

# 6시그마 기법을 이용한 무연솔더 분말 제조공정에 대한 고찰 (A study on the manufacturing process of Pb-free solder by six sigma method)

김 숙환\*, 김 성욱\*,  
\*포항산업과학연구원

## 1. 서 론

최근 전자기기의 고기능화, 고성능화에 따른 소자의 고집적도, 경박단소(소형, 경량, 박형)의 필요성이 높아지고 있으며, 이에 부합하여 환경 친화적인 크림솔더(cream solder)가 마이크로 패키징 분야에서 각광받고 있다. 크림솔더는 솔더분말과 플럭스의 혼합물로 표면실장공정에서 전자부품을 PCB 기판에 접합하기 위해 반드시 필요한 재료이다. 크림솔더는 인쇄 공정을 통하여 원하는 위치에 도포되고 열풍에 의한 가열로 인 리플로우 공정을 거치면 솔더 범프 또는 부품과의 접합이 이루어지게 된다.

기존의 솔더분말은 원심분무공정과 초음파분무공정을 이용하여 생산되고 있지만 전자기기의 경박 단소화로 보다 미세한 크기의 솔더분말이 필요한 상황에서 기존공정은 한계상황에 직면하고 있다. 또한, 고체, 액체, 기체를 이용한 여러 가지 분말제조방법에 따른 각 제조공정별 장단점을 정리해 보면 Table 1과 같다.

Table 1 분말제조방법별 장단점

Method	Company	Advantage	Disadvantage
Atomization	US Granules, Benda-Lutz TLS-Technik Toyal, 창성, 세종소재	•양산화 가능 •잘 알려진 기술 •기술이전이 용이	•나노분말 제조불가
Gas Condensation	Technanogy	•저가의 장비 •초미세분말 제조가능 •기술이전이 용이	•고용점분말 제조불가 •중간의 에너지효율 •양산화에 어려움
Plasma Method 직류아크 토치방식 고주파 유도방식	Nanophase Technology Nanotechnologies Tetronics  Saratov, Russia, 기초과 학연구원	•양산화 가능 •구조가 간단함 •고용점 분말제조	•입자분포 불균일 •저온도 분말 •중간의 에너지효율
Pulsed Wire Evaporation (전기폭발)	Argonide HVRI ㈜나노기술	•저가의 장비, 고온도 고용점 금속 및 합금분말 •높은 에너지효율(85%) •양산화 및 scale up 용이	•금속선을 이용

이러한 공정에서 한계를 극복하기 위해 최근 나노 분말을 제조하기 위한 다양한 프로세스가 개발되고 있다. 공정은 크

게 물리적 제조법과 화학적 합성법으로 구분할 수 있고, 물리적 제조법은 다시 가스증발-응축법과 기계적 합성법으로 나눌 수 있다. 화학적 방법은 기상, 액상, 고상의 합성법으로 나뉜다. 이러한 여러 공정 중에서도 실 생산에 적용할 수 있을 만한 공정으로 증발-응축법의 일종인 전기폭발법(Pulsed wire evaporation method)을 들 수 있다.

전기폭발법은 펄스파워를 이용하여 캐패시터에 충전된 고전압, 대전류를 금속도선에 순간적으로 방전함으로써 증발, 응축시켜 분말을 제조하는 방법이기 때문에 가스종류에 따라 다양한 산화물, 질화물 뿐만 아니라 적은 에너지소비와 부산물이 없는 환경친화적 공정이라는 장점을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 전기폭발법의 특성을 이용하여 분말을 제조함으로써 무연솔더에 적용가능성을 검토하고자 하였으며, 분말의 회수율에 미치는 공정변수의 영향을 6시그마 기법을 적용하여 최적화하고자 하였다.

## 2. 실험방법

본 실험에 사용한 전기폭발법은 무연솔더(Sn-0.7Cu) 와이어가 일정 길이(35mm, 40mm)로 공급되면서 양극과 음극사이에 고전압(25kV~29kV)을 인가하여 아크를 발생시키면 와이어가 용융비산 되고 연속하여 순환되는 불활성 가스(Ar)의 흐름속에서 순간적인 응고로 미세한 분말이 만들어지고 이러한 미세분말은 사이클론 방식의 분급기에서 회수되게 된다. 이러한 전기폭발법의 공정 개념도를 정리해 보면 Fig. 1과 같다.

무연솔더 분말의 제조공정에서 제어할 수 있는 중요한 인자로는 와이어 길이, 직경, 전압, 블로어(blower)의 회전속도 등을 들 수 있으며, 이러한 인자들이 분말의 회수율이나 크기, 형상등에 미치는 영향을 검토하고자 주사전자현미경과 투과전자현미경 그리고 광회절법에 의한 입도분석을 통하여 공정변수의 영향을 검토하고자 하였다.

특히, 분말의 회수율에 미치는 유의한 주인자와 주인자들의 상호작용에 대한 영향을 미니탐의 통계적 기법을 적용하

여 실험결과와 신뢰성을 확보하고자 하였다.

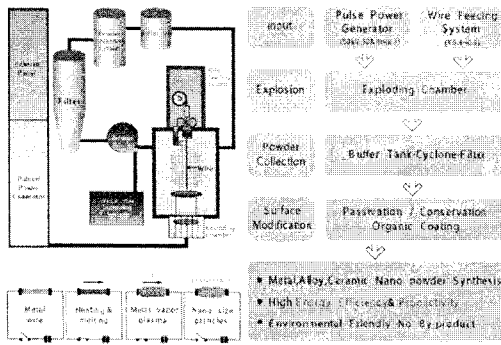


Fig. 1 전기폭발법에 의한 분말 제조장치의 개념도

### 3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 전기폭발법에 의한 분말제조공정에서 분말수율에 미치는 공정변수(와이어 직경, 속도, 길이)의 영향을 미니맵의 통계적인 방법을 사용하여 얻어진 결과를 나타낸 것이다. Fig. 2에서 알 수 있는 바와같이 주효과 인자분석 결과 와이어 직경이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 확인되었으며, 속도와 와이어 길이는 유효인자는 아니지만 최적화를 위하여 필요한 인자임을 알 수 있었다.

