

# 세라믹 재료에 코팅된 박막과 구리단자 박판의 마이크로 용접 Micro-bonding of copper foil to the surface of Ag-coated ceramic material

전홍식\*, 장희석\*\*

\* 명지대학교 기계공학부 대학원

\*\* 명지대학교 기계공학부

## 1. 서 론

고도화되고 집적화된 현대산업에 발맞추어 소형화된 부품과 자동화된 공정에서 초소형 부품에 대한 접합기술의 수요가 날로 증가하고 있다. 소형화된 부품으로 인하여 실제 접합하기 위한 소재의 크기는 수십um로 작아졌고, 이 같은 소재를 고속 이송이 이루어지는 자동화 공정에 적용하기 위해서는 고상접합(solid state bonding)과 용접(fusion welding), 압접(forge welding)이 모두 가능한 마이크로 스폿용접을 사용하는 것이 적절하다. 그러나 이처럼 작아진 소재를 마이크로 스폿용접하기 위해서는 다음과 같은 문제점이 있다.

① 초소형화된 소재를 용접하기 위한 전극의 가공 형태, 피용접물의 크기가 작기에 전극이 소재와 접촉할 수 있는 접촉면적의 크기는 기존의 마이크로 스폿용접 전극의 형태로는 힘들거나 접촉자체가 불가능한 경우가 많다.

② 소재와 전극사이의 가압력을 일정하게 유지하기 위한 가압헤드, 기존의 마이크로 스폿용접 헤드의 가압부는 주로 스프링으로 이루어져 있다. 이는 정밀한 가압성능을 요구하는 마이크로 스폿용접 특성상 히스테리시스(hysteresis)특성을 가진 스프링으로서는 해결하기 힘든 부분이라 할 수 있다.

③ 일반적인 스폿용접 방법의 문제점. 일반적인 스폿용접 방법인 직접 용접(direct welding), 시리즈 용접(series welding)등과 같은 형태로는 수mm~수um 정도의 작은 소재를 접합하는데는 방법적으로 많은 문제를 내포 하고 있다.

본 실험은 세라믹 재료에 은으로 코팅된 박막 위에 은으로 도금된 구리단자를 마이크로 스폿용

접을 통하여 접합함으로써 위와 같이 발생하는 문제점을 해결하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 실 험

### 2.1 실험 장치

전극의 경우 일반적인 환봉형태의 전극이 아닌 Fig. 1과 같이 피용접물의 접촉 면적에 맞는 얇은 판(sliced plate)을 V형상으로 미세 가공한 것을 사용한다.

가압헤드로는 2~5kg 영역에서 안정된 가압력을 보장해주는 가압헤드는 (주)서보웰드 사(社)에서 제작한 서보가압헤드를 사용하였고 그 전용 제어 장치(SHCON-2005)가 사용하였다.

마이크로 스폿용접에서의 파워소스(power source)는 통전전류가 수백 mA이며 통상 5~30msec 정도의 짧은 통전 시간동안 2khz의 제어 주파수로 스위칭 되는 인버터 방식의 파워소스를 사용하였다.

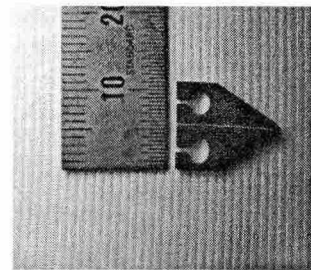


Fig. 1 마이크로 스폿용접용 V전극

### 2.2 실험 방법

본 실험은 V전극양쪽으로 (+)극과 (-)극을 연결하여 서보 가압 장치를 이용해서 2~5kg의 가

압력으로 가압하였고, 통전 전류는 700~900A로 정전류 방식으로 실험하였다.

### 3. 본 론

#### 3.1 가압 특성 비교

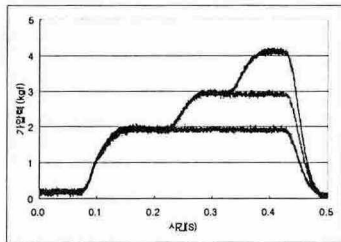


Fig. 2 서보헤드의 가압과형

Fig. 2에서 보듯이 서보 가압헤드의 가압 형태는 초기의 가압력 안정화구간을 지나면 가압력의 변화가 없는 안정한 영역이 나타나며 단조가압도 가능함을 알 수 있다.

마이크로 스폿용접에 있어서 통전 중에 발생하는 가압력의 변화는 모재의 접촉저항을 변화시키고, 이로 인하여 발생된 스파터(splatter)현상은 모재의 파손을 일으키기에 충분한 요소가 된다. 이와 같은 이유로 미세접점을 용접할 때는 통전이 진행되는 도중에도 안정된 가압특성이 보장되어야만 한다.

#### 3.2 전극형상에 따른 통전 전류 분석

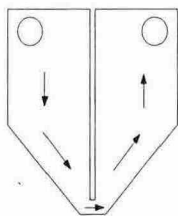


Fig. 4 V전극에서의 통전 상태

은이 코팅된 재료에 은이 도금된 구리단자를 접합하기 위해서는 환봉형태의 일반전극(또는 칼날과 같은 전극)을 이용하여 시리즈 용접방식으로 미세한 용접부위에 접근하기가 불가능한 경우가 많다. 이에 Fig. 4에서처럼 전극이 연결된 형태로 모재와 접촉하는 부위의 전극 단면적을 작게 하면 모재와 접촉된 면에서의 통전 전류 밀도를 높일 수 있다. 그러므로 통전 순간에 전극 끝부

분은 가열 되어 절연 피막과 같은 이물질 제거할 수 있게 되고, 전극 끝부분으로 집중된 전류는 전극보다 저항이 작은 모재 쪽으로 일부 흐르게 된다.

