

廢水處理 슬러지의 再活用技術開發 및 經濟性 評價 -B 染色組合을 中心으로-

林在浩 · 李禎淵

半月染色事業協同組合, 漢陽大學校 經營學部

Reuse Technology Development and Economic Evaluation of Dyeing Wastewater Treatment Sludge

Jae-Ho Lim and Jeong-Yeon Lee

Banwol Dyeing Enterprise Cooperative

*Dept. of Management, Hanyang University

요 약

본 연구는 B 염색조합 공동폐수처리장의 염색폐수 처리과정중 Fenton 공정에서 발생하는 무기슬러지의 처리 및 재활용에 관한 연구로서, Pilot plant에 의하여 제용해철(Fe^{3+})과 $FeCl_2$ 의 혼합용액을 사용한 연속식 산화실험 결과, 처리수의 COD_{Cr} 는 대략 100 mg/l이하였으며 이때 COD_{Cr} 제거율은 78.9%로 H_2O_2/Fe^{total} 가 대략 1.5 범위에서 최적치를 나타내었다. 슬러지의 용해공정 후에 배출되는 2차 슬러지에 대하여 3성분을 측정하여 1차 슬러지와 비교해 볼 때 회분은 약 85%가 감소되었으며, 건조기준 총 슬러지는 약 65%의 감량을 나타내었고, 슬러지 속의 철염의 제용해율은 대략 90~95% 정도였다. 슬러지 재활용공정의 예상투자비용은 시설용량 30,000 m^3/d 기준으로 약 3.5억원이 소요되며, 예상운영비는 하루에 약 130만원(연간 4.2억원)의 절감을 예상할 수 있으며, 투자비에 대한 이차비용을 감안하면 설비투자비용에 대한 투자자본금 회수기간(PP)은 약 10.5개월이 필요하고, 회계적이익률(ARR)은 179%, 순현재가치(NPV)는 7.92억원, 내부수익률(IRR)은 약 110%로 충분한 투자 가치가 있는 것으로 판명되었다.

주제어 : Fenton 슬러지, 용해, 재활용

ABSTRACT

This study was carried out for treatment and reuse of inorganic sludge from Fenton process at B dyeing wastewater treatment plant. The parameters for pilot-scale treatment system were derived from the results of this study. It was found that COD_{Cr} of the treated effluent became lower than 100 mg/l approximately on the optimal reaction condition. 2nd sludge which was generated after redissolving sludge was analyzed, and it showed that reduction ratio of ash in 2nd sludge and total dry sludge weight in comparison with current sludge were 85% and 65%. Also Fe salt in sludge was redissolved about 90~95% of initial Fe by weight. It was estimated almost ₩350,000,000 for sludge reuse process. It was estimated saving of about ₩1,300,000 per day (₩420,000,000 per year) in operating cost based on 30,000 m^3/d treatment, which these were about ₩430,000 per day in chemicals, ₩1,100,000 per day in sludge transportation and ₩200,000 per day in equipment maintenance. Payback period with interest charge for investment cost was estimated about 10.5 months. Also, net present value (NPV) was ₩792,000,000 and internal rate of return (IRR) was about 110%.

Key words: Fenton sludge, solution, reuse

* 1999년 9월 10일 접수, 2000년 1월 13일 수리

* E-mail: bdec@nownuui.net

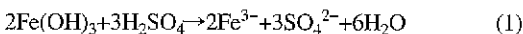
1. 서 론

사업장에서 발생하는 산업폐기물의 적정처리를 위해서는 1차 목표를 감량화(minimization, reduce)에 두어 발생원에서의 배출량을 근본적으로 줄이고 자원화를 통한 폐기물의 이용을 극대화하여 최종처분에 대한 부담을 줄이므로서 매립지에 대한 부담을 최소화할 수 있는 방안을 시급히 마련해야 할 시점에 와 있다. 그러므로 본 연구는 B 염색조합 공동폐수처리의 Fenton 공정에서 발생하는 무기슬러지의 처리 및 재활용에 관한 연구로서 최종 처분되는 폐기물의 양을 최소화하고 또한 폐기물로부터 자원을 회수하기 위해 일차적으로 슬러지에 함유되어 있는 철분의 회수와 회수된 3가 철(Fe³⁺)을 2가 철(Fe²⁺)로의 환원 반응조건(pH, 산의 농도, 반응시간, 주입철의 양 등을 규명하고, 환원된 철을 이용하여 Fenton공정에 재사용시 환원된 철이 Fenton 시약(FeCl₂)에 대한 혼합비율(환류비)을 결정하고, 그 결과에 의한 슬러지의 재활용공정에 대한 경제적 타당성을 평가함으로써 염색폐수처리 슬러지의 재활용기술 개발과 경제성을 평가하는데 연구의 목적이 있다.

