

**염화제이철 용액을 이용한 베릴륨동 기판의 식각 특성**

이근우, 이병욱, 이태성, 이종하, 이재홍, 김창교  
 순천향대학교 전기공학과

**Etching properties of BeCu Foil using FeCl<sub>3</sub> solution**

Lee Keun Woo, Lee Byung Wook, Lee Tae Sung, Lee Jong Ha, Lee Jae Hong, Kim Chang Kyo  
 Department of Electrical Information Engineering, Soonchunhyang university

**Abstract** - 구리와 강철의 성질을 혼합한 것과 같은 우수한 성질을 갖고 있어서 열전도율이 좋고 내마모성이 뛰어난 베릴륨동 기판(BeCu foil)에 대한 식각 특성에 관하여 연구하였다. 일반적으로 베릴륨구리에 대한 식각용액은 염화제이철(FeCl<sub>3</sub>)이 널리 알려져 있으며, 이 용액은 농도와 온도에 따라 식각시간이 달라지게 되어 식각되는 면의 상태가 영향을 받게 된다. 염화제이철의 농도를 변화시켜 본 결과 염화제이철의 농도가 증가할수록 식각률이 증가하였고, 염화제이철에 염산(HCl)을 첨가한 결과 식각률이 증가함을 알 수 있었다. 이는 염화제이철의 성분 중에서 염산(HCl)의 농도가 식각률에 영향을 미치고 있음을 나타낸다. 또한 염화제이철의 온도가 40℃ 일때 식각률이 가장 우수하며 식각되는 면의 상태가 매우 양호해지고 식각되는 면의 각도도 수직에 가까워진다.

**1. 서 론**

베릴륨동은 약 10wt% 정도의 베릴륨(Be)과 90wt% 정도의 구리(Cu)를 혼합하여 만들어진 것으로 부피로는 약 20%의 베릴륨과 80%의 구리로 이루어져 있다. 이는 열전도율이 매우 좋고 내마모성이 뛰어나며 경도가 우수한 특성을 지니고 있기 때문에 자동차 및 정보통신 산업 부품의 고급화, 소형화 추세에 따라 최근 각광을 받기 시작하고 있다. 특히 박판 베릴륨동은 전기 전도율이 좋으며 스프링성이 우수하고 고온에서도 높은 응력이란 저항력을 보유하고 있기 때문에 디스플레이 검사 장비인 프로브유닛(probe unit)의 개별 소자로서 디스플레이 패널의 각각의 셀(cell)에 대한 전기적 특성을 검사하는 탐침으로 널리 사용되고 있다.

베릴륨 계열의 재료들은 대부분이 미국의 BRUSH WELLMAN사에서 공급을 하고 있으며, 공급형태는 크게 강도를 높게 한 제품들과 전기전도율을 높게 한 제품들로 나누어진다. 먼저 강도를 높게 한 제품들은 Alloy 25, 190, 290, M25, 165 등이 있는데 이들은 동계열 합금 중에서 가장 높은 강도와 경도를 얻을 수 있는 합금으로, 최대 인장강도 140Kg/mm<sup>2</sup>, 로크웰 경도 RC45(빅커스 경도 446)을 얻을 수 있으며, 열처리를 최대한 한 경우에는 전기전도율이 22% IACS까지 얻을 수 있다. 다음으로 전기전도율을 높게 한 제품들은 Alloy 3, 10, 174가 있으며, 이들은 최대 90Kg/mm<sup>2</sup>의 인장강도와 순수한 동(Cu)의 45~60% 정도의 전기전도율 및 열전도율을 갖는다. 표 1은 이러한 BRUSH WELLMAN사의 베릴륨동에 대한 대표적 물리적 특성을 나타내고 있다.

