 - ① 회분식 운전
 - ② 연속 운전
- (5) 호기성 소화조는 찌꺼기(슬러지)의 유입, 상징수의 제거, 소화찌꺼기(슬러지)의 제거, 그리고 포기용 공기공급을 위한 배관을 고려하여 설계한다.

5.4 상징수의 제거와 처리

호기성 소화는 상징수에 관하여 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 상징수는 용해성 BOD 및 부유고형물의 농도가 가급적 낮게 되도록 한다.
- (2) 상징수는 하수처리시설에서 재처리한다.

산소공급시설

- (1) 찌꺼기(슬러지)를 호기성으로 소화시키기 위하여 요구되는 산소의 양은 식 (1.5.5)로 계산할 수 있다.

$$R_i = K (1.67 S_i - O_a) \dots\dots\dots (1.5.5)$$

여기에서, R_i : 호기성소화조의 산소요구량(kg/d)

S_i : 산화되는 폐고형물에 상응하는 유입오수의 BOD5부하(kg/d)

O_a : 주포기조에서 소모된 산소량(kg/d)

K : 상수([그림 5.5.5]의 A 곡선과 같이 질산화를 일으키지 않으면 1.0이고 B곡선과 같이 질산화를 일으키면 1.24이다.)

- (2) 소화조에서의 산소공급 및 찌꺼기(슬러지)혼합을 위한 포기시설은 다음의 세 종류 중에서 알맞는 것을 선택한다.
 - ① 산기식 포기법
 - ② 기계식 수면포기법
 - ③ 기계식 수중포기법

6. 찌꺼기(슬러지)의 개량

6.1 세정장치

찌꺼기(슬러지) 세정장치는 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 찌꺼기(슬러지)의 알칼리도를 400~600 mg / l 정도로 낮추기 위하여 최종처리수 등을 이용하여 세정한다.
- (2) 세정조의 고형물부하는 50~90 kg / m²·d 정도로 한다.
- (3) 세정조의 형상은 원형 또는 사각형으로 하고 유효수심은 4 m 정도로 한다.
- (4) 세정조 상징수의 처리방법을 고려한다.

6.2 약품처리

약품을 이용하는 찌꺼기(슬러지)의 화학적 개량장치는 다음의 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 응집제로는 유기응집제(고분자응집제) 및 무기응집제(염화제1철, 염화제2철 및 황산제1철 등)이 이용되고, 응집보조제로서는 소석회, 과산화수소 등이 이용될 수 있다.

- (2) 약품용해조의 내면은 부식방지 처리되어야 하며 교반기를 설치한다.
- (3) 응집혼합조는 약품용해조에 준하여 설계한다.
- (4) 약품저장량은 계획주입량의 3~7일분 정도로 한다.
- (5) 약품은 습기가 적고 환기가 잘 되는 곳에 저장한다.
- (6) 약품은 취급이 편리하도록 약품주입장치와 동일 건물 또는 인접위치에 저장한다.
- (7) 약품주입기는 설계주입률의 0.5~5배의 용량을 가져야 한다.
- (8) 고분자응집제를 사용할 경우 저장시에 방습을 고려하여야 하며, 응집제의 용해조작 및 응집효과 개선을 위하여 일정온도 이상의 온수를 용해수(희석수)로 사용하는 것이 좋다.

6.3 열처리설비

- (1) 가열온도, 시간, 적용압력은 찌꺼기(슬러지)의 특성을 고려하여 결정하며 시설용량은 계획찌꺼기(슬러지)량에 대하여 10%정도 여유를 고려한다.
- (2) 장치는 2계열 이상으로 설치한다.
- (3) 장치의 중심부인 반응조, 열교환기, 압력배관 등은 재질 및 구조면에서 특히 안전을 고려하여 설계한다.
- (4) 대수는 1계열에 대하여 여비를 포함하여 2대 이상으로 한다.
- (5) 열교환기는 이중관식으로 하며 관경과 유속은 찌꺼기(슬러지)중의 협잡물에 의하여 폐쇄되지 않도록 정한다.
- (6) 열전달계수는 대략 $200 \sim 800 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$ 정도의 값을 사용한다.
- (7) 반응조는 원통형이나 이중관형으로 하되 내부의 청소가 가능한 구조로 한다.
- (8) 보일러의 용량은 증발량, 압력, 장치의 처리능력을 고려하여 충분한 여유가 있어야 한다.
- (9) 보일러는 예비를 포함하여 2대 이상을 설치한다.
- (10) 열처리장치에는 찌꺼기(슬러지) 저류조, 분쇄기, 탈취설비, 열처리 찌꺼기(슬러지) 농축조를 설치한다.

7. 찌꺼기(슬러지)의 탈수

7.1 가압탈수설비

7.1.1 여포형 가압탈수기(filter press)

(1) 가압탈수기

탈수기는 다음 사항을 고려한다.

