

기계적 합금법으로 제조된 Al-Ni합금계의 고온특성
(High temperature properties of mechanically
Alloyed Al-Ni system.)

경상대학교 김유영*, 안인섭
한양대학교 문인형

종래의 고온용 Al합금은 고온에서 일어나는 석출물의 급속한 조대화에 의한 고온강도의 감소로 그 사용한계가 극히 제한 되어왔다. 이러한 사용온도 한계를 극복하기 위하여 열적으로 안정한 분산상을 지닌 Al합금 개발과 이에대한 연구가 계속되어왔으며 Al합금의 고온재료 응용이 주요관심이 되고있다^{1, 2)}. 분산상이 고온강화 기구에 미치는 영향은 합금내의 입계전위의 운동을 억제하고 합금조직을 장시간의 고온노출시에도 안정화시키는것이며, 그러기 위해서는 분산상이 고온점에서 안정한 상이어야하고 마이크론 이하의 많은양의 분산체들이 Al기지 조직내에 균일하게 분포되어야 한다. 기계적 합금화(mechanical alloying, MA)방법을 이용하여 합금을 제조할 경우 분산물의 간격이 분말크기에 영향을 받지 않으며 미세한 분산물과 결정립 및 아결정립을 형성시키고 전위밀도 또한 높일 수 있을 뿐만 아니라 고상상태에서 합금화를 이루기 때문에 용질원자를 과포화고용시킬 수 있다. 따라서 본 실험에서는 Al-Ni계합금분말을 기계적 합금화방법으로 합금화하여 우수한 고온 특성을 갖는 계의 화합물인 Al_3Ni 상을 미세하고 균일하게 분산시켜서 고온강도를 높이는것이 목적이다.

본 연구에서는 기계적 합금화를위해 원료분말로 Al에 고용도가 낮은 천이 금속들 중에서 비교적 높은 분산상을 생성시킬 수 있는 Ni를 택하고 과포화 고용시켜 석출시킬 수 있는 조성으로 Al-8wt.%Ni을 택하였으며, 2700cc attritor에 Ar가스 분위기로 불과 혼합분말의 중량비를 50:1로하여 회전속도 300rpm으로 일정하게 유지한 후 15분에서 1500분까지의 시간으로 기계적 합금화 하였다. 최적의 공정조건을 조사하기위해 각 시간에 따른 합금분말의 형태, 압접된 층상조직, 미세경도 및 입도분석을 행하였으며 소결된 합금분말의 X-ray회절시험을 통한 금속간 화합물상인 Al_3Ni 상의 출현을 관찰하였고 DSC분석을 통하여 이를 확인하였다. 또한 제조된 합금의 기계적 성질을 조사하기위해서 합금분말의 고온 압축 성형을 통하여 제조된 시편을 소둔온도에 따른 미소경도의 변화를 Al-Fe계와 비교하였고 MTS(material test system)만능 시험기를 이용하여 350°C, 400°C, 450°C의 온도에서 $2.5 \times 10^{-3} s^{-1}$, $2.5 \times 10^{-2} s^{-1}$, $2.5 \times 10^{-1} s^{-1}$ 의 변형 속도로 압축시험을 행하였으며, 변형중 장애물을 극복하는데 필요한 열적에너지를 나타내는 활성화에너지 값을 구하였다.

합금분말의 크기와 형태는 거의 1000분이상에서 일정하게 나타났으며 분말의 경도 및 입도 분포 또한 변화가 없는 특성으로 보아서, 1000분 기계적 합금화 하였을때 정상상태에 도달한다는 것을 알 수 있었다. 1300분 기계적 합금화한 분말을 520°C에서 1시간 소둔한 후 X-ray회절시험을 행한 결과 나타난 석출상은 Al_3Ni 로 판명되었고 1300분 기계적 합금화한 분말을 DSC 분석하여 발생한 발열반응은 이상의 석출에 기인한 것으로 생각된다. 소둔온도에 따른 미소경도의 변화를 측정한 결과 Al-Fe계보다 높게 나타났다. 그리고 고온 압축실험을 행하여 얻은 유동곡선에서 유동응력은 변형률이 증가함에 따라 최대응력을 나타낸 후 항복점을 지나서 30% 이상까지 일정한 압축응력을 나타내었으며 이것은 변형률이 작을 때에는 변형률이 증가함에 따라 가공경화 현상으로 인하여 압축응력이 증가하다가 항복응력값 이상에서부터 동적재결정이 발생하고 이것이 가공경화 현상과 평형을 이루어 일정한 압축응력값을 보이는 것으로 생각된다. 변형속도에 따른 항복응력의 차이는 온도가 낮을때는 크게 나타났으나 온도가 증가하면서 그차이가 점차 감소 하였다. 활성화에너지는 열간 변형중 유동응력과 변형속도 그리고 온도와의 관계를 최대응력을 이용하여 역수법칙에 적용시켜 구하였으며 350°C와 400°C사이의

온도 범위에서는 순수 알루미늄의 자기확산 활성화에너지 보다 약 1.5배 정도 높은 것으로보아 전위 상승운동에 의해서 변형률이 제어됨을 예측할 수 있었다³⁾. 또한 400°C와 450°C사이의 온도 범위에서는 2.8배 정도 높은 값을 나타내었는데 이는 350°C와 400°C사이에서와는 달리 전위 상승운동 뿐만 아니라 기지조직의 변형과 함께 최소한 제 2상의 변형, 즉 Al₃Ni 화합물상의 변형이 나타날 수 있다고 해석된다.

참고문헌

1. D. J. Skinner, R. L. Bye, D. Raybould and A. M. Brown:Scr. Metall., 20 (1986) 867
2. L. Angers:Ph. D. Thesis, Northwestern University, Evanston,II (1985)
3. Lee, K. M. and I. H. Moon, 1992, Scripta Metall. Mater, 26 : 123