표 1. 베릴륨동의 물리적 특성

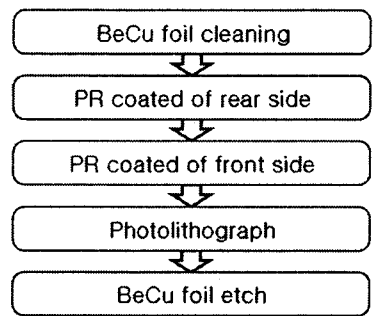
Brush Alloy	Alloy 25	Alloy 3
밀도 (g/cm <sup>3</sup> )	8.36	8.83
탄성계수 (Kg/mm <sup>2</sup> )	13.4×10 <sup>3</sup>	14.1×10 <sup>3</sup>
열팽창계수 (20℃~200℃m/m/℃)	17×10 <sup>-6</sup>	18×10 <sup>-6</sup>
열전도율 (cal/(cm·s·℃))	0.25	0.57
용융온도 (℃)	870-890	1000-1070

베릴륨동 박판(BeCu foil)은 그 사용범위가 대단히 넓은 제품으로, 특히 이 박판을 성형 가공하여 스프링 대응으로 사용하게 되면 신호변환 또는 전류변환 장치에 중요한 부품으로 사용될 수 있다. 이처럼 커넥터(connector)로 사용함에 있어서 베릴륨동은 접촉점의 접촉력을 적당히 조절할 수 있으므로 접촉저항을 최소한으로 줄일 수 있으며, 동시에 전기의 도전성을 끝까지 일관되게 유지할 수 있게 하여 준다. 하지만 이처럼 접촉자(probe)로 베릴륨동을 사용하고자 한다면 우선 유연성과 강성을 동시에 갖는 베릴륨동 판재의 여러 템퍼(temper) 등급을 고려하여 베릴륨동의 종류를 선택해야 한다. 템퍼의 등급은 열처리 상태에 따라 나누어지며 일반적으로 "동 및 동계 합금에 대한 템퍼 등급지정 표준"의 규정을 따르고 있다. 이처럼 높은 온도에서도 원래의 특성을 유지하며, 응력이완 저항력이 높은 베릴륨동 박판은 전자기, 자동차, 항공기 등에 있어서 소형화 및 고급화

부품으로 사용되고 있으면서도 아직까지 미세정밀가공에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 따라서 본 연구에서는 베릴륨동을 식각하는데 있어서 가장 널리 사용되고 있는 염화제이철(FeCl<sub>3</sub>)을 식각용액으로 사용하였으며, 염화제이철의 농도가 베릴륨동의 식각률에 미치는 영향에 대하여 조사하였다. 또한 염화제이철에 염산(HCl)을 첨가 해줌으로서 첨가물이 베릴륨동의 식각률에 미치는 영향에 대하여 조사하였으며, 염화제이철의 온도 변화에 따라 변화하는 베릴륨동의 식각률에 대해서도 연구하였다.