- ① 탈수면적으로 표시되는 여포형 가압탈수기의 용량은 다음 식(1.7.1)을 이용하여 구할 수 있다.

$$A = \frac{1,000 (1 - W/100) \cdot Q}{V \cdot t} \dots\dots\dots (1.7.1)$$

여기에서, A : 탈수면적(m^2)

W : 찌꺼기(슬러지) 함수율(%)

Q : 유입찌꺼기(슬러지)량(m^3/d)

V : 탈수속도($kg/m^3 \cdot h$)

t : 일 운전시간(h/d)

$$N = \frac{A}{a}$$

여기에서, N : 대수(대)

a : 1대당 유효탈수면적($m^2/대$)

② 대수는 예비없이 2대 이상으로 한다.

③ 여포는 내구성 있는 것을 사용한다.

(2) 찌꺼기(슬러지) 유입펌프

찌꺼기(슬러지) 유입펌프는 다음 사항을 고려하여 정한다.

① 유입펌프는 회전식, 왕복운동식 및 다이어프램펌프 등으로 선정한다.

② 유입펌프는 탈수기 1대마다 설치하며 대수는 예비를 포함해 2대 이상으로 한다.

(3) 공기압축기

송풍용 공기압축기는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

① 토출공기량은 탈수실 용량 $1m^3$ 당 대기압하에서 약 $2m^3/min$ 으로 한다.

② 토출압력은 $7kg/cm^2$ 정도로 한다.

③ 대수는 예비를 포함해 2대 이상으로 한다.

(4) 부대설비

부대장치로서 찌꺼기(슬러지) 저류조, 압축설비, 여포세척, 약품주입 및 찌꺼기(슬러지)공급펌프, 탈수케익 이송 및 저장설비 등을 설치한다.

7.1.2 여포형 다중판형 스크류프레스 탈수기

(1) 용량은 다음식에 의해 구한다.

$$N = \frac{Q \times d}{1000 \times q \times t} \dots\dots\dots (1.7.2)$$

여기에서, N : 스크류 본수(본)

Q : 유입찌꺼기(슬러지)량(m^3/hr)

d : 유입찌꺼기(슬러지) 농도(mg/l)

q : 스크류 1분당 처리량($kg \cdot DS/hr \cdot 본$)

t : 일 운전시간($hr/24$)

(2) 보통 스크류 본수는 1본을 예비로 한다.

(3) 스크류의 속도는 변속이 가능하도록 한다.

7.2 벨트프레스 탈수설비

7.2.1 벨트프레스 탈수기

(1) 용량은 다음 식(1.7.3)에 의해 구한다.

$$B = \frac{1,000(1 - W/100) \cdot Q}{V \cdot t} \dots\dots\dots (1.7.3)$$

여기에서, B : 유효여포폭(m)

W : 찌꺼기(슬러지) 함유율(%)

Q : 유입찌꺼기(슬러지)량(m³/d)

V : 탈수속도(kg/m²·h)

t : 일 운전시간(h/d)

$$N = \frac{B}{b}$$

여기에서, N : 대수(대)

b : 1대당 유효여포폭(m/대)

(2) 대수는 예비없이 2대 이상으로 한다.

(3) 여포는 잘 막히지 않으며 내구성 있는 것을 사용한다.

(4) 벨트의 속도는 변속할 수 있는 것으로 한다.

7.2.2 벨트프레스 탈수기실

벨트프레스 탈수실은 작업하기에 충분한 넓이로 환기, 조명, 배수가 좋아야 하며, 탈수케익의 반출이 편리한 위치에 설치한다.

7.2.3 탈수케익 수송장치

탈수케익 수송용 컨베이어의 기울기는 20° 이하로 하며, 벨트폭은 40~90cm 정도로 한다.

7.2.4 부대설비

부대장치로서 찌꺼기(슬러지) 저류조, 압축설비, 여포세척, 약품주입 및 찌꺼기(슬러지)공급펌프, 탈수케익 이송 및 저장설비 등을 설치한다.

7.3 원심탈수설비

7.3.1 원심탈수기

원심탈수기에 의한 탈수효율을 증가시키기 위해서는 다음 사항을 고려하여 설계한다.

(1) 탈수기의 용량은 찌꺼기(슬러지)의 성상, 고형물의 농도 및 운전시간을 고려하여 결정한다.

(2) 대수는 다음 식(1.7.6)을 이용하여 구할 수 있다.

$$N = \frac{Q}{q \cdot t} \dots\dots\dots (1.7.6)$$

여기에서, N : 대수(대)

Q : 유입찌꺼기(슬러지)량(m³/d)

q : 1대당 처리 용량(m³/대·h)

t : 일 운전시간(h/d)

(3) 대수는 예비없이 2대 이상으로 한다.

(4) 스크루 부분의 재질은 내구성 있는 것으로 한다.

