화 공 안 전 분 야

하수처리장의 혐기성 소화가스 재활용을 위한 보일러 가동효과

이내우 · 강태유 · 설수덕*
부경대학교 산업시스템 · 안전공학부, 동아대학교 화학공학과*

1 서 론

도시생활용수 및 공업용수의 급격한 수요증가 때문에, 이로 인해서 발생되는 배수와 폐수에 의한 수질오염은 큰 사회문제로 대두되었으며 시급히 해결해야 하는 할 과제이다. 따라서 처리방법은 활성탄 흡착, 오존산화, 약품침전, 이온교환, 전기투석, 역침투 및 포말분리 등 여러가지의 방법을 선택할 수 있으나 그 처리방법은 궁극적으로 폐수의 성상과 장치의 효율에 따라 결정될 수밖에 없다.

슬럿지의 처리방법에서 재활용할 수 있는 방법은 다음의 세가지 관점에서 고려될 수 있다.

첫째, 슬럿지에 함유된 유기물질을 토질의 개량제로 사용하는 방법.

둘째, 질소, 인, 칼륨 등과 같은 영양소는 식물의 영양분이 될 수 있으므로 비료로 활용하는 방법.

셋째, 슬럿지의 소화가스는 열함량이 높으므로 연료로 사용하는 방법.

따라서 슬럿지는 유기물 및 무기물을 함유하고 있으므로 재활용은 환경적인 면이나 운영상으로도 대단히 중요한 의미를 갖는다.

본 연구는 S 하수처리장의 폐기물로서 나오는 혐기성 소화가스를 연료로 재활용하여 효율적인 하수처리장의 운전을 수행함으로서 환경적인 문제점 해결과 경제적인 이윤을 발생시키고, 사용되는 보일라의 스케일을 제거하기 위하여 화학세정을 실시함으로서 얻어지는 경제적인 이점과 안전공학적인 측면에서 물리적인 폭발과 같은 산업재해를 방지하고자 함에 그 궁극적인 목적이 있다.

2 실험 방법

실험은 부산시내에 소재하고 있는 S 하수처리장에서 실시하였으며 이 처리장의 개략적인 공정의 배치도는 Fig. 1과 같다. 설계수질은 유입수질을 고려하여 결정되었으며, 처리효율 및 처리수질은 이 값을 근거로 처리하였다. 본 처리장은

도시하수가 주요 처리대상이며, 공장폐수의 혼합비율은 4% 미만이다.

3 결과 및 분석

3.1 소화가스의 생성

소화가스에 공기가 혼입되면 폭발할 가능성이 있으므로, 소화슬럿지나 탈리액의 인출시에 진공이 되어 공기가 혼입되지 않도록 주의하였다. 소화가스중에는 다량의 수분이 함유되어 있기 때문에 응결되어, 가스유통을 방해하거나 장치를 부식할 수 있으므로 수시로 배수시켰다.

적정한 운전조건을 유지시키고 양호한 소화상태로부터 가스발생량의 증대를 가져오면, 최종슬럿지의 양을 감소시킬수 있으므로 소화상태는 대단히 중요하며 소화율의 계산은 다음식(1)에 의해 산출하였다.

$$\text{소화율} = \left(1 - \frac{\text{유입슬럿지중의 무기물} \times \text{유출소화슬럿지중의 유기물}}{\text{유입슬럿지중의 유기물} \times \text{유출소화슬럿지중의 무기물}}\right)$$

$$= \left[1 - \frac{(100 - \frac{V_{s1}}{T_{s1}})(\frac{V_{s2}}{T_{s2}})}{(\frac{V_{s1}}{T_{s1}})(100 - \frac{V_{s2}}{T_{s2}})}\right] \times 100 \qquad \text{---------- (1)}$$

3.2 탈황제의 흡착성능시험

소화가스중에 포함된 황화수소나 산성가스류와 같은 유황화합물은 대단히 유독하기 때문에 이것이 대기중으로 누출되면, 자연환경 및 근로자의 인체에 치명적인 영향을 줄뿐 만 아니라 기기 및 장치의 부식을 가속화하여 설비에도 많은 악영향을 초래한다. 따라서 유황화합물의 제거를 위한 흡착탑관리는 대단히 중요하다. 황화수소 흡착제는 탈황탑내에 충진되어 있으며, 흡착제를 통과하는 산성 및 황화수소를 제거한다. 흡착제의 교체주기는 통상 일정기간동안 사용후 교체하였기 때문에 파과시간을 넘기는 경우가 발생되기도 하였고 이것은 대단히 위험하므로 각별한 주의가 필요하다. 유독성 가스의 흡착메카니즘은 다음과 같이 예측되고 흡착파괴곡선은 Fig. 2와 같다.

$$Fe_2O_3+3H_2S \rightarrow Fe_2S_3+3H_2O \quad \text{---------- (2)}$$

또한 산소가 포함된 가스에 사용하는 경우는 다음과 같은 재생반응이 수반되어 산소를 포함하지않은 경우보다 황화수소 흡수능력이 월등하고, 유황의 회수도 가능하다.

