

리드프레임/EMC 접합체의 접착력 측정

Measurement of Adhesion Strength of Leadframe/EMC Joint

이호영*(한국과학기술원 재료공학과)

유진 (한국과학기술원 재료공학과)

1. 서론

근본적으로 성질이 다른 두 재료(금속-고분자, 세라믹-금속, 고분자-세라믹 등)를 접착한 접합체의 특성을 평가할 때는 반드시 정량적인 접착력 데이터가 요구된다. 지금까지 재료공학자들이 주로 사용한 접착력 측정방법은, 접합체의 파괴가 일어나는 임계하중을 측정하여 여러 가지 접착력 파라미터로 환산하는 고전적인 접착력 측정방법이었다. 이러한 방식의 접착력 측정 시편은 여러 종류가 있지만[1], 정량적인 접착력을 측정할 수 없는 한계점을 가지고 있다.

접착력은 접착으로 형성된 계면의 분리를 전제로 평가되어야 한다. 계면의 분리는 계면균열의 진전을 의미하고, 주어진 하중조건에서 계면균열이 진전할 것인가 아닌가를 평가하려면 계면파괴역학(interface fracture mechanics)의 도입이 필수적이다. 계면파괴역학적 관점에서 볼 때, 접착력의 측정은 계면파괴인성치(interfacial fracture toughness)를 측정하는 것이다.

계면균열은 균질한 재료의 내부에 존재하는 균열과는 여러 가지로 다른 특성을 보인다[2]. 외부에서 단순인장하중(K_I mode)만 가하더라도 균열선단에서는 두 재료사이의 탄성계수차이 때문에 인장응력뿐 아니라 전단응력이 함께 유발된다. 또한, 성질이 다른 재료가 접착되어 형성된 계면은 보통 취약한 특성을 나타내어, 전단응력(K_{II} mode)이 걸리더라도 균열은 재료내부로 쉽게 킹크(kink)되지 못하고 계면을 따라 진전하게 된다. 따라서 계면균열의 거동에 관한 올바른 해석을 위해서는 하중혼합도(mode mixity)의 고려가 필수적이다. 일반적인 계면균열의 경우, 위상각($\psi = \tan^{-1}(K_{II}/K_I)$)의 절대값이 증가함에 따라 계면파괴인성치가 증가하는 경향을 보인다. 그 이유는 전단응력 성분이 커짐에 따라 균열선단 부근에서의 접촉영역 및 소성영역의 증가하여 [3] 단순인장응력하에서 균열을 진전시키기 위한 여분의 일(extrawork)이 더 필요하기 때문이다. 뿐만 아니라 두 재료의 컴플라이언스가 다르기 때문에 위상각의 부호가 음이나 양이나에 따라 유효균열길이(effective crack length)의 변화가 생겨 위상각 0° 를 기준으로 할 때 계면파괴인성치 곡선은 대칭성을 기대하기 어렵다[4]. 따라서, 반드시 음과 양의 위상각 전 범위에 걸쳐서 계면파괴인성치를 측정해야 한다. 위상각에 따른 계면파괴인성치 곡선의 이론적인 예측은 불가능하며 오로지 실험에 의해서만 측정이 가능하다.

계면파괴인성치를 측정하기 위한 시편은 3-Point Bending[5], Delamination[6,7], DCB(Double Cantilever Beam)[6,8], Sandwich[9,10], Brazil-nut[11], Brazil-nut-sandwich[12], Peeling[13], Blade Test[14], Pull-out[15], Blister Test[16] 등이 있다. 이 중에서 DCB 시편, Bending 시편, Delamination 시편, Peeling 시편, Blade 시편, Pull-out 시편, 그리고 Blister 시편 등 대부분의 시편은 한 시편 내에서 외부하중으로 줄 수 있는 위상각의 범위가 그리 크지 않으며, Peeling 시편의 경우에는 실험대상 시편의 비선형적인 재료거동을 전부 알아야 정확한 해석이 가능하고, Pull-out 시편은 계면파괴인성치와 위상각이 잔류응력의 영향을 많이 받는다는 문제점이 있다. 이에 반해 Brazil-nut 시편은 거의 모든 범위의 위상각을 줄 수 있다는 장점이 있으며[17], 더구나 에너지방출률이 잔류응력의 영향을 받지 않으므로 계면파괴인성치를 측정할 때, 잔류응력의 효과를 고려하지 않아도 된다. 그러나, Brazil-nut 시편은 압축형태의 하중이 가해지므로 균열의 윗면과 아랫면의 접촉이 다른 시편들에 비해 크며, 또한 두 재료간의 탄성계수 차이 때문에 각 균열선단에 걸리는 하중상태가 동일하지 않다. 따라서, 균열의 진전은 유효균열길이가 큰 쪽의 균열이 먼저 진전하리라고 예측할 수 있지만, 어느 쪽의 균열이 먼저 진전할지를 예측한다는 것은 사실상 불가능하다[12]. 이에 반해 Brazil-nut시편을 개량하여 만든 Brazil-nut-sandwich 시편은 Brazil-nut 시편과 Sandwich 시편을 결합한 것으로, 균질한 Brazil-nut 시편의 균열이 계면균열이

되도록 중간에 얇은 이종재료층을 삽입한 것이다[12]. 중간층의 두께가 바깥층의 두께에 비하여 매우 얇을 경우, 시편은 근사적으로 바깥층만으로 구성된 균질시편이라고 생각할 수 있다. Brazil-nut-sandwich 시편에 대하여는 Hutchinson과 Suo[9]가 제안한 식을 이용하여 해석할 수 있으며, 잔류응력의 영향은 무시할 수 있다.

