

기판의 건조시간에 따른 Solderability에 관한 연구

신규현* · 최명기* · 정재필** · 서창제*

*성균관대학교 신소재공학과, **서울시립대학교 재료공학과

A Study on Solderability by Lasting time of PCB in Pre-Baking

G. H. Sin*, M. K. Choi*, J. P. Jung**, C. J. Shur*

*Dep. of Metallurgical Engineering, Sungkyunkwan University

**Dep. of Materials Engineering, University of Seoul

(1999년 2월 6일 접수, 1999년 3월 25일 게재승인)

초 록 : 초 록 : 본 연구에서는 솔더링(soldering) 공정 전, 기판의 최적의 건조 시간과 PCB기판에 묻은 수분이 솔더링에 미치는 영향에 대하여 조사하고자 하였다. 실험결과, 솔더링 중 건조시간이 증가할수록 솔더링성(solderability)이 향상됨을 알 수 있었다. 즉, 건조된 시편이 핵심한 시편에 비해 젖음 시간(wetting time)이 약 0.2초 짧고 젖음력(wetting force)이 2~4mN증가되었다. 338K에서 30분 이상 건조시켰을 때 최소 미납 결함과 리드와 기판의 최고 인장강도가 얻어졌다. 또, 건조시간을 45분 까지 증가시킬 때, 건조시간 증가에 따라 솔더볼 발생 양이 감소하였다.

Abstract : This paper investigated optimum drying time of PCB and the relationship between humidity in PCB and solderability. As experimental results, soldering was improved with increasing drying time. The wetting time of a dry specimen was shorter about 0.2 seconds than that of a wet specimen. The wetting force was increased by 2~4mN after drying the wet specimen. When PCB was dried over 30 minute, solder defects and tensile strength of soldered joints was optimized. Effects of drying time of PCB on the soldering, wetting curve, soldered shape, solder ball, and tensile strength, were investigated.

1. 서 론

최근 전자기기의 소형화, 경량화, 고기능화 추세가 급속히 진행되고 있으며, 이에 따른 기술 개발 역시 급진전하고 있어 적기의 신기술 개발이 절실히 요구되고 있다. 특히 미세 접합(micro joining) 기술인 솔더링의 기술 진보는 전기·전자·통신 기기의 발전에 크게 기여하였다. 따라서 전자기기의 발전과 경쟁력을 지속적으로 확보하기 위해서는 솔더링 기술을 지속적으로 개발·응용할 필요가 있다^{1)~3)}.

솔더링의 접합대상이 되는 리드나 기판의 패드는 보관중 수분과 먼지 등의 오염물에 의해 문제가 발생 할 수 있다. 오염된 기판으로 솔더링을 수행 하면 솔더링성(solderability)의 저하로 인하여 제품의 문제를 발생시킬 수 있다. 특히, 고온·다습한 여름철에는 기판의 부식 및 산화, 수분으로 인한 오염이 더 문제시 될 것이다⁴⁾.

본 연구에서는 솔더링성에 미치는 PCB(Printed Circuit Board)와 수분의 영향을 규명하고자 하였다. 시편을 실제로 여름철에 발생될 수 있는 높은 습도, 일정한 온도 분위기에서 유지시킨 후, 충분히 건조한 시편과 전혀 건조하지 않은 시편 각각에 대해 젖음성 실험을 하였다. 그리고 높은 습도에서 방치한 PCB에 대해 건조 시간에 따른 솔더링성의 변화를 관찰하였다. 건조시간에 따른 PCB기판의 솔더링성은, 솔더링 공정중의 결함으로 알려져 있는 미납 발생률과 솔더볼 발생양, 기계적 평가 방법인 인장시험을 통하여 평가하였다.

2. 실험방법

2.1 젖음성 실험

젖음성 측정용 시편은 동판을 IPC(The Institute for Interconnecting and Packaging Electronic Circuits Standard)-TM-650규격에 근거하

여 $30 \times 7 \times 0.1t$ (mm)의 크기로 제작한 뒤 #1200 까지 연마한 뒤 세척하였다. 시편을 온도 298K, 습도 $83 \pm 5\%$ 의 항온·항습 장치에 3일간 유지시킨 후, 338K에서 건조시간을 변화시켜 가며 젖음성 실험을 하였다. 젖음성 실험의 측정방법은 메니스 코프법(meniscograph)을 이용하였다. 본 실험에 이용한 메니스코프법의 개략도와 젖음 곡선(wetting curve)을 각각 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다.^{5)~7)}.

