

금속재/복합재의 본딩력 향상을 위한 금속재의 표면처리

Surface Treatment of Metal to Improve Bonding Strength of Metal/Composites

양준호*, 지창현**, 이경엽***

* : 원광대학교 기계공학과 대학원

** : 원광대학교 기계공학부

*** : 경희대학교 기계·산업시스템공학부

Abstract

In this study, the optimal condition of surface treatment for aluminum panel was determined by measuring the contact angle and T-peel strength. The contact angle was measured for various mixture ratios of acetylene gas and nitrogen gas. The mixture (acetylene gas to nitrogen gas) ratios used were 1:9, 3:7, 5:5, 7:3, and 9:1. The contact angle was also measured as a function of time of surface treatment. The results showed that the contact angle was a minimum for mixture ratio of 5:5. T-peel strength was a maximum for the treatment time of 30 second.

1. 서론

최근 연비와 성능을 더욱 향상시키기 위한 경량화의 사회적 요구가 증가되면서 알루미늄 합금, 강판, 또는 섬유 강화 복합재료를 상호 접착하여 구조물로 사용하는 경우가 증가하고 있다. 또한 균열이 발생한 금속 구조물을 복합재 패치를 이용해 보수하는 연구가 활발히 이루어지고 있다.^[1-2] 현재 복합재 패치를 이용한 보수기술에서 대두되는 문제점 중의 하나는 패치와 금속재 간의 접착력을 얼마나 향상시키는 가이다.

본 논문은 금속재/복합재 패치의 접착강도를 증가시키기 위한 표면처리 최적조건에 관한 연구로, 접착력과 내구성을 증가시키기 위해 알루미늄 (Al5052 H34-2T) 표면을 다양한 조건으로 표면처리 하였다. 표면처리에 따른 접착각 및 T-Peel strength 측정, 또한 paint를 이용한 Peel test를 통해 표면처리 최적조건을 결정하였다. 알루미늄에 대한 표면처리는 Plasma를 이용하여 고분자 합성

을 통해 표면에너지를 증가시켜 접착력을 향상시키는 방법을 이용하였다.^[3-4]

2. 실험

2.1 DC Plasma에 의한 알루미늄 표면처리

알루미늄판에 플라즈마를 이용한 고분자 합성을 통하여 표면처리를 수행하였다. 플라즈마 고분자 합성시 공정변수의 최적조건을 조사하기 위하여 플라즈마 원료가스비와 합성시간을 변화시켜 알루미늄판을 표면처리 하였다. 플라즈마 고분자 막 합성을 위한 알루미늄 판은 $100 \times 20 \times 2\text{mm}^3$ 의 크기로 절단하여 사용하였다. 알루미늄판 표면의 유기물을 세척하기 위하여 아세톤에 10분간 초음파로 세척한 후 다시 에탄올과 삼차 증류수를 사용하여 각각 5분간 초음파로 세정한 후 고순도 N_2 가스를 이용하여 시편의 표면에 잔류하는 용액을 제거 하였다.

본 실험에 사용된 플라즈마 고분자 합성장치의 개략도는 Fig. 1에 나타내었다.

플라즈마 원료가스는 아세틸렌(C₂H₂)과 질소(N₂)를 사용하였으며 혼합가스비는 1:9, 3:7, 5:5, 7:3, 9:1로 변화시켜 알루미늄판에 표면처리를 수행하였으며, 플라즈마 고분자 막 합성시간은 먼저 30sec와 60sec로 수행한 후 최적의 혼합가스비를 결정된 후에 최적 혼합가스비에 대해 10sec, 20sec, 30sec, 40sec, 50sec, 60sec로 다양하게 하였다. 챔버 내의 고분자 합성반응을 일으킬 때의 진공압력은 1×10^{-5} Torr이며 applied power는 200W, Anode와 Cathode 사이의 거리는 10cm로 알루미늄 자체가 전류가 흐를 수 있게 Anode에 연결을 시키고 current는 100mA, 800~820V를 합성시간 동안 유지시켜 주었다. 각 원료가스의 혼합비에 따라 생성된 플라즈마 형성의 사진을 Fig. 2에 나타내었다.

