

연속섬유 강화 Al기 복합재료 선재의 미세조직에 미치는 가스압의 영향

김정훈, 정동석*, 김진곤**, 김병걸
 한국전기연구원, *대구기능대학교, **국립밀양대학교

Effect of Gas Pressure Infiltration on Microstructure of Continuous Fiber Reinforced Al Matrix Composite Wire

Jung-Hoon Kim, Dong-Suk Jung*, Jin-Gon Kim**, Byung-Geol Kim
 Korea Electrotechnology Research Institute, *Daegu Polytechnic Univ, **Miryang National Univ.

Abstract : The main purpose of this study is to investigate the effect of gas pressure infiltration on microstructure. Continuous fiber reinforced Al matrix composite wire is produced by gas pressure infiltration process. With the increase of gas pressure, porosity and wettability was improved. No chemical reaction product was detected at the interface of Al₂O₃ and Al.

Key Words : Al matrix composite, Gas pressure infiltration, Wettability.

1. 서 론

최근 우주항공 산업을 중심으로 수송기계 산업분야에서 고성능의 첨단 신소재에 대한 요구가 증대되고 있으며 부응하여 신소재 개발 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다. 이러한 연구개발의 성과로서 다양한 종류의 금속기지 복합재료가 개발되었는데 이들 중에서 Al기지 복합재료가 많은 관심의 대상이 되고 있다. Al기지 복합재료는 고분자기지 복합재료가 갖는 높은 비강도, 높은 비강성의 우수한 기계적 특성 외에 전기 및 열전도성이 우수할 뿐 만 아니라 고온에서의 우수한 기계적 특성으로 사용범위가 일부의 우주항공분야나 국방 분야에 국한되어 있던 Al기지 복합재료는 앞으로 더욱 넓은 범위에 응용될 것으로 전망된다.

본 연구에서는 Al기지 복합재료를 전력분야의 송전선 지지선에 적용하고자 하였다. Al기지 복합재료를 송전선 지지선에 사용될 경우 가설 시 첩탑 설계하중을 감소시켜 첩탑 설치시 기초 공사비를 감소시키며 첩탑간 거리를 늘릴수 있어 송전선의 설치관리에 매우 유리하다. 그러나 일부 선진국에서의 연구개발에도 불구하고 국내에서의 연속섬유 강화 Al기지 복합재료 선재에 대한 관련 연구는 미흡한 실정이다. 연속섬유 강화 Al기지 복합재료 선재를 송전선 지지선에 적용하기 위해서는 강화섬유의 부피분율이 고 부피분율화가 되지 않으면 가공 송전선 지지선의 최소인장하중특성을 만족할 수 없고 고 부피분율화에 따른 강화섬유와 기지금속간의 젖음성 및 계면 결합력이 크게 감소하기 때문에 강화섬유의 부피분율이 고 부피분율화에 이르는 고밀도 복합재료 선재를 제조하기 위해서는 특수한 제조방법이 불가피하다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 가스압 함침법을 이용하여 연속섬유 강화 Al기 복합재료 선재를 제조하였다. 가스압을 변화시켜 강화섬유와 Al기지금속간의 젖음성 및 미세조직 변화를 관찰하였으며 X-선 회절을 이용하여 복합재

료내의 반응 생성물을 관찰하였다.

2. 실험

본 실험에서는 직경 12 μ m 다결정 α -Al₂O₃ (Nextel 610 fiber, 3M)를 강화섬유로 사용하였으며 그에 대한 연속 섬유의 물리적 특성은 표1과 같다. 기재재료는 고순도 알루미늄 Al(99.99%)을 사용하였다.

표 1. 연속 Nextel 610 섬유의 특성.

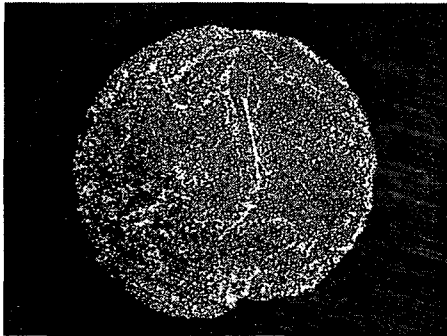
직경 (μ m)	밀도 (g/cm ³)	인장강도 (Mpa)	탄성률 (Gpa)	용융점 (°C)
10-12	3.90	3100	380	2000

복합재료 선재 제조는 다음과 같은 절차로 하였다. 강화섬유는 Al이 용해되기 전 상온에서 부피분율 50%를 orifice를 통하여 통과시켰다. Al의 용융온도는 750°C로 용해하였다. Al이 용해되기 까지 도가니의 산화를 방지하기 위하여 불활성 가스(N₂)를 흘려보냈다. Al이 용해 후 가스압에 의한 Al유출 및 챔버의 과열을 방지하기 위하여 냉각수를 흘렸다. 가압은 N₂ 가스를 이용하여 특정 압력에서 가압하였다. 가압 후 함침된 선재는 빠른 속도로 이송하였다. 가스압 함침법에 의해 제조된 선재는 광학 현미경을 통하여 미세조직을 관찰하였으며 X-선 회절을 이용하여 복합재료내의 상을 분석하였다. 또한 함침된 선재의 단위 길이 당 무게변화를 측정하여 기공율을 정량적으로 분석하였다.

