

## PF3 $TiO_2$ Sol/UV 시스템을 이용한 수용성 폐절삭유 처리에 관한 연구

홍원석, 정상현, 김대원<sup>1</sup>, 이승원<sup>1</sup>, 양원호<sup>2</sup>  
한국기계연구원, <sup>1</sup>대구가톨릭대학교 환경과학과,  
<sup>2</sup>대구가톨릭대학교 산업보건학과

### 1. 서 론

산업의 고도화와 기계공업의 발달을 위해서는 정밀금속 가공기술의 발달이 필수적이다. 이와 같은 금속가공에 있어서 금속을 절삭, 가공과정에서 발생하는 마찰과 마모 등을 방지하기 위해 사용하는 것이 절삭유이다. 이 절삭유는 절삭 공구와 가공 금속 사이의 마찰에 의한 열 발생, 열로 인한 공작물의 변형 방지, 칩(chip)의 배출 원활 및 마멸과 마모 등을 감소시키고, 또한 가공 표면의 특성을 양호하게 하기 위하여 사용된다. 대부분의 금속 가공 공정에서 절삭유는 절삭유 저장조와 가공부 사이를 순환하며, 이 과정에서 다양한 경로를 통하여 유실되고 재 보충이 되는 과정이 반복된다. 이 금속가공 폐액은 COD(Chemical Oxygen Demand)가 약 30,000~100,000ppm 정도의 폐수로 국내 발생량은 1995년 기준으로 연간 폐액이 100만톤, 절삭폐액이 30만톤, 압연폐액이 11만톤 등이 발생하였고 매년 평균 13.8%씩 지속적으로 증가하고 있다.

절삭유는 사용목적에 따라 비수용성과 수용성으로 분류가 되며 비수용성 절삭유는 기름 성분이 60%이상이므로 병커C유나 기타 연료용 Oil과 섞어서 보조연료로 사용할 수 있기 때문에 비수용성 절삭유 처리는 크게 문제가 되지 않는다. 하지만 수용성 절삭유 폐기물에는 Oil성분이 5%정도이고 95%가 수분이므로 비수용성 절삭유처럼 소각이나, 보조연료로 사용하기에는 많은 비용이 소요된다. 이 같은 비수용성 폐절삭유는 증발(Evaporation)방법과 역삼투압이 사용되지만 처리비용이나 에너지 과다 사용과 후처리의 문제가 제기되고 있다.

이러한 절삭유를 사용하는 가공업체는 소규모 업체로 자체처리시설을 갖추지 못하여 폐절삭유처리는 위탁처리를 주로 하고 있다. 하지만 처리의 부실로 인해 폐절삭유의 폐액이 하천에 유입될 경우 하천이나 지하수 수질에 심각한 영향을 미친다. 환경보전의 측면에서 이러한 폐액 처리 기술 확보가 시급한 실정이다. 또한, 절삭유를 사용하는 금속 공업에 종사하는 공장근로자들은 폐절삭유로 인한 직업병으로 피해를 보고 있다. 최근에 발표된 역학 연구에서는 절삭유에 노출로 인하여 피부암, 위암, 췌장암, 후두암, 직장암, 담낭암과 강한 연관성을 갖고 있는 것으로 보고 되고 있다. 이러한 절삭유는 암을 유발시킬 수 있는 발암성물질(multi carcinogen)로 의심되고 있는 실정이다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 새로운 처리기술 개발이 필요하며, 많은 처리 방법들이 연구가 되어지고 있다. 이중에서 고도산화공정(Advanced Oxidation Process;

AOP) 처리기술인 UV/TiO<sub>2</sub> 광촉매 산화시스템을 이용하여 처리비, 운전비 등의 경제성 있는 유기화합물 제거방법이 연구되고 있다. 광촉매를 이용한 처리방법은 기존의 처리 방법에 비하여 환경에 심각한 문제를 일으키지 않으며, 조절이 용이하고 기존의 처리 공정에 응용할 수 있다는 큰 장점을 가지고 있다. 광촉매 산화(PCO : Photocatalyst Oxidation)는 자외선의 조사에 의해 발생하는 강력한 산화제인 superoxide, hydroperoxide anions 또는 hydroxyl radicals를 광촉매 표면에 발생시켜 분해하는 것이다. TiO<sub>2</sub>는 산, 염기, 유기용매에 침식되지 않는 화학적 안정성, 생물학적 안정성, 지구상에서 9번째로 많은 원소등의 장점을 가지고 있기 때문에 환경촉매로 광범위하게 이용되고 있다.

