

Carbon Fiber / Aluminum 복합재료의 전기적 특성연구

○한세원 김봉서 우병철 이희웅
한국전기연구소 도전금속재료연구소

Electrical Properties of Carbon Fiber/Aluminum Composite

Se-Won Han, Bong-Seo Kim, Byung-Chu. Woo, Hee-woong Lee
Conductive & Metallic Material Lab. KERI

Abstract

Carbon fiber/Aluminum composites were fabricated vacuum hot press method with condition of 10^{-3} torr, 100MPa, 600°C, 30min. Microstructure, mechanical properties, electrical properties and thermal properties of CF/Al composites were studied.

제 1 장 서 론

탄소섬유(carbon fiber, CF)는 인장강도와 같은 기계적특성이 뛰어나며 높은 전기전도성과 열적안정성을 고루 갖추고 있어 복합화공 강화재료로 널리 이용되고 있다. CF의 장점과 금속, 고분자, 세라믹등 기지물질(matrix material)의 장점을 이용한 복합재료는 단일물질에서는 얻을 수 없는 여러가지 특성을 기대할 수 있다.

금속기 복합재료(metal matrix composite, MMC)는 다른 복합재료와 비교하여 고온이용성, 열적안정성, 용접성, 저온강도특성, 내충격성이 우수하여 최근까지 주로 우주항공용 소재에 사용되어 왔으나, 점차 자동차부품산업, 전기소재산업, 레저산업분야로 그 응용범위가 확대되어지고 있는 실정이다.

MMC를 제조하는데 있어 가장 중요한 문제점은 기지금속과 강화물질과의 친화성(wettability)이 낮은점과 계면에서의 반응에 의한 특성저하를 들수 있는데 이에 대한 개선이 여러방면에서 이루어지고 있다.

본 실험에서는 Al을 기지금속으로 하고 CF를 강화물질로 한 복합재료를 진공중 열간프레스(vacuum hot press)법으로 제조하여 그 조직특성과 기계적, 전기적, 열적특성을 조사하였으며, Al과 CF간의 계면접착성을 향상시키는 방안으로 CF표면에 무전해 도금법으로 Ni를 도금하여 그 특성을 비교 검토하였다.

제 2 장 실험 방법

실험에 사용된 탄소섬유(carbon fiber)는 graphite 급으로 장섬유와 단섬유 두종류를 사용하였으며 그 특성은 표2-1과 같으며, Al은 순도가 99.9 %인 -325 mesh 분말을 사용하였다. 또한 CF 표면에 Ni 도금은 무전

해도금법을 이용하여 균일한 도금상태를 얻을 수 있었다. CF/Al 복합재료의 제조를 위한 실험조건은 순수 Al, 2 vol%CF, 5 vol%CF, 10 vol%CF, 15 vol%CF-Al의 5 종류에 대하여 습식법으로 혼합하여 실험하였다.

그림 2-1은 제조에 사용한 진공중 열간프레스 장치도로서 450°C에서 탈가스 처리후 600°C, 100MPa의 조건에서 30 min동안 가압하여 성형하였다. 제조된 시편에 대해 미세조직검사는 OM, SEM, X-Ray등을 이용하였으며 기계적 특성(경도, 최대인장응력, 연신율), 전기적특성(전기전도도, 비저항특성), 열적특성(열전도율, 열팽창계수)등을 조사하여 비교 분석하였다.

제 3 장 실험결과 및 고찰 3-1 미세조직

그림 3-1은 CF를 2, 5, 10, 15vol% 첨가하여 제조된 CF/Al복합재료의 조직사진으로서 CF의 분산상태는 매우 양호하였다.

각 조성에 따른 밀도를 측정한 결과 그림 3-2와 같은 경향을 나타내고 있으며 5 vol%이하의 CF의 조성에서 상대밀도값이 98%이상으로 양호한 제조상태를 알수 있었다. 이것은 Al-1Zn/2.5vol%CF를 주조나 압출로 제조한 결과의 밀도값인 2.64-2.68 g/cm³와 비교하여 비슷한 밀도치를 나타낸다.