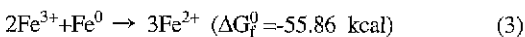
2. 이 론

2.1. 슬러지에 포함된 3가 철의 환원

Fenton 산화반응 처리 후에 생성되는 슬러지는 주로 그 성분이 Fe(OH)₃로 이들은 최종 매립처분되고 있다. 슬러지 속에 함유되어 있는 철을 회수하기 위하여는 먼저 슬러지를 용해 시키고, 용해된 3가 철이온을 2가 철이온으로 환원시켜 회수, 재사용하게 되는데 일반적인 이온방정식은 다음과 같다.^{1,2)}



3가 철을 2가 철로 환원시키기 위한 환원제로는 Zn, Cd, Cu, Hg 및 Ag 등의 금속을 환원제로 쓸 수 있으나, 철(Fe)을 사용하는 것이 공정상에도 유리하므로 철을 이용하여 환원반응을 시켰으며, 이 때의 산화 환원 반응식은 다음과 같다.³⁾



2.2. 투자비용 산출과 경제성 평가

2.2.1. 투자비용 산출방법

Plant 건설에 소요되는 투자비용을 산출하는 데에는

이용 가능한 정보의 양과 요구되는 정확도에 따라 적절한 방법을 선정하여야 한다. 아래의 네가지 방법들은 순서대로 정확도가 점차 감소하는 것으로 이에 따라 필요한 정보의 양은 줄어들게 된다.^{4,7)}

- (1) Method A: 세부항목 산출법(Detailed-item estimate)
- (2) Method B: 단위비용 산출법(Unit-cost estimate)
- (3) Method C: 공급장치비 비율법(Percentage of delivered-equipment cost)
- (4) Method D: 공장규모비의 지수적용법(Power factor applied to plant-capacity ratio)

2.2.2. 경제성 평가방법

Plant 건설에 소요되는 투자비와 운전 등으로 소요되는 경비에 대한 경제성 평가의 분석방법은 아래와 같은 여러 가지 방법이 있다.⁸⁾

- (1) 회수기간법(payback period method)

회수기간이란 투자에 소요된 모든 비용을 회수하는데 걸리는 기간으로서, 보통 연단위로 표시한다. 다른 모든 조건이 동일하다면, 회수기간이 짧은 투자안이 회수기간이 긴 투자안보다 더 좋은 투자안이다.⁹⁾

$$PP = \frac{I(\text{최초의 추가 투자액})}{(R-OC+D\&I-AI)} \times 12 \text{월} \quad (4)$$

여기서, PP = Payback period in years

I = Capital investment

R = Annual revenues

OC = Annual operating costs

D&I = Annual depreciation and interest charges included in OC

AI = Annual interest charge on total investment

- (2) 회계적 이익률법(accounting rate of return method)

회계적 이익률법은 평균이익률법이라고도 하며, 이것은 투자로 인한 납세 후 연평균순이익(감가상각이 제외된)과 연평균투자액의 비율로 계산하는 방법과, 연평균순이익과 전체투자액의 비율로 계산하는 방법이 함께 쓰이고 있다. 투자수명 후 잔존가치가 없다면, 연평균순이익과 연평균투자액의 비율로써 회계적이익율을 계산하는 경우 다음식을 이용한다.

$$\text{회계적 이익률} = \frac{\text{연평균순이익}}{\text{연평균투자액}} = \frac{\text{연평균순이익}}{\text{총투자액}/2} \quad (5)$$

- (3) 순현재가법(net present value method)

