

No-Clean Process의 최근동향 (II)

노 경 호

한국과학기술연구원 CFC 대체기술센터/박사

2) 경제적인 면

경제적인 면에서는 다음 사항을 고려해야 한다.

(1) 세정공정 및 장치

새로운 장치를 구입하거나 일부 장치를 사용하지 않는 경우에서 절약되는 등의 총 수지를 고려해야 한다.

(2) 폐기물

세정공정에서 생기는 부산물에 의한 폐기물의 양과 종류는 전체 가격에 영향을 미친다. 세정공정을 사용하지 않으면 폐기물 처리의 경비와 위험성을 없앨 수 있다.

(3) 규모

장치의 소요면적이 커지면 제조공정의 설비를 다시 배열할 뿐만 아니라 경비의 지출이 늘어나게 된다.

(4) 시간

완전히 세정된 기판을 얻는데 소요되는 시간은 특정 기판의 조립공정에서의 비용에 영향을 미친다. 대부분의 경우에 무세정 방식으로 하면 시간이 절약된다. 일반적으로 최종 기판을 얻는 소요시간이 길면 전체 공정의 단가는 높아지게 마련이다.

(5) 재료비의 소모

세정공정에서 소요되는 원재료의 양은 공정 비용에 영향을 미친다.

무세정공정으로 전환하는 것은 납땜 후에 더 이상 세정을 하지 않는 PCB에 잔존할지도 모르는 무해한 소량의 잔사때문에 기사, 관리자 및 사용자에서 의식의 전환이 필요하게 된다.

다. 원재료는 flux, 납땜 및 일부 경우에는 질소가 포함되며 세정제의 가격은 무세정공정에서는 고려되지 않는다.

(6) 노동비

특정 세정공정을 수행하는데 필요로 하는 노동의 양과 수준은 공정의 경제성에 영향을 미친다. 무세정 공정에서는 세정장비와 관련된 노동비는 절감된다.

(7) Utility

전기, 수도 및 폐기물 처리비용은 공정을 평가하는데 필수적으로 고려해야 한다.

5. 무세정 방식의 선택

무세정 납땜공정을 잘 수행하기 위해서는 납땜공정과 납땜공정에 사용되는 물질에 대해서 구체적으로 이해를 하고 있어야 한다. 기존의 조립공정에서와 같이 flux 및 장비의 선정은 다양한 선택이 있기 때문에 사용자는 무세정 공정의 특성과 장단점을 잘 파악해야 한다. 무세정 flux 또는 paste, 제어된 분위기에서의 납땜을 사용하고자 할 때 물질과 장비를 주의할 기울여서 선정해야 하는데 무세정방식의 다양성은 기존 납땜공정에 비해서 크게 제한적이기 때문이다. 이 새로운 방식을 충분히 이용하기 위해서는 사용자는 새로운 지식을 접해야 하고 공학적인 데이터와 경험을 바탕으로 한 건전한 판단을 해야 한다. 무세정공정으로 전환하는 것은 납땜 후에 더 이상 세정을 하지 않는 PCB에 잔존할지도 모르는 무해한 소량의 잔사때문에 기사, 관리자 및 사용자에서 의식의 전환이 필요하게 된다. 잔사가 유해하지 않고 기판의 기능상 문제를 일으키지 않더라도 외관상 보기에 좋지 않을 수 있다. 따라서 무세정

사용자는 스스로 최종 제품에서 외관의 중요성을 인식해야 한다. 납땜후 세정공정을 없애기 위해서는 제조공정에서 사용되는 기판과 부품에 관심을 기울여야 한다. 기판과 부품들은 납땜공정이전에 충분히 깨끗한 상태로 있어야 하는데 납땜후 세정단계가 생략되기 때문이다. 무세정 공정을 시험해서 발견된 잔사의 대부분은 조립단계 이전에 깨끗하지 못하기 때문이다. 무세정공정의 사용자들은 무세정 납땜공정과 관련된 청정수준을 공급자가 맞추도록 확인해야 한다. 게다가 기판과 부품을 납땜공정이전에 조심스럽게 취급하는 것이 매우 중요하다. 무세정공정으로 납땜을 하는 제조자들에게 적용되는 몇 가지 선택은 다음과 같다.

