

Fig. 1 슬러지 처리 계통도

악취도는 하수 슬러지에서 황화수소 및 메틸 메르캅탄 등으로 인해 2~3정도로 악취가 발생되고 있다. 특히 분뇨를 동시에 처리하는 경우 악취가 심하다.

2-2 하수 슬러지 처리 흐름도

하수 슬러지는 차량으로부터 직접 슬러지 Hopper에 투입되며 Hopper에 저장된 슬러지는 슬러지 하부에 설치된 Push rod의 움직임에 의해 중앙으로 모여지고 스크류 컨베이어에 의해 피스톤 펌프까지 이송된다. 이 피스톤 펌프의 왕복 운동에 의해 슬러지는 Kiln으로 이송되며 이송된 슬러지는 kiln에서 연소된다. 또한 악취를 제거하기 위해 활성탄 흡착탑을 설치하였다.

2-3 주요 설비

설비의 설치에 따른 공사 기간은 2004년 8월부터 약 2개월이 소요되었으며 설치 line은 일산 5,500 ton의 clinker를 생산하는 4호기에 설치하였다. 시간당 최대 처리용량은 5m³/hr이고 연간 최대 처리량은 36,000m³이다.

1) 저장조 (Sludge bunker)

- ① 용 량 : 30 m³
- ② Type : 실린더 개폐식 덮개
- ③ 비 고 : 유인 송풍기로 강제 송풍되어 상시 음압 형성

2) 인출 콘베이어

- ① 용 량 : 9 m³/hr
- ② Type : Shaftless screw
- ③ 비 고 : 2 set의 Push Rod 에서 밀어준 슬러지를 피스톤 펌프로 이송

3) 활성탄 흡착탑

- ① 용 량 : 3,900 m³/hr
- ② Type : 대기용 입상탄 (#4 ~ 8 mesh) 충전식,
- ③ 비 고 : 유인 송풍기로 흡입된 건물 및 저장조의 악취가스를 대기환경보전법에 적합하도록 정화

4) 피스톤 펌프

- ① 용 량 : 1~ 5 m³/hr
- ② Type : 유압 작동식 피스톤, PLC
- ③ 비 고 : 인출 콘베이어로 부터 이송된 슬러지를 피스톤 행정으로 로타리 킬른 까지 압송

5) BLI(Boundary Layer Injection) System

- ① 용 량 : 1m³/hr
- ② 비 고 : 인출시 슬러지에 윤활성 부여

6) 유압구동장치 (Hydraulic power pack)

- ① 탱크 용량 : 500 liter
- ② Type : 기어펌프식, 오일 내부순환 냉각식

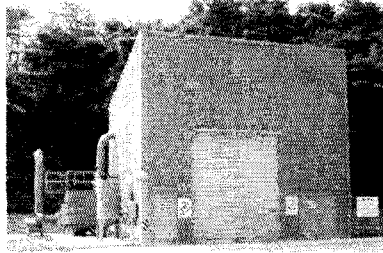


Fig. 2 설비 전경

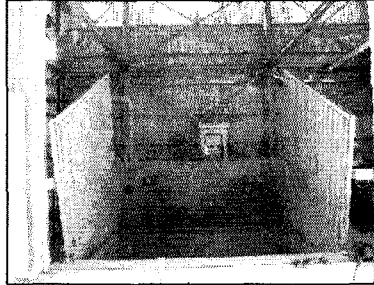


Fig. 3. 저장조

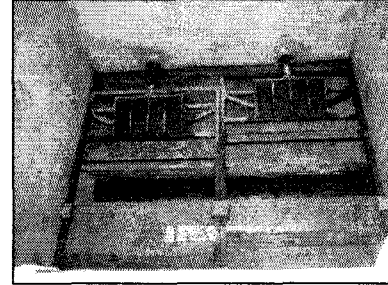


Fig. 4 Push rod 및 인출 conveyor

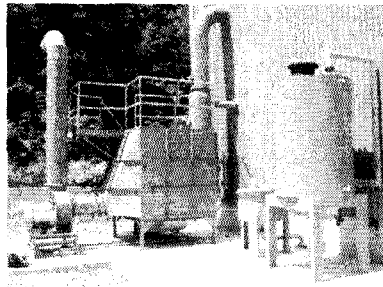


Fig. 5활성탄 흡착탑



Fig. 6피스톤 펌프

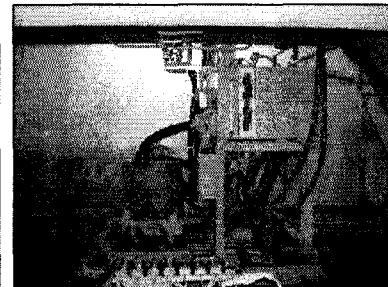


Fig. 7 유압 구동 장치

③ 비 고 : 피스톤 실린더에 필요한 압력
(최대압력 : 81 kgf/cm²) 발생

공정 테스트의 기간 및 투입량은 Table 2와
같으며 test 결과를 다음에 정리하였다.