순현재가(NPV)법은 투자로 인하여 발생할 미래의 모든 현금흐름을 적절한 할인율로 할인하여 현재로 나타내어 서 투자결정에 이용하는 기법이다.

$$NPV = \sum_{t=1}^N \frac{CF_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (6)$$

CF_t : t시점의 순현재금흐름
 I₀ : 0시점의 투자금액
 k : 할인율

(4) 내부수익율법(internal rate of return method)

내부수익율(IRR)법은 미래의 현금유입의 현재와 현금 유출의 현재를 동일하게 하는 할인율을 구하여, 그 값과 기대수익률을 비교하여 투자가치를 평가하는 방법이다. 즉 내부수익률법을 사용하여 투자결정을 내릴 때에는 투자로 인한 내부수익률과 기업의 기대수익률을 비교하여 내부수익률이 기대수익률 보다 높은 투자안에

대해서는 투자가치가 있다고 평가한다.

$$\sum_{t=0}^n \frac{CI_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{CO_t}{(1+r)^t} = 0 \quad (7)$$

CI_t : t시점에서의 현금유입
 CO_t : t시점에서의 현금유출
 r : 할인율

3. 실험방법

3.1. 시료

본 실험에서 사용한 시료는 B 염색조합 공동폐수처

Table 1. Characteristics of inorganic sludge

pH	Total-Solid (%)	FSS (%)	VSS (%)	Fe ^{total} (%. D.S)
6.2-6.5	3.5-4.0	2.0-2.2	1.5-1.8	29

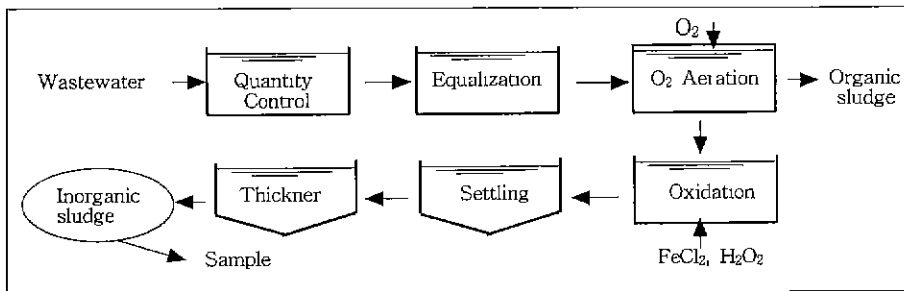


Fig. 1. The treatment process of dyeing wastewater.

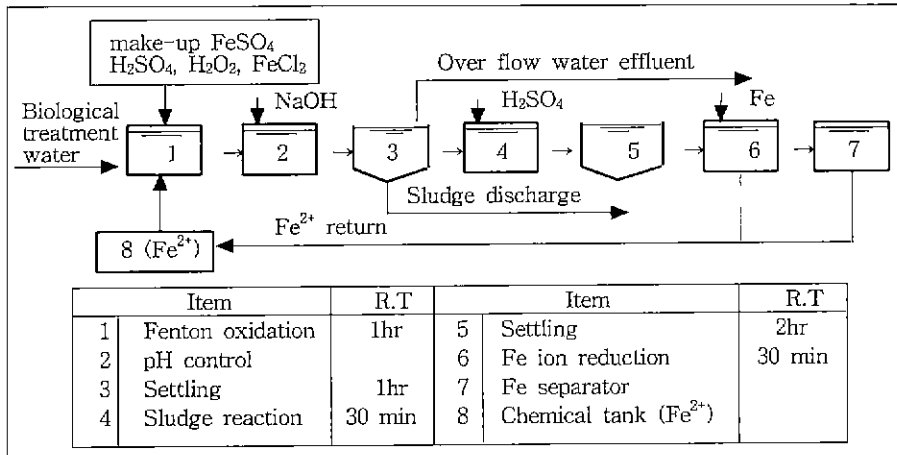


Fig. 2. Schematic diagram of the pilot plant.

리공정(Fig. 1 참조)중 상향류식 순산소폭기조에서 생물학적 처리를 거친 후에 방류되는 상등액의 색도 및 COD_{cr}를 제거하기 위하여 Fenton산화법을 적용하고 있으며, Fenton산화 후에 생성되는 무기성슬러지를 대상으로 하였다.

