표면실장기술에 있어 설계기준결정에 관한 연구

Determination of Design Criteria Using 3D Solder Joint Configuration in SMT

김성관*, 최동필**, 유중돈**

* 대우자동차

** 한국과학기술원 서울 분원 자동화 및 설계공학과

ABSTRACT To provide better understanding of a solder joint design criteria, mathematical models have been developed to calculate the shape of the solder fillets formed between the pad and lead. The effects of parameters such as solder volume and pad dimensions are described with this model. In this study, a systematic way to determine the design criteria of the SMT from the predicted 3D solder joint profile is proposed. The solder joint profile is calculated using the available 3D FEM code which minimizes the system energy due to the surface tension and gravity. The solder joint profiles of gullwing-type lead such as QFP and SOP are calculated for design parameters, and acceptable ranges are obtained. The result shows that the pad length is the most significant factor compared with the pad width and pad area.

1. 서 론

오늘날 전자 반도체 기술의 급속한 발전은 제한된 크기의 보드에 많은 전자부품을 집적시키는 패키징 기술을 필요로 한다. 표면실장기술(Surface Mount Technology : SMT)은 보드 표면에 전자부품을 직접 접합하는 기술로써, 종래의 Pin-In-Hole(PIH)기술보다 공정 단가, 설계, 생산기술, 품질 등 여러 면에서 장점이 있어 PIH기술을 꾸준히 대체하고 있다. 공정 설계시 피치간의 간격 유지 및 전기적 신호, 기계적 안정성을 도모할 필요가 있게 되었다. 이는 납 접합부에 대한 정확한 형상 예측의 문제로 귀결된다. 종래의 납 접합부 형상에 관한 모델링 중에는 다양한 솔더링 조건하에서 필렛(fillet)형태에 해당하는 2차원 문제에 국한된 해석이 있었다[1-2]. Racz와 Szkely는 에너지 범함수를 최소화시키는 형상을 반복적 수치 과정을 통해 구하였다[3-4]. 최근 Lee 등은 3차원 형상을 2차원 적분형태의 유한요소법으로 모델링 하였다[5].

본 연구에서는 3차원 유한요소의 모델링을 통한 최적의 납 접합부 형상을 구하고[5], 이를 이용하여 SMT 공정에서 타당한 패드 설계 기준을 제안하고자 한다.

2. 납 접합부의 모델링

본 연구에서는 현재 가장 널리 사용되고 있는 Gullwing-type이 대상이다. 모델링을 위하여 아래의 가정을 도입하였다.

(i) 납과 패드(pad) 사이의 간극은 없다.

(ii) 패드에 접하는 칩이나 리드는 수직면을 유지한다.

(iii) 솔더(solder)와 페이스트(paste)의 물성치는 전 영역에 걸쳐 일정하다.

(iv) 솔더와 패드 사이의 접촉각은 90도 보다 작다.

평형 상태의 납 접합부에 작용하는 힘은 표면 장력과 중력이며, 접합부의 에너지는 다음과 같이 표현된다.

$$E_{tot} = \int_S \gamma dA + \int_\Omega \rho g z dV \tag{1}$$

$$V_0 = \int_\Omega dV \tag{2}$$

납접합부의 형상은 식(2)의 volume constraint를 만족시키며 에너지를 최소화함으로써 구

할 수 있다. 3차원 공간상의 절점의 위치를 구하기 위하여 본 연구에서는 높이 함수를 도입하여 2차원 적분 형태로 변환하고, 유한요소로 이산화 시킨다. 최적화 알고리즘을 이용하여 반복적으로 높이 함수의 값을 계산하여 에너지를 최소화하는 수치해를 구하였다.

3. 표면 실장 설계 기준

3.1 기존의 표면 실장 설계 기준

표면 실장에 관한 기존의 설계 기준 및 양/불량 판단 기준을 살펴본 후 이를 본 연구의 설계 기준에 참고하고자 한다. 실장 구성요소의 말단 부분과 패드 사이의 납 접합부 형상으로 그 양/불량 여부를 판단하므로 납으로 젖는 접촉각과 오목한 형상 여부가 판단기준이 된다. 양의 접촉각이면서 오목한 형상을 이룰 경우에는 납이 균열이 발생할 확률이 적고, 회로상 단락될 위험이 적기 때문이다. 반대로 음의 접촉각으로 볼록한 형상을 이룰 경우, 납 접합부는 불량으로 판정된다. 솔더 필렛은 적어도 리드의 네 측면 중 세 부분 이상을 젖게 하여야 하며, 적어도 리드 와이어 두께의 50%이상을 덮어야 하고 오목한 형상을 이뤄야 한다 [6].

