

리플로 공정변수가 BGA 솔더링 특성에 미치는 영향

한현주^{*}, 박재용^{**}, 정재필^{*}, 강춘식^{**}

^{*}서울시립대학교 재료공학과

^{**}서울대학교 재료공학부

Effect of Reflow Variables on the Characteristic of BGA Soldering

Hyun-Joo Han^{*}, Jae-Yong Park^{**}, Jae-Pil Jung^{*}, Choon-Sik Kang^{**}

^{*}Department of Materials Science and Engineering, University of Seoul

^{**}School of Materials Science and Engineering, Seoul National University

(1999년 7월 14일 접수, 1999년 8월 4일 게재승인)

초 록 : 본 연구에서는 용점 이상에서의 유지시간에 따른 Sn-3.5Ag 및 Sn-37Pb 공정솔더볼과 Au/Ni/Cu 기판 사이의 야금학적 특성을 고찰하였다. 현재 상용되는 리플로 솔더링 장비를 사용하여, 최고 솔더링 온도와 conveyor 속도를 변화시킴으로써 용점 이상에서의 유지시간을 측정하였다. 결과로서 접합부 계면에서 스칼롭 형태의 Ni₃Sn₄ 금속간화합물이 형성되었고, Cu-Sn계 화합물은 관찰되지 않았다. Ni층이 Cu의 확산 장벽으로 작용하였다. 최고 솔더링 온도가 증가함에 따라 금속간화합물층의 두께가 최고 2.2 μ m까지 성장하였다. 스칼롭의 형상은 반구형에서 지름이 더 작은 불룩한 형상으로 변하게 된다. 접합부의 미세경도값은 Sn-3.5Ag와 Sn-37Pb의 공정조각이 성장함에 따라 감소하였다.

Abstract : In this study, Metallurgical properties between Sn-3.5Ag, Sn-37Pb eutectic solders and Au/Ni/Cu substrate according to time span above the melting point were investigated. A conventional reflow soldering machine were used for this study and time span above the melting point was determined by changing peak soldering temperature and conveyor speed. As results, scallop type intermetallic compounds of Ni₃Sn₄ were formed at joint interface and no Cu-Sn compounds were found at all. Ni layer performed as a barrier for Cu diffusion. As the peak soldering temperature increased, thickness of the intermetallic compound layer increased; maximum thickness of the scallop-layer was 2.2 μ m. The shape of scallops were transformed from hemi-sphere type to elliptical shape with smaller size. Micro-hardness of the solder joint decreased as the eutectic structure of Sn-3.5Ag and Sn-37Pb increased.

1. 서 론

현재 전자제품의 솔더링(soldering)에 있어서 가장 많이 사용되고 있는 솔더(solder)는 Sn-Pb 공정합금이지만, Pb의 환경오염문제로 인하여 그 사용이 규제될 전망이다. 이를 대체하고자 하는 Pb-free 솔더 중 Sn-3.5Ag 공정 솔더는 기계적 성질이 우수하고, Cu 및 Cu합금과의 젖음성이 양호하며, 용점(221 $^{\circ}$ C)이 비교적 높아 고온 분위기에 적용이 가능하다는 장점을 가지고 있다¹⁻³⁾.

이러한 Sn계 솔더는 솔더링 공정동안 기판의 Cu층과 반응하여 η -Cu₆Sn₅와 ϵ -Cu₃Sn의 금속간화합물을 형성하게 된다. 금속간화합물이

형성되면 솔더와 기지금속과의 접합력은 향상되는 반면, 두께가 증가할 수록 금속간화합물의 취성으로 인해 접합강도가 저하되어 접합부의 파괴가 발생한다^{4,5)}.

이를 억제하기 위하여, 상용되는 전자기기의 기판에는 얇은 Au층을 포함한 Ni 도금층을 Cu 위에 형성시킨다. Au층은 산화방지 및 솔더의 젖음성 향상을 목적으로 사용되며, 두께가 얇을 경우에는 솔더링시 솔더 안으로 용해되어 버리기 때문에 접합부의 기계적 특성에 큰 영향을 미치지 않는다. 한편, Ni층은 Cu-Sn계 금속간화합물의 형성을 저지하기 위해 사용된다. Ni은 Cu와 이원계(binary system)로 완전한 고용체를 형성하여 서로 화학적 반응을 하지 않지만, Sn계 솔더와 반응하여 Ni₃Sn₄의 금속간화합물을 형성하는 것으로 알려져 있다^{5,6)}. 이

금속간화합물은 솔더링 과정 동안 온도 및 시간에 따라 두께 및 형상이 변하고, Ni층의 두께에 따라 그 조성이 변하기도 한다⁶⁾.

본 연구에서는 현재 상용화되고 있는 BGA (Ball Grid Array)용 기판과 Sn-3.5Ag, Sn-37Pb 솔더볼을 재료로 이용하여 BGA 접합을 행하였으며, 생산용 리플로 장비를 사용하여 리플로 최고온도와 conveyor 속도를 공정변수로 택하였다. 각 공정조건에 따른 각 솔더의 외관 형상과 초기접합 상태 및 시효 후의 시편에 대한 미세조직과 접합특성의 변화를 살펴보았으며, 이를 바탕으로 하여 BGA 접합 프로세스에 알맞는 최적의 공정조건을 찾아내고자 하였다.