Ni이 도금된 CF의 경우 600°C, 100MPa 가압상태에서 CF표면에서 분리된 Ni이 일부 Al에 일부 고용, 또는 편석되어 그림 3-3과 같은 상태로 존재하는데 이것은 기계적, 전기적 특성에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

3-2 기계적 특성

그림 3-4는 CF조성에 따른 Rockwell 경도의 변화를 나타낸 것으로 CF의 양이 증가할수록 경도가 증가하고 있는 경향을 나타내었다. 이것은 일반소결에서 나타나는 결과와 상반되는 것으로 계면에서의 밀착이 매우 양호하고 기공도도 매우 적으며 또한 다른 화합물(Al₂C₃)의 형성이 예상된다. Ni이 도금된 CF의 경우 경도의 향상이 크게 나타났다.

그림 3-5는 CF조성에 따른 최대인장응력(ultimate tensile stress, UTS)를 나타낸 것으로 CF의 양이 증가할수록 UTS가 증가하였다. 이는 기존 장섬유나 단섬

유강화 복합재료 특성과 같은 경향이다. 그림 3-6은 CF조성에 따른 영률(young's modulus)특성으로 UTS와 마찬가지로 CF의 양이 증가할수록 그 값이 향상되고 있으며 Ni이 도금되지 않은 CF로 강화된 시편에서 훨씬 높은 탄성계수를 나타내었다. 또한 연신율은 그림 3-7과 같이 CF의 양이 증가할수록 감소하였다.

인장시험후 파단면을 SEM으로 조사한 결과 그림 3-8과 같은 상태를 보여주었는데 이는 Al금속의 전형적인 연성파괴 특성과 CF의 취성파괴 양상을 보여주고 있다.

3-3 전기적 특성

그림 3-9는 CF조성에 따른 전기전도도(ZIACS)의 변화를 나타낸 것이다. CF의 양이 증가할수록 ZIACS는 거의 선형적으로 감소하고 있으며 Ni이 도금된 CF의 경우 그 저하폭이 더 크게 나타났다. 15vol%CF의 ZIACS 값이 순수 Al값에 약 25% 정도에 이르는 것으로 다른 제조공정에서 얻어진 값에 비해 매우 양호한 전기전도도를 유지하고 있다. 전기전도도의 온도 의존성은 그림 3-10과 같으며 60K~300K 온도범위에서 전기전도도의 변화는 순수 Al과 비슷한 경향을 나타내었고 CF조성의 증가할수록 그 기울기가 커지고 있다.

3-4 열적 특성

Dilatometer를 이용하여 열팽창율을 측정한 결과, 그림 3-11과 같은 특성을 얻었다. CF의 조성이 증가할수록 열팽창율은 낮아지고 있으며 이 변화특성은 CF와 Al의 열팽창율과 각각의 탄성계수로부터 얻어지는 이론식에 적용하여본 결과 잘 일치하는 경향을 알수 있었다. 그림 3-12는 열전도율의 변화를 나타낸 것이며 CF의 양이 증가할수록 열전도율이 낮아지고 있다.