젖음성 실험조건은 솔더(solder)는 Sn-37wt% Pb공정합금, 솔더배쓰(solder bath)의 온도는 523K, 침적시간은 5sec, 침적깊이는 2mm, 침적속도는 10mm/sec로 하였다.

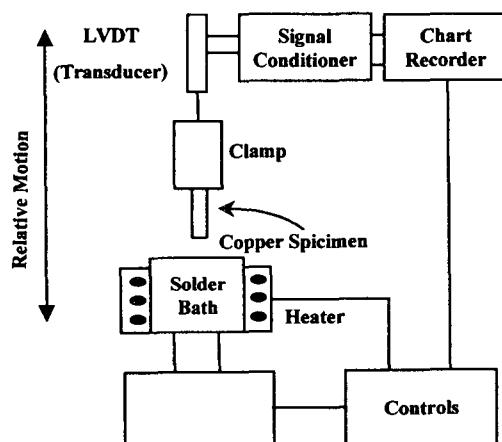


Fig. 1 Illustration for wetting balance curve

2.2 솔더링 실험

본 실험에서는 실제로 생산 line에서 사용되고 있는 플로 솔더링 머신을 사용하였고 솔더의 조성은 Sn-37wt%Pb 공정합금을 사용하였다. 솔더배

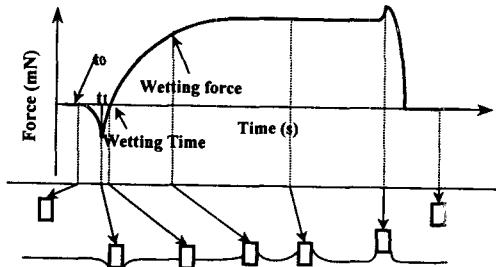


Fig. 2 Wetting balance tester

쓰(solder bath)의 온도는 솔더링 공정중 일반적으로 사용되는 513, 523, 533K로 하였다. 시편으로 사용한 PCB는 에폭시 계열의 FR-4를 사용하였고, 리드는 Cu에 Sn이 도금된 직경 0.7mm것을 사용하였다. 실험에 사용한 flux는 고형분 3.3%인 R-type 저잔사 flux(α -metal RF800NS)이다. PCB는 젖음성 실험과 같은 온도, 습도 조건에서 3 일간 유지시킨 후, 338K에서 0~50분 범위에서 변화시키면서 건조한 뒤 솔더링하였다. 솔더링 조건은 Table 1에 나타낸 바와 같다.

2.3 솔더링 결합 측정

미납결합은 건조시간을 변화시킨 PCB에 14개의 부품을 꽂아 솔더링한 후에, 미납이 발생된 필렛의 개수를 조사하여 발생률을 측정하였다.

솔더볼결합은 80×110 (mm) 크기의 PCB에 대해, 건조시간을 변화시켜가며, 웨이브 솔더링한 후, 생성된 솔더볼의 무게를 집적하여, 전자 저울로 측정하였다.

2.4 인장 시험

본 실험에 사용된 Micro tensile tester의 개략

Table 1. The experiment conditions for wave soldering machine

Solder	Sn-37wt%Pb
Temperature of Solder bath	513, 523, 533K
Rail angle	5°
Wave height	8 mm
Conveyor speed	1.0 m/min
Preheating temperature	383 K

도를 Fig. 3에 나타내었다. 인장시험은 PCB를 고정시킨 상태에서 기판에 수직으로 하중을 가하였으며, 하중속도는 1in/min으로 하였다. 인장강도는 6개 시편에 대해 측정한 인장강도값의 평균값으로 하였다.

