

수용성 절삭유의 부패 특성과 Copper Alloy Metal Fiber의 부패 방지 장치에 관한 연구

이상호 · 김종화 · 송주영[†]

창원대학교 공과대학 화공시스템공학과
(2008년 12월 29일 접수 ; 2009년 3월 9일 채택)

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

Sang-Ho Lee · Jong-Hwa Kim · Ju-Yeong Song[†]

Department of Chemical Engineering, Changwon National University,
Changwon, Gyeongnam, 641-773, Korea

(Received December 29, 2008 ; Accepted March 9, 2009)

Abstract : Copper alloy metal fiber was incorporated into the conventional water-soluble metal working fluids to increase the antimicrobial activity. Fluid treated by copper alloy metal fiber is shown that bacteria is disappeared whereas that untreated metal fiber is increased bacteria as increasing the life time. When the electrochemical potential of Cu/Zn ion is -268mV, radicals with molecular oxygen are easily made. Especially, hydroperoxide radical shows strong toxicity to the strains, leading to the conformational change of plasma membrane. As a result antimicrobial activity of copper alloy metal fiber in metal working fluid is superior to that of copper fiber.

Keywords : Copper alloy, Antimicrobial, Metal working fluids

1. 서론

금속의 절삭, 가공 시에 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 있다. 수용성 절삭

유의 수명은 부패와 밀접한 관련이 있다. [1-3] 절삭유의 절삭기능을 향상시키기 위해 첨가하는 유성제, 극압 첨가제와 기유 등은 미생물 번식 환경을 만드는 영양원이 되고 있으며, 미생물에 의한 부패는 수용성 절삭유 교환의 직접적인 원인을 제공한다. 또한, 수용성 절삭유는 폐 수용성 절삭유 처리비용과 교환에 따른 원자재 구입비용이 유사한 수준으로 대형 사업장의 경우 연간 수 십 억원의 비용이 소요되고 있다.[4, 5]

구리(Cu) 및 아연(Zn)등의 금속들은 산화환원전위에 의해 화합물을 형성하고, 미량 원소로

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

서 생물 내에서 생화학반응의 중요한 역할을 나타낸다. 그러나 고농도의 중금속들은 세포 내에서 단백질의 변형이나 기형 단백질을 형성함으로써 미생물에 대해 독성을 나타낸다. 이러한 금속들은 일반적으로 Hg^{2+} , Cd^{2+} , Ag^{+} 등은 저농도에서도 강한 독성을 나타내고, Zn^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} 등은 고농도에서 독성을 나타낸다.[6]

Cu 및 Zn에 의한 수용성 절삭유의 항균능력은 선행된 연구를 통하여 확인할 수 있었다.[7, 8]

본 연구에서는 수용성 절삭유에서 미생물 성장에 의한 물성 변화와 구리합금에 의한 수용성 절삭유의 물성 유지 및 구리합금 섬유를 이용한 필터의 현장적용 가능성에 대하여 연구하였다.

2. 실험

본 실험에 사용된 금속은 구리합금섬유로서 평균 직경이 5 μm 로 된 황동섬유를 이용하여 실험하였고 수용성 절삭유 부패는 단일 미생물에 의한 부패 보다는 복합미생물에 의한 수용성 절삭유의 부패가 이루어짐으로 복합미생물에 의한 수용성 절삭유의 부패방지 및 물성 변화를 확인하기 위해 수용성 절삭유의 부패가 진행된 N사의 수용성 절삭유를 nutrient 배지(DIFCO, Bacto Nutrient Broth Dehydrated)를 이용하였다. 반응조건은 30 $^{\circ}C$, pH 6에서 진탕 항온장치(30 $^{\circ}C$, 374 rpm)에 9시간을 배양하여 시험하였다.

구리합금섬유에 의한 수용성 절삭유의 부패방지 및 물성유지를 시험하기 위해 항균효과는 미생물 시험법의 생균수법을 이용하여 항균효과를 시험하였다. 생균수법에 사용된 고형배지는 plate count agar(Difco)를 이용하여 항균효과를 분석하였다. pH의 측정은 pH 측정기(713 pH Meter, Metrohm)을 이용하여 측정하였으며, 수용성 절삭유 내의 Cu와 Zn 이온의 함량은 수질오염공정시험법의 원자흡광광도법을 이용하여 원자흡광 광도계(AAS 6701F, Shimadzu Co., 일본)로 분석하였다.