7.3.2 원심탈수기실

탈수기실은 작업하기에 충분한 넓이로 환기, 조명, 급배수가 좋도록 한다. 또한, 원심탈수기에서 발생하는 진동이 건물과 공진하지 않도록 배려한다.

7.3.3 탈수케익 수송장치

농축찌꺼기(슬러지)를 탈수시키는 경우는 탈수케익의 악취가 심하므로 탈수케익 수송장치, 저류 설비 등의 방취방법을 고려한다.

7.3.4 부대장치

부대장치는 1.3.3의 3)을 참조할 것.

7.4 기타 기계적 찌꺼기(슬러지) 탈수방법

찌꺼기(슬러지)의 탈수를 위하여 지금까지 설명된 기계적 방법 외에도 다음과 같은 기계적 방법을 고려해 볼 필요가 있다.

- (1) 중력법
- (2) 중력가압법
- (3) 반연속적 복합가압시설
- (4) 다이어프램이나 나사식 가압기를 이용하는 압출기
- (5) 진공차 및 이동용탈수차

7.5 탈수기 부대설비

7.5.1 찌꺼기(슬러지) 및 약품 공급펌프

공급펌프는 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 원칙적으로 용적형 펌프를 설치한다.
- (2) 예비를 포함하여 2대 이상 설치한다.
- (3) 배관은 개별배관을 원칙으로 한다.

7.5.2 공기압축기

공기압축기는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 용량은 압축기의 운전시간 및 탈수기 요구압을 기준으로 산정한다.
- (2) 일시에 요구하는 용량을 고려한 압력탱크와 건조기를 설치한다.
- (3) 대수는 예비를 포함해 2대 이상으로 한다.

7.5.3 탈수케익 이송장치

탈수케익 이송장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 용량은 탈수기의 용량 및 대수를 고려하여 정한다.
- (2) 이송장치로는 켄베이어식과 펌프압송식 있다.

8. 찌꺼기(슬러지)의 건조

8.1 함수율 및 건조특성

찌꺼기(슬러지) 건조는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 건조찌꺼기(슬러지)의 함수율은 건조찌꺼기(슬러지)의 이용 목적이나 후속 공정에 대하여 적절한 값으로 설정한다.
- (2) 찌꺼기(슬러지) 건조 특성을 사전에 파악하는 것이 바람직하다.

8.2 건조방식

건조 방식은 가열 여부에 따라 열적건조방식과 기계식건조방식으로 구분하며, 열적건조방식에는 다음의 두 가지가 있다.

- (1) 직접가열 건조방식
- (2) 간접가열 건조방식

8.3 건조기 설계 순서

건조기 설계는 다음의 순서에 따라 행한다.

- (1) 설계 조건의 설정
- (2) 증발 수분량의 산정
- (3) 건조기 필요용적 또는 열전달면적의 계산
- (4) 필요열량의 산정
- (5) 열원의 검토
- (6) 건조 장치 결정
- (7) 보조 기기의 결정

8.4 용량, 수 및 구조

용량 등은 다음의 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 용량은 열용량 계수, 총열전달계수 및 증발 속도 등을 고려하여 결정한다.
- (2) 대수는 1대당 증발 능력, 계열수준 및 증설 계획 등을 고려하여 결정한다.
- (3) 건조기 내부 재료는 내열, 내식성 또는 내마모성 등의 특성이 있는 것을 사용한다.

8.5 건조 조건 설정

건조 조건은 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 열매체의 건조기 입구의 온도
- (2) 건조에 필요한 열매체 양
- (3) 건조용 공기의 양과 온도

8.6 부대장치

부대장치로서 정량 공급 장치, 보일러 및 열풍 발생로, 가스 세정기, 열교환기, 필요에 따라 독립된 탈취 장치를 설치하기도 한다.

9. 퇴비화

9.1 기본조건

퇴비화 시설의 기본 조건은 다음의 각 항을 종합적으로 고려하여 결정한다.

- (1) 퇴비화 시설의 규모는 퇴비의 수요량에 적합하도록 한다.
- (2) 퇴비는 분해 과정에서 65℃ 이상의 온도에서 2일 이상 경과하여야 한다.
- (3) 퇴비의 품질목표는 찌꺼기(슬러지) 케익의 성상, 퇴비화 방식, 시비시의 상황, 법령기준 등을 감안한다.
- (4) 퇴비화 시설은 입지조건을 충분히 고려하도록 한다.
- (5) 투입 조건은 품질목표 이외에도 찌꺼기(슬러지) 케익의 함수율, 퇴비의 반송률, 첨가물의 첨가율 등을 고려한 물질 수지 또는 열수지를 기초로 하여 설정한다.

9.2 전처리 설비

전처리 설비는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 혼합 장치는 교반 또는 분산 기능이 우수한 것으로 한다.
- (2) 필요에 따라 건조 설비를 설치한다.

