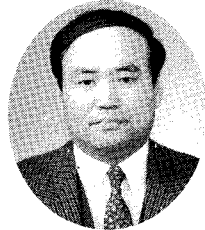


슬릿지처리 및 처분

〈6〉

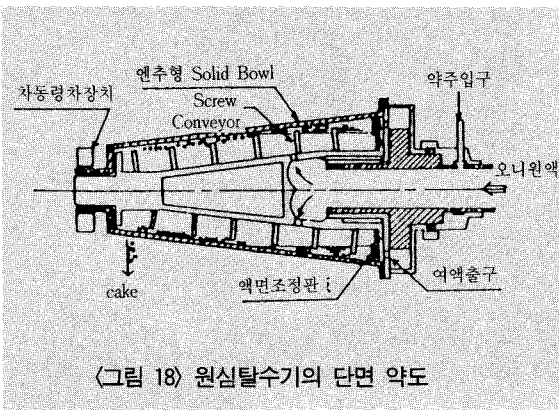


奇文奉

〈환경관리공단 기술부, 환경(수질)기술사〉

(3) 원심탈수기의 특성

원심탈수기는 원심력을 이용하여 현탁액 중의 고형물을 분리, 농축하거나 탈수를 하는 것으로 탈수기 기종에는 여러가지가 있으나 폐수의 슬릿지 탈수용으로 Solid Bowl형을 많이 사용한다.



〈그림 18〉 원심탈수기의 단면 약도

(가) 기본구조 및 동작

Bowl과 Screw를 고속회전시키고 중심축으로 슬릿지를 주입하면 고형물이 원심침강 하게 되어 고형물을 Screw에 의해 배출시켜 탈수 Cake를 얻는다.

(나) 응집제 주입

응집제는 건조슬릿지량의 0.5~1.5%정도 주입한다.

(다) Cake의 수분

농도 3~4%의 혼합하수 슬릿지의 경우 70~80%정도이다.

(라) 운전시 유의사항

슬릿지의 큰 찌꺼기, 모래 등은 완전히 제거하지 않으면 배관의 막힘 뿐만 아니고 높은 원심력(2,000G~3,000G)을 갖도록 고속회전을 시키기 때문에 기기의 수명을 단축시키고 사고의 원인이 된다. 침강된 고형물이 Screw의 배출통로에 남아 막히는 경우가 있으므로 정기적으로 물로 청소하여 배출시켜 주어야 한다.

고속운전으로 인한 소음이 크기 때문에(기계 1m 정도 거리에서 95폰 정도) 방음을 고려하여야 하고 진동 역시 심하기 때문에 방진장치(경질 고무 또는 스프링)를 하여야 한다.

(마) 유지관리

일상 점검으로는 고속회전기기이므로 축수부의 과열에 주의하여야 하며, 윤활유의 점검 및 보충이 필요하다. 작업종료후에는 깨끗한 물로써

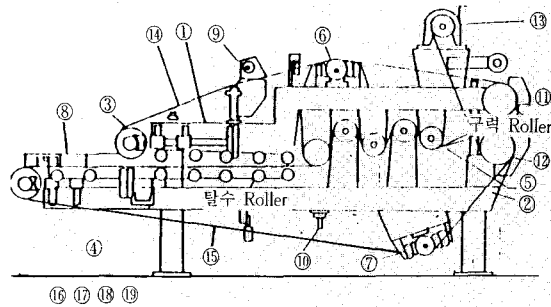
운전하여 남아있는 슬러지를 완전히 배출시킬 필요가 있다. Screw의 수명은 약 8,000시간 정도로 보나 수시점검 보수는 하여야 한다.

(4) 벨트프레스의 특성

벨트프레스는 1970년대 중반에 실용화되기 시작한 기종으로 점차 그 사용이 늘어나고 있는 추세이다.

(가) 기본구조 및 동작

탈수기의 구조는 강제로 만든 Frame에 구동용, 압축용, 인장용의 Roller를 적당하게 배열시켜 상하 2단의 endless상 여포와 세척장치, 여포사행 방지 장치 등으로 구성되어 있다.



