

Al-Cu-Mg-Si계 소결합금에 있어서 강화상의 종류에 따른 기계적 특성 분석

(Analysis of Mechanical Properties in Sintered Al-Cu-Mg-Si Alloys
as Kind of Dispersoid Additions and Sintering Conditions)

현대자동차 임종대*
울산대학교 정 은, 박용수

1. 서 론

자동차 부품의 원가 절감 및 생산성 향상 요구를 만족시키기 위한 금속가공법으로 NEAR NET-SHAPE 성형이 가능한 소결합금이 확대적용되고 있으나, 지금까지는 주로 철(Fe)계 소결합금이 연구되어 왔으며, 그 재료의 특성상 경량화에 한계가 있어 Al계 소결합금이 연구되기 시작했다. 그러나 Al합금 분말은 소성 변형되기 쉬워 금형에 달라 붙으며, 고온에서 쉽게 산화되어 입자간 결합(소결)이 어렵고 내마모성이 취약하다. 본 연구에서는 Al-Cu-Mg-Si계 합금분말을 이용하여 고강도, 고내마모성 재료를 개발하기 위해 소결조건(성형압력, 소결 분위기, 소결온도) 및 첨가되는 강화상의 종류에 따른 기계적 특성 변화를 파악하고자, 각각의 조건에 따라 제작한 시편으로 밀도, 경도, 인장강도, 금속조직 및 마모시험을 실시하여 Al계 소결합금재료의 제특성을 조사 분석하였다.

2. 실험방법

원료분말로는 Atomized법으로 제조한 201AB계 합금분말에 윤활제로 Micro Wax 또는 Kenolubell 1.5wt%와 강화제로 ZrSiO₄, GLASS, SiC, Al₂O₃, SUS 및 Tribaloy 등의 강화입자를 10wt%씩 첨가하여 Double Cone Mixer에서 균일하게 혼합한 후 기계식 Press를 사용하여 300MPa 및 350MPa의 압력으로 인장 및 충격시편을 Withdrawl 방식으로 성형한 후 소결하였다. 질소 분위기에서의 소결은 Pusher Type의 분위기 소결로내에 질소(N₂)를 불어 넣으면서 400℃에서 Dewaxing 후 590℃, 600℃, 620℃에서 20분간 실시하였고, 진공 분위기에서의 소결은 Batch Type의 진공 소결로내에서 10⁻²Torr까지 감압 후 질소분위기와 동일한 온도조건으로 소결한 후 각각에 대해 T₁과 T₆조건으로 열처리를 실시하였으며 각각의 시편에 대한 시험은 합금조성, 강화제의 종류 및 제조조건에 따른 특성 변화를 가장 잘 파악할 수 있는 밀도, 경도, 인장강도와 금속 조직시험 및 전자현미경을 이용한 파단면의 파면관찰에 의한 기지조직과 강화제의 결합 상태를 조사하여 기계적 특성이 변화하는 원인을 이론적으로 규명하였으며 마모시험에 의해 이를 실증적으로 확인하였다.

3. 실험결과 및 고찰

201AB Al합금은 300 MPa의 성형압력으로도 이론밀도 90% 이상이 될 정도로 성형이 우수하며 SiC, Al₂O₃, SUS304 입자는 성형성을 저하시키는 반면에 ZrSiO₄, Glass, Tribaloy 400 입자는 성형성을 해치지 않는다. 소결분위기에 따라 기계적 성질이 크게 변화하며 진공소결시 질소분위기 소결에 비해 인장강도는 48%, 경도는 약 20%, 신율은 최대 200%까지 향상된다. 강화상이 첨가되면 순수한 201AB Al합금보다 강도가 저하되며 입자형상이 둥글수록, 고온에서도 안정한 입자 일수록, 강도 저하폭이 적으며, 소결중에 Blittle한 중간상을 형성하는 경우에는 강도 및 신율이 대폭적으로 떨어진다.

소결중에 일어나는 강화상과 Al Matrix의 계면반응은 Ceramic입자들인 경우에는 거의 일어나지 않으며 Tribaloy400 입자는 진공소결에서는 안정하나 질소분위기 소결시에는 반응을 일으켜 Blittle한 중간상을 생성시키는 반면에 SUS304입자는 소결분위기에 상관없이 중간상이 형성되고 팽창도 수반된다.

강화상 종류에 따른 내마모성변화는 강화상 자체의 경도보다 Matrix와의 접착력, 성형성 저하여부, 중간상 형성여부에 의해 좌우되며 ZrSiO₄, SiC 및 Tribaloy400 첨가시 우수하다. 강화입자 분산형 201AB Al소결합금의 제조에 있어서 강도 및 인성이 주로 요구되는 경우에는 순수 201AB분말에 윤활제로 Kenolube 11을 첨가한 것이 적당하며, 내마모성과 강도가 동시에 요구될 경우에는 강화제로 Tribaloy 400 또는 ZrSiO₄를 첨가한 재료가 최적이고 제조조건은 성형압 350MPa, 소결온도 600~620°C 및 진공소결 분위기가 가장 유리하다.