3.2. Pilot plant 제작

본 실험을 위한 Pilot의 설계는 회분식 실험결과를 기초로 하였으며, 폐수처리 공정과 슬러지의 재활용에 대한 개략적인 공정도는 Fig. 2 와 같다.

3.3. Pilot plant에 의한 실험

(1) Fenton 산화반응

H₂O₂(35%)와 FeCl₂(Fe^{total}: 14%이상)을 주입하여 반응pH 3~4범위에서 Fenton 산화반응을 시켰으며, 반응조의 체류시간은 1시간으로 하였다.

(2) 슬러지의 용해

배출되는 슬러지속의 철을 용해하기 위하여 용매로는 판리와 보관이 용이한 황산을 사용하였으며, 이 때의 pH는 대략 1~2범위, 용해조의 체류시간은 약 30분으로 하였으며, 용해액과 슬러지는 일정시간마다 채취하여 용해액의 철의 형태와 농도 및 슬러지의 3성분(수분, 가연분, 회분)과 잔존 철의 함량을 측정하였다.

(3) 철이온의 환원

용해액 속의 철이온은 대부분 Fe³⁺ 이므로 이를 Fe²⁺ 환원시키기 위하여 용해액에 황산을 주입하여 pH를 약 1 정도로 하면서 여기에 환원제(Fe⁰)를 주입시켜 철이온을 환원시켰다.

4. 결과 및 고찰

4.1. FeCl₂(Fe²⁺)을 사용한 산화실험

생물학적처리 방류수를 시료로 하여 Fenton 산화처리한 결과, Fig. 3에서와 같이 H₂O₂/Fe^{total} 비가 대략 1.4~1.7 범위에서 COD_{cr}는 대략 60%이상의 제거율을, 색도(APHA)의 경우 대략 80%이상의 제거율을 보였으며, 과산화수소를 과량주입할 경우 잔존 과산화수소가 COD 유발요인으로 작용하여 COD_{cr} 제거율이 저하되었다.

4.2. 환원 철 (Fe²⁺)을 사용한 산화실험

Fenton 슬러지를 용해하여 얻은 3가 철(Fe³⁺)을 환원시킨 용액(Fe²⁺, recovered FeSO₄)을 사용하여 Fenton 산화실험을 한 결과, Fig. 4에서와 같이 H₂O₂/Fe^{total}

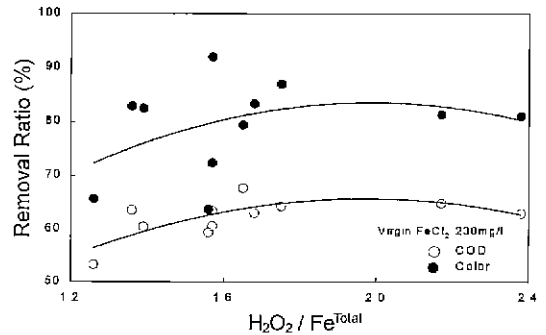


Fig. 3. COD_{cr} and Color removal ratio with various H₂O₂/Fe^{total} (using virgin FeCl₂).

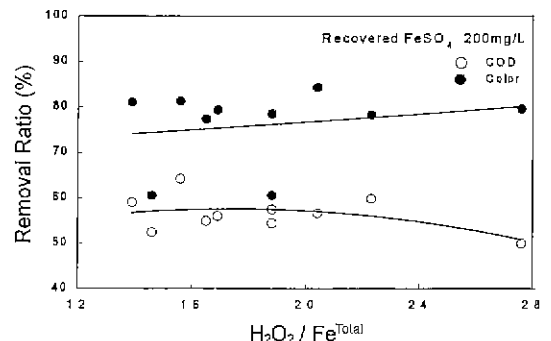


Fig. 4. COD_{cr} and Color removal ratio with various H₂O₂/Fe^{total} (using recovered FeSO₄).