2.2 실험방법

알루미늄판에 플라즈마 고분자 합성시 공정변수의 최적조건을 조사하기 위하여 각각의 경우에 대한 접촉각 변화를 contact angle meter(goniometer type)를 이용하여 측정하였으며 5회 측정값의 평균값을 구하였다.

T-peel test는 이중 재료의 접착면에서 작용하는 접착강도와 T-peel strength의 정확한 값을 측정하는 실험으로 ASTM D1876-95에 준하여 시행하였다.^[5] Fig. 3은 scotch tape를 이용한 T-peel test에 사용된 시험편을 보여준다. 실험은 0.1톤인 만능시험기를 사용하여 변위 조절을 통한 일정 변형률(4mm/min) 하에서 실행하였고 하중 및 변위 데이터는 만능시험기에 부착된 LVDT를 통해 측정하였다. 실험 결과의 유사성을 판단하기 위해 각 경우에 대하여 최소한 4개 이상의 실험을 같은 조건하에서 반복 수행하였다.

paint를 이용한 Peel test는 알루미늄판에 paint를 칠하고 그 위에 1mm의 격자를 100개 내어서 scotch tape peel test를 수행한 다음 격자의 수와 계면상태를 비교하였다.

3. 결과 및 검토

Fig. 4는 plasma를 이용하여 표면처리를 하지 않았을 때를 포함하여 아세틸렌과 질소 혼합가스비가 1:9, 3:7, 5:5, 7:3, 9:1 일때 플라즈마 고분자 막

합성시간 30sec와 60sec에 대한 접촉각의 변화를 보여준다. Fig. 4에서 접촉각은 혼합가스비 5:5에 플라즈마 고분자 막 합성시간이 30sec 일때 가장 낮게 나타나며 접촉각의 감소는 표면클리닝과 친수성 그룹의 형성에 기인한다. 이 두가지는 표면에너지 증가의 원인으로 높은 표면에너지는 접촉각을 감소시킨다.

Fig. 5는 위와 동일한 조건에서 표면처리 한 알루미늄판을 가지고 scotch tape를 이용한 T-Peel test를 수행한 결과를 보여준다. 이 실험에서도 혼합가스비 5:5에 플라즈마 고분자 막 합성시간이 30sec 일때 가장 높은 T-Peel strength를 나타낼 수 있다. Fig. 6은 paint를 이용한 scotch tape Peel test 결과이다.

세가지 실험으로부터 가장 우수한 특성을 보인 5:5의 혼합가스비를 최적의 혼합가스비로 정하고 10sec, 20sec, 30sec, 40sec, 50sec, 60sec까지 다양한 합성시간으로 반복 실험을 수행하였다.

Fig. 7은 혼합가스비가 5:5일 때 표면처리 시간에 따른 접촉각의 변화를 보여주고 Fig. 8은 동일한 조건에서 T-Peel strength를 나타낸다. 또한 Fig. 9는 paint를 이용한 scotch tape Peel test 결과로서 각 실험을 공통으로 만족시키는 혼합가스비 5:5에 합성시간이 30sec 일때 가장 접착력이 우수하므로 표면처리 최적조건이라 하겠다. 또한 표면처리를 하였을때가 하지않았을때보다 전체적으로도 접착력이 우수함을 알 수 있다.

4. 참고문헌

- (1) Reinhart, T. J., 1981, "Use of Structural Adhesives by the U. S. Air Force", Adhesive Age, Vol. 10, No. 5, pp. 20-25
- (2) Munz, D. and Yang, Y. Y., 1992, "Stress Singularities at the Interface in Bonded Dissimilar Materials under Mechanical and Thermal Loading", J. Appl. Mech., Vol. 59, pp. 857-861.
- (3) S. C. Choi, K. H. Kim, E. Kralkina, S. C. Ha, S. K. Ryu, S. K. Koh, 2000, "Formation of an Adherent Layer by DC Plasma Polymerization" Polymer Surface Modification : Relevance to Adhesion. pp.

