



KR0000091

KAERI/RR-1929/98

최종보고서

중금속폐수와 연계된 산업폐수처리 공정화 연구

A Study on the Treatment process of Industrial
Wastewater Related to Heavy Metal Wastewater

한국원자력연구소

31 / 30

중금속폐수와 연계된 산업폐수처리 공정화 연구

A Study on the Treatment process of Industrial
Wastewater Related to Heavy Metal Wastewater

한국원자력연구소

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 1998년도 자체연구개발사업 "중금속폐수와 연계된 산업폐수처리
공정화 연구" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

1999년 8월 일

연구 팀 명: 사용후 핵연료 기술개발팀

연구책임자: 박 장진

연구 원: 박현수

신진명

김중호

손종식

양명승

김미자

요 약 문

I. 제목

중금속폐수와 연계된 산업폐수 처리 공정화 연구

II. 연구목적 및 중요성

중금속폐수와 염색폐수의 처리 공정을 연계하여 중금속폐수 중화물질 제조조건 및 중금속폐수 처리조건을 확립하고, 중금속폐수 처리수를 염색폐수 처리에 응집제로 재활용하기 위한 염색폐수 처리조건을 결정하고, 중금속폐수와 염색폐수 연계처리 공정의 경제성을 평가하고자 하였다. 중금속폐수 처리수를 일반 산업폐수 처리에 재이용 함으로써 자원을 재활용 할 수 있을 뿐만 아니라 일반 산업폐수 처리에 소요되는 응집제 소요비용 절감 및 폐수 발생량 절감 등의 경제적 효과를 거둘 수 있어 환경측면에서 매우 중요하다.

III. 연구내용 및 연구방법

중금속폐수를 이용한 중화물질 제조연구에서는 중금속폐수와 중화물

질을 선정하여 (magnesium hydroxide, dolomite($MgO \cdot CaO$)) 중화물질의 최적 제조조건과 약품 투입량을 결정하고, 중화물질의 특성을 분석하였다. 폐수처리 효율을 평가함에 있어서는 중금속 잔류농도와 Mg 농도를 분석하였다.

중금속폐수 중화 후 상등액을 이용한 염색폐수 처리 연구에서는 상등액의 응집제로서의 특성을 살펴보고자 적정 pH를 결정하고 상등액 적정 투입량을 결정하였다. 염색폐수 처리효과는 COD, 탁도, 색도 제거율로 평가하였다.

아울러 본 연구결과를 바탕으로 한 경제성분석을 수행하였다.

IV. 연구결과

1. Magnesium hydroxide(MH)를 이용한 연구

- Magnesium hydroxide(MH) 슬러리(Mg 15.2%)를 이용하여 산도 4440 mg $CaCO_3$ /L의 중금속 폐수 A를 중화한 경우 중금속 제거율은 99.9% 이상이었다. 폐수 중에 함유된 Cr, Zn, Fe의 중화 후 잔류농도는 모두 0.1 ppm 이하였다. 상등액 중 잔류 Mg 농도는 약 800 mg/L 이었다.
- 산도 13970 mg $CaCO_3$ /L의 중금속폐수 B의 경우, Pb는 0.1 ppm 이하 까지 제거되어 98% 이상의 제거율을 나타내었다. 이것은 중금속폐수

A에 비하여 약 3배 많은 양의 MH 슬러리가 소요된 것이며, 상등액 중 잔류 Mg의 농도 역시 3800 mg/L로서 폐수 A에 비하여 Mg 잔류농도가 약 4.8배 높았다.

○ 중금속폐수 A와 B의 처리 후 상등액으로 두 종류의 염색폐수를 응집처리하였을 때 색도제거율은 99% 이상이었으며 COD 제거율은 약 50~60% 였다.

○ 염색폐수 처리에 대한 상등액 적정주입량을 볼 때, 중금속폐수 A의 상등액은 10%(v/v), 중금속폐수 B의 상등액은 3%(v/v)로서 이 때 색도 및 탁도는 99%, COD는 50% 이상 제거되었다.

2. Dolomite slurry를 이용한 연구

○ 돌로마이트 슬러리를 이용하여 중금속폐수 A를 중화하였을 때 슬러리 소요량은 MH 슬러리 소요량과 비슷하긴 하였으나 상등액 중 잔류 Mg 농도는 약 270 mg/L로서 MH 슬러리를 이용한 경우 보다 훨씬 낮았으며 Ca 농도는 약 1180 mg/L였다. 중금속 제거율에서는 Cr, Zn, Fe 모두 99% 이상 제거되었고 잔류농도가 각각 4 ppm, 2.1 ppm, 0.2 ppm으로 MH 슬러리를 이용한 경우보다 잔류농도가 높았다.

○ 중금속폐수 A의 처리 후 상등액으로 염색폐수 C를 처리하였을 때 상등액 소요량은 30%였으며 색도, 탁도, COD 제거율은 각각 98%, 84%, 84%였다.

- 중금속폐수 B를 처리한 경우 Pb은 0.1 ppm 까지 제거되어 98% 이상 제거되었다. 이 상등액으로 염색폐수 D를 처리하였을 때 상등액 소요량은 3%로서 색도 96%, 탁도 91%, COD는 52% 제거되었다.

IV-3. 경제성 평가

- 산폐수중화물질을 이용하여 기존의 염색폐수처리 공정에 적용한 결과 처리약품비의 80%를 절감하였다.

Summary

I. Title

A Study on the Treatment Process of Industrial Wastewater
Related to Heavy Metal Wastewater

II. Purpose and Need

In order to investigate the feasibility of treatment of industrial wastewater related to heavy metal wastewater, the supernatant from metal wastewater was applied for dyeing wastewater as coagulant. At first, neutralizing agent was manufactured and applied for metal wastewater with the purpose of neutralizing acidic wastewater and removal metals. Secondly, the supernatant from the metal wastewater was tested as coagulant to dyeing wastewater under varied pH and dosage. And finally, economic analysis on the treatment of metal and dyeing wastewater was performed.

In the viewpoint of environment, it is very important to reuse

the supernatant of metal wastewater for industrial wastewater treatment, which can contribute to resource recycling, reduction of coagulant cost and wastewater generation, etc.

III. Contents and Scope

As for neutralizing agent for metal wastewater, magnesium hydroxide and dolomite($MgO.CaO$) were prepared in slurry phase. Each optimum dosage was determined on the basis of neutralizing and metal removal. Also Mg concentration in supernatant was considered.

In dyeing wastewater treatment with the supernatant from metal wastewater, optimum pH and dosage were determined. COD, turbidity and color were analyzed to evaluate the performance of the treatment.

A standard process and process diagram were established, economic analysis was conducted.

IV. Results

1. Magnesium hydroxide

- When $\text{Mg}(\text{OH})_2$ slurry (Mg 15.2%) was used to neutralize metal wastewater A of acidity 4440 CaCO_3 /L, metal removal was over 99.9%. In the supernatant, Cr, Zn and Fe were below 0.1 ppm. Mg concentration was about 800 mg/L. As for metal wastewater B of acidity 13970 mg CaCO_3 /L, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ slurry was consumed three times more than in metal wastewater A. Mg concentration in the supernatant was 3800 mg/L, about 3.6 times higher than that of metal water A.

- When the supernatant from the two metal wastewater was used to treat dyeing wastewater C and D, color and COD removal was 99% and 50~60%.

- The optimum dosage of supernatant was 10%(v/v) for dyeing wastewater C and 3%(v/v) for dyeing wastewater D, where color, turbidity and COD removal was 99~100, 85~97 and 43~53, respectively.

2. dolomite slurry

- In neutralizing metal wastewater A, the consumption of dolomite slurry was about the same as that of $Mg(OH)_2$ slurry. But the Mg concentration in supernatant was 280 mg/L, much lower than that of $Mg(OH)_2$ slurry. Unlike $Mg(OH)_2$ slurry, dolomite slurry left Ca concentration of 1180 mg/L in the supernatant.

The removal of Cr, Zn, and Fe all was over 99% but each metal in the supernatant was 4ppm, 2.1ppm and 0.2 ppm, respectively.

- When applying the supernatant of 30%(v/v) for dyeing wastewater C as coagulant, color, turbidity and COD removal was 98%, 84%, 84%, respectively.
- When neutralizing metal wastewater B, Pb was removed below 0.1 ppm, which is removal of over 98%. When applying the supernatant of 3%(v/v) for dyeing wastewater D as coagulant, the removal of color, turbidity and COD was 96%, 91% and 52%, respectively.

IV-3. Economic feasibility analysis.

- In dyeing wastewater treatment by using supernatant from metal wastewater, the cost of chemicals was reduced by about 80%.

목 차

제 1 장 서론	1
제 1절 서설	1
제2 절 기술현황	4
1. 중금속 및 염색폐수 발생원과 처리기술	4
2. 알칼리별 중화특성	8
3. Mg(OH) ₂ 의 응집특성	12
제 2 장 본론	14
제 1 절 연구내용 및 방법	14
1. 실험재료	14
2. 중화제 제조	16
3. 분석방법	18
제 2절. 실험결과	19
가. Magnesium Hydroxide를 이용한 중금속폐수 중화	19
나. 중금속폐수 처리 후 상등액을 이용한 염색폐수 처리	24
다. 돌로마이트를 이용한 중금속폐수 처리	30

라. Magnesium hydroxide와 돌로마이트의 효과 비교	40
(1) 중금속 폐수 처리	40
(2) 염색폐수 처리	46
제 3절. 경제성 분석	52
제 3 장 결론 및 건의 사항	57
제 4 장 연구개발 목표달성도 및 대외기여도	60
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	61
Reference	62

Table List

Table 1. Comparison of alkalies	7
Table 2. Comparison of physical and chemical properties	9
Table 3. Initial properties of wastewater	15
Table 4. Results of dyeing wastewater treatment with supernatant from metal acidic wastewater	51
Table 5. Removal efficiency for each coagulant	55
Table 6. Chemicals price	55
Table 7. The unit cost of treatment	56

Figure List

Fig. 1. Procedure of preparing of dolomite slurry	17
Fig. 2. pH rising and metal abatement in acidic metal wastewater A by dosage of $Mg(OH)_2$ (Acidity: 4440 mg $CaCO_3/L$).	20
Fig. 3. pH rising and Pb abatement in acidic metal wastewater B by dosage of $Mg(OH)_2$ (Acidity: 13970 mg $CaCO_3/L$).	21
Fig. 4. Concentration of Mg in the supernatant from metal wastewater A and B with different acidity by dosage of $Mg(OH)_2$	23
Fig. 6. Removal of dyeing wastewater C at pH 12 by dosage of MH-A (alkali: NaOH).	26
Fig. 8. Removal of dyeing wastewater D at pH 12 by dosage of MH-B (alkali= $Ca(OH)_2$).	29
Fig. 9. pH rising and metal abatement in the metal wastewater A by dosage of dolomite slurry.	31
Fig. 10. pH rising and metal abatement in the metal wastewater B by dosage of dolomite slurry.	32
Fig. 11. Concentration of Mg and Ca in the supernatant Dol-A and Dol-B	34
Fig. 12. Removal of color, turbidity and COD of dyeing wastewater C by dosage of Dol-A at pH 12 (alkali=NaOH).	36

Fig. 13. Removal of color, turbidity and COD of dyeing wastewater D by dosage of Dol-B at pH 12 (alkali= $\text{Ca}(\text{OH})_2$).	37
Fig. 14. Effect of supernatant addition for dyeing wastewater D at pH 12.	39
Fig. 15. Metal abatement in metal wastewater A by $\text{Mg}(\text{OH})_2$ and dolomite slurry.	41
Fig. 16. The lowest concentration of metal by $\text{Mg}(\text{OH})_2$ and dolomite slurry for Metal wastewater A.	42
Fig. 17. Abatement of Pb in metal wastewater B by $\text{Mg}(\text{OH})_2$ and dolomite slurry.	44
Fig. 18. Maximum concentration of Mg in the supernatant from metal wastewater A and B by $\text{Mg}(\text{OH})_2$ and dolomite slurry. ...	45
Fig. 19. Removal of dyeing wastewater C by supernatant MH-A and Dol-A.	47
Fig. 20. Removal of dyeing wastewater D by supernatant MH-B and Dol-B.	49
Fig. 21. Treatment process flowsheet of industrial wastewater related to heavy metal wastewater.	54

제 1 장 서론

제 1절 서설

급속한 산업발전은 수질오염을 비롯한 심각한 환경오염을 야기시켜 왔다. 이러한 오염원 중 하나로 각종 공장에서 배출되고 있는 산업폐수 중의 중금속은 하천, 지하수를 오염시켜 수생태계나 인체에 악영향을 미치므로 폐수로부터 중금속제거가 절실하게 요구된다. 현재 많은 나라에서 수질에 관한 법규를 제.개정하고 있으며 우리나라도 환경보전법에 따라 폐수 및 용수에 대한 중금속 허용량을 엄격히 규제하고 있다.

기존 중금속폐수의 처리방법으로는 응집침전법, 산화/환원법, 흡착제거법, 이온교환법, 전기분해법, 중화법 등이 있다. 이중 가장 일반적인 것은 응집침전법과 이온교환수지를 이용한 이온교환법, 흡착제거법 등이다. 응집침전법은 알칼리 영역에서 응집제를 사용하여 중금속이온을 수산화물형태로 침전시켜 제거하는 방법으로서 설치가 용이하고 에너지 비용이 적게 든다는 장점이 있으나 극미량의 중금속 이온은 제거하기 어렵고 소요 시약비가 많을 뿐만 아니라 침전분리 후 슬러지 처리공정과 중금속 처리 후 상등액 중에 존재하는 화학약품은 방류하고 있어 이러한 점들이 부수적인 문제점으로 지적되고 있다. 이온교환수지법은 응집침전법에 비하여 제거율이 높고 저농도의 중금속 이온을 선택적으로 제거할 수 있는 장점을 지니고 있으나

고가의 이온교환수지를 이용하여야 하기 때문에 금속회수 및 재사용이 병행되지 않으면 경제성이 약하다. 활성탄을 이용한 흡착제거법은 처리효율이 높고 원수농도가 낮은 경우에도 처리능력이 높다는 장점이 있으나 활성탄 비용이 고가라는 단점이 있다.

80년대 들어서서 미국을 비롯한 유럽 선진국의 환경보전기술은 종래의 오염물질 사후처리 차원에서 벗어나 오염물질 발생을 원천적으로 차단하거나 극소화 시키는 방향으로 전환하면서 소위 클린텍 연구개발에 중심을 두고 있다. 결국 자원과 에너지의 절약 및 효율적 이용의 측면에서 중금속 등 유가자원 회수의 중요성이 커지고 있는 것이다. 따라서 날로 심각해지고 있는 중금속 오염문제에 대처하여 중금속의 효과적 처리를 위한 저가의 수처리제 또는 처리공정 개발이 앞으로의 중요한 과제라 하겠다.

산업폐수를 처리 하는데 있어서 화학적 응집처리 공정은 폐수 중의 부유 고형물질, 유기물질, 색도, 인 화합물, 질소 화합물 등을 제거하기 위해서 반드시 거쳐야 하는 중요한 공정이다. 일반적으로 산업폐수란 방적폐수, 염색폐수, 염료폐수, 피혁폐수, 인쇄폐수, 제지폐수, 식품폐수, 펄프폐수, 화학폐수, 정유폐수, 하수종말처리장폐수 등을 칭한다. 기존의 화학적 응집처리 공정은 주로 철염이나 황산반토를 사용하여 왔지만 색도 제거나 유기물질, 부유고형물, 인 화합물, 질소 화합물 제거에는 다소 미흡하였고 처리제 비용은 폐수처리 업체의 큰 부담이 되어 왔다.

기존의 중금속폐수 및 산업폐수 처리는 공단의 각 폐수처리장에서 독립공정으로 행하고 있어 자원낭비가 심각한 실정이다. 이러한 실정에

착안하여 본 연구팀에서는 중금속을 함유하고 있는 산폐액을 알칼리성인 칼슘과 마그네슘화합물 함유물질로 처리하여 중금속을 제거하고, 그 처리수 중에 포함된 칼슘과 마그네슘을 일반폐수 처리에 재이용하는 소위, “폐수로 폐수를 처리”하는 폐기물 재활용 및 자원절약 개념의 특허, 즉 산폐수중화물질을 이용한 산처리방법에 관한 특허(한국특허 제 149599호)를 기 확보하였다.

본 연구에서는 중금속폐수의 중화약품 선정, 중화약품의 최적 제조 조건과 약품 주입량을 결정하고, 중화물질의 특성을 분석하였다. 또한 중금속폐수 중화 후 상등액을 이용한 염색폐수 처리의 적정 pH를 결정하고 상등액 적정 주입량을 결정하였다. 공정 경제성 평가에서는 당 연계처리의 표준공정을 설정하고 공정도와 물질수지를 작성하여 경제성을 분석하였다.

제2 절 기술현황

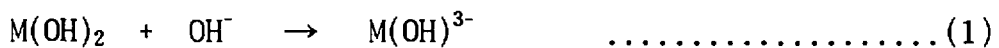
1. 중금속 및 염색폐수 발생원과 처리기술

중금속폐수는 주로 도금 전해조, 금속 표면처리 전해조 및 세정과정에서 발생하며, 알칼리성 보다 산성을 띄는 경우가 많으므로 방류하기 전에 반드시 중화시켜야 한다. 생물학적 산화공정을 연결하기 위해서는 미생물활동을 저해하지 않도록 총 금속농도를 10 mg/L 이하까지 제거시킨다. 중금속폐수의 중화는 폐수를 생물학적 처리에 안전하도록 pH를 조정함과 동시에 중금속을 난용성 수산화물이나 염기성염으로 전환하려는 목적도 있으므로 pH는 중성점보다는 높은 7.5 ~ 9 부근의 약알칼리 영역으로 조정한다.