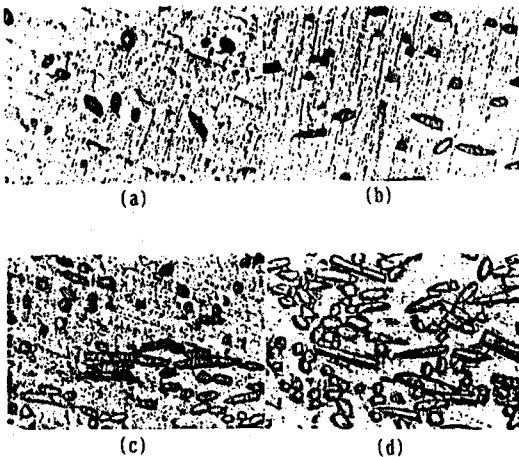
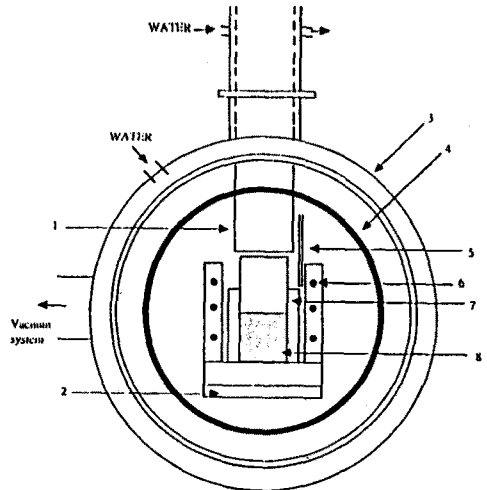


그림 3-1 CF/Al 복합재료의 조직사진
(a)2ZCF (b)5ZCF (c)10ZCF (d)15ZCF

제 4 장 결 론

CF를 이용한 Al기 복합재료를 CF의 첨가량을 2, 5, 10, 15vol%로 변화시키면서 진공중 열간 프레스법으로 제조하여 다음과 같은 결론을 얻을수 있었다.

- 1) CF첨가량이 증가할수록 경도, 최대인장응력, 탄성율은 증가하였고 반면 연신율은 저하하였다.
- 2) CF에 Ni을 도금한 경우 경도, 최대인장응력, 탄성율이 향상되었다.
- 3) 인장시험후 파단면을 관찰한 결과 기지금속인 Al에서는 전형적인 연성파괴양상, CF는 취성파괴양상을 나타내었으며 이로써 CF와 Al간의 양호한 계면결합상태를 알수 있었다.
- 4) 전기전도도(ZIACS)는 CF양이 증가할수록 선형적으로 감소하였으며 그 저하폭이 15vol%CF에서 20%이하로 안정된 전기전도성을 유지하였다. Ni이 도금된 CF의 경우 전도성이 낮은 Ni이 기지금속인 Al에 편석되어 ZIACS값을 저하시키는 요인으로 작용하였다.
- 5) 60K-300K에서 전기특성은 전형적인 Thermal scattering 전도현상을 나타내었으며 이로써 CF를 복합화한후 기지금속인 Al의 기본적인 전도특성과 크게 달라지지 않음을 알수 있었다.
- 6) 열전도도와 열팽창율은 CF첨가량이 증가할수록 낮아졌으며 그 변화는 이론치와 비슷하게 변화하였다. Ni이 도금된 CF의 경우 열전도도는 도금되지 않은 CF보다 더 낮게 나타났다.



1. Ram 2. Base
3. Chamber 4. Graphite felt
5. Thermocouple 6. Heating Element
7. Mold 8. Powder

그림 2-1 진공중 열간프레스 장치도

표 2-1 탄소섬유의 물리적 특성

Property	Type	Short Fiber	Long Fiber
Filament Diameter(μm)		14.5	6.5
Carbon Content (%)		99	100
Volume Resistivity(Ωcm)		50	800
Tensile Stress(MPa)		590	2650
Young's Modulus(GPa)		30	392