9.3 퇴비화조의 크기

분해 일수 및 유효 용량은 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 일차분해 일수는 10~14일을 기준으로 한다. 다만 퇴비성상의 안정화가 필요한 경우는 이차분해를 행한다.
- (2) 퇴비화조의 유효 용량은 투입 혼합물의 용적, 퇴비화에 의한 용적의 변화 또는 혼합물의 분해 일수를 고려하여 결정한다.

9.4 퇴비화조 형식과 구조

퇴비화조 형식과 구조는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 퇴비화조 형식은 퇴적형 및 횡형, 입형이 있으며 주변 환경에 미치는 영향을 충분히 고려되 가능한 한 간단한 것으로 한다.
- (2) 퇴비화조 구조는 조내 혼합물의 이동이 적절하게 행해지도록 한다.
- (3) 혼합물 및 배기가스 접촉 부분은 내식성을 고려한다.

9.5 공기공급량

공기공급설비는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 공기공급량은 퇴비화조 형식, 찌꺼기(슬러지) 케익 종류, 분해 일수 등을 고려하여 결정한다.
- (2) 공기공급용 송풍기 등의 설치 대수는 예비율을 포함하여 2대 이상으로 한다.
- (3) 공기공급장치는 필요 공기공급량을 확보할 수 있는 용량의 것으로 한다.

9.6 제품화 관련 설비

제품화 설비는 필요에 따라 다음의 각 설비를 설치한다.

- (1) 체분류 설비
- (2) 입상화 설비
- (3) 포장 설비

9.7 저류설비

저류 설비는 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 저류 방식은 노상저류 또는 호퍼 방식으로 한다.
- (2) 저류 용량은 1~2일 정도로 한다.

9.8 저장설비

저장 설비는 수요량의 계절적 변동을 고려한 용량으로 한다.

9.9 악취제거설비

악취제거 시설을 설치한다.

9.10 퇴비화의 문제점

하수찌꺼기(슬러지)를 이용하여 퇴비를 생산할 경우는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 품질관리
- (2) 유통체계

10. 찌꺼기(슬러지) 소각

10.1 기본 고려사항

찌꺼기(슬러지) 소각로는 다음 사항을 고려하여 설계한다.

- (1) 찌꺼기(슬러지)의 열량을 파악하여 보조연료의 필요유무를 결정한다.
- (2) 이론공기요구량 및 잉여공기 요구량을 결정한다.
- (3) 열회수의 경제성을 파악한다.

10.2 다단소각로

10.2.1 노상면적, 단수 및 기수

다단소각로의 노상면적, 단수 및 기수는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 노상면적은 건조, 소각 및 냉각의 각 과정에 필요한 면적의 합으로 한다.
- (2) 단수는 6~12단 정도로 한다.
- (3) 기수는 2기 이상으로 하는 것이 좋다.

10.2.2 구조와 재질

다단로의 구조와 재질은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 소각로는 자립형으로 지지부와 셸(shell) 저부는 자중, 적재하중, 풍압, 지진력, 적설하중 등에 충분히 견딜 수 있어야 한다. 또한, 셸바닥의 벽돌에 접하는 부분에서는 벽돌의 열팽창에 의한 응력발생을 충분히 고려한다.
- (2) 바닥벽돌과 내화벽돌은 내화성과 고온강도를 충분히 가져야 하며 내식, 내마모성의 것이어야 한다. 또한, 내화벽과 셸 사이에는 내화 및 내열재를 이중구조로 하는 등 단열층을 설치하면 좋다.
- (3) 노의 측부에는 수리를 위하여 출입구를 설치한다.
- (4) 다단로내의 중앙구동축과 혼합기팔, 혼합기의 이(teeth)는 내열성과 내식성이 충분히 있어야 하며, 축과 팔은 이중관 구조로 하여 내부공냉식이 되도록 한다.
- (5) 중앙구동축의 회전수는 분당 0.5~2 rpm 정도로 한다.
- (6) 비상시를 대비하여 긴급개방밸브를 설치한다.

10.2.3 소각온도, 공기비 및 로내압

소각온도, 공기비 및 로내압은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 다단로에서의 소각온도는 700~900℃로 한다.

- (2) 공기비는 1.3~2.0이 적합하다.
- (3) 노내압은 부압을 갖도록 한다.