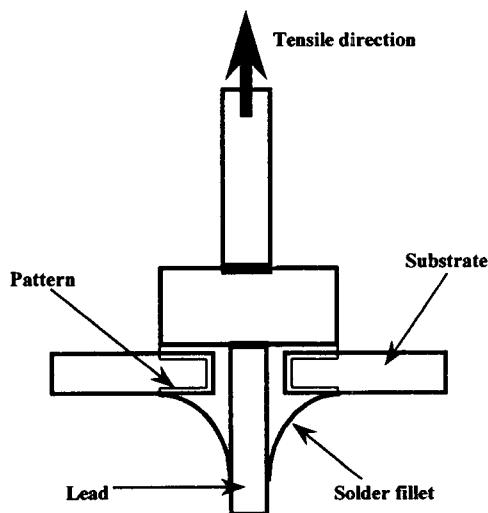


Fig. 3 Illustration for method of tensile test

3. 실험결과 및 고찰

3.1 젖음성 실험

젖음성 실험에 중요한 인자로서 젖음시간(wetting time)과 젖음력(wetting force)이 있다. 젖음시간(t_2)은 솔더가 시편에 담겨지면서부터, 시편과 접한 솔더표면이 수평으로 되는 시간이며 젖음력은 솔더와 시편간의 부착력을 말한다. 젖음시간은 부력과 용융솔더의 표면 장력이 평형상태가 되는 것으로 젖음성을 결정하는 중요한 인자이다⁸⁾.

온도 298K, 습도 $83 \pm 5\%$ 의 분위기에서 유지한 Cu시편을 338K에서 30분 동안 건조한 것과 건조하지 않은 것에 대한 젖음성 시험결과를 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4에서 보는 바와 같이 건조한 시편의 젖음력은 건조하지 않은 시편보다 약 2~4mN 정도 더 커졌으며, 젖음시간도 약 0.2초 가량 감소했음을 확인할 수 있다. 이에 대한 원인은 아직 명확히 밝히

지 못하였으나, 시편에 묻은 수분이 솔더의 젖음력을 저하시켰을 것으로 판단된다.

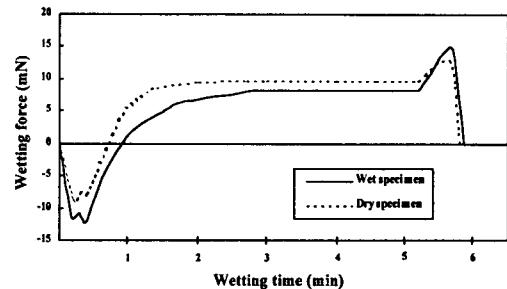


Fig. 4 Comparison of wetting balance curves between wet and dry specimen

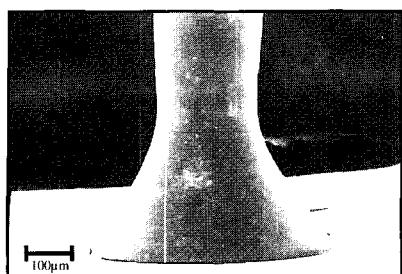
3.2 솔더링 결함

Fig. 5는 본 실험에서 관찰된 솔더 접합부의 필렛형상과 솔더볼의 주사전자현미경(SEM) 및 광학현미경(OM)으로 촬영한 사진이다. Fig. 5 (a)는 양호한 필렛형상이다. Fig. 5 (b)는 미납결함(poor solder), Fig. 5 (c)는 기판위에 발생한 솔더볼 결함을 보인 것이다.

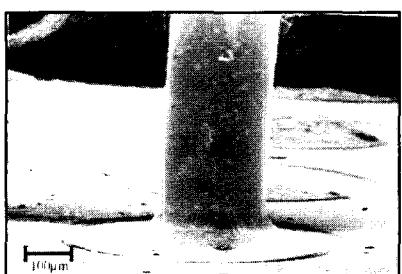
3.2.1 미납 결함

솔더링필렛의 양·불량을 판단하는 간편하고 일반적인 방법으로 육안에 의한 필렛각도 검사 방법이 있다. 이방법을 통해 미납 및 과납결함을 판단하는데, 솔더링된 리드선의 fillet 각도가 40° 이상일 경우는 과납, 20° 이하는 미납으로 구분하여 판정한다⁹⁾. 특히 미납결함은 기판에 고전류가 흐르는 제품이나 내진성(자동차 전장품) 또는 내습성이 요구되는 기판의 신뢰성에 악영향을 미친다¹⁰⁾.