이렇게 통전 순간에 가열된 전극과 실제 통전 전류보다 작은 양의 전류가 모재에 흐름으로써 미세한 용접부위에 보다 안정적인 통전이 이루어지게 된다.

#### 3.3 미세 접합부의 형태

Fig. 4는 기존의 구리단자를 은으로 코팅한 것이다. 이것은 구리보다 용융점이 낮고 저항 값이 작은 은을 이용하여 두 모재를 접합하는 것으로 구리 단자를 직접 용접하는 것보다 피용접 물을 보다 쉽게 접합할 수 있고, 납땜 공정보다 우수한 접촉저항을 값을 보장할 수 있다.

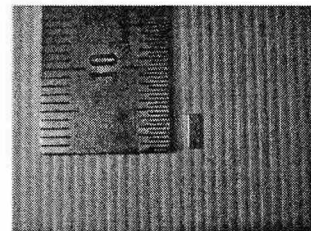


Fig. 4 은이 도금된 미세단자

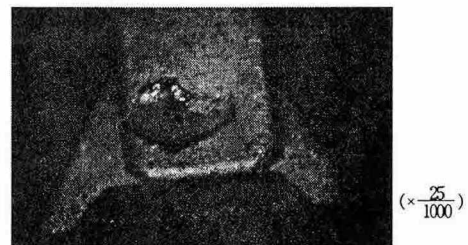


Fig. 5 은이 코팅된 재료에서의 접합 형태

Fig. 5은 세라믹 재료위에 있는 은도금 층에 은이 코팅된 구리 단자를 위에서 제시한 실험 조건을 통하여 접합한 것을 나타내고, Fig. 7은 단자를 접합한 재료로부터 단자를 제거한 모습을 나타낸다.



Fig. 6 단자를 제거한 후의 은 박막 모양

Fig. 6에 나타난 세라믹 재료를 보면 접합부를 파괴 시험했을 때 세라믹 재료에 코팅된 은도금 층이 떨어져 나간 것을 알 수 있다. 이는 용접 모재인 은도금 층이 떨어져 나간 것으로 양호 접합이 이루어 졌다고 할 수 있다.

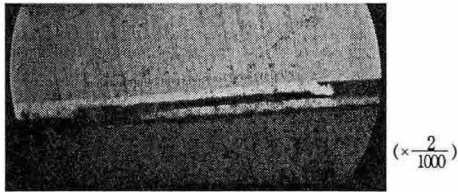


Fig. 7 단자와 은 박막의 용접부

Fig. 7은 용접 단면을 보여주는데 마운팅 프레스(mounting press)중에 발생한 압력이 박판에 비틀림 응력으로 작용하여 박막이 반으로 찢어진 모습이다. 박막이 찢어지는데도 용접부의 접합에는 이상이 없다는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

마이크로 스폿용접에서의 용접품질은 안정된 가압력과 전극의 형상이 용접의 성패를 좌우할 정도로 중요한 변수가 된 것을 알 수 있다. 이에 본 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻게 되었다.

1) 3kg의 가압력으로 가압한 결과 가장 적당한 함입(indentation) 깊이를 얻게 되었고, 마이크로 스폿용접과 같이 수ms~수십ms의 짧은 통전시간 동안에 가압력을 변화한다는 것은 가압헤드 특성상 힘들다는 것이다.

가압헤드의 동특성(dynamic characteristic)상 3kg의 가압력 정상상태에 도달하기 위한 시간으로는 헤드 시스템마다 차이는 있겠지만 최소 15~35ms의 시간이 소요된다.

그러므로 마이크로 스폿용접에서 통전시간 중에 가압력을 변화 시킨다는 것은 어려움이 따르고, 통전이 완료된 후 단조 가압하는 것이 보다 효과적인 방법이라 하겠다.

2) 본 실험에서는 800A의 전류를 20ms 동안 통전시켰을 때 최적의 용접상태가 됨을 알 수 있었는데, 양단전극이 연결된 이상 800A가 피용접물에 모두 흘렀다고 할 수는 없다.

이는 마이크로 스폿용접에서 미세한 피용접물에 통전되는 전류는 모재의 체적에 따라 다르지만

통상 100A 내외여야 하는데, 이처럼 작은 통전 전류로는 피용접물 표면의 이물질과 피용접물의 접촉저항을 이기고 피용접물을 용접하기에는 부족한 양이다. 그러므로 통전순간에 전극 끝부분으로 집중된 전류로 인하여 가열된 전극이 피용접물 표면의 이물질 등을 제거하고, 전극 끝으로 집중된 전류의 일부가 피용접물로 흐르게 되는 것이다.

#### 참 고 문 헌

1. 대한용접학회편: 용접·접합 편람, 대한 용접 학회, 1998
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)
4. 임창식: "마이크로 서보점용접기의 개발", 명지대학교 대학원 석사학위논문, 2003