- 각부명칭 ①상부 Frame ②하부 Frame ③여포인장장치
 ④여포구동장치 ⑤Tension ⑥상부여포사행수정장치
 ⑦하부여포사행수정장치 ⑧Cake Guide Frame
 ⑨상부여포세정장치 ⑩하부여포세정장치 ⑪Scrapper
 ⑫Scraper ⑬여포구동용감속기 ⑭상여포 ⑮하여포

(그림 13) 벨트프레스의 단면약도

슬러지가 여포위에 공급되면 중력으로 간격수를 1차적으로 여과하고 상하부 여포사이에서 압착 Roller에 의해 압착탈수 되게 하고 탈수된 Cake는 박리된 후 그 여포는 항상 운전중 세척하여야 한다.

(나) 응집제 주입

응집제주입 고분자 응집제로 사용하며 건조 슬러지당 0.4~1.0%정도 주입한다.

(다) 탈수시간

탈수는 여과속도로 행하나 중력탈수 입구에서 배출 까지는 3~9분 정도이다.

(라) 여과속도

여과속도는 혼합하수 슬러지농도 4%의 경우 응집제 주입율을 0.5%로 하면 150kg.D.S/m.hr이며 소화슬러지는 가능한 농도를 높여서 운전하며, 농도 1% 정도의 잉여 슬러지는 응집제를 1.5% 첨가하여도 50kg.D.S/m.hr 정도이고 박리가 잘되지 않는다.

(마) Cake의 수분

응집제 0.5%주입할 경우의 혼합하수 슬러지의 탈수 Cake는 60~76%로 진공여과기 보다 다소 낮다.

잉여슬러지의 경우는 농도가 옅은 경우 85~89%의 Cake 함유율을 갖게 된다.

(바) 여포의 세척

운전중에는 항상 여포를 세척하여야 여포의 눈막힘에 의한 탈수율 저하를 막을 수 있다. 세척수는 폐수의 처리수를 사용하는 경우 처리수의 수질을 고려하여 선정하여야 하며 수량은 여포 폭 1m 당 5kg/cm²의 압력수가 100(L)/min 정도 필요하다. 여포는 계속적인 주행과 Press의 압력과 인장력이 작용하게 되므로 인장강도가 큰 여포여야 하며 여포의 수명은 약 2,000시간 정도인 것으로 알려져 있다.

(사) 운전시 유의사항

슬러지중 금속조각 등은 여포를 손상시키며 기타 찌꺼기는 배관 등에 폐쇄를 시키는 문제가 있다. Belt Press는 진공 탈수기와 거의 같이 여포의 사행 방지에 주의할 필요가 있고 운전조건의 범위가 넓어서 능력이상의 슬러지를 공급하면 슬러지 옆으로 튀어 나오게 된다. 소음 진동은 적으나 냄새에 대한 대책이 필요하다.

(아) 유지관리

일상점검은 보조기기가류가 적어 탈수기 본체의 Roller와 회전체에 한한다.

(5) 각종 탈수기의 평가

3.2 건조

슬러지의 건조과정은 열을 이용하여 수분을 기화 증발시켜 고액분리를 행하는 것을 말하며, 일반적으로 농축이나 탈수와 같이 기계적 조작에 의한 고액분리에 비하여 열을 이용한 고액분리

* 각종 탈수기의 평가

구분		진공	기압	원심	벨트
		탈수기	탈수기	탈수기	여과기
경제성	최종처분	소각 △	△	○	◎
		퇴비 ○	◎	X	△
	탈수성, 함수율	○	◎	X	△
	처리능력	△	○	◎	X
	건설비	○	X	△	◎
	운전비 (전기, 약품) 수선비	△	○	X	◎
신뢰성	△	○	X	◎	
조작성	△	X	◎	○	
유지관리 난이도	△	X	○	◎	
동력 절감	X	○	△	◎	
2차 공해	소음, 진동	△	○	X	◎
	냄새	△	○	◎	X

범	◎ : 가장 좋음 (가장 유리함)
	○ : 좋음 (유리함)
	△ : 나쁨 (불리함)
례	X : 가장 나쁨 (가장 불리함)

(건조)에는 상당한 비용이 들어가는 것이 보통이다.

1) 건조이론

건조장치를 설계하기 위해서는 장치중에 슬릿지의 함수율이 어떠한 과정을 거쳐서 어떤 속도로 증발되어지는 것인지 알 필요가 있다.

