

슬릿지처리 및 처분

〈5〉



奇文奉

〈환경관리공단 기술부, 환경(수질)기술사〉

(5) 과산화수소와 황산철에 의한 탈수

(가) 응집의 메카니즘

과산화수소와 황산철에 의한 슬릿지 조정의 원리는 과산화수소가 철이온 존재하에서 발생하는 강한 산화 작용에 의해 슬릿지중의 유기물을 산화시켜 gel구조를 파괴하여 수분의 분리를 촉진함과 동시에 제1철은 응집효과가 높은 제2철 형태로 되어 슬릿지 입자를 응집시켜 floc을 형성하게 되는 산화와 응집의 2가지 작용에 의해 탈수가 가능하게 된다.

본 방법은 1970년말 연구개발되어 일본의 하수처리장에서 실용화하여 사용하고 있다. 이 방법의 이점은 ① 탈수 cake 및 소각재의 발생량이 적고 ② 탈수 cake의 건조고형물당의 발열량이 높아서 연료량이 적게 된다. ③ 소각시 6가 크롬의 용해량이 거의 없고, ④ 약품의 취급이 편리하여 분진의 비산, scale의 부착이 없다. ⑤ 탈수 cake의 박리성이 좋다. ⑥ 여포의 눈막힘이 적어 수명이 길다.

단점으로는,

① 약품첨가에 의해 약산성이 되므로 접액부는 방식 대책이 필요하며 ② 약품값이 비싸 처리경

비가 높게 된다.

(나) 탈수 효과에 영향을 주는 인자

탈수 효과에 영향을 주는 것은 약품첨가량, 혼합교반의 조건, 슬릿지 농도 등이다.

① 약품첨가량과 여과 속도

○ 황산제 1철과 과산화수소는 같은 몰값 부근에서 여과속도가 최대 값을 나타내고

○ 소화슬릿지 및 생슬릿지의 경우에도 황산제 1철을 슬릿지 건조 고형물당 10-15%, 과산화수소를 슬릿지 용량당 1,000~2,000ppm 첨가하면 탈수가 가능하다.

또 황산제 1철과 과산화수소의 몰비가 0.6~1.2 범위에서 양호한 결과가 나온다.

○ 최저약품 첨가율은 과산화수소 약 1,500ppm (슬러리당) 황산제 1철 약 15% (슬릿지건고형물당)로 된다.

○ 농도 2.5% 정도 옅은 슬릿지에도 여포가 늘 막힘없이 안정하게 탈수 가능하다.

② 혼합교반 조건과 여과 속도

○ 혼합은 급속교반과 완속교반으로 나누어 급속교반은 가능한 한 단시간에 균일하게 혼합하고 완속교반은 과도한 전단력을 주지 않도록 교반

속도를 늦게 함이 필요하다.

○최적교반 조건은 급속교반은 80rpm, 교반시간은 1~3분으로하고, 완속교반은 15rpm으로 20분 정도이면 좋다.

③ 슬러지 농도와 여과속도 등

○여과속도는 슬러지농도에 크게 영향을 받으나 슬러지 농도가 높게 되면 따라서 여과속도가 증대한다.

○슬러지에 약품의 첨가 순서는 황산제 1철을 우선하고 과산화수소를 뒤에 주입한다. 또 동시에 주입하는 것이 좋은 슬러지도 있다.

(6) 고분자 응집제에 의한 탈수

고분자 응집제는 부분적으로 원심탈수기용에 천연 고분자가 사용되어지고 있으나, 최근 고분자 합성기술의 발전으로 그 값이 싸져서 수처리 및 탈수용으로 많이 쓰이고 있다.

(가) 고분자응집제의 종류

고분자 응집제로써 현재 사용되고 있는 것은 표10과 같이 Anion성, Nonion성, Cation성으로 분류되고 있다. 현재 슬러지 응집에서 사용되고 있는 것은 대부분 Cation성이 있고, 이 Cation성 고분자응집제는 비닐중합이나 고분자 반응에 의해 제조하거나 축합반응에 의해 제조하는 등의 여러가지 종류가 있다.

분자량이나 Cation 강도가 다른 여러가지 제품이 판매되고 있다. 일반적으로 분자량 200만이상의 것이고 Cation성으로 응집의 효과가 크며 또한 가격도 고가이다.

(나) 고분자 응집제의 이점과 결점

Cation고분자응집제는 슬러지중의 미세입자의 표면 전하의 중화와 입자간의 가교작용에 의해 응집능력을 나타낸다.

