

## Copper Alloy Metal Fiber를 이용한 Filter의 수용성 절삭유 부패 방지 연구

이상호, 김종화, 송주영\*

창원대학교 공과대학 화공시스템공학과

(jusong@sarim.changwon.ac.kr\*)

### A Study on the Antimicrobial Activity of Copper Alloy Metal Fiber In MWF

Sang Ho Lee, Jong Hwa Kim, Ju Yeong Song\*

Department of Chemical Engineering, Changwon National University

(jusong@sarim.changwon.ac.kr\*)

#### 서론

금속의 절삭, 가공 시 사용되는 수용성 절삭유는 절삭유제를 물로 희석하여 3~8%용액으로 사용하고 있다. 이러한 수용성 절삭유는 일반적으로 3~6개월 주기로 교환하고 있으며 이는 난분해성 폐수인 폐 수용성 절삭유(COD : 80,000 mg/L이상, n-H 추출물질 : 2,000 g/L 이상)가 다량으로 배출되고 있는 것이다. 수용성 절삭유의 수명은 미생물에 의한 부패와 밀접한 관련이 있다.

절삭유의 절삭기능을 향상시키기 위해 첨가하는 유성제, 극압 첨가제와 기유 등은 미생물 번식 환경을 만드는 영양원이 되고 있으며 미생물에 의한 부패는 수용성 절삭유의 교환의 직접적인 원인과 수용성 절삭유 악취를 제공한다. 또한, 수용성 절삭유는 폐 수용성 절삭유 처리비용과 교환에 따른 원자재 구입비용이 유사한 수준으로 대형 사업장의 경우 년산 수 십 억원의 비용이 소요되고 있다.

본 연구는 copper alloy metal fiber를 이용한 filter를 제작하여 수용성 절삭유와의 접촉 시간 변화에 따른 copper alloy metal fiber filter의 항균 특성과 물리적 특성의 변화를 확인하였다.

본 연구에서는 이러한 동(銅)합금의 항균성과 동(銅)합금 Metal fiber를 이용하여 수용성 절삭유에서의 항균 가능성에 대하여 연구하였다.

#### 이론

일반적으로 중금속은 밀도가 5g/cm<sup>3</sup> 이상의 전이금속으로 대부분의 중금속들은 d orbital에 불안정하게 전자가 채워져 있다. 그러므로 이러한 중금속들은 Redox-activity 에 의해

화합물을 형성하고, "trace element"로서 생물 내에서 생화학반응에서 중요한 역할을 나타낸다. 그러나 고농도의 중금속들은 세포 내에서 단백질의 변형이나 기형 단백질을 형성함으로써 세포에 대해 독성을 나타낸다.

Hg<sup>2+</sup>, Cd<sup>2+</sup>, Ag<sup>+</sup>등은 강한 독성을 나타내고, Zn<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>등은 고농도에서 독성을 나타낸다.

동(銅)에 의한 살균은 용액중의 동(銅)에서 일정량의 Cu<sup>2+</sup> 이온이 용출 됨으로써 독성을 나타낸다. Cu<sup>2+</sup>/Cu<sup>+</sup>의 전기화학적 포텐셜을 -268mV로서 분자상 산소와 쉽게 라디칼을 형

성한다. 특히, Hydroperoxide 라디칼을 형성함으로써 강한 독성을 나타낸다. 이러한 Hydroperoxide 라디칼은 세포 막과 결합하여 막의 구조적 기능적 변화를 일으켜 세포를 사멸하게 한다.

### 실험

본 실험에 사용된 금속은 copper alloy fiber로서 평균 직경이 5  $\mu\text{m}$ 로 된 순수 동(銅)섬유와 구리와 아연의 합금인 황동섬유를 이용하여 24cm  $\times$  6.5cm의 filter를 제작하여 아래의 방법과 같이 실험하였다.

본 실험에 사용된 시험균주는 한국생명공학연구원 생물자원센터의 KCTC 1923 *Escherichia coli*를 이용하여 실험하였다. 실험에 사용된 배지는 nutrient 배지를 사용하여 metal fiber의 항균 능력을 측정하였다.