2. 실험방법

실험에 사용된 솔더볼은 직경이 0.76mm인 Sn-3.5Ag와 Sn-37Pb 공정합금을 사용하였다. 기판은 Fig.1과 같은 형태로서 패드부의 지름이 0.7mm 이고, Cu/Ni/Au 박막의 두께가 각각 17.5~20 μ m, 7~9 μ m, 3~4 μ m이다. 기판은 에탄올을 이용하여 약 2분간 초음파 세척한 후 대기 중에서 건조시켰다. 그 다음 기판의 패드 위에 수용성 플럭스를 도포하고, 그 위에 솔더볼을 장착하였다.

솔더링에 사용한 장비(모델명: ITM-2125 RH)는 현재 생산라인에서 사용되고 있는 리플

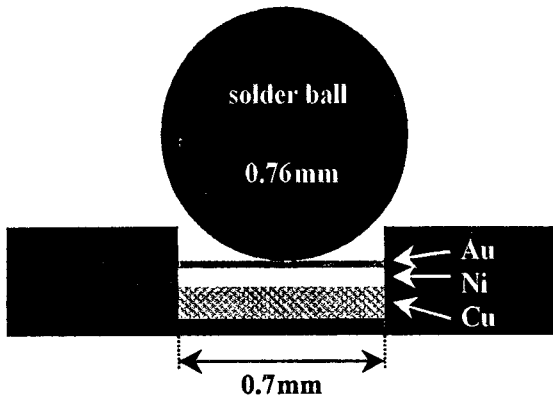


Fig.1. Shape and dimension of BGA substrate and solder ball for the experiment.

로 솔더링 장비로서, 현재 생산공정에서 표면실장용 리플로 장비로 사용되고 있다(Fig.2). 본 장비는 열풍/N₂ 분위기 겸용 방식의 장비로서,

conveyor에 의해서 시편이 이동하며, 입구 - 예열 승온 영역 - 예열 등온 영역 - 본가열 영역 - 냉각 영역 - 출구 순서로 구성되어 있다. 가열은 상부에 설치된 4개의 열풍히터와 상·하부에 각각 설치된 6개, 4개의 세라믹 발열체에 의해 이루어진다. 본 연구에서는 예열온도를 150 $^{\circ}$ C로 유지하고, 본가열 영역에서의 최고 온도와 conveyor 속도가 각각 250 $^{\circ}$ C-0.7m/min과 290 $^{\circ}$ C-0.4m/min인 두 가지 조건으로 솔더링을 시행하였다. 본 장비는 냉각장치가 따로 없이 출구 쪽으로 시편이 진행되면서 대기에 의해 냉각이 이루어지는 자연냉각 방식이므로, 최고온도와 conveyor 속도의 변화에 따라 Table.1에서 보는 바와 같이 솔더의 용점 이상에서의 유지시간 및 용점 이하에서의 냉각속도가 변하게 된다. 이러한 실험조건에서 얻어지는 가열곡선은 Fig.3과 같다.

Table 1. Experimental values for the reflow soldering

peak soldering temperature ($^{\circ}$ C)	conveyor speed (m/min)	span time above m.p (sec)	cooling rate ($^{\circ}$ C/sec)
250	0.7	73	1.07
290	0.4	140	1.13

리플로 후 솔더볼의 외관관찰은 SEM(scanning electronic microscope)을 이용하여, 솔더볼의 높이 및 폭의 변화를 측정하였다. 폭과 높이는 각 조건당 5회 실험한 후, 최대 및 최소 값을 제외한 나머지 값들의 평균값을 취하였다. 리플로 후 시편의 일부는 100 $^{\circ}$ C의 온도조건에서 600시간 동안 시효(ageing)를 하였다. 그 후, 초기접합 상태와 시효 후의 시편에 대하여 각각 미세조직을 관찰하고, 경도값을 측정하였다. 접합부의 미세조직 관찰은 시편을 0.04 μ m 까지 연마한 후 솔더부 및 솔더/기판 계면에 대해서 SEM을 이용하여 관찰하였고, EDX(energy dispersive X-ray)분석을 통하여 접합부의 성분 분석을 행하였다. 리플로 후 솔더볼의 경도 측정은 Vickers 경도계를 이용하여 하중 10g을 15초간 유지하는 조건하에서 실시하였으며, 같은 조건에서 7회 실시하여 최고·최저 값을 제외한 나머지 값의 평균값을 취하였다.