2.1. 미생물 성장에 의한 수용성 절삭유의 물성 변화

미생물 성장에 의한 수용성 절삭유의 물성

변화를 확인하기 위해 W1종 수용성 절삭유(MUSE Cut Oil, 제우스유화공업주식회사, 부산) 신유를 1: 10으로 제조하여 3L삼각플라스크에 1L를 준비하고, 수용성 절삭유의 부패가 진행된 N사의 수용성 절삭유를 위의 조건으로 배양한 배양액을 10ml를 첨가하여 미생물 성장에 의한 수용성 절삭유의 부패 및 물성변화를 생균수 및 pH, 수용성 절삭유 농도변화를 확인하므로써 미생물 성장에 의한 수용성 절삭유의 물성 변화를 진탕 항온장치(30 $^{\circ}C$, 374 rpm)에서 회분식 실험을 통하여 시험하였다.

2.2. 구리합금 섬유에 의한 수용성 절삭유의 물성유지 시험

구리합금섬유에 의한 수용성 절삭유의 부패방지 및 물성유지를 확인하기 위해 수용성 절삭유의 부패가 진행된 N사의 수용성 절삭유를 nutrient 배지(DIFCO, Bacto Nutrient Broth Dehydrated)를 이용하였다. 반응조건은 30 $^{\circ}C$, pH 6에서 진탕 항온장치(30 $^{\circ}C$, 374 rpm)에 9시간을 배양한 배양액을 10ml를 첨가하여 구리합금섬유를 0.62 g/ml의 농도로 첨가하고 진탕 항온장치(30 $^{\circ}C$, 374 rpm)에서 회분식 실험을 실시하였다. 구리합금 섬유에 의한 수용성 절삭유의 부패 방지 및 물성유지 능력은 생균수 및 pH, 수용성 절삭유 농도 변화를 분석을 통하여 확인하였다.

2.3. 구리합금섬유를 이용한 필터의 현장 적용 시험

구리합금섬유를 이용한 수용성 절삭유의 부패 방지 및 물성유지 성능을 확인하기 위해 (경상남도 양산소재) 유압호스의 헤드를 제조하는 N사 CNC 가공장비에 구리합금섬유를 이용한 필터를 설치하여 30L/min의 유속으로 수용성 절삭유를 순환 처리하여 수용성 절삭유의 생균수, pH, 수용성 절삭유의 농도 및 가공면의 변화를 확인하여 구리합금 섬유의 수용성 절삭유의 부패방지 및 물성유지 성능을 시험하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 미생물 성장에 의한 수용성 절삭유의 물성 변화

수용성 절삭유에서 미생물 성장에 의한 수용

성 절삭유의 물성변화를 시험한 결과를 Fig. 1~3에 나타내었다. Fig. 1은 항균처리장치의 설치 유무에 따른 미생물의 증식 및 사멸 경향을 나타내었다. 항균처리 장치 설치시 미생물의 균체농도가 1.0×10^3 cfu에서 10일 경과후에는 완전히 사멸된 양상을 보여 준다.

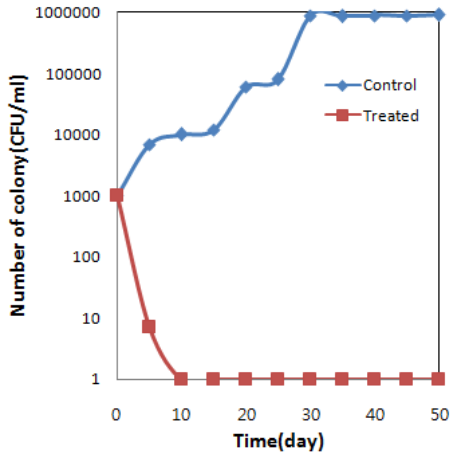


Fig. 1. Change of number of colony with and without copper alloy metal fiber.

Fig. 2는 항균처리장치의 설치 유무에 따른 시간에 따른 pH변화를 나타냈으며 Fig. 3은 시간에 따른 농도 변화를 나타내었다. pH와 수용성 절삭유의 농도가 수용성 절삭유 내의 부패 미생물의 성장에 의해 pH는 감소하고, 수용성 절삭유의 농도는 감소하는 것을 볼 수 있다. 수용성 절삭유의 pH는 부패 미생물의 성장에 의해 발생하는 유기산의 증가에 기인한 것으로 생각되며 수용성 절삭유의 농도는 미생물 성장에 따라 부패 미생물들이 수용성 절삭유를 이용함으로써 수용성 절삭유의 농도가 감소하는 것으로 생각된다.

