

실리카 고충전 에폭시 수지 조성물과 리드프레임과의 흡습에 따른 접착 특성

오경근 · 문경식 · 윤호규[†] · 문탁진 · 유재홍^{*} · 김진모^{*} · 김조균^{*}

고려대학교 재료공학과, ^{*}제일모직(주) 화성연구소

(1997년 6월 24일 접수)

Adhesion Properties with Moisture Absorption between High Silica Loaded Epoxy Molding Compound and Leadframe

Kyeong Keun Oh, Kyoung Sik Moon, Ho Gyu Yoon[†], Tak Jin Moon, Je Hong Ryu^{*},
Jin Mo Kim^{*}, and Jo Gyun Kim^{*}

Dept. of Materials Science, Korea University, Seoul 136-701, Korea

^{*}R & D Center, Cheil Industries, Inc., Gochun-dong, Euiwang-shi, Kyungki-do 437-010, Korea

(Received June 24, 1997)

요약: 실리카 함량을 87 wt% 이상 고충전시킨 에폭시 수지 조성물의 경화제를 xylok과 phenol novolac (PN)으로 변화시키면서 수분 흡습에 따른 alloy42 리드프레임과의 접착 강도 및 흡습률을 측정하였다. 경화제로써 xylok을 적용하였을 때는 실리카의 충전량과 관계없이 PN보다 낮은 흡습률 및 높은 접착 강도를 보였으나, 흡습 시간에 따른 접착 강도의 감소율은 더 큰 것으로 나타났다. 에폭시와 리드프레임과의 접착 계면의 X-ray photoelectron spectroscopy 분석을 통해서, xylok을 적용한 EMC와 리드프레임과의 주된 접착 기구는 여러 기구 중 수소 결합을 들 수 있으며, 수분 흡습에 의한 수소 결합의 파괴로 접착 강도 감소율이 더 크다는 것을 알 수 있었다. 또한, xylok의 높은 접착 강도는 저점도에 기인한 많은 수소 결합 및 리드프레임과의 가까운 분자간 거리에 의한 것으로 설명할 수 있었다.

ABSTRACT: Adhesion properties between alloy 42 leadframe and epoxy molding compound (EMC) filled with more than 87 wt% of silica and cured with xylok or phenol novolac (PN) were measured with moisture absorption. The EMC cured with xylok exhibited lower moisture absorption and higher adhesion strength independent of the content of silica but the adhesion strength was more rapidly decreased with moisture absorption than that of cured with PN. From the analysis of the interface between EMC and leadframe with X-ray photoelectron spectroscopy, the principal adhesive mechanism of EMC cured with xylok was thought to be the hydrogen bond, and thus the decrease of adhesion strength between EMC and leadframe was attributed to the failure of the hydrogen bond by the absorbed water. Also, the higher adhesion strength of EMC cured with xylok could be explained as the low viscosity due to the hydrogen bond and the short intermolecular spacing with the leadframe.

Keywords: EMC(epoxy molding compound), curing agent, X-ray photoelectron spectroscopy, moisture absorption, adhesion strength.

서 론

전자기기의 단소, 박형화 및 고기능화의 요구에 따라 이에 적용되는 반도체 패키지(package) 역시 고집적화, 다핀화 및 표면실장화가 필수적으로 진행되고 있으며, 반도체 소자를 보호하고 프린트 기판과의 접착을 용이하게 해 주는 역할을 하는 반도체 소자 밀봉용 에폭시 수지 조성물, 즉 epoxy molding compound (EMC)에 있어서도 고온 내크랙화, 저응력화 및 저 α 선화 등의 고신뢰성을 부여하기 위한 노력이 이루어지고 있다.¹ 표면실장 방식으로 반도체 패키지를 프린트 기판에 실장할 때 발생하는 크랙의 형성과정을 Fig. 1에 나타내었다.² 대기중의 수분을 흡수한 반도체 패키지는 솔더링 리플로우(soldering reflow)시의 열에 의해 다이패드와 EMC간의 박리를 일으키게 되고 기화한 수분에 의해 박리부분이 팽창하게 되며, EMC가 다이패드의 edge부분에 걸리는 응력에 견디지 못할 경우 기화 폭발로 인하여 크랙이 발생한다. 따라서 EMC의 수분 흡습률을 억제하고 EMC와 리드프레임간의 열팽창계수 차이를 줄여주며 접착 강도를 증가시키면 크랙 발생을 억제할 수 있으므로 패키지의 신뢰성을 향상시킬 수 있다는 것을 알 수 있다. 최근에는 에폭시 또는 경화제에 소수성기를 도입하여 수지의 흡습 특성을 개선하는 노력이 이루어지고 있으며,³ 특히 리드프레임과의 열팽창계수 차이를 줄이고, 유기물에 의한 수분 흡습을 억제하기 위해 실리카의 고충전기술 등이 선보이고 있으나,⁴ 합금 리드프레임, 또는 반도체 칩과 동일한 열팽창계수를 확보한다는 것은 극히 어려운 실정이다. 패키지 크랙의 발생은 EMC와 리드프레임간의 열팽창계수 차이 및 접착 강도의 약화에 기인하여 계면 박리로부터 출발하는 것인 만큼, 리드프레임과 동일한 열팽창계수를 확보할 수 없는 경우에는 수분의 흡습에 따른 EMC의 접착 강도가 더욱 중요한 인자로서 인식되어 진다.