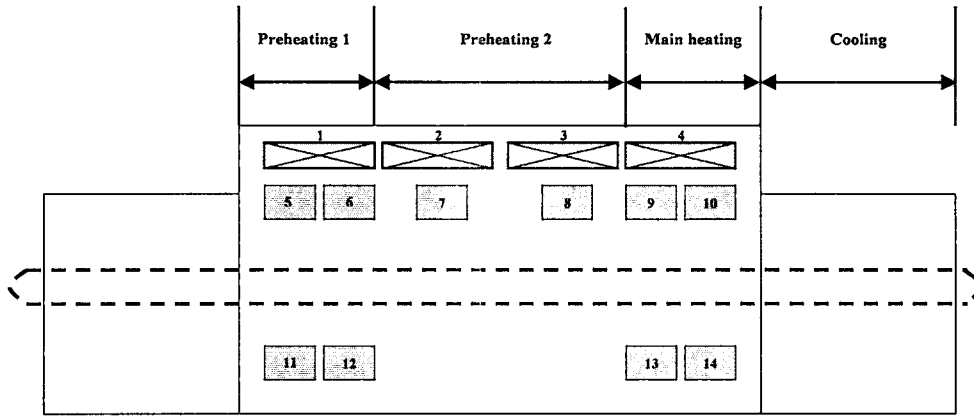
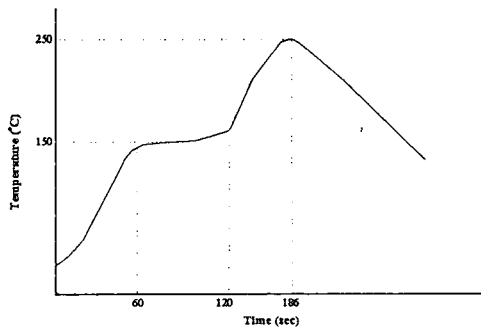
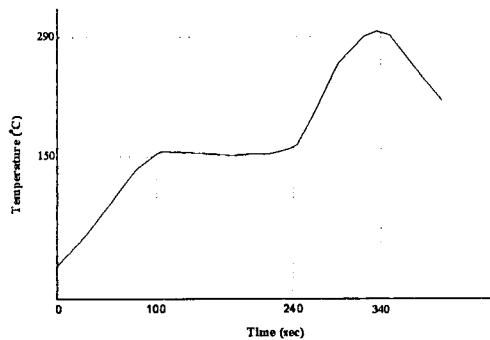


Fig.2. Schematic diagram of reflow soldering machine.



(a)



(b)

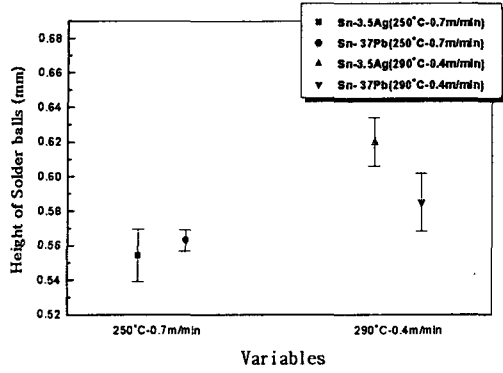
Fig. 3. Heating curves of reflow soldering for the experiment -(a) 250°C-0.7 m/min, (b) 290°C-0.4m/min.

3. 결과 및 고찰

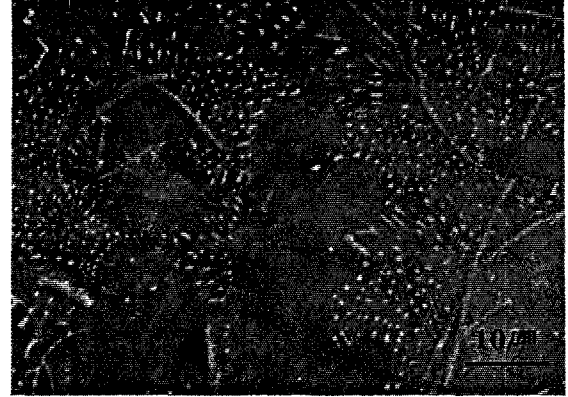
3.1 솔더볼의 외관형상

Fig.4에 솔더링 후 솔더볼의 높이 및 폭의 변화를 Sn-3.5Ag와 Sn-37Pb에 대해 각각 나타내었다. 높이 및 폭의 평균값을 살펴보면, 리플로 공정조건이 250°C-0.7m/min 및 290°C-0.4m/min 인 조건에서, Sn-3.5Ag 솔더볼의 높이의 평균값은 각각 0.554, 0.620mm이고, Sn-37Pb 솔더볼의 높이는 0.562, 0.585mm의 값을 나타내었다. 솔더볼의 폭은 250°C-0.7m/min과 290°C-0.4m/min 조건에 대해 Sn-3.5Ag가 각각 0.769, 0.758mm이고, Sn-37Pb는 0.758, 0.745mm의 값을 나타내었다. 이와 같이 리플로 온도가 높고, conveyor 속도가 느린 경우가 온도가 낮고 속도가 빠른 경우에 비해 솔더볼 높이는 증가하였고 폭은 감소하였다.

