

# 표면처리된 알루미늄/CFRP 복합재의 전단특성에 관한 연구

## A Study of Shear Properties of Surface Treated Aluminum/CFRP Composites

양 준 호\*, 지 창 현\*\*, 윤 창 선\*\*\*, 이 경 엽\*\*\*\*

\* : 원광대학교 기계공학과 대학원

\*\* : 원광대학교 기계공학부

\*\*\* : 원광대학교 기계공학과 산업대학원

\*\*\*\* : 경희대학교 기계·산업시스템공학부

### Abstract

This study investigates the effect of surface treatment on the shear strength between aluminum panel and composite plate. The aluminum panel was surface-treated by DC Plasma and the composite plate was surface-treated by ion beam. Lap shear test and T-peel test were performed to determine the shear strength and T-peel strength. Results showed that the shear strength of surface-treated case was 2.5 times higher than that of untreated case. The T-peel strength of treated case was more than 5 times higher than that of untreated case. SEM examination showed that the strength increase of surface-treated case was due to the more spread of epoxy to the panel.

### 1. 서론

알루미늄 합금은 구조의 경량화를 위하여 오래 전부터 항공기에 사용되어져 왔다. 그러나 다양한 하중조건하에 노출되어 운용되기 때문에 시간이 지날수록 부식이나 피로에 의한 균열성장을 수반한다. 따라서 항공기의 수명연장을 위해서는 손상된 기체부위를 보수할 수 있는 기술개발이 요구된다. 최근 선진 외국에서는 노후 항공기(Aging Aircraft)에 대한 손상보수에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며 특히 최적화된 복합재 패치(patch)를 손상된 부위에 접합함으로써 구조물의 손상부위를 보수(repair)하는 연구가 진행되고 있다.<sup>(1-4)</sup>

본 연구는 접합구조물과 수리보수용 금속/복합재 패치의 접착강도를 증가시키기 위해 알루미늄(Al5052 H34-2T)과 복합재 패치에 각각 DC Plasma와 Ion Beam을 이용하여 표면처리를 수행하였다. 또한 SLS(Single Lap Specimen)를 이용한

Lap Shear 시험과 T-Peel 시험을 통해 접착강도를 정량화 하고 주사현미경을 이용한 파면검사로 부터 계면특성을 검토하였다.

### 2. 실험

#### 2.1 복합재와 알루미늄 표면처리

복합재 패치는 14장의 탄소섬유/에폭시 프레프레그(USN 150B-SK케미칼)를 hand-layup 방법으로 0° 단일방향으로 적층한 후 오토클레이브 내에서 열과 압력을 가함으로써 성형하였으며 패치에 대한 표면처리는 성형이 끝난 복합재 패치를 이온도움반응법을 이용하여 처리하였다. 처리시 mass flow controller를 이용하여 복합재 패치 표면에 4sccm의 산소를 흘려주고 입사되는 Ar<sup>+</sup> 이온은 hollow cathode type ion gun을 이용하여 발생

시켰으며 이때 이온의 에너지는 1keV로 하였다. 패치 표면에 도달하는 이온빔의 전류 양은 Faraday cup을 이용하여 측정 하였으며 패치에 도달한 전체 이온의 양은  $1 \times 10^{16}$  ions/cm<sup>2</sup> 으로 처리하였다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 이온도움반용법의 개략도이다.

알루미늄에 대한 표면처리는 플라즈마를 이용한 고분자 합성을 통하여 표면처리를 수행하였다.

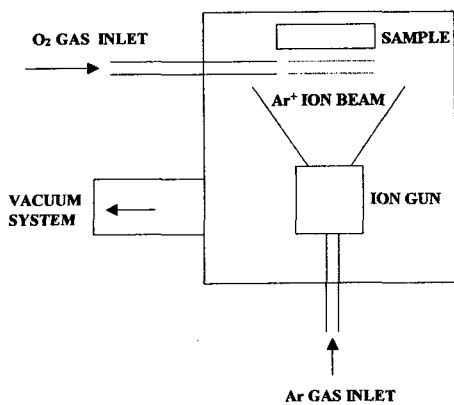


Fig.1 Schematic diagram for an ion irradiation.

먼저 알루미늄판 표면의 압연유등의 유기물을 세척하기 위하여 아세톤에 10분간 초음파로 세척한 후 다시 에탄올과 삼차 증류수를 사용하여 각각 5분간 초음파로 세정한 후 고순도 N<sub>2</sub> 가스를 이용하여 시편의 표면에 잔류하는 용액을 제거하였다.

본 실험에 사용된 플라즈마 고분자 합성장치의 개략도는 Fig. 2에 나타내었다.

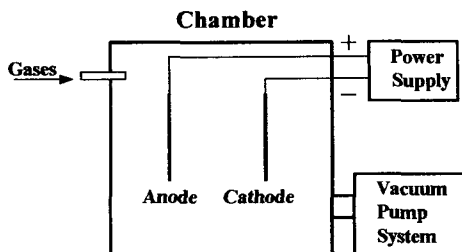


Fig.2 Schematic diagram for a DC plasma polymerization.