(1) RMA flux 또는 paste를 사용하지만 납땜후 세정공정을 생략하는 방법

(2) 잔사가 적은 flux 또는 paste를 사용하고 납땜후 세정공정을 생략하는 방법

(3) Wave soldering에서 flux의 사용방법을 바꾸어서 flux의 양과 위치가 잘 조절되어서 세정단계를 제거하는 방법

일부에서는 납땜중에 산소농도를 줄이기 위해서 제어된 분위기 하에서 납땜을 하는 방법을 선택하기도 한다. 이러한 방법을 사용하면 외관과 납땜의 접착특성이 우수하고 납땜의 접합부를 견고하게 하고 납땜의 찌꺼기를 줄일 수 있는 장점이 있다. 그러나 예상되는 단점으로는 브리지가 생길 수 있으나 최근에 정교한 장치가 개발되어서 이러한 브리지를 많이 감소시켰다.

1) 무세정 Wave Solder Flux
 종래의 flux를 사용하여 세정을 하지 않으면 만족할 만한 결과를 얻을 수 없고 flux의 조성을 변화시켜야 한다. 무세정이란 납땜 후에 남아 있는 잔사가 적기 때문에 세정이 필요하지 않는 것을 의미한다. 납땜 후에 세정공정이 없으면 CFC 113 또는 1, 1, 1 TCE를 사용하지 않아도 된다. 현재 상용화된 wave solder flux는 저고형분 무세정 flux와 고고형분 무세정 flux가 있다. 또한 수계 저잔사의 개발이 현재 진행중이다. 성공적으

기판과 부품들은 납땜공정 이전에 충분히 깨끗한 상태로 있어야 하는데 납땜후 세정단계가 생략되기 때문이다. 무세정 공정을 시험해서 발견된 잔사의 대부분은 조립단계 이전에 깨끗하지 못하기 때문이다.

로 개발된다면 수계 저잔사 flux는 다방면에서 엄격한 휘발성 규제를 피할 수 있을 것으로 기대된다.

(1) 저고형분 무세정 flux

기존 flux의 고형분이 15~40%인데 비해서 저고형분 저잔사는 통상적으로 0.5에서 4.0까지의 고형분을 포함한다(참조 Fig. 1). 고형분의 양이 작아짐에 따라서 기판 위에 남아 있는 납땜 잔사의 양이 줄어들게 되어서 세정의 필요성이 없어지게 된다. Flux 내의 고형분이 작기 때문에 기판위에 flux를 적절하게 도포하는 것이 매우 중요

하며 따라서 납땜 접합부가 적절하게 유지되어야 하고 외관 또는 중요하다. 충분한 flux를 사용하여 납땜접합부가 잘 유지되도록 해야 한다. 그러나 지나치게 많이 사용하면 결과적으로 잔사의 양이 많아지고 따라서 검사할 때나 외관상 보기가 좋지 않다. 이러한 이유 때문에 종래의 foam 또는 wave flux의 도포 방법은 기판위에 과도한 잔사가 남아 있을 수 있기 때문에 바람직하지 않다. 그러므로 저고형분 flux를 사용하는 경우에는 다른 flux 도포 방법을 이용한다. 분무 fluxer는 flux의 양과 방식을 제일 잘 조절할 수 있기 때문에 현재 인기가 있다.

(2) 고고형분 무세정 flux

고고형분 무세정 flux는 본질적으로 저고형분 flux와 비슷하지만 고형분의 양이 15~40%이다. 이 flux는 유럽에서는 수년간 이용되어 왔지만 미국에서는 외관상 좋지 않기 때문에 널리 이용되지 못했다. 기판에 남아있는 flux 잔사의 농도가 높아지면 과도하게 접합되거나 전기적인 문제 및 미관을 해치게 된다. 그러나 이러한 다량의 잔사는 부식성분의 활성을 약화시켜서 장기적인 부식문제를 해결하는데 도움을 줄 수 있다.

2) 무세정 solder paste

Reflow soldering 공정에서 무세정으로 바꾸는 가장 간단한 방법은 기존의 RMA paste를 계속 사용하고 단지 세정공정만을 제거하는 것이다. 이러한 방식으로 만족할 만한 결과를 얻지 못하면 저잔사 무세정 solder paste로 바꾸어야 한다. 이 paste를 사용하면

reflow공정 후에 육안으로 구분하기 어려운 정도의 미소한 잔사가 남게 된다.

