

준결정 강화 고강도 알루미늄 합금의 제조 및 특성 (Synthesis of Quasicrystalline Strengthened Al Composites)

서울대학교 재료공학부 장우길*, 신광선**
**항공재료연구센터

1. 서 론

지구 환경오염 및 연료 고갈의 위기의식 증대에 따라 산업 소재의 경량화에 대한 필요성은 나날이 증대되고 있으며, 이러한 필요성에 의해 고강도 Al 합금의 개발은 많은 연구자들의 관심이 되어 왔다. 특히 운송 산업을 주축으로 한 고온용 경량 재료의 필요성에 의해 최근에는 고온용 고강도 Al 합금 개발의 중요성이 대두되었으며, 이의 일환으로서 세라믹 입자를 강화상으로 하는 Al 기지 복합재료에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 특히 구조 재료로의 응용을 목표로 한 경우 경량 금속인 Al 합금기지에 불연속 강화재로 강화한 복합재료가 관심의 대상이 되고 있으며, 이러한 Al 기지 복합재료는 높은 비강도, 우수한 고온 물성, 낮은 열팽창 계수 등을 지니므로 항공기 기체부품 및 자동차의 piston head, ring, connecting rod, intake valve, break disc 등의 부품으로 응용 개발되고 있다. 준결정 또는 준결정 유사상은 고유의 원자 배열로 인하여 낮은 열전도도, 낮은 전기전도도, 높은 경도, 낮은 마찰계수 등 특이한 물리적인 성질을 나타낸다. 그러나 이 합금계는 경도가 매우 높고 연성이 없어 극히 취약한 단점으로 인해 구조재료로서의 상용화가 제한적인 상황이다. 따라서 준결정의 응용을 위해서는 열적안정성이 우수한 단일상의 준결정 또는 준결정 유사상을 쉽게 형성하는 합금의 개발이 요구된다. 최근 기계적 합금화법을 이용한 준결정 제조법이 연구되고 있으나 앞서 언급한 단점으로 인해 준결정 소재의 단독 응용은 매우 제한적이다. 따라서 본 연구에서는 일반적인 알루미늄 기지 복합재료의 강화상으로 Al-Cu-Fe 계의 준결정을 사용하여 앞서 기술된 Al-Cu-Fe 의 우수한 기계적 특성을 Al 기지에 분산시키는 방법으로 기계적 특성의 극대화를 시도하였다.

2. 실험방법

고순도의 Al, Cu, Fe 원소를 초음파 세척 및 건조 등의 전처리 과정을 거쳐 목표조성인 $Al_{65}Cu_{20}Fe_{15}$ 의 조성으로 흑연도가니에 장입한 후 아르곤 가스 분위기 하에서 고주파 유도를 이용하여 용해하였으며 용해된 합금은 강제 몰드에서 주조하였다.

기계적 합금화 공정을 이용하여 준결정상으로 강화된 고강도 복합재료 제조용 복합분말을 제조하기 위하여, 순수한 알루미늄 분말 및 열처리를 통하여 icosahedral 상의 분율을 증가시킨 Al-Cu-Fe 주조재를 사용하였으며, 알루미늄 분말의 입도 및 순도는 -325 mesh 및 99.5%이었다. 순수한 알루미늄 분말에 준결정상의 부피 분율을 10, 20, 30, 40 및 50v/o로 첨가한 복합재료 분말을 제조하였으며, 제 2 강화상의 효과를 관찰하기 위해 Al_2O_3 및 SiC 분말을 첨가하여 복합재료 제조용 혼합분말을 제조하였다. 알루미늄 분말과 Al-Cu-Fe 준결정상의 복합분말을 제조하기 위해 수직형 attrition mill을 사용하였다.

압출재 내의 준결정 분포 및 크기를 조사하기 위하여 OM 및 SEM 관찰을 하였으며 준결정 및 제 2상의 강화 효과를 관찰하기 위해 경도 시험 및 상, 고온 압축 시험을 행하였다.