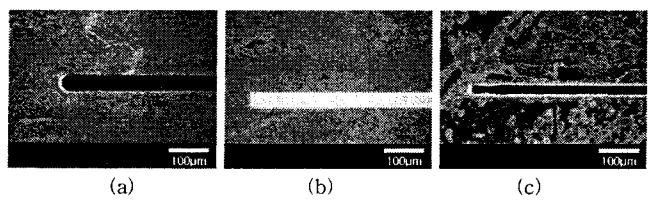
**2. 본 론**

그림 1은 염화제이철 용액을 이용하여 베릴륨동 기판의 식각률 특성을 연구한 공정의 흐름도이다. 사용된 기판은 20μm 두께의 베릴륨동 기판으로서, 기판의 표면은 오일 및 오염물질이 없는 깨끗한 표면으로 만들기 위하여 먼저 일반적인 알칼리 세정작업을 한다. 세정된 베릴륨동 기판은 양면 동시 식각이 아닌 단면 식각법을 사용하여 식각하기 때문에 뒷면에 전체적으로 PR을 증착하여 보호막을 만들어 준다. 다음으로 앞면에 PR을 증착한 후, 사진공정을 행하여 준다. 이때 앞면에 증착되는 PR은 AZ-4620을 사용하였으며, PR 증착 후에 오븐을 이용하여 90℃의 온도로 10분간 soft bake를 하였다. 다음으로 15mW의 UV로 20초간 노광공정을 수행하였으며, 현상 후에 hard bake 공정을 수행함으로써 식각될 기판에 패터닝 공정을 수행하였다. 식각용액으로는 염화제이철(FeCl<sub>3</sub>)과 염산(HCl)을 사용하였다. 먼저 종류수에 염화제이철을 농도에 맞추어 희석시켜 베릴륨동 기판을 식각함으로써 염화제이철의 농도에 따른 베릴륨동 기판의 식각률에 대하여 연구하였다. 다음으로 염화제이철에 염산을 첨가함으로써 염산 첨가에 따른 베릴륨동 기판의 식각률을 조사하였으며, 마지막으로 염화제이철의 온도를 조절함으로써 식각용액의 온도가 베릴륨동 기판의 식각률에 미치는 영향에 대하여 연구하였다.



〈그림 1〉 공정 흐름도

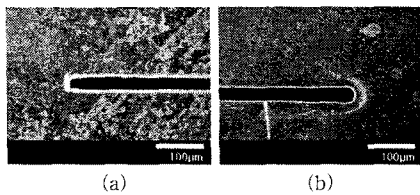
그림 2는 염화제이철의 농도가 베릴륨동의 식각에 미치는 영향에 대하여 연구한 결과의 사진이다. 침전법을 사용하였으며, 용액의 온도는 상온을 유지시켜 주었다.



〈그림 2〉 염화제이철 농도 변화에 따른 베릴륨동의 식각  
 (a) 2mol FeCl<sub>3</sub> (b) 0.5mol FeCl<sub>3</sub> (c) 0.5mol FeCl<sub>3</sub>

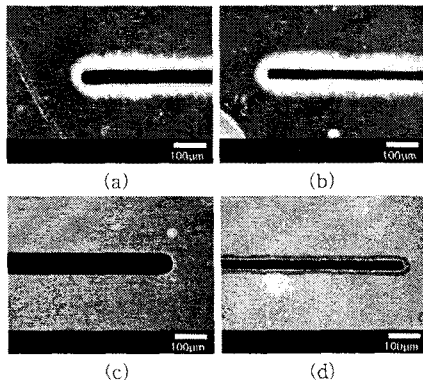
중류수에 염화제이철을 희석시키면 온도가 급격히 올라가게 되므로 온도가 상온(25℃)으로 떨어진 후에 실험하였다. 그림 2(a)는 염화제이철의 농도가 2mol인 경우에 대한 베릴륨등의 식각상태를 보여주는 사진으로, 식각 시간은 6분 40초가 소요되었으며 매우 깨끗하게 식각되었음을 알 수 있다. 그림 2(b)는 염화제이철의 농도가 0.5mol인 경우로서, 2mol 농도와 같은 시간인 7분동안 식각한 결과 베릴륨등 기관의 식각이 진행 중인 것을 알 수 있었으며, 그림 2(c)는 염화제이철의 농도가 0.5mol인 경우에 베릴륨등 기관을 완전히 식각한 후의 사진이다. 이 경우에 식각시간은 약 17분이 소요되었으며, 식각 시간이 길어짐으로 인하여 식각된 면의 상태가 좋지 않음을 보여주고 있다.