$$Fe_2S_3+\frac{3}{2}O_2 \rightarrow Fe_2O_3+3S \quad \text{---------- (3)}$$

3.3 공장폐수의 처리가능성

본 하수처리장의 설계기준은 공장폐수의 혼합비율을 4% 미만으로 정하고 있기 때문에 만약의 경우에 공장폐수가 일시적으로 과다하게 유입되면 처리공정의 운전이 비정상이 될 가능성이 있기 때문에 이에 대비하고자 유입율을 높여서 고농도 공장폐수의 처리가능성을 실험한 결과는 다음 Table 1과 같다. 이 실험에 사용한 폐수는 통상적으로 유입되는 공장폐수를 모아 일정량 이상으로 혼입시키는 방법으로 행하였다. 이 결과에 의하면 최대 20 %까지는 혼입하여도 정상적인 처리가 가능하다는 것을 의미한다.

3.4 보일라의 화학세정

보일러에 사용되는 급수에는 여러가지의 불순물인 칼슘, 마그네슘, 중탄산, 탄산염, 황산염 및 염화물과 유지분 등이 함유될 수 있으며 이를 그대로 사용하면 보일러의 운전에 장애가 발생되므로 양이온 교환수지탑을 통과시켜 용수처리를 철저히 하고, 보일러 내부에서 발생하는 장애를 최소화하기 위하여 청관제를 주입하였다.

보일라의 전열관 외부면의 슬럿지 부착에 의한 전열저항도 매우 큰 부분을 차지하고 있지만, 계통수내에 존재하는 Scale 성분에 전열저항은 화학적인 세정방법으로 제거하는 것이 바람직하다.

본 하수처리장의 보일라는 드럼형 보일러이기 때문에 무기산세정을 원칙으로 하였으며, 그 농도는 약 7%로 처방하였고 용액의 온도는 약 70℃로 유지하였다. 그리고 산세정이 시작된 후부터 염산용액의 농도변화와 이 때에 용출되는 물질은 대표적으로 철분을 분석함으로서 산세정의 종점을 결정하는 자료로 사용하였으며 그 결과는 Fig. 3에 나타낸 바와 같다.

4 결 론

하수처리장에서 발생하는 혐기성 소화가스의 재활용함으로서 보일러 가동효과에 대한 연구를 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 양호한 소화조건은 가스발생량을 증대시키고, 최종 슬럿지양의 감소시킬 수 있는 장점이 있기 때문에 경제적인 이득 이외에 생태계의 자연환경의 보호라고 하는 점에서도 대단히 중요한 의미를 갖는다.

2) 메탄가스의 대체효과에 의한 에너지 절감효과는 경유로 환산하면 약 2000만 ℓ가 되므로 경제적인 이득은 년간 약 100억원이 될 것으로 추산된다.

3) 적정한 시기에 보일러의 화학세정을 실시하는 것은 에너지 절감이라는 측면에서 대단히 바람직할 뿐만 아니라 안전관리상 대형재해의 발생의 방지라고 하는 측면에서도 대단히 중요하다.

참고문헌

1 권 숙표 외 2명, 환경공학, 보성출판사, PP. 102-115, 1982.
2 한 석순. 김 오식, 폐수처리 플랜트의 유지관리, 도서출판 동화기술,PP. 257-301, 1986.
3 株式會社 フヅ。テクノシステム出版部, バイオマスに よろ 燃料.化學原料の 開發資料集成, PP.107-153, 1984.
4. 平野敏右, 燃燒學 -燃燒現象とその制御 p.51, 海文堂, 1986.
5. 양 병수, 용수 및 폐수처리, 도서출판 동화기술, pp. 445-446, 1992.
6. 金五植 外 2, 新活性 슬럿지法, 錄苑出版社, 1988.
6. 한국화학연구소, 의뢰시험성적서(Report No. TK-02638) 1997
7. 火力發電技術協會, 火力發電必携, p. 120, 昭和 47年.
8. 朴元圭. 都甲守, 化學工學, p. 128, 1992.