10.2.4 부대장치

부대장치는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 탈수된 찌꺼기(슬러지) 케익은 직접 연속적으로 로에 주입하는 것이 바람직하다. 탈수케익의 발생속도와 케익을 로에 공급하는 속도 간에 차이가 생기는 경우에는 탈수케익을 저류시킬 수 있는 저류조를 설치하여 이곳으로부터 케익이 로 내로 공급되도록 하며, 또한 적절한 정량을 로에 공급할 수 있는 장치를 설치한다.
- (2) 다단로에서는 찌꺼기(슬러지) 소화가스나 중유, 등유, 도시가스 등을 보조연료로 사용할 수 있다. 찌꺼기(슬러지)를 혐기성 소화시킬 것인가 소각시킬 것인가를 판단하기 위해서는 신중한 고려가 필요하다. 혐기성 소화와 소각처분은 각각 장단점을 지니고 있으며 이러한 처분방법의 결정에는 건설비와 장기적인 유지관리비, 찌꺼기(슬러지)의 최종처분방법, 지역적 규모와 특성, 운전관리 능력, 매립지의 확보 가능 여부 등의 종합적인 요소를 고려하여야 한다. 하수찌꺼기(슬러지)의 처리방식에 따른 에너지측면에서 유지관리비를 비교해보면, 일반적으로 찌꺼기(슬러지) 처리시에 소요되는 에너지량은 하수처리시설의 총전력사용량의 약 10~20%를 차지하는 것으로 알려져 있으며, 찌꺼기(슬러지)를 소각하는 경우 소각로의 형식, 운전조건 등에 따라 소요 에너지량도 다르게 나타난다.
- (3) 소각재 저류조 용량은 1일 발생량 이상을 표준으로 한다. 또한 건조된 소각재는 배출시 비산하기 쉬우므로 가습장치 등의 적절한 조치를 필요로 한다.
- (4) 노에서 배출되는 배기가스에 포함된 매연을 제거하기 위해 배기가스 처리장치를 설치한다. 또한, 소각 시 발생하는 악취성분을 제거하기 위한 악취제거장치를 설치한다.
- (5) 보조연료연소장치
- (6) 공기 공급장치
- (7) 기타 탈수케익 이송설비, 펌프설비, 소각재 반출설비 및 소각재 저류조, 배기가스 냉각설비, 배기굴뚝, 방음 및 제진설비, 온도감지기 등

10.3 회전소각로

10.3.1 공정개요

원통형 소각로를 수평으로 설치하여 연속적으로 회전시키면서 소각하는 방법으로 건조와 소각을 동시에 할 수 있다. 노는 역류직화식 형태로 사용하며 전체적으로는 부압상태에서 운전된다. 노의 운전상태는 외부로 배출되는 가스의 온도를 검사하여 조절하는데 대략 850℃ 정도를 유지한다.

10.3.2 형상, 용적 및 대수

회전소각로의 형상, 용적 그리고 대수는 다음 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 노의 형식은 역류직화식으로 한다.

- (2) 노의 용적은 건조영역과 소각영역에 필요한 부피를 합한 것으로 한다.
- (3) 노의 내경과 길이의 비는 1 : 10~1 : 15 정도로 한다.
- (4) 노의 대수는 2대 이상으로 하는 것이 좋다.

10.3.3 구조와 재질

회전건조소각로의 구조와 재질은 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 로는 정하중 및 동하중 등에 충분히 견딜 수 있어야 하며, 부등침하가 생기지 않도록 견고한 기초 위에 설치한다.
- (2) 로의 벽은 열손실이 적은 내화재 구조로 하여야 하며, 열팽창에 의한 응력 발생을 충분히 고려한다.
- (3) 로의 회전수는 2 rpm 정도로 하며 기울기는 2/100를 표준으로 한다.

10.3.4 소각온도

- (1) 소각온도는 850℃로 한다.
- (2) 공기비는 1.5~2.0으로 한다.
- (3) 노내압은 부압을 유지하도록 한다.

10.3.5 부대장치

회전소각로의 부대장치는 다음의 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 탈수케익의 공급장치, 보조연료장치, 연료공급장치, 소각재 저류조, 배기가스 처리장치 등의 부대장치를 갖춘다.
- (2) 정전이나 기타 사고에 대하여 노의 운전을 단속할 수 있도록 필요한 비상용 구동설비를 설치한다.

10.3.6 보조연료 공급장치

보조연소장치 및 보조연료공급장치는 다음의 각항을 고려하여 정한다.

- (1) 보조연소장치는 직접가열방식으로 한다.
- (2) 보조연소장치용 버너는 연소량의 변동폭을 크게 변화시킬 수 있는 것으로 한다.
- (3) 연료공급장치는 보조연료로서 일반적으로 중유, 등유, 소화가스 또는 도시가스를 사용하며 중유 및 등유 저류탱크의 용량은 적정 사용량의 3~10일분으로 한다.

10.3.7 공기공급장치

회전소각로에 주로 사용되는 공기공급방식은 송·배풍방식을 사용한다. 공기공급장치의 용량은 연소계산에 잉여공기량을 감안하여 산정한다. 공기공급장치의 설치대수는 고장 등에 대비하여 2대로 하는 것이 좋다.

10.4 유동층소각로

10.4.1 용량 및 수

- (1) 용량 및 수는 2대 이상으로 한다.
- (2) 찌꺼기(슬러지) 성상의 연간 변화 및 가동률을 예측하여 처리규모를 결정한다.

10.4.2 노상면적

노상면적은 공탑속도, 연소실(유동층)의 용적부하율, 노상면적부하율 및 수분부하율을 검토하여 정한다.