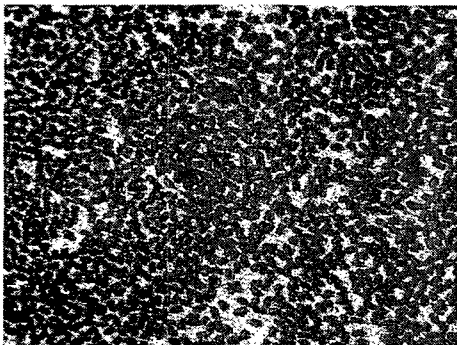
3. 결과 및 고찰

그림 1은 가스압 10kgf/cm²에서 가스압 함침법으로 제조된 Al₂O₃/Al선재의 광학 현미경 사진이다. (a)는 선재의 전체 단면을 나타낸 사진이며 (b)는 대표적인 단면 형상을 나타낸 사진이다. (a)사진의 경우 기공이 존재하지 않은

완전히 함침된 형상을 보이고 있으며 (b)사진의 경우 강화 섬유 분율이 50%에 이르는 높은 부피분율의 강화 섬유가 균일하게 분포하고 있으며 강화 섬유와 기지재 사이의 계면에 잘 결합된 형상을 보이고 있다. 이는 Al_2O_3 와 Al과 같이 젖음성이 나쁜 강화 섬유와 기지금속임에도 불구하고 가스압 함침법에 의해 강화 섬유와 기지금속간의 접촉각을 감소시켜 젖음 특성을 향상시켰기 때문이라 생각된다.



(a)



(b)

그림 1. 가스압 함침법으로 제조된 Al_2O_3/Al 복합재료 선재의 광학 현미경 사진. (a) 전체 단면 (b) 대표적인 단면

그림 2는 가스압 함침법에 의해 제조된 선재의 반응 생성물을 확인하기 위하여 X선 회절을 이용하여 분석한 결과이다. 상 분석 결과 $\alpha-Al_2O_3$ 와 Al 외에 다른 상은 확인되지 않았다. 연속 섬유 강화 Al기 복합재료의 반응 생성물은 복합재료의 파괴 거동 및 물성에 악 영향을 미치며 본 연구에서는 반응 생성물이 형성되지 않아 복합재료의 특성에 영향을 주지 않았으리라 생각된다.

그림 3은 함침 압력에 따른 복합재료 선재의 기공을 변화 나타낸 그림이다. 함침 압력의 증가에 따라 기공율은 감소하고 있으며 기공이 존재하지 않은 완전한 함침을 나타내었다. 이는 가스압 함침법에 의해 강화 섬유와 기지금속간의 젖음성을 향상시켜 기공 잔존 문제를 해결했기 때문이라 판단된다.

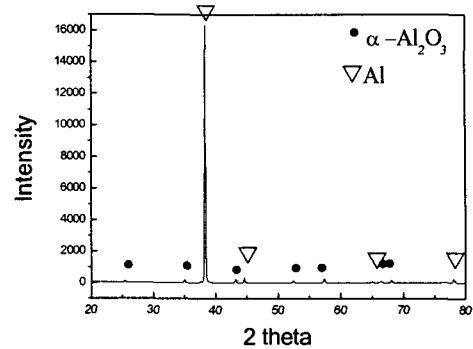


그림 2. 가스압 함침법으로 제조된 복합재료 선재의 X선 회절 분석.

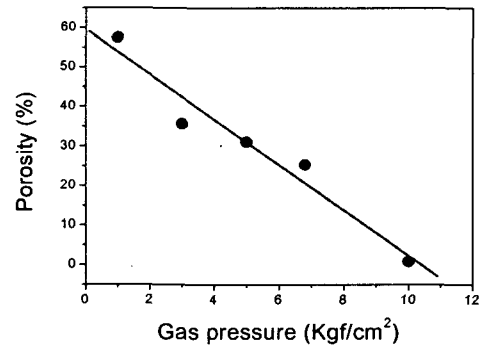


그림 3. 함침 압력에 따른 복합재료 선재의 기공을 변화.

4. 결론

가스압 함침법에 의해 제조된 복합재료 선재의 미세 조직에 미치는 함침 압력의 영향을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 함침 압력의 증가에 따라 젖음성이 향상되었으며 기공율은 감소하였다.
2. 반응 생성물은 관찰되지 않았다.
3. 가스압 함침법에 의해 기공 잔존 문제를 해결할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 한국전기연구원의 연구비 지원에 의한 것임을 알려드립니다.

참고 문헌

- [1] J.T.Blucher, Composite, Part A 32, p.1759, 2001
- [2] Y.YASUTOMI, Journal of materials science, Vol. 34, p.1583, 1999.
- [3] Adem Demir, Composite Science and Technology Vol. 64, p. 2067, 2004.