

저잔사 플럭스를 사용한 플로 솔더링부의 인장특성 연구

장인철* · 최명기** · 신영의*** · 정재필**** · 서창제**

A Study on the tensile strength of flow-soldered joint using low residue flux

I.C.Jang*, M.K.Choi**, Y.E.Shin***, J.P.Jung**** and C.J.Shur**

Key words : Flow soldering(플로우 솔더링), Low-residue flux(저잔사 플럭스), Preheating temperature(예열 온도), Conveyor speed(이송속도), Tensile strength (인장강도)

Abstract

Through-hole PCB(Printed Circuit Board) was soldered by flow soldering process using cleaning or noncleaning fluxes. Preheating temperature and conveyor speed were changed in the range of 323~413K and 0.3~2m/min respectively. The soldered joints were tensile tested in order to evaluate bonding strength. As experimental results, relatively high tensile fracture load, 120~140N, were obtained in case of preheating temperature of 383K, and conveyor speed was 0.6~1.0m/min. Fractured surfaces of higher tensile strength show some dimple area, while those of lower tensile fracture load show brittle fracture.

1. 서 론

플로우 솔더링(flow soldering)은 텔레비전, 비디오 등의 가전 제품의 기판과 소자 접속에 가장 널리 쓰이고 있는 전자부품 접합의 중요한 방법들 중 하나이다^{1,2)}. 국내에서 플로우 솔더링은 그 활용도와 역할이 지대함에도 불구하고, 이에 관한 기초연구는 미진한 것이 국내의 현실이다^{3~5)}.

일반적인 솔더링의 접합대상이 되는 리드나 기판의 패드 표면은 주로 산화물이 존재하기 때문에, 이를 제거하여 양호한 솔더 접합부를 만들기 위해 플럭스를 사

용하고 있다. 플럭스는 솔더링 공정 중, 금속 모재 표면의 산화물을 제거하고 솔더 필렛의 재산화를 방지하며 열전도의 보조 작용을 한다.⁶⁾ 그러나 솔더링 후에 기판에 남는 플럭스의 잔사는 절연성 악화, 부식, 접촉불량 등의 문제점을 야기하는 것으로 알려져 있다.

종래에는 플럭스 잔유물은 CFC (chloro fluoro carbon)로 세정하였다. 1996년부터는 CFC 사용이 국제적으로 규제됨으로서 현재는 알콜계 용제 등을 사용하거나 무세정 경향이 있다.^{7,8)}

무세정화를 위해서는 플럭스의 잔유물이 가능한한 적은 것이 유리하기 때문에 저잔사 플럭스의 개발이 지속적으로 진행되고 있다. 저잔사 무세정 플럭스는 세정

* 1998년 7월 7일 접수

* 비회원, 중앙대학교 기계설계학과

** 정회원, 성균관대학교 금속공학과

*** 정회원, 중앙대학교 기계설계학과

**** 정회원, 서울시립대학교 재료공학과

• 장인철 : tromance@hanmail.net

공정을 피하기 위해 고형분(solids content)의 양이 2~5% 정도로 적게 함유된 플럭스를 말한다.^{9,10)} 국내에서도 저잔사 플럭스를 사용한 기술이 확립될 경우, 공정이 단순해지고 생산비용을 절감시킬 수 있기 때문에, 무세정 솔더링 기술에 관한 연구가 진행되고 있다.

본 연구에서는 세정이 필요한 플럭스와 무세정 플럭스를 사용하여 솔더링부의 인장파단하중과 파면의 형상등을 조사하였다.

2. 실험 방법

2.1 솔더링 재료 및 솔더링 방법

솔더는 Sn-37wt%Pb 공정합금을 사용하였다. 플럭스로는 세정을 요하는 것(플럭스 A)과 세정을 요하지 않는 것(플럭스 B) 두 종류를 사용하였다(Table 1 참조). 플럭스 A는 고형분이 15%이고, 플럭스 B는 고형분이 3.3%인 저잔사계이다. 실험에 사용된 기판은 글래스 에폭시(glass epoxy) 만능기판이고, 사용된 리드는 Fe-42%Ni에 Sn이 도금되었으며, 직경은 0.65mm이다.