3) 조절된 분위기에서 납땜

대부분의 경우 공기 중에서 무세정공정으로 우수한 납땜결과를 얻을 수 있다. 그러나 조절된 분위기 하에서 납땜은 납땜접합부를 우수하게 하고 접촉불량을 감소시켜서 수율이 좋아지고 잔사가 적어져서 외관이 미려하고 납땜찌꺼기가 훨씬 줄어들어 폐기물이 작아지는 장점이 있다. 이러한 방식의 납땜 공정에서는 비활성 기체인 질소를 납땜장치로 펌프 하여서 납땜시의 산소농도를 줄인다. 조절된 분위기 하에서의 납땜은 flux의 사용량을 줄여서 결과적으로 잔사를 줄여서 세정공정을 없애지게 한다. 현재 미국 특허화 된 이러한 방식은 다음과 같다.

- Patent 5121875 : 비활성 분위기 하에서 wave soldering
- Patent 4821947 : Flux가 없는 soldering
- Patent 5071058 : 납땜공정에서 산소의 조절
- Patent 4823680 : Laminar 확산기외에 몇 가지 특허가 있다.

이러한 방식으로 바꾼 결과 납땜공정에서 몇 가지 변화가 생겼다. Wave soldering에서는 충분히 낮은 산소농도가 납땜장치에서 유지된다면 flux의 사용이 필요없게 되었다. 이러한 방식에 의한 장점은 이 밖에도 납땜의 접촉성을 좋게 한다.

6. 무세정 공정

무세정 납땜공정으로 바꾸게 되면 세정공정이 없어지게 되고 wave soldering에서 flux를 도포시키는 방법이 바뀌게 되고 flux 또는 paste의 조성이 바뀌고 조절된 분위기에서 납땜을 해야 하는 등 공정상의 변화가 생긴다. 이 중에서 바뀐 부분은 각기의 제조공정마다 차이가 있다. 이러한 경우에 wave soldering과 reflow soldering에서 바뀐 부분에 대해서 알아보기로 한다.

무세정 납땜공정으로 바꾸게 되면 세정공정이 없어지게 되고 wave soldering에서 flux를 도포시키는 방법이 바뀌게 되고 flux 또는 paste의 조성이 바뀌고 조절된 분위기에서 납땜을 해야 하는 등 공정상의 변화가 생긴다.

1) 무세정 wave soldering

기존의 wave soldering 작업은 이동식 납땜장치와 세정기로 구성되어 있다. 무세정 납땜공정에서는 이동식 납땜장치만이 필요하다. 이러한 장치는 크기는 다양하지만 기본적인 작동은 거의 같다. 무세정 wave soldering 공정으로 변환하기 위해서 고려해야 할 사항은 flux의 선정, flux를 도포 시키는 방법, 공정 순서 등이다. 무세정공정을 무리 없이 사용하기 위한 공정을 상세하게 설명하기로 한다.

(1) 공기 중에서의 납땜

공기 중에서 세정을 하지 않는 wave soldering은 다양한 방법으로 할 수 있다. 우선 생각할 수 있는 방법은 종래의 flux를 사용하고 단지 세정공정을 거치지 않는 것이다. 이는 가장 간단한 방법으로 무세정공정에 대한 투자를 하기 전에 해 검사해야 할 방법이다. 대부분의 경우에서 그러한 실험결과는 잔사가 과도하게 남아서 문제가 된다. 따라서 무세정 공정으로 하기 위해서는 공정 변화가 이루어져야 한다. 다음 단계는 flux 조성을 바꾸거나 flux를 도포 시키는 방법을 바꾸는 것이다. Flux 조성을 바꾼다는 것은 저고형분 무세정 또는 고고형분 무세정 또는 고고형분 무세정 flux를 사용하는 것으로 다양한 종류의 조성을 가진 flux가 현재 시판 중이어서 사용자는 자신의 장치에 적합한 flux를 선정할 수 있다. Flux를 도포 시키는 방법을 변환시키는 것은 기존 장비를 개조하거나 새로운 fluxer를 설치하는 것이다. 무세정 공정에서 성능이 입증된 방법으로는 foam, wave, spray 방식이 있다. 각기의 방식에 대한 간단한 설명은 다음과 같다.

