마이크로 엑츄에이터용 형상기억 리본 제조 및 제특성 평가

The Fabrication and Evaluation of SMA Ribbons for Micro Actuator Application

°이영수, 장우양

조선대학교 대학원 금속재료공학과(Tel: 81-062-230-7092, Fax: 81-062-232-2474, E-mail: kidae03@hanmail.net)

조선대학교 금속·재료공학부(Tel: 81-062-230-7164, Fax: 81-062-232-2474, E-mail: wyjang@chosun.ac.kr)

Abstract: To improve mechanical properties of Cu-Al-Ni alloy by the grain refinement, Cu-Al-Ni SMA ribbons were fabricated by melt spinning apparatus. The variations of microstructure, mechanical properties and transformation characteristics with the condition of rapid solidification and annealing time-temperature were investigated in Cu-Al-Ni SMA ribbons. The ribbons fabricated by melt spinning obtained around 1.5㎜ in width and 50~60㎛ in thickness. With increasing wheel speed in order of 10m/s, 15m/s, 20m/s, 30m/s and 35m/s, the grain size was decreased in order of 10㎛, 6.25㎛, 5.5㎛, 3㎛ and 3㎛. M_s and A_s temperature were decreased with decreasing grain size. By X-ray diffraction test, ordered β_1 phase was observed in all the SMA ribbons and the volume friction of it was increased with increasing wheel speed. With increasing wheel speed, strain was increased from 4.2% to 5.8% and fracture mode has changed from mixture of intergranular and dimple fracture to mixture of fiber structure and dimple fracture. The grain size of ribbon heat-treated at 600℃ was increased with increasing time. In the heat-treated ribbons at 550℃, γ_2 phases were observed.

Key words: SMA alloy ribbon, transformation temperature, microstructure, grain size, transformation characteristics

1. 서론

외부 환경변화를 감지하고 제어할 수 있는 지능재료로서의 형상기억합금은 개발 초기에 단순히 형상기억효과를 이용한 단순 부품에 이용되어 왔으나 마이크로 로봇, 반도체 제조공정, 자동차 및 항공기 등 적용에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[1~4].

센서 및 엑츄에이터 소자로서 판재 및 선재의 형상기억소자는 형상회복 스트로크가 박막에 비해 작고 응답속도가 늦어 응용에 많은 제한을 받고 있기 때문에 이를 개선하기 위하여 박막이나 리본상의 형상기억소자를 제조, 형상기억능에 미치는 제 인자의 특성 및 응용에 대한 많은 연구가 진행되고 있다[5~8].

응답속도가 빠른 리본 형상의 형상기억소자를 제조하기 위하여 melt spinning법이[9,10] 적용되고 있으며 이 melt spinning법은 고용도의 증가, 결정립 미세화, 새로운 상의 생성 및 집합조직 생성의 장점을 가지고 있으나 리본 제조시 재용해에 따른 합금조성, 변태특성 및 미세구조의 변화를 야기할 수 있는 단점을 가지고 있다.

고온용 형상기억소자로서 고려되고 있는 Cu-Al-Ni계 형상기억합금은 우수한 형상기억능 및 변태온도에 대한 안정성을 가지고 있지만 조대한 결정립의 크기, 큰 탄성이방성 및 변태스트레인의 방위 의존성 때문에 입계파괴가 발생하여 응용에 많은 제한을 받고 있다[11]. Cu-Al-Ni계 합금의 기계적 성질을 결정립 미세화 방법으로 개선하기 위하여 melt spinning법을 적용하였다.

본 연구에서는 Cu-Al-Ni 형상기억합금의 결정립크기를 미세화 시켜 기계적 성질을 향상시키고 마이크로 엑츄에이터용 형상기억합금 복합재료를 제작하기 위하여 82.9wt%Cu-12.8wt%Al-4.3wt%Ni 조성을 갖는 모합금으로 melt spinning법으로 형상기억합금 리본을 제조하였으며 급속응고 조건에 따른 결정립의 크기, 미세조직, 변태특성, 기계적성질 및 상변화를 조사하였다. 또한 열처리 조건에 따른 미세조직 및 상변화를 조사하였다.

2. 실험방법

2. 1. 합금용해 및 균질화

변태온도 150℃ 이상인 Cu-Al-Ni 삼원계 합금을 설계하였다. 합금은 전해동(99.99%), 알루미늄(99.8%) 및 전해니켈(99.9%)을 준비하여 Leybold사의 고주파 진공유도용해로를 이용하여 용해하였다. 합금의 화학조성 및 변태온도는 Table 2. 1과 같다. 또한 주괴는 미세한 편석에 의해 균일하지 못하기 때문에 β상의 온도 영역인 850℃에서 24시간 동안 균질화 처리하였다.

Table 2. 1 Chemical composition of the alloy investigated in this study(wt.%)

Chemical composition (wt%)			A_s	M_s
Cu	Al	Ni		
82.9	12.8	4.3	163	174

2. 2. Melt spinning법에 의한 형상기억합금 리본제조

6g인 모합금으로 형상기억합금 리본을 제조하기 위하여 melt spinning 장치를 사용하였다. 리본의 제조 조건은 휠과 노즐사이의 간격 3㎜, 분사압력 0.3kg/㎠ 및 노즐의 직경 0.6㎜로 고정하고 휠 회전속도를 10m/s에서 35m/s로 변화시켜 형상기억합금 리본을 제조하였다. 리본 제조시 리본의 산화를 방지하기 위하여 460torr의 He 가스를 주입하였다.

2. 3. 미세조직 관찰 및 결정립크기 측정

휠 회전속도 변화 및 열처리 조건에 따른 미세조직 및 결정립 크기의 변화를 조사하기 위하여 메탄올 700㎖와 질산 300㎖의