Table 1 Physical properties of flux

Type	Specific Gravity(298K)	Solid ConTent(%)	Cleaning method
Flux A	0.814	15%	Solvent/Semiaqueous
Flux B	0.794	3.3%	No clean

플로우 솔더링 조건은 솔더 접합부의 결합에 큰 영향을 준다고 사료되는 기판의 이송속도(conveyor speed)와 예열온도(preheating temperature)를 접합변수로 하였다. 즉 이송속도는 0.3m/min~2.0m/min범위에서, 예열온도는 323~413K범위에서 변화시켰다. 그리고 납조의 온도는 523K, 레일각도는 5°, 웨이브 높이는 8mm로 고정시켜 플로우 솔더링을 실시하였다.

본 실험에서 행한 솔더링 공정을 간략하게 도식화한 그림의 일괄적인 솔더링 공정을 Fig. 1에 나타내었다.

2.2 인장 시험

인장시험 방법은 Fig. 2에 나타낸 바와 같다. 즉, 기판을 고정시킨 상태에서 인장 시험의 하중은 기판에 수직 방향으로 부가하였으며, 하중 부가 속도는 2.5

cm/min이었다. 인장파단하중은 9회 측정된 인장파단하중들의 평균값을 취하였다.

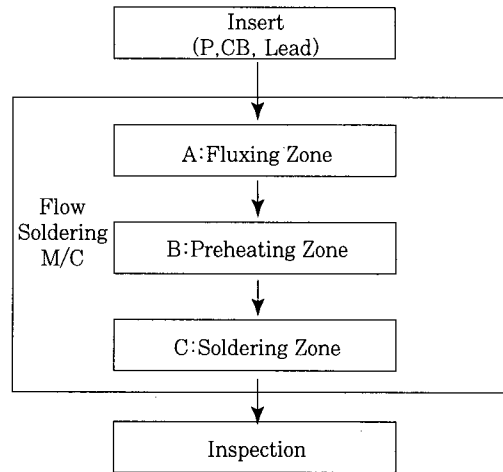


Fig. 1 Flow chart for flow soldering process

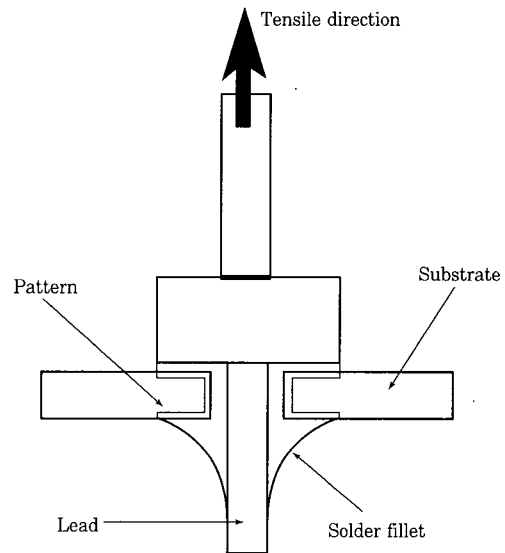


Fig. 2 The method of tensile test

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 예열 온도에 따른 인장파단하중의 변화

플로 솔더링에서, 예열 온도에 따른 솔더 접합부의 인장파단하중 변화를 Fig. 3 및 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 3에서 세정용 플럭스 A를 사용한 경우, 솔더 접합부의 파단하중은 기판의 이송속도(conveyor speed)가 0.6~2m/min일때, 예열 온도 383K 부근에서 최대값을 갖는다. 예열온도가 323K와 413K인 경우에는 이해 비해 상대적으로 감소하는 경향을 보이고 있다. 일반적으로 최적의 플로 솔더링을 위해서는 360~390K의 예열이 필요한 것으로 알려져 있다.¹¹⁾

적절한 예열에 의해 플럭스가 활성화되며, 이에 따라 산화피막이 용이하게 제거되고 솔더의 젖음성이 좋아진다. Fig. 3의 결과에서 예열온도가 383K인 경우, 저온에서 플럭스가 제대로 활성화되지 못한 것으로 보인다. 예열온도가 413K인 경우, 과열에 의해 플럭스가 납조에 도달하기 전에 열화된 것으로 보인다. 이에 의해 플럭스의 산화피막 제거능력이 떨어져서 인장파단하중이 저하된 것으로 사료된다.