금속과 유기물과의 접착은 각 성분의 종류, 조건 등에 의존하는, 그 정확한 기구가 규명되지 않은 영역 중의 하나로써 대개의 경우 여러 기구가 복합적으로 작용한다고 알려져 있다.⁵ 또한 접착 계면에 있어서의 수분은 계면 접착력을 약화시킬 뿐만 아니라 계면 파괴경로에도 영향을 미치는 것으로 보고되고 있

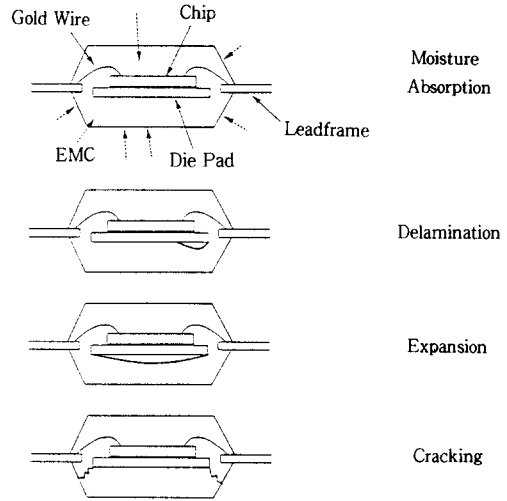


Figure 1. Procedure leading to package cracking during reflow soldering.

으나,⁶⁻⁹ 접착제에 국한된 것으로, 합금계 금속과 bulk상태의 에폭시 수지 조성물간의 접착에 미치는 수분의 영향에 대한 연구는 미흡한 실정에 있다.

따라서 본 연구에서는 고신뢰성의 EMC를 얻기 위해 최근 가장 많이 사용되고 있는 biphenyl계 에폭시와 polyphenol계 경화제 시스템에서 경화제의 종류, 충전재 함량, 그리고 수분 흡습 시간에 따른 수분 흡습률 및 접착 강도의 변화를 검토하였으며, XPS(X-ray photoelectron spectroscopy)를 이용한 표면 분석을 통해서 Ni-Fe계 합금인 alloy42 리드프레임과 유기물간의 접착 기구에 대하여 논하였다.

실 험

실험에 사용한 에폭시는 biphenyl계 에폭시인 YX-4000H(일본 Yuka Shell사)를 사용하였고, 경화제로는 phenol novolac(PN) (PSM-4261, 일본 Gunei사)과 xylok(XL-225-3L, 일본 Mitsuitoatsu사)의 두 종류를 선정하였다. 무기 충전재로는 입자 크기가 서로 다른 구형의 용융 실리카를 3종 이상 선택하여 87 wt % (≒79 vol %) 이상 고충전시켰으며,⁴ 용융 실리카와 기저 수지와의 계면 접착 특성 향상을 위해 amine계 (γ -aminopropyltrimethoxysilane)와 epoxy계 (γ -glycidoxypopyltrimethoxysilane)의 커

Table 1. Experimental Raw Materials

component		structure	E.E.W.
epoxy	biphenyl		193.0
curing agent	phenol novolac		106.0
	xylok		178.0
coupling agent	amine	$H_2N-(CH_2)_2-NH-(CH_2)_3-Si(CH_3)(OCH_3)_2$	-
	epoxy	$CH_2=CHCH_2OCH_2CH_2CH_2Si(OCH_3)_3$	-
catalyst	TPP		-

플링제를 혼합 사용하였고, 에폭시와 경화제의 반응 촉매제로는 TPP(triphenyl phosphine)를 소량 적용하였다. Table 1에 실험에 사용된 유기물의 구조식을 나타내었다.

에폭시와 경화제를 화학 당량비로 하고 기타 재료를 평량한 뒤, 건식 혼합 과정을 거친 후 two roll mill을 이용, 80 °C의 온도에서 약 10분간 용융 혼합하여 에폭시 수지 조성물을 제조하였다. 용융 혼합 종료후 반응이 진전되지 않도록 즉시 냉각하였으며, 제조된 조성물은 5 °C 이하의 저온에서 보관하였다. 저압 트랜스퍼 몰딩 프레스(transfer molding press)를 이용하여 수분 흡습용 및 접착 강도 측정용 시편을 성형하였으며, 이때 리드프레임과의 접착 강도 측정용 시편은 alloy42 리드프레임을 함께 합침 성형하였고, 성형후 175 °C에서 5시간 동안 후경화하였다. 리드프레임은 5% HNO₃용액에 10초간 담가두어 표면의 유기물을 제거한 뒤 95% 에탄올 및 증류수로 세척하여 사용하였으며, 조성물에 합침 성형하기 전까지는 건조기에 보관하였다.

수분 흡습율은 끓는 물증탕에서 168시간 동안 흡습 처리하면서 적당한 시간이 경과되었을 때 흡습 전, 후의 무게를 측정하여, 각 시간에 따른 흡습률을 계산하였다. 수분 흡습량에 따른 접착 강도를 비교하기 위해, 수분 흡습 시험을 거친 시편을 흡습 시간별로 분류하여 pull test로써¹ 측정하였으며 다음 식에

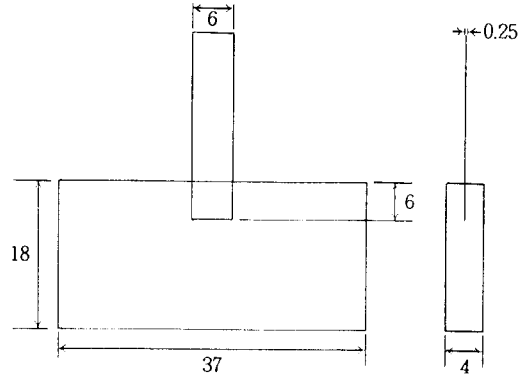


Figure 2. Drawing of the molded body and the molded-in metal tab for a leadframe adhesion test based on a molded plug. Dimensions in mm.