플라즈마 원료가스는 아세틸렌(C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>)과 질소(N<sub>2</sub>)를 사용하였으며 혼합가스비는 5:5이고 플라즈마 고분자 막 합성시간은 30초 이다. 챔버 내의 고분자 합성반응을 일으킬 때의 진공압력은  $1 \times 10^{-5}$  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.

## 2.2 실험방법

Lap shear 시험은 시편제작이 용이하고 시험이 간단하기 때문에 이중재료의 접착력 측정시 많이 이용되고 있다. 그러나 Lap shear 시험은 시편의 접착력 측정보다는 접착제의 전단강도 측정성격이 강하다. 하지만 항공기나 접착구조물의 파괴모드에서 Lap joint의 특성을 유사하게 묘사할 수 있는 장점을 가지고 있다. 따라서 위 문제점을 해소하고자 정밀 접착력 측정에 많이 사용되고 있는 T-Peel 시험을 또한 측정하여 각 경우에 대해 비교하였다.

Lap shear 시험편과 T-Peel 시험편은 알루미늄과 복합재 패치의 표면처리가 끝난후에 이차경화법에 의해 각각 Fig. 3과 Fig. 4와 같은 형상으로 제작하였다. 시편의 종류는 각각 네 종류이고 (이하 1, 2, 3, 4라 부름. 1. Surface treated Al / Surface treated Composite 2. Surface treated Al / Regular Composite 3. Regular Al - Surface treated Composite 4. Regular Al - Regular Composite) 접착제는 국도화학(주)의 에폭시계 YD-128과 경화제로는 ( )을 사용하였으며 복합재 패치성형시 제공된 동일한 압력으로 시편을 성형하였다.

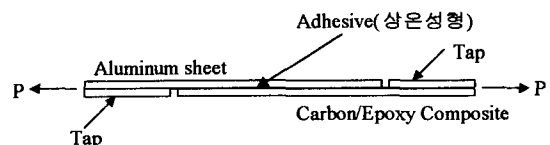


Fig.3 Configuration of single lap specimen.

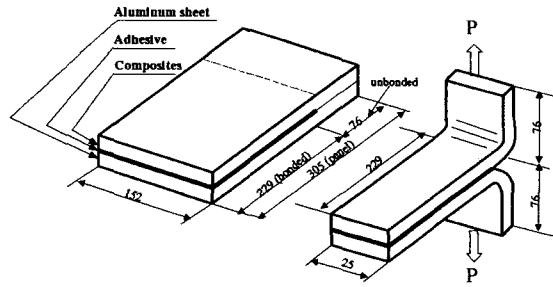


Fig.4 T-Peel test of panel and specimen size.

실험은 1톤인 만능시험기를 사용하여 변위 조정을 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.

### 3. 결과 및 검토

Fig. 5는 Lap shear 시험시 전형적인 하중-변위 선도를 나타내고 Fig. 6은 P- $\delta$  선도의 최대하중으로써 결정된 임계하중  $P_c$ 에 의해 결정된 전단강도의 크기를 비교한 그림이다. 알루미늄과 복합재 모두 표면처리를 했을 경우가 둘 다 하지 않았을 경우에 대해서 월등히 하중이 높은 것을 알 수 있다.

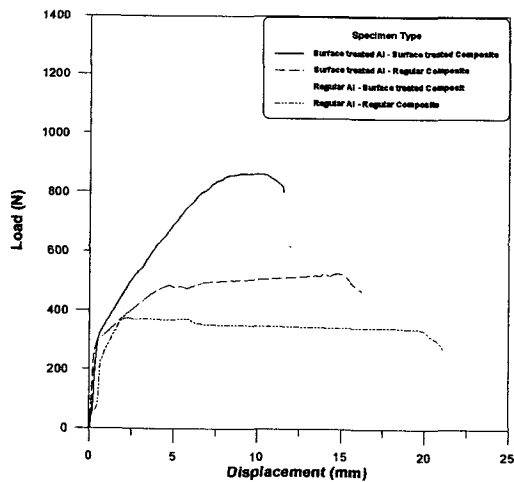


Fig.5 Typical load-displacement curve of SLS.

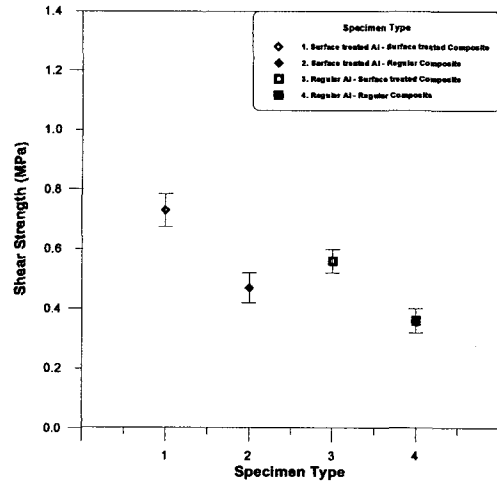


Fig.6 Variation of Shear strength of specimen type.