7) 폐유탱크

- ① 용 량: 2 m³
- ② 비 고 : 인출 콘베이어로 분무되어 피스톤
펌프 및 이송 pipe내에서 슬러지에
유효성 부여

Table 2. Test scale

투입기간	2005. 05. 03 ~ 2005. 05. 27
투입설비	No.4 Line
투입량	375.14 ton (2 ton/Hr)

8) 이송 파이프

- ① 총길이 : 160 m(수평 : 100 m, 수직 : 60 m)
- ② 직경 : 200 mm

1) Power consumption

하수슬러지를 투입하는 동안 Kiln ID Fan의
speed는 Table 3에서와 같이 거의 변화가 없었
으며 그 결과로 power consumption 또한
Table 4에서 보는 것과 같이 큰 변화가 없었다.

2-4 Test 결과

Table 3. Comparision of process condition

Feeding period	Sewage sludge	Feed rate (tph)	F-Cao (%)	Cl (ppm)	Coal feed		F/C gas		NOX (ppm)	I.D.Fan Speed (%)
					Kiln (ton)	P/H (ton)	O2 (%)	CO (%)		
					Avg	Avg	Avg	Avg		
5.3~5.27	Use	384	1.27	5800	8.0	18.8	3.1	0.09	333	61
	Not use	384	1.16	4800	7.9	19.2	4.0	0.06	361	61

Table 4. Comparison of powder consumption

Sewage sludge	Calculated power consumption		Actual Power consumption				
			Clinker output	Power consumption at ID.Fan			
	kw	Kwh/ton-cl		tph	A kw	B kw	Ave kw
Before	1,830	8.06	227	1071.6	1022.7	1047.1	4.61
After	1,841	8.11	227	1063.4	1032.3	1047.9	4.62
Diff,	11	0.05	0	-8.2	9.6	0.8	0.01

Table 5. Calculation of heat consumption for sludge feeding

Description	Combustion heat (Kcal/ton-cl')	Evaporation heat from moisture (Kcal/ton-cl')	Difference (Kcal/ton-cl')	Remarks
Feeding sludge	4,893	4,025	868	

Table 6. Actual amount of heat consumption

Description	Clinker output (tph)	Coal feed			Heat value (kcal/kg-coal)	Heat consumption (kcal/kg-cl')
		Kiln (ton)	P/H (ton)	Ave (tph)		
Before	227	7.9	19.2	27.1	6,302	755
After	227	8.0	18.8	26.8	6,312	745
Diff,	0	0.1	-0.4	-0.3	10	-10

슬러지 투입전과 비교하여 0.8kw (0.01 Kwh/ton-cl') 정도만이 상승하였다.

2) Heat consumption

열원단위의 경우에는, 슬러지 투입전과 비교하여 10 kcal/kg-cl' 하락하였는데 이는 하수슬러지의 투입에 의하여 감소된 것이 아니라 Coal 투입량의 감소로 인한 것으로 생각된다. 즉, clinker의 f-CaO가 투입전 1.16수준에서 1.27 수준으로 증가하였고 이로 인해 열원단위도 감소한 것으로 사료된다.

3) Chlorine content

Hot meal에서 chlorine content는 1,000ppm 증가하였다. 이것은 하수슬러지 내부에 포함되어 있는 chlorine의 함량이 6,300ppm으로 높기 때문으로 판단된다.

3. 결 론

1) 당사에서 하수슬러지 처리 설비를 설치하고 test한 결과는 다음과 같다.

하수슬러지에 포함되어 있는 chlorine으로 인하여 hot meal에서 chlorine을 상승 되었지만, clinker의 생산성, power consumption, heat consumption 등은 투입전과 비교하여 거의 변화가 없었다 이는 본 test에서는 투입한 슬러지의 량이 2 ton/hr로 소량이었기 때문으로 생각되며 차후 대량처리 test를 거쳐 지속적으로 monitoring 해야 할 것으로 생각된다.

2) 또한 본격적으로 슬러지를 이용하기 위하여 아래와 같은 사항을 보완하여 운영할 예정이다.

① Suction line 보강

활성탄 흡착탑은 운영비가 많이 들기 때문에 기본적인 Suction line은 생산 공정으로 연결하고 활성탄 흡착탑은 비상시만 운영할 예정이다.

② 추가 Line 운영

추가적인 펌프를 설치하여 4호 Line에서 3호 line 까지 연결하여 4호 line보수 중에도 3호 line에 사용 가능토록 할 예정이다.

③ 위생 및 안전 사항 보완

슬러지 설비에서 일하는 공장 근무자를 위해 현재 별도의 복장과 특수 마스크 등을 지급하고 있으나 본격 사용 시 휴대용 gas 측정기의 사용을 의무화 하고 일회용 특수복, 별도 보안경 등을 항상 비치하고 안전 표지판 등 보강하는 등 잠재적인 비위생 상태에 노출되지 않도록 보완 할 예정이다. 또한 위험성 평가를 실시하여 정지, 운전, 설비 점검 시 발생 가능한 모든 위험 요소의 분석 및 대책을 실시하고 lock out system을 철저히 준수할 것이다.

< 참고 문헌 >

1. Yukinori yamazaki 등, "下水汚泥の セメント原料への有効利用"セメント.콘크리트論文集, No. 48, (1994)
2. 廣田洋二 등, "セメント製造と下水汚泥" セメント.콘크리트, No. 621, (1998)
3. 木次恭一 등, "セメントなどによる下水汚泥の砂狀化と處理物の有効利用, せ技年報, XXXI,