Fig. 4에 보인 저잔사, 무세정 플럭스 B를 사용한 경우의 실험결과는 크게 두 가지 경향으로 나눌 수 있다. 이송 속도가 느린 0.6m/min인 접합부는 예열 온도가 높아지면 인장파단하중이 저하되었고, 상대적으로 이송 속도가 빠른 1.0, 1.5, 2.0m/min인 솔더 접합부는 예열 온도가 증가함에 따라 인장파단하중이 함께 증가됨을 볼 수 있었다. 이러한 경향의 원인은 아직 명확히 밝히지 못하였다. 이에 관해서는 금후 추가 연

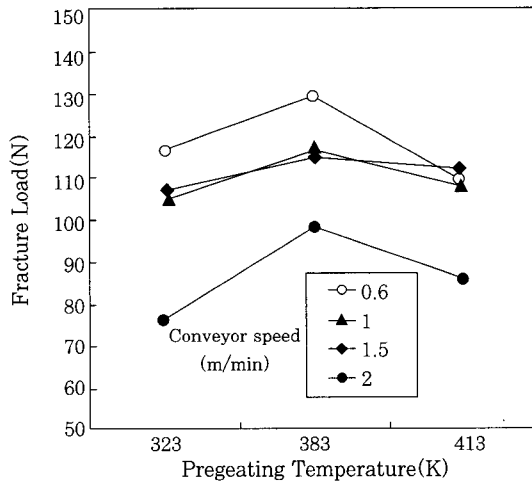


Fig. 3 Relation between preheating temperature and tensile fracture load (flux A)

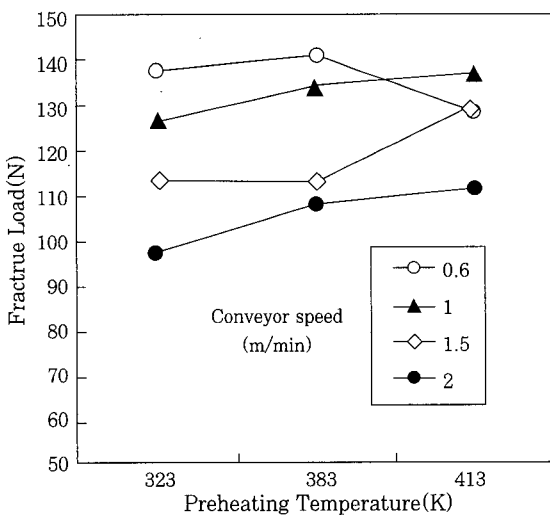


Fig. 4 Relation between preheating temperature and tensile fracture load (flux B)

구를 통해 밝히고자 한다.

3.2 이송 속도에 따른 인장파단하중의 변화

세정용 플럭스 A를 사용한 경우 Fig. 5에서 보듯이, 이송속도 0.6~1.5m/min에서 100N 이상의 비교적 높은 인장파단하중을 얻었다. 무세정 저잔사 플럭스 B(Fig. 6)를 사용한 경우에는, 이송속도 0.6~1m/min에서 125N이상의 높은 파단하중을 얻었다. 기관의 이송속도가 0.3m/min로 지나치게 낮거나, 1.5~2m/min로 높은 경우 상대적으로 낮은 파단하중을 얻었다. 일반적으로 열풍에 의한 리플로우 솔더링의 경우, 이송속도는 0.8~1.0m/min가 적절한 것으로 알려져 있으며¹¹⁾, 플로우 솔더링의 경우도 경험적으로 이송속도는 0.8~1.2m/min가 적절한 것으로 알려져 있다. 솔더링이나 브레이징의 경우, 플럭스가 산화물을 용해하며 제거할 수 있는 시간은 플럭스 도포후 약 30~120초 정도로 알려져 있다.¹²⁾ 본 실험의 경우 이송속도가 0.3m/min일 때, 플럭스 도포후 납조에 도달하기까지 약 200초 이상이 경과되는 것으로 확인되었다. 따라서, 솔더링전에 이미 플럭스가 열화되었을 것으로 판단된다. 이러한 플럭스의 열화가 솔더링성에 영향을 미쳐 인장파단하중이 저하된 것으로 사료된다. 반면 이송속도가 2m/min로 지나치게 큰 경우, 플럭스 도포후 납조까지 도달시간은 5초 정도인 것으로 확인되었다. 이 시간은 산화물을 제거하기에는 시간이 충분치 못하였던 것으로 판단된다. 따라서, 이것이 접합강도 저하에 영향을 미친 것으로 보인다. 3.4절에서 예열 및 이송속도에 따른 인장시편의 파면 형상 차이를 통하여, 예열 및 이송속도가 인장파단하