살펴본 바와 같이, 실제 SMT공정상의 설계 사양에 대한 기준을 제시하고 있지만, 정량적인 기준에 의한 정확한 사례별 연구가 부족한 실정이고, 실제 설계상 이용될 수 있는 설계 변수의 영향에 대한 고찰이 부족하다.

3.2 설계 변수의 선정

SMT 설계 변수로는 (i) 리드 와이어(lead wire) 형상 및 크기, (ii) 솔더 표면의 물성치, (iii) 패드 표면의 물성치, (iv) 솔더의 부피 그리고 (v) 패드의 형상 및 크기 등이 있다. 이 중에서 리드 와이어는 공업 규격에 의해 특정화되므로 변수로 설정하기에는 어려움이 있다. 또한, 물성치는 일반적으로 일정하다고 가정할 수 있다. 본 연구에서는 리드의 형상과 물성치는 주어지고 양질의 납 접합부를 확보할 수 있는 패드 크기, 형상 및 납의 부피를 설계 변수로 설정하여 납 접합부 신뢰성이 확보 가능한 설계 영역을 구하고자 한다. 본 연구는 QFP(Quad Flat Package)와 SOP(Small Outline Package)를 그 모델로 설정하고(Fig.1), 타당한 설계 변수 선정에 주목하여 연구를 진행하였다.

4. 결과 및 고찰

패드 크기 변화를 길이 방향과 폭방향으로 나누어 설계 기준에 미치는 영향을 살펴보았다. 설계변수로 패드의 길이와 리드 와이어의 길이 비인 L_p/L_w, 폭의 비인 W_p/W_w와 납의 부피 V로 선정하고, 접합부의 형상으로부터 양질의 납 접합부를 확보할 수 있는 설계 허용 영역을 구하였다. 대표적인 납 접합부형상은 Fig.2와 같다.

64 QFP-1414 리드(Fig.1a)에 대한 패드의 길이와 폭방향의 변화가 3차원 납 접합부 형상에 미치는 영향을 길이 방향(L_p)으로 패드를 변화시킬 경우(Fig.3), 폭 방향(W_p)으로 변화시킬 경우(Fig.4)에 대한 V와 L_p/L_w, W_p/W_w의 관계를 구하였다. 직사각형모양의 리드 중 측면의 젖는 면적이 앞/뒤면의 젖는 면적에 비해 크므로 패드 폭변화에 따른 영향을 적게 받는 것이다. 그러므로 패드 크기의 변환에 있어 폭 방향보다는 길이 방향을 설계 기준의 중요한 인자로 고려하여 결정하는 것이 타당하리라 여겨진다.

28 SOP-375 리드(Fig.1b)에 대하여 패드의 길이 방향(L_p)으로 면적을 변화시킬 경우와, 폭 방향(W_p)으로 변화시킬 경우에 대한 각각의 형상에서 V와 L_p/L_w, W_p/W_w의 관계를 Fig.5와 Fig.6에 각각 나타내었다. QFP에서와 같이 길이방향이 설계기준의 중요한 인자로 작용함을 보여준다. SOP의 특성상 리드 피치가 QFP보다 크므로 그 설계 허용 영역이 QFP

모델에서의 결과보다 다소 넓음을 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 연구의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 새로운 필요경계조건을 부과한 유한요소해석의 결과로부터 양질의 납 접합부를 확보할 수 있는 설계 허용 영역을 구하였다.

(2) SMT공정에서 물리적으로 타당한 설계 변수를 선정하고, 패드 크기의 변환에 있어 폭 방향이나 일정 비율을 택하기보다는 길이 방향을 설계 기준의 중요한 인자로 고려하여 결정하는 것이 타당하다.

(3) 이 연구의 결과는 다른 형식의 lead 나 leadless chip type에도 적용이 가능할 것으로 판단된다.

6. 참고 문헌

1. Heinrich, S.M.,Elkouh, A.F., Nigro, N.J., and Lee, P.S. : "Solder Joint Formation in Surface Mount Technology - Part I : Analysis", Trans. ASME, Journal of Electronic Packaging, Vol.112, 1990, pp.210-218.

2. Heinrich, S.M.,Elkouh, A.F., Nigro, N.J., and Lee, P.S. : "Solder Joint Formation in Surface Mount Technology - Part II : Design", Trans. ASME, Journal of Electronic Packaging, Vol.112, 1990, pp.219-222.