#### 1) 절삭유 부패균의 성장 실험

Copper alloy fiber filter를 이용한 수용성 절삭유 부패 방지 연속실험 위해 수용성 절삭유 내에서 *Escherichia coli* 접종 후 pH 8, 30 $^{\circ}\text{C}$ 에서 배양시험 하였다. 수용성 절삭유에서 *Escherichia coli*의 성장 확인은 평판 배양법(Difco, Plate Count Agar)을 이용하여 측정하였다.

#### 2) Copper alloy fiber Filter의 수용성 절삭유 회분식 실험

##### ▷ 극세사 양에 따른 실험

Nutrient broth 배지 100mL에 *Escherichia coli*를 10mL를 접종한 후 Shaking incubator(30 $^{\circ}\text{C}$ , 374 rpm)에 9시간을 배양함. 9시간 배양한 nutrient broth 배지에 키운 *Escherichia coli*를 원심분리관에 20mL씩 넣어서 25 $^{\circ}\text{C}$ , 8000rpm의 원심분리기에 넣고 15분 이상 원심분리 시킨다. W1종 수용성 절삭유는 신유를 1:10으로 수돗물과 섞어 2주일 정도 방치하여 사용하였다. 미리 멸균해 둔 W1종 수용성 절삭유를 1:10의 비율로 혼합하여 제조한 수용성 절삭유액 100mL에 원심분리된 것을 상등액은 버리고 섞어준다. 이때 극세사의 양은 0g, 1g, 2g, 3g, 4g을 준비해서 각각의 수용성 절삭유에 넣어준다.

##### ▷ pH 변화에 따른 실험

Nutrient broth 배지 100mL에 *Escherichia coli*를 10mL를 접종한 후 Shaking incubator(30 $^{\circ}\text{C}$ , 374 rpm)에 9시간을 배양함. 9시간 배양한 Nutrient broth 배지에 키운 *Escherichia coli*를 원심분리관에 3mL씩 넣어서 25 $^{\circ}\text{C}$ , 8000rpm의 원심분리기에 넣고 15분 이상 원심분리 시킨다.

미리 멸균해 둔 W1종 수용성 절삭유를 1:10의 비율로 혼합하여 제조한 수용성 절삭유액 300mL에 pH를 6과 7로 맞추고 원심분리된 것을 상등액은 버리고 준비된 멸균 증류수에 넣고 섞어준다. 이때 극세사의 양은 똑같은 2g으로 한다.

MIC(mM)	Heavy-metal Ions
0.01	Hg <sup>2+</sup>
0.02	Ag <sup>+</sup> , Au <sup>3+</sup>
0.2	CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Pd <sup>2+</sup>
0.5	Pt <sup>4+</sup> , Cd <sup>2+</sup>
1.0	Co <sup>2+</sup> , Ni <sup>2+</sup> , Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup>
2.0	Ti <sup>+</sup>
5.0	Pb <sup>2+</sup>
10.0	Cr <sup>2+</sup>
20.0	Mn <sup>2+</sup>

Table 1. Toxicity of heavy-metal ions in *Escherichia coli*.

## 결과 및 토론

### 1) 절삭유 부패균의 성장 실험

Copper alloy fiber filter를 이용한 수용성 절삭유 부패 방지 연속실험 위해 수용성 절삭유 내에서 *Escherichia coli* 접종 후 배양시험 한 결과를 Fig 2.에 나타내었다.

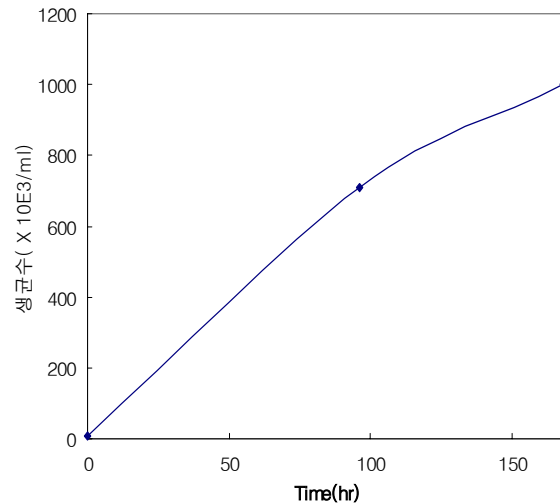


Fig1. Growth curve of *Escherichia coli* in the metal working fluid at the atmosphere of pH 8.