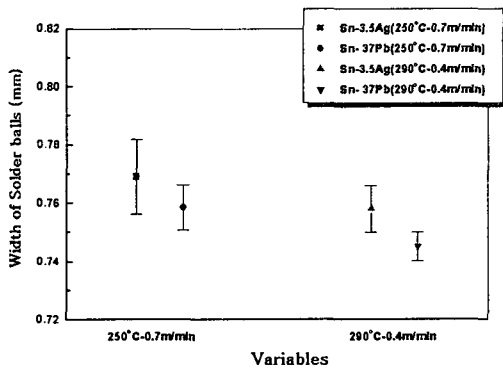
한편, Sn-3.5Ag 와 Sn-37Pb의 솔더볼 조성에 따른 높이와 폭의 변화를 비교해 보면, 동일한 조건하에서 Sn-3.5Ag 솔더볼이 높이는 더 높고, 폭은 더 작은 값을 나타내었다. 솔더볼의 외관에 영향을 주는 원인은 표면장력 값의 변화와 Marangoni 효과를 들 수 있으나, 솔더볼의 리플로 실험에서는 액상 솔더볼의 거동이 미세하므로 Marangoni 효과는 크지 않다고 사료된다. 따라서, 온도가 증가할수록 표면장력이



(a)



(b)



(b)



(c)

Fig.4. Height(a) and width(b) of Sn-3.5Ag, Sn-37Pb solder balls at 250°C -0.7m/min, 290°C-0.4m/min.



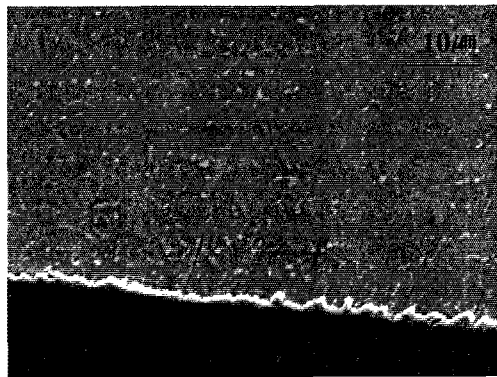
(a)



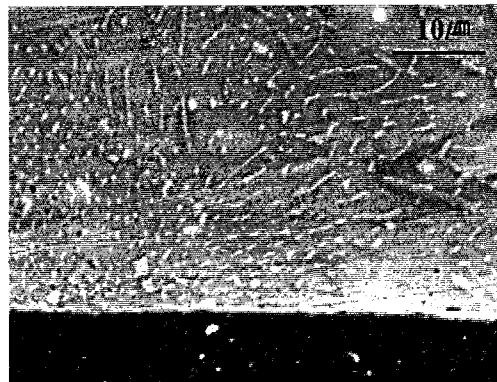
(d)

Fig. 5. SEM micrographs of Sn-3.5Ag solder reflowed at 250°C-0.7m/min(left) and 290°C-0.4m/min(right). The upper photographs are not aged, and the lower ones are aged at 100°C for 600 hours.

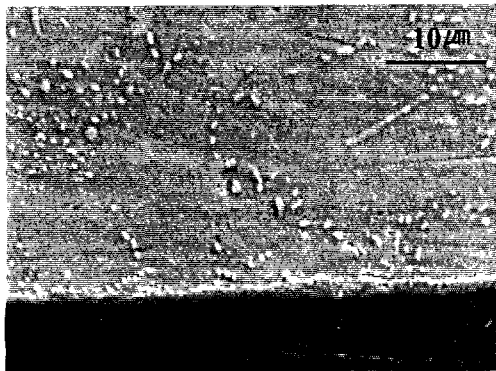
감소하여 솔더볼의 폭은 작아지고 높이는 증가한다. 리플로 공정 이후의 솔더볼의 외관은 온도에 따른 표면장력의 변화와 전체 표면적의 변화를 통해 전체 에너지를 최소화하는 방향으로 진행된다고 볼 수 있다. 그러므로, 주로 솔더의 표면장력 값의 변화에 따라 솔더볼의 높이와 폭이 변한다고 가정할 수 있다. 또, 온도 변화에



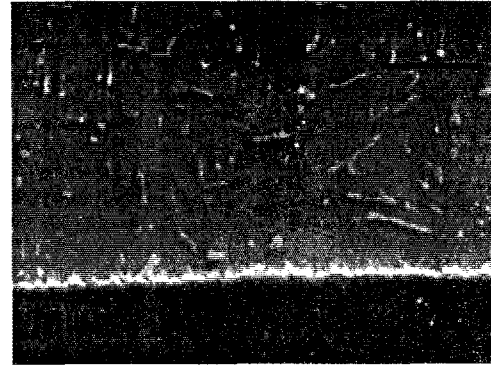
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig.6. SEM micrographs of the soldered joints using Sn-3.5Ag, which are reflowed at 250°C-0.7m/min(left) and 290°C-0.4m/min(right). The upper photographs are not aged and the lower ones are of solder aged at 100°C for 600 hours.

따른 표면장력값의 변화를 고려할 때, Sn-3.5Ag의 표면장력 값의 변화가 Sn-37Pb의 표면장력의 변화에 비해 크다고 알려져 있으므로⁷⁾, Sn-3.5Ag 솔더볼의 변화폭이 Sn-37Pb 솔더볼에 비해 더 큰 것으로 판단된다. 이에 대한 보다 자세한 고찰은 저자들의 추후 보고에서 언급하고자 한다.