적은량으로 넓은 영역에서 응집 효과를 발휘하기 때문에 무기응집제에 비해 슬러지 Cake중에 고형물질량이 적고 소각회가 적게 된다. 또 고형물의 회수율도 좋아서 폐수처리 계통에 악영향이 적다.

한편 문제점으로는 슬러지의 성상 변화에 따라서 응집효과가 크게 다르기 때문에 최적 응집제나 그 첨가율의 선정, 결정이 어렵고 약품비가 비

과산화수소와 황산철에 의한 슬러지 조정의 원리는 과산화수소가 철이온 존재하에서 발생하는 강한 산화 작용에 의해 슬러지중의 유기물을 산화시켜 gel구조를 파괴하여 수분의 분리를 촉진함과 동시에 제1철은 응집효과가 높은 제2철 형태로 되어 슬러지 입자를 응집시켜 floc을 형성하게 되는 산화와 응집의 2가지 작용에 의해 탈수가 가능하게 된다.

싼 것이 결점이다.

(다) 응집제의 선정

고분자응집제는 원심탈수기나 벨트프레스에 사용하나 최적응집제의 선정은 Jar Test나 Beaker Test 등 간단한 현장실험에 의해 결정한다.

또 약품의 첨가율에 있어서도 같은 형태로 현장실험 등에 의해 추정하여 장치에 적용하여야 한다. 고분자 응집제의 선정은 Cation의 강도, 분자량을 지표로 선정하며 최초침전지 슬러지나 양호하게 소화된 슬러지는 저 Cation에서 중 Cation성의 것을 선정하고, 잉여슬러지나 유기물 함유율이 높은 슬러지에서 고 Cation으로 고분자량의 것을 선정하는 것이 좋다.

(라) 약품첨가율에 미치는 인자

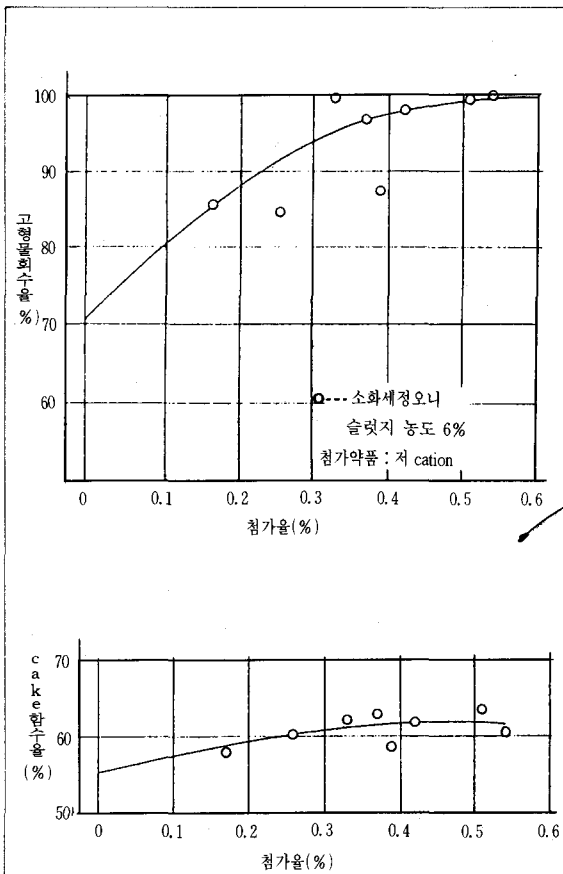
최적응집제를 선정한 경우 그 첨가율에는 슬러지의 종류, 농도 유기물 함유율 등이 인자로 좌우된다. 일반적으로 다음과 같은 경향을 나타낸다.

① 자연침강슬러지, 소화슬러지, 생슬러지(자연침강+잉여슬러지), 잉여슬러지의 순으로 첨가율이 증가하고 잉여슬러지는 1%이상 첨가율이 되는 경우도 있다.