비가 1.4~1.8의 범위에서 COD_{cr}는 55%, 색도는 75% 이상의 제거율을 보여 순수한 FeCl₂을 사용한 Fenton 산화실험과 대등한 결과를 보였다. 그러나 환원시킨 철만을 사용할 경우 철의 농도(Fe^{total}: 4~5%)가 낮아 과량 주입으로 인해 반응조의 pH가 3.0 이하로 떨어졌으며, pH증화제인 가성소다의 주입량이 약 2배 증가되었다.

4.3. 용해철 (Fe³⁺)과 FeCl₂의 혼합용액을 사용한 산화실험

앞 절에서 언급한 바와 같이 환원시킨 철만을 사용할 경우 반응pH의 강하 및 COD제거율이 약간 저하되므로 이를 보완하기 위하여 FeCl₂을 적당량 넣은 혼합 Fe용액을 사용하여 Fenton 산화실험을 하였다. 혼합 Fe용액의 조성은 용해철(Fe³⁺)과 FeCl₂의 증량비로 50~70%로 변화시켰으며, Fenton 산화처리한 결과를 Fig. 5에 도시하였는데, 총 철양이 170 mg/l이고 Fe³⁺가 60%일 때 COD_{cr} 제거율은 78.9%으로 가장 좋은 결과를 보였으며, Fig. 6에 도시한 바와 같이 H₂O₂/

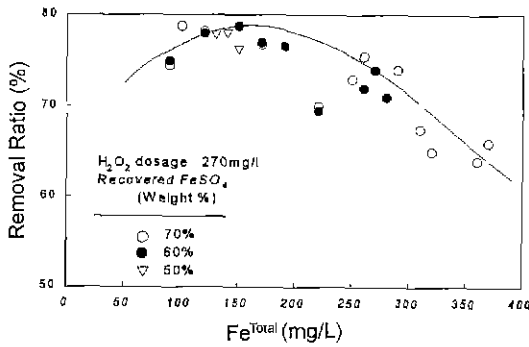


Fig. 5. COD_{cr} removal ratio with various Fe^{total} (mixed Fe^{total}=virgin FeCl₂ + recovered FeSO₄=170 mg/l).

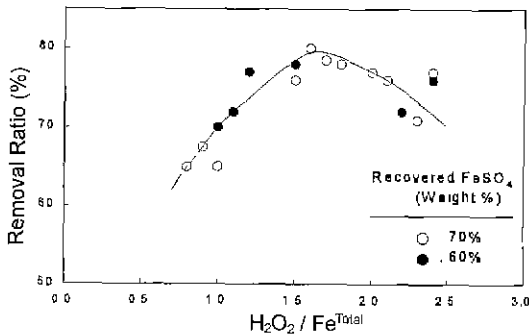


Fig. 6. COD_{cr} removal ratio with various H₂O₂/Fetotal ratio (mixed Fe^{total}=virgin FeCl₂ + recovered FeSO₄=170 mg/l)

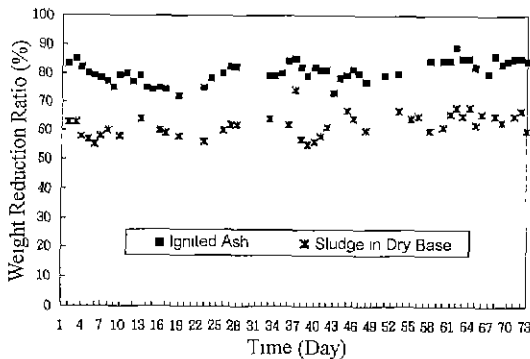


Fig. 7. Weight reduction ratio of ignited ash and sludge (in D.S).

Fe^{total}비가 대략 1.5 범위에서 최적치를 나타내었다. 이는 Fe³⁺이온이 Fe²⁺이온보다 응집력이 커서 수산화물 침전시 보다 많은 유기물을 흡착, 공침함으로써 COD_{cr} 제거율이 상승된 것으로 사료된다. 한편 슬러지의 용해

공정후에 배출되는 슬러지에 대하여 3성분(수분, 가연분, 회분)을 측정된 결과, Fig. 7 과 같이 회분은 약 85%의 감량을, 슬러지(건조기준)는 약 65%의 감량을 나타내었으며, 슬러지속의 철염의 재용해율은 대략 90~95%로 나타났다.