본 연구에서는 폐절삭액에 존재하는 유분과, 방부제, 계면활성제, 유기물을 제거하고 하였으며, 기존의 처리방식 대신 UV/TiO<sub>2</sub> 코팅 시스템을 이용하여 폐절삭액의 분해 특성을 고찰하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 실험방법

본 연구에서 사용한 실험장치를 Fig. 1에 나타내었으며, Table 1은 실험장치의 사양과 운전조건을 나타내었다. 실험에 사용된 시료는 실제 생산현장에서 사용된 수용성 폐절삭액을 수거해 유분(Oil)은 제거하지 않고, 부상물질과 금속 chip을 여과한 후 물과의 희석 배율 1:10의 무게비로 희석 후 시간에 따른 제어 효율을 보았다. 반응장치는 순환반응기 형태로 배출류 없이 운영하는 연속 교반 반응조(CSTR)와 동일하다. 샘플링은 일정시간

Table 1. Experimental condition of the UV/TiO<sub>2</sub> system

Experimental conditions	Range of variables
Total sample batch volume	21L
Reactor volume	20L
UV lamp	15W/ea × 20
Volumetric flow rate	2L/min
Air flow rate	3L/min

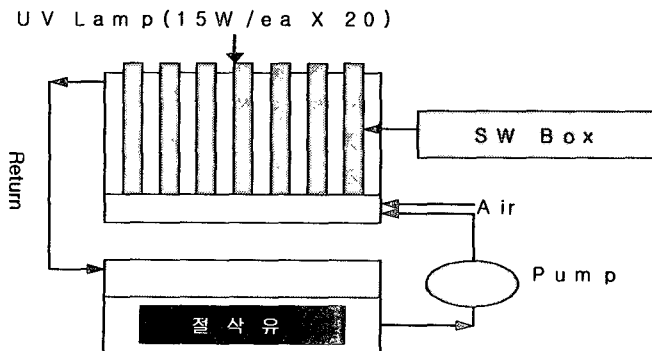


Fig. 1. Schematic diagram of UV/TiO<sub>2</sub> system.

간격으로 행하였으며, 분석항목은 질산유살균실험, 용존산소, pH, 온도, COD<sub>Cr</sub>를 측정하였다. COD<sub>Cr</sub> 분석은 Standard Method법에 의하여 측정하였으며, 질산유살균실험은 먹는물 기준 일반세균 시험법에 따라 측정하였다. 기타 항목 DO, pH, 온도는 자동측정장치를 사용하여 측정하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1. 질산유 살균실험

우선 UV램프와 제거효율과의 상관관계를 알아보기 위해서 시료의 초기농도와 펌프(pump)와 공기(Air)주입을 변화시키면서 실험하였다. UV램프의 빛의 세기는 각 32W, 64W, 96W, 144W, 304W 변화시키면서 제거 효율을 고찰하였다. 각 Oil flow rate는 2 LPM, Air flow rate 3 LPM으로 고정시켰다.