폐수 중의 중금속 처리방법으로는 침전법, 이온교환법, 전기분해법, 증발회수법, 산화/환원법, 흡착제거법, 전기분해법 등이 있으며 이중 침전법과 이온교환법, 흡착제거법 등이 가장 널리 이용되고 있다. 이온교환법은 침전법에 비하여 제거율이 높고 저농도의 중금속 이온을 선택적으로 제거할 수 있다는 장점이 있으나 이온교환수지가 고가이기 때문에 금속 회수 및 재사용이 병행되지 않으면 경제성이 낮다. 흡착제거법에서는 주로 활성탄을 이용하는데 원수 농도가 낮은 경우에도 처리효율이 높다는 장점이 있으나 역시 고가의 활성탄 비용이 문제가 된다. 침전법은 시설 설치가 용이하고 에너지 비용이 적게 소요된다는 것이 장점이나 시약비용이 많이 소요된다는 것이 단점이다. 산성폐수를 처리

하는 일반적이면서도 비용 효과적인 방법은 알칼리를 첨가하여 중금속 수산화물 침전을 만들어 제거하는 것이다. 또한 대부분이 영세규모인 국내 도금업체 사정상 침전법을 제외한 기타 다른 방법들은 처리비용이 과다하게 소요되기 때문에 적용하기 어렵다고 할 수 있다.

침전법에 의한 중금속제거는 용존하는 중금속을 불용화하여 물리적인 방법으로 물과 분리시키는 것이다. 이것은 폐수의 pH를 중금속의 용해도가 최저가 되는 pH로 조정하여 용존상태의 중금속을 hydroxide, carbonate 혹은 sulfide의 금속화합물로 전환시킨 후 침전 내지 여과하여 처리하는 방법이다. 일반적으로 석회나 가성소다 등의 알칼리를 첨가하여 금속수산화물로 침전시킨다. 용해도가 최저가 되는 pH는 중금속의 종류에 따라 다르며 양쪽성 중금속인 경우에는 용해도가 최저가 되는 pH를 지나면 수산화물 침전이 재용해되어 금속농도가 다시 증가하기도 한다. 이것은 다음과 같이 금속수산화물이 여분의 OH⁻와 금속착화물을 형성하기 때문이다.



중금속 산업폐수는 여러 종류의 중금속이 혼합배출되어 복합적인 양상을 띄는 경우가 많으므로 그 특성에 맞는 처리방법을 선택해야 한다. 중금속폐수를 침전법으로 처리하는 경우 일반적으로 사용되는 알칼리약품들은 주로 NaOH, CaO, Ca(OH)₂, dolomite 등이다. NaOH는 중화제로 가장 적합하나 비용이 고가이며, lime은 슬러지 발생량이 많은데다

부유물질 제거율이 낮고 pH 조정비용이 높아 여타 약품보다 운전비용이 많이 소요된다(7). $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 와 NaOH 는 관리가 어렵고 환경위해적인 여러 가지 문제점을 유발하여 최근에는 사용에 안전하고 비용효과적인 대체 알칼리로 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 가 부각되고 있다. lime이나 NaOH 등의 강염기는 첨가한 즉시 pH가 상승하므로 과량 첨가되면 순식간에 목적하는 pH 범위를 벗어나 pH 조정작업이 용이하지 않으며 또한 금속수산화물로 침전되었던 중금속들이 재용해되어 금속농도가 다시 증가할 수도 있다. 중금속폐수 처리에서는 중금속 배출기준을 충족시키는 것이 우선 목표이며 중금속은 pH에 대하여 민감하므로 pH 급상승 위험이 적은 알칼리를 사용하는 것이 pH관리를 위하여 안전하다. 요컨대 pH 조정에 안전하고 처리효율이 높으며 경제성이 있는 알칼리를 선택하는 것이 바람직하다.

Table 1은 lime과 NaOH , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 의 일반적 특성을 비교한 것이다.

Table 1. Comparison of alkalis

	Mg(OH)2	Lime	NaOH
시설비	- 교환기나 저장탱크를 포함시켜도 Lime이나 NaOH 보다는 적게 소요	- Mg(OH)2에 비하면 크다. - 부식성이 강하므로 시설관리비가 높다	- 고흡물 관리장비 및 시약을 80°F로 유지하기 위한 히터 등 부대장비 비용이 많이 소요된다.
반응시간	2단계 중화반응	즉각적	즉각적
최대 pH	9 ~ 9.5	12	14
슬러지 특성	- 어느 산이나 중금속과도 밀도가 높고 침강성이 양호한 슬러지 생성	- 중금속이나 황산과의 반응에서는 침강성이 매우 좋지 않은 CaSO4.2H2O 생성	- 중금속폐수와 반응하면 젤 비슷한 슬러지 생성: 침강성이 매우 좋지 않음
인환성	- 상대적으로 무해하다 - 눈에 들어가면 각막에 일시적 상처를 입을 수 있다. - 피부에 접촉 시 거의 이상이 없다.	- 눈에 들어가면 실명할 수 있다 - 피부에 접촉하면 피부질환 내지 가벼운 화상을 입을 수 있으며 심할 경우 흡수되어 조직에 이상을 가려울 수 있다. - 먼지나 안개를 흡입하면 목이 아프다	- 눈에 들어가면 각막에 일시적 이상이 온다. - 먼지나 안개를 흡입할 경우 목과 코에 심한 자극을 느낀다. - 장시간 노출되면 조직이상을 일으킬 수 있다.
환경영향	- 상대적으로 무해하다. - 환경위해성이 적은 미네랄이다.	- CaCO3은 환경위해성이 없다. - CaO 또는 Ca(OH)2는 부식성이 강하다.	- 중화 후 부산물인 나트륨염이 고농도로 존재할 경우 동물과 채소류에 유해할 수 있다. - 취급이 어렵다.
관리비용	- 즉시 사용가능한 형태로 공급 - 부대 장비가 필요하지 않다. - 슬러리 저장탱크에는 고흡물의 침강을 방지하기 위한 교반기만 필요하다.	- 약품관리 장비가 비싸다. - 효과를 높이기 위하여 종종 수화시켜 사용한다. - 큰 저장호퍼가 필요하다. - 30% 슬러리는 펌프와 펄프를 마모시킬 수 있다.	- 특별한 고흡물 관리장비가 필요하다. - 용액으로 사용할 경우 80°F에서 동결하므로 파이프와 밸브를 가열할 필요가 있다. - CO2가 발생하면 거품을 일으키며 공정상의 문제를 유발한다.

2. 알칼리별 중화특성

중금속폐수를 비롯한 산성폐수 처리에서 약품비용과 슬러지 처리비용은 처리방법 결정에 중요한 영향인자가 된다. 때로는 슬러지 처리비용이 약품비용을 상회하기도 한다. $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH , NaCO_3 등 기존에 널리 쓰이던 알칼리 보다 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 가 효과적이면서도 전체비용 절감효과가 크다는 것에 대하여는 잘 알려져 있다. 중금속폐수 처리에 사용하는 알칼리는 배출수 중 중금속농도 기준을 만족시킬 수 있을 정도로 중금속제거 효과가 있어야 한다. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 는 중금속폐수 처리에서도 다른 알칼리보다 우수한 효과를 나타내어 중금속폐수 처리에 알맞은 알칼리로 부각되고 있다. TerIngo(9)에 의하면 기존의 알칼리를 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 로 대체하면 슬러지 발생량 감소와 그에 따르는 슬러지 처리비용 절감효과가 약품비용을 상쇄한다고 한다. Martin(3)은 암모니아 제거를 위한 질산화공정에서 낮은 pH를 중화시키기 위해 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 를 이용하였으며 Lime이나 Magnesia(MgO)보다 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 가 보다 효과적이었다고 하였다.

$\text{Mg}(\text{OH})_2$ 는 분자량 58.3g의 무색, 약알칼리성 물질로서 폐수처리 과정에서는 보통 55-60% slurry 상태로 사용한다. 4~40 poise의 높은 점도를 가지고 있으며, 외관상으로 latex 페인트와 유사하다. 빙점은 0℃로 12℃ 정도에서도 굳거나 얼어붙지 않아 취급 및 사용이 용이하다. 용해도가 매우 낮으며 온도가 증가할수록 용해도는 더 감소한다. 이러한 용해도 특성 덕분에 갑작스러운 유출 시에도 환경에 미치는 영향은 작다.

Table 2는 대표적 알칼리인 Ca(OH)_2 와 NaOH 의 물리적, 화학적 특성을 Mg(OH)_2 와 비교한 것이다.

Table 2. Comparison of physical and chemical properties

특성		NaOH	Ca(OH)_2	Mg(OH)_2
분자량,	g	40	74.1	58.3
OH- 구성비,	%	42.5	45.9	58.3
용해열,	kcal/mol	9.94	2.79	0.0
용해도,	g/100ml H ₂ O	42 ^a	0.185 ^a	0.0009 ^b
최대 pH		14	12.5	9.0
질량비		1.37	1.27	1
어는점,	°C	16.1 ^c	0 ^d	0 ^e

a: 0°C, b: 18°C,

c: 50% solution, d: 30% solution, e: 58% solution

염기성 약품에서 실제로 산을 중화하고 금속과 수산화물 침전을 만드는 부분은 OH^- 이다. Mg(OH)_2 의 OH^- 가용량은 NaOH 나 Ca(OH)_2 보다 각각 37%, 27% 높으므로 중화나 금속침전에서 상대적으로 적은 양이 소요된다. 다른 알칼리보다 분자량이 작은 데다 소요량이 적으므로 용해성 염 생성량 또한 상대적으로 작다. Ca(OH)_2 의 경우에는 불용성인 CaSO_4 침전물을 만든다는 단점도 있다.

Mg(OH)_2 는 pH 급상승 위험이 없다. NaOH 나 Ca(OH)_2 는 과량 첨가될

경우 각각 14, 12.5까지 pH가 급상승할 수 있으나 $Mg(OH)_2$ 는 과량 첨가된다 하여도 최대 9.5 정도 까지만 상승한다. 이것은 공통이온효과 (common ion effect) 때문인데 완충력이 크다는 장점을 갖는다. 따라서 중성 pH를 유지해야 하는 경우에 유리하게 작용하며 금속수산화물의 재용해 현상을 방지할 수 있다. Cr, Cu, Zn, Pb 등 일부 양쪽성 금속들은 최저 용해도를 갖는 pH 이상에서 추가로 OH가 공급되면 금속착화물을 생성하면서 재용해되는 성질이 있다. $Mg(OH)_2$ 를 이용하여 중화시키는 경우에는 이러한 금속수산화물의 재용해 현상을 최소화할 수 있다.

$Mg(OH)_2$ 의 또 다른 장점은 사용하기에 안전하다는 점이다. NaOH나 $Ca(OH)_2$ 는 용해되면서 열을 발생하므로 자칫 손과 눈에 화상을 입을 수 있으나 $Mg(OH)_2$ 는 열을 발생하지 않으므로 취급하기에 안전하다.

$Mg(OH)_2$ 를 이용한 중화반응은 일반 강알칼리의 경우와는 다르게 진행된다. CaO나 NaOH 등 일반 강알칼리는 첨가한 즉시 pH가 상승하지만 $Mg(OH)_2$ 의 경우에는 즉각적이지 않으며 2단계로 중화반응을 수행한다. 이것은 $Mg(OH)_2$ 의 물에 대한 용해도가 낮기 때문인데 용액 중에 존재하는 OH가 산에 의하여 모두 소모된 다음에야 $Mg(OH)_2$ 가 추가로 용해될 수 있다(3). 따라서 산농도(산도)가 높거나 pH가 낮은 영역에서는 중화반응이 빠르게 진행되지만 pH가 상승할수록 중화속도는 느려진다. 대체로 pH 6 이하에서는 중화반응이 다소 빠르게 진행되나 그 이상이 되면 반응이 느려진다. $Mg(OH)_2$ 를 이용하여 산을 중화시키는 데에는 20~30분 정도 소요되는 것으로 알려져 있다(3).

$Mg(OH)_2$ 가 과량 첨가되면 용해되지 않은 $Mg(OH)_2$ 는 표면에 중금속을 흡착시켜 제거효과를 증대시킨다. $Mg(OH)_2$ 는 구조적으로 $CaCO_3$ 보다 흡

착에 유리하다. 즉, 중금속폐수를 $Mg(OH)_2$ 로 처리하면 산성폐수 중화효과와 더불어 금속수산화물로의 침전, 표면흡착에 의한 중금속제거 효과를 거둘 수 있다. 한편 화학적 처리 이후 생물학적 처리를 수행할 때 $Mg(OH)_2$ 를 이용한 처리수는 pH변동이 심하지 않으므로 미생물의 순응도 안정적이다.

$Mg(OH)_2$ 는 NaOH나 $Ca(OH)_2$ 보다 반응시간을 길게 요구한다. 긴 반응시간이 문제가 될 수도 있으나 한편으로는 슬러지 발생량이 적고 pH 조정에 안전하다는 장점을 갖는다. 구조적으로 흡착에 유리한 구조를 가지고 있기 때문에 미세한 유기물질, 콜로이드 등 까지도 $Mg(OH)_2$ 입자에 흡착되어 floc이 쉽게 생성되며, floc 성장을 위한 충분한 체류시간을 가짐으로 해서 침강성이 좋은 슬러지를 생성한다. NaOH나 $Ca(OH)_2$ 는 즉각적으로 금속수산화물 침전을 형성하므로 슬러지가 가볍고 부서지기 쉬우며 물과 함께 분산된 작은 입자들이 젤라틴 타입의 슬러지 (gelatinous sludge)를 생성한다. 그러나 $Mg(OH)_2$ 는 반응시간이 길어 결정성장 시간도 길어지므로 응결성이 강한 particulate sludge를 생성한다. 따라서 슬러지의 밀도가 높아지는데 슬러지 부피는 NaOH나 $Ca(OH)_2$ 의 경우보다 50% 이상 감소한다. 이에 따라 여과폐수량과 슬러지 처분량이 감소하며, particulate sludge이기 때문에 공극이 크고 투수성이 좋아 탈수능도 양호하다. 결국 $Mg(OH)_2$ 침전에 의하여 생성된 슬러지는 일반 알칼리 응집제에 의하여 생성된 슬러지 보다 처리비용이 적게 요구된다.

이상 산성폐수 처리 시 $Mg(OH)_2$ 가 갖는 주요 장점들을 정리하면 다음과 같다.

- 1) 취급이 용이하다(물과 반응할 때 열을 발생하지 않음).
- 2) 슬러지밀도가 높고 침강성이 우수하다.
- 3) 발생슬러지의 부피가 상대적으로 작다.
- 4) 슬러리 형태로 사용되기 때문에 취급이 간편하다.
- 5) 약품소요량, 슬러지량 등이 감소하기 때문에 비용경쟁력이 있다.
- 6) 불용성 sulfate 슬러지가 생성되지 않는다.
- 7) 빙점이 0℃로 낮아 12℃에서도 얼어붙지 않는다.
- 8) 중화반응시 pH가 급격히 상승하는 일이 없다.

3. Mg(OH)₂의 응집특성

Mg(OH)₂는 응집제 또는 응집조제로서 부유물질을 비롯한 색도, 탁도, 유기물질, 조류, 콜로이드 등 미세물질 제거에 효과적이다(7). Folkman과 Wachs(5)는 산화지의 algae 제거에 대한 연구에서 algae의 flocculation은 주로 Mg(OH)₂ 침전이 생성되기 때문이라고 보고하였다. Oldham 과 Rush(12)는 Mg(OH)₂가 색도 및 탁도 제거 면에서 alum 만큼이나 우수한 효과가 있으며 보다 양호한 침강성을 갖는 슬러지를 생성한다고 하였다. Mg(OH)₂의 우수한 색도 및 탁도 제거능력은 Mg(OH)₂ 자체의 젤라틴 성질에서 기인한다.

석회는 진정한 응집제는 아니지만 탄산수소염 알칼리도와 반응하여 탄산칼슘을 침전시킨다. lime의 응집특성은 sweep coagulation 으로,

미세물질 까지 제거하기는 어려우며 부유물질이나 색도물질, 콜로이드 등을 제거하는 데 한계가 있다. lime 처리에서 주입량이 증가할수록 정화효과가 증가하는 것은 수중에 존재하는 Mg 염으로부터 생성된 $Mg(OH)_2$ 침전 덕분이다. 폐수처리에서 제대로 청정화하려면 충분한 양의 $Mg(OH)_2$ 가 침전되어야 한다. 이를 위해서는 pH가 충분히 높아야 하고 충분한 양의 Mg^{2+} 가 존재해야 한다. High lime-pH공정의 정수효과는 $CaCO_3$ 과 $Mg(OH)_2$ 의 침전기작 덕분이다. $CaCO_3$ 이나 $Mg(OH)_2$ 가 단독으로 침전되는 것보다 두 가지가 동시에 침전될 때 콜로이드 제거효과가 높다. 또한 고형물 제거에 있어서 고형물은 lime이나 NaOH 등에 의한 pH 상승만으로도 응집과정을 필요로 하지 않을 만큼 고형물제거 효과가 높다. 이것은 $CaCO_3$ 과 $Mg(OH)_2$ 침전이 생성되기 때문이다. $CaCO_3$ 는 음으로 하전된 표면전하를 가지고 있어 거대입자와 빠르게 응집하는 한편 $Mg(OH)_2$ 는 양으로 하전된 표면전하를 가지고 있어 대부분이 음전하인 콜로이드 등 미세물질 응집에 유리하다.