(1) 함수율

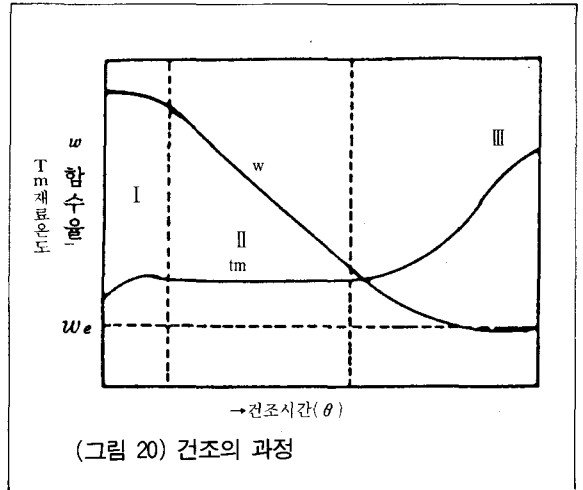
함수율은 1장 1.2항에서 설명하였지만 건조에서 다루는 함수율은 습증량 및 건증량에 대해 함유수분증량으로 나누어 표기하는 것으로 전자를 습량기준 함수율(Ww), 후자를 건량기준 함수율(Wd)이라고 부른다.

건조공정에 있어서의 계산에는 기준이 되는 증량의 변화가 없는 건조기준축이 편리하기 때문에 많이 쓰여진다.

(2) 건조특성

충분한 습기를 갖는 슬릿지를 일정한 온도, 일정 습도 및 유속을 갖는 대량의 공기중에서 그 증량 감소와 재료 표면온도를 기록하여 보면 일반적으로 건조시간에 대한 함수율 및 재료온도의 변화

는 그림 20에 나타난 것과 같이 건조과정을 3단계로 나누어 설명할 수가 있다.



(그림 20) 건조의 과정

(가) I 구간 : 재료 예열기간

재료가 예열된 함수율이 서서히 감소하는 기간

(나) II 구간 : 항율 건조기간
재료 함수율이 직선적으로 감소하여 재료의 온도가 일정하게 되는 기간

(다) III 구간 : 감율 건조기간

함수율의 감소비가 완만하게 되어 평형에 도달할때까지의 기간

이 함수율 감소곡선의 구배에서 건조속도의 변화를 알 수가 있다. 건조속도는 증발면이 정형재료인 경우는 단위 증발면적당 단위시간에 증발하는 수분량(kg-H₂O/m².hr)으로 표시하고 부정형 재료에 대해서는 단위 건조재료 증량당 단위시간에 증발하는 수분량(kg-H₂O/kg.hr)으로 표시한다.

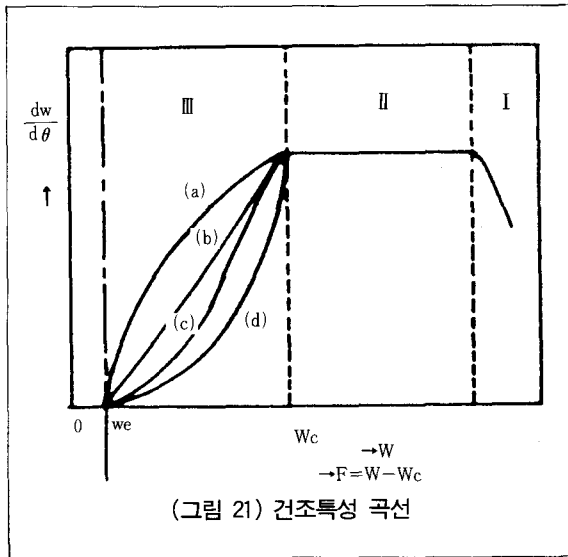
\dot{W} 는 재료가 수분이 없을시의 우수시 증량(kg), 그 건조면적을 A(m²), 함수율을 W(kg/kg), 시간을 θ (hr)로 하면, 전자는(\dot{W}/A)(dw/d θ), 후자는-(dw/d θ)이다. 이러한 건조속도의 변화를 함수율에 대해 plot하면 그림 21과 같이 된다. 그림 21의 I, II, III구간은 그림 20의 3구간과 대응하여 설명할 수 있다.