또한 Fig. 6에서 전단강도가 약 최고 2.5배 정도 증가하는 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 T-Peel 시험에서도 볼 수 있다.

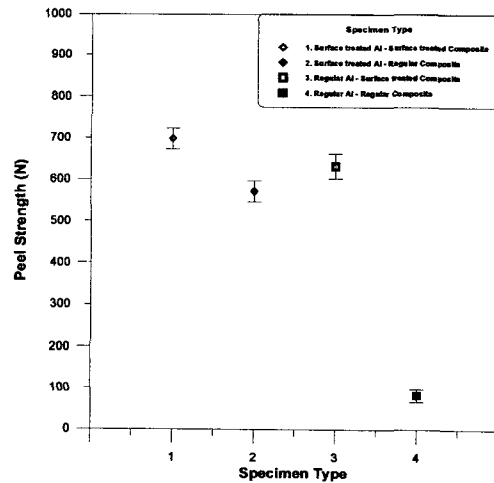


Fig.7 T-Peel strength of specimen type.

Fig. 7은 T-Peel strength를 비교한 그림으로 전단 강도 보다도 더 현저히 증가된 것을 볼 수 있다. 이러한 결과는 복합재에 대한 이온빔 처리와 알루미늄 금속재에 대한 플라즈마 표면처리가 재료 표면을 세척해 줌은 물론 친수성 기능그룹의 형성으로 친수성이 증가되어 에폭시 고분자가 계면에서 확산을 이루기 때문으로 사료된다.

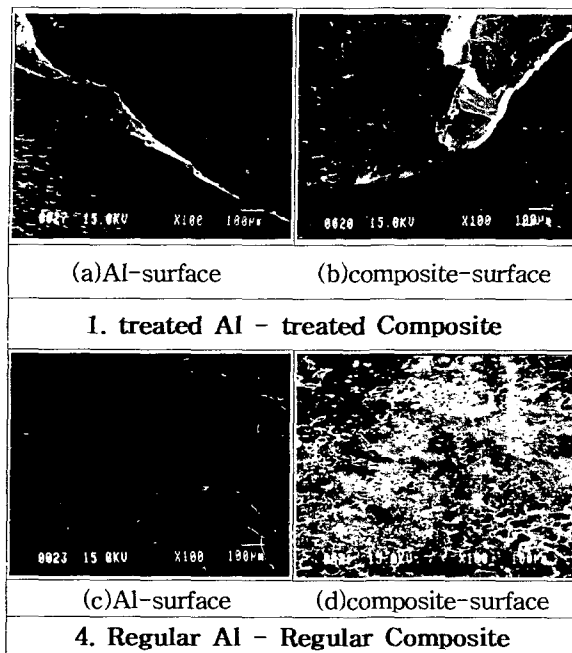


Fig.8 SEM Photograph of fracture surface

Fig. 8은 전단력과 접착력 증가 메카니즘을 규명하기 위해 SEM을 이용한 파면검사를 수행한 사진이다. (a)와 (b)사진은 알루미늄과 복합재 모두 표면처리가 된 시편으로 파면을 보면 에폭시가 거의 기공이 없이 계면확산을 이루고 있으며 벽계면과 같은 파괴에 저항한 흔적을 볼수 있으나 (c)와 (d)는 알루미늄과 복합재 모두 표면처리를 하지 않은 시편으로 (c)에서 보이는 것 처럼 에폭시가 확산을 이루지 못하고 (d)의 복합재 파면 역시 미세 기공으로부터 파단에 이른 것으로 보인다. 이는 Lap shear 시험과 T-Peel 시험의 결과와 마찬가지로 Ion Beam과 DC Plasma에 의해 알루미늄과 에폭시 수지, 복합재와 에폭시 수지 상호간의 접착력을 향상시킨데 기인한다.

#### 4. 참고문헌

- (1) Baker, A.A., 1987, "Fiber Composite Repair of Cracked Metallic Aircraft Components -Practical and Basic Aspects," Composites, Vol.18, pp.293-308
- (2) Chester, R.J., Walker, K.F. and Chalkley, P.D., 1999, "Adhesively Bonded Repairs to Primary Aircraft Structure," International J.

- of Adhesion and Adhesives, Vol.19, pp.1-8
- (3) Schubbe, J.J. and Mall, S., 1999, "Investigation of a Cracked Thick Aluminum Panel Repaired with a Bonded Composite Patch," Engineering Fracture Mechanics, Vol.63, pp.305-323
- (4) Baker, A.A., and Jones, R., "Bonded Repair of Aircraft Structures," Kluwer Academic Publishers, 1988
- (5) ASTM D1876-95, "Standard Test Method for Peel Resistance of Adhesive (T-Peel Test)", ASTM Standards, Vol. 15.06, pp. 107-109.
- (6) ASTM D906-94a, "Standard Test Method for Strength Properties of Adhesives in Plywood Type Construction in Shear by Tension Loading", ASTM Standards, Vol. 15.06, pp. 25-28.