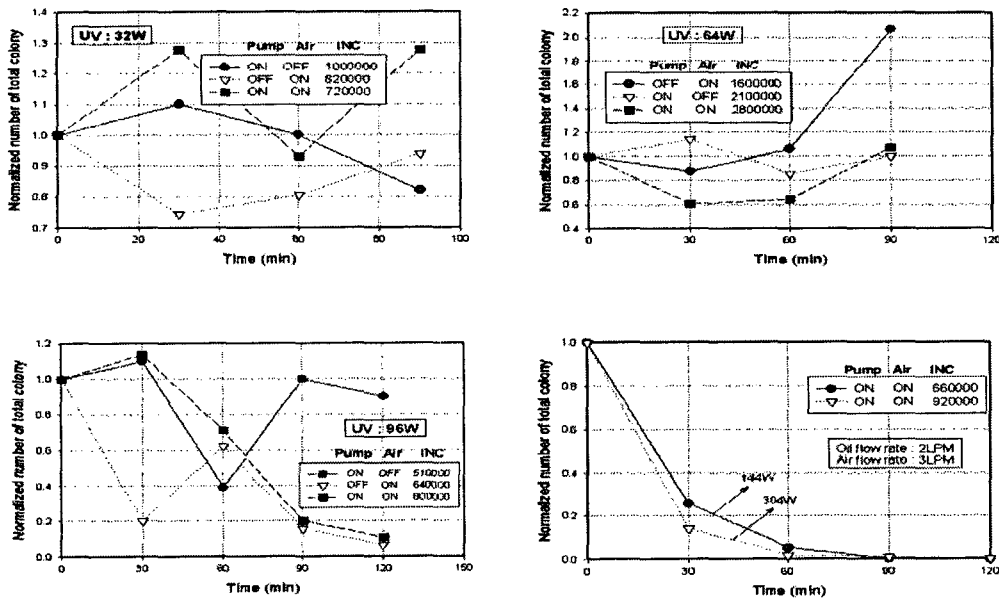


Fig. 2. Disinfection test of waste metalworking fluid by UV and aeration.

대체적으로 UV램프 세기가 클수록 처리 효율도 좋게 나왔으며 UV램프 세기가 32W 일때 pump만 가동시켰을 때가 효율이 좋게 나왔다. air만 주입시 32W, 64W 일때 시간이 지남에 따라서 살균 능력이 저하되는 경향을 보였으며, 96W, 304W 일때 시간이 따라 살균처리효율이 좋아짐을 보였다. UV 램프 빛의 세기에 따라서 처리 효율이 확연하게 변화되는 것을 알 수 있다.

#### 3.2. COD 제어실험

COD 실험은 bach flow으로 실험을 하였으며 시료채취시간을 3시간 간격으로 총 15시

간동안의 변화를 관찰하였다. 실험 환경으로는 UV램프 단독가동, UV램프+air, UV/TiO<sub>2</sub>+air 이렇게 세가지 변화를 주어 제어효율실험을 하였다. 현재 계속 실험중이며 UV, UV+air 결과를 보면 초기 농도 88,513ppm에서 15시간 후 처리 효율을 보면 UV만 사용했을 때 약 6.4%의 처리 효율을 보였으며 UV+air 적용시 15.5%을 처리 효율을 보였으며 각 처리시간 6시간 이후 가장 많은 효율을 보였으며 9시간 이후는 큰 변화가 없었다.

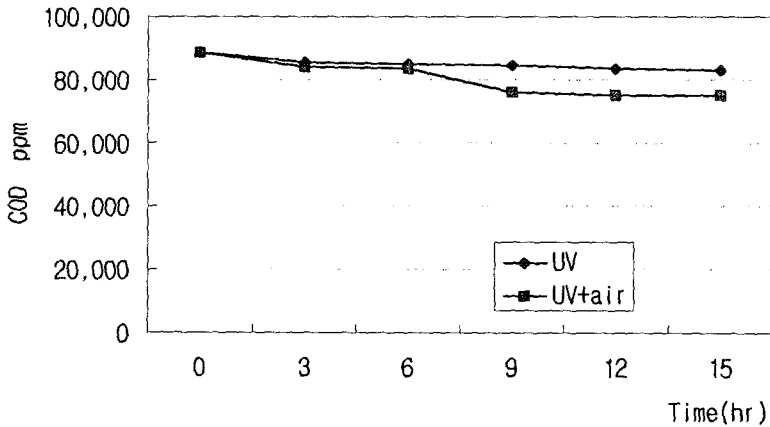


Fig. 3. COD removal efficiency of waste metalworking fluid by UV and aeration.

#### 참 고 문 헌

- 이창훈, 박찬진, 김성현, 2001, UV/TiO<sub>2</sub> 시스템을 이용한 수용성 절삭유 분해특성에 관한 연구, 대한화학공학회지 39(2), 245.
- 최희영, 1991, 수용성 절삭유제의 미생물 오염에 대한 계면활성제의 항균효과, 성균관대학교 석사학위 논문.
- Glaze, W. H., Kang, J. W. & Chapin, D.H., 1987, The chemistry of water treatment processes involving ozone, hydrogen peroxide and ultraviolet radiation, *Ozone Sci. Eng.*, 9(4), 335~352.
- Ralph W. Matthews, 1988, Kinetics of Photocatalytic Oxidation of Photocatalytic Oxidation of Organic Solutes over Titanium Dioxide, *J. Cat.*, 111, 264~272.
- Heinz Gerischer and Adam Heller, 1991, The Role of Oxygen in photooxidation of organic molecules on semiconductor particles, *J. Phys. Chem.*, 5261~5267.