폐수처리에서 많이 적용되고 있는 High lime 공정에서 lime을 첨가하는 목적은 $Mg(OH)_2$ 침전생성을 위하여 pH를 11.5까지 높이기 위한 것이다. pH 조정을 위한 알칼리로 lime과 NaOH를 비교한다면 경제성이나 안전성을 고려할 때 lime을 사용하는 것이 유리하다(15).

제 2 장 본론

제 1 절 연구내용 및 방법

1. 실험재료

중금속폐수(A 폐수, B 폐수)와 염색폐수(C 폐수, D 폐수)는 대전시 공단에 소재한 업체에서 채취하였으며 각각의 초기 성상은 Table 3과 같다. 산도가 높고 pH가 낮을수록 중화제 소요량이 많아지므로 상등액 중 잔류 Mg이나 Ca 농도도 높아진다. 본 연구는 산성폐수 중화 뿐 아니라 중화 후 상등액에 잔류하는 알칼리 물질까지 이용하자는 것이 목적 이므로 중금속폐수는 가능한 한 산도가 높은 폐수로 채취하였다. A폐수는 볼트/너트류를 제조하는 업체에서 배출되는 것이었고 B폐수는 건전 지를 만드는 업체에서 배출되는 폐수였다.

산도는 A폐수와 B폐수가 각각 4440, 13970 mg CaCO₃/L로서 B폐수의 산도가 A폐수 보다 약 3배 높았다. 따라서 B 폐수를 중화한 후의 상등 액 중 알칼리 잔류농도가 A폐수의 경우보다 높을 것으로 예상되었다. A 폐수가 함유한 주요 중금속은 Cr, Zn, Fe 이었으며 Fe은 소량이 함유되어 있었으나 Cr과 Zn 농도는 상당히 높았다. B폐수의 경우 주요 중금속 은 Pb이었으며 초기농도가 약 5 mg/L였고 Mg은 약 2 mg/L 함유되어 있었다.

염색폐수 역시 대전시에 소재한 업체에서 채취하였으며 색도를 흡광도로 분석하였을 때 C폐수와 D폐수가 각각 0.394, 0.695를 나타내었다. D폐수의 경우에는 초기 탁도가 65로서 높은 편이었다.

Table 3. Initial properties of wastewater

	metal wastewater		dyeing wastewater	
	A	B	C	D
pH	2.7	0.8	10.2	10.6
metals , mg/L	Cr 770 Zn 438 Fe 1.6	Pb 5.9		
Mg , mg/L	19	2		
acidity , mg CaCO ₃ /L	3700	13970		
color , abs			0.394 ^a	0.695 ^b
turbidity , NTU			6.1	65
COD , mg/L			264	558
SS , mg/L			160	29

a: 423 nm b: 562 nm

2. 중화제 제조

중금속폐수 중화제로는 $Mg(OH)_2$ 를 함유한 물질을 이용하고자 $Mg(OH)_2$ 슬러리와 돌로마이트 슬러리를 제조하였다. $Mg(OH)_2$ 슬러리는 소각잔재 중의 Mg를 회수하여 수화시킨 것으로 Mg 함량은 약 12.5%였다. 돌로마이트 슬러리는 Dziubek 등(1)이 이용한 방법을 참고하여 자연산 돌로마이트(dolostone: $CaMg(CO_3)_2$)를 $1000^\circ C$ 에서 12시간 배소한 후 돌로마이트:중류수를 1:3으로 하여 수화시켰다. Dziubek 등은 $100^\circ C$ 에서 2시간 정도 열처리하면 배소가 충분히 완료되며, 돌로마이트 수화시 돌로마이트:물의 비(ratio)가 1:2일 때 수화율이 가장 높다고 하였으나 본 연구에서는 배소시간을 늘려 12시간으로 하였으며, 1:2의 비율로는 슬러리 제조가 불완전하였기 때문에 1:3으로 물의 비율을 높여 제조하였다. 배소한 후의 돌로마이트(CaO, MgO) 중 Mg와 Ca 함량은 각각 23.9 wt%와 42 wt%였다. 배소한 돌로마이트가 99% 이상 수화되었다고 가정하면 $Ca(OH)_2$ 와 $Mg(OH)_2$ 함량은 각각 60%와 40%가 된다. 돌로마이트($CaMg(CO_3)_2$)의 슬러리 제조과정을 Fig. 1에 나타내었다.

돌로마이트는 주요 Mg원으로 값이 저렴하여 의료계, 산업계 등에서 널리 이용된다. 돌로마이트의 화학식은 $CaMg(CO_3)_2$ 이며 화학명은 calcium magnesium carbonate이다. 분자량은 184g으로 수성암(sedimentary rocks)에 풍부히 함유되어 있으며 화학식에서 볼 수 있듯이 주성분은 Ca와 Mg이다. 일반적인 성분구성은 CaO, MgO, CO_2 가 각각 30.5, 21.9, 47.6 wt%이다. 이론적으로는 $CaCO_3 : MgCO_3$ 가 6:4이나 이러한 경우는

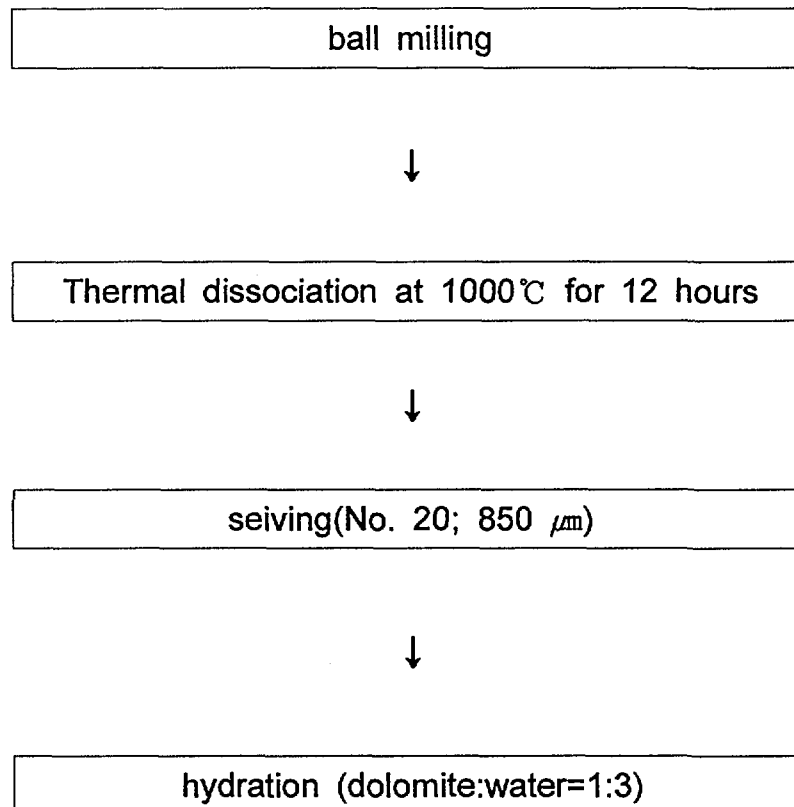


Fig. 1. Procedure of preparing dolomite slurry.

드물고 보통은 $MgCO_3$ 함량이 낮다. 대개 Fe, Mn, Zn 등의 이물질이 함유되어 있으며 이들 함유량이 높을수록 $MgCO_3$ 함량이 낮고 색깔은 검정색을 띤다. 의료계에서는 Magnesia(MgO)를 만드는 데 이용되며, glaze를 만들 때에도 MgO 나 CaO 원으로 사용된다. 돌로마이트는 인체에 특별한 유해성이 없으며, 강도 3.5~4 mohs의 단단한 물질이다. 증온 이하에서 산과의 반응은 미약한 편인데 분말상태에서는 차가운 염산과도 미약하게 반응하여 거품을 발생한다. 한편 뜨거운 염산과는 격렬하게 반응한다. 돌로마이트는 불용성이며 내화능력이 우수하기 때문에 내화물질로도 흔히 이용된다. 돌로마이트를 열처리하면 CO_2 가 분리되면서 MgO , CaO , CO_2 로 전환되며, 이러한 산화물형성 과정은 약 $800^{\circ}C$ 에서 완료된다. 따라서 돌로마이트로부터 CO_2 를 제거하고 CaO , MgO 를 얻기 위한 처리과정은 분말한 후 보통 $1000^{\circ}C$ 이상에서 2시간 이상 배소시킨다.

3. 분석방법

중금속폐수는 중화제 적정소요량을 파악하기 위하여 산도와 중금속 농도만을 분석하였으며, 염색폐수에서는 상등액 중 잔류 Mg과 Ca 농도에 따른 처리효과를 알아보기 위하여 색도, 탁도, COD를 분석하여 상등액 응용가능성을 평가하였다. 각 분석법은 수질오염 공정시험법에 의거하였다. 색도는 Hach DR2000을 이용하여 흡광도로 측정하였으며, 790nm 부터 220nm 까지 파장을 scanning하여 최적파장을 선택한 후 흡광도를 측정하였다. 탁도는 HF Scientific Inc.의 DRT100B를 이용하였고 COD 분석은 Hach DR2000을 이용하였다. 중금속은 Thermo Jarell Ash Co.의 Smith-Hieftje 4000으로 분석하였다.

제 2절. 실험결과

가. Magnesium Hydroxide를 이용한 중금속폐수 중화

Fig. 2는 Magnesium Hydroxide를 이용하여 산도 4440 mg CaCO₃/L인 중금속폐수 A를 중화시켰을 때 pH와 중금속 농도의 변화를 나타낸 것이다. Mg(OH)₂ 주입량 증가에 따라 pH는 9.3 정도 까지 상승한 후 더 이상 증가하지 않았다. 이것은 Mg(OH)₂ 자체의 특성 때문으로 Mg(OH)₂의 상승가능한 최대 pH가 9.5이기 때문이다. 과량으로 주입한다 하여도 pH는 9.5 이상 상승하지 않는다. 한편 pH 상승 곡선에는 3번의 지체기가 나타났는데 이것은 폐수에 함유된 중금속, 즉 Fe, Zn, Cr이 금속수산화물로 침전되고 있음을 의미한다. pH 상승에 거의 변화가 없는 주입점은 약 3.8 g Mg(OH)₂/L 이지만 중금속 농도가 0.1 mg/L 이하로 낮아지는 주입점은 약 5.5 g Mg(OH)₂/L이다. 따라서 A폐수의 중화와 중금속 제거를 위해서 폐수 중 Mg(OH)₂ 농도를 약 5.5 g Mg(OH)₂/L 되게 첨가하였으며 그 상등액을 취하였다.

Fig. 3은 역시 Mg(OH)₂를 이용하여 산도 13970 mg CaCO₃/L인 중금속 폐수 B를 중화시켰을 때의 pH와 중금속의 농도변화를 나타낸 것이다. Mg(OH)₂ 농도가 증가하여도 Pb가 수산화물로 침전되고 있는 동안에는 pH는 증가하지 않으며 이후 Pb 농도가 급격히 낮아지는 주입점에서 pH 역시 급상승하였다. pH가 9 이상으로 상승하기 위한 Mg(OH)₂ 농도는 약 11 g/L였으며, A폐수의 약 5.5 g/L와 비교할 때 약 2배 정도 높은 편이다. 이것은 B폐수의 산도가 A폐수 보다 높기 때문이다.

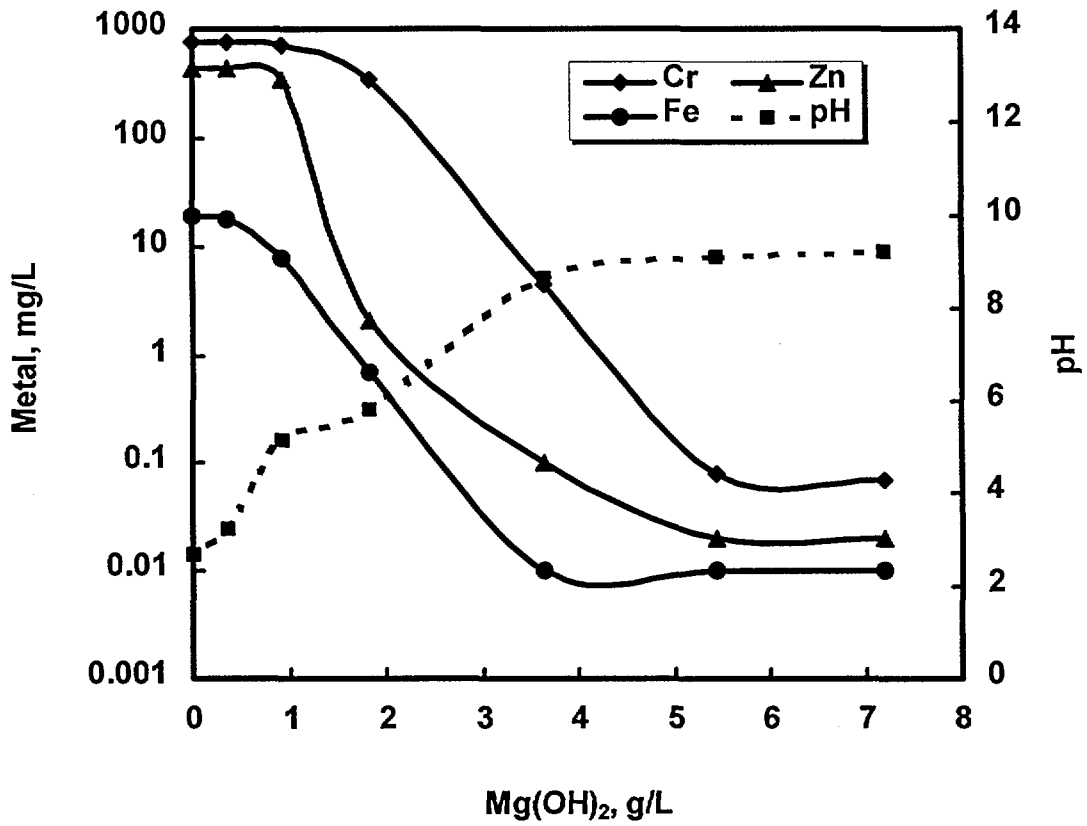


Fig. 2. pH rising and metal abatement in acidic metal wastewater A by dosage of $Mg(OH)_2$ (Acidity: 4440 mg $CaCO_3/L$).

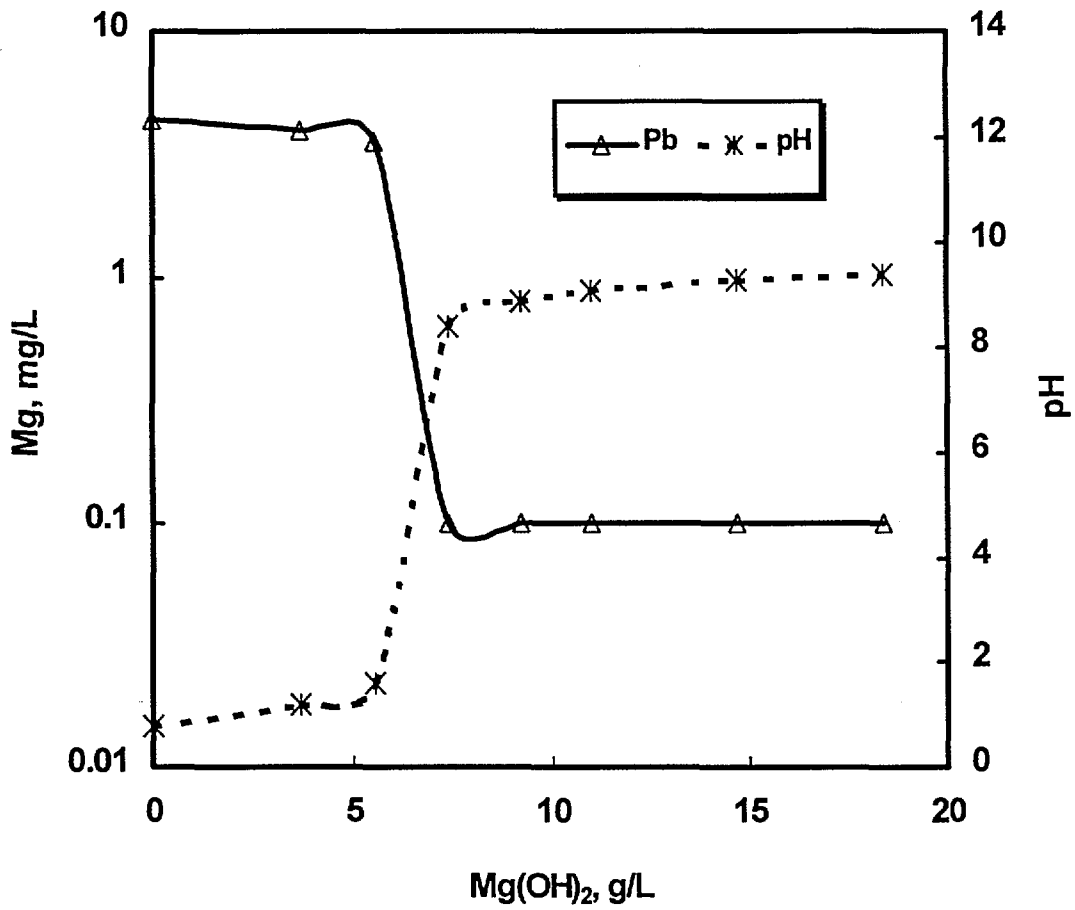


Fig. 3. pH rising and Pb abatement in acidic metal wastewater B by dosage of Mg(OH)₂ (Acidity: 13970 mg CaCO₃/L).

