

수용성 절삭유의 Copper Alloy Metal Fiber에 의한 항균 특성에 관한 연구

이상호 · 박근호 · 송주영[†]

창원대학교 공과대학 화공시스템공학과
(2007년 3월 5일 접수 ; 2007년 8월 13일 채택)

A Study on the Antimicrobial Activity of Copper Alloy Metal Fiber on Water Soluble Metal Working Fluids

Sang Ho Lee · Keun Ho Park · Ju Yeong Song[†]

Department of Chemical Engineering, Changwon National University,
Changwon, Gyeongnam, 641-773, Korea
(Received March 5, 2007 ; Accepted August 13, 2007)

Abstract : This study is focused on the possibility of copper alloy metal fiber for an antimicrobial activity in the water soluble metal working fluids. Electrochemical potential of Cu/Zn ion is -268mV , and easily makes radicals with molecular oxygen. Especially, hydroperoxide radical shows strong toxicity to the strains. Plasma membrane causes conformational change when hydroperoxide radical binds to plasma membrane. Elution of copper ion from copper alloy metal fiber is detected in metal working fluid. As a result antimicrobial activity of copper alloy metal fiber in metal working fluid is superior to that of copper fiber.

1. 서론

금속의 절삭 가공 시 사용되는 수용성 절삭유는 절삭유제를 물로 희석하여 3~8% 용액으로 사용하고 있다. 수용성 절삭유는 금속 가공 시 윤활작용, 냉각작용, 마찰, 마멸 감속작용, 밀봉작용, 응력분산작용, 방청작용, 청정작용 등의 역할을 한다. 그러나 미생물에 의한 수용성 절삭유의 부패는 수용성 절삭유의 절삭기능 저하는 물론 심한 악취 발생으로 작업환경 악화를 초래하여 수용성 절삭유 교환의 직접적인 원인을 제공한다.

밀도가 5 g/cm^3 이상의 전이금속으로 대부분의 중금속들은 d 궤도에 불안정하게 전자가 채워져 있다. 그러므로 이러한 중금속들은 산화환원전위에 의해 화합물을 형성하고, 미량 원소로서 생물 내에서 생화학반응에서 중요한 역할을 나타낸다. 그러나 고농도의 중금속들은 세포 내에서 단백질의 변형이나 기형 단백질을 형성함으로써 세포에 대해 독성을 나타낸다.

Hg^{2+} , Cd^{2+} , Ag^+ 등은 강한 독성을 나타내고, Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} 등은 고농도에서 독성을 나타낸다.

동(銅)에 의한 살균은 용액중의 동(銅)에서 일정량의 Cu^{2+} 이온이 용출됨으로서 독성을 나타낸다. $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}^+$ 의 전기화학적 포텐셜은

[†] 주저자 (E-mail: jusong@sarim.changwon.ac.kr)

-268mV로서 분자상 산소와 쉽게 라디칼을 형성한다. 특히, 하이드로과산화물 라디칼을 형성함으로써 강한 독성을 나타낸다. 이러한 하이드로과산화물 라디칼은 세포막과 결합하여 막의 구조적 기능적 변화를 일으켜 세포를 사멸하게 한다.

본 연구에서는 이러한 동(銅)합금의 항균성과 금속 섬유를 이용한 항균 필터로서의 수용성 절삭유의 부패 방지 가능성을 확인하였다.

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

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

2. 실험

본 실험에 사용된 금속은 구리합금섬유로서 평균 직경이 5 μm로 된 순수 동(銅)섬유와 구리와 아연의 합금인 황동섬유를 이용하여 실험하였다.

본 실험에 사용된 시험균주는 한국생명공학연구원 생물자원센터의 KCTC 1923 *Escherichia coli*를 이용하여 실험하였다. 실험에 사용된 배지는 영양 배지(DIFCO, Bacto Nutrient Broth Dehydrated)를 사용하여 구리합금 섬유의 항균 능력을 측정하였다.

2-1. 구리합금섬유와 구리섬유의 금속 이온의 용출

중금속의 항균 능력은 금속표면에서 용출된 이온의 산화환원전위에 의해 이루어진다. 그러

므로 금속의 항균 능력의 지표를 확인하기 위해 구리합금섬유를 각각 0.01 g, 0.05 g, 0.1 g, 0.5 g을 준비하여 각각 영양 배지 10 ml에 첨가하여 30 °C, 10 hr 항온상태에서 침지 후 Cu와 Zn 이온의 용출을 확인하였다.