의하여 접착 강도(S)를 구하였다.

$$S = F/A \text{ (kgf/mm}^2\text{)} \quad (1)$$

여기서 F 는 하중, A 는 접착 면적이다. 흡습률 및 접착 강도 값은 5회 이상 실시한 뒤 그 평균값으로 취하였다. Fig. 2에 접착 강도 시험용 시편의 형태를 나타내었으며, 리드프레임이 없는 동일한 크기의 시편을 수분 흡습용으로써 사용하였다.

접착 강도 시험을 거친 시편에서 리드프레임을 분리한 뒤, XPS(ESCA, S-probe)를 이용하여 EMC와 리드프레임간의 접착 계면을 관찰하였다.¹⁰ 사용된 XPS의 target은 Al(ka), flood energy는 4.0 eV이었으며, 인장 시험후 리드프레임 표면의 유기물을 제거하기 위해 적절한 시간 이온 에칭하여,¹¹ 에칭 전과 후의 결과를 비교하였다. 특성 피크 분석은 결합 에너지의 중심 위치, 폭, 피크 함수(Gaussian/Lorentzian = 8.5/1.5) 및 피크 강도를 중심으로 이루어졌으며, 이와 같은 분석의 최적화를 위한 변수들은 실험 값과 계산 값과의 오차를 통계적으로 최소화하여 계산하였다. 또한 측정된 모든 스펙트럼은 탄소 피크 285.0 eV를 중심으로 보정하여 분석하였다.

결과 및 고찰

흡습 특성. 시간에 따른 수분 흡습량의 변화를 Fig. 3과 Fig. 4에 각각 나타내었다. Fig. 3은 동일한 충전재 함량에서 경화제의 종류에 따른 수분 흡습

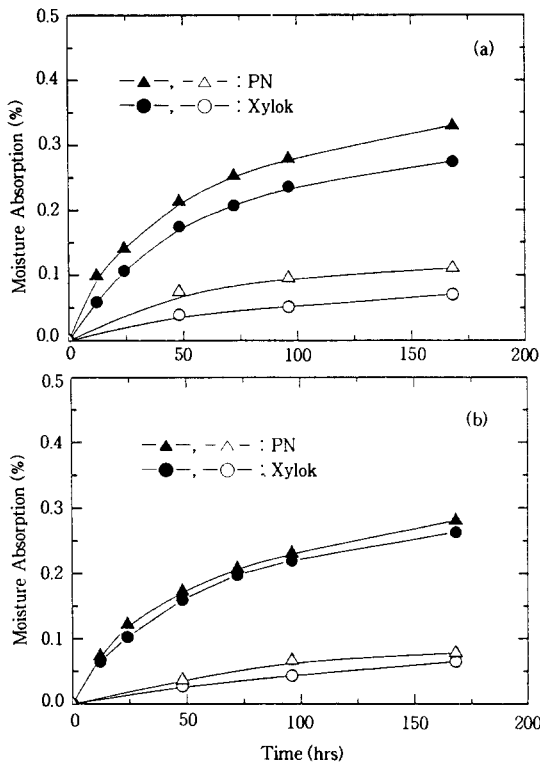


Figure 3. Moisture absorption vs. time with the silica content of (a) 88 wt% and (b) 90 wt%. The solid symbols represent the results for the condition under boiling water and the open symbols under 85 °C and 85% RH.

변화이며, Fig. 4는 동일한 경화제를 적용한 경우에서 충전재 함량을 각각 88, 90 wt%로 하였을 때의 시간에 따른 수분 흡습량의 변화를 나타낸 것이다. 무기 충전재의 함량과 관계없이 xylok을 경화제로써 적용하였을 때의 수분 흡습량이 PN의 경우보다 항상 적게 나타났으며(Fig. 3), 충전재의 함량 증가에 따른 수분 흡습의 감소는 PN의 경우가 더욱 효과적임을 알 수 있다(Fig. 4). 이는 Table 1에 나타낸 바와 같이 xylok의 단량체 크기가 PN보다 크기 때문인 것으로, 88에서 90 wt%로의 충전재 함량 증가에 따른 수분 흡습의 감소가 매우 적게 나타난 것도(Fig. 4b) 이와 같은 xylok의 소수 특성에 기인한 것이라 할 수 있다. 또한 88 wt%에서는 PN과 xylok과의 흡습량 차이가 큰 반면에 90 wt%에서는 그 차이가 매우 적음을 알 수 있었으며, 따라서 90