10.4.3 구조 및 재질

구조 및 재질은 다음 사항을 고려한다.

- (1) 노는 입형으로 자중, 적재하중, 풍압, 적설하중 등에 견딜 수 있는 구조라야 한다.
- (2) 구조 및 높이는 로 내에서 완전소각이 되며 유동매체가 노 밖으로 튀어나오지 않아야 한다.
- (3) 내부벽은 내화성, 내식성, 내마모성의 것으로 한다.
- (4) 유동층 및 프리보드의 로 벽의 일부에 수리 및 점검을 위한 점검구를 설치한다.
- (5) 비상시를 대비해 긴급개방밸브를 설치한다.

10.4.4 소각온도, 공기비 및 로내압

소각온도, 소각용 공기 및 로내압은 다음 사항을 고려하여 결정한다.

- (1) 소각온도는 850℃ 정도로 한다.
- (2) 공기비는 1.3 정도로 하며 공기와 건조고형물의 무게비는 6~50 kg/kg 정도로 한다.
- (3) 프리보드부의 로내압은 항상 -5~50 mmH²O를 유지하도록 한다.
- (4) 연소용 공기는 배기가스와의 열교환에 의해 500℃ 정도로 예열한다.

10.4.5 탈수케익 및 연료의 공급장치

탈수케익 공급장치는 찌꺼기(슬러지)가 로 내에 골고루 투입될 수 있는 구조로 설치하며, 공급장치와 관련한 기타사항 및 연료공급장치는 1.10.2의 4)에 준한다.

10.4.6 보조소각장치

보조소각장치로는 유동층부에 항상 연료분사기, 송풍실에 시동용 열풍 발생로 등이 있다.

10.4.7 배기가스 처리장치

노에서 배출되는 배기가스중에 포함된 매연을 제거하기 위해 배기가스 처리장치를 설치한다.

10.4.8 유동층소각로 유동매체 및 유동장치

유동매체와 유동장치는 유동층소각로의 중요한 부분이므로 설계 시에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 유동매체로 주로 사용하는 것은 모래이며 내마모성 및 내열성을 갖추어야 한다.
- (2) 투입되는 모래의 양은 모래 대 찌꺼기(슬러지)의 비가 3~8 kg / kg 정도가 되도록 한다.
- (3) 유동 시에 매체가 배출되지 않도록 주의한다. 유동매체의 손실은 300시간 운전을 기준으로 5% 이내가 되도록 한다.
- (4) 유동장치는 공기를 이용하므로 송풍기를 일반적으로 이용한다. 가압송풍기의 토출압력은 약 2,500 kg/m² 정도이다.

10.4.9 열회수장치

열회수장치는 다음의 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 연소용 공기를 예열하는 경우 공기예열기를 이용하여 배기가스로부터 열을 회수한다.
- (2) 배기가스 처리장치로 보내는 배기가스에서는 백연방지 예열기에 의해 열을 회수한다.
- (3) 보조연료의 절약을 위해서는 배기가스로부터 회수된 열로 찌꺼기(슬러지) 케익을 건조한다.
- (4) 세연배수의 열이용에 대해서도 검토한다.

10.5 찌꺼기(슬러지)의 탄화

10.5.1 탄화원리

예로부터 널리 사용하던 탄화로의 원리에 기초한 것으로 찌꺼기(슬러지) 등 유기성폐기물을 무산소 상태에서 가열하면 로 내에서 수분 및 가스가 발생하고 열분해가 시작되며, 잔존물에는 탄소를 주체로 하는 무기물이 남는 것을 탄화라고 한다.

10.5.2 탄화방식

탄화방식은 열원과 찌꺼기(슬러지)의 열 접촉 방식에 따라 직접가열식과 간접가열식이 있으며, 탄화로 구조에 따라 스크류식과 로타리킬른식, 회전로상식 등이 있다.

10.5.3 규모 및 대수

- (1) 탄화로 1기당 처리능력은 1일당 10~140톤 케익 정도이며, 처리용량 및 대수는 2대 이상으로 한다.
- (2) 찌꺼기(슬러지) 성상의 연간 변화 및 가동률을 예측하여 처리규모를 결정한다.

10.5.4 탄화로 노상면적

노상면적 및 단수는 다음의 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 노상면적은 탄화조작에 필요한 면적이다.

$$A_n = \frac{F_f \cdot \left(\frac{100 - W}{100} \right)}{V_p} \quad (1.10.36)$$

여기에서 A_n : 노상면적(m^2)

F_f : 건조케익공급량(%)

W : 건조케익함수율(%)

V_p : 탄화속도($kg/m^2 \cdot h$) (일반적으로 $20 \sim 25 kg/m^2 \cdot h$)

(2) 단수는 4~6 단 정도로 한다.

10.5.5 연소온도, 공기량 및 로내압

연소온도, 공기비 및 로내압은 다음의 각 항을 고려하여 정한다.