본 연구에서는 Sandwich, Brazil-nut-sandwich, Sandwiched Four-point Shear 시편을 제작하여 산화처리된 구리계 리드프레임과 EMC(epoxy molding compound) 사이의 접착력을 정량적으로 측정하고자하였다.

2. 실험방법

구리계 리드프레임(EFTEC-64T)을 12mm×49mm 크기로 잘라 표면세척과정 및 자연산화막(native oxide) 제거 후 뜨거운 알칼리 용액에 담귀 표면에 Black Oxide와 Brown Oxide를 형성시켰다. 일부 산화된 리드프레임은 기본적인 산화막의 특성평가에 이용되었으며, 나머지 일부는 EMC(epoxy molding compound)로 압축성형하여 Sandwich 시편과 Brazil-nut 시편 그리고 Sandwiched Four-point Shear 시편을 제작하였다. Sandwiched Four-point Shear 시편은 Four-point Shear[18] 시편에 얇은 이종재료를 삽입하면 Sandwiched 시편이 된다[9]는 것에 근거를 두고 제작하였다.

기계적 테스트를 거친 후에는 파괴궤적(failure locus)을 살펴보고자 시편파면을 SEM, AES, XPS 등을 이용하여 분석하였다.

3. 결과요약

Black Oxide 처리된 시편이 Brown Oxide 처리된 시편에 비하여 더 큰 접착력을 보였는데, 이는 Black Oxide의 표면거칠기가 Brown Oxide의 표면거칠기에 비하여 더 크기 때문에 EMC와의 기계적고착(mechanical interlocking)을 더욱 효과적으로 할 수 있었기 때문으로 생각된다.

본 연구에서 사용한 접착력 측정방법을 다른 시스템의 접착력 측정에 이용하면 보다 정확한 접착력 데이터를 얻을 수 있을 것이다.

4. 참고문헌

- [1] 박익성: 박사학위논문, 한국과학기술원 (1997) p9.
- [2] Zhigang Suo, Ph. D. thesis, Harvard University (1989) p1.
- [3] V. Tvergaard and J. W. Hutchinson, J. Mech. Phys. Solids, Vol.41, 1993, pp.1119-1135
- [4] J. W. Hutchinson, M. E. Mear and J. R. Rice, ASME J. Applied Mechanics, Vol.54, 1987, pp.828-832
- [5] M. Y. He, C. F. Shih and A. G. Evans, Int. J. Fracture, Vol.59, 1993, pp.377-385
- [6] H. C. Cao and A. G. Evans, Mechanics of Materials, Vol.7, 1989, pp.295-304
- [7] P. G. Charalambides, J. Lund, A. G. Evans and R. M. McMeeking, ASME J. Applied Mechanics, Vol.56, 1989, pp.77-82
- [8] T. S. Oh, R. M. Cannon and R. O. Ritchie, J. Am. Ceram. Soc., Vol.70, No.12, 1987, pp.C-352-C-355
- [9] Z. Suo and J. W. Hutchinson, Materials Science and Engineering, Vol.A107, 1989, pp.135-143
- [10] L. A. Carlsson and S. Prasad, Engineering Fract. Mech., Vol.44, No.4, 1993, pp.581-590
- [11] N. P. O'Dowd, C. F. Shih and M. G. Stout, Int. J. Solids Structures, Vol.29, No.5, 1992, pp.571-589
- [12] J. S. Wang and Z. Suo, Acta Metall., Vol.38, No.7, 1990, pp.1279-1290
- [13] S. Kim, IEEE Trans. on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-14, No.4, 1991, pp.809-817
- [14] M. D. Thouless, Acta Metall., Vol.38, No.7, 1990, pp.1135-1140
- [15] C. H. Hsueh, Mater. Sci. Engineering., Vol.A154, 1992, pp.125-132
- [16] K. M. Liechti and Y-M. Liang, Int. J. Fracture, Vol.55, 1992, pp.95-114
- [17] M. R. Shanbhag and K. Eswaran, S. K. Maiti, Engng. Fract. Mech., Vol.44, No.1, 1993, pp.75-89
- [18] M. Y. He, H. C. Cao and A. G. Evans, Acta metall. mater., Vol.38. No.5. 1990, pp.839-846