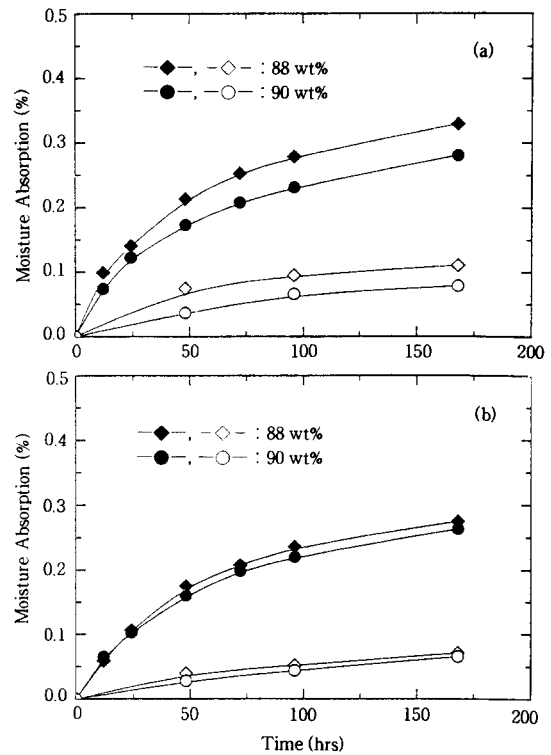


Figure 4. Moisture absorption vs. time with the curing agent of (a) phenol novolac and (b) xylok. The solid symbols represent the results for the condition under boiling water and the open symbols under 85 °C and 85% RH.

wt% 이상의 충전재 함량에서는 경화제의 종류에 관계없이 거의 유사한 수분 흡습 거동을 나타낼 것으로 예상된다.

Fig. 3과 4에 open symbol로 나타낸 것은 반도체 신뢰성 테스트시 일반적으로 사용되는 85 °C, 85% 상대 습도 조건에서의 수분 흡습량의 변화이다. 동일한 시편에 대하여 수분 흡습량을 비교하였을 때, 본 연구에서 사용한 조건이 더욱 가혹하다는 것을 알 수 있었다.

수분 흡습에 따른 접착 강도의 변화. Fig. 5에 일정한 충전재 함량하에서 경화제를 달리한 경우의 흡습 시간에 따른 접착 강도의 변화를 나타내었다. 수분 흡습 시간이 증가함에 따라 접착 강도는 감소하였으며, 이는 일반적으로 알려진 에폭시 수지의 접착 거동과 일치하고 있다.¹⁴ 또한 흡습 시간에 관계없이

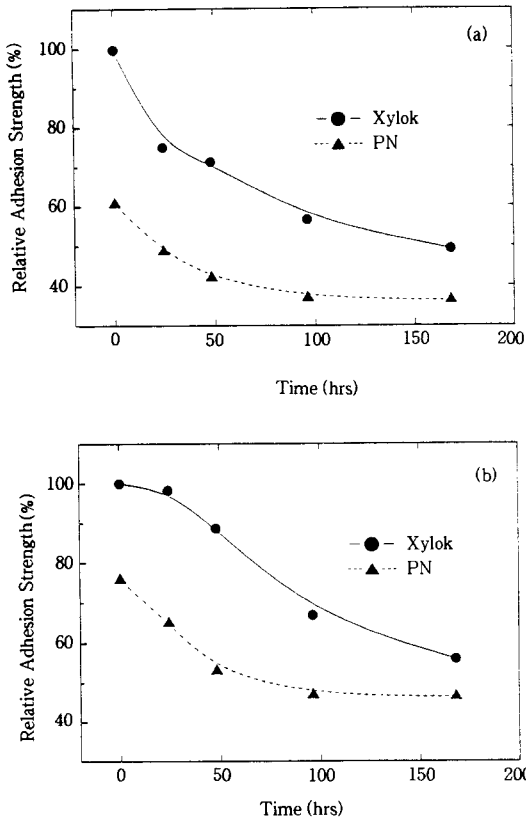


Figure 5. Adhesion strength vs. moisture absorption time with the silica content of (a) 88 wt% and (b) 90 wt%.

xylok을 경화제로 적용한 경우가 PN을 적용한 경우보다 높은 접착 강도를 보였으며, 충전재 함량의 감소에 따른 내습성의 감소에 기인하여 90 wt%보다 88 wt%일 경우의 접착 강도의 감소 폭이 다소 크다는 것을 알 수 있었다. 그러나 충전재 함량에 따른 접착 강도의 변화를 비교한 Fig. 6에서 알 수 있듯이 흡습 시간 증가에 따른 접착 강도의 감소는 xylok의 경우가 PN보다 더 크게 나타났다. Fig. 7에는 흡습률의 변화에 따른 접착 강도의 감소를 나타내었으며, 충전재 함량 및 흡습률 증가에 따라 접착 강도가 감소하고, 충전재 함량이 90 wt%일 때보다 88 wt%일 때 접착 강도의 감소가 크며 또한 그 감소폭이 xylok일 경우가 더욱 심하다는 사실을 명확히 보여주고 있다. 이상과 같이, 경화제로써 xylok을 적용하였을 경우에는 내습성 뿐만 아니라 접착 강도도 PN

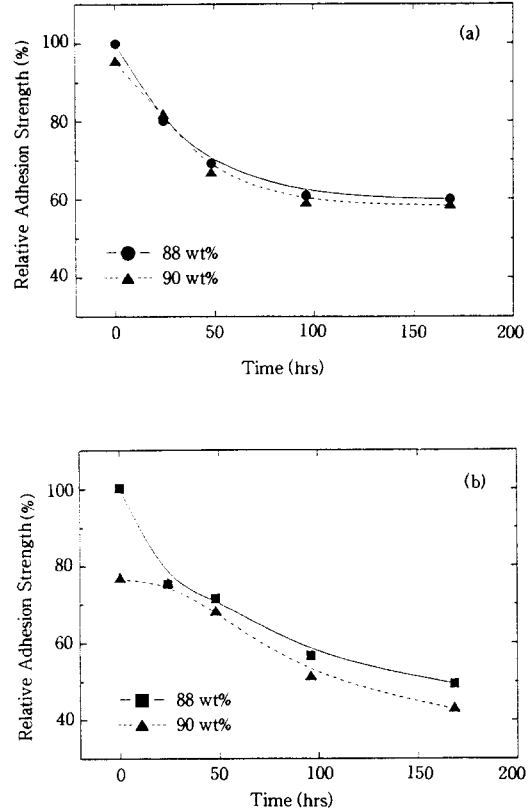


Figure 6. Adhesion strength vs. moisture absorption time with the curing agent of (a) phenol novolac and (b) xylok.