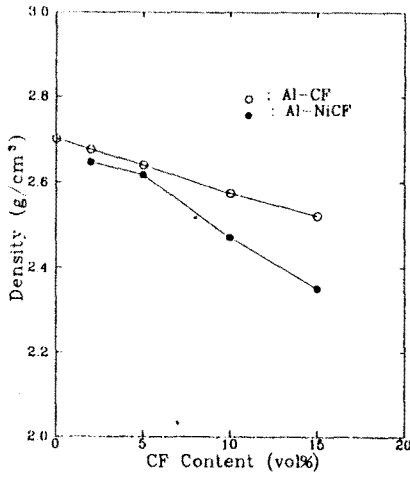


그림 3-2 CF조성에 따른 밀도변화

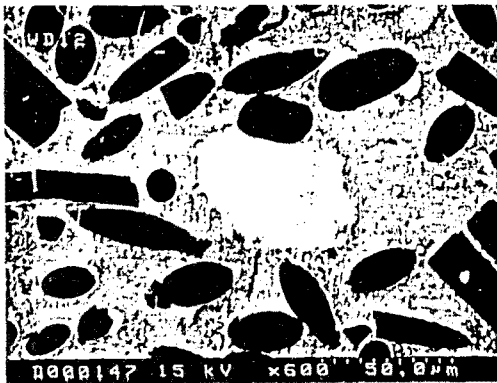
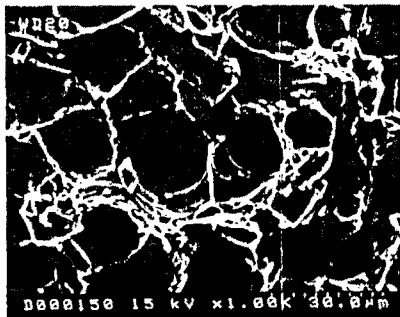
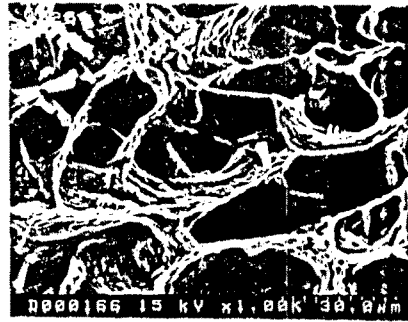


