

전자빔 용접장치를 이용한 미세접합

Micro joining using electron beam welding system

서정*, 이제훈*, 김 정오*, 강 희신*

* 한국기계연구원

ABSTRACT In this study EB(Electron Beam) welder was modified to apply EB welder to micro-joining for soldering and micro-brazing. The power and beam current of EB welder is 6kW, 100mA(60kV) and the minimum current was 1mA. The minimum current of EB welder was modified to decrease the amount of beam current to 0.01mA and the monitoring system to observe materials was made up. The system is developed including teaching function for generating patterns. The control system and CAD/CAM software for EB direct writing was developed and the deflection beam was controlled without moving workpieces. the possibility of applying EB welder to micro-joining for soldering and brazing was studied through this experiments.

1. 서 론

MEMS, NEMS, BIO 부품 중에는 청결, 고신뢰성, 밀봉, 열적손상 방지가 가능한 미세접합 기술이 요구된다. 전자빔 리소그래피, 전자빔 직접 묘화(electron beam direct writing)에서 확인된 나노 패터닝 수준의 전자빔의 빔 집속특성을 활용하면 마이크로 및 나노 범위의 나노 지향 미세접합이 가능하다. 기존의 전자빔 용접기의 고속 전자빔 편향 특성을 활용하면 연속 미세접합이 가능하고 공정시간을 최대한 단축할 수 있으며, 기존의 SEM 기능과 전자빔 용접기술을 접목하면 미세 위치제어, 3차원 접합 및 측정이 동시에 가능하게 된다.

본 연구는 기존의 전자빔 용접기를 수정하여 미세접합에 적용 가능한 장치 및 공정의 개발에 관한 기초적인 연구를 수행하였다. 기존의 수 mA 단위의 빔 최소 전류를 수십 μ A 수준으로 낮출 수 있었다. 솔더 볼의 접합 실험과 백금 와이어의 접합 실험을 통해 얻은 결과를 바탕으로 전자빔 용접장치의 미세접합에 대한 추가 실험을 통해 미세접합 응용분야에 적용 가능성을 검토해 보았다. 또한 기존 시스템에 티칭(teaching) 기능을 개발하여 PC 상의 프로그램적으로 생성한 패턴(pattern)을 실제 접합 실험에 응용한 실험

을 수행하였다. 본 실험을 통해 다양한 형태의 패턴 형성이 가능함을 알 수 있었다.

2. 미세접합용 전자빔 용접기의 구성

Fig. 1은 기존의 6kW급 전자빔 용접기이다. 저배율 현미경을 통해 접합부 관측만이 가능하고 전자빔은 고정된 상태에서 작업물이 xy-table에 의해 단순이동(push-button에 의한 on-off 방식)하게 되어 있어 본 연구의 고속 다수부품 일괄 미세접합용으로는 적합하지 못하다. 따라서 본 연구의 실험을 위하여 전자빔 편향기능(direct writing), 고배율 관측기능, pc 기반 총괄 제어 기능 등을 부가하여 미세접합용 전자빔 용접기를 구성하였다.