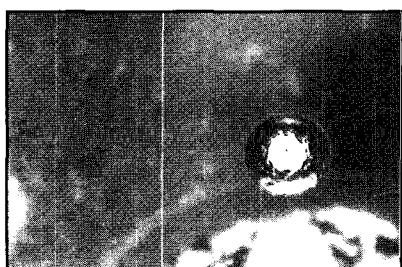
Fig. 6은 전술한 항온·항습 장치에 3일간 유지시킨 PCB에 대해 건조시간을 변화시키면서 솔더 배쓰온도 513, 523, 533K에서 솔더링 할 때 미납 발생률을 측정한 결과이다. 미납 결함은 모든 솔더 배쓰온도 조건에서 건조시간 증가에 따라 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 배쓰온도 513K에서는 건조시간이 10분 이내일 때에는 미납 발생률이 35%이상이었으며, 건조시간이 길어질수록 미납 결함 발생률이 감소하였다. 건조시간이 30분 이상에서는 미납 결함 발생률이 15%로써 더 이상 감소하지 않았으나 건조하기 전보다 결함 발생률이 감소됐음을



(a) Good solder



(b) Poor solder



(c) Solder ball

Fig. 5 Soldered shapes and solder ball observed in this experiment

알 수 있었다. 배쓰온도 523K에서는 건조시간이 10분 이내일 경우, 미납 발생률이 30% 이상 되었으며, 45분 건조시킨 시편에서는 미납이 발생하지 않았다. 배쓰온도 533K에서도 건조시간과 미납 발생률이 반비례하는 경향이 나타났다.

건조가 불충분한 시편에서 미납결함 발생률이 높은 이유는, Fig. 4에 보았듯이 기판에 묻어있는 수분으로 인해 솔더의 젖음력 저하로 인하여 완전한 필렛을 형성하지 못하기 때문이라고 알려진 바 있다¹⁰. Fig. 6으로부터 솔더배쓰온도인 513, 523, 533K일 때, 건조시간 증가에 따라 미납결함이 감소됨을 관찰할 수 있었으며, 수분으로 인한 미납결

함의 발생을 최소화하기 위하여 338K에서 30분 이상의 충분한 건조 공정이 솔더링 전에 시행되어야 할 것으로 판단되어진다.

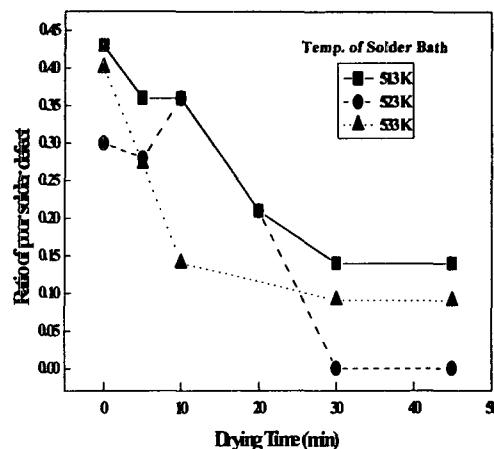


Fig. 6 Relationship between drying time and poor solder defect

3.2.2 솔더볼 결함

Fig. 7은 PCB를 미납결함의 경우와 동일한 조건의 항온·항습장치에 유지시킨 후, 338K에서 건조시간을 변화시킨 시편을 솔더링한 후 솔더볼 발생양을 측정한 결과이다. 전체적으로 시편의 건조시간 증가에 따라 솔더볼 발생양이 감소되었다. 솔더볼은 건조시간이 30분에서도 발생하였다. 그러나 건조시간이 10분 이내로 짧은 경우에 비해서는, 30분의 경우가 솔더볼의 크기와 개수가 전반적으로 작아졌음이 육안으로 확인됐다.