1-12

- (4) S. K. Koh, K. H. Kim, B. H. Kang, S. C. Ha, 1999 "New surface layer formation by ion assisted reaction (IAR) and optimum plasma zone (OPZ)" Mitigation of Heat Exchanger Fouling and Its Economic and Environmental Problems, Banff, Canada. July 11-16, 1999
- (5) ASTM D1876-95, "Standard Test Method for Peel Resistance of Adhesive (T-Peel Test)", ASTM Standards, Vol. 15.06, pp. 107-109.

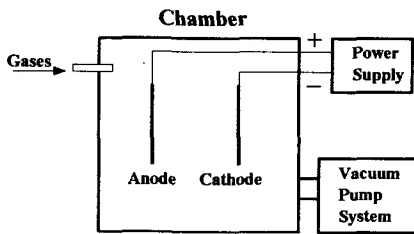


Fig.1 Schematic diagram for a DC plasma polymerization.

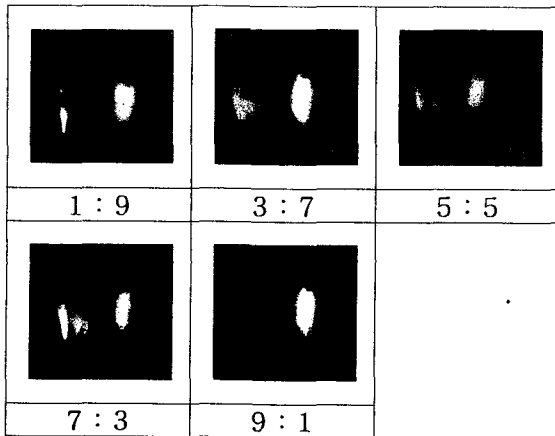


Fig.2 Plasma shape for various ratios of acetylene to nitrogen.

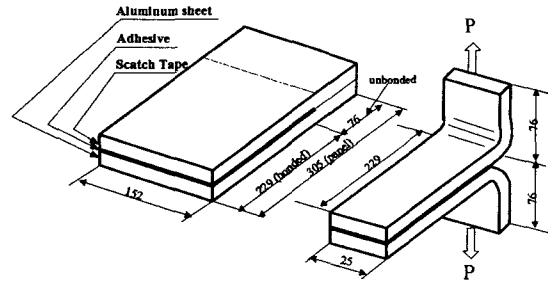


Fig.3 Configuration of T-peel test specimen.

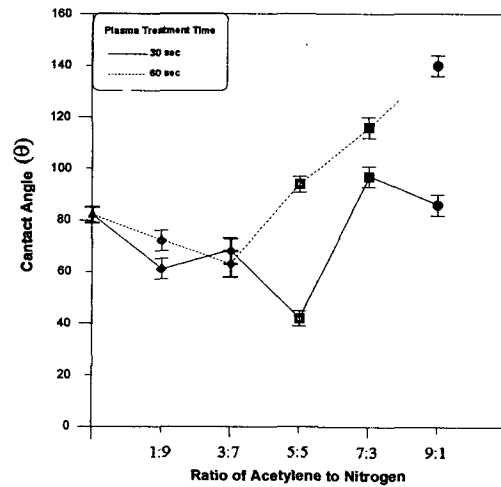


Fig.4 Change of contact angle for various ratios of acetylene to nitrogen.

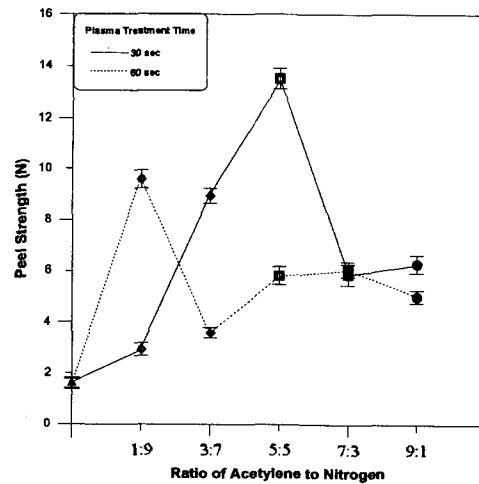


Fig.5 Result of T-Peel test.