3. Racz, L.M., Szekely, J., and Brakke, K.A. : "A General Statement of the Problem and Description of a Proposed Method of Calculation for some Meniscus Problems in Material Processing", ISIJ International, Vol.33, No.2, 1993, pp.328-335

4. Racz, L.M., and Szekely, J. : "Determination of Equilibrium Shapes and Optimal Volume of Solder Droplets in the Assembly of Surface Mounted Integrated Circuits", ISIJ International, Vol.33, No.2, 1993, pp.336-342

5. T.S.Lee, T.P.Choi, and C.D.Yoo : "Finite Element Modeling of 3-Dimensional Solder Joint Geometry in SMT", INTERpack'95, Lahaina, Hawaii, 1995, pp.1031-1041.

6. Hinch, S.W. : ***Handbook of Surface Mount Technology***, Longman Scienctific & Technical, New York, 1988

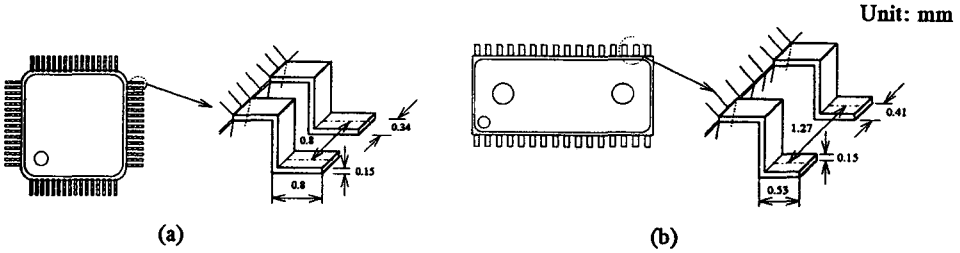
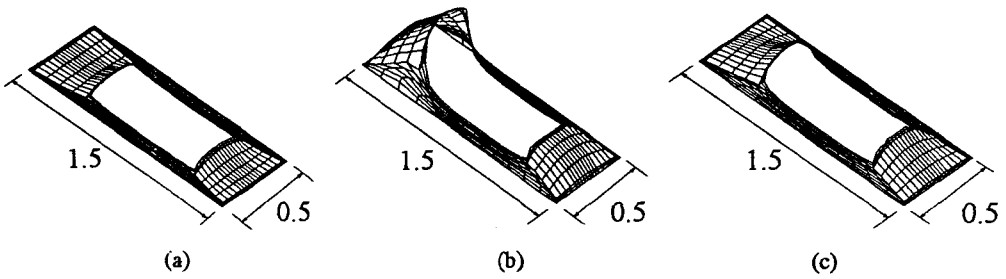


Figure 1 : Simulation Model for Gullwing Type
(a) 64 QFP-1414, (b) 28 SOP-375

Unit : mm

Solder Volume : 0.002mm^3 Solder Volume : 0.056mm^3 Solder Volume : 0.02mm^3



(a) (b) (c)

Figure 2 : Result Gullwing Chip Shape

(a) Insufficient Volume, (b) Excessive Volume, (c) Acceptable Volume

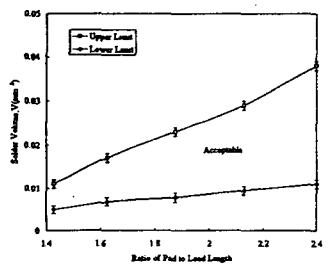


Figure 3 : Design Criteria for Solder Volume and Pad Length In Case of Fixed Pad Width

(64 QFP-1414 Gullwing leads)

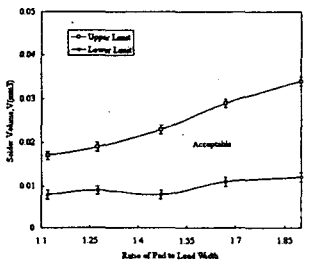


Figure 4 : Design Criteria for Solder Volume and Pad Width In Case of Fixed Pad Length

(64 QFP-1414 Gullwing leads)

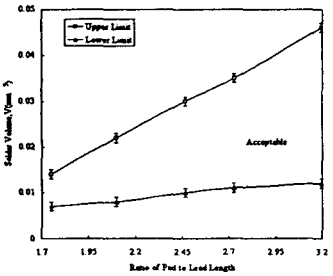


Figure 5 : Design Criteria for Solder Volume and Pad Length In Case of Fixed Pad Width

(28 SOP-375 Gullwing leads)

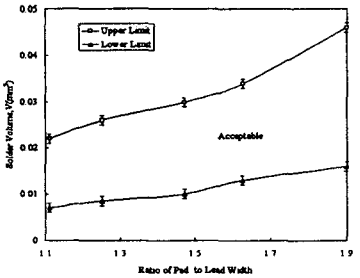


Figure 6 : Design Criteria for Solder Volume and Pad Width In Case of Fixed Pad Length

(28 SOP-375 Gullwing leads)