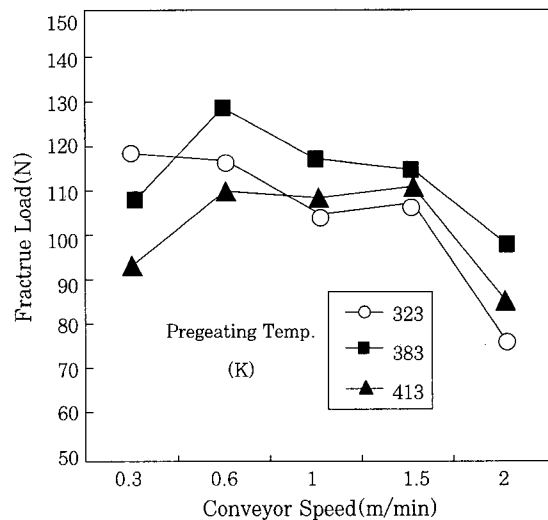


Fig. 5 Relation between conveyor speed and tensile fracture load (flux A)

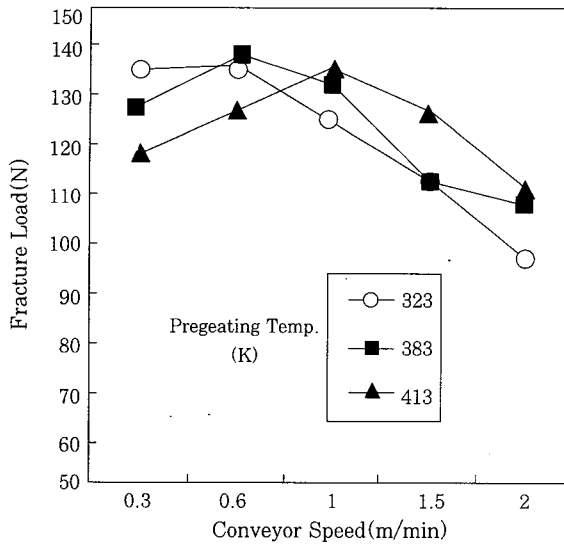


Fig. 6 Relation between conveyor speed and tensile fracture load (flux B)

중에 미친 영향을 좀 더 상세히 살펴보기로 한다.

3.3 슬더 접합부의 인장파단하중 변동폭

인장파단하중 변동폭이란 같은 조건 하에서 접합된 슬더링부의 인장파단하중의 최대치에서 최소치를 뺀 값으로서, 이 변동폭이 작다는 것은 보다 안정된 접합 품질을 얻을 수 있다는 것을 의미한다.

Fig. 7은 플럭스 A와 플럭스 B의 인장파단하중 변동폭을 비교해 본 것이다. 세정용 플럭스 A는 5~40N 정도의 상대적으로 작은 변동폭을 갖는 것에 반해, 저잔사, 무세정 플럭스인 B는 15~55N의 큰 변동폭을 갖는 것을 알 수 있었다. 따라서 저잔사, 무세정 플럭스를 이용한 플로 슬더링의 경우, 기존의 세정을 요하는 플럭스를 이용할 때보다 슬더 접합부의 초기 파단하중의 재현성이 저하될 것으로 판단된다.

3.4 인장시험편의 파단면 관찰

인장시험편의 파면을 조사하기 위하여, 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 리드선이 뿔혀져 나간 표면과 그 파면을 관찰한 결과를 Photo 1에 나타내었다.