Fig 1.에서 보이듯이 *Escherichia coli*는 pH 8의 절삭유에서 사멸하지 않고, 지속적으로 성장하는 모습을 확인할 수 있다. 위와 같은 결과는 일반 수용성 절삭유 내에는 포름알데히드 계통의 살균제가 포함되어 있지만 충분한 시간 동안 방치하면 수용액 내의 살균제의 농도가 감소하여 *Escherichia coli*가 살균될 정도의 농도에 도달되어 그 후에는 수용성 절삭유에서 *Escherichia coli*의 성장을 확인 할 수 있다 사료된다.

본 연구는 위와 같은 결과를 바탕으로 이후의 실험들은 2주간 정도 방치한 수용성 절삭유를 이용하여 Copper Alloy Metal Fiber의 농도와 pH에 따른 영향을 살균 정도를 확인하였다.

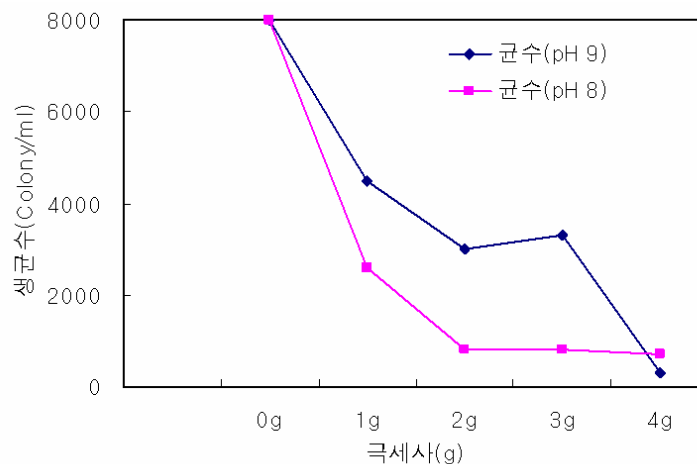


Fig2. Growth curve of *Escherichia coli* in the metal working fluid at the change Metal Fiber.

Fig 2에 *Escherichia coli*가 첨가된 수용성 절삭유 부패액에서 pH 8과 9에서 시험한 결과는 보였다. 일반적인 W1종 수용성 절삭유는 pH 8.5~9로 염기성을 나타내고 있다. 그리고, 수용성 절삭유의 열화에 의해 수용성 절삭유의 pH는 산성으로 변화가 된다. 위 실험 결과는 약염기성과 분위기인 pH 8과 9의 수용성 절삭유에서의 *Escherichia coli*의 살균 효과에 대해 실험한 결과이다. Fig 2의 결과를 볼 때 pH 8이 pH9 보다는 살균 효과가 더 큰 것으로 보이며 pH 8에서는 용액 내 2g정도의 Copper Alloy Metal Fiber에서 효과가 크게 나타나는 것을 확인 할 수 있었고, 2g 정도의 조건이 적당하다고 사료된다.

### 결론

실험 결과를 바탕으로 아래와 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 1) 수용성 절삭유에서 *Escherichia coli*의 성장을 확인 할 수 있다.
- 2) Copper alloy fiber filter를 적용한 수용성 절삭유 부패 방지 실험에서 미생물에 의한 부패 방지 효과를 확인 할 수 있었다.
- 3) Copper alloy fiber filter를 적용한 수용성 절삭유 부패 방지 실험에서 pH 9보다 pH 8 조건에서 수용성 절삭유의 부패 방지 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

### 참고문헌

- 1) Hironori Matsuoka, 일본기계학회논문집, 제 62권 제 593호, (1996).
- 2) 백남원, 박동욱, 윤충식, 김승원, 김신범, 김귀숙, 한국산업위생학회지, 제8권 제1호, pp.67-75, 1998.
- 3) 한국유지시험검사소, "절삭유제와 연삭유제", pp228