보다 우수하였으나, Fig. 4, Fig. 6 및 Fig. 7의 비교를 통해서 알 수 있듯이 소량의 수분에 의해서도 접착 강도는 더욱 현저하게 감소한다는 것을 알 수 있었다. 한편 PN의 경우에는 충전재의 함량을 증가시키면 흡습량은 큰 폭으로 감소하지만 접착 강도는 충전재의 함량에 따라 크게 변하지 않았으며, 흡습에 따른 감소율도 xylok보다 적게 나타났다.

실리카 충전 함량과 접착 강도와의 관계. Fig. 8은 충전재 함량에 따른 접착 강도의 변화이다. 그림에서 보는 바와 같이 충전재 함량이 증가할수록 접착 강도는 감소하는 것으로 나타났다. 또한 충전재 함량이 87, 88 wt%까지는 접착 강도가 거의 일정한 값을 유지하고 있으나 90 wt% 이상의 함량에서는 급격한 감소를 나타내고 있다. 이는 충전재 함량의 증가에 따라 에폭시 수지 조성물의 점도가 증가했기 때문으로 리드

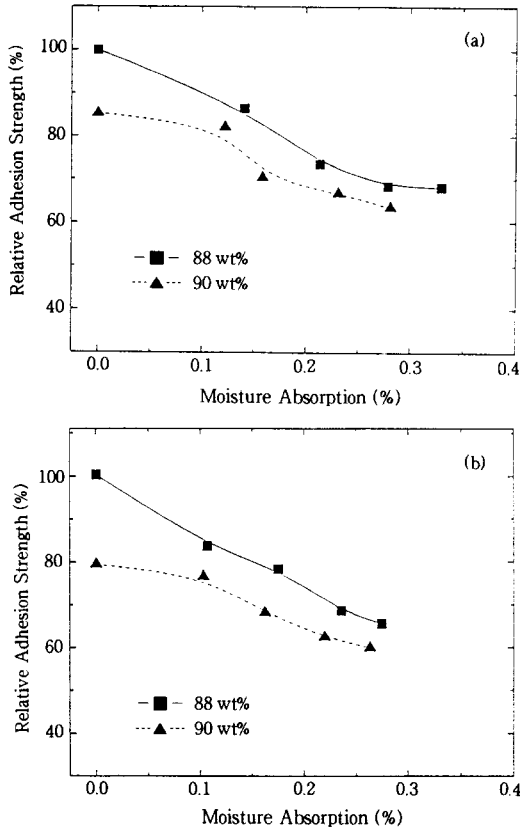


Figure 7. Adhesion strength vs. moisture absorption rate with the curing agent of (a) phenol novolac and (b) xylok.

프레임의 표면 요철 부분의 미세 영역까지 에폭시 수지가 침투하여 접착 면적을 넓힐 수 있는 기회가 상대적으로 감소하기 때문인 것으로 판단된다.¹³ 이상으로부터 충전재 함량이 증가하면 내습성이나 강도, 열팽창계수 등의 신뢰성은 향상시킬 수 있으나, 접착 강도의 감소라는 불이익을 초래할 수 있다. 따라서 충전재 함량이 적정하게 적용되어야 내습성이나 기타의 신뢰성을 향상시키고 동시에 접착 강도 역시 우수하게 유지될 것이다.

XPS 특성 피크 분석. XPS를 이용하여 흡습 시간에 따른 접착 강도 시험후 분리한 리드프레임으로부터 EMC와 금속 리드프레임과의 접착 계면을 분석하였다. 리드프레임으로 사용한 alloy42는 구리계 합금보다 열전도도는 뒤떨어지나 산화층 생성이 적고 열팽창계수가 매우 낮아 저열 용력화에 유리하며 Fe :

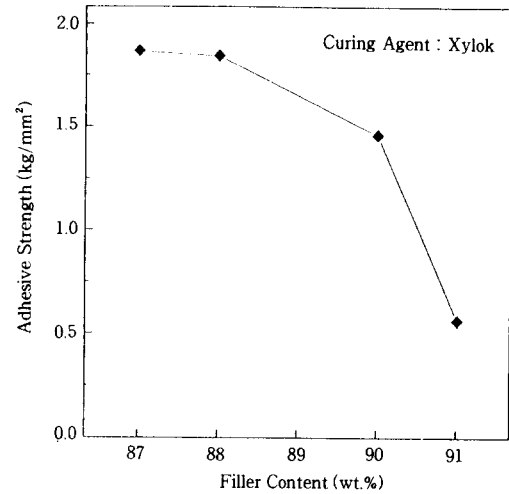


Figure 8. Variation of adhesion strength with the content of silica.

