

미세접합을 위한 전자빔 용접장치의 개조

Modification of Electron beam welding system for Micro joining

서정*, 이제훈*, 김 정오*, 강 희신*

* 한국기계연구원

ABSTRACT In this study EB(Electron Beam) welder was modified to apply EB welder to micro-joining with solder ball and Pt wire. The power and beam current of EB welder is 6kW, 100mA 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 control system and CAD/CAM software for e-beam direct writing was developed and the deflection beam was controlled without moving workpieces. the possibility of applying EB welder to micro-joining with solder ball and Pt wire was studied through this experiments.

1. 서 론

기존의 적외선 레이저(CO₂ 레이저, Nd:YAG 레이저)를 이용한 접합방식이 미소부품, 광통신 부품의 정밀접합에 사용되고 있으나, 빔 특성상 100 μ m 수준의 정밀용접에만 가능하고 레이저 빔 직경을 최소화 또는 고속화(scanner)를 위한 광학장치의 구성이 매우 복잡하며, 또한, 광학계가 진동 및 외부의 영향에 매우 민감할 뿐 아니라 접합재료의 선택에 제한이 크다.

MEMS, NEMS, BIO 부품 중에는 청결, 고신뢰성, 밀봉, 열적손상 방지가 가능한 미세접합기술이 요구된다. 전자빔 리소그래피, 전자빔 직접묘화(e-beam direct writing)에서 확인된 나노패터닝 수준의 전자빔의 빔 집속특성을 활용하면 마이크로 및 나노 범위의 나노지향 미세접합이 가능하다. 기존의 전자빔 용접기의 고속 전자빔 편향 특성을 활용하면 연속 미세접합이 가능하고 공정시간을 최대한 단축할 수 있으며, 기존의 SEM 기능과 전자빔 용접기술을 접목하면 미세포지셔닝(positioning), 3차원 접합 및 측정이 동시에 가능하게 된다.

본 연구는 기존의 전자빔 용접기를 수정하여 미세접합이 가능한 장치 및 공정의 개발에 관한 기초적인 연구를 수행하였다. 솔더 볼의 접합 실험과 백금 와이어의 접합 실험을 통해 전자빔 용접장치의 미세접합에 대한 적용 가능성을 검토해 보았다.

2. 미세접합용 전자빔 용접기의 구성

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 추가하여 미세접합용 전자빔 용접기를 구성하였다.



Fig. 1 Electron beam welding system

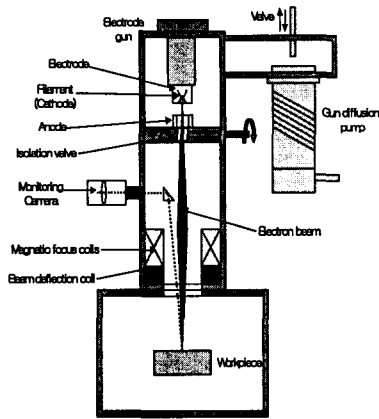


Fig. 2 Schematic diagram of EB welder

2.1 Optical observation 구현

Fig. 3은 추가 구성한 전자빔 용접기의 모니터링 시스템의 개략도이고 CCD 카메라 시스템을 설치하였다. CCD 카메라를 통해 전송된 접합부의 형상과 접합장면은 모니터와 PC 화면에서도 모두 관측할 수 있도록 구성하였다. 또한, 접합부위치, 접합 패턴, 접합부 추적 및 positioning 등을 위해 PC로 입력 받은 화상 데이터를 CAD/CAM S/W를 이용하여 접합부 위치를 추출한 다음에 빔 편향 구동 신호를 모션보드를 통해 전자빔 용접기로 보낸다.

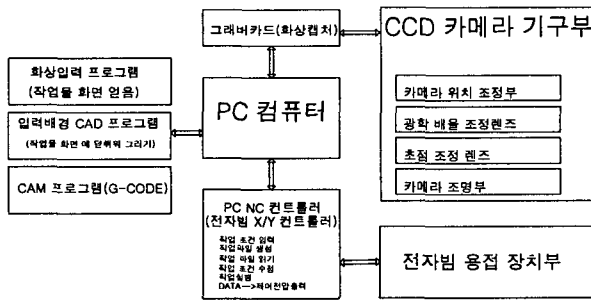


Fig. 3 Schematic diagram of monitoring system

2.2 E-beam 편향 장치 구성

Fig. 4는 전자빔 편향(deflection)을 이용하여 고속 direct writing 방식으로 다수의 부품을 미세접합하는 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.

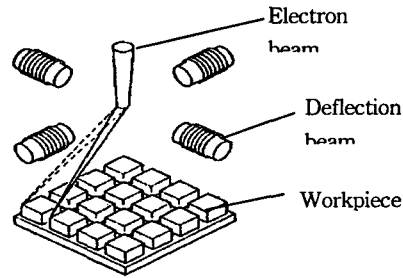


Fig. 4 Schematic diagram of E-beam deflection

Fig. 5는 전자빔 편향 시스템의 개략도이며, 기능은 다음과 같다. 카메라 모니터링 시스템을 이용하여 미세 접합부를 인식하며 CAD/CAM S/W를 이용하여 빔 편향장치에 x, y축 데이터를 추출하여 접합부를 추적하며, PC에 설치된 모션보드를 통해 빔 편향장치에 구동 데이터를 전송하여 빔의 포지셔닝을 만든다. E-beam 편향을 위해 제작한 모션보드는 PC의 CAD/CAM S/W에서 생성된 빔 편향코일 x, y축 데이터를 D/A 컨버터를 통해 스케일변화기를 거쳐 출력으로 내보낸다. 모션보드에서 나온 데이터는 전자빔 용접기의 편향장치에 전송이 되어져 접합부 추적 및 포지셔닝을 생성한다.