3. 결과 및 고찰

준결정 강화상의 분율에 따른 기계적 특성 변화 관찰 및 최적 합금 조성을 조사하기 위해 강화상의 양을 10 ~ 50v/o로 변화시켜 기계적 합금화를 하였다. 또한, 앞에서 언급한 바와 같이 제 2상의 강화효과를 관찰하기 위해 Al_2O_3 및 SiC를 첨가하였다. 30v/o 이상의 준결정 조성을 가지는 합금부터 압출특성이 나빠짐과 동시에 압출재 표면 및 내부에 균열이 발생하였으며 특히, 50v/o 및 Al/QC+SiC 합금의 경우 압출 특성이 매우 불량하여 압출재 제조가 불가능하였다. 이러한 양상은 제 2상 및 준결정의 높은 경도에 의한 것으로 사료된다.

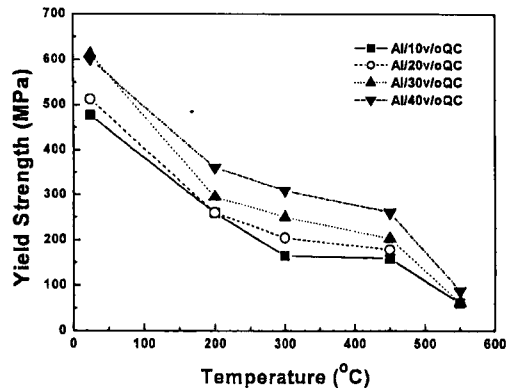


Fig. 1. Comparison of yield strength for Al/QC extrusions at room temperature, 200°C, 300°C, 450°C and 550°C.

각 온도에 따른 압축특성을 그림 1에 나타내었다. 상온에서 500~600MPa 정도의 항복강도를 나타내고 있으나 온도가 증가함에 따라 항복강도가 점진적으로 감소하는 양상을 관찰할 수 있는데, 이는 준결정 강화상의 특성변화나 상변태에 의한 것이 아니라 기지인 Al의 연화에 의한 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 나타난 온도에 따른 항복 강도 변화는 이전에 개발된 Al 합금에 비하여 특성이 비교적 향상된 것으로 사료된다.

준결정 강화재의 강화 효과와 더불어 제 2강화상의 강화 효과를 관찰하기 위해서, 본 연구에서는 Al₂O₃ 및 SiC를 첨가하여 합금을 제조하였으나, SiC를 첨가한 경우 압출특성이 매우 불량하여, 벌크형태로 성형하기가 불가능하였다. 반면 그림 2을 보면 Al₂O₃를 첨가한 경우 동일한 양의 준결정 강화상에 비해 그 강도가 다소 증가하는 경향을 나타내었다.

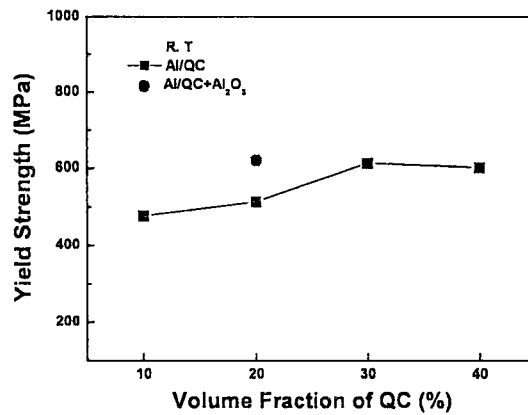


Fig. 2. Comparison of Hardness of Al/QC and Al/QC+Al₂O₃

4. 결 론

DTA 분석에 근거하여 Al-Cu-Fe 계의 Icosahedral 최대화를 위한 열처리 조건은 800°C 90min 이었다.

준결정 강화 알루미늄 합금의 최적 밀링시간은 12시간이었으며 최적 준결정 분율은 20~30v/o의 범위이다.

준결정 강화 Al 합금의 복합 분말을 제조하였으며, 이를 통하여 상온 및 고온에서 고강도를 가지는 합금의 제조가 가능하였다