

# 서보가압식 마이크로 스폿용접기를 이용한 베릴륨동 박판과 금세선(金細線)의 용접 Solid State Bonding of Au Wire to BeCu Strip using Servo Micro Spot Welder

박승규\*, 권효철\*\*, 장희석\*\*\*

\* (주)서보웰드 선임연구원

\*\* 명지대학교 기계공학부 대학원

\*\*\* 명지대학교 기계공학부

## 1. 서 론

초소형 부품의 접합공정에 마이크로 스폿용접을 이용한 공정이 상당히 많다. 그 이유는 높은 생산성과 신뢰성 높은 접합강도를 얻을 수 있기 때문이다.

하지만 마이크로 스폿용접에서는 모재재료가 다양하고 접합대상의 형상, 접합강도, 모재의 압흔 최소화 등 요구조건이 다양하기 때문에 그만큼 용접공정을 이루는데 어려움이 많다.

마이크로 스폿용접의 공정변수 가운데 특히 전극 가압력은 용접전류의 크기에 비해 더 문제시될 수 있다. 용접전류는 전력소자의 개발 및 응용기술 발전으로 인해 더 이상 개선의 여지가 없을 정도로 훌륭하게 제어될 수 있지만, 가압력의 크기를 조절하는 것은 기존의 스프링과 공기압 실린더를 이용한 방식에 머물러 있는데, 스프링의 히스테리시스(hysteresis)특성으로 가압력의 반복성능(repeatability)이 문제시 되고 정밀한 가압력 조절이 어렵기 때문이다. 이에 서보모터를 이용한 가압장치가 최근 개발되어 활용되기 시작하고 있다.

본 실험에서는 금세선을 박판에 용접(solid state bonding) 하는데 있어서 공정변수 중 하나인 가압력을 정확히 조절하면서 접합 후 변형이 최소한으로 머물 수 있도록 서보 가압 장치를 이용하여 가압력을 안정적으로 가하고 이에 따른 용접 품질을 분석해 보고자한다.

## 2. 실험

### 2.1 실험 장치

서보모터 가압장치로는 본사에서 제작한 50W급 서보모터를 사용하는 마이크로 스폿 용

접기 헤드를 사용하였고, 가압력 제어 및 전류제어를 위해 역시 본사에서 제작한 마이크로 스폿용접 제어장치(MSSPOT-2000)를 사용하였다.

용접된 단면을 보기 위하여 마운팅, 폴리싱 및 에칭작업 후 금속 현미경으로 CCD 카메라를 사용하여 촬영하였다.

전극으로 상·하부 모두 은-텅스텐 전극을 사용하였는데, 상부 전극의 선단경은 3mm이고, 하부 전극의 선단경은 5mm이다.

용접 모재로 접점의 재료로 쓰이는 베릴륨동 박판(폭:12mm, 두께:0.1mm)과 금세선(金細線,  $\phi=0.1\text{mm}$ )을 사용하였다.

### 2.2 실험 방법

서보모터 가압장치의 상부전극에 (-)극을 연결하고 하부전극에 (+)극을 연결하여 가압력과 전류를 변화시키면서 용접 후 단면을 관찰한다. 용접 방법은 하부 전극에 베릴륨동 박판을 올려놓고 그 위에 금세선을 위치시켜 용접한다.

이종금속을 접합하는 경우 용접모재의 성질에 따라 패르티 효과로 인한 극성효과가 나타나기 때문에 사용되는 전극의 재질과 전류방향등의 용접조건을 찾아야한다.<sup>[1]</sup> 보통 저항이 큰 모재에는 도전율이 높은 전극을 사용하고, 저항이 작은 모재에는 도전율이 낮은 전극을 사용해야 한다.

본 연구에서는 전극의 형상과 재질을 여러 가지로 변경하며 실험한 결과, 양쪽 전극을 은-텅스텐으로 평판형상의 팁을 가공해 사용하는 것이 가장 바람직하며, 상부 전극은 정확한 가압위치를 위해 선단경이 3mm인 것으로 하부 전극은 베릴륨동 박판의 변형방지를 위해 선단경이 5mm인 것을 사용하였다.

### 3. 본 론

#### 3.1 가압특성 비교

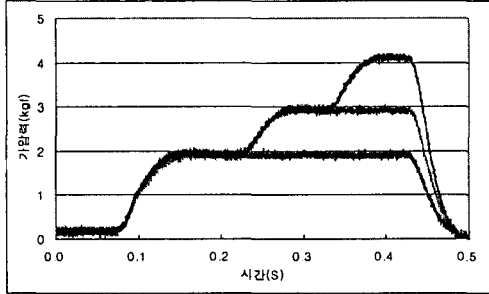


그림 3.1 서보헤드의 가압과형

그림 3.1은 서보모터 가압방식의 가압형태로 초기 가압에서 안정한 영역에 도달하면 변화가 없음을 알 수 있고, 2단 또는 3단 가압이 가능한 것을 알 수 있다.