Fig. 4는 A폐수와 B폐수를 $Mg(OH)_2$ 로 중화시킬 때 상등액 중 잔류 Mg의 농도를 비교한 것이다. A폐수의 잔류 Mg 농도는 최고 약 800 mg/L였으며, B폐수는 최고 약 2870 mg/L로서 상대적으로 산도가 강한 B폐수의 잔류 Mg 농도가 약 3.6배 높았다. 잔류 Mg을 최대한 확보하면서 중금속을 0.1 mg/L 이하 까지 제거하기 위한 $Mg(OH)_2$ 적정주입량은 A폐수의 경우 약 5.2~5.5 g $Mg(OH)_2$ /L이며 B폐수의 경우에는 약 11 g $Mg(OH)_2$ /L였다.

이상의 실험결과를 통하여 A폐수에는 $Mg(OH)_2$ 슬러리를 1.2% 주입하여 잔류 Mg 농도가 800 mg/L인 상등액을 취하였으며, B폐수에서는 슬러리를 3% 주입하여 잔류 Mg 농도 2870 mg/L인 상등액을 취하여 염색폐수 응집처리에 이용하였다.

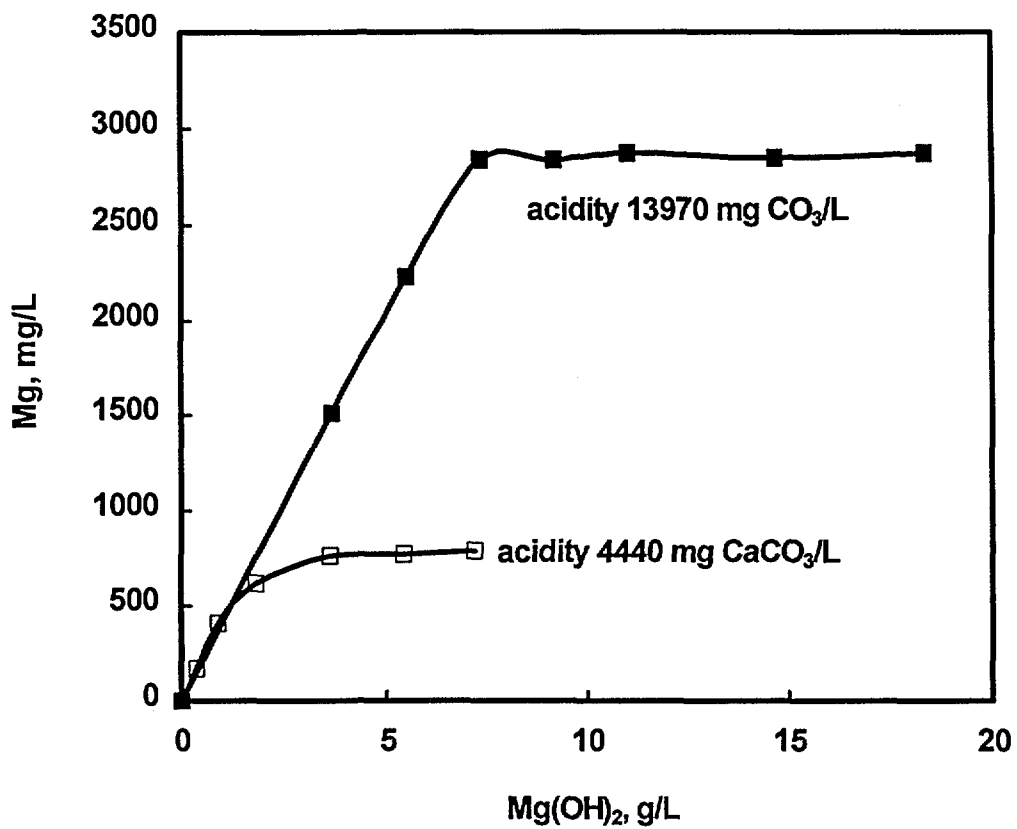


Fig. 4. Concentration of Mg in the supernatant from metal wastewater A and B with different acidity by dosage of Mg(OH)₂.

나. 중금속폐수 처리 후 상등액을 이용한 염색폐수 처리

Mg(OH)₂ 로 중화시킨 중금속폐수의 상등액에는 Mg이 상당량 용존되어 있으므로 이러한 상등액을 염색폐수 처리에 재활용한다면 응집제로서의 효과를 기대해 볼 수 있다. 이를 확인하기 위하여 염색폐수 처리를 위한 적정 pH와 상등액 적정주입량을 결정하였다.

Fig. 5는 중금속폐수 A를 처리한 후의 상등액(상등액 MH-A)로 염색폐수 C를 응집처리 하였을 때 pH 10~12.5 범위에서 pH별 COD 및 색도, 탁도의 제거율을 나타낸 것이다. 상등액은 10% 비율로 첨가하였으며 pH 조정에는 1N-NaOH를 사용하였다. 제거율은 pH가 높을수록 우수하고 pH12에서 가장 효과적이었다. Mg을 이용한 응집처리에서 적정 pH는 11.5~12 인 것으로 알려져 있다(10, 8). pH 12이면 다소 높다고 할 수 있으나 중금속폐수 처리후 상등액의 응집제로서의 가능성 평가에 주안한 연구이므로 pH12를 적정 pH로 채택하였다.

Fig. 6은 pH 12에서 상등액 MH-A(Mg 800 mg/L)의 첨가량 증가에 따른 염색폐수 C의 처리효과를 분석한 것이다. COD 및 색도, 탁도 제거율은 상등액 첨가량이 증가할수록 증가하다가 첨가량이 10%를 넘어서자 COD 제거율이 감소하기 시작하였다. 이에 따라 상등액 MH-A 적정 첨가량은 10%로 결정하였다. 첨가량 10%는 Mg 농도 약 80 mg/L에 해당하며, 색도 제거율은 99%, 탁도 85%, COD 제거율은 43%였다.

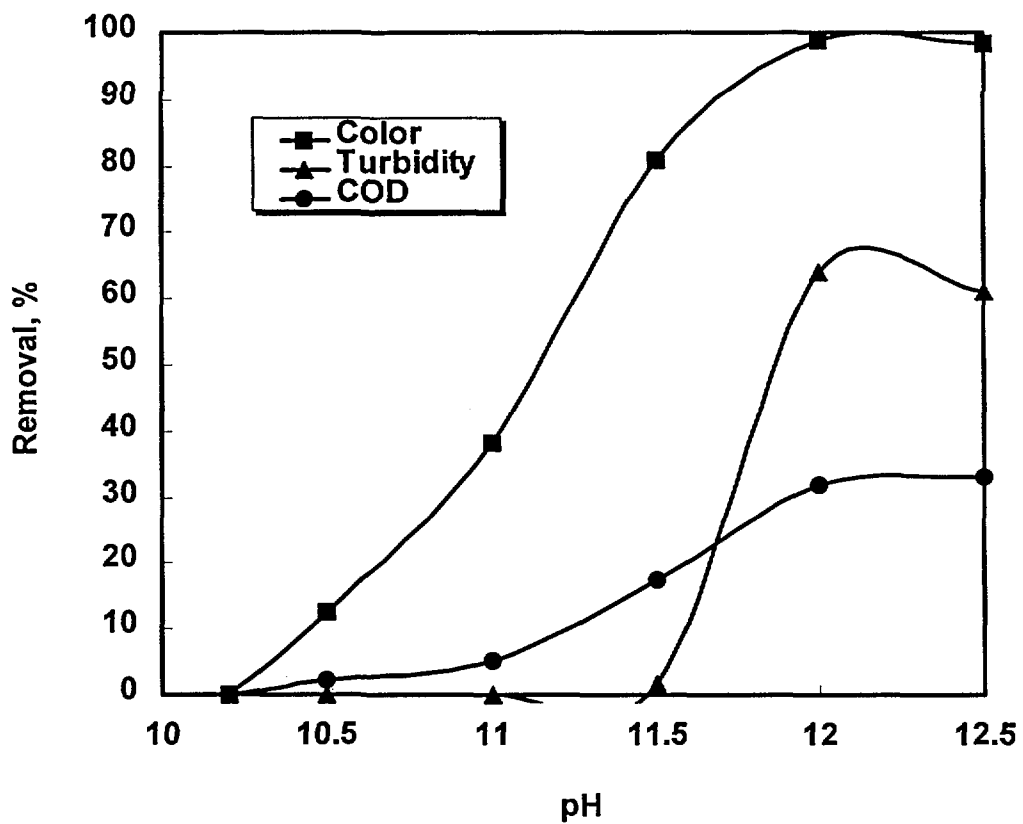


Fig. 5. Removal of dyeing wastewater C at varied pH.
(dosage= MH-A 10%(Mg; 80 mg/L), alkalie;NaOH)

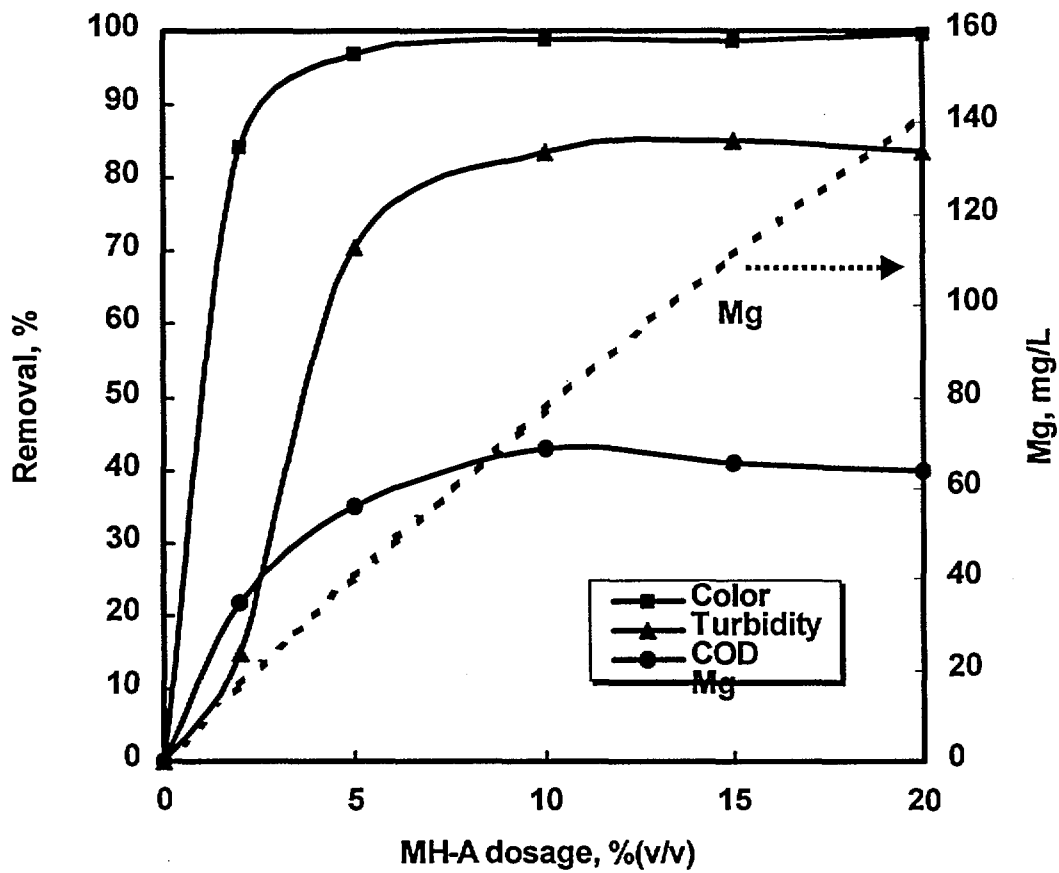


Fig. 6. Removal of dyeing wastewater C at pH 12 by dosage of MH-A (alkali: NaOH).

Fig. 7은 염색폐수 D에 대하여 중금속폐수 B를 처리한 후의 상등액 (상등액 MH-B: Mg 2870 mg/L)를 응집제로 첨가할 때 최적 pH를 구하기 위하여 pH 범위 10.6~12.5에서 pH별 제거율을 분석한 것이다. 상등액을 3% 첨가하고 Ca(OH)₂ 100,000ppm으로 pH를 조절하였을 때 염색폐수 C에서와 마찬가지로 pH 12에서 가장 높은 제거율을 나타내었다. pH 조정을 위한 알칼리로 1N-NaOH를 이용한 경우에는 COD 제거율이 35% 정도 였으나 Ca(OH)₂를 이용한 경우에는 53%로서 18% 정도 높게 나타나 pH 조정에는 Ca(OH)₂ 100,000ppm을 이용하였다.

Fig. 8은 상등액 MH-B 첨가량을 증가시킴으로써 Mg 농도를 증가시켰을 때 pH12에서 염색폐수 D의 COD 및 색도, 탁도의 제거율을 나타낸 것이다. 상등액 첨가량이 증가하면 처리조 용량 역시 증대시켜야 하므로 상등액량이 과도히 요구된다면 경제적 타당성이 떨어진다. 상등액을 3% 첨가하였을 때 색도와 탁도제거율은 이미 각각 100%와 97%에 도달하였으며 COD 제거율은 53%였다. 상등액 첨가량 3% 이상에서는 제거율의 증가추세가 완만하여 첨가량이 30%까지 증가하여도 COD 제거율에는 큰 차이가 없었다. 즉 상등액 MH-B를 이용하여 염색폐수 D를 처리하는 경우에는 상등액 3%(Mg 85 mg/L) 만으로도 만족스러운 처리효과를 얻을 수 있었다.

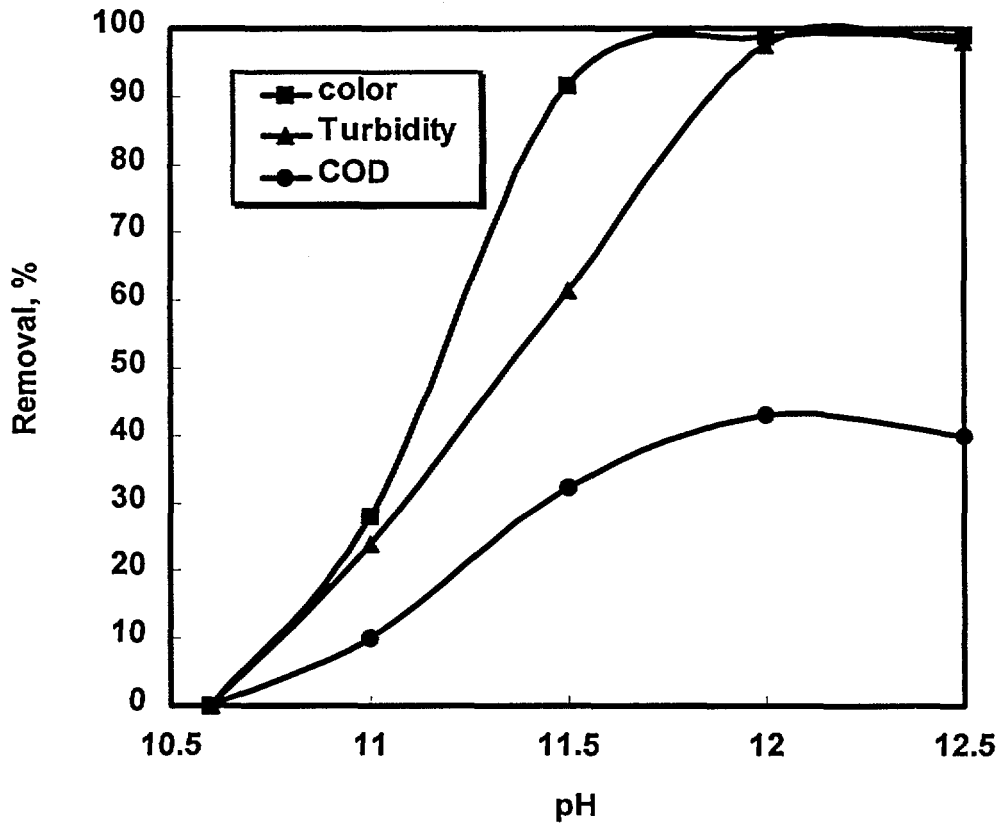


Fig. 7. Removal of dyeing wastewater D at varied pH.
(dosage= MH-B 10%(Mg; 85 mg/L), alkalie; $\text{Ca}(\text{OH})_2$)

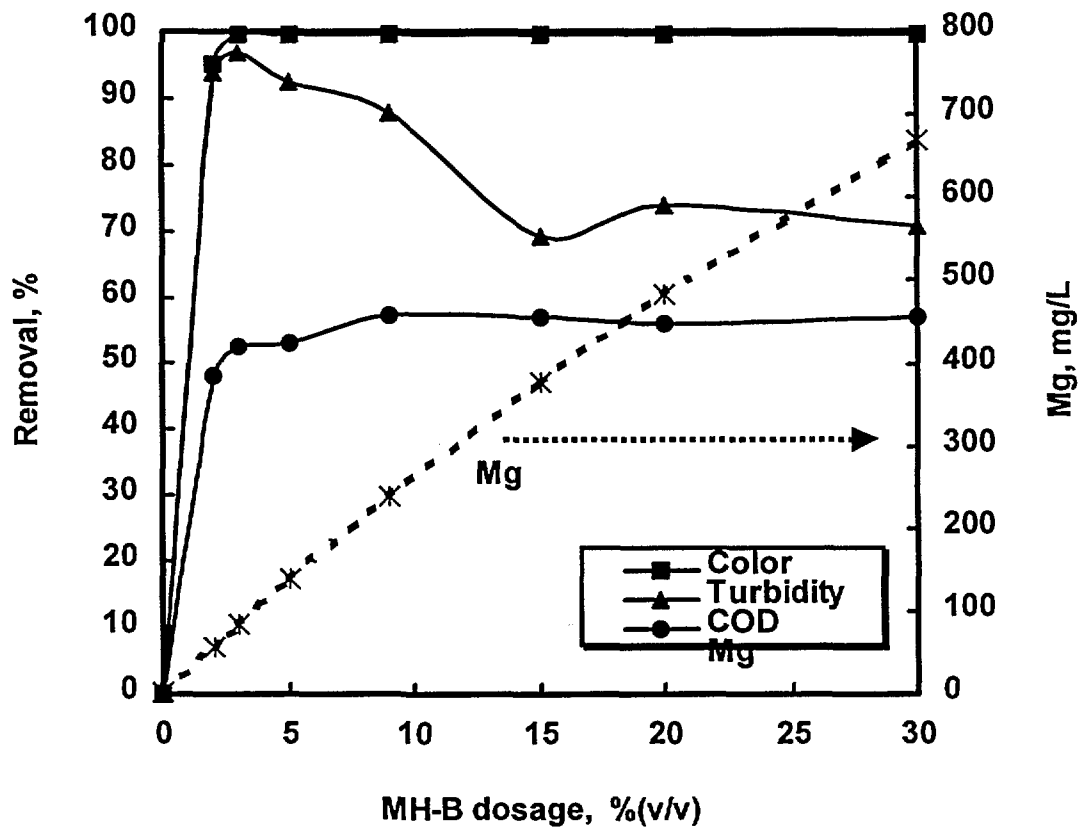


Fig. 8. Removal of dyeing wastewater D at pH 12 by dosage of MH-B (alkali= $\text{Ca}(\text{OH})_2$).