솔더배쓰온도 513K에서는 건조시간과 솔더볼 발생량이 반비례하였으나, 양의 변동은 523, 533K에 비해 상대적으로 적었다. 배쓰온도 523K에서는 30분 동안 건조했을 경우 솔더볼 발생양이 0.005mg이었다. 배쓰온도 533K인 경우, 건조시간이 10분 이내 일 때에 솔더볼 발생양이 0.01mg이상으로 기판에 골고루 퍼져있었으며, 건조시간이 증가하여 30분 이상일 경우에는 솔더볼 발생양이 0.005mg로 감소되었다. 솔더볼의 발생기구는 기판이 솔더링 될 때, 잔존하는 수분이 가열되어 수증기로 변하면서 팽창하면서 솔더를 비산시켜 솔더볼을 만드는 것이다. 종래에는 솔더링 공정 후 CFC

(chloro fluoro carbon)를 이용한 세척 공정이 있어서, 솔더볼 등의 결합이나 오염물이 기판표면에서 씻겨 나갔으나, 최근에는 환경오염의 문제와 생산비 절감을 위해서 무세척 플러스를 사용하여 세척공정을 생략하는 경우가 많아졌다¹²⁾. 따라서, 이러한 경우에는 솔더볼의 제거 기회가 적어져서 회로의 단락 등 커다란 문제를 야기할 수 있다¹³⁾.

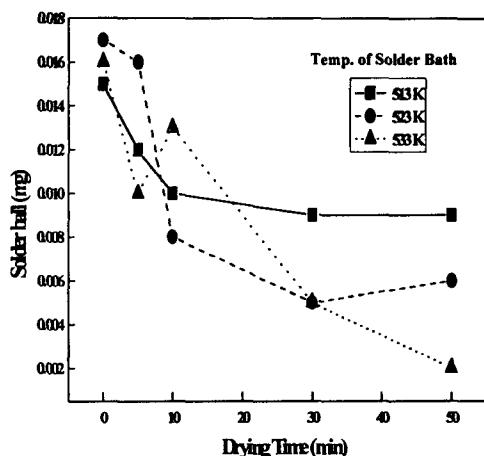


Fig. 7 Relationship between drying time and solder ball

3.3 인장강도 변화

Fig. 8은 기판을 미납 실험과 동일한 조건의 항온·항습장치에서 유지 및 건조시킨 후, 솔더링한 부품의 인장강도를 측정한 것이다. 건조시간이 증가할수록 인장강도가 증가함을 알 수 있었다.

배쓰온도 513K에서 최대인장강도값과 최소인장강도값의 차이는 22N으로 배쓰온도 523, 533K보다 큰 차이가 나타났다. 15분 이상 기판을 건조한 경우에 138N정도의 가장 높은 인장강도를 보였다. 배쓰온도 523K에서 건조시간에 따른 인장강도는 건조시간 10분까지는 증가하였으나, 10분 이후에는 거의 일정한 값을 나타냈다. 배쓰온도 533K에서 PCB기판을 건조없이 솔더링 했을 경우의 인장강도는 122N이었으며, 45분 건조했을 경우는 132N이었다. 건조시간이 10분 이내일 경우와 건조시간 30분 이상일 경우의 인장강도는 많은 차이를 보이지 않았지만, 건조시간에 따라 인장강도가 증가하였다.

인장강도는 PCB와 리드와의 젖음력과 밀접한

관계를 가지고 있는데, 젖음력이 증가하면 솔더가 PCB 및 리드에 젖는 면적이 증가하여 인장강도를 향상시키는 것으로 사료된다. Fig. 4의 젖음성 곡선으로부터, 건조된 시편의 젖음력이 습기를 포함한 시편에 비해 높은 젖음력을 갖는 것은 이를 뒷받침한다고 볼 수 있을 것이다. 수분에 의한 젖음력 감소 원인으로 다음과 같은 것을 고려할 수 있다. 즉, 수분에 노출된 기판은 솔더링 공정중에 373K이상의 온도 예열구간을 지난다. 이때 기판에 묻어있던 수분은 순간적으로 기화되는 중에 산소가 발생한다. 산소는 기판의 Cu패드 위에 도금된 Sn과 반응하여 SnO계 산화물을 표면에 생성시킨다¹⁴⁾. 산화물이 젖음력에 좋지 않은 영향을 미침은 널리 알려져 있다. 물론 플러스에 의하여 산화물이 제거되나 저잔사 플러스는 기존의 세정용 플러스에 비하여 산화물 제거능력이 떨어짐으로 완전한 산화물제거가 이루어지지 않는다¹⁵⁾. 따라서, 수분으로 인한 산화물발생을 최소화하기 위하여 충분한 건조공정을 거친 후 솔더링 해야할 것으로 사료된다.