Ni 함량비가 58 : 42인 Fe 과량의 합금이다. 이러한 합금은 철과 니켈 원자가 일정한 격자 속에서 위치하지만 표면이 가혹한 산화 분위기인 성형중의 고온(180 °C)과 끓는 물에서는 과량의 철원자가 산소 및 수분을 강하게 흡착함으로 FeO, FeO(OH) 및 $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ 등의 산화막을 형성하며, 환원 분위기에서는 Fe_3O_4 가 형성되어 이것이 산화되면 그 표면에 $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 의 피막을 형성하는 것으로 알려져 있다.^{14,15} 철의 산화막은 물리, 화학적으로 산소 및 수분이 흡착됨으로써 형성된다.⁶ 특히 물리적으로 흡착된 수분은 분자 상태로 존재하며, 화학적으로 흡착된 경우는 OH^- 나 O^{2-} 로 해리된 라디칼이 금속 원자와 결합하여 산화막으로 존재하게 된다. 이와 같이 형성된 금속 표면의 수산화기는 유기물과의 수소 결합의 원천이 된다. Fig. 9는 흡습 전후의 합금 표면의 Fe(2p₃)의 특성 피크이다. 그림과 같이 금속철(NiFe), 2가 및 3가의 철산화물이 발견되었으며 흡습에 따라 금속 철의 피크 강도 및 면적비가 다소 감소하고 산화철들의 피크가 약간 증가하였다. 이러한 결과로부터 본 실험에 사용된 리드프레임도 흡습에 따라 약간의 산화가 진행됨을 알 수 있다.

Fig. 10은 xylok을 적용한 시편에서 분리한 리드프레임의 흡습 시간에 따른 C1s 특성 피크를 나타낸 XPS 결과이다. 285.0 eV는 C-C 결합, 1.5~1.6 eV 높은 결합 에너지는 C-O의 결합, 그리고 1.8~2.4 eV

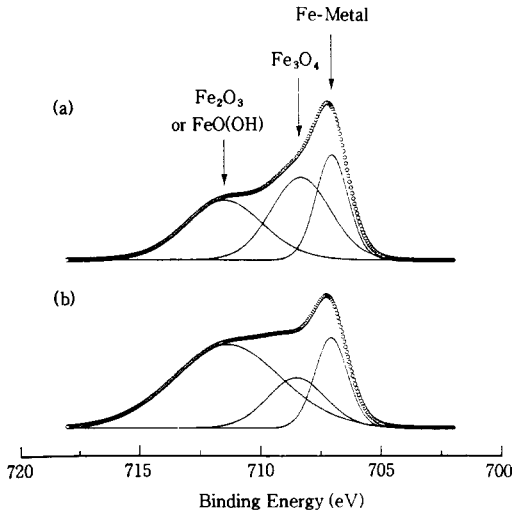


Figure 9. Fe(2p₃) spectra from the neat alloy leadframe. (a) Before moisture absorption and (b) after moisture absorption for 168 hrs.

높은 결합 에너지 피크는 phenolic hydroxyl기이다. 그림에서 보는 바와 같이 C-O의 결합은 크게 감소하지 않은 반면에, phenolic hydroxyl기의 피크 강도는 흡습 시간 증가에 따라 큰 폭으로 감소되고 있었으며 이 때의 감소 폭은 48시간 흡습했을 때에 가장 크다는 것을 알 수 있다. 이것은 phenolic hydroxyl의 수산기가 수분 흡습에 큰 영향을 받기 때문인 것으로, 경과후의 접착 강도의 큰 감소와 일치하고 있다. 한편 PN을 적용한 경우 리드프레임 표면의 흡습 시간에 따른 Cls 특성 피크를 Fig. 11에 나타내었다. 앞서 본 xylok을 경화제로 적용한 경우와는 달리 phenolic hydroxyl 특성 피크가 나타나지 않고 C-C 결합과 약한 C-O 결합 특성 피크만이 발견되었으며, 흡습 시간 경과에 따른 피크 강도의 변화가 거의 없었다. Fig. 12는 xylok을 경화제로 적용한 경우 접착되었던 리드프레임을 약 1분 동안 이온 에칭한 후의 Cls에 대한 XPS 결과이다. 에칭 시간은 survey scanning에 의하여 탄소 피크가 감소되고 철과 니켈 피크가 나타날 때까지로 정하였으며 이러한 에칭 시간을 주의깊게 변화시킨 것은 접착 계면을 관찰하기 위해서이다. Fig. 10에서와 마찬가지로 phenolic hydroxyl기가 계면에서도 발견되고 있으며 수분 흡습에 따라 감소된 것을 관찰할 수 있었다.

에폭시 수지 조성물과 리드프레임과의 접착 기구.

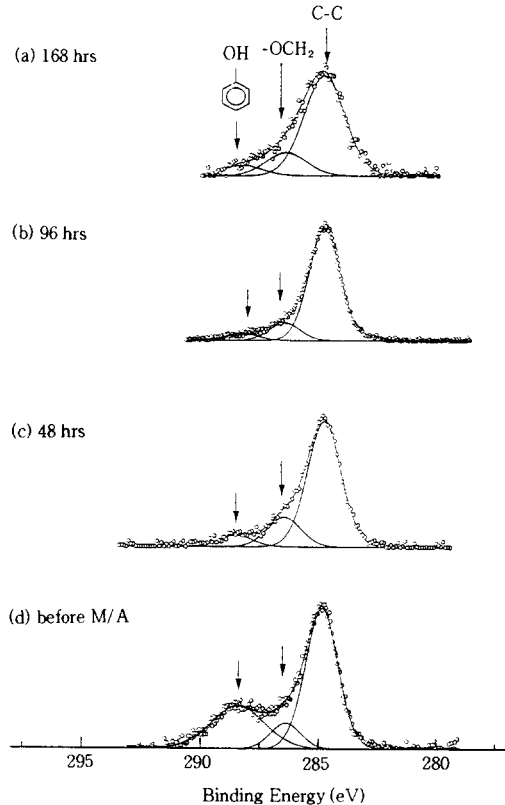


Figure 10. Cls spectra from the no-etched leadframe separated from xylok-cured EMC after pull-tested with moisture absorption(M/A) time.