다. 돌로마이트를 이용한 중금속폐수 처리

Fig. 9는 돌로마이트 슬러리($\text{Ca}(\text{OH})_2$ 60%, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 40%)를 이용하여 산도 4440 mg CaCO_3/L 인 중금속폐수 A를 중화시킨 결과이다. 돌로마이트 슬러리 첨가량이 1.5% 이하인 곳에서는 Cr, Zn, Fe 등의 중금속 농도가 계속 감소하였으나 그 이상 첨가하면 Cr과 Zn이 재용해 되면서 농도가 다시 증가하였다. 중금속농도가 최저인 슬러리 주입점은 슬러리 주입률 1.3 % (v/v)였다. 이 때의 pH는 10.2였고, Cr, Zn, Fe의 농도는 각각 4, 2.1, 0.1 mg/L였다. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 슬러리를 이용한 경우에 비하면 중금속 잔류농도가 상대적으로 높았다.

Fig. 10은 돌로마이트 슬러리를 중금속폐수 B의 중화제로 주입하였을 때 중금속 Pb의 농도와 pH의 변화를 분석한 것이다. Pb는 pH 10 부근에서 침전되므로 중성 pH 영역에서는 Pb를 0.1 mg/L 이하로 제거하기 어렵다. Pb이 0.1 mg/L 이하로 제거되기 까지는 돌로마이트 슬러리가 약 3.25% 소요되었으며 이 때의 pH는 10.3이었다. 중금속 폐수 B는 중금속폐수 A보다 중화제가 많이 소요되었는데 이것은 중금속폐수 B의 산도가 훨씬 높기 때문이다.

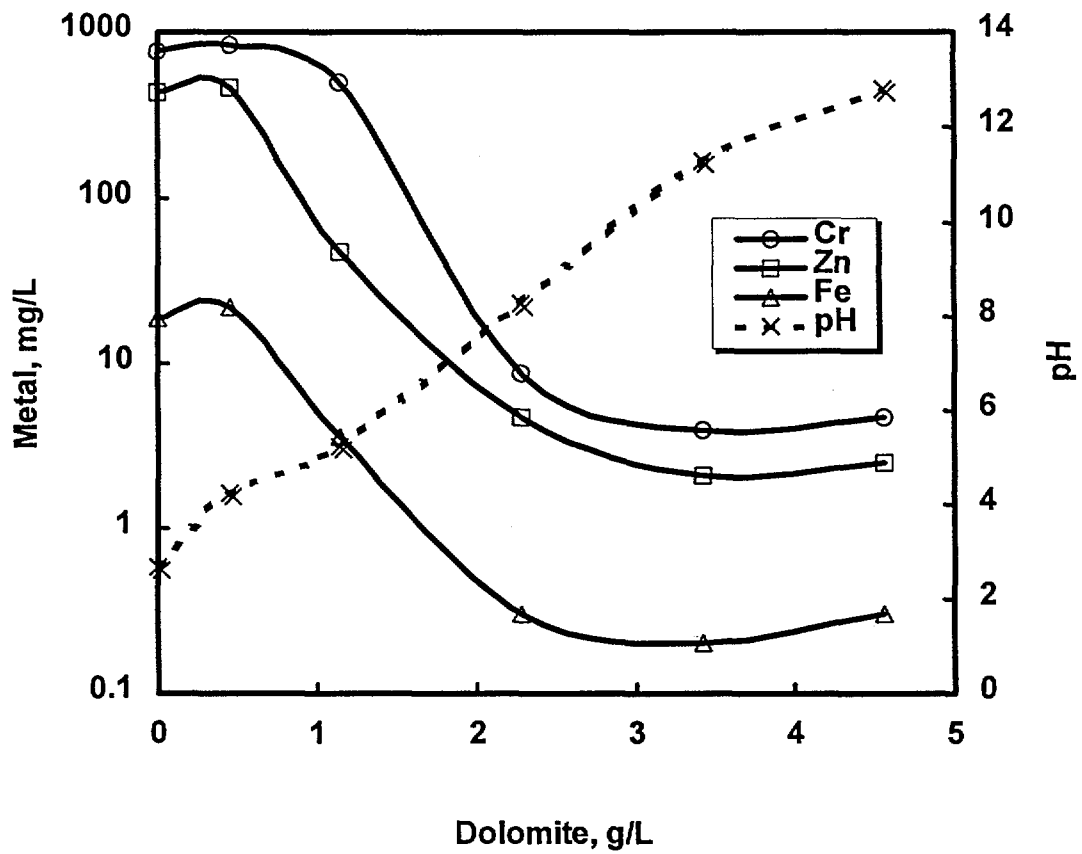


Fig. 9. pH rising and metal abatement in the metal wastewater A by dosage of dolomite slurry.

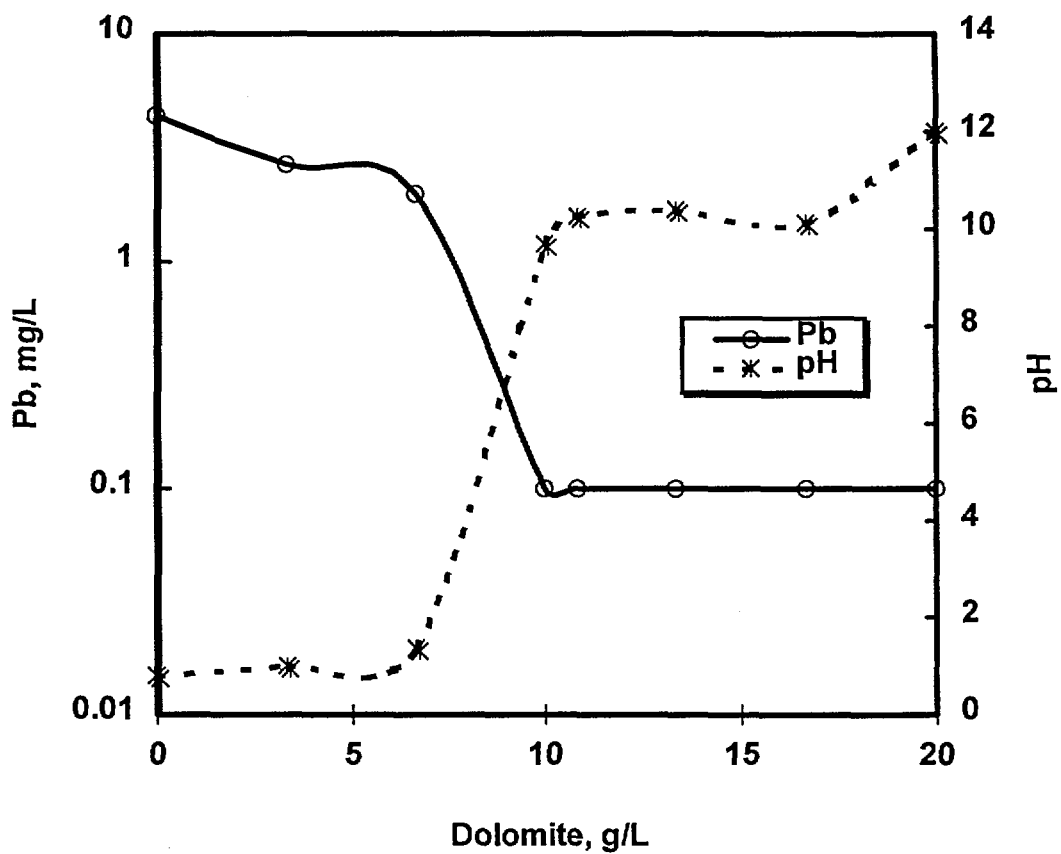


Fig. 10. pH rising and metal abatement in the metal wastewater B by dosage of dolomite slurry.

Fig. 11은 중금속폐수 A와 B를 돌로마이트 슬러리로 중화시켰을 때 상등액 중의 잔류 Mg과 Ca 농도를 비교한 것이다. 중금속폐수 A는 슬러리 주입률 1.2% 일 때 Mg 농도가 약 280 mg/L로 최고였으며, 중금속폐수 B의 경우에는 슬러리 주입률 3.25%일 때 약 2000 mg/L으로서 약 7배나 높은 잔류량을 나타내었다. 한편 Magnesium hydroxide 슬러리로 중화시킨 경우와는 다르게 잔류 Mg 농도는 증가하다가 감소하였는데 이것은 돌로마이트에 함유되어 있는 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 의 영향으로 pH가 지속적으로 상승하자 pH 10.5 이상에서 Mg이 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 로 침전되었기 때문이다.

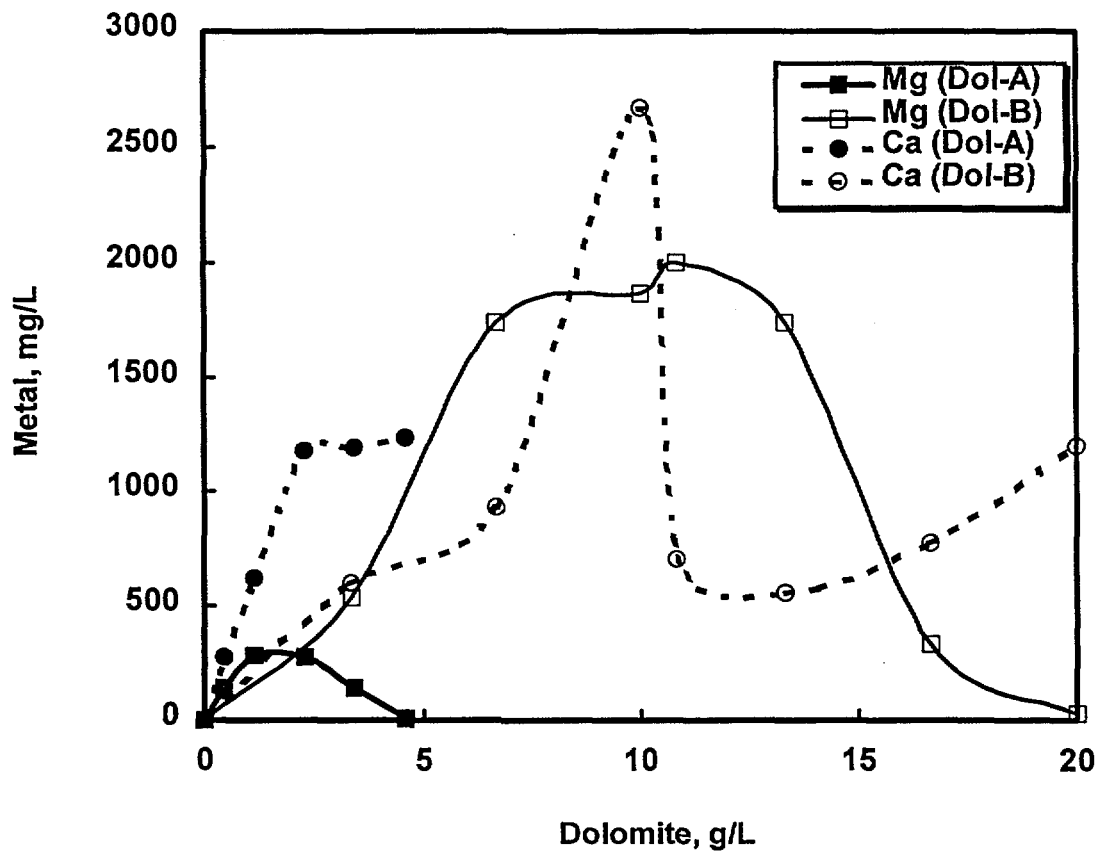


Fig. 11. Concentration of Mg and Ca in the supernatant Dol-A and Dol-B (Dol-A: supernatant of metal wastewater A treated by dolomite slurry Dol-B: supernatant of metal wastewater B treated by dolomite slurry).

돌로마이트 슬러리를 이용한 중금속폐수A와 B의 상등액을 염색폐수 C와 D에 응집제로 첨가하는 경우에도 최적 pH는 $Mg(OH)_2$ 슬러리의 경우와 마찬가지로 pH12였다.

돌로마이트 슬러리를 이용하여 중금속폐수A를 처리한 후의 상등액(Dol-A; Mg 280 mg/L, Ca 1180 mg/L)을 염색폐수 C에 응집제로 첨가하면서 pH 12에서(1N-NaOH) 상등액 첨가량 증가에 따른 COD 및 색도, 탁도의 제거율을 분석한 결과를 Fig. 12에 나타내었다. 탁도와 COD 제거율은 상등액 첨가량이 30% 일 때 각각 62%, 52%로 가장 높았으며 이후에는 상등액량이 증가할수록 감소하였다. 상등액 첨가량 30%에서 Mg 농도는 약 100 mg/L에 해당한다.

Fig. 13은 중금속폐수 B를 처리한 후의 상등액(Dol-B; Mg 2000 mg/L, Ca 707 mg/L)을 염색폐수 D에 응집제로 첨가하였을 때의 결과이다. 염색폐수 D의 경우에는 염색폐수 C의 경우와는 달리 $Ca(OH)_2$ 를 이용하여 pH를 조정하였다. 상등액 첨가량 3%에서 COD는 52%가 제거되었으며 색도와 탁도는 각각 96%, 91% 제거되었다. 이 때 Mg은 약 60 mg/L 농도이다. 상등액 첨가량 3% 이상에서는 제거율이 그다지 뚜렷이 증가하지 않았다.

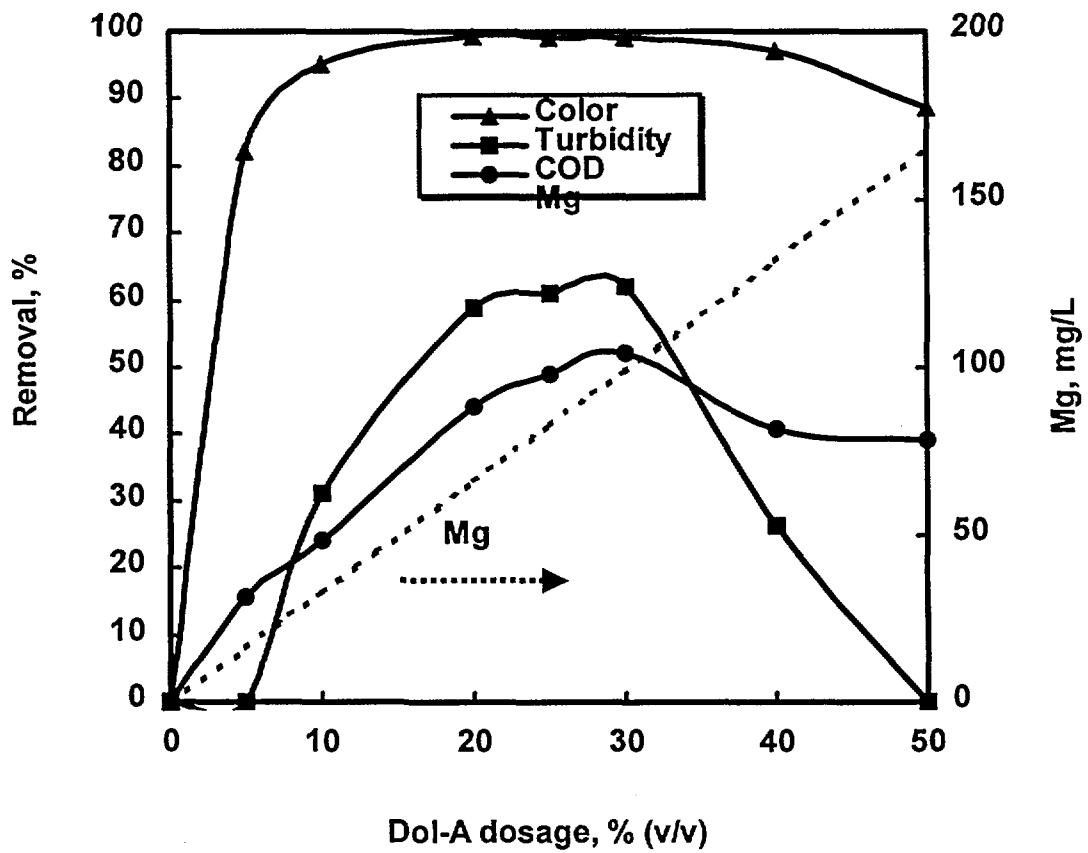


Fig. 12. Removal of color, turbidity and COD of dyeing wastewater C by dosage of Dol-A at pH 12 (alkali=NaOH).