Photo 1. a는 예열온도 413K, 이송속도 0.3m/min의 조건으로 접합된 시험편의 파단면이다. 리드에 인접한 곳에 슬더의 젖음 불량량이 보이며, 파면은 취성파괴현상을 나타내고 있다. 이 경우는 전술한 바와 같이 플럭스가 열화되어 접합에 악영향을 미친 것으로 보인다. Photo 1. b는 예열온도 383K, 이송속도 0.6m/min의 조건으로, 리드부분이 대부분 슬더로

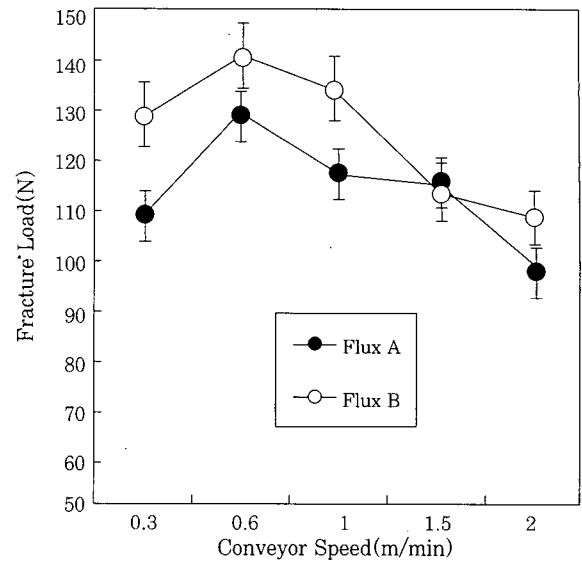


Fig. 7 Relation between conveyor speed and tensile fracture load variation (at 380K)

채워져 있지만 기공(홀 주위에 변형흔적이 없는 것)과 딴플(dimple)파면(홀 주위에 변형흔적이 있는 것)이 보인다. Photo 1. c는 예열온도 383K, 이송속도 1.0m/min로 접합된 시험편의 파면으로, 리드부분에 슬더가 충분히 채워졌으며 Photo 1. b와 같이 파면에 딴플이 일부 관찰되고 있다. Photo 1. d는 예열온도 323K, 이송속도 2.0m/min의 조건으로 접합된 시험편의 파면이다. Photo 1. a와 마찬가지로 기판의 리드부분에 슬더가 충분히 채워지지 않았다는 것을 알 수 있는데, 이것은 전술한 바와 같이 예열온도는 낮은 것에 비해 이송속도가 빠르므로 플럭스가 제대로 활성화되지 못했기 때문이라고 생각된다. 파단면의 형상은 취성파면을 보이고 있다. 이상의 파단면 관찰로부터, 인장파단하중이 상대적으로 높은 접합조건(예: 예열온도 383K, 이송속도 0.6m/min, 1.0m/min)일때 일부 연성파면이 나타나며, 인장파단하중이 낮은 경우 취성 파면이 나타남을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 예열온도, 기판의 이송속도를 접합변수로 하고, 세정용 및 무세정용 플럭스를 사용하여 플로 슬더링을 행하였다. 플로 슬더링부의 접합결과를 평가하기 위해 인장시험을 실시하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 세정용 플럭스를 사용한 경우, 기판예열온도 383K, 이송속도 0.6, 1.0m/min일때 약 120~130N의 인장파단하중을 얻었다.

