

Effects of liquid phase on sintering behaviour of particulate reinforced Al-Cu base composite

아주대학교 박정수*, 이성규, 안재환, 정형식

1. 서론

최근 자동차의 경량화 추이에 따라 경량, 고강도화가 가능한 재료로써 알루미늄 계 분말 복합재료에 대한 관심도 증가되고 있다. 합금조성 조절의 용이함, 강화이자의 고른 분산, 제조공정의 단순함 등의 장점을 가지고 있는 분말공정은 분말간의 양호한 접합과 기지내 잔류기공의 제거를 통한 특성의 향상이 매우 중요하다. 이러한 특성향상을 위해 알루미늄계 혼합분말 합금의 경우 액상소결을 일으켜 특성을 향상시키는 방안이 널리 연구되고 있다. Al 분말 성형체의 액상소결을 위해 보편적으로 첨가되는 합금원소로는 Mg, Si, Cu, Zn 등을 들 수 있다. 그 중 Cu의 경우는 소결온도에서의 고용도가 낮아(600°C에서 2%이하) 고용한도 이상 첨가될 경우 소결 중 지속적으로 액상이 존재하는 액상소결을 가능하게 한다. Al 기지 분말 복합재료의 경우 강화상으로 SiC, Al₂O₃, B₄C, TiC 등 많은 세라믹 입자들이 활용될 수 있으나 이들 중 SiC와 Al₂O₃가 강성이 높고, 화학적 안정성이 높으며 가격도 상대적으로 저렴하여 널리 이용되고 있다. 그러나 이들 강화상은 기지분말의 소결성을 저하시키고 재압축에 의한 치밀화를 어렵게 한다.

본 연구에서는 보다 경제적인 Al 기지 분말 복합재료의 소결공정에서 충분한 양의 액상이 지속적으로 존재하도록 Al-6wt%Cu를 기본조성으로 하고 Al₂O₃와 SiC_p를 강화상으로 첨가하여, 소결중 생성된 액상이 기지 분말 간 혹은 기지분말과 강화상과의 계면특성에 미치는 영향과 이에 따른 기계적 특성을 조사하였고 아울러 소결체의 재압축에 따른 치밀화, 강화상의 손상 및 특성에 대한 영향을 살펴보았다.

2. 실험방법

기지 분말로는 (주)창성에서 제조된 -200mesh(75 μ m 이하)의 air atomized 상용 Al 분말과 -325mesh (45 μ m 이하)의 전해동 분말을 사용하였고, 강화입자는 종류가 서로 다른 Al₂O₃와 SiC_p 분말을 사용하였다.

기지금속의 기본 조성은 Al-6wt%Cu로 하였고, Al₂O₃와 SiC의 양이 각각 10vol%가 되도록 혼합된 분말은 상온에서 윤활제로 AcrawaxTM를 금형 내벽에 도포하여 ASTM E855-90 규격의 TRS(Transverse Rupture Strength) 시편을 이론밀도의 85%가 되도록 성형하였으며, 소결은 600°C, 625°C에서 각각 1시간동안 질소분위기에서 실시하였다. 소결체의 재압축은 150kgf/cm²의 압력으로 5초동안 실시하였고, 500°C, 질소 분위기에서 30분간 풀림처리를 하였다. 각각의 소결체와 재압축 시편들은 치수와 무게에 의하여 밀도를 측정하였고, SEM(Hitachi S2400)으로 조직사진을 촬영하여 미세구조를 관찰하였다. 또한 Shimadzu사의 만능시험기를 이용 각 조건에서 3번 이상의 TRS시험을 실시하여 평균값으로 강도와 변형량을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

강화상의 종류가 응집체일 경우, 생성된 액상이 기지분말간에 존재하는 기공을 채우기보다 응집체 내부의 기공을 채우는 반면, 단순입자일 경우 액상이 기지내 기공이나 기지/강화상간 계면을 채움으로써 소결밀도 및 강도가 높게 나타나는 것을 볼 수 있었다. 또한 소결밀도가

600°C에서 625°C로 높일 경우 액상의 생성량이 많아지기 때문에 좀더 많은 기공과 계면을 채우는 효과를 나타내어 소결특성의 향상을 가져왔다. 이러한 소결체의 XRD 분석결과 α -Al과 $\text{CuAl}_2(\theta)$ 상만 존재하는 것으로 보아 온도를 소결이 일어날 때 까지 올릴 경우, Al기지내 Cu고용도가 2%이내가 되기 때문에 남은 Cu는 모두 액상을 형성하는 것으로 판단된다. 이러한 소결체의 굽힘강도를 보면 SiC와 Al_2O_3 가 비슷하게 나타나는데, 44 μm 단순입자를 첨가할 경우 250MPa 정도를 나타내는 반면 입자가 8 μm 로 작아지거나 응집된 형태의 강화상을 첨가할 경우에는 기계적 강도가 상대적으로 낮게 나타난다.

이러한 소결체의 재압축 특성을 보면 모든 강화상에서 굽힘강도가 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 상대적으로 크기가 큰 강화상의 경우 기지와 강화상간 계면분리가 일어나고 상당수의 강화상에서 균열이 발생하는 것이 관찰되었다. 이러한 계면 분리나 강화상의 깨어짐에도 불구하고 소결체에 비하여 10% 이상의 강도와 변형량의 증가를 보여주고 있다. 이는 기본적으로 재압축에 따른 밀도증가, 특히 강화상 주변에서의 기공의 현저한 감소와 기지상 분말간의 접합력 증대에 의한 특성 향상이 계면 분리 등에 의한 특성 저하를 충분히 상쇄하였기 때문으로 판단되나 후자의 경우 피로 특성등의 저하를 야기할 수 있고 또한 강화상의 강화 효과를 현저히 감소시키는 역할을 한다고 사료됨으로 이에 대한 보완 방안이 필요하다.

4. 결론

- 1) Al-Cu-SiC_p 나 Al-Cu-Al₂O₃ 복합재료 성형체를 소결할 경우 Al과 Cu 분말간의 합금화에 의해 생성된 액상이 삼투압에 의하여 기지 분말간 계면이나 기지상과 강화상간의 계면에 침투하여 소결밀도를 증가시키고 굽힘강도를 향상시킨다.
- 2) 응집체 형태보다는 단순 입자를 강화상으로 첨가시킨 경우 소결성을 향상시키고 또한 강화상의 크기가 작을 경우 균집되어서 기공의 편중이 일어나 소결성을 저하시킨다.
- 3) 재압축된 복합재의 경우 치밀화로 인해 강도와 연성은 소결체에 비하여 향상되었으나, 기지/강화상간의 계면분리, 강화상의 깨어짐 같은 내부 결함이 발생하였다.

5. 감사의 글

본 연구는 과학기술부 21세기 프론티어 사업중 차세대 소재성형기술개발사업의 지원에 의하여 수행되었으며 지원에 감사드립니다