② 동일한 슬러지의 경우 농도가 높은 쪽과 또

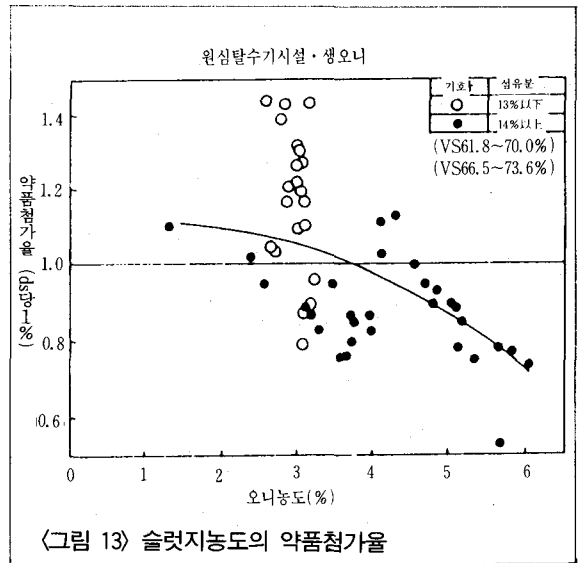
유기물 함유율이 낮은 쪽이 약품 첨가율이 적게 된다.

상기사항을 실제 종말처리장의 슬러지를 이용하여 원심탈수기에 탈수를 시킨 결과는 그림 12와 같이 소화하여 세정한 슬러지를 저 Cation 고분자응집제로 탈수한 결과 약품첨가율이 높을수록 고형물 회수율은 높고 Cake의 함유율은 60% 전후로 나타났다.

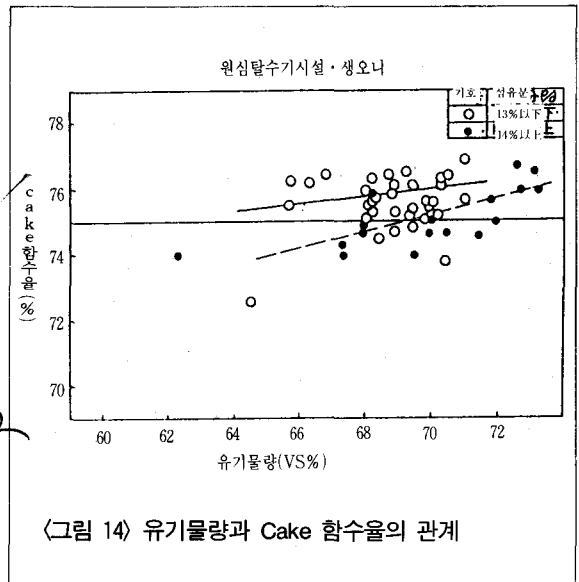


〈그림 12〉 약품첨가율과 고형물 회수율
Cake함수율과 관계

그림 13, 14는 원심탈수기로 생슬러지를 탈수한 결과 슬러지 농도가 높은쪽의 약품 첨가율이 감소하는 경향이며, 유기물 함유율이 많은쪽이 Cake 함유율이 상승하는 경향을 나타낸다.



〈그림 13〉 슬러지농도의 약품첨가율



〈그림 14〉 유기물량과 Cake 함유율의 관계

(마) 약품첨가율과 탈수효과

탈수효과의 주요 판정 항목을 슬러지 처리량, 고형물 회수율, Cake 함유율 등이 있고, 일반적으로 슬러지 처리량은 원심 탈수기는 1대당 용량 부하(m^3/Hr)로 표시하고, 벨트프레스는 여포 단위 폭당 건조고형물 부하($kg/m.Hr$)로 표시한다.

① 원심탈수기

원심탈수기 실제 운전하는 설정 슬러지 처리량의 고형물 회수율과 Cake 함수율에 주의를 기울여야 한다.

일반적으로 일정량의 슬러지에 있어서 약품 첨가율과 Cake 함수율, 고형물 회수율의 사이에는 최적 첨가량이 있는데 슬러지 고형물에 대하여 0.5~1% 정도이나 잉여 슬러지 등 탈수가 곤란한 슬러지로 1.0% 이상 첨가량이 필요한 경우도 있다. 고형물 회수율은 운전조건을 적당하게 맞추어서 95% 이상 하는 것이 좋고 Cake 함수율은 무기 응집제에 의한 진공탈수 Cake에 비해 일반적으로 높으며 생슬러지의 경우는 75~85% 정도, 소화슬러지에 대해 75% 전후가 많다.

② 벨트프레스 탈수기

판정항목중 벨트프레스는 여과속도(kg/m.Hr)와 Cake 함수율이 실무적인면에서 중요하나 약품첨가율은 슬러지 고형물에 대하여 0.5~0.8% 정도의 경우가 많고 원심탈수에 비해 다소 적게 소요된다. 탈수가 어려운 슬러지에 대해서는 많이 첨가해야 할 경우도 있다.