2-2. 구리합금섬유와 구리섬유의 항균 능력 시험

구리합금섬유와 구리섬유를 시험하기 위하여 500 ml 삼각플라스크에 영양 배지를 각각 300 ml 씩 첨가하고 진탕 항온장치(30°C, 374 rpm)에 9시간 배양한 대장균을 자외선흡광광도의 0.01 Abs의 농도로 첨가하고 구리합금섬유와 순수구리를 0.62 g/ml의 농도로 준비하여 진탕 항온장치(30 °C, 374 rpm)에서 회분식 실험을 실시하였다.

2-3. 구리합금섬유의 수용성 절삭유에 대한 항균 효과

영양배지 100 mL에 대장균을 10 mL를 접종한 후 진탕 항온장치(30 °C, 374 rpm)에 9시간을 배양한다. 9시간 배양한 후 영양 배지에 키운 대장균을 원심분리관에 20 mL씩 넣어서 25 °C, 8000 rpm의 미량원심분리기(MR1812, 주안)에 넣고 15분 이상 원심분리 시킨다. 실험에 사용된 W1종 수용성 절삭유(MUSE Cut Oil, 제우스유화공업주식회사, 부산) 신유를 1: 10으로 탈 이온수와 섞어 2주일 정도 방치하여 사용하였다. 미리 멸균해 둔 W1종 수용성 절삭유를 1: 10의 비율로 혼합하여 제조한 수용성 절삭유액 100 mL에 원심분리 된 대장균을 상등액은 버리고 아래층의 대장균이 고농축 된 층을 제조된 수용성 절삭유와 혼합, 접종하여 구리합금섬유의 항균 효과를 시험하였다. 시험에 사용된 구리합금섬유의 양은 0 g, 1 g, 2 g, 3 g, 4 g을 준비해서 각각의 수용성 절삭유에 넣어 수용성 절삭유에서의 구리합금섬유의 항균 효과를 시험하였다

2-4 구리합금섬유에 의한 수용성 절삭유의 물성 변화

구리합금섬유에 의한 수용성 절삭유의 물성에 영향을 확인하기 위해 500 ml플라스크에 수용성 절삭유와 탈 이온수를 1: 10으로 제조한 수용성 절삭유 200 ml에 구리합금섬유를 첨가하여 첨가 전과 후의 물성을 pH, 외관 그리고

농도 변화를 시험하였다.

2-5 분석방법

구리합금섬유와 구리섬유의 항균능력을 시험하기 위해 항균효과는 미생물 시험법의 생균수법과 흡광도법을 이용하여 항균효과를 시험하였다. 생균수법에 사용된 고형배지는 plate count agar(Difco)를 이용하여 항균효과를 시험하였으며, 흡광도법을 이용하여 630 nm에서 흡광광도계(UV-1201, Shimadzu, 일본)를 이용하여 항균효과를 분석하였다. pH의 측정은 pH 측정기(713 pH Meter, Metrohm)을 이용하여 측정하였으며, 수용성 절삭유 내의 Cu와 Zn 이온의 함량은 수질오염공정시험법의 원자흡광도법을 이용하여 원자흡광 광도계(AAS 6701F, Shimadzu Co., 일본)로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 구리합금섬유의 금속 이온의 용출

구리합금섬유의 용액 중 이온의 용출을 확인하기 위해 영양배지 10 ml에 10 hr, 30 °C에서 충분히 용출 후 농도 변화를 확인하였다.

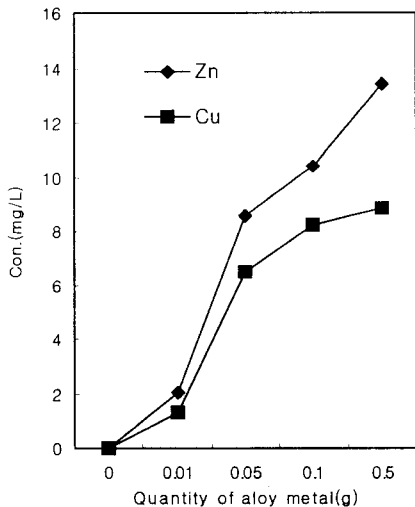


Fig. 1. Elution of Cu and Zn ion from copper alloy metal fiber in metal working fluid.

Figure 1에 의하면 Cu와 Zn이 용액 중에 용

출되는 것을 확인할 수 있고 용액 중의 농도는 첨가하는 구리합금섬유의 양의 증가에 따라 증가하는 모습을 볼 수 있으며 첨가량이 0.05 g 이상까지는 Cu와 Zn의 농도가 첨가 양에 따라 같이 증가하는 모습을 볼 수 있으나 0.05 g 이상에서는 용액 중 Cu의 농도는 일정한 농도를 가지고, Zn의 농도가 증가하는 모습을 확인할 수 있다. Zn농도의 증가는 Cu와 Zn의 이온화 경향에 의해 일정 농도까지는 Cu이온과 Zn이온이 같은 농도로 존재 하지만 산화환원전위에 의해 Zn의 산화가 주로 이루어져 Zn 이온의 농도가 증가함이라 사료된다. Figure 1에 의해 구리합금섬유의 용출에 의한 항균효과를 예상할 수 있다.