이와 같이 xylok과 PN을 적용한 경우의 접착 표면 및 계면을 분석한 결과 두 시스템간의 XPS 특성 피크에 차이가 있는 것으로 나타났으며, 따라서 이 둘 간에 서로 다른 접착 기구가 작용한다고 볼 수 있다. 금속과 유기물간의 접착 기구에는 여러 이론이 있으며 대개의 경우 그 중 몇 가지가 복합적으로 작용한다고 알려져 있는데,⁵ 본 연구에서의 가능한 접착 기구로는

- ① 합금과 에폭시 계면에서 발생되는 수소 결합,
- ② 금속 표면의 수산화기와 에폭시 관능기와의 화학 결합
- ③ 유기물 분자와 산화물과의 π 전자에 의한 결합⁶
- ④ 합금의 미세한 요철과 이 부분에 침투된 에폭시 수지와와의 기계적 고착

등을 들 수 있다.

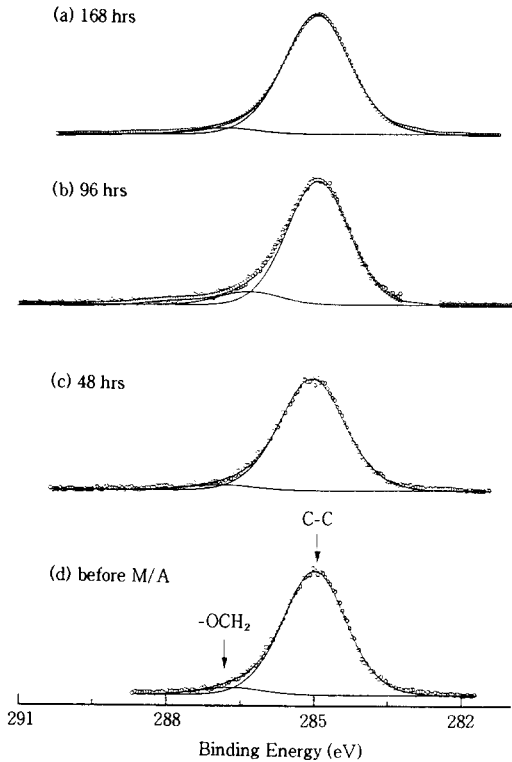


Figure 11. Cls spectra from the no-etched leadframe separated from PN-cured EMC after pull-tested with moisture absorption(M/A) time.

에폭시와 금속과의 접착에는 ①~④ 모두 작용할 가능성이 있으나 경화제로서 xylok을 적용한 경우에는 그 중 ①, ②가 강하게 작용한다고 판단되며 ④에 의한 두 경화제간의 접착 강도 차이도 있을 것으로 생각된다. J. Glazer의¹⁶ 연구에 의하면 에폭시 수지가 금속에 대해서 강한 접착력을 갖는 것은 에폭시 수지, 또는 페놀 수지의 수산기가 금속 표면에 흡착된 수산기와 강한 수소 결합을 형성하여 높은 이중 분자간 응집 에너지를 갖기 때문이라고 설명하고 있다. Xylok을 적용한 경우에서도 Fig. 10에서 관찰된 유기물 접착면에 존재하는 수산기가 금속 부분의 수산기와 강한 수소 결합을 이루고 있으며, 이러한 수소 결합은 흡습이 진행되는 동안 bulk EMC를 통해서나 EMC와 금속 리드프레임과의 계면으로 침투하는 물분자에 의해 공격을 받게 된다. 따라서 2차 결합이라 할 수 있는 수소 결합 자리가 줄어들고, 리드프레임의 산화가 발생하여(Fig. 9), 흡습이 진행되는

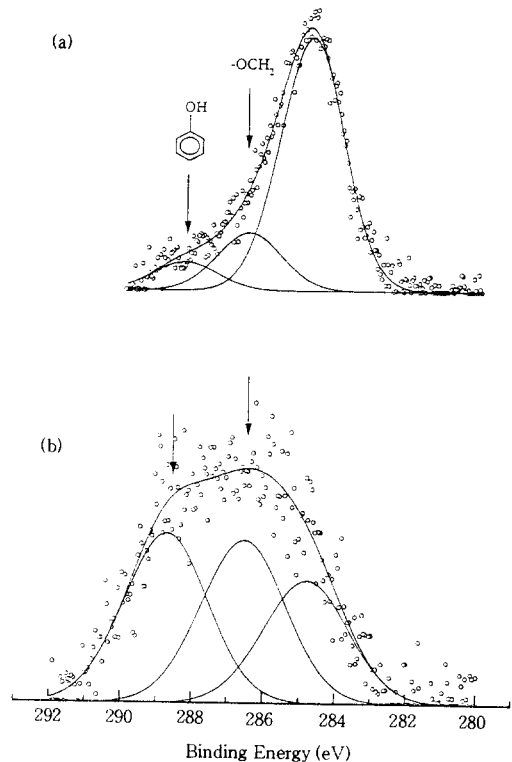


Figure 12. Cls spectra from etched leadframe for 1 min separated from xylok-cured EMC. (a) After moisture absorption for 168 hrs and (b) before moisture absorption.