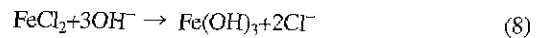
이상의 Pilot plant 실험에 의하면 철염의 여러 조건(FeCl₂ 용액, 슬러지를 재용해한 Fe³⁺, Fe³⁺용액을 환원시킨 Fe²⁺ 그리고 Fe³⁺용액과 FeCl₂의 혼합용액)중에서 슬러지를 용해하여 얻은 Fe³⁺과 FeCl₂를 6:4로 혼합한 혼합 Fe용액을 사용한 경우가 비교적 좋은 처리결과를 얻었으며, 이 때에 사용한 혼합 Fe용액 Fe^{total}량은 170 mg/l(Fe³⁺=60%, Fe²⁺(FeCl₂)=40%) 그리고 과산화수소는 H₂O₂/Fe^{total}비가 대략 1.5 범위인 250 mg/l에서 최적치를 나타내었다.

5. 경제성 평가

Plot plant 실험에 의하여 얻은 실험결과를 기초로 하여 현재 B 염색조할 공동폐수처리장에서 실행되고 있는 처리방법과 본 연구에서 검토한 결과에 대한 경제성을 비교하면 다음과 같다

5.1. 투자규모 결정

Fenton 반응조에서 사용한 철염의 양은 유입폐수량 30,000 m³/d를 기준으로 하며, Fe^{total}량은 170 mg/l인데 이 중에서 FeCl₂ 용액(make-up)이 40%, 나머지 60%는 슬러지를 용해하여 얻은 철염(Fe³⁺)으로 대체 사용하였으며, 과산화수소는 H₂O₂/Fe^{total}비가 대략 1.5 범위인 250 mg/l로 하였다. 슬러지의 발생량은 COD에 의한 것(약 50%)과 SS, 그리고 산화반응에 사용한 철염에 의한 것 등으로, 철염에 의한 것은 이론적으로 아래 식(8)과 같이 반응한 것으로 가정된 것이다. 그리고 슬러지 용해조에서 감량되는 슬러지의 양은 Pilot plant 실험에 의하여 건조기준으로 65% 이상이지만 본 경제성 평가에서는 대략 50%로 가정하였다.



$$\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{FeCl}_2 = 106.8/126.8 = 0.84$$

$$\text{Fe}/\text{FeCl}_2 = 0.44$$

$$\text{FeCl}_2 \text{ 함량} = 32 \sim 34\% (\text{Fe}^T 14\% \text{ 시})$$

5.2. 장치제작 투자비 및 운영비

(1) 예상 투자비용

앞 절의 투자규모에 의한 슬러지 재활용장치에 대한

Table 2. The investment cost

구 분	단 위	수 량	금 액(원)
1) 토목공사	LOT	1	15,000,000
2) 건축공사	"	1	1,500,000
3) 구입기계공사	"	1	95,000,000
4) 철, 계관공사	"	1	100,000,000
5) 배관공사	"	1	66,680,000
6) 전기공사	"	1	30,000,000
7) 기타공사	"	1	10,000,000
소 계			318,180,000
8) 공과잡비	%	10	31,820,000
총 계			350,000,000

설계사양 및 flow sheet, lay-out에 의거 detailed-item estimate 방법으로 투자비를 산출(Table 2 참조)하면 총 투자비용은 3억 5천만원이 된다.

(2) 예상 운영비 비교

기존 처리방법과 본 연구에 의한 슬러지 재활용방법에 대한 예상 운영비를 산출한 결과는 Table 3 과 같으며, 폐수처리량 30,000 m³/일 기준으로 할 때 일일 약 품비에서 43만원 감소, 슬러지 운반비에서 110만원 감

소가 있으며, 장치 유지비가 일일 20만원이 예상되어 하루에 약 130만원(연간 4억 2천만원)의 절감을 예상할 수 있다.