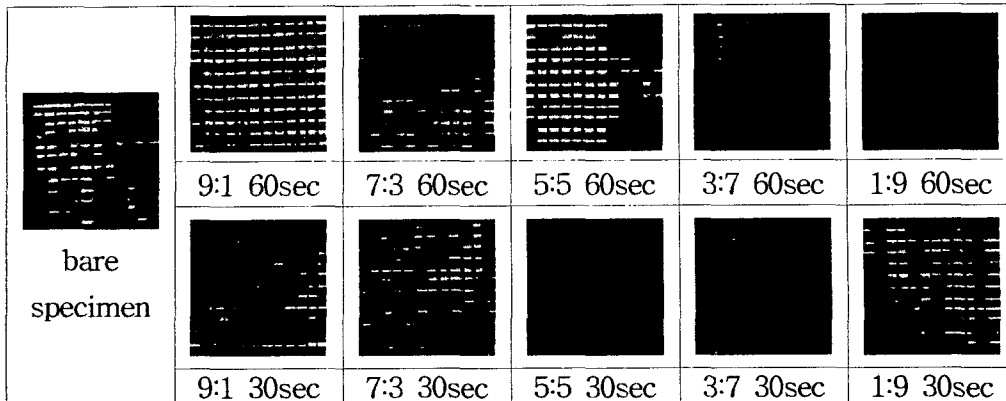


Fig. 6 Results of peel test by scotch tape.

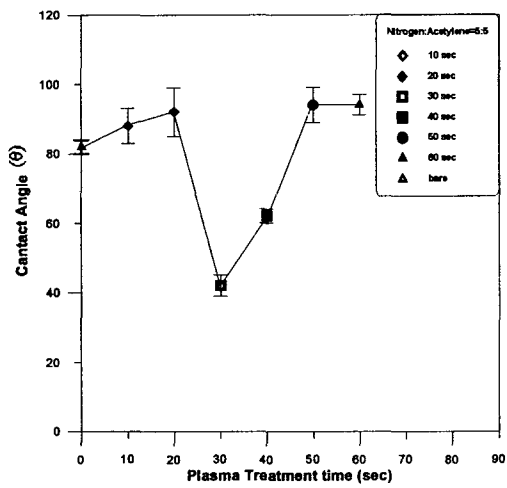


Fig.7 Change of contact angle as a function of treatment time.

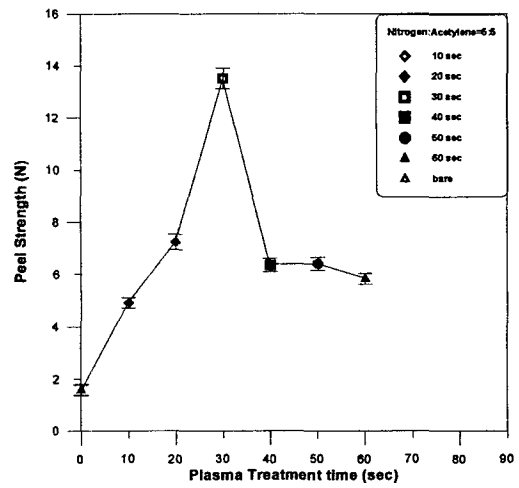


Fig.8 Result of T-Peel test as a function of treatment time.

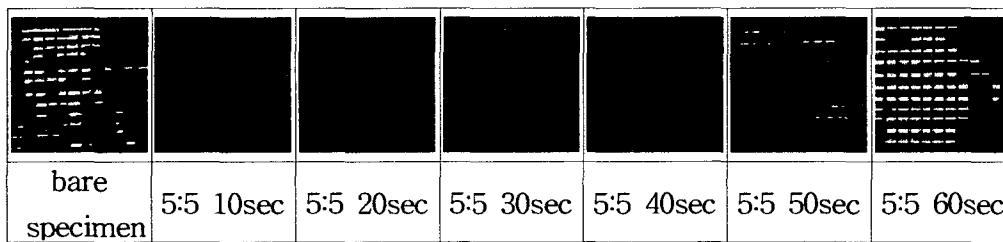


Fig 9. Results of peel test by scotch tape.