- (1) 연소단의 온도는 $700 \sim 900^\circ C$ 로 한다.
- (2) 공기비는 0.4~0.8로 한다.
- (3) 로내압은 $-50 \sim -200 Pa$ 의 부압을 유지한다.

10.5.6 배기가스 처리장치

배출되는 배기가스 중에 포함된 매연을 제거하기 위해서 배기가스 처리장치를 설치한다.

10.6 습식산화시설

10.6.1 습식산화시설 설계 시 고려사항

습식산화시설의 설계에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- (1) 산화도는 찌꺼기(슬러지)의 성상 및 처리방법 등에 따라 달라지지만 통상 50~70% 정도로 한다.
- (2) 소요공기량 및 발열량을 산정한다.
- (3) 처리용량은 처리량의 10% 정도 여유를 두며, 설치대수는 고장 등에 대비하여 2계열로 하는 것이 좋다.
- (4) 반응시간은 40분에서 1시간 정도로 한다.

10.6.2 온도와 압력

반응온도와 압력은 요구되는 산화도 및 적용방법에 따라 결정한다.

10.6.3 구조

습식산화장치는 고온 및 고압에 견딜 수 있는 내압 및 내식성의 재질을 사용한다.

10.6.4 가압펌프

가압펌프는 다음 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 용량은 계획찌꺼기(슬러지)량에 따라서 정한다.

(2) 가압펌프의 대수는 예비를 포함하여 2대 이상으로 한다.

10.6.5 공기압축기

공기압축기는 다음의 사항을 고려하여 정하는 것이 좋다.

- (1) 용량은 찌꺼기(슬러지)량, 찌꺼기(슬러지)의 COD, 산화도, 잉여산소량 등을 고려하여 정한다.
- (2) 다단왕복운동식으로 단수는 소요압력에 따라 3~5단으로 한다.

10.6.6 열교환기

열교환기는 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 이중관을 사용한다.
- (2) 관경과 유속은 찌꺼기(슬러지) 중의 협잡물에 의하여 막히지 않고 오염물의 부착이 적게 일어날 수 있게 선정한다.
- (3) 열전달계수는 대체로 $500 \sim 1500 \text{ kcal/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$ 정도의 값을 사용한다.

10.6.7 반응탑

반응탑은 다음의 사항을 고려하여 정한다.

- (1) 용량은 계획찌꺼기(슬러지)량에 대해 반응시간이 40~60분 정도가 되도록 한다.
- (2) 원통형으로 하며, 직경과 높이의 비는 1 : 10을 표준으로 한다. 단, 직경은 최소한 75 cm 이상으로 한다.
- (3) 내부청소가 가능한 구조로 한다.

10.6.8 관 및 밸브

관 및 밸브는 다음 사항을 고려하여 설치한다.

- (1) 압력조절밸브와 수위조절밸브는 2개씩 설치하는 것이 좋다.
- (2) 반응탑 입구에는 역류방지밸브를 설치한다.
- (3) 고압 하에서의 배관연결은 링(ring) 연결 또는 플랜지 연결을 한다.

10.6.9 부대장치

부대장치로는 저류조, 분쇄기, 기액분리기, 연화제 주입설비, 탈취설비, 약품세척설비, 고액분리조, 세정장치, 시동용보일러, 계측설비 등이 있다.

10.7 기타 찌꺼기(슬러지) 소각 설비

찌꺼기(슬러지)의 소각을 위하여 다단소각로와 회전건조소각로 외에 다음에 열거된 소각법의 채택을 고려해 볼 필요가 있다.

- (1) 기류건조소각로
- (2) 분사식소각로

- (3) 사이클론소각로
- (4) 열분해
- (5) 전기소각로

10.8 찌꺼기(슬러지) 용융

찌꺼기(슬러지) 용융 설계 시 다음 사항을 고려한다.

- (1) 찌꺼기(슬러지) 용융은 용융의 목적과 슬래그의 이용 방법을 고려한 시스템이어야 한다.
- (2) 찌꺼기(슬러지)의 용융 특성을 사전에 파악한다.

10.9 대기오염 문제

- 1) 소각로 배기가스 처리시설

찌꺼기(슬러지) 소각로의 배기가스에 의한 대기오염을 방지하기 위하여 배기가스 처리장치를 설치하여 배기가스 내의 대기오염물 농도가 법에서 규정하는 허용치 이하가 되도록 한다.

11. 찌꺼기(슬러지)의 자원화

11.1 녹지 및 농지 이용

녹지 및 농지에의 이용형태는 시비된 토지의 상황이나 이용자 측의 사용 방법을 고려하여 결정하며 주로 다음의 두가지 종류가 있다.

- (1) 하수찌꺼기(슬러지) 부숙토
- (2) 지렁이분변토

11.2 건설자재로서의 이용

11.2.1 건설자재로의 이용 형태

건설자재 이용의 주된 이용 형태로서는 다음의 2가지 종류가 있다.