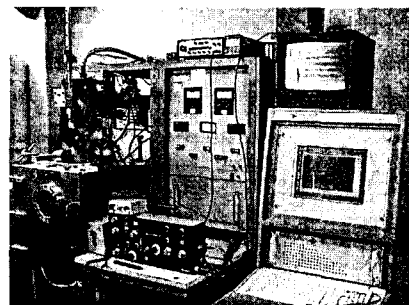


Fig. 1 Electron beam welding system

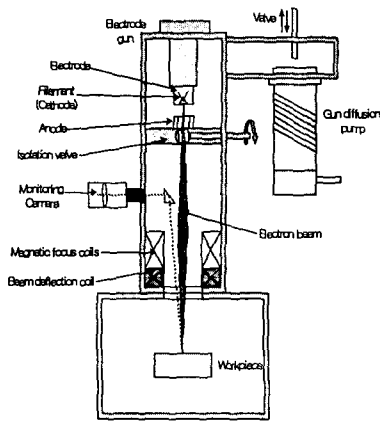


Fig. 2 Schematic diagram of EB welder

추가 구성한 전자빔 용접기의 모니터링 시스템은 CCD 카메라 시스템이 설치되었다. CCD 카메라를 통해 전송된 접합부의 형상과 접합 장면은 모니터와 PC 화면에서도 모두 관측할 수 있도록 구성하였다. 또한, 접합부위치, 접합 패턴, 접합부 추적 및 위치제어 등을 위해 PC로 입력 받은 화상 데이터를 CAD/CAM S/W를 이용하여 접합부 위치를 추출한 다음에 빔 편향 구동 신호가 모션보드를 통해 전자빔 용접기로 보내진다.

Fig. 3은 전자빔 편향(deflection)을 이용하여 고속 direct writing 방식으로 다수의 부품을 미세 접합하는 원리를 보여 준다. 전자부품 패키징에 빔 편향기술을 이용하면 미세접합부에 단시간 조사로 열적 충격을 줄일 수 있으며, IC 마운트부의 온도상승도 현저히 줄일 수 있을 뿐만 아니라 xy-table 방식에 비하여 빠른 속도의 빔 이동이 가능하다. 또한, 여러 개의 부품을 이동 없이 편향만으로 일괄가공이 가능하다.

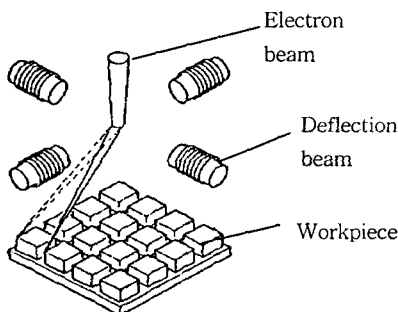


Fig. 3 Schematic diagram of E-beam deflection

본 시스템에는 카메라 모니터링 시스템을 위한 S/W와 빔 편향을 이용한 접합부 티칭(teaching) 기능, 위치제어 기술을 구현하는

CAD/CAM S/W가 구성되어 있다. 카메라 모니터링 시스템으로부터 받은 화상에서 접합부의 데이터를 추출할 수 있고 자체 CAD 기능을 이용하여 미세 패턴을 생성한 후 CAM S/W에 데이터를 전송시킬 수 있다.

3. 미세접합 기초실험

본 연구에서 구성한 미세접합용 전자빔 용접기(EB-welder)를 이용하여 초기 미세접합 실험을 수행하였다. 솔더볼(solder ball)의 soldering 실험과 Pt wire joining 실험을 수행하였다.

Fig. 4는 μ -BGA나 Flip chip에서 사용되는 solder ball을 SUS 304 기판 위에 접합시킨 결과를 보여 주고 있다. Solder ball의 성분은 Sn-3Cu-1Bi이며, 크기 분포는 $500\mu\text{m} \pm 20\mu\text{m}$, 용융온도는 213°C 이다. 접합조건은 U(빔 전압) : 30kV, I_b (빔 전류) : 0.1mA, I_f (초점전류) : 268mA, Time : 1 sec에서 접합이 되었으며, E-beam이 조사된 부위에 흔적이 발생함을 알 수 있다.



Fig. 4 Solder ball의 EB-soldering

Fig. 5는 마이크로 센서 회로 구성에 사용되는 $100\mu\text{m}$ 직경의 백금 와이어 접합 결과를 보여 주고 있다. 실험조건은 U : 30kV, I_b : 0.3mA, I_f : 280 mA, Time : 2 sec이다. Pt wire는 용융 시 산화가 잘되며 또한 접합부가 취성이 강해 잘 부서지는 경향이 많다. EB-joining은 진공에서 수행되므로 산화를 방지할 수 있어 접합부가 매우 양호하게 형성되었다.