한편 투자비용은 약 3억 5천만원이 소요되며, 이를 3년 거치 5년 분할 상환에 연이자 8%의 조건으로 대출을 받으면, 이에 대한 이자비용은 단순이자(단리) 계산 방법에 의거 다음 식(9)로 계산할 수 있다.⁶⁾

$$I = Pni \tag{9}$$

I = 이자

P = 원금(초기투자 자본금)

n = 이자계산 기간수

I = 이율

식 (9)에 의거 총 이자비용은 1억 6천 8백만원이며, 연간 평균 이자비용은 2천 1백만원이 된다. 결국 본 연구 결과에 의한 슬러지 재활용방법을 채용할 경우 연간 약 4억원의 절감을 예상할 수 있게 된다.

5.3. 경제적 타당성 평가

(1) 회수기간법

본 연구결과를 회수기간법(payback period method)에 의해 경제성을 분석하면 식 (4)에서

Table 3. Summary of economic analysis

(처리량: 30,000 m³/d, 300일/년)

항 목	구 분	단 가 (원/kg)	기존 처리 (mg/l)	재활용 처리 (mg/l)	비 고
① 일간약품비	철 염	65	1,500	600	슬러지 용해용 슬러지 용해용 잔존슬러지 증화
	과산화수소	416	250	250	
	황 산	85	180	-	
	NaOH	153	600	600	
	Polymer	1,600	3	3	
	황산	85	-	16.25 Ton/d	
	Polymer	1,500	-	195 kg/d	
	NaOH	153	-	0.72 Ton/d	
소 계			9,402,000	8,971,910	430,000원 절감
② 일간 슬러지 운반비			2,177,500 65Ton-75%	1,105,500 33Ton-75%	감량율 50%만계산함 (33.500원/Ton)
③ 일간 동력비 및 유지보수비			-	200,000	200,000원 증가
④ 일간 처리비			11,579,500	10,277,410	1,302,090 절감
⑤ 연간 처리비			35 억원	30.8 억원	4.2 억원 절감
⑥ 연간 이자 비용			-	21,000,000	이자 8%/년, 3년 거치 5년 분할
⑦ 연간 총비용			35 억원	31 억원	총절감액: 4억원

$$\begin{aligned} \text{회수기간} &= \frac{\text{최초의 투자액}}{\text{연간 현금 유입액}} \\ &= \frac{3\text{억 } 5\text{천만 원}}{4\text{억 원}} \times 12\text{월} = 10.5\text{개월} \end{aligned}$$

즉 투자액을 10.5개월만에 회수하므로 투자할 충분한 경제적 가치가 있다.

(2) 회계적 이익율법

회계적 이익율법에 의한 경제성 분석은 Table 3에서 감가상각액(내용년수 4년, 잔존가치가 없고, 정액법에 의한 연간 감가상각액은 87,500,000원임)을 제외한 연평균 순이익이 312,500,000원이므로 식(5)에서

$$\begin{aligned} \text{회계적 이익율} &= \frac{\text{연평균 순이익}}{\text{총투자액}/2} \times 100 \\ &= \frac{312,500,000}{350,000,000/2} \times 100 = 179\% \end{aligned}$$

즉 회계적 이익율이 179%로 충분한 투자 가치가 있다.

(3) 순현재가(NPV)법

본 연구결과를 아래의 조건에서 현금표와 현금현재표를 이용하여 순현재가를 구하여 보면

최초 투자액: 350,000,000원, 내용년수: 4년,
연간 현금절감액: 400,000,000원, 요구수익율: 15%

순현재가치가 792,000,000원이며, NPV>0 이므로 투자할 충분한 가치가 있다

(4) 내부수익률(IRR)법

마지막으로 내부수익률법에 의한 경제성 분석을 식(7)에 근거한 현금표를 이용하여 계산하여 보면.

기대수익률 ----- 15%

$$3\text{억}5\text{천} = \frac{4\text{억}}{(1+\gamma)} + \frac{4\text{억}}{(1+\gamma)^2} + \frac{4\text{억}}{(1+\gamma)^3} + \frac{4\text{억}}{(1+\gamma)^4}$$

내부수익률 계산

할인율(γ)	할인요소	현금유입	현금유입현재가
약110% 이상	0.875	4억	3.5억
$\frac{1}{(1+1.1)} + \frac{1}{(1+1.1)^2} + \frac{1}{(1+1.1)^3} + \frac{1}{(1+1.1)^4} = 0.476 + 0.238 + 0.107 + 0.051 = 0.872$			

내부수익률이 약 110%일 경우 할인요소가 0.872가 되므로 기대수익률 15%보다 아주 높게된다. 따라서 투

자가치가 있다.