Fig. 1~3의 결과로 미생물의 사멸과 수용성 절삭유의 pH 및 농도의 감소를 통하여 수용성 절삭유의 물성변화를 확인할 수 있으며, 물성변화와 함께 심한 악취와 갈색의 침전물 등이 발생하여 수용성 절삭유의 부패를 육안으로도 확인할 수 있었다.

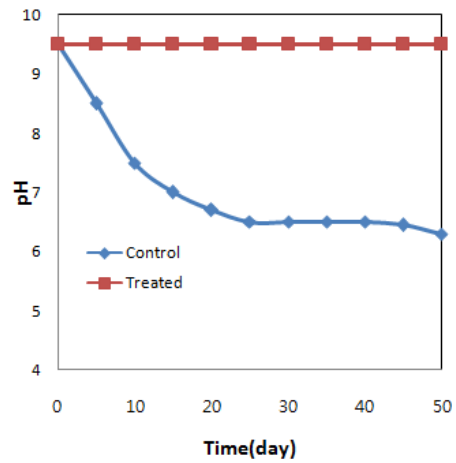


Fig. 2. Change of metal working fluid pH in the presence of copper alloy metal fiber.

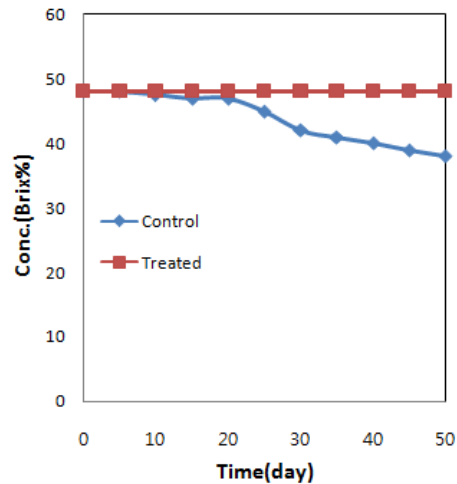


Fig. 3. Change of metal working fluid concentration in the presence of copper alloy metal fiber.

3.2. 구리합금섬유를 이용한 필터의 현장 적용 시험

구리합금섬유를 이용한 필터의 현장 적용 가능성을 확인하기 위해 수용성절삭유를 사용하는 공작기계 구리합금섬유를 이용한 필터를 제작하여 설치하고 수용성 절삭유에서 항균효과를 2일 간격으로 분석하였다. Fig 4는 시간에 따른 미생물 균체수를 나타내었다.

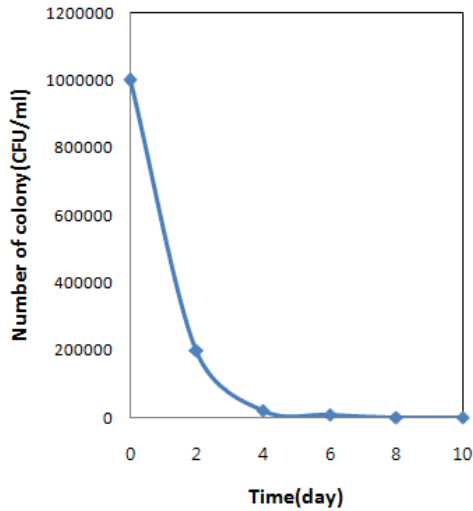


Fig. 4. Antimicrobial activity of copper alloy metal in water soluble metal working fluid.

Fig. 4에서는 최초부터 2일 동안에 약 5배의 감소율을 보이고, 4일 부터는 거의 사멸 되었다.

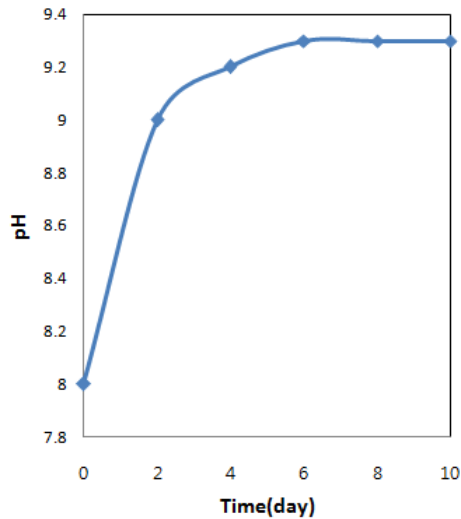
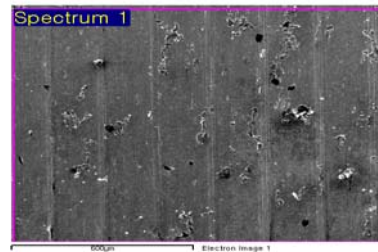


Fig. 5. Change of metal working fluid pH in the presence of copper alloy metal fiber.