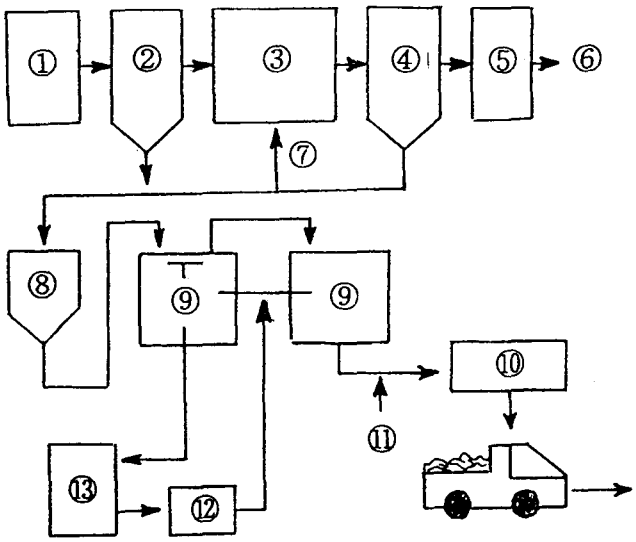

Fig 1 Schmetic diagram of layout on sewage treatment

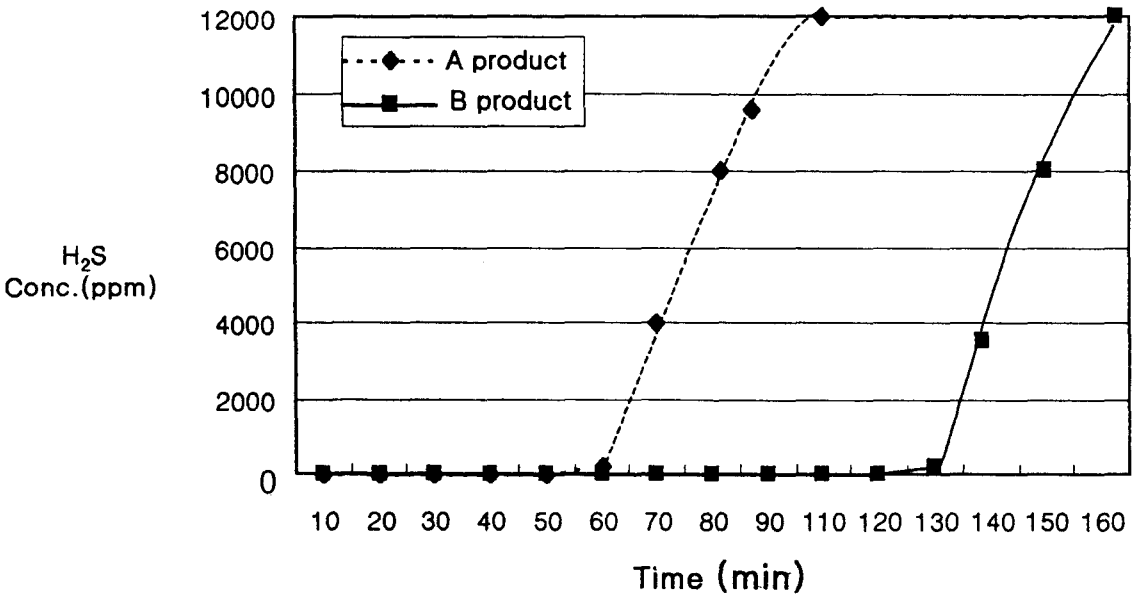

Fig. 2 Comparision of breakthrough curve for desulfurization

Table 1 Possibility of industrial wastewater treatment

mixing ratio (%)	check item	quality of influent(mg/ℓ)	quality of effluent(mg/ℓ)	design value of effluent (mg/ℓ)
10	BOD	124	9	13
	COD	72	13	19
	BOD/COD	1.72	0.69	-
20	BOD	125	11	13
	COD	71	17	19
	BOD/COD	1.76	0.65	-

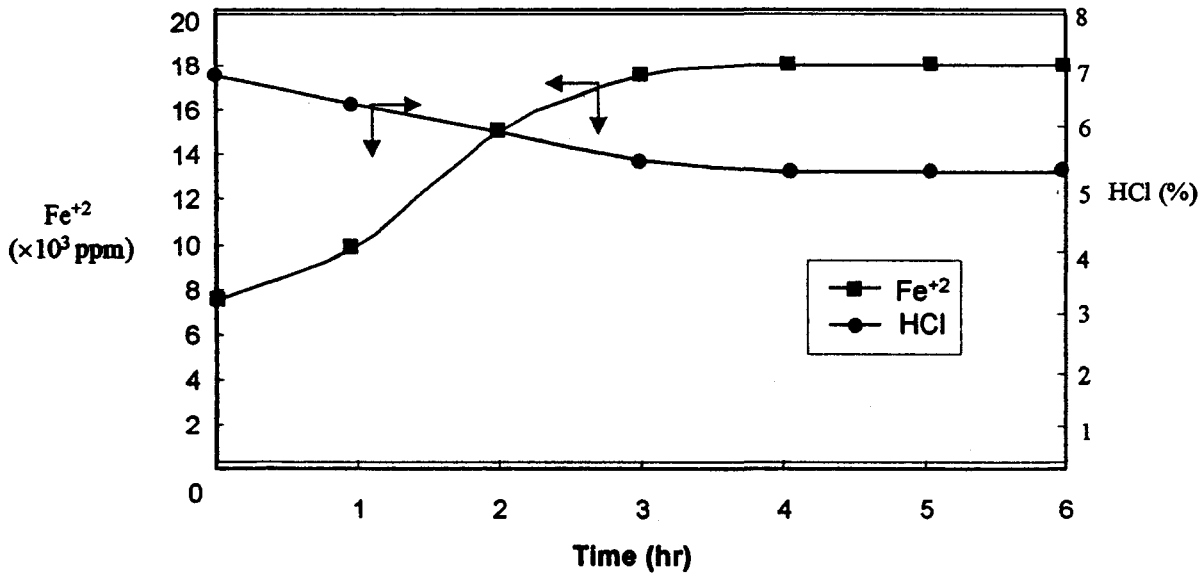

Fig. 3 Variation of Fe^{+2} and HCl concentration during acid cleaning