

Al-Cu-SiC 소결체의 조직과 특성에 미치는 소성변형의 영향 (Effect of deformation on the structure and properties of sintered Al-Cu-SiC compacts)

아주대학교 허륜민*, 김상철, 정형식

1. 서론

알루미늄은 경량재료로서 열적 안정성과 고강도, 경도를 가진 SiC입자와 혼합되어 제조될 경우 고강도, 고강성, 내마모특성을 가질 수 있어 근래에 많은 연구가 되어왔다. 하지만 분말법에 의해 제조된 Al-SiC의 경우 알루미늄 분말외벽의 알루미늄이나 층은 소결특성을 떨어뜨리게 되어 고밀도화에 어려움이 있고 SiC입자상들의 응집은 동공을 존재하게 하여 기지금속과의 접합을 떨어뜨리는 단점이 있다.

본 연구는 분말법에 의한 고밀도화된 Al-SiC 복합재의 제조 및 계면특성 향상에 중점을 두었고 이를 위하여 Al-SiC복합재에 8wt% Cu를 첨가하여 소결시 액상생성에 의한 소결특성 향상과 소성변형시 변형거동 에 대한 연구를 실시하였다.

2. 실험방법

(주)창성에서 air atomize법에 의해 제조된 -200mesh(<75 μ m) 순수 알루미늄 분말(순도 99.5%)에 -325mesh(<45 μ m) 전해동 분말, 강화상으로는 Showa Denco에서 제조된 평균입도 8, 44 μ m의 각형 SiC와 무전해 도금법에 의하여 동이 코팅된 평균입도 44 μ m SiC분말을 각각 Al-7.3wt%Cu-10.95wt%SiC, Al-10v%Cu coated SiC의 조성으로 V-mixer에서 55rpm의 속도로 30분간 혼합하고 이론밀도의 85%정도로 냉간 프레스에서 성형하였다.

Al-Cu합금액상이 소결특성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 질소 대 수소가 3:1의 분위기에서 400 $^{\circ}$ C, 30분간의 탈가스 처리한 후 분당 10 $^{\circ}$ C씩 승온시켜 600 $^{\circ}$ C에서 1시간 소결을 실시하였다.

소결체의 조직과 기계적 특성에 미치는 소성변형모드의 영향을 알아보기 위하여 변형율과 변형양이 매우작은 열간압축을 530 $^{\circ}$ C, 600 $^{\circ}$ C온도에서 1시간동안 145MPa과 60MPa의 압력하에서 진공에서 수행하였고, 전단 변형률과 변형량이 매우 큰 ECAP(Equal Channel Angular Pressing)을 상온, 500 $^{\circ}$ C, 600 $^{\circ}$ C에서 내각(Φ) 90 $^{\circ}$ 외각(Ψ) 45 $^{\circ}$ 각도로 전단하여 수행하였다. 각 시편들에 대해서 치수 측정에 의해 밀도를 측정하고 광학 현미경과 SEM을 이용하여 조직을 관찰하였으며 Instron사의 인장/압축시험기를 이용하여 3점 굽힘시험을 행하여 굽힘강도(Transverse rupture strength)와 굽힘 변형률을 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

Al-Cu-SiC와 Al-Cu coated SiC를 600 $^{\circ}$ C에서 소결한 경우 Al-Cu-SiC는 Al-Cu의 합금액상이 기지분말의 계면이나 기공을 채웠으나 SiC입자 주변에서는 액상이 충전되지 않은 기공을 남긴 반면 Al-Cu coated SiC는 Al-Cu합금액상이 소결 후에도 강화상 주위에 존재하여 우수한 소결 특성을 나타내었다. 소결 후 밀도는 SiC입자 크기에 따라 차이가 있으나 모두 증가하였고 SiC입자가 큰 경우 더 많은 증가를 나타내었다.

소결 후 고온 압축된 복합재의 조직은 동 분말을 혼합한 Al-Cu-SiC계를 530 $^{\circ}$ C에서 고온 압축한 경우 Al분말과 Cu분말사이의 고체확산을 통한 일부 합금 형성이 관찰되었다. 그러나 600 $^{\circ}$ C에서 고온 압축한 경우 기지상의 미세한 합금상과 SiC응집부 사이로 액상의 유동이 일부 관찰되며 Al-Cu합금이 큰 입자 형태로 나타나고 있다. 600 $^{\circ}$ C에서의 SiC파괴는 530 $^{\circ}$ C과 비교할 경우 현저히 줄어들었다. 한편 Al-coated SiC를 고온 압축하면 530 $^{\circ}$ C의 경우 SiC입자의 파괴가 부분적으로 관찰되나 600 $^{\circ}$ C에서는 거의 관찰되지 않으며 기지상과 강화상간의 잘 접합된 계면을 보여주고 있다. 이것은 코팅층에 의하여 기지상과 강화상간에 강한접합이 이루어

어저 기지와 강화상이 고온압축시 함께 유동하였다고 해석할 수 있다. 고온압축된 시편의 굽힘 강도는 압축온도가 530℃의 경우에 Al-coated SiC, Al-Cu-SiC의 경우 각각 170MPa, 190MPa정도의 강도를 나타내었고, 600℃에서 고온압축된 시편의 경우 Al-coated SiC 는 320MPa, Al-Cu-SiC의 경우 400MPa정도의 강도를 나타내어 코팅 및 액상의 효과를 더욱 명확하게 보여주고 있다.

소결체를 ECAP에 의하여 변형 한 경우 초기의 압축 하중에 의하여 어느 정도의 치밀화 일어나서 97~98% 정도의 밀도를 나타내었다. ECAP후 의 조직을 비교하면 44 μ m SiC의 경우 상온에서는 SiC의 파단이 많았고, 500℃에는 상온보다는 SiC의 파단이 줄어들었지만 기지상과 강화상간의 계면 분리가 보이며, 600℃에서는 부분적인 계면분리가 관찰되었다. 8 μ m SiC의 경우 모든 온도에서 강화상의 파단은 없었지만 강화상의 균집으로 인한 기공과 계면분리가 심하게 나타났다. 한편 Cu coated SiC의 경우 상온에서는 강화상의 깨어짐이 심하게 나타나고, 500℃에서는 SiC주위에 단속적인 Al-Cu합금상이 보이며, 600℃에서는 Al-Cu합금 액상이 기지와 강화상 사이의 기공을 어느 정도 채워주는 효과가 나타났다.

4. 결론

지금까지의 Al-Cu-SiC 소결특성을 고찰하면 Al-Cu합금 액상이 존재할 경우 소결특성과 강도가 좋아진다. 소결체의 변형중 강화상의 파단과 기지상과의 계면 분리 현상이 해결하여야 할 가장 큰 문제점이지만 강화상 주위에 액상이 존재 할 경우에는 이와 같은 결함의 발생이 매우 억제되어지며, 강화상의 크기가 작을수록, aspect ratio가 작을수록 강화상의 파단 현상이 줄어든다. 그러나 강화상의 입자가 너무 작을 경우 균집되는 경향이 크고 균집된 부위에서 계면분리가 쉽게 일어나는 단점이있다. 소결체의 강도는 Hot press 와 ECAP등의 소성변형을 통해 증가되었으나 연성이 떨어지는 단점이 있어 이는 추후 열처리를 통해 개선해야할 것이다.

후기

본 연구는 한국 과학재단의 재정적 지원에 의해 수행되었습니다.