일반적으로 Cake의 함수율은 약품첨가율과 관계가 있고 앞서 언급한 0.5~0.8%의 최적 첨가율이 최저의 함수율을 나타내는 경우가 많다. 원심탈수기에 비해 Cake 함수율을 낮게 할 수 있어 통상 70~80%의 정도이나 생슬러지의 쪽이 소화슬러지에 비해 낮은 값을 나타내는 경우가 많다.

여과속도는 약품첨가율을 증대하면 커지는 경향이 있으니 Cake의 함수율, 경제성을 고려하여야만 하고 슬러지의 종류에 따라 차이가 많으나 통상 농도 3% 정도인 경우 150kg/m.Hr 정도의 여과속도를 갖는다.

3) 탈수기의 특성 및 평가

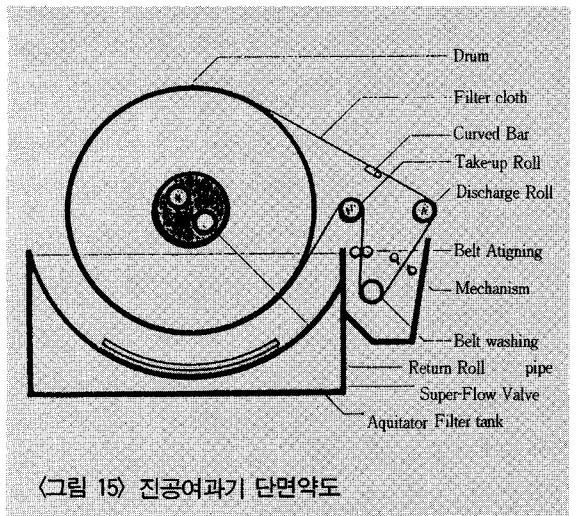
(1) 진공탈수기의 특성

진공탈수기는 Drum의 면적이 여과면으로 이 여과면에 여포를 고정시킨 Oliver형이 있고 여포를 고정하지 않고 박리부에 별도의 Roller를 두어 여포를 움직이게 하는 Belt형이 있다.

(가) 기본구조 및 동작

여과 드럼은 슬러지 통위에 걸어 슬러지에 일부 잠긴 상태에서 천천히 회전을 시키면서 드럼

내부에 진공을 걸어 그림 15와 같이 드럼의 밑부분은 슬러지를 부착하며 Cake를 형성시키는 단계이며, 드럼이 회전하여 함수율을 떨어뜨리게 되며 박리 Roller부근에 오게되면 드럼의 내부에는 진공이 걸리지 않도록 Rotary Valve가 작용하여 Cake의 배출 공정이 되어있다. Cake를 배출한후에 여포는 압력수로 세척하며 여포는 눈이 막히지 않는 상태로 유지시킨다.



〈그림 15〉 진공여과기 단면약도

(나) 응집제 주입

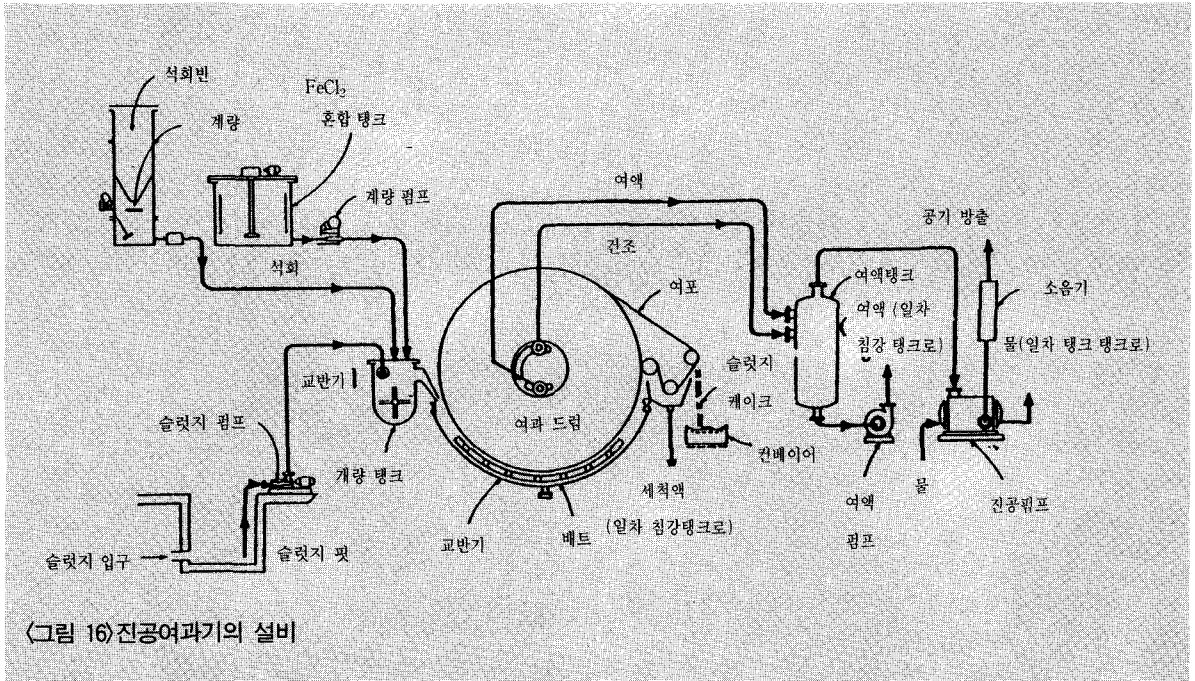
진공 여과기에 탈수를 하기 위한 응집제 주입은 일반산업 폐수의 슬러지는 폐수의 성상에 따라 슬러지의 조성이 다르기 때문에 하수의 슬러지를 기준으로 살펴보면 소화슬러지의 경우는 슬러지 조건 고형물량(이하 DS라 칭함)에 대하여 염화제 2철 3~5% 소석회 10~20% 정도이며, 생슬러지의 경우는 DS에 대해 염화제 2철이 10% 소석회가 20~30%를 가하는 것이 좋은 것으로 알려져 있다.