3-2. 구리합금섬유의 항균 능력 시험

구리합금섬유의 항균 능력을 시험하기 위해 영양배지에서 30 °C, 2시간 간격으로 시료를 채취하여 회분식 실험을 실시하였다.

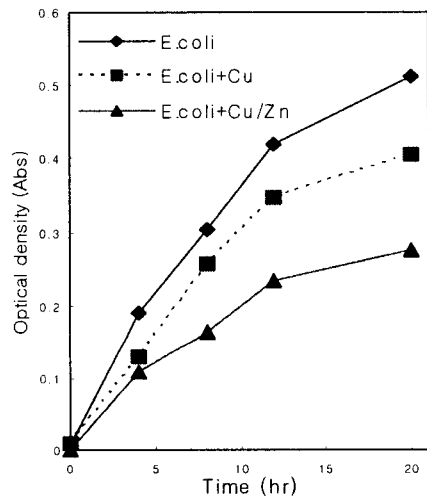


Fig. 2. Growth Curve of *Escherichia coli* at various condition

Figure 2는 실험 2-2의 방법을 이용하여 구리합금섬유와 구리섬유의 항균효과에 대한 시험 결과를 나타내었다. Figure 2에 나타나듯이 흡광도를 분석하였을 때 구리섬유와 구리합금섬유에서 대장균의 성장이 구리섬유 혹은 구리합금섬유를 첨가하지 않았을 때와 비교하였을 때 성장이 억제됨을 확인할 수 있다. 그러므로

대장균에 대한 구리섬유와 구리합금섬유의 항균효과가 있음을 확인 할 수 있다.

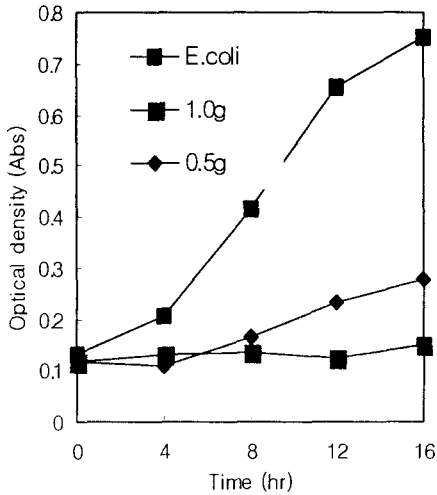


Fig. 3. Growth curve of *Escherichia coli* in the batch reactor at various amount of copper alloy metal.

Figure 2에서 순수 동(銅) 섬유와 구리합금섬유에 의한 대장균의 성장 억제효과를 확인할 수 있었다. 또한, Figure 3에서 구리합금섬유의 첨가 농도를 2배로 변화시켜 효과를 확인해 본 결과로서 첨가농도의 증가에 의해 대장균의 성장이 거의 이루어지지 않음을 확인할 수 있다. Figure 2와 Figure 3의 결과를 통해 구리합금섬유의 대장균에 대한 성장 억제를 확인할 수 있었다.

3-3. 구리합금섬유의 수용성 절삭유에 대한 항균 효과

구리합금섬유의 수용성 절삭유에서의 항균효과를 실험 2-3의 방법으로 실험을 실시하였다.

Figure 4는 수용성 절삭유에서의 구리합금섬유의 항균효과를 시험하기 위하여 회분식 시험을 실시하였다. 미생물의 분석은 미생물 시험법의 생균수법을 이용하여 항균효과를 분석하였다. 구리합금섬유를 첨가한 시료에서 30분 경과 후 90% 이상의 대장균이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 그러므로 구리합금섬유를 이용하여 수용성 절삭유의 부패를 방지할 수 있는 소재로 사용 가능함을 알 수 있다.

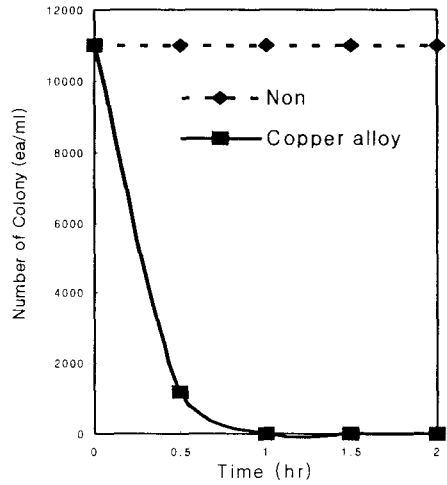


Fig. 4. Antimicrobial activity of copper alloy metal in water soluble metal working fluid.