동안 접착 강도가 급격히 감소되는 것이다. 이때 Fig. 10에서 볼 수 있었던 C-O(ether)결합은 $-OCH_2$ 에서 발견되는 것으로 합금 표면에 존재하는 수산기와 에폭시와의 반응에 의한 화학 결합으로 볼 수 있으며,¹⁷ 이러한 화학 결합은 수분에 의한 결합 파괴 에너지보다 커서 흡습에 큰 영향을 받지 않기 때문에⁶ 수분이 침투되어도 피크 강도가 감소하지 않았던 것으로 판단된다. 반면에 PN의 경우에는 리드프레임 표면의 수산기와 에폭시와의 반응은 찾아볼 수 있었으나 수소 결합의 주된 요인이 되는 phenolic hydroxyl 피크는 거의 확인할 수 없었다.

Xylok과 PN은 거의 비슷한 화학 구조를 갖고 있음에도 불구하고 접착 특성 측면에서 이와 같은 차이가 나는 것은, 근본적으로 xylok의 점도가 PN보다 상대적으로 낮기 때문인 것으로 볼 수 있다.¹³ 즉 충전재 함량이 90 wt%일 때 xylok을 경화제로 사용하

였을 경우에는 약 300 poise의 점도를 나타낸 반면 PN의 경우에는 500 poise에 가까운 높은 점도를 나타내고 있다. 이는 flow tester를 이용하여 길이 10 mm, 직경 1 mm의 capillary로 측정된 결과로써 EMC의 흐름성을 나타내는 spiral flow를 측정하였을 때도 동일한 결과를 나타내었다. 성형 과정에서 점도가 낮은 xylok 조성물은 PN에 비해 리드프레임의 미세한 요철 부분에까지 잘 분산될 수 있으며, 조성물과 금속간의 계면 간격을 줄일 수 있다. 그러므로 접착 거리가 가까워지고 2차 결합에 의한 접착 강도의 향상 가능성도 많아질 뿐만 아니라, 금속 표면에 흡착된 수산기와 반응할 수 있는 기회 역시 많아지게 된다. 따라서 용융 점도가 상대적으로 높은 PN의 경우와 달리 높은 접착 특성을 나타냈으며, 상대적으로 많이 형성된 수소 결합 자리가 수분에 의해서 소멸되기 때문에 흡습률의 증가에 따른 접착 강도의 감소율도 커진 것이라고 판단된다.

결 론

Biphenyl계 에폭시에 실리카를 87 wt% 이상 고충전시킨 EMC에서 경화제로써 phenol novolac (PN)보다 xylok을 적용한 경우가 내습성 및 접착 강도에서 더욱 우수하였으나 수분 흡습에 따른 접착 강도의 감소는 xylok일 경우가 더 크게 나타났다. 또한 충전재 함량이 적정하게 적용되어야 내습성의 향상과 우수한 접착 강도를 동시에 얻을 수 있음을 알 수 있었다. EMC와 alloy42 리드프레임 접착 계면에 대한 XPS 관찰 결과, xylok을 경화제로 적용한 경우에서는 유기물과 금속 리드프레임과의 수소 결합과 화학 결합이 주된 접착 기구인 것으로 판단되며, 높은 접착 강도를 나타내는 것은 저점도에 기인한 이와 같은 수소 결합의 가능성 및 리드프레임과의 가까운 분자간 거리로부터 설명할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. M. G. Pecht, L. T. Nguyen, and E. B. Hakim, "Plastic-Encapsulated Microelectronics", chap. 4, John Wiley & Sons, Inc., NY, 1995.
2. L. T. Nguyen, *SPE RETEC*, 182 (1991).
3. M. Kajii, A. Takanori, and N. Kazuhiko, *J. Thermosetting Plastics (Japan)*, **14**, 1 (1993).
4. H. G. Yoon, K. S. Moon, and J. M. Kim, *Polymer Abstracts (Korea)*, **22**(1), 44 (1997).
5. A. Pizzi and K. L. Mittal, "Handbook of Adhesive Technology", Marcel Dekker, Inc., NY, 1994.
6. M. Nakazawa and G. A. Somorjai, *Appl. Surf. Sci.*, **84**, 309 (1995).
7. J. Comyn, "Durability of Structural Adhesives", p. 85, Applied Science, Barking, 1983.
8. R. A. Gledhill, A. J. Kinloch, and S. J. Shaw, *J. Adhesion*, **11**, 3 (1980).
9. C. A. Gosselin, *SAE Tech. Paper Ser.*, 850211 (1985).
10. D. Briggs, in "Practical Surface Analysis", Eds., by D. Briggs and M. P. Seah, John Wiley & Sons, Ltd., NY, 1983.
11. S. J. Spells, "Characterization of Solid Polymers", Chapman & Hall, London, 1994.
12. C. R. Brundle, T. J. Chuang, and K. Wandelt, *Surf. Sci.*, **68**, 459 (1977).
13. H. G. Yoon and T. J. Moon, "Adhesion Mechanism between EMC and Leadframe and Development of Additives and Base Resin System for Good Adhesion Property of EMC", Final Research Report on Commission of Cheil Industries Inc., 1996.
14. U. R. Evans, "The Corrosion and Oxidation of Metals", Edward Arnold Ltd., London, 1968.
15. C. D. Stockbridge, P. B. Sewell, and M. Cohen, *J. Electrochem. Soc.*, **108**, 928 (1961).
16. J. Glazer, *J. Polym. Sci.*, **8**, 355 (1954).
17. E. H. Andrews and N. K. King, *J. Mater. Sci.*, **11**, 2004 (1976).