6. 결 론

- 슬러지를 재용해한 철(Fe³⁺)과 FeCl₂를 6:4로 혼합한 혼합 Fe용액을 이용한 Fenton 산화실험 결과, Fe^{60%}량은 170 mg/(Fe³⁺=60%, Fe²⁺(FeCl₂)=40%) 그리고 과산화수소는 H₂O₂/Fe^{60%}비가 대략 1.5 범위인 250 mg/l에서 COD_c제거율은 78.9%를 나타내었다. 또한 슬러지의 감량율은 회분의 경우 약 85%, 건조기준 총 슬러지는 약 65%의 감량율을 나타내었으며, 슬러지속의 철염의 재용해율은 대략 90~95%정도를 나타내었다.
- 슬러지 재활용공정에서 추가되는 장치 및 부대시설에 대한 예상 투자비용은 시설용량 30,000 m³/d 기준으로 약 3.5억원이 소요되며, 기존 처리방법과 본 연구에 의한 슬러지 재활용방법에 대한 예상운영비는 염색폐수처리량 30,000 m³/d 기준으로 할 때 재활용법이 일일 약품비에서 약 43만원의 감소, 슬러지의 운반비에서는 약 절반인 110만원의 감소가 있으며, 장치유지비가 약 20만원이 소요될 것으로 예상되므로 하루에 약 130만원(연간 42억원)의 절감을 예상할 수 있다. 그리고 설비투자비용은 3년 거치 5년 분할상환을 조건으로 대출받을 때, 이에 대한 지불이자 (연 이자율=8%)는 매년 21,000,000원이 되어 본 연구결과에 의한 투자시 연간 약 4억원의 비용절감을 예상할 수 있으며, 투자자본 회수기간은 10.5개월, 회계적이익률은 179%, 순현재가치가 7.92억원, 내부수익률이 약 110%로 충분한 투자 가치가 있는 것으로 판명된다.

감사의 글

본 연구는 '99년도 한양대학교 교내 연구비에 의하여 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Kirk-Orthmer, "Ferrite", Encyc. of Chem. Tech, 3rd ed., Wiley-Interscience, 8, 881-901 (1980)
- 桃井清至, "下水污泥의 溶解特性和 結晶化에 관한 研究". 環境技術. 日本 20(7). 445-450 (1991).

3. 이후성 외 2인, 『분석화학』, 동화기술, 121-122 (1988).
4. J. B. Berkowitz, J. T. Funkhouser and J. I. Stevens, "Unit Operations for Treatment of Hazardous Industrial Wastes". Noyes Data Corporation (1978).
5. R. J. Thierauf and R. C. Klekamp, "Decision Making Through Operations Research", 2nd ed. (1975).
6. 김영휘 외 3인 역, 『경제성공학』, 8판, 청문각. 21-39, 43-44 (1997)
7. Max S. Peters, Klaus D. Timmerhaus, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", University of Colorado, 176-188. 304-345 (1980).
8. 박정식, 『현대재무관리』, 5판, 다산출판사, 111-112, 199-213 (1987)
9. 송재 외 6인 역, 『원가회계』, 대영사, 781, 1009-1010 (1992).



林在浩

- 1988 연세대학교 산업대학원 공학석사
- 1999 한양대학교 산업경영대학원 경영학석사
- 1999 한국생산기술연구원 운영위원
- 1998 산업자원부 기술개발기획평가단 위원

• 1994-현재 반월염색사업협동조합 상무이사



李禎淵

- 1989 인하대학교 경영학박사
- 1976 육군공인회계사장교(ACC10기)
- 1979 산동회계법인(KPMG)공인회계사
- 1992 일본 상지대학(上智大學) 객원교수
- 현재 한양대학교 경상대학 경영학부 교수

《학회 사무국 소식》

2000년 2월 18일 이사회 인사발령

사무국 민지원 보 사무과장