3.2 접합부의 미세조직

3.2.1. Sn-3.5Ag 솔더의 미세조직

Fig.5는 250°C-0.7m/min과 290°C-0.4m/min 조건에서의 Sn-3.5Ag의 초기접합 상태와 시효 후의 솔더 내부의 미세조직을 보여주는 SEM 사진이다. 250°C-0.7m/min 조건에 비해 290°C-0.4m/min 조건에서, 또 초기접합 상태보다는 시효 후의 솔더 내부에서 Ag₃Sn상이 더 크게 성장하였음을 관찰할 수 있다. 이러한 원인은, 온도가 높고 유지시간이 길수록 원자의 확산이 많아지고, Ag₃Sn상 성장에 의해 계면에너지를 낮출 수 있기 때문인 것으로 판단된다.

Fig.6은 Fig.5와 동일한 조건에서의 접합부 계면을 보인다. 계면에는 패드부의 금속 위에 금속간화합물의 다중 이종 핵 생성(multi heterogeneous nucleation)에 의해 형성된 스칼롭(scallop) 형태의 금속간화합물이 존재한다⁹⁾. 금속간화합물의 두께는 초기접합 상태의 경우 250°C-0.7m/min에서는 0.6~0.9µm,

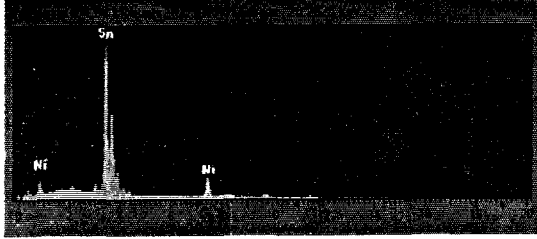


Fig. 7. EDX patterns of solderd joints aged at 100°C for 600 hours.

290°C-0.4m/min 조건에서 1.6~2.0 μ m의 값을 나타내었다. 한편, 시효 후의 시편에서는 250°C-0.7m/min이 1.2~1.4 μ m, 290°C-0.4m/min이 1.8~2.2 μ m으로 성장한 것을 관찰할 수 있었다. 스켈립의 형태는 초기접합 상태의 시편에서 250°C-0.7m/min 조건에서는 거의 반구형(hemi-spherical)의 스켈립이 존재하는 반면, 290°C-0.4m/min 조건과 시효 후의 시편에서는 지름이 작아지면서 전체적으로 하나의 부드러운 경계를 유지한 형태를 보인다. 두 경우의 솔더링 공정조건은 Table 1에서 보인 바와 같이, 공정 최고온도의 차이 뿐만 아니라, 솔더의 용점 이상에서의 유지시간도 2배 정도의 큰 차이를 보인다. 공정최고온도가 높으면, 확산의 구동력이 커져 더 많은 금속간 화합물이 성장할 수 있다. 또, 용점 이상에서의 유지시간이 길어질수록 확산거리가 증가하므로 금속간 화합물의 크기가 더 성장할 수 있다. 290°C-0.4m/min 조건과 시효 후의 시편에서는 지름이 작고 볼록한 형상의 스켈립의 크기가 증가한 것을 확인할 수 있다.

한편, Yao는 동일한 리플로 공정 조건에서 응용된 솔더를 각기 다른 냉각속도에서 응고시켜 미세조직을 관찰하였는데, 냉각속도가 빠른 수냉(water cooling) 조건인 경우 로냉(furnace cooling)에 비해 크기는 작고, 반구형의 형상을 갖는 스켈립을 관찰하였다고 보고한 바 있다.⁹⁾

따라서, 컨베이어 속도와 온도를 변화시키는 장비의 경우 공정 최고온도와 용점 이상에서의 유지시간 및 냉각속도를 개별적으로 조절할 수 없기 때문에, 본 장비만으로는 어떤 변수가 가장 지배적인 역할을 하였는지 판단하기 어렵다. 다만, 기존의 보고결과를 종합하였을 때, 최고온도를 증가시키고 컨베이어 속도를 빠르게 하면 온도, 시간, 그리고 냉각속도에 의한 효과가 모두 금속간화합물의 크기와 양을 증가시키는

방향으로 작용을 한다고 볼 수 있다. 계면에 형성된 금속간화합물은 Fig.7의 EDX분석 결과로 Ni₃Sn₄로 판단되며, Cu는 관찰되지 않았다. Ni₃Sn₄는 종래의 많은 연구들^{5,10)}에 의해서 알려진 바와 같이 Ni과 Sn계 솔더 사이에서 형성되는 가장 일반적인 금속간화합물이다.

계면 층에서 Cu가 검출되지 않은 것은, Ni층의 영향으로 판단되는데, Cu가 Ni층을 뚫고 나가지 못해 Sn과 반응하지 못한 것으로 생각할 수 있다. Ni-barrier층의 두께 및 솔더링 온도에 따라, Cu가 Ni층을 뚫고 위로 확산되어 Sn-Ni-Cu의 3원계 금속간화합물을 형성하게 된다는 보고^{1,6)}도 있으나, 본 연구에서는 290°C-0.4m/min의 조건과 같이 온도가 높고 느린 속도에서도 Cu가 검출되지 않고 Ni₃Sn₄의 금속간화합물만 형성되었다.