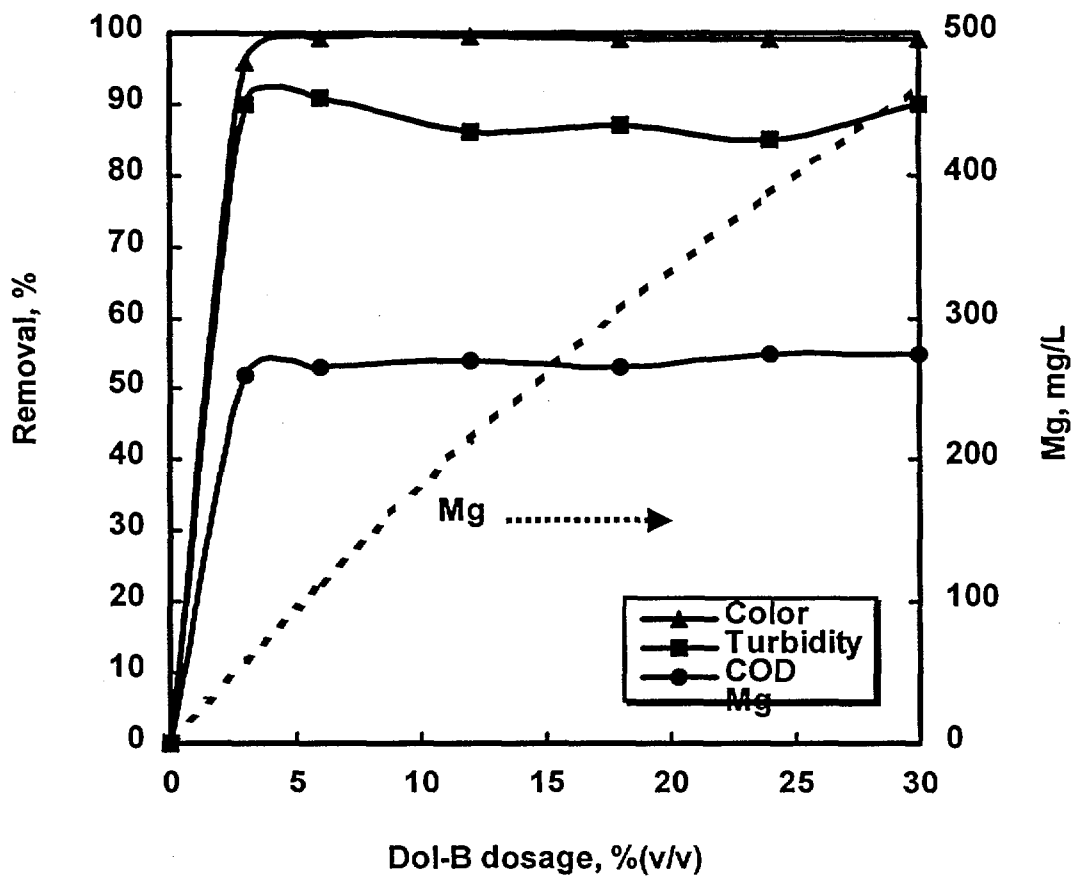


Fig. 13. Removal of color, turbidity and COD of dyeing wastewater D by dosage of Dol-B at pH 12 (alkali= $\text{Ca}(\text{OH})_2$).

한편 Fig. 14는 상등액 첨가없이 lime으로 pH 조정만 행함으로써 상등액에 용존하는 Mg과 Ca의 기여도를 평가한 것이다. pH12에서 색도, 탁도, COD 제거율은 각각 30.8%, 28.2%, 5.2%로서 Mg과 Ca이 용존되어 있는 상등액 Do1-A와 Do1-B를 첨가한 경우와 비교하면 매우 차이가 크다. 즉, lime 첨가에 의한 CaCO_3 침전만으로는 만족스러운 처리효과를 얻기 어려우며 MgCO_3 나 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 침전 생성에 의한 응집 및 흡착이 동시에 이루어져야 폐수처리 효과가 보다 높아짐을 확인할 수 있다.

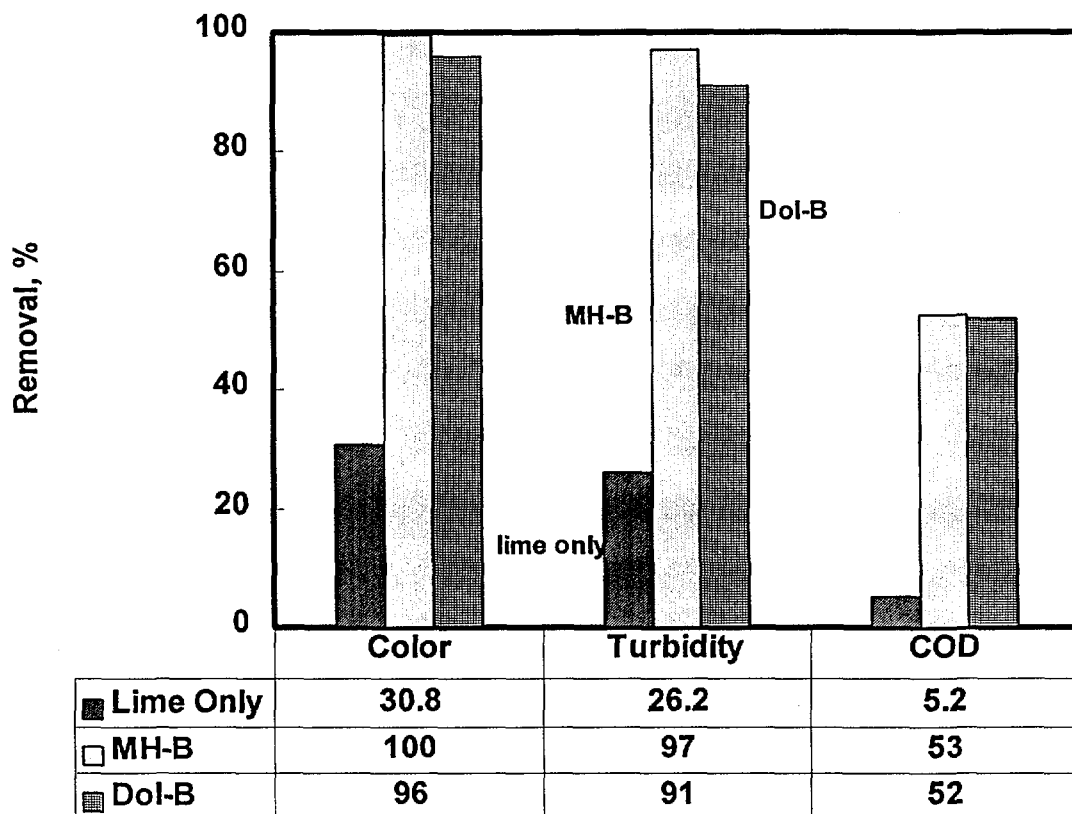


Fig. 14. Effect of supernatant addition for dyeing wastewater D at pH 12.

라. Magnesium hydroxide와 돌로마이트의 효과 비교

(1) 중금속 폐수 처리

중금속폐수를 처리하기 위한 알칼리 약품의 한 예로 $Mg(OH)_2$ 와 돌로마이트 슬러리를 이용하여 실험한 결과 처리효율 측면에서나 사용상의 용이함 면에서 $Mg(OH)_2$ 슬러리가 돌로마이트 슬러리보다 유리하였다. Fig. 15는 중금속폐수 A를 $Mg(OH)_2$ 슬러리와 돌로마이트 슬러리로 처리하였을 때의 중금속 제거 효과를 비교한 것이다. 중금속이 제거되는 속도는 두 슬러리의 경우 큰 차이가 없었으나 Fig. 16에서 보듯이 최저 농도에는 큰 차이가 있었다. 돌로마이트 슬러리를 이용하였을 때의 최저 농도는 Cr, Zn, Fe이 각각 5.4, 1.7, 0.1 mg/L로서 다소 미흡한 수준이었으며, 첨가량을 늘리면 중금속들이 재용해되는 경향을 보였다. 반면 Magnesium hydroxide 슬러리의 경우에는 모두 0.1 mg/L 이하까지 제거 가능하였다. 돌로마이트 슬러리는 $Mg(OH)_2:Ca(OH)_2$ 를 40:60으로 함유되어 있으므로 $Mg(OH)_2$ 가용량이 $Mg(OH)_2$ 슬러리보다 상대적으로 적을 뿐 아니라 $Ca(OH)_2$ 에 의한 지속적인 pH 상승으로 금속침전물의 재용해를 일으킨다. $Mg(OH)_2$ 는 금속수산화물 침전을 만들기 위한 OH^- 공급원으로서 뿐 아니라 표면흡착에 의해서도 중금속을 제거하므로 중성 영역의 동일 pH라 하여도 NaOH나 $Ca(OH)_2$ 에 비하여 중금속제거 효과가 크다(9).

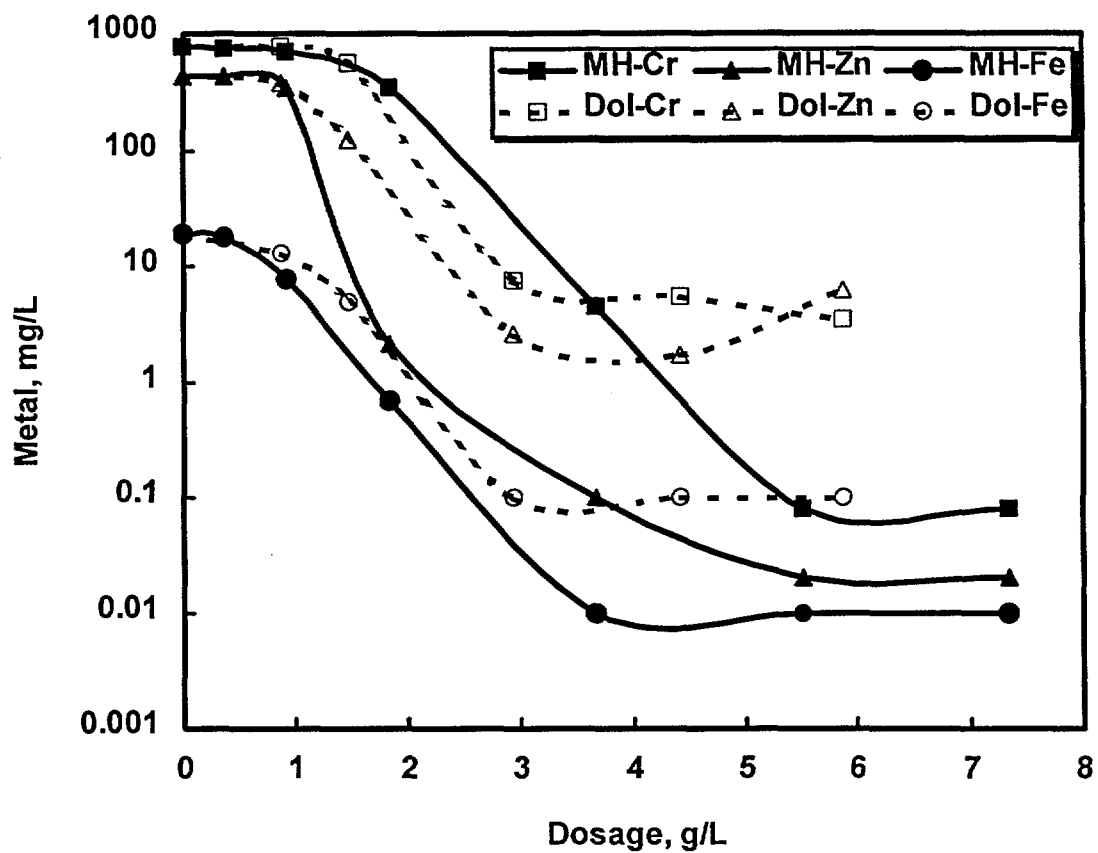


Fig. 15. Metal abatement in metal wastewater A by $Mg(OH)_2$ and dolomite slurry.

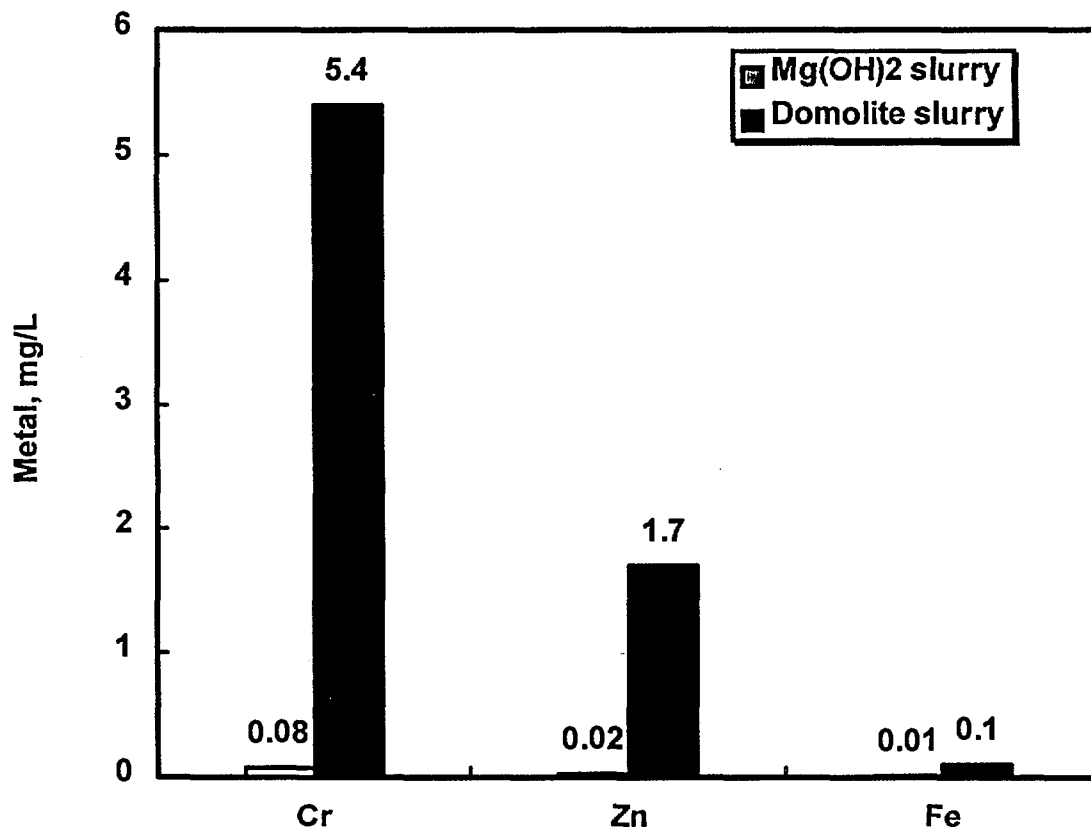


Fig. 16. The lowest concentration of metal by Mg(OH)₂ and dolomite slurry for Metal wastewater A.

Fig. 17의 증속폐수 B에 함유된 Pb의 농도변화 역시 Magnesium hydroxide를 이용한 경우가 돌로마이트를 이용한 경우보다 낮은 최저농도를 나타낸다. Magnesium hydroxide를 이용한 경우 Pb는 0.1 mg/L 이하까지 제거되었으나 돌로마이트의 경우에는 최저 0.13 mg/L까지만 제거되었다.

Fig. 18은 상등액에 잔류하는 Mg의 농도를 비교한 것이다. Magnesium hydroxide를 이용하는 것이 돌로마이트를 이용하는 것보다 유리하다고 평가할 수 있다.