앞서 언급한 것과 같이 과산화수소와 철염을 응집제로 사용하는 방법도 있다.

(다) 탈수시간

탈수는 연속적으로 행하나 각공정(흡착, 탈수, Cake의 배출)의 1 Cycle은 6~15분 정도이다.

(라) 여과속도



(그림 16) 진공여과기의 설비

여과속도는 슬러지의 성장, 극극율, 여포의 재질 등에 따라 다르나 농도 3~4%의 혼합 하수슬러지 경우 $10\sim 15\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 이며 소화슬러지의 경우는 $12\sim 20\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$, 열처리슬러지 $25\sim 40\text{kg}/\text{m}^2\cdot\text{h}$ 이다.

(마) Cake의 수분

Cake의 수분중 혼합하수슬러지, 소화슬러지는 공히 72~78%이고, 열처리 슬러지 60~65% 정도이다.

(바) 여포의 세척

여포는 통상 $1.5\sim 2\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압력수로 세척하여 여포는 막힘을 적게 하도록 하여야하며 세척수는 여포 1m당 $3\sim 5\text{m}^3/\text{hr}$ 가 필요하다.

여포는 미리 Leat Test에 의해 슬러지의 성장에 맞는 재질, 직조방법, 눈목의 크기를선정하여 눈막힘이 없고 내구성이 있는 것을 사용하여야 한다. 일반적으로 Nylon, Detrone, Polypropylene, Saran 등 합성섬유를 사용하며 여포의 수명은 1,000시간 정도이다.

(사) 운전시 유의사항

슬러지공급, 탈수여액배관, 기계내부는 소석회를 사용하는 경우 Scale을 생성하므로 정기적

여실내에 슬러지의 투입, 압착탈수공정은 수동 혹은 자동으로 하는데

자동의 경우는 Timer 또는 Pressure Switch에 동작하도록 하며 Cake의 박리공정은 탈수가 완료되면 여판을 수동 혹은 자동으로 열어서 탈수 Cake를 박리시킨다.

으로 세척할 필요가 있다. 또 탈수기 본체의 소음, 진동은 적으나 왕복동형 진공펌프의 경우 저주파 진동이 문제가 되므로 그 대책이 필요하다.

(아) 유지관리

진공여과기의 설비는 그림 16과 같이 구성기기가 많고 수시로 각 기기의 점검뿐만 아니라 앞서 언급한 Scale를 제거하여야 하며, 냄새는 Cover를 씌워서 실내의 환기를 시켜 대처하는 것이 바람직하다.