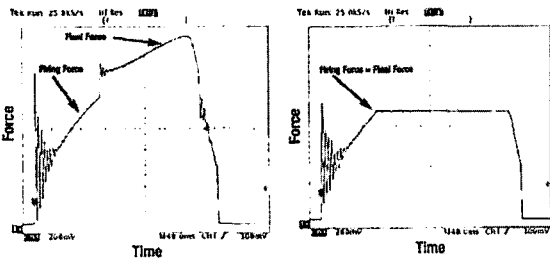


그림 3.2 공기압 헤드의 가압과형<sup>[2]</sup>

그림 3.2는 스프링과 공기압 실린더를 이용한 헤드의 가압과형이다. 왼쪽의 그래프는 open loop 일 경우의 가압과형이고, 오른쪽은 피드백 제어 할 경우의 과형이다.<sup>[2]</sup>

그림에서 볼 수 있듯이 전극과 용접모재가 접촉하는 순간 overshoot이 매우 커서 초소형 부품으로 가공되는 모재에서 심하게 변형이 일어날 가능성이 크다. 또한 가압력이 안정화되는 시간이 매우 길며 초기 충격량으로 인한 진동이 발생하는 것을 알 수 있으며, 이는 피드백제어를 통해서도 방지할 수 없음을 알 수 있다.

#### 3.2 조직검사(Macrosection Test)

다음 그림은 서보모터 가압장치를 이용하여 가압력 2kgf, 전류 2.5kA로 7mSec 동안 용접한 후 단면 조직검사를 한 사진이다.

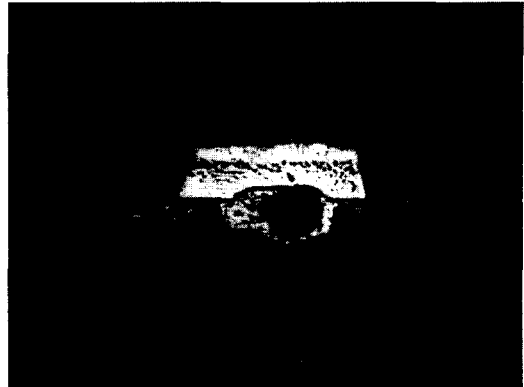


그림 3.3 불안한 가압으로 인한 기공발생

그림 3.3에서 볼 수 있듯이 과도한 전류로 인해 베릴륨동과 금세선이 녹으며 거대한 기공(void)이 생긴 것을 알 수 있다.

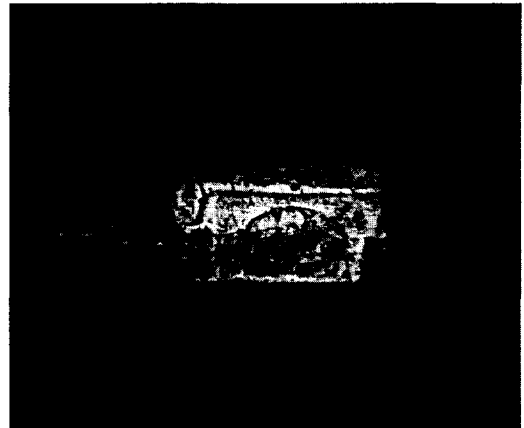


그림 3.4 용융된 접합부

위 그림 3.4는 가압력 2kgf, 전류 2.0kA로 7 mSec 동안 용접한 조직사진이다. 그림 3.3에서 처럼 기공은 생기지 않았지만, 과도한 열 입력으로 두 용접모재가 녹으며 금속 화합물을 형성하고 너깃(nugget)이 생성된 것을 볼 수 있다.

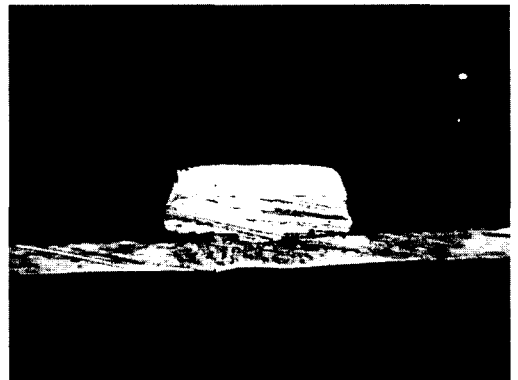


그림 3.5 Solid state bond (a)

그림 3.5는 가압력 5kgf, 전류 1.8kA로 7 mSec 동안 용접한 단면사진이다. 금세선을 수평으로 봤을 때 베릴륨동 박판이 왼쪽으로 약간 기울어지게 용접되었음을 볼 수 있다. 이는 수작업으로 인한 상하전극의 중심이 정확히 align되지 못했기 때문이다.