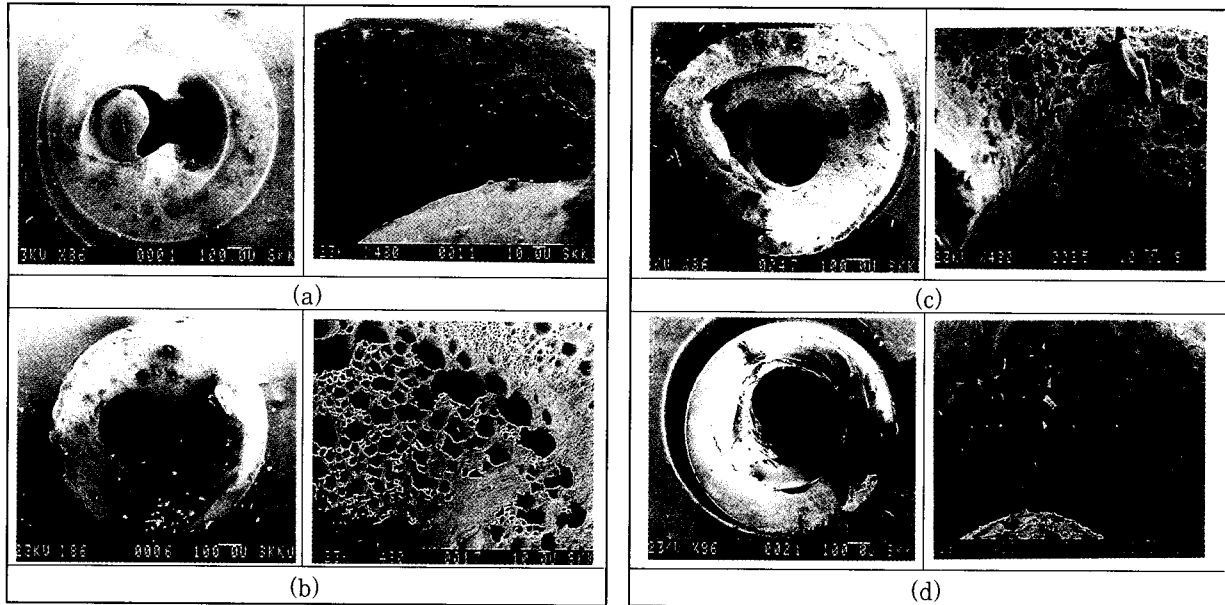


Photo 1. SEM Photos for fractured surface of tensile tested specimen
 (a) 413K, 0.3m/min (b) 383K, 0.6m/min (c) 383K, 1.0m/min (d) 323K, 2.0m/min

2. 무세정용 플럭스를 사용한 경우에는, 예열온도 383K, 기관 이송속도 0.6, 1.0m/min일때 약 135~140N의 인장파단하중을 얻었다.

3. 인장파단하중 변동폭은 세정을 요하는 플럭스의 경우 5~40N, 무세정 플럭스의 경우 15~55N을 나타내었다

4. 인장시편의 파면은 예열온도가 높고 이송속도가 낮은 경우(413K, 0.3m/min)와 예열온도가 낮고 이송속도가 높은 경우(323K, 2.0m/min)의 취성파면으로 나타내었다. 인장파단하중이 상대적으로 높았던 예열온도 323K, 이송속도가 0.6m/min 및 1.0m/min 일때에는 다른 것들과 비교해 보면 파면에 솔더가 잘 채워져 있었다.

후 기

본 연구는 산업자원부의 지원으로 (주)일특엔지니어링과 함께 수행한 공업기술 기반 기술사업의 연구결과 중 일부임을 밝힌다.

참 고 문 헌

1. Pault T. Vianco, "The Present Triumphs and Future Problems with Wave Soldering", *Welding Journal*, 10, (1993), pp. 39-44
2. D. A. Elliott, "Wave Soldering Concerns for Surface Mount Assemblies", *Circuit world*

- Vol. 15 No. 4, (1989), pp. 25-27
3. 황선효, 서창제, 정재필, 신영의, "N₂ 무세정 wave soldering system 개발", 통상산업부 연구보고서, (1997)
4. 최명기, 서창제, 정재필, 신영의, 추계용접학회 발표논문, (1997)
5. 장인철, "저잔사 플럭스를 사용한 웨이브 솔더링에 관한연구", 중앙대 석사학위 논문, (1997)
6. 木村昌博, "フィレットアップフローソルダーングマシン: Fillet up Flow Soldering Machine", 3rd Symposium on "Microjoining and Assembly Technology in Electronics", February 6-7(1997), pp. 231-236
7. 편집부, "무세정 납땜 기술의 동향", *The Electronic Parts & Components Monthly*, 3 (1993), pp.152-155
8. F. G Yost, F. M. Hosking, D. R. Frear "The Mechanics of Solder Alloy Wetting and Spreading" Van Norstrand Reinhold
9. 西村哲郎, "無洗淨フラックスの開発・實用化" *電子技術*, 12 (1989), 別冊 pp. 56-63
10. Les Hymes, "Cleaning Printed Wiring Assemblies in Today's Environment", VAN NOSTRAND REINHOLD
11. 신영의, 정재필 공역, 마이크로 솔더링의 기초, 일본용접협회, (1998), p. 66
12. KWE(Korea Welding Engineer) 교재, Vol. 1, SLV-duitburg & KIMM, (1997), p. 1.22.5