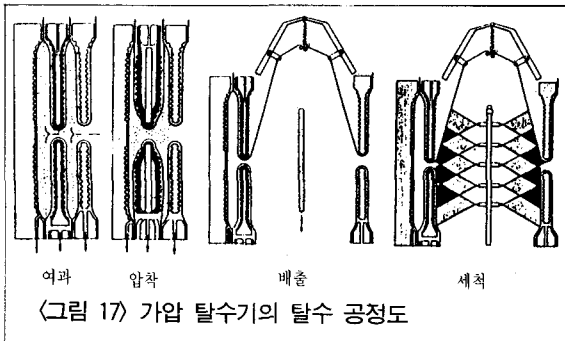
(2) 가압탈수기의 특성

가압 탈수기에는 회분식과 연속 회전식의 2가지 종류가 있고 운전방법에 의한 분류로써, 여판판의 종류에 따라서는 횡형, 종형, 여포고정형, 여포주행형, 단식, 복식, 다이아후램식 등의 형식이 있다. 일반적으로 소량의 산업폐수 및 오수정화 시설에서 발생된 슬러지는 회분식을 많이 사용하고 있다.

(가) 기본구조 및 동작

가압탈수기는 여판과 여포로 구성되며 여판과 여판 사이를 여실이라고 하며, 각 여실에는 여포가 여판의 양쪽에 있어 그 사이에 슬러지가 주입되면 여판을 유압 또는 수압에 의해 압력을 가하여 여포를 통하여 탈수여액은 여판하부로 흘러나오게 된다.

여실내에 슬러지의 투입, 압착탈수공정은 수동 혹은 자동으로 하는데 자동의 경우는 Timer 또는 Pressure Switch에 동작하도록 하며 Cake의 박리공정은 탈수가 완료되면 여판이 수동 혹은 자동으로 열어서 탈수 Cake를 박리시킨다. 탈수 공정에서의 압력은 $3\sim 5\text{kg}/\text{cm}^2$, 다이아 후램 압착압력을 공기압인 경우 $7\sim 10\text{kg}/\text{cm}^2$ 이고, 수압인 경우 $10\sim 20\text{kg}/\text{cm}^2$ 이다.



(나) 응집제 주입

응집제 주입방법 및 주입율은 진공탈수기의 경우와 거의 비슷하거나 다소 주입율을 낮게 하여도 좋은 탈수효율을 얻을 수 있다.

(다) 탈수시간

가압탈수기의 탈수는 여판정열, 슬러지투입,

압착 탈수 Cake 박리, 여포 세정의 공정을 1Cycle로 하는데 1Cycle에 소요되는 시간은 수동 혹은 자동의 경우에는 각각 3~4시간, 2시간으로 알려져 있으나 이 소요시간 슬러지의 종류와 운전방법에 따라서 상당히 달라질 수가 있고, 압착 탈수에만 소요되는 시간은 보통 20~40분 정도다.

(라) 여과속도

여과속도는 슬러지의 성상, 여포의 종류 등에 따라 다르나 농도 $3\sim 4\%$ 의 혼합하수 슬러지의 경우는 $3\sim 5\%/m^2 \cdot hr$ 이며, 소화슬러지의 경우는 $4\sim 6\text{kg}/m^2/hr$ 이다.

(마) Cake의 수분

Cake의 수분은 혼합하수 슬러지는 60~65%, 소화 슬러지는 혼합슬러지 보다 다소 낮은 함수율을 갖는다.

(바) 여포의 세척

여포의 세척은 매 Cycle 마다 $3\sim 7\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 압력 수로 사용하여야 여포의 바깥이 적으며 장기간 사용후에는 CaCO_3 등에 의해 여포가 막힘으로 산세척이 필요하다.

일반적으로 여포의 수명은 약 600시간(1500 Cycle)정도이며 이 기간동안 산세척은 2~3회 정도 하는것이 좋다.

(사) 운전시 유의사항

슬러지중에 큰 찌꺼기가 있으면 배관, 슬러지 주입구, 여포를 폐쇄 손상시키게 되므로 전처리 (Drum Screen 등)로 처리하는 것이 좋다. 탈수조제로써 소석회를 사용하는 경우는 CaCO_3 등을 생성시켜 여포가 막히게 되므로 여포, 외실 배관 등의 세척을 필히 하여야 한다. 자동 또는 반자동 운전인 경우는 운전 결과를 종합하여 최적 운전 조건을 설정하여 운전하여야 한다.

(아) 유지관리

진공탈수기와 거의 같은 방법으로 수시점검에 의한 유지관리가 필요하다. 기계가 대형인 경우에는 각 부품도 여러가지 원인에 의해 손상을 입기 때문에 설치하여 4~5년 후에는 2년마다 정기정비가 필요하다. (다음호에 계속)

상담 및 문의전화 563-7231