그림 3은 염화제이철에 염산을 첨가함으로써 첨가된 염산이 베릴륨등 기관의 식각에 미치는 결과를 보여주고 있다. 그림 3(a)는 0.5mol 농도의 염화제이철만을 이용하여 식각한 결과를 보여주고 있는 사진으로 용액의 온도를 30℃로 유지하여 실험한 결과 16분의 식각시간이 소요되었으며 그림 2(c)와 마찬가지로 식각시간이 길어짐으로 인하여 식각된 면의 상태가 좋지 않음을 알 수 있다. 그림 3(b)는 0.5mol의 염화제이철에 2mol의 염산을 첨가하여 30℃의 온도에서 실험한 결과로서, 식각시간은 약 13분이 소요되었으며 식각시간이 그림 3(a)보다 짧아짐으로 인하여 식각된 면의 상태가 양호해짐을 알 수 있었다.



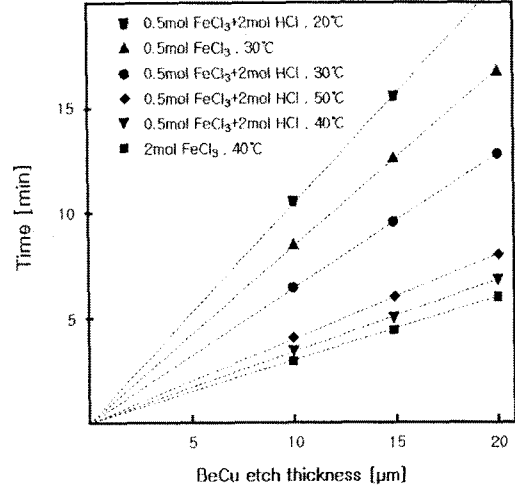
**<그림 3> 염산의 첨가에 따른 베릴륨등의 식각**  
(a) 0.5mol FeCl<sub>3</sub> (b) 0.5mol FeCl<sub>3</sub> + 2mol HCl

그림 4는 0.5mol의 염화제이철에 2mol의 염산을 첨가한 수용액을 이용하여 온도를 변화시켜 줌으로써 식각용액의 온도가 기관의 식각물에 미치는 영향에 대하여 연구한 결과이다. 그림 4(a)는 염화제이철 수용액의 온도를 20℃로 하여 베릴륨등 기관을 식각한 결과로서, 식각시간은 약 21분이 소요되었으며 기관의 식각면에 있어서 상단부분이 하단부분보다 훨씬 넓은 면적에 걸쳐 식각되었음을 보여주고 있다. 그림 4(b)는 30℃의 온도에서 식각한 결과로서 식각시간은 약 17분 정도로 많이 짧아졌지만 그림 4(a)처럼 식각된 기관의 상단과 하단의 넓이가 다를 것을 보여주고 있다. 그림 4(c)는 40℃의 온도에서 식각한 결과로서, 식각 시간은 약 7분이 소요되었으며 식각 시간이 짧아짐으로 인해 식각된 면의 상태도 매우 좋아졌음을 볼 수 있다. 그림 4(d)는 50℃에서 식각한 결과로서, 식각시간은 약 3분 30초가 소요되어 용액이 온도가 40℃일 때와 비슷한 시간이 소요되었지만 식각용액의 온도가 높아짐으로 인하여 식각된 베릴륨등 기관의 식각된 면은 용액의 온도가 40℃일 때보다 좋지 않음을 볼 수 있다. 이는 식각용액의 온도가 너무 높아짐으로 인하여 보호막인 PR에도 약간의 영향을 미쳐 PR이 보호막 역할을 다하지 못함으로 인하여 나타나는 현상이다.



**<그림 4> 염화제이철의 온도에 따른 베릴륨등의 식각**  
(a) 20℃ (b) 30℃ (c) 40℃ (d) 50℃

결과에서 볼 수 있듯이 식각 시간은 식각되는 면의 상태에 큰 영향을 미치게 된다. 즉 식각되는 시간이 길어질수록 식각되는 면의 상태는 나빠지게 되며, 식각되는 시간이 짧아질수록 식각되는 면의 상태는 직각에 가까워지면서 매우 깨끗하게 식각되는 것을 알 수 있다.



