

분말피복압연된 SiC/Al 복합재료의 누적반복접합압연법에 의한 강화 (Strengthening of Sheath-Rolled SiC/Al Composite by Accumulative Roll Bonding Process)

국립목포대학교 이 성희*, 이 충효

1. 서론

Al기 입자강화 복합재료는 고비강도, 고탄성율, 뛰어난 내마모성 및 우수한 고온강도를 나타내므로, 일부 구조재료로서 실용화되고 있으나, 자동차 및 우주항공기기등에의 더 한층의 활용을 위하여 많은 연구가 진행되고 있다. 본 저자는 이전 연구에서 분말피복압연법(PSR)이 입자강화 복합재료의 제조에 있어 간편하고 효과적인 방법임을 보고하였다. 그러나, PSR법에 의해 제조한 복합재료의 기계적 성질은 타 방법에 비해 우수하다고 할 수 없다. 본 연구에서는 분말시스압연법으로 제조한 SiC/Al 입자강화 복합재료의 기계적 성질을 더욱 개선하기 위하여 누적반복접합압연(ARB)법을 적용하였다.

2. 실험방법

모상(母相)으로는 평균입경 $36\mu\text{m}$ 의 질소가스 아토마이즈법으로 제조된 고순도 Al 분말(99.999%Al)을, 강화재료로서는 입경 $2\sim 4\mu\text{m}$ 의 SiC 입자를 사용하였다. PSR법에 의해 5%SiC/Al 복합재료를 제조한 후, 560°C 에서 1.8ks 동안 어닐링하였다. 그 후, ARB를 행하기 위하여, 피복재료를 제거한 후, 50%의 냉간압연을 하여 두께 1mm, 폭 26mm의 판상의 복합재료를 준비하였다. ARB에서, 먼저 2매의 판재를 표면처리한 후 적층하여 50%의 냉간압연에 의해 두께 1mm의 판재로 압접하였다. 압접된 판재를 절반 길이로 절단한 후, 같은 방법으로 반복하여 접합압연을 행하였다. ARB를 무운할 조건에서 8사이클까지 행하였다. 비교를 위하여 강화입자를 첨가하지 않은 Al분말성형체의 ARB도 행하였다.

3. 결과 및 고찰

분말시스압연법에 의해 제조한 Al분말성형체 및 입자강화 복합재료의 인장강도는 각각 69MPa, 95MPa, 연신율은 58%, 33%를 나타내었다. ARB는 Al분말성형체 및 SiC/Al 복합재료에서 8사이클($e\sim 6.4$) 까지 수행하는데 성공했다. Al분말성형체의 경우, 50%(상당변형량 $e\sim 0.8$)의 냉간압연 후, 강도는 117MPa로 크게 증가한 반면, 연신율은 약10%로 크게 감소하였다. 강도는 ARB사이클 수(변형량)가 증가함에 따라 증가하여, 2사이클($e\sim 1.2$)의 ARB후, 초기재료의 2배인 140MPa를 나타내었으나, 그 이후에는 ARB사이클 수가 증가해도 강도는 일정한 값을 유지했다. 이처럼 변형량의 증가에도 불구하고 강도가 일정치를 나타낸 것은 가공에 의해 도입된 변형량(strain)이 회복 또는 재결정에 의해 소멸되었기 때문이라 사료된다. 본 연구에 사용된 Al분말은 고순도이므로 회복 또는 재결정온도가 낮으며 실온에서도 회복 또는 재결정이 쉽게 발생할 수 있다. TEM 관찰결과, ARB의 저사이클에서는 두께방향으로 불균일한 조직을 나타냄을 확인할 수 있었다. 즉, 3사이클의 ARB된 재료의 표면부근에는 직경 $1\mu\text{m}$ 이하의 초미세한 결정립이 형성되지만, 두께의 1/4 영역부근에는 3사이클 후는 물론이고 5사이클 이후에도

여전히 아결정립(subgrain) 조직이 형성되어 있음을 확인할 수 있었다. 한편, 연신율은 ARB사이클 수가 증가함에 따라 조금씩 증가하였다. 복합재료의 경우, 냉간압연 후, 강도는 155MPa로 크게 증가하였고, 연신율은 약8%로 크게 감소하였다. 인장강도는 Al분말성형체와는 달리, 5사이클($e \sim 4.6$)까지 ARB 사이클 수가 증가함에 따라 계속 증가하여 초기 강도의 약 2배에 달하였지만, 그 후는 변형량이 증가해도 강도는 일정한 값을 유지했다. 이처럼 복합재료에서 Al분말성형체와 다른 거동을 보인 것은 강화입자로 첨가된 SiC 입자 때문이다. 가공시에 SiC입자 주위에 도입되는 여분의 변형량으로 인하여 모상(Al)의 결정립미세화가 촉진되어 그것이 강도증가에 기여했으리라 사료된다. 실제로, 복합재료의 TEM 관찰 결과, 표면부근에 Al분말성형체에서 관찰된 것보다 더 미세한 초미세한 결정립이 형성되어 있음을 확인할 수 있었다. 또한, ARB진행에 따른 SiC입자들의 분산효과도 복합재료의 강화에 기여했으리라 사료된다. 한편, 복합재료의 연신율은 Al분말성형체와 유사한 거동을 보였으며, ARB사이클 수(변형량)가 증가함에 따라 조금씩 증가하였다.

4. 결론

- 1) 누적반복접합압연(ARB)법을 통하여 분말시스압연에 의해 제조된 SiC/Al 복합재료에 상당 변형량 6.4의 큰 변형량을 도입할 수 있었다.
- 2) ARB법을 통하여 SiC/Al 복합재료의 인장강도를 약2배 증가시킬 수 있었으나, 연신율은 크게 감소하였다.
- 3) ARB 3사이클 이후에 Al분말성형체 및 SiC/Al 복합재료내에 직경 $1\mu\text{m}$ 이하의 초미세한 결정립이 형성됨을 확인할 수 있었다. 형성된 초미세결정립의 크기는 복합재료에서 더 미세하였다.