- Foam fluxing : 전자산업에서 flux의 도포에 가장 일반적으로 사용하는 방법으로 flux를 기포 상태로 하기 위하여 공기를 flux 조에 있는 다수의 다공성 물질에 통과시킨다. 그후에 PCB가 flux 거품 위를 지나감에 따라 flux가 기판에 접촉하게 된다. 안전상 공기 대신에 질소를 사용하기도 한다. 이 방법의 장점은 현재 널리 사용되고 있고 안전하며 가격이 비교적

저렴하다는 점이다. 그러나 flux를 PCB에 도포 시키는 양을 조절하기 힘들다. 또한 기관의 상단부에 flux가 도포될 수 있어서 무세정 공정에서는 결과적으로 많은 양의 잔사가 남게 되어서 외관이나 성능에 문제가 될 수 있다.

— Wave fluxing : PCB가 flux의 물결을 지나가기 때문에 wave soldering과 wave fluxing은 유사하다. Wave fluxing은 다양하기 때문에 대부분의 액상 flux에 대해서 사용할 수 있다. Foam flux 방법과 마찬가지로 wave fluxing에서는 도포 시킬 flux의 양이나 기관위에 flux가 입힐 가능성을 조절하기 곤란하다. 적절한 물결높이를 유지시키는 방법으로 flux의 양을 조절한다. 요사이 개발된 fluxing 장치는 flux의 양을 조절할 수 있다.

— Spray fluxing : 위에서 언급한 foam 또는 wave fluxing은 무세정 wave soldering에서는 flux의 양이 과도하게 PCB에 입힌다는 단점으로 인해서 일부 경우에는 거의 사용되지 않는다. 대신에 spary fluxing을 선호하는데 이는 미세하게 조절된 입자를 도포하는 방법이다. 이 방법은 flux의 일정한 양을 지속적으로 같은 방식으로 적용할 수 있어서 flux의 소모를 크게 줄일 수 있다. 일관성을 유지할 뿐만 아니라 spray fluxer는 flux의 도포되는 양을 일정하고 쉽게 조절할 수 있다. 최근에 새로운 spary fluxer가 시장에 선을 보였는데 flux 분사부가 기관 밑에서 신속하게 움직임에 따라 미세한 구멍에서 flux가 분사되는 형태이다. 이 장비는 단

위 in²당 600 μ g이상 도포 시킬 수 있다. 게다가 이 장비는 개발과 시험 중에 먼지 등이 막힘으로 인한 고장이 없었다. 모든 flux 도포 장치가 안전에 유의하여 설계되고 있지만 특히 spary fluxer는 다량의 가연성의 용매를 포함한 flux를 사용하기 때문에 화재방지 또는 flux 증기와 관련된 냄새 등에 대한 특별한 안전 대책이 필요하다. 가연성과 증기 노출의 위험성은 foam 또는 wave fluxer보다 spary fluxer가 더 심각하다. 따라서 spary fluxer는 충분히 화재 조절 장치가 구비되고 환기가 잘 된 지

모든 flux 도포 장치가 안전에 유의하여 설계되고 있지만 특히 spary fluxer는 다량의 가연성의 용매를 포함한 flux를 사용하기 때문에 화재방지 또는 flux 증기와 관련된 냄새 등에 대한 특별한 안전 대책이 필요하다.

역에 설치해야 한다. 납땜장치에 있는 fluxing부는 다른 spary 노출을 대체할 수 있다.

Flux가 위의 방식에 의하여 도포 되면 PCB는 wave soldering 장치의 예열부로 이송된다. 기관의 예열은 납땜공정에서 다음과 같은 기능을 하기 때문에 중요하다.

- (1) 기관 또는 부품에 손상을 줄 수 있는 열적 충격의 위험성을 줄일 수 있다.
- (2) Flux의 휘발성분을 제거한다.
- (3) Flux내에 있는 물질을 활

성시킨다.

(4) 기관에 있는 산화막을 제거한다.

무세정 flux에는 휘발성분이 많이 있기 때문에 특정한 예열온도와 납납의 접촉각은 flux의 활성화와 납땜접합부가 잘 형성되는데 매우 중요하다. 기관을 너무 낮은 온도로 유지하거나 과열시키면 flux가 활성이 되지 않거나 화재의 위험성이 있기 때문에 적절한 온도를 유지해야 한다.