**<그림 5> 염화제이철의 조건에 따른 베릴륨등의 식각 시간**

그림 5는 이처럼 염화제이철의 농도변화 및 온도를 변화시켜 줌으로써 여러 가지 조건에 따라 베릴륨등 기관의 식각되는 시간을 비교한 그래프로서, 온도가 낮아질수록 식각되는 시간이 길어지는 것을 알 수 있으며, 식각 용액의 온도가 40℃를 넘어가게 되면 오히려 식각시간은 약간 길어짐을 알 수 있다. 또한 염화제이철 수용액보다는 염산을 첨가한 수용액을 사용하는 경우가 시간이 짧아짐을 알 수 있으며, 특히 염화제이철의 농도가 높아지고 온도가 40℃일 때 식각시간이 가장 짧아지고 있음을 알 수 있다.

### 3. 결 론

식각용액인 염화제이철 수용액의 조건을 바꾸어 20µm 두께를 갖는 베릴륨등 기관을 식각한 결과는 다음과 같다.

염화제이철의 수용액의 농도가 높아질수록 베릴륨등 기관의 식각속도는 빨라지게 되며 따라서 식각되는 면의 상태도 매우 깨끗해지고 수직에 가까워진다. 하지만 염화제이철 수용액의 농도가 일정 농도 이상이 되면 식각시간은 더 이상 빨라지지 않으면서도 식각되는 면의 상태는 일정하지 못하게 되며 직각도도 나빠지게 되게 된다.

염화제이철 수용액에 일정 농도의 염산을 첨가하게 되면 베릴륨등 기관의 식각되는 시간은 단축되고 식각되는 면 상태도 깨끗해지며 직각에 가까워지지만 염화제이철 농도를 높인 경우보다는 식각시간의 단축이나 식각면의 상태가 좋지 않다. 또한 너무 높은 농도의 염산을 첨가하게 되면 도리어 식각시간은 짧아지지 않으면서 식각되는 면의 상태만 나빠지게 된다.

염화제이철 수용액의 온도는 약 40℃인 경우에 가장 빠른 식각시간을 보였으며, 식각되는 기관의 면 상태도 매우 깨끗해지고 직각에 가까워진다. 만일 온도가 40℃이하인 경우에는 식각되는 시간이 길어지게 되어 식각되는 면의 상태가 나빠지게 되며, 온도가 40℃ 이상이 되면 식각시간은 단축되지 않으면서 식각되는 면의 상태만 깨끗하지 못하게 되고 직각도도 도리어 좋지 않게 된다. 이처럼 베릴륨등 기관이 식각되는 시간이 짧아질수록 기관의 식각면 상태는 매우 깨끗해지고 직각에 가까워지게 된다. 따라서 식각되는 시간을 줄이기 위해서는 염화제이철 수용액의 온도를 40℃로 유지시켜 주는 것과 염화제이철의 농도를 높여주는 것이 좋으며 일정량의 염산을 첨가해주게 되면 식각시간을 더욱 단축시킬 수 있게 된다. 하지만 염화제이철의 농도가 너무 높아지거나 첨가되는 염산의 농도가 너무 높아지게 되면 식각시간은 더 이상 단축되지 않으면서도 도리어 식각되는 면의 상태만 깨끗하지 못하게 되고 직각도가 좋지 않게 되므로 주의하여야 한다.

### [감 사 의 글]

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음

### [참 고 문 헌]

- [1] Brush wellman 사, "Guide to Beryllium copper",
- [2] 이영희, "포르브 카드", 대한민국 특허, 등록번호 0303039-0000, 2001. 7. 7.
- [3] 삼성전자 주식회사, "접속력이 향상된 동축케이블 커넥터", 대한민국 특허, 출원번호 10-2003-0057961, 2005. 6. 16.
- [4] 엘지전자 주식회사 "커넥터 유니트", 대한민국 특허, 출원번호 10-2004-0070685, 2004. 9. 6.