- (1) 소각재
- (2) 용융 슬래그

11.2.2 품질 또는 사용 방법

품질 또는 사용 방법은 다음의 각 항목을 고려하여 결정한다.

- (1) 건설 자재로 이용되는 제품은 품질 또는 성상이 목적에 부합하여야 한다.
- (2) 사용 방법의 선정에 있어서는 건설 자재이용에 대하여 지역 상황을 고려하여 수행할 필요가 있다.

11.2.3 저장 및 유통체계

건설자재의 저장 및 유통 체계는 다음의 각 항목을 고려한다.

- (1) 수요량의 계절 변동에 대응하기 위하여 제품의 형상에 적합한 저장설비를 설치한다.
- (2) 제품의 유통 체계를 명확하게 확립해 두는 것이 바람직하다.

11.2.4 유의사항

건설 자재로의 이용에 있어서는 다음의 각 항목과 같은 요건을 만족할 필요가 있다.

- (1) 사용 후에 환경에 대하여 장기간 안전해야 한다.
- (2) 시장에 있어서 유통성이 어느 정도 높으며 안정된 공급이 가능하여야 한다.

11.3 에너지 이용

11.3.1 에너지 이용의 형태

찌꺼기(슬러지)의 에너지 이용의 형태로서는 다음의 4가지 종류가 있다.

- (1) 소화 가스
- (2) 건조 찌꺼기(슬러지)
- (3) 소각·용융로 배기가스
- (4) 찌꺼기(슬러지) 탄화물

11.3.2 유의사항

찌꺼기(슬러지) 에너지 이용에 있어서는 다음의 각 항목에 유의하여야 한다.

- (1) 이용 가능한 에너지량의 변동을 충분히 파악하고, 에너지수지를 종합적으로 검토하여 장치 용량을 결정한다.
- (2) 처리 공정 전체의 에너지 절약에 대하여 고려한다. 또한, 시스템 전체의 경제성에 대하여도 고려한다.
- (3) 필요에 따라 여유 장치를 설치한다.

12. 찌꺼기(슬러지)의 최종 처분

12.1 고화

12.1.1 고화방법

고화방법은 크게 나누어 다음의 2종류로 구분할 수 있다.

- (1) 찌꺼기(슬러지) 케익 + 고화제
- (2) 찌꺼기(슬러지) 케익 + 고화제 + 고화보조제

12.1.2 품질

고화된 찌꺼기(슬러지)는 매립작업에 지장이 없는 강도를 가져야 한다.

12.1.3 고화처리 및 이용 시 유의사항

찌꺼기(슬러지)케익의 고화처리 이용에 있어서는 다음의 각항에 유의한다.

- (1) 고화된 찌꺼기(슬러지)의 매립 후 환경에 대해서 장기간의 안정성을 검토한다.
- (2) 연간에 걸친 하수찌꺼기(슬러지)의 성상 변화를 충분히 파악하여 고화제의 혼합비 및 양생기간을 결정한다.
- (3) 필요에 따라서 혼합 및 양생장치를 설계한다.

12.2 매립

찌꺼기(슬러지) 매립에 있어서는 다음의 각 항목에 유의해야 한다.

- (1) 매립지와 주변 환경
- (2) 찌꺼기(슬러지) 성상에 따른 매립

12.2.1 계획 매립 용량

계획 매립 용량은 계획 목표년도에 도달할 때까지 매년 다음 계획연간매립용량의 총량에 복토의 용량을 더한 것으로 한다.

12.2.2 매립지 선정

매립지 선정에 있어서는 다음의 각 항목을 고려하여 종합적으로 검토한다.

- (1) 운반도로의 확보
- (2) 지형지질 등
- (3) 주변환경조건
- (4) 사후 매립지 이용계획
- (5) 재해 등에 대한 안전성

12.2.3 매립지의 시설 및 관리

- (1) 매립지는 저류구조물, 차수공, 침출수 집배수시설, 침출수 처리시설 등의 주요 시설과 반입관리시설, 모니터링시설, 관리동 등의 관리시설, 그리고 반입도로, 비산방지시설, 방재설비 등의 관련시설들로 구성된다.
- (2) 매립지의 관리는 관련법규에 따른다.

13. 악취방지 및 탈취설비

- (1) 찌꺼기(슬러지)의 수송 및 저장(저류), 농축, 소화, 개량, 탈수, 건조, 소각, 자원화, 최종처분 등에서 발생하는 악취를 생활환경 보전상 지장이 생기지 않도록 밀폐, 저감, 차단, 포집, 탈취 등의 단계별 처리방안을 계획하여야 한다.
- (2) 탈취 방식은 약액세정방식, 미생물탈취방식, 활성탄흡착방식, 연소방식 등이 있으며 악취조건

을 고려하여 선정한다.

(3) 상세 설계기준은 KDS 61 90 10의 1.6 악취방지설비를 따른다.