따라서, 본 연구에 사용된 기판의 Ni 도금층 두께(7~9 μ m)가 Sn-Cu계 금속간화합물의 형성을 저지하기에 충분한 것으로 판단된다. 또, 일반적으로 솔더링 공정에서는 부품에 대한 열충격을 줄이기 위해 가능한 낮은 온도에서 솔더링을 행하는데, Sn-3.5Ag 솔더의 경우 약 250~260°C 정도의 온도에서 작업을 하므로, 본 실험조건인 Ni 도금층이 Cu의 확산을 방지할 수 있을 것으로 예상된다.

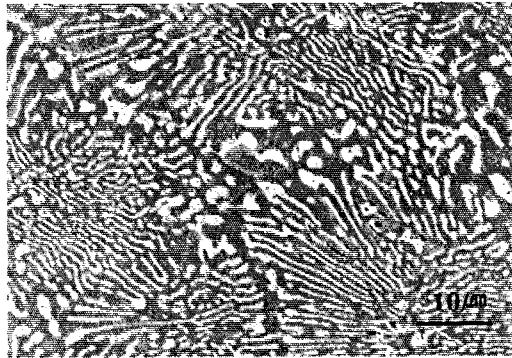
EDX 분석결과를 살펴보면, 접합부의 계면에서 Au의 성분이 검출되지 않았다. 이것은 서론에서 설명한 바와 같이 Au가 솔더 내부로 용해되어 고용체를 형성하는 반면, 계면에서는 특정한 화합물을 형성하지 않았기 때문인 것으로 사료된다. 다량의 Au가 솔더 내부로 확산되면, Sn과 금속간화합물을 형성하여 솔더 볼 및 계면 취성의 원인이 되어⁵⁾, CSP(Chip Scale Package)와 같이 미세한 패키지의 경우 그 문제가 더 크게 작용한다. 따라서, 앞으로 이에 대한 연구가 더 진행되어야 할 것으로 생각된다.

3.2.2. Sn-37Pb 솔더의 미세조직

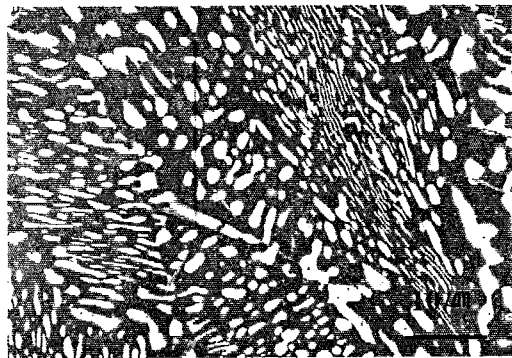
Fig.8은 250°C-0.7m/min과 290°C-0.4m/min 조건에서의 Sn-37Pb에 대한 솔더 내부의 미세조직을 보인 것이다. 사진에서 밝은색의 상(phase)은 Pb-rich상, 어두운 상은 Sn-rich상이다. (a)와 (b)를 비교하면, Sn-37Pb 공정조직에서 250°C-0.7m/min 조건은 층상(lamellar)구조와 미립자(particulate)구조의 콜로니(colonies)가 거의 비슷한 양으로 존재한다. 반면, 290°C-0.4m/min에서는

(b)에서 보듯이 미립자 구조의 콜로니의 양이 증가하였다. 이러한 현상은 시효한 경우에도 동일하게 관찰되며, 시효 후의 Sn-Pb 공정조직의 입자가 성장한 것을 볼 수 있다.

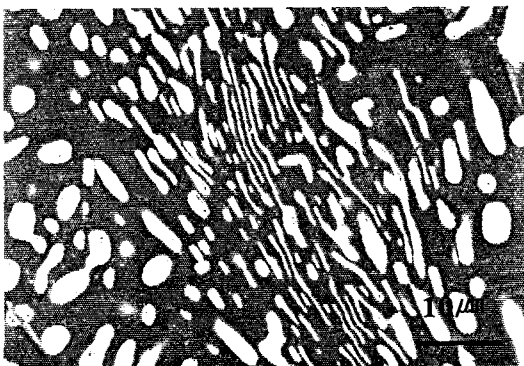
Fig.8(e)는 100℃에서 600시간 시효한 경우의 계면을 보인 것이다. 또한 (e)에서 보듯이



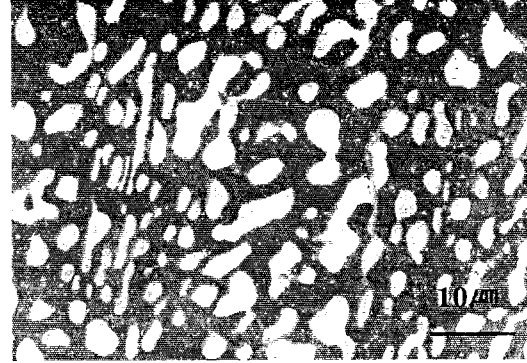
(a)



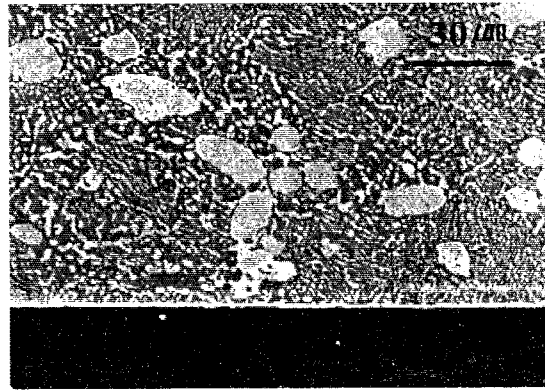
(b)