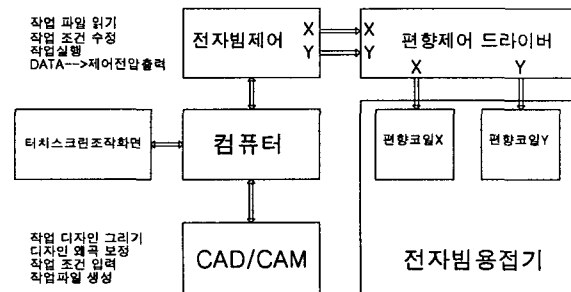


Fig. 5 Schematic diagram of e-beam deflection system

2.3 제어 s/w 개발

Fig. 6은 카메라 모니터링 시스템을 위한 S/W와 빔 편향을 이용한 접합부 추적, 포지셔닝 기술을 구현하는 CAD/CAM S/W를 보여주고 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. 화면에는 Fig. 7에서 가스센서의 패턴이 나타나 있으며, Fig. 6에서는 100μm 백금 와이어를 접합하기 위한 과정을 보여주고 있다.

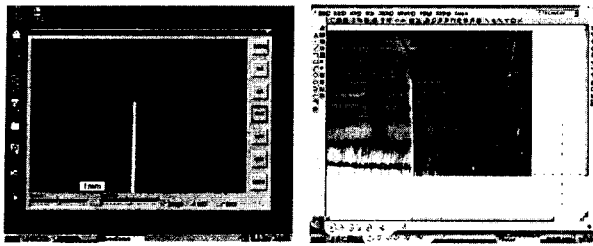


Fig. 6 Monitoring S/W and CAD/CAM S/W

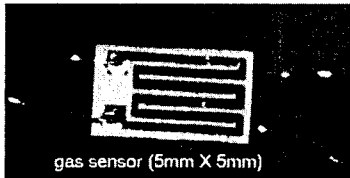


Fig. 7 gas sensor

3. 미세접합 기초실험

본 연구에서 구성한 미세접합용 전자빔 용접기 (EB-welder)를 이용하여 미세접합 실험을 수행 중에 있다. 현재 장치 구성이 약 90% 수준이므로 복잡한 패턴에 대한 실험은 어려우나, 단순한 접합 및 용융실험이 가능하여 micro-soldering powder(solder ball)의 EB-soldering 실험과 Pt wire EB-joining 실험을 수행하였다.

3.1 Soder ball의 EB-soldering

Fig. 8은 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.

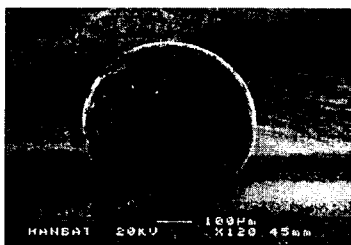


Fig. 8 Solder ball의 EB-soldering

3.2 백금 wire EB-joining

Fig. 9는 마이크로 센서 회로 구성에 사용되는 $100\mu\text{m}$ 직경의 백금 와이어 접합 결과를 보여주고

있다. 실험조건은 U : 30kV, I_b : 0.3mA, I_f : 280 mA, Time : 2 sec이다. Pt wire는 용융시 산화가 잘되며 또한 접합부가 취성이 강해 잘 부서지는 경향이 많다. EB-joining은 진공에서 수행되므로 산화를 방지할 수 있어 접합부가 매우 양호하게 형성되었다. 앞의 Fig. 7과 같이 가스 센서의 패턴전극부에 와이어를 접합하여 회로를 구성하는 공정을 진행할 계획이다.

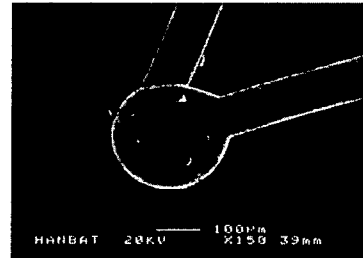


Fig. 9 백금 와이어의 EB-joining

Fig. 8과 9의 실험조건에서와 같이 빔 전류를 1mA 미만의 조건에서 실험을 하였다. 기존의 EB-welder의 최소전류가 1mA이므로 1mA 이하의 조건에서 정밀한 빔 전류 제어가 어렵었다. 따라서, 1mA 이하의 조건에서도 빔 전류가 정밀하게 조정될 수 있도록 제어 장치를 별도로 제작하여 0.01mA 단위로 미세 조정을 할 수 있도록 장치를 구성하였다.

4. 결 론

본 연구는 마이크로급 powder 및 부품을 대상으로 한 미세접합기술 개발을 목표로 하였고 기존의 EB-welder를 수정, 보완하여 사용하는 방안을 채택하였다. 향후 SEM을 이용한 접합, 측정 겸용기술 개발을 위해 빔 출력 향상, 빔 경로 제어기술에 대한 선행연구를 수행하였다. 본 연구를 통해 확보된 direct writing 기술과 SEM 기술을 접목하면 나노접합에 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)