Fig. 3은 분말의 수율에 미치는 와이어 직경, 와이어 길이, 속도의 상호효과도를 미니맵을 사용하여 분석할 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와같이 와이어 직경과 와이어 길이는 상호효과가 상당히 큰 것으로 확인되고 있지만 와이어 길이와 속도, 와이어 직경과 속도등은 상호효과가 거의 없는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 분말제조시 와이어의 체적이 에너지량과 밀접한 관계가 있다는 것을 입증한 결과로 해석할 수 있다.

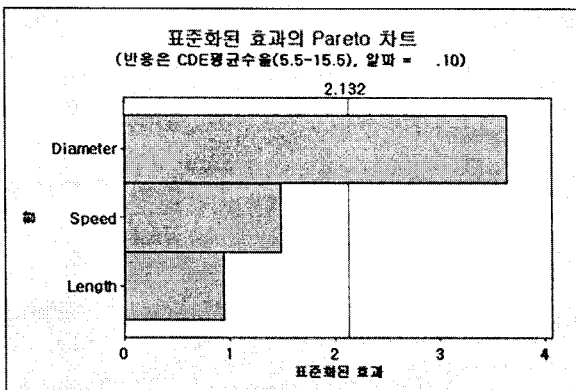


Fig. 2 분말수율에 미치는 공정변수의 영향

Fig. 4는 전기폭발법으로 제조된 분말의 형상을 전자현미경으로 관찰한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 주사전자현미경으로 관찰한 분말에서는 약 5 ~ 10 $\mu$  내외의 분말들이 완전한 구형으로 형성됨을 확인할 수 있었으며, 주

사전자현미경에서 확인할 수 있는 미립분말을 투과전자현미경으로 관찰한 결과에서는 완전구형의 50 ~ 150 나노수준의 무연솔더 분말을 제조할 수 있음을 확인할 수 있었다.

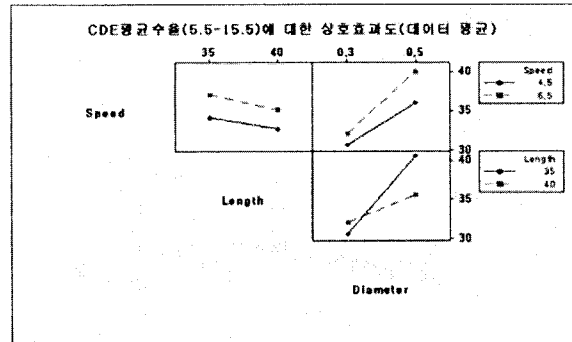


Fig. 3 분말수율에 미치는 상호효과도

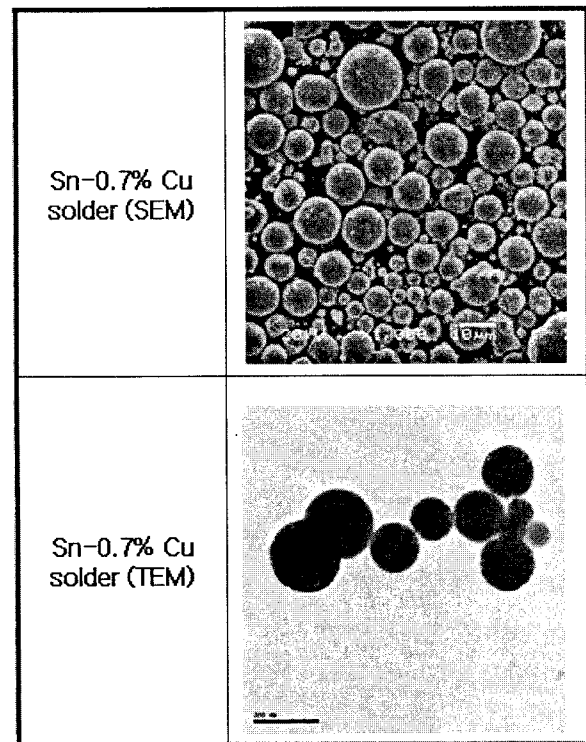


Fig. 4 전기폭발법으로 제조된 분말형상

분말의 크기가 미크론 수준인 경우에는 비교적 구형의 분말로 잘 분리된 형태로 나타나지만, 나노입자 수준의 분말에서는 비표면적이 매우 크기 때문에 분말끼리 뭉쳐치는 경향이 강하여 이들을 쉽게 분리할 수 있는 기술적인 방안도 강구되어야 할 것으로 생각된다.

### 4. 결 론

전기폭발법에 의한 무연솔더 분말의 제조공정변수와 분말의 특성을 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 분말의 회수율에 가장 큰 영향을 미치는 공정변수는 와이어의 직경으로 확인되었으며, 분말화는 에너지량과 밀접한

관계가 있기 때문에 와이어의 직경과 길이는 상호 영향을 미치는 주인자 이었다.

2) 전기폭발법으로 제조된 분말의 크기는 나노크기부터 10  $\mu$  수준의 크기까지 제조가 가능한 것으로 판단되었으며 분말의 형상은 완전한 구형으로 형성되어 솔더 페이스트로 활용 가치가 클 것으로 판단되었다.

3) 제조된 나노분말의 효율적인 분리 및 회수를 위한 분급 장치의 개선이 필요할 것으로 판단되었다.