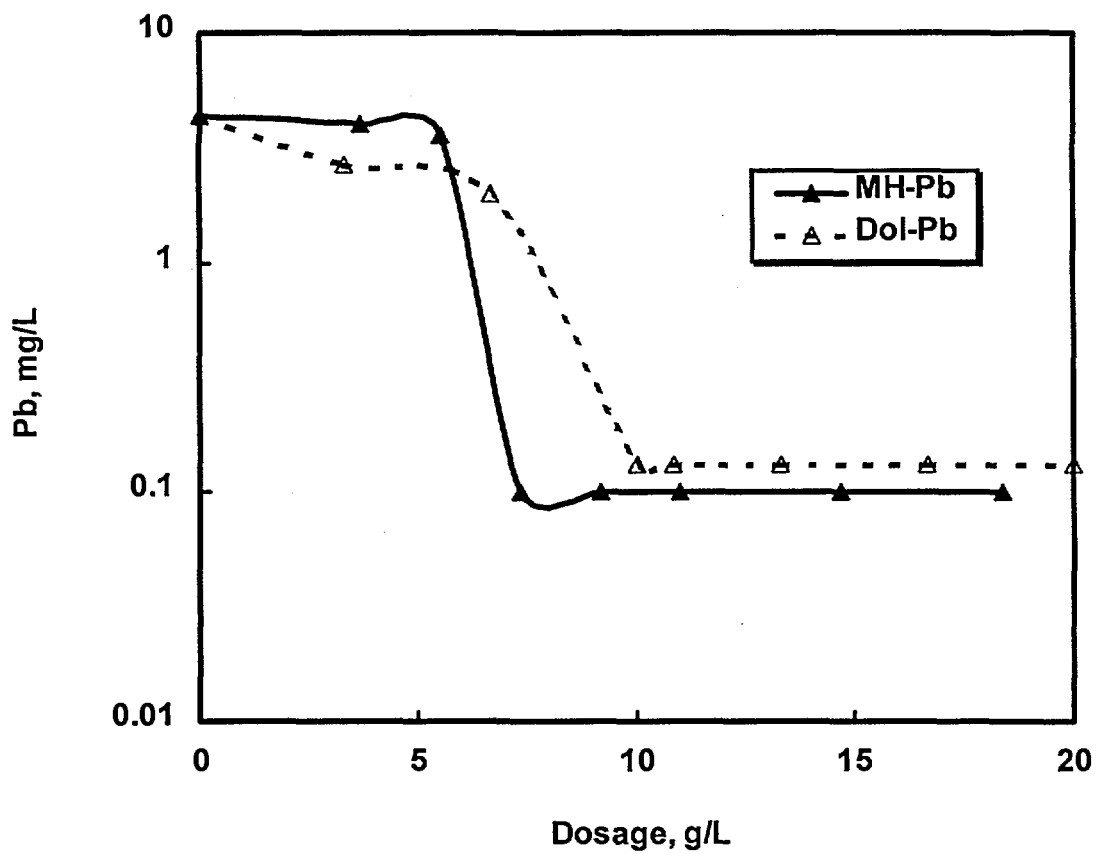


Fig. 17 Abatement of Pb in metal wastewater B by $Mg(OH)_2$ and dolomite slurry.

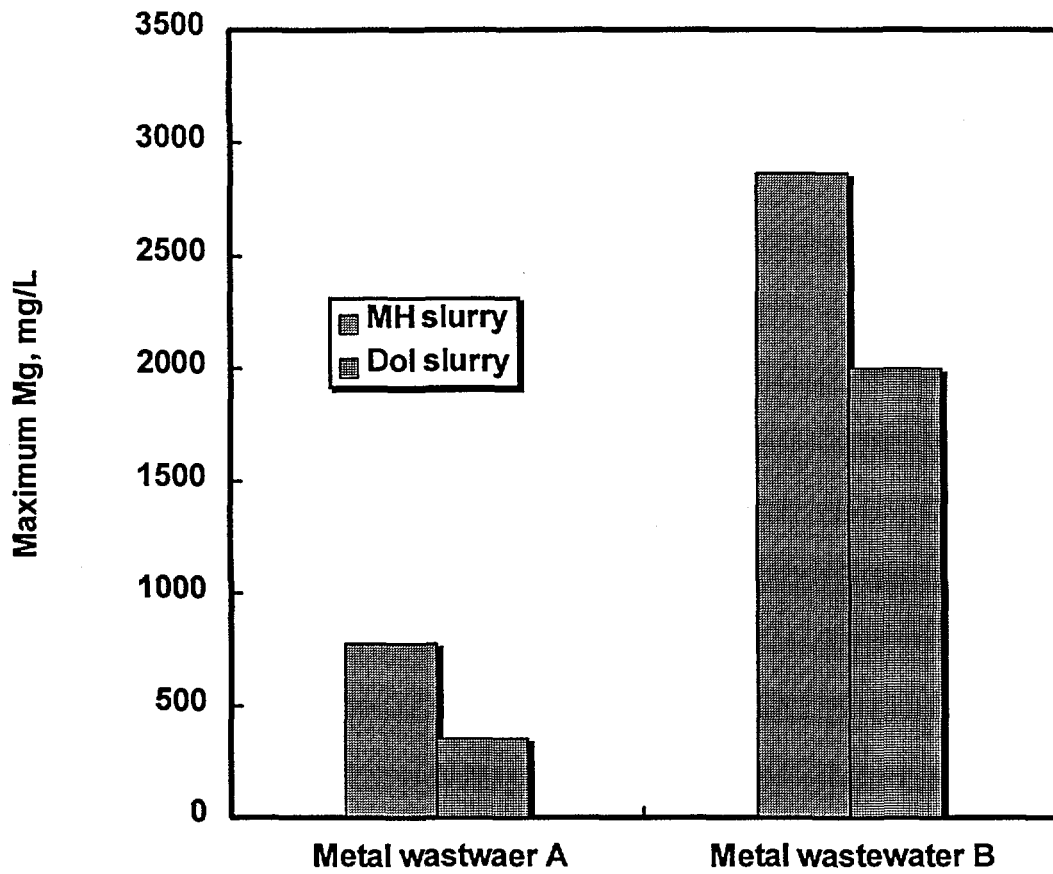


Fig. 18. Maximum concentration of Mg in the supernatant from metal wastewater A and B by $Mg(OH)_2$ and dolomite slurry.

(2) 염색폐수 처리

중금속 폐수를 처리하고 난 후 Mg^{2+} 가 용존하고 있는 상등액을 염색 폐수에 응집제로 첨가할 때 COD 및 색도, 탁도의 제거율을 분석하고 상등액 소요량을 분석하였다. 잔류 Mg^{2+} 이 높은 상등액은 상등액 소요량이 5% 미만이었으나 잔류 Mg^{2+} 이 낮은 경우에는 상당히 많은 양이 소요되었다.

Fig. 19는 중금속폐수 A를 Magnesium hydroxide와 돌로마이트로 중화시킨 후 취한 상등액, 즉 MH-A와 Dol-A를 염색폐수 C에 응집제로 첨가하였을 때 각각의 COD 및 색도, 탁도의 제거율을 비교한 것이다. Magnesium hydroxide를 이용한 MH-A는 부피비로 10% 첨가하였을 때 폐수 중 Mg 농도가 약 80 mg/L가 되었으며, 이 때 색도 100%, 탁도 85%, COD 43%를 제거할 수 있었다. 그러나 돌로마이트를 이용한 Dol-A는 30%(v/v)를 첨가하여야 Mg 농도가 약 100 mg/L가 되었으며, 색도 99%, 탁도 62%, COD 52%가 제거되었다. 제거율에는 그다지 차이가 없으나 돌로마이트를 이용한 경우의 상등액 소요량은 Magnesium hydroxide 슬러리를 이용한 경우보다 2배나 많다. 이것은 잔류 Mg 농도의 차이 때문이다.

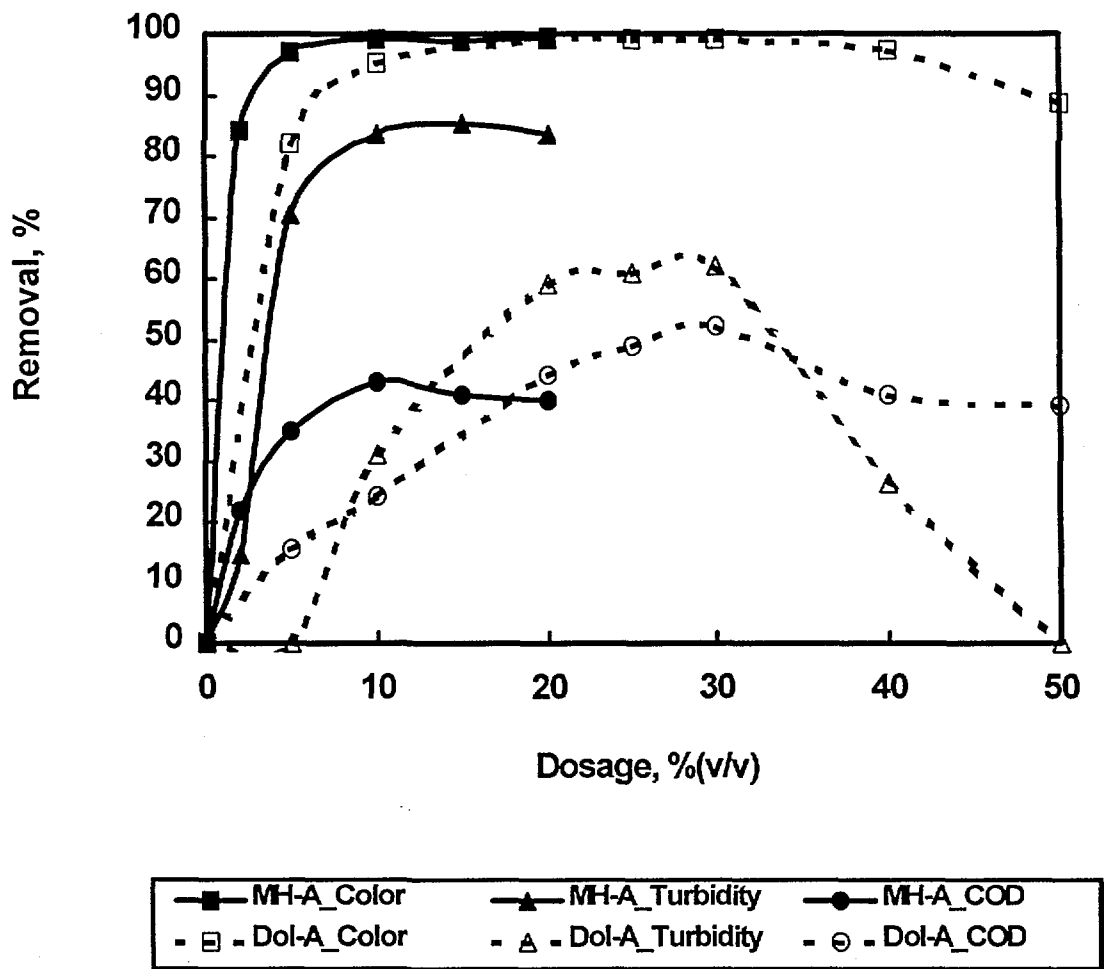


Fig. 19. Removal of dyeing wastewater C by supernatant MH-A and Dol-A.

Fig. 20은 중금속폐수 B를 중화시킨 후의 상등액, 즉 MH-B와 Do1-B가 염색폐수 D 처리에서 소요된 양을 비교한 것이다. 중금속폐수 A에서 취한 상등액과는 다르게 첨가량 3 ~ 6% 만으로도 COD 50% 이상을 제거할 수 있었다. 첨가량 3 ~ 6%일 때 Mg 농도는 약 60~115 mg/L에 해당하였다.

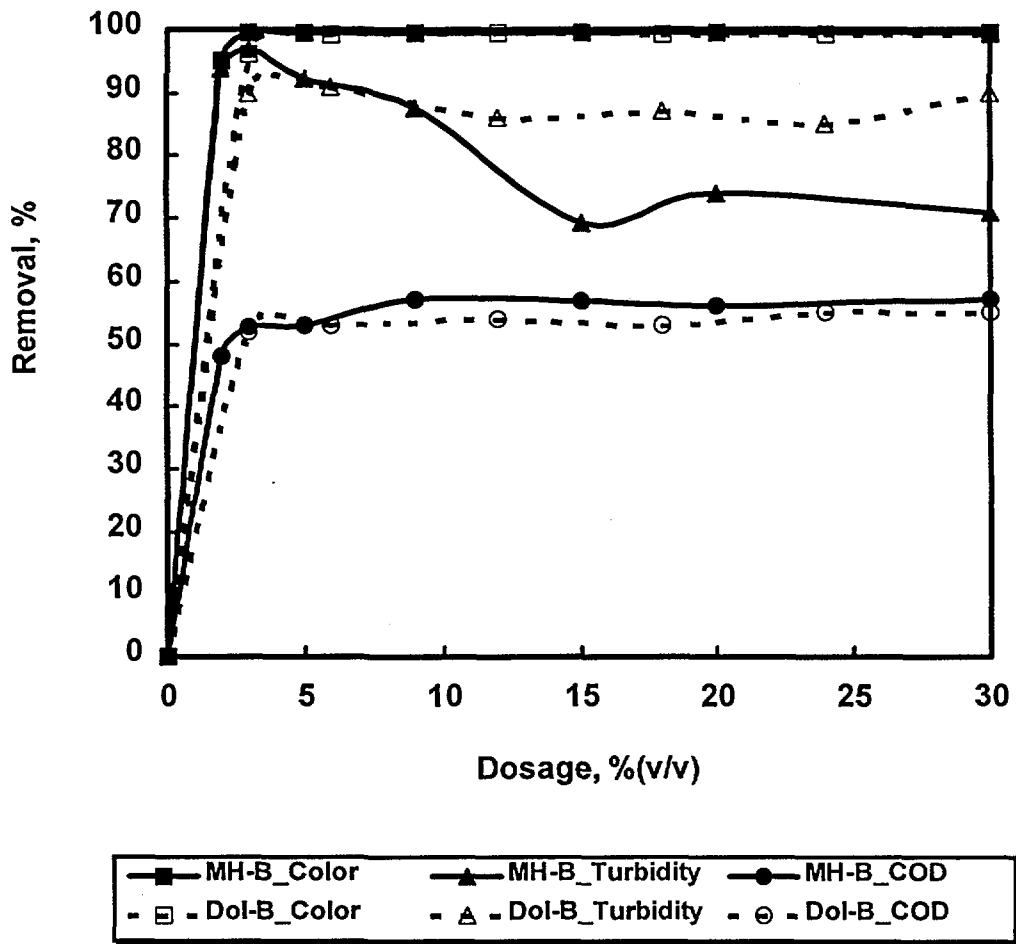


Fig. 20. Removal of dyeing wastewater D by supernatant MH-B and Dol-B.

Table 4는 중금속폐수의 산도에 따른 중화제의 중화특성 및 그 상등액의 염색폐수 처리효과를 비교한 것이다. 중금속폐수의 산도가 강할수록 Mg은 보다 많이 용해되어 상등액에 고농도로 잔류하게 된다. 상등액의 잔류 Mg 농도가 높을수록 염색폐수 처리시 상등액 소요량은 감소하나 제거율은 크게 영향을 받지 않는다. 제거율에 영향을 주는 것은 폐수 중 Mg 농도이므로 잔류 Mg 농도가 낮은 경우에는 상등액 소요량이 증가할 뿐 최종 제거율에서는 큰 차이가 없다.

염색폐수 처리시 lime 만을 이용하여 pH를 조정할 경우의 색도 및 탁도, COD 제거율은 각각 30.8%, 26.2%, 5.2%로서 Mg이 용존하는 상등액을 첨가한 경우와 비교하면 제거율이 월등히 낮았다. 즉, 상등액을 이용한 염색폐수 처리에서 오염물질 제거는 상당부분이 상등액에 잔류하는 Mg에 의존하였다고 결론지을 수 있다.

Table 4. Results of dyeing wastewater treatment with supernatant from metal acidic wastewater

	metal wastewater A (acidity 4440 mg/L)		metal wastewater B (acidity 13970 mg/L)	
	MH-A*	Dol-A**	MH-B***	Dol-B****
residual Mg, mg/L	800	280	2870	2000
	dyeing wastewater C		dyeing wastewater D	
supernatant removal, %	10	30	3	3
Color	99	99	100	96
Turbidity	85	62	97	91
COD	43	52	53	52

* MH-A : supernatant from metal wastewater A neutralized with $Mg(OH)_2$

** Dol-A : supernatant from metal wastewater A neutralized with Dolomite

*** MH-B : supernatant from metal wastewater B neutralized with $Mg(OH)_2$

**** Dol-B : supernatant from metal wastewater B neutralized with Dolomite

제 3 절 경제성 분석

국내 산업계에 기존의 산성인 중금속을 함유한 폐수처리 시설과 염색폐수 등 일반폐수처리 시설은 보통 한 공단내에 공존하므로 이 두 시설을 연계한다면 배출하여야만 될 중금속폐수 처리수를 재이용하여 일반폐수처리도 가능하므로 그 경제적효과가 상당히 크며 전체 폐수의 양도 감소할수 있으므로 환경보호적 차원에서도 매우 유용하다고 할 수 있다. 따라서 당소가 최근 98년 6월에 등록사정된 특허권을 이용하여 이들 회사로의 기술 이전이 바람직 하다고 판단된다.