(c)



(d)



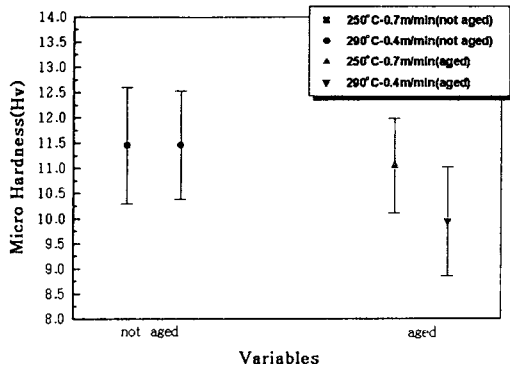
(e)

Fig. 8. SEM micrographs of Sn-37Pb solder(a-d) and joint(e) reflowed at 250°C-0.7m/min (left) and 290°C-0.4m/min(right). (a), (b) are not aged and (c), (d) are aged at 100°C for 600 hours.

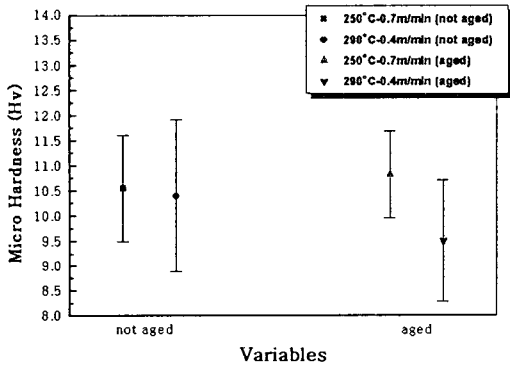
도상(colony)의 Pb-rich상(흰색)이 계면에서 250 μ m 거리 내에 모여있는 것을 관찰할 수 있다. 이것은 계면에서 Ni₃Sn₄ 금속간화합물의 생성으로 인해 Sn이 소모되었기 때문에 Pb-rich상이 나타나는 것으로 판단된다. 이와 같은 솔더 내부의 변화는 솔더링 후 냉각속도가 1°C/sec인 경우에 비해 0.1°C/sec로 느린 경우 층상구조의 콜로니의 양이 증가하는 Guo의 실험 결과와 유사하다⁸⁾.

3.3. 미세경도

Fig.9는 Sn-3.5Ag와 Sn-37Pb의 250°C-0.7m/min, 290°C-0.4m/min 조건에 대한 초기접합 상태와 시효 후 솔더볼의 미세경도값



(a)



(b)

Fig. 9. Micro-Vickers hardness of Sn-3.5Ag (a) and Sn-37Pb(b) solder balls after reflow.

을 보인 것이다. 그래프에 나타난 경도값은 최대·최소값을 제외한 중간 값들이다. 그 값들의 평균값을 비교하면, Sn-3.5Ag의 경우 250°C-0.7m/min, 290°C-0.4m/min 조건에 대해서 초기접합 상태에서는 각각 11.37Hv, 11.33 Hv 였다. 이로부터 온도가 낮고 conveyor 속도가 빠른 조건에서 더 높은 경도값을 보임을 알 수 있다. 또, 시효 후의 시편에서는 250°C-0.7m/min, 290°C-0.4m/min인 경우 각각 10.93Hv, 9.86Hv를 나타내었다. 초기접합 상태와 시효 후의 값을 비교하면, 시효 후에 경도가 낮아짐을 알 수 있다. 이 원인은 앞에서 언급한 Sn-3.5Ag의 미세조직(Fig.5)에서 볼

수 있듯이 온도가 높거나 시효 과정을 거치게 되면 Ag₃Sn상이 성장하는데, 일반적으로 경도가 높은 상이 미세하게 분산되어 있는 경우가 조대화 되어 있는 경우에 비해 더 높은 경도값을 갖는다^{1, 11)}. 따라서, Ag₃Sn상의 성장에 의해 290°C-0.4m/min 조건과 시효 후의 시편이 더 낮은 경도값을 갖게된다.

Sn-37Pb의 미세경도시험 결과를 살펴보면, 초기접합 상태에서 250°C-0.7m/min, 290°C-0.4m/min 조건에 대해 경도값이 각각 10.74Hv, 10.02Hv, 그리고 시효 후에 각각 10.67Hv, 9.80Hv으로 나타냈다. 이 역시 Sn-3.5Ag에서와 마찬가지로, Sn-37Pb의 미세조직(Fig.7)에서 공정조직의 입자가 성장하였기 때문에 경도값이 감소한 것으로 판단된다¹¹⁾.