그림 3-3 편석된 Ni의 SEM 조직사진



(a)Al-15vol%CF



(b)Al-15vol%NiCF

그림 3-8 CF/Al의 파단면 조직사진

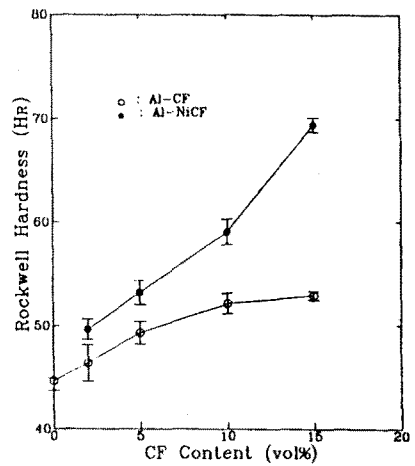


그림 3-4 CF조성에 따른 경도변화

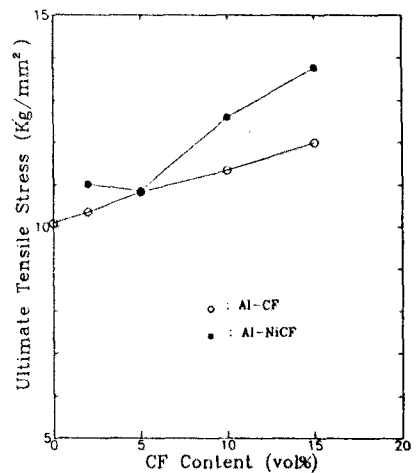


그림 3-5 CF조성에 따른 최대인장응력변화

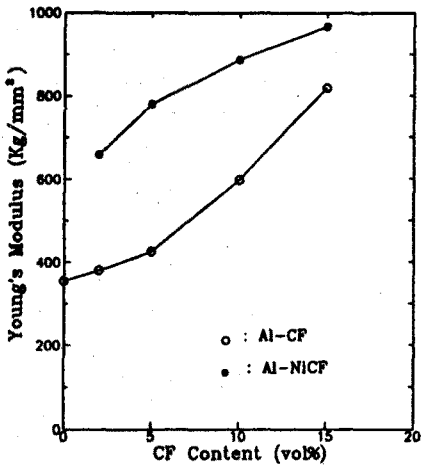


그림 3-6 CF조성에 따른 탄성계수 변화

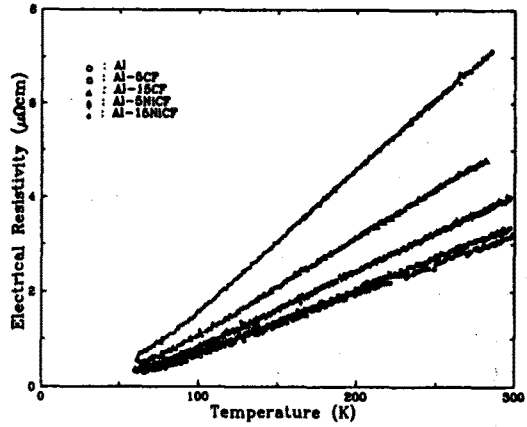


그림 3-10 전기비저항의 온도 의존 특성

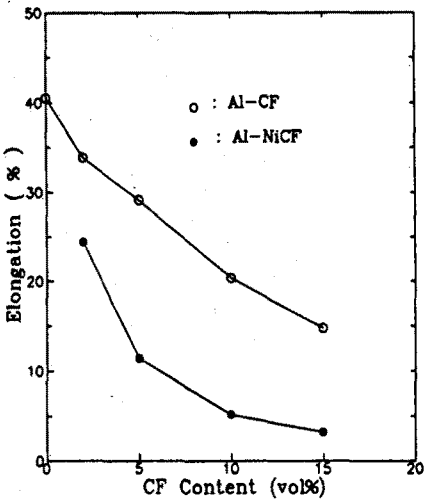


그림 3-7 CF조성에 따른 연신율 변화

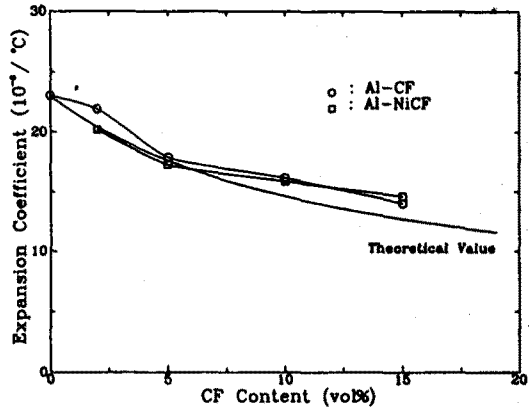


그림 3-11 CF조성에 따른 열팽창율 변화

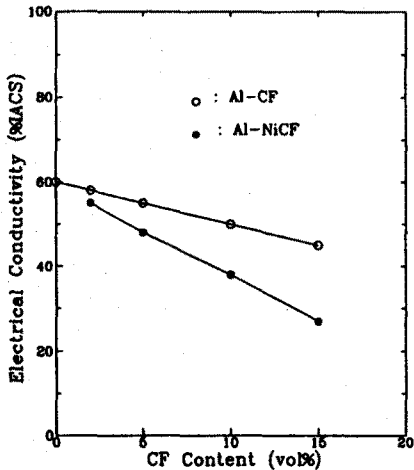


그림 3-9 CF조성에 따른 IACS 변화

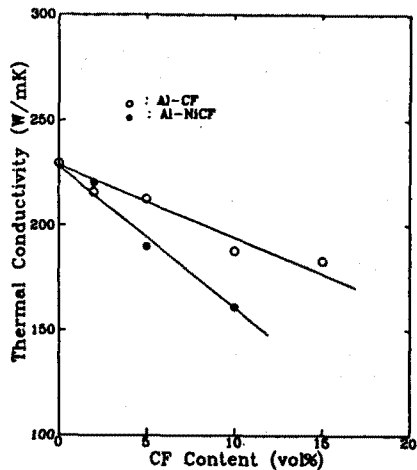


그림 3-12 CF조성에 따른 열전도율 변화