다음 그림은 가압력 3kgf, 전류 1.5kA로 7 mSec동안 용접한 단면사진이다.

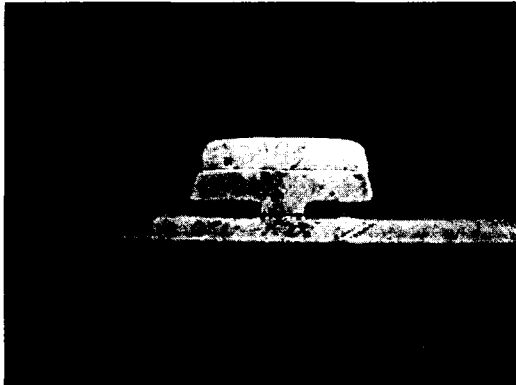


그림 3.6 Stuck weld

그림 3.6에서는 입열량이 부족하여 stuck weld 형태로 접합이 이루어진 것을 볼 수 있다.

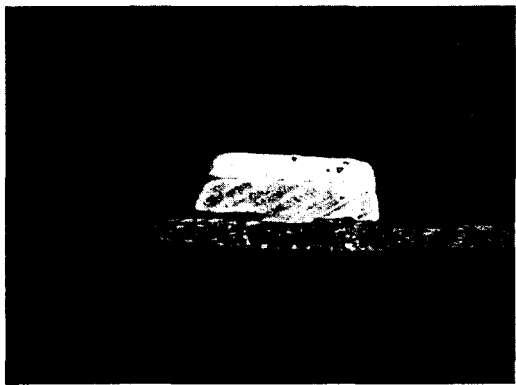


그림 3.7 Solid state bond (b)

그림 3.7은 가압력 5kgf, 전류 2.0kA로 7 mSec동안 용접한 단면사진이다. 그림 3.6과 비교하여 금세선의 돌기부분이 베릴륨동 박판에 함입되었지만, 아직 함입정도가 부족하여 두 모재 사이의 공간이 남아있는 것을 볼 수 있다.

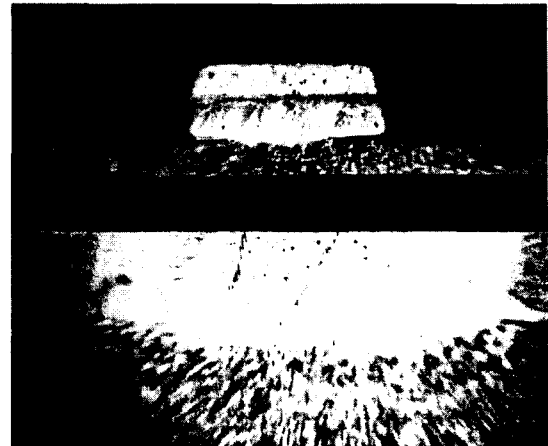


그림 3.8 Solid state bond (c)

그림 3.8은 가압력 7kgf, 전류 2.2kA로 7 mSec동안 용접했을 때 단면사진이고 그 아래는 확대한 모습이다. 위 사진들과 비교하여 금세선의 돌기가 베릴륨동판에 함입되고 두 모재가 밀착된 Solid state bond 형태로 가장 용접품질이 좋은 용접조건이라 할 수 있다.

#### 4. 결 론

1) 초소형 부품을 마이크로 스폿용접공정을 거쳐 제조할 경우 가압력과 용접전류의 작은 변화에도 용접상태는 상당히 달라지며 그 결과 전혀 예상치 못한 용접부가 얻어지는 것을 확인할 수 있었다. 특히 가압력에서는 2 kgf 내외, 용접전류는 0.2 kA정도의 차이가 용접의 성패를 좌우할 정도로 용접공정 변수 변화에 민감한 용접공정임을 알 수 있었다.

2) 본 실험에서 사용된 금세선과 베릴륨동박판의 경우 최적의 용접조건은 가압력 7kgf, 전류 2.2kA, 용접시간 7 mSec 임을 알 수 있었다.

#### 참고문헌

1. 용접·접합 편람, 대한 용접 학회(1998년).
2. UNITEK MIYACHI CORPORATION: GENERAL CATALOGUE, "FUNDAMENTALS OF SMALL PARTS RESISTANCE WELDING", 2004
3. 장희석, 박승규, 「초소형 부품의 마이크로 스폿용접기술」, 「대한용접학회지」 22(4), 308~315(2004)