(2) 기존 장치의 개조

공기 중에서의 납땜을 하면 때때로 최상의 품질, 가장 바람직한 외관, 허용될만한 폐기물 등을 기대하기가 어렵다. 따라서 조절된 분위기 하에서 납땜을 행한다. 대부분의 경우에서 기존의 wave soldering 장치를 조절된 분위기 하에서 납땜장치로 개조하는 것이 가능하다. 장치변환을 하기 위해서는 기존 wave soldering 장치에 후드를 설치하여 장치 내에서 산소 농도를 조절해야 한다. 후드는 장치의 일부를 밀폐하여 펌프로 질소를 들여와서 산소를 대체한다. 현재 최소한 두 업체가 이러한 개조 설비를 제공하고 있다. 납땜부 위에만 설치된 후드를 이용하여 조절된 분위기로 만드는 것이 간단한 개조 방법이다. 경제적인데 비해서 기체의 사용이 비효율적이다. 다른 개조방법은 납땜부와 예열부에 후드를 설치하는 것이다. 이 방법으로 하면 산소 농도가 낮아져서 이전 방법보다 질소의 사용량이 줄어들게 된다. 후드의 크기로 인해서 납땜 장치 제조업자가 주로하며 납땜장치를 제조업자에게 보내서 후드 설치 작업을 해야하는 불편한

점이 있다.

(3) 조절된 분위기에서 사용하는 새로운 장치의 선택

특별히 제작된 세가지 형태의 장치가 무세정 납땜공정에서 현재 시판중이다. 첫번째는 개방된 터널식의 장치로서 조절된 분위기 하에서 기관이 연속적으로 납땜이 되도록 하는 것이다. 두번째는 밀폐된 통로를 가진 납땜장치에서 납땜부에서는 산소의 농도를 매우 낮추고 기관을 연속적으로 지나가도록 하는 것이다. 세번째는 부분적으로 밀폐된 통로에 질소를 주입하여 산소의 농도를 낮추는 방법이다. 이러한 장치들은 기계적인 설계에서 차이가 매우 크다.

— Open-tunnel : 이 장치에서는 입구에서 예열부까지, 납땜부의 출구에서 질소를 포집하고 장치내부로 들어가는 산소의 유입을 방지하기 위해서 커튼을 설치하였다. 그러나 이러한 커튼들이 터널내에서 충분히 질소를 포집하기 힘들기 때문에 open-tunnel 방식의 납땜장치에서는 많은 양의 질소가 필요하다. 밀폐된 장치보다 질소의 소모량이 크지만 대량의 피세정물을 연속적으로 처리할 수 있기 때문에

많이 이용되고 있다.

— Sealed-tunnel : 예열부와 납땜부에서 산소의 농도를 엄격하게 조절해야 하는 작업에서는 현재 세계시장에서 밀폐된 형태의 wave solering 장치가 선보이고 있다. 입구에서 조절된 방과출구까지는 진공으로 되어있다. 피세정물이 진공실로 들어가고 내부에 있는 모든 산소는 제거된다. 그후에 펌프로서 실내부를 질소를 채우고 실을 열어서 피세정물이 예열부로 들어간다. 피세정물이 납땜부를 지나

세계시장에서 밀폐된

형태의 wave solering

장치가 선보이고 있다.

입구에서 조절된 방과출구까지는

진공으로 되어있다. 피세정물이

진공실로 들어가고 내부에 있는

모든 산소는 제거된다.

간 후에 출구 진공실로 들어간다. 피세정물이 밖으로 내보내기 전에

출구 진공실로 부터 질소를 제거한다. 이렇게 진공을 유지함으로써 산소가 내부로 유입되지 못하게 하여 장치내부의 대기를 조절한다. 그러나 이 방식의 큰 단점은 이전 장비에 비해서 생산성이 낮은 것이다.

2) 무세정 Reflow solering

기존에 RMA paste를 사용하는 reflow solering을 무세정 공정으로 변환시키기 위한 가장 간단한 방법은 납땜공정을 그대로 놔두고 납땜후 세척단계를 생략하는 것이고 stencil은 IPA 또는 준수계 세정제를 사용한다. 그러나 이러한 방법이 제품의 질에 영향을 미칠 수 있기 때문에 저잔사 무세정 납땜 paster를 사용하는 것이 바람직하다. Wave soldering에서 처럼 조절된 납땜 분위기 하에서 납땜을 하여 추가적인 외관상의 청결함까지 유지하게 된다. 저잔사 paste를 기존장치에 적용하려면 조절된 분위기 하에서 납땜을 하기 위하여 reflow oven을 개조하거나 특수하게 제작된 오븐을 설치하여야 한다.

**세계속의 한국은
세계속의 기술로부터**