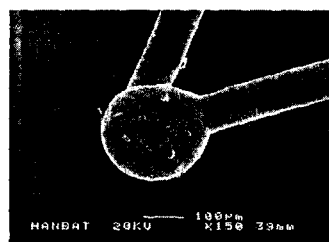


Fig. 5 EB-joining of PT wire

기존의 EB-welder의 최소전류가 1mA이므

로 1mA 이하의 조건에서 정밀한 빔 전류 제어
가 어려웠다. 따라서 1mA 이하의 조건에서도
빔 전류가 정밀하게 조정될 수 있도록 제어 장치를
별도로 제작하여 0.01mA 단위로 미세 조정을
할 수 있도록 장치를 구성하였다.

그림 6, 7은 본 시스템으로 미세 브레이징 실험을
하기 전의 시료 사진이다. 10mm 크기의
정사각 덮개를 덮고 구리 용가재를 넣고 그림 8
과 같은 전자빔 패턴을 주사하여 브레이징 실험을
수행하였다. 그림 9와 같은 최종 결과물을
얻었고 단면형상을 관찰하였다. 전체적으로 균일
하게 용가재가 용융된 후 브레이징이 이루어졌음을
알 수 있었다.



Fig. 6 Circle specimen before brazing



Fig. 7 Rectangular specimen before brazing



Fig. 8 Result after patterning

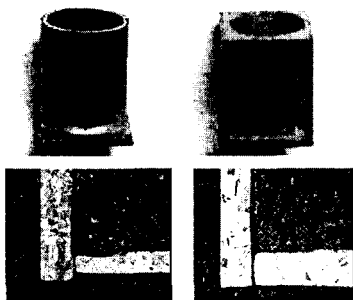


Fig. 9 Results after brazing

그림 10은 접합부 위치 추적을 할 수 있도록
개발한 티칭(teaching) 기능을 이용해서 생성한
패턴들이다. 티칭 기능을 이용한 패턴 형성은 티
칭 소프트웨어를 통해 읽어 들인 위치 좌표 값을
CAM 프로그램을 통해 NC 코드로 변환하여 전
자빔 용접기의 편향코일 제어기에 전송함으로써

이루어진다. 이 전송된 데이터에 의해 원하는 패
턴을 형성하게 전자빔이 주사된다. 또한 카메라
관측 시스템으로부터 얻은 화상 데이터를 CAD
프로그램 상에 바탕그림으로 설정하고 그 위에
CAD 기능을 이용해 패턴을 형성한 후 NC 코
드를 바로 생성할 수 있는 기능도 개발하였다.



그림 10 Patterns using teaching function

4. 결 론

본 연구는 마이크로급 powder 및 부품을 대
상으로 한 미세접합기술 개발을 목표로 하였고
기존의 EB-welder를 수정, 보완하여 사용하는
방안을 채택하였다. 수정 개발한 전자빔 용접기
시스템을 사용하여 솔더링과 미세 브레이징 실험
을 수행하였다. 향후 SEM을 이용한 접합, 측정
겸용 기술개발을 위해 빔 출력 조정, 빔 경로 제
어기술에 대한 선행연구를 수행하였다. 본 연구
를 통해 확보된 direct writing 기술과 SEM
기술을 접목하면 나노 접합에 적합한 수준의
SEM-welder 장치를 구성할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. Il-Han Hwang, Suck-Joo Na : A Development of SEM Applied Microjoining System, Journal of KWS, 21-4 (2003), 63-68 (in Korean)
2. Kyuzo Arakawa, Masao Kikuchi : An Electron-Beam Processing Machine for Micro-Scale Joining Applications, Mitsubishi Technical Reports 71-4 (1997), 59-62 (in Japanese)
3. Hee-Shin Kang, Jeong Suh, Jae-Hoon Lee, Jeng-O Kim: Modification of Electron beam welding system for Micro joining, Proceedings of 2003 Autumn of KWS (2003), 24-26 (in Korean)
4. Florian Banhart : The Formation of a Connection between Carbon Nanotubes in an Electron Beam, Nano Letters 1-6 (2001), 329-332