건조특성 곡선중의 I구간은 비교적 짧고, II구간에서는 고체 표면에서 수분의 증발은 자유액

면에서의 증발과 같은 형태로 간주되며, III구간의 감율 건조기간은 온도, 습도 및 유속 등의 공기층의 조건이 일정하여도 재료에 따라서 다른 양상을 나타나게 되어 재료의 건조특성이 가장 잘 나타나는 구간이다.

그림 21중에서 (a)는 슬릿지가 섬유상 재료로 구성된 종류로 고체내의 수분이동이 모관중에서 일어나는 경우로서 위로 볼록한 모양의 함수율 변화를 나타내고 치밀한 교체내의 내부수를 갖는 (d)의 경우는 수분의 이동이 확산에 의해서 일어나는 것이 지배적인 것으로 생각되어지며, (b)는 입자상물질을 여과한 flake상 재료와 같은 것은 양자의 중간이며, 점토와 같은 것은 (c)와 같은 곡선을 나타낸다.

이러한 함수율대 건조속도의 곡선은 재료의 건조특성을 나타내게 되는데 이것을 건조특성 곡선이라고 부른다.



(그림 21) 건조특성 곡선

(3) 한계 함수율(Wc)

그림 21에서 Wc로 표시한 것은 함수율이 함율 건조기간에서 감율건조 기간으로 이동하는 점이 되므로 한계 함수율이라고 부른다. 한계 함수율은 건조기간의 계산추정을 할때에 대단히 중요한 것으로 현재는 실험에 의하지 않고는 계산하기 어렵다.

(4) 평형 함수율(We)

그림 20에서 나타난 것과 같이 재료 함수율은 건조의 마지막 단계에 있어서는 평형치인 We에 도달하게 된다.

각 물질에는 그 물질에 따른 일정한 온습도의 공기중에서 일정량의 수분을 함유하여 평형에 도달하는 성질을 갖는데 이 함유수분을 평형함수율이라고 부른다. 따라서 어떤 물질은 어떤 온도 및 습도의 일정조건에서 건조시키면 평형함수율이 상으로 건조가 되지 않는다.

재료함유 수분중 건조에 의해 제거한 수분은 재료 함수율에서 평형함수율을 뺀 값을 자유함수율이라고 부른다.

2) 건조과정의 조건 및 인자

슬릿지의 건조는 다른 습윤 고형물에 열을 가하여 수분을 증발시키는 것으로 일반의 건조과정과 같으나 슬릿지의 특성상 다음과 같은 특징과 조건 및 인자가 있다.

(1) 슬릿지 건조시의 특징

(가) 함수율

슬릿지의 경우에는 여러가지 종류의 내부결합수가 존재하며 함수율은 통상 다음의 범위에 있다.

- 유기성 슬릿지 80-95%(ω)
- 무기성 슬릿지 60-80%(ω)

(나) 건조과정에 따른 사항

슬릿지 건조의 경우는 그 용도에 따라서는 간단한 건조 탈수이외에 입자상을 만드는 등의 과정이 동시에 필요한 경우가 있어 건조슬릿지의 물리적, 화학적 성상이 문제가 되는 경우가 많다. 예를 들면 식품공장에서 발생하는 잉여활성 슬릿지는 통상 비료 또는 사료로 재이용하므로 건조 장치의 조건으로서 다음 사항이 요구된다.

- 건조 슬릿지의 수분은 저장하여도 부패되지 않는 수분(10-15%)이하
- 건조 온도는 슬릿지의 유효 성분이 열분해하지 않는 온도 및 시간이하로 함.
- 건조한 슬릿지가 2-5mm정도의 입자일 것.

(다) 건조에 의한 2차 공해

슬릿지를 건조하는 것은 환경오염을 방지 하고자 하는 것이므로 건조장치로부터 2차 공해는 엄

격히 배제되어야 한다.

표12는 슬릿지 건조장치에서 발생할 수 있는 2차 공해문제를 나타내었다.