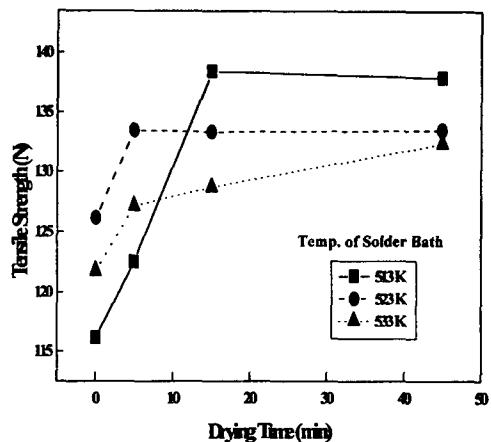


Fig. 8 Relationship between drying time and tensile strength

4. 결 론

Cu젖음성 시편 및 리드 부품을 습도 $83 \pm 5\%$, 온도 298K에서 유지시킨 후, 건조시간을 변화시킨 시편에 대해 젖음성 실험 및 솔더링성 실험을 행하였다. 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 젖음성 실험을 통해 젖음력은 건조한 시편이 건조하지 않은 시편보다 2~4mN 높았으며, 젖음 시간은 약 0.2초 째아졌다.
2. 513, 523, 533K 솔더배쓰온도에서 솔더링 할 때, PCB의 건조시간이 길어질수록 미납결함이 감소되었으며, 특히 건조온도 338K, 솔더배쓰 온도 523K에서는 30분 이상 건조하면 미납이 발생되지 않았다.
3. 솔더볼 발생양도 건조시간이 길어질수록 감소하였으며, 30분 이상의 충분한 건조를 통하여 솔더볼을 최소화하였다.
4. 인장강도도 건조시간에 따라 향상되었으며, 납 조온도 513K에서 10분 이상 건조한 경우 약 138N의 최고 인장강도를 얻었다.

참고 문헌

1. 황선호, 서창제, 정재필, 신영의, “N2 무세정 wave soldering system 개발”, 통상산업부 연구보고서, 1997
2. Pault T. Vianco, “The Present Triumphs and Future Problems with Wave Soldering”, Welding Journal, 10 (1993) pp. 39-44
3. D.A. Elliott, “Wave Soldering Concerns for Surface Mount Assemblies”, Circuit world Vol. 15 No. 4, 1989 pp.25-27
4. 김기태, “옥내 대기 부식에 의한 IC lead frame의 부식 손상”, 한국부식학회지, Vol. 26, No. 2, 1997, 3, pp.141
5. 標準マイクロソルダリング技術, 日刊工業新聞社, pp.96~ 105
6. Kwoka, M.A. Mullenix, P.D, “The association of solderability testing with board level soldering performance automatic optical inspection”, 40th Electronic Components and Technology Conference New York, IEEE, 1990, pp.498~500
7. 川口黄之輔, 小嶋光夫, 前園明一, 長居 浩, “ハンダ付け 濡れ速度実験機の研究開発”, までりあ, 第 34 卷, 第 4 号, 1995, pp.498~500
8. 日本溶接學會: 標準マイクロソルダリこづ技術, 日刊工業新聞社, 1992, pp.24
9. 佐左木, “はんだ付性の評價法と實驗装置ジョイティック”, 1990, pp.34~42
10. 竹本 正, “はんだ付”, 第1回 溶接技術, 1988. 8, pp.100~108
11. 木村昌博, “フィレットアップフロ-ソルダリングマシン: Fillet up Flow Soldering Machine”, 3rd Symposium on “Microjoining and Assembly Technology in Electronics” 1997. 7, pp.231-236
12. 川勝一付, “無洗淨はんだ付技術の現況とクリーソルダリング”, 電子材料, 1991. 12, pp. 62~68
13. Bob Willis, “웨이브 및 리플로우 공정의 땜납 불 형성 방지”, Electronics Engineer, 1998, 12, pp.76~78
14. U. Ray etc “Influence of Temperature and Humidity on the Wettability of Immersion Tin Coated Printed Wiring Boards”, Transactions on Components and Manufacturing Technology, IEEE, Vol. 18, 1995, 3, pp.153~161
15. 김종호, “무세정 솔더접합부의 결합 및 젖음력에 관한 연구”, 성균관대학교, 1998, 2