Sn-3.5Ag와 Sn-37Pb의 경도값을 비교하면, 초기접합 상태와 시효 후 시편에서 모두 Sn-3.5Ag가 더 높은 경도값을 갖는 것을 알 수 있다. 일반적으로 Sn-3.5Ag 솔더가 Sn-37Pb 솔더에 비해 기계적 성질이 우수한 것과 관계가 있는데, 상대적으로 강한 Sn 원소의 함량이 더 많기 때문인 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 직경 0.76mm의 Sn-3.5Ag 및 Sn-37Pb 솔더볼을 사용하여 리플로 솔더링 할 때 솔더링부의 특성을 조사하였다. 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 공정조건이 250°C-0.7m/min 인 경우와 290°C-0.4m/min인 경우의 솔더볼 높이는 Sn-3.5 Ag가 0.554, 0.620mm이고, Sn-37Pb가 0.562, 0.585mm이며, 폭은 Sn-3.5Ag가 0.769, 0.758mm, Sn-37Pb가 0.758, 0.745mm였다. 이처럼 공정변수의 변화에 의한 솔더볼의 높이와 폭의 변화는 아주 미세한 차이만을 가질 뿐 큰 변화를 나타내지 않았다. 또, Sn-3.5Ag 솔더볼의 높이와 폭의 변화가 Sn-37Pb에 비하여 다소 높게 나타났다. 이것은 Sn-3.5Ag의 표면장력값이 Sn-37Pb에 비해 크기 때문인 것으로 판단된다.

2. 접합부 계면에는 스켈럽 형태의 Ni₃Sn₄의 금속간화합물이 생성되었다. 스켈럽은 온도의 증가 및 시효 후 그 두께가 최고 2.2μm까지 증가하였고, 형상은 반구형에서 지름이 작고 볼록한 형상으로 변화였다.

3. 최고 솔더링 온도를 250에서 290℃로 증가시킨 경우와 100℃에서 600시간 시효 처리한 경우 Sn-3.5Ag 솔더결합부의 Ag₃Sn상과, Sn-37Pb 솔더 내부의 공정조직 입자가 성장하는 것을 관찰할 수 있었다.

4. 접합부의 미세경도값은 초기접합 상태에서 250℃-0.7m/min, 290℃-0.4m/min 공정조건에서 각각 Sn-3.5Ag가 11.37Hv, 11.33 Hv이고, Sn-37Pb가 10.74Hv, 10.02Hv로서 낮은 온도와 빠른 속도의 조건에서 더 높은 경도값을 보였다.

100℃에서 600시간 시효 처리한 경우에는 Sn-3.5Ag가 10.93Hv, 9.86Hv이고, Sn-37Pb가 10.67Hv, 9.80Hv로 시효 후 초기접합 상태에 비해 경도값이 낮아지는 것을 볼 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 서울시립대학교의 학술연구조성비('99년) 및 서울시 첨단장비 지원('98년)에 의해 수행되었으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Wenge Yang, "The Effect of Soldering Process Variables on the Microstructure and Mechanical Properties of Eutectic Sn-Ag/Cu Solder Joints", *Journal of Electronic Materials*, 24 (10), pp.1465~1472 (1995).
2. Judith Glazer, "Microstructure and Mechanical Properties of Pb-Free Solder Alloys for Low-Cost Electronic Assembly : A Review", *Journal of Electronic Materials*, 23(8), pp.693~699 (1994).
3. E. I. Stromswold, "The effect of surface roughness on the fracture toughness of Cu/96.5Sn-3.5Ag solder joints", *Journal of Electronic Materials*, 23(10), pp.1047~1053 (1994).
4. 박진성, 이성래, "SnPb/Cu, SnPb/Ni/Cu 계에서의 열처리에 따르는 판저항, 잔류응력 및 땀납능 변화에 관한 연구", *대한금속학회지*, 34(8), pp.979~986 (1996).
5. R. J. Klein Wassink, *Soldering in Electronics-2nd Edition*, pp.149~159, electrochemical publications limited (1989).
6. Won Kyoung Choi and Hyuck Mo Lee, "Effect of Ni layer thickness and soldering time on intermetallic compound formation at the interface between molten Sn-3.5Ag and Ni/Cu substrate", *Journal of Electronic Materials*, Vol.28, No.11 pp. 1251~1255 (1999).
7. Jae Yong Park, Jae Pil Jung, Choon Sik Kang, "The Analysis of the Withdrawal Force Curve of the Wetting Balance Curve Using 63Sn-37Pb and 96.5Sn-3.5Ag Eutectic Solders", *Journal of Electronic Materials*, Vol.28, No.11, pp.1256~1262 (1999).
8. Zhenfeng Guo, Hans Conrad, "Effect of Microstructure Size on Deformation Kinetics and Thermo-Mechanical Fatigue of 63Sn37Pb Solder Joints", *Journal of Electronic Packaging*, 118, pp.49~54 (1996).
9. Daping Yao and Jian Ku Shang, "Effect of Cooling Rate on Interfacial Fatigue-Crack Growth in Sn-Pb Solder Joints", *IEEE Transactions on CPMT-Part B*, 19(1), pp.154~164 (1996).
10. W. G. Bader, "Dissolution of Au, Ag, Pd, Pt, Cu and Ni in a Molten Tin-Lead Solder", *Welding Research Supplement*, pp.551~557 (1969).
11. Donald R. Askeland, *The Science and Engineering of Materials*, Third Edition, pp. 264~268, PWS Publishing Company (1994).