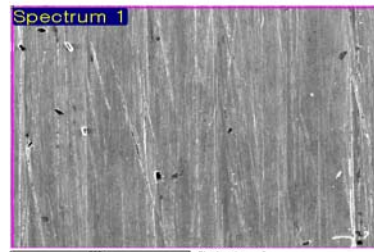
Fig. 5는 시간 경과에 따른 pH의 변화를 나타내었다. Fig. 5에서는 수용성 절삭유의 pH가 신유수준의 pH로 증가된 것을 확인할 있었다.

위의 결과로부터 구리합금섬유를 이용한 현장에서의 사용 가능성을 확인 할 수 있었고, Fig. 6은 구리합금섬유를 이용한 부패 미생물 처리전과 처리후의 가공물 표면을 전자현미경을 이용하여 분석한 결과로서 처리전에는 가공물의 표면에 칩이 많고, 칩의 크기와 표면 거칠기도 처리 후와 비교할 때 거친것을 확인할 수 있었다.

구리합금섬유를 이용한 수용성 절삭유의 부패 미생물 살균은 수용성 절삭유의 부패방지할 뿐만 아니라 수용성 절삭유의 물성을 유지 시킴으로써 가공물의 가공성도 좋게하는 것을 알 수 있다.



(a)



(b)

Fig 6. Change of metal surface property in the presence of copper alloy metal fiber.(a) Non treated, (b) Treated.

4. 결론

수용성 절삭유의 부패로 인한 수용성 절삭유 열화를 방지하기 위해 부패방지 소재로서 구리합금섬유의 항균 효과를 확인하였으며, 수용성 절삭유에 구리합금섬유를 적용하여 수용성 절삭유 열화의 원인인 미생물에 의한 수용성 절삭유의 부패를 방지하기 위한 구리합금섬유 소재의 적용 가능성을 확인 할 수 있었다. 수용성

절삭유에서의 구리합금섬유를 이용한 수용성 절삭유 부패 방지에 대하여 다음과 같은 결론을 확인할 수 있었다.

1. 수용성 절삭유에 부패 미생물을 접종하였을 때 25일 경과 후에는 pH가 6.5까지 감소하였고 또한 10일 후 부터는 수용성절삭유 농도가 감소하였다.
2. 구리합금섬유를 이용한 수용성 절삭유 부패 방지 장치를 설치 하였을 때 10일 후에는 미생물이 대부분 사멸하였다.
3. 수용성 절삭유에 구리합금섬유를 이용한 항균 장치를 현장에 설치하였을 때 4일 경과 후 대부분의 미생물이 사멸하였으며 pH도 pH 9로 증가됨을 확인할 수 있었다.
4. 구리합금섬유를 이용한 수용성절삭유 부패방지의 현장 실험을 통해 수용성 절삭유 내의 부패미생물의 제거 및 적정 pH의 회복을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 과제는 교육인적자원부·산업자원부·노동부의 출연금으로 수행한 산학협력중심대학육성사업의 연구결과입니다.

참고문헌

1. H. Matsuoka and T. Sakai, Effect of Properties of base Oil for Cutting Oil on Wear of Hard Cutting Tool, *J. Japan 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. Machine(C)* **62**(593), 367(1996)
3. M. Suwalsky, "Cu²⁺ ions interact with cell membranes" *J. Inorganic Biochemistry*, **70**, 233-238,(1998)
4. D. 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. Korean Society of Occupational and environmental 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)
7. S. H. Lee and J. Y. Song, A Study on the Antimicrobial Activity of Copper Alloy Metal Fiber on Water Soluble Metal Working Fluids, *J. of The Korean Oil Chemists' Soc.*, **24**(3), 223-237(2007)
8. H. S. Kim and J. Y. Song, A Study on the Antimicrobial Activity of *Microcystis aeruginosa* by Redox Reaction of Cu-Zn Alloy Metal Fiber, *J. of The Korean Oil Chemists' Soc.*, **25**(2), 168-174(2008)