3-4 구리합금섬유에 의한 수용성 절삭유의 물성 변화

구리합금섬유에 의하여 수용성 절삭유의 물성이 고려할 만큼 변화가 일어날 경우에는 구리합금섬유 필터를 수용성 절삭유에 적용할 수 없다. 구리합금섬유에 의한 수용성 절삭유의 물성 변화에 대한 영향을 확인 해본 결과는 Figure 5와 Figure 6에 나타내었다.

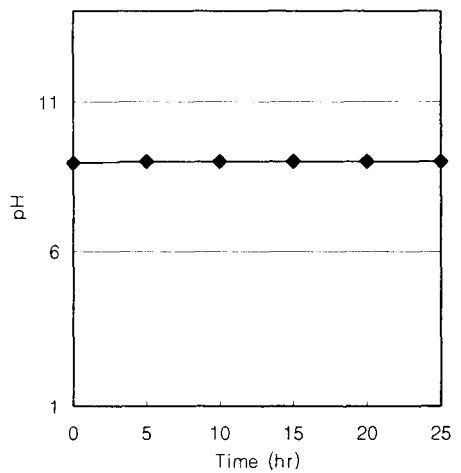


Fig. 5. Change of metal working fluid property in the presence of copper alloy metal fiber.

Figure 5와 Figure 6에 결과에 의해 구리합금섬유에 의한 수용성 절삭유의 변화는 확인되지 않았으며 외관도 일반 W1종 수용성 절삭유의 색깔이 백색을 그대로 유지하였다. 그러므로 구리합금섬유에 의한 수용성 절삭유의 일반 물성의 변화는 크지 않을 것으로 사료된다.

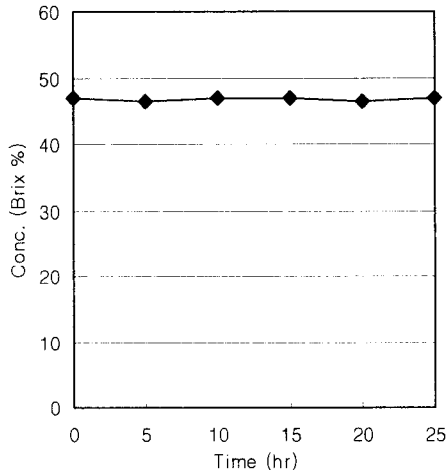


Fig. 6. Change of metal working fluid concentration in the presence of copper alloy metal fiber.

4. 결론

수용성 절삭유의 부패로 인한 수용성 절삭유 열화를 방지하기 위해 부패방지소재로서 구리합금섬유의 항균 효과를 확인하였으며 수용성 절삭유에 구리합금섬유를 적용하여 수용성 절삭유에서의 구리합금섬유를 이용한 수용성 절삭유 부패 방지에 대한 아래의 결론을 확인할 수 있었다.

1. 구리 와 구리합금섬유의 항균효과를 확인할 수 있었으며, 순수구리 보다 구리합금섬유의 항균효과가 우수하였다.
2. 구리합금섬유의 수용성 절삭유 내에서의 용출을 확인할 수 있었고 용존 이온에 의한 미생물의 사멸 가능성을 확인할 수 있었다.

3. 구리합금섬유에 의한 W1종 수용성 절삭유의 물성 변화는 거의 없음을 확인할 수 있었다.

위와 같은 결과를 바탕으로 수용성 절삭유 열화의 원인인 미생물에 의한 수용성 절삭유의 부패를 방지하기 위한 구리합금섬유 소재의 적용 가능성을 확인할 수 있다.

참고문헌

1. H. Matsuoka and T. Sakai, Effect of Properties of base Oil for Cutting Oil on Wear of Hard Cutting Tool, *J. Jpn. Machine(C)* **62**(593), 367 (1996).
2. H. Matsuoka and H. Ono, Tool Wear Reduction Effect of Chlorine Free Additives in Cutting Oil on Casted HSS Hobl, *J. Jpn. Machine(C)* **62**(593), 367 (1996).
3. M. S., "Cu²⁺ ions interact with cell membranes" *J. Inorg. Biochem.*, **70**, (1998), 233-238.
4. Di. Jannaschk, "Application of Metabolic Control Analysis to the Study of Toxic Effects of Copper in Muscle Glycolysis", *FEBS Letters* **445**, 144-148 (1999).
5. N. Y. Baek, Control and Investigation for Hazardous Characteristics of Metalworking Fluids Used in Korea - Control and Hazardous Characteristics of Soluble MWF, *J. Kor. Soc. Occup. and Environ. Hygiene*, **8**(1), 67-75 (1998).
6. K. M. Hong and K. W. Chung, The Study on Decomposition against Microbes of Metal-working Fluids, *J. KSTLE*, **32**, 162-167 (2000).