(표 12) 2차 공해와 그 대책

예상되는 2차 공해	대 책
배기중 수증기에 의한 백연	after burner로 승온
배기중의 Dust	Wet Scrubber, Bag Filter, E.p
SOx, NOx 및 유해가스	탈황, 탈질, 화학세정, 흡착
악취	열분해, 촉매산화, 흡착
Wet Scrubber에서의 폐수	폐수처리시설
소음	방음설비, 방음건축
방열에 의한 환경오염	환기, 보온, 폐열유효이용

(라) 건조과정에서의 물리적 변화

건조과정에 있어서 온도 및 기계적 교반으로 슬릿지의 성상이 크게 변화한다. 즉 함수율은 90-50% 정도의 함수율은 평형함수율로 되고 체적도 급격히 변화하여 파쇄되며 미분말화 된다. 따라서 슬릿지의 건조 과정은 높은 함수율에서 급격한 물리적 변화를 갖게 되므로 일반 생산공정의 건조기와는 상당히 다른 점이 많다.

(2) 건조의 조건

슬릿지 건조장치를 설계할때의 일반적 조건을 표13에 열거 하였다. 앞서 논한 것과 같이 슬릿지는 그 종류와 성상이 다양하므로 정확한 파악이 필요하다.

(표 13) 슬릿지 건조의 조건

항 목	조 건
슬릿지의 물성	화학조성, 허용온도, 부착성, 건조슬릿지의 비산성, 승화성, 유독성, 비열, 진비중, 건분비중
액의 물성	비열, 증기압, 증발잠열(통상 슬릿지는 물이다)
설계조건	공급량, 공급속도, 공급시간(연속 혹은 회분) 입구수분, 출구수분, 공급온도, 열원, 가열수 증기 온도
슬릿지의 부식성	내식재료
후처리 장치	조입, 분쇄, 냉각과정

(3) 건조과정의 인자

슬릿지의 물성은 복잡하여 건조 과정에 필요한 기본적 인자를 열거하여 설명한다.

(가) 가열원의 온도와 건조속도

일반적으로 건조에 필요한 열량은 건조재료와 가열원의 온도차에 비례하여 전열되므로 가열원의 온도가 높은 쪽이 장치가 적게 되어 열효율이 높게 된다. 슬릿지의 경우는 그 용도에 따라 가열원의 온도가 제한되는 경우가 많다.

열원 온도는 장치의 기계적 측면에서 고려되어 제약을 갖게 되나 열풍건조식(직접 가열방식)의 경우는 최고 800°C, 전열 건조식(간접 가열방식)의 경우는 250°C 정도이다.

(나) 건조시간

슬릿지의 건조특성은 그림 20, 21에서와 같이 전열속도와 슬릿지에서 수분 증발 속도, 양쪽에 그 인자가 있음을 알 수 있다. 건조시간은 건조기의 형식에 따라 크게 달라진다.

(다) 전열계수

장치에 Scale up하여 사용한 전열계수는, 열풍건조식 $ha = q/V(\Delta t) \ell m$ (kcal/m².hr. C°) 전열건조식 $U = q/V(\Delta t) \ell m$ (kcal/m².hr. C°)

로 표기된다. 여기에 q는 전열량(kcal/hr), V는 건조기용량(m³) A는 전열 면적(m²), Δt ℓ m은 가열원 온도와 슬릿지의 대수평균 온도차(°C)이다. 슬릿지 건조의 경우, 앞서 언급한 각 수분에 있어서의 건조 속도는 일정하나 조립성, 부착성에 따라 전열계수가 크게 다르다. 표14는 식품공장의 잉여활성슬릿지를 함수율 90%에서 10%까지 건조시킨 경우의 각 건조기 전열계수를 나타내었다. (다음호에 계속)

(표 14) 슬릿지 건조기의 전열계수

형 식	ha 또는 U	Δt(°C)	가열원온도(°C)
열풍회전 건조기	ha 150-250	200-300	350-800
교반식열풍회전건조기	ha 250-350	200-300	350-800
기류건조기	ha 3000-6000	200-300	350-600
통기벤트건조기	ha 3000-6000	200-300	350-600
분무건조기	15-30	200-300	350-800
수증기관식회전건조기 U	20-40	50-150	120-200
고속교반식건조기 U	150-300	50-150	120-200

상담 및 문의전화 563-7231