본 연구는 산폐수 중화를 위해 백운석(CaCO_3 MgCO_3), 마그네샤 석회(Ca(OH)_2 Mg(OH)_2), 고토석회(Ca(OH)_2 Mg(OH)_2), 수산화마그네슘(Mg(OH)_2), 마그네시아(MgO) 등 칼슘과 마그네슘을 함유한 알칼리성 물질로 산도 1,000 ~ 20,000ppm 되는 산성폐수 (도금폐수, 전자공업 폐수, 배터리 제조폐수, 제강공장 산세척 폐수, 산제조과정에서 발생하는 산폐액, 금속공장의 연폐산, 아연 폐산 등)를 중화하고 난 뒤 그 상등액과 침전물에 존재하는 칼슘과 마그네슘화합물을 다시 산업폐수처리에 폐수처리제로써 재이용하는 것이다. 이러한 개념을 Fig. 21의 처리공정도에 나타내었다.

실제 대전 공단내 산도가 13970 mg CaCO_3 /l인 battery 제조업체인 B사는 염색폐수 D사와 인접해 있어 이두 시설을 연계하면 폐수처리가 가능할 것이다. 기존의 B사의 폐수처리방법과 산폐수 중화물질 처리방법과의 경제성을 분석하면 다음과 같다. 기존의 B사의 폐수처리 경우 중금속처리제로서 50% Mg(OH)_2 slurry 14000 ppm을 이용하였고 C사의

경우 황산제일철 2000 ppm을 이용하여 화학적처리를 한 후 활성오니를 이용한 생물학적 처리공정으로 운용되고 있었다. 산폐수 중화물질 3%(v/v)를 이용하여 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 으로 pH를 12로 조정하여 혼합시킨 후 30분 침전시킨후 상등액을 황산을 이용하여 pH를 7로 중화시켰다. 이들 약품들의 색도 및 COD 의 제거효율을 표 5에 제시하였다. 표 5에 제시된 것처럼 산폐수중화물질을 이용하여 염색폐수를 처리할시 황산제일철을 사용하는것보다 우수함을 나타내었다. 약품가격은 98년 10월 물가정보지를 참고하였고 황산제일철은 D사에서 현재 납품가를 기준으로 하였다. 화학약품 가격은 표 6 에 제시하였다. 표7에 산폐수중화물질과 기존에 이용하던 황산제일철의 처리단가를 비교한 결과 산폐수중화물질로의 처리단가가 기존처리공정에 비하여 80% 정도 매우 경제적이었다.

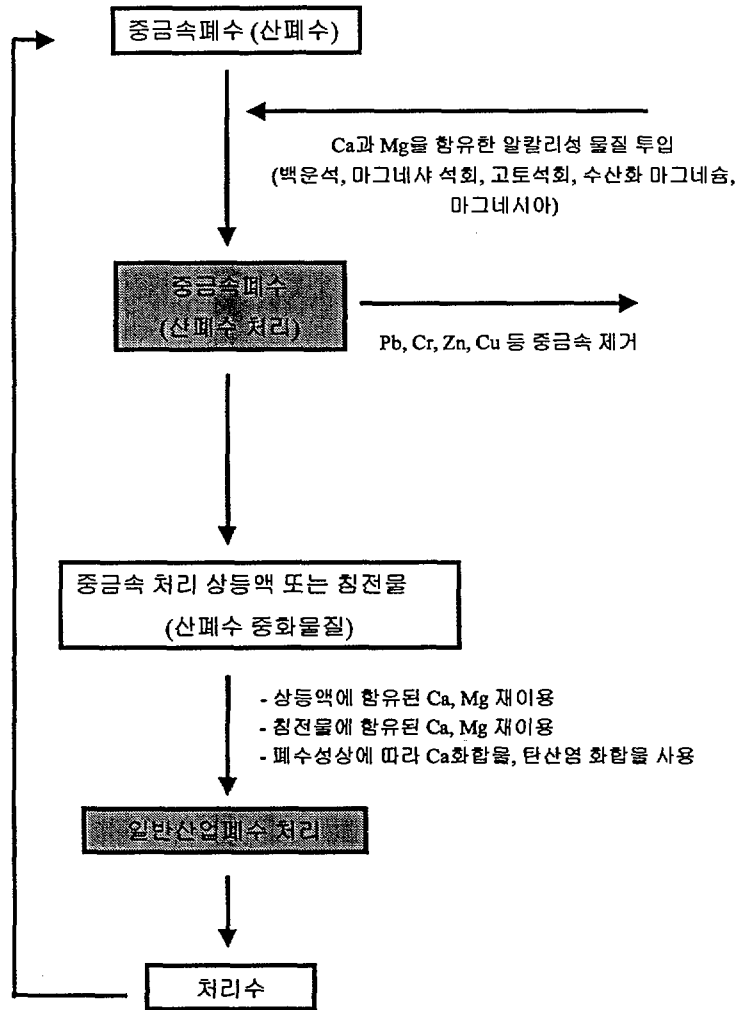


Fig. 21. Treatment process flowsheet of industrial wastewater related to heavy metal wastewater.

Table 5. Removal efficiency for each coagulant

	산폐수중화물질	황산제일철
Color, abs (removal efficiency,%)	100	93
COD, ppm (removal efficiency,%)	53	45

Table 6. Chemicals price

약품종류	가격, 원./톤	비고
황산 98%, 공업용	136,000	점포납품가
소석회 1급(폐수용)	125,000	공장납품가, 서울기준
	75,000	공장납품가, 부산, 광주, 대구, 대전기준
황산제일철	70,000	D사 납품가

Table 7. The unit cost of treatment

	처리단가(원/ton)
산폐수중화물질	26
황산제일철	140

제 3 장 결론 및 건의 사항

1. Magnesium hydroxide를 이용한 연구

- Magnesium hydroxide를 이용하여 산도 4440 mg CaCO₃/L인 중금속 폐수 A를 중화한 경우 중금속 제거율은 99.9% 이상이었다. 폐수 중에 함유된 Cr, Zn, Fe의 중화 후 잔류농도는 모두 0.1 ppm 이하로 폐수 배출기준치를 만족하였으며, 상등액 중 잔류 Mg 농도는 약 800 mg/L 이었다. 산도 13970 mg CaCO₃/L인 폐수 B의 중화과정은 폐수 A에 비하여 약 3배 많은 양이 소요되었으며 상등액 중 잔류 Mg의 농도 역시 2870 mg/L로서 폐수 A에 비하여 약 3.6배 높은 농도였다.
- 중금속폐수 A와 B를 처리한 후 취한 상등액으로 두 종류의 염색폐수를 응집처리 하였을 때, 중금속폐수 A의 상등액은 10%(v/v), 중금속 폐수 B의 상등액은 3%(v/v)가 소요되었으며 이것은 Mg 농도 약 80~85 mg/L에 해당하였다
- 중금속폐수 처리 후 상등액으로 염색폐수를 처리할 때 잔류Mg 농도가 높은 상등액(MH-B)은 색도 및 탁도 제거율이 97% 이상, COD 제거율이 53%였으나 잔류Mg 농도가 상대적으로 낮은 상등액(MH-A)은 색도 제거율 99%, 탁도 제거율 85%, COD 제거율 43%로서 잔류Mg 농도가 높을수록 제거율이 우수하였다.

2. dolomite를 이용한 연구

- 돌로마이트를 이용하여 중금속폐수 A를 중화할 때 슬러리 소요량은 Magnesium hydroxide의 경우와 비슷하였으나 상등액 중 잔류 Mg 농도는 약 280 mg/L로서 Magnesium hydroxide를 이용한 경우 보다 훨씬 낮은 농도를 보였다. 한편 Ca 농도는 약 1180 mg/L였다.

중금속폐수 A 중에 함유된 Cr, Zn, Fe은 모두 99% 이상 제거되긴 하였으나 잔류농도가 각각 4 ppm, 2.1 ppm, 0.2 ppm으로 Cr과 Zn의 경우에는 배출기준을 충족시키지 못하였으며, Magnesium hydroxide 슬러리를 이용한 경우보다 잔류농도가 높았다.

돌로마이트로 중금속폐수 A를 중화한 후 취한 상등액(Dol-A)로 염색 폐수를 처리하였을 때 상등액 적정주입량은 30%(v/v)로 상당히 많은 양이 요구되었으며, 이 때 색도, 탁도, COD 제거율은 각각 99%, 62%, 52%였다.

- 돌로마이트로 중금속폐수 B를 중화할 때 Pb은 0.13 ppm까지 제거되어 99% 이상의 제거율을 나타내었다. 이 때 상등액 중의 잔류Mg과 Ca은 각각 2000 mg/L, 720 mg/L였다.

돌로마이트로 중금속폐수 B를 중화한 후 취한 상등액(Dol-B)로 염색 폐수 D를 처리하는 데에는 상등액이 3% 소요되었으며 이 때 색도,

탁도, COD는 각각 96%, 91%, 53% 제거되었다. 잔류Mg 농도가 상대적으로 낮았던 Do1-A에 비하여 상등액 소요량이 10배나 적었다.

3. 경제성 분석

- 산폐수중화물질을 이용하여 기존의 염색폐수처리 공정에 적용한 결과 처리약품비의 80%를 절감하였다.

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 대외기여도

1. 연구개발목표 달성도

당해연도 연구목표	연구결과	달성도 (%)
중금속폐수와 연계된 산업폐수처리공정 확립	-산폐수 중화물질로 $Mg(OH)_2$ 와 돌로마이트를 이용하여 도금폐수와 전지폐수를 처리하는 최적조건을 확립하고 중화된 물질의 특성을 분석하였음 -중화물질을 이용한 염색폐수 처리시 적정 pH는 12, 적정주입률은 3%였으며 색도와 탁도, COD 제거율은 각각 96~100%, 91~97%, 53% 이었음 -기존 방식인 황산철염을 응집제로 사용하는 경우와 비교하여 80%의 비용절감 효과가 있음	100 %

2. 대외기여도

전지제조공장의 중금속 산폐수 중화시 수산화마그네슘 등이 이용되고 있는데 중화후 상등액에는 산폐수 산도에 따라 다량의 마그네슘이 잔존하나 현재는 그대로 방류하고 있는 실정이다. 본 연구에서는 이를 재활용하여 염색폐수를 효과적으로 처리할 수 있는 기술을 개발하였다. 따라서, 본 연구는 귀중한 자원을 재활용하고, 염색폐수를 경제적으로 또한 효과적으로 처리하는데 기여할 수 있다고 사려된다.

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

본 연구개발 결과 중금속폐수 처리수를 일반 산업폐수 처리시 응집제로 재활용할 수 있으므로 중금속을 함유한 산업폐수 배출업소 즉 전지, 도금, 금속 가공업체 등과 염색, 염료, 피혁폐수를 배출하는 방직, 염료 제조, 피혁가공업체 등을 상호 연계시켜면 상용화가 가능하다고 사려된다.

따라서, 본 연구의 중금속폐수 처리수를 본 과제에서 산업체로 기술이전한 "마그네슘, 칼슘화합물을 이용한 산업폐수 처리방법"의 마그네슘, 칼슘화합물 원료원으로서도 이용가능하고 순수하게 두 단위 폐수처리공정을 연계한 방법으로 상용화가 가능하다고 판단된다.

향후, 본 연구결과를 기술이전 조건에 따라 기 기술이전한 산업체에 기술이전 하거나 혹은 별도의 환경전문업체에 기술이전을 하고자 한다.

Reference

1. A. M. Dzuibek and A. L. Kowal, 1989, "High-pH Coagulation - Adsorption: A New Technology for Water Treatment and Reuse" , Water Science and Technology, Vol.21, pp. 511-517
2. Carl W. Reh, February, 1980, "Disposal and Handling of Water Treatment Plant Sludge", Research and Technology, pp. 115-118
3. Cecil M. Martin, 1991, "Magnesium Hydroxide for Acid Neutralization", Public Works, pp. 69-70
4. E. Idelovitch and A. M. Wachs, 1982, "A New Configuration of the High-Lime Process with Sludge Recirculation for Magnesium Recycling", Water Science and Technology, Vol. 14, pp. 655-673
5. Folkman Y. and Wachs A. M. (1973), Removal of algae from stabilisation ponds effluent by lime treatment, Water Res. , No. 7, pp. 419-435.
6. Gerry Spoor, 1996, "A Suitable Case for Treatment ", Water and Waste Treatment, Vol. 39, No. 5, p18
7. J. Leentvaar and M. Rebhun, 1981, "Effect of Magnesium and Calcium Precipitation on Coagulation-Flocculation with Lime"
8. John F. Ferguson and Lasse Vrale, 1984, "Chemical Aspects of the Lime - Seawater Process", Jr. WPCF, Vol. 56, No. 4, pp.355-363

9. John TerIngo III, 1987, "Magnesium Hydroxide reduces Sludge/ improves Filtering", Pollution Engineering, pp. 78-83
10. L. A. Kul'skii, Z. N. Shkavro, M. I. Medvedev, and O. S. Zuil'figarov, 1984, "Use of Magnesium Salts in the Technology of Removal of Basic dyeing from Water", Khimiya i Tekhnologiya Vody, Vol. 6, No. 1, pp. 53-56
11. N. P. Grusin, I. A. Tikhonova, I. G. Lukianets, and A. V. Netkachev, 1989, "Coprecipitation of Magnesium and Calcium: The Alkaline Softening of Fresh Water" Khimiya i Tekhnologiya Vody, Vol. 11, No. 5, pp.421-424
12. Oldham, W. K. and Rush, R. J., 1978, "Color removal in Kraft mill wastewaters with magnesium", J. water Poll. Control Fed., Vol. 50, pp. 40-45
13. R. Schulze-Rettmer, 1991, "The Simultaneous Chemical Precipitation of Ammonium and Phosphate in the Form of Magnesium-Ammonium-Phosphate", Water Science and Technology, Vol. 23, pp.659-667
14. Richard Foreman, 1993, "Magnesium Hydroxide and Its Role in the Precipitation of Metals from Waste Streams", Product Finishing, p22
15. S. Elmaleth, H. Yahi, and J. Coma, 1996, "Suspended Solids Abatement by pH Increase - Upgrading of an Oxidation Pond Effluent", Water Research, Vol. 30, No. 10, pp 2357-2362

16. Stephen J. Randtke, 1982, "New Technology for Drinking Water Treatment", Water/Engineering & Management, pp38-40

17. V. Mavrov, I. Dobrevsky, B. Bonev, and N. Petkov, desalination, 1992, "Effects of Magnesium Hydroxide (or Hydrated MgO) formed under Alkaline Conditions on Brackish Water Pretreatment for Reverse Osmosis", Vol. 85, pp. 335-344

서 지 정 보 양 식

수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드		
KAERI/RR-1929-98					
제목 / 부제		중금속폐수와 연계된 산업폐수처리 공정화 연구			
주저자		박장진(사용후핵연료 기술개발팀)			
연구자 및 부서명		박장진, 신진명, 김종호, 김미자, 양명승(사용후핵연료 기술개발팀), 박현수(핵주기기술 개발단), 손종식(핵주기시설 팀)			
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구소	발행년월	1999. 8
페이지	62 p.	도 표	있음(V), 없음()	크 기	26 cm.
참고사항					
비밀여부	공개(V), 대외비(), _ 급비밀		보고서종류	연구보고서	
연구위탁기관				계약 번호	
초록 (300단어내외)					
<p>Magnesium hydroxide와 돌로마이트를 이용한 중금속폐수 중화 후 상등액으로 염색폐수를 처리하였다. Magnesium hydroxide의 경우 상등액 적정주입량을 분석한 결과, 중금속폐수 A의 상등액은 10%(v/v), 중금속폐수 B의 상등액은 3%(v/v)로 나타났다. 색도제거율은 99% 이상, 탁도 62~85%, COD 43~52%였다. 돌로마이트의 경우 상등액 적정주입량을 분석한 결과 중금속폐수 A의 상등액은 30%, 중금속폐수 B의 상등액은 3%(v/v)였다. 색도제거율은 96~100% 이상, 탁도 91~97%, COD 52~53% 였다.</p> <p>산폐수중화물질을 이용하여 기존의 염색폐수처리 공정에 적용한 결과 처리약품비의 80%를 절감하였다.</p>					
주제명키워드 (10단어내외)	Magnesium hydroxide, Dolomite, 중금속폐수, 염색폐수, 중화물질, 재이용				

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET					
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report No.	INIS Subject Code
KAERI/RR-1929/98					
Title /Subtitle	A Study on the Treatment Process of Industrial Wastewater Related to Heavy Metal Wastewater				
Project Manager and Department		J.J.Park(Spent Fuel Technology Development)			
Researcher and Department		J. J. Park, J. M. Shin, J. H. Kim, M. S. Yang, M. J. Kim, J. S. Son, H. S. Park			
Publication Place	Taejon	Publisher	KAERI		Publication Date
Page	62 p.	Ill. & Tab.	Yes(V), No ()	Size	1999. 8. 26 cm.
Note					
Classified	Open(V), Restricted(), Class		Report Type	Trusted Research Report	
Sponsoring Org.				Contract No.	
Abstract	<p>The supernatant from metal wastewater by using magnesium hydroxide and dolomite was used to treat dyeing wastewater. In the case of magnesium hydroxide, the optimum dosage was 10%(v/v) for supernatant A and 3%(v/v) for supernatnat B. Color turbidity and COD removal was 99~100%, 85~97% and 43~53%, respectively. In the case of dolomite , the optimum dosage was 30%(v/v) for supernatant A and 3% for supernatant B. Color, turbidity and COD removal was 96~99%, 62~-91% and 52~53%, respectively. In dyeing wastewater treatment by using supernatant from metal wastewater, the cost of chemicals was reduced by about 80%.</p>				
Subject Keywords (About 10 words)	Magnesium hydroxide, Dolomite, Heavy metal wastewater, Dyeing wastewater, Neutralizing agent, Reuse				