

소량의 Cu 첨가에 의한 Fe-Nd-C 리본의 자기적 특성 변화
(Changes in magnetic properties of Fe-Nd-C ribbons by small Cu addition)

조대현*, 장태석, 임광윤
*생산기술연구원
선문대학교, 재료금속공학부

1. 서론

Fe-rich Fe-Nd-C 주조 합금에서는 강자성상인 $Fe_{14}Nd_2C$ (이하 14:2:1이라 함)가 primary phase로 존재하지 않고 반드시 고상 상변태를 통해서만 얻어지나, 그 형성 속도가 대단히 느릴 뿐만 아니라 합금의 보자력도 아주 낮다. 또한 이 상이 존재하는 온도 범위에서는 액상이 존재하지 않아 Fe-Nd-B처럼 소결 자석을 제조하기도 쉽지 않다[1]. 따라서 Fe-Nd-C 자석을 실용화 하기 위해서는 14:2:1 상의 형성 속도를 증진시키고 동시에 높은 보자력을 유지하는 것이 필수 선결 조건이다. 지금까지의 연구 결과 주조 합금에 소량의 Cu를 첨가하면 14:2:1의 입자 성장을 가속화 하여 결과적으로 14:2:1의 형성 속도를 증진시키는 것으로 밝혀졌고[2], 급속 응고법(melt spinning)으로 Fe-Nd-C 합금을 제조한 후 수분동안 열처리하면 높은 보자력(≥ 10 kOe)을 지닌 합금도 제조할 수 있음이 입증되었다[3]. 본 연구에서는 소량의 Cu를 첨가한 Fe-Nd-C 합금을 급속 응고법으로 제조하여 Cu 첨가가 상 형성 및 자기 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험 방법

$(Fe_{1-x}Cu_x)_{77}Nd_{15}C_8$ 의 합금($x = 0 \sim 2$ %)을 진공 상태에서 arc 용해하여 ingot을 제조한 후 이 ingot들을 재용해하여 30 m/s의 회전 속도하에서 melt spun 리본을 제조하였다. Cu 첨가량이 1 %인 조성의 합금을 선택, 10 - 40 m/s의 회전 속도에서 리본을 제조하여 냉각속도에 따른 상 형성 및 자기 특성의 변화를 조사하였다. 제조된 리본들은 석영판에 넣고 진공 상태에서 밀봉, 열처리하였다. X-ray diffraction으로 상 변화를, SEM으로 미세조직 변화를 관찰하였으며, 자기적 특성은 VSM을 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

DTA 분석 결과 17:2 ($Fe_{17}Nd_2C_x$)에서 14:2:1으로의 상 변태점이나 14:2:1에서 17:2 (혹은 Fe)로의 상 변태점은 Cu 첨가의 증가에 따라 전반적으로 약간씩 낮아지는 경향을 보였으나, 주조 합금의 경우와 마찬가지로 14:2:1이 안정하게 존재하는 온도 범위에는 큰 변화가 없었다. 냉각속도

(wheel speed)의 변화에 따른 as-spun 리본에서의 상 변화는 무첨가시와 유사하며 10 - 20 m/s 에서는 Fe 또는 17:2가, 30 m/s 이상에서는 비정질상이 우세하며, 어느 경우에도 14:2:1은 나타나지 않았다. 그러나 무첨가시와는 달리 전반적으로 Fe의 peak이 강하게 나타나며 30 m/s 이상에서도 완전히 비정질화되지 않고 약간의 Fe가 정출하는 것이 발견되었는데, 이것은 Cu가 primary phase인 Fe를 안정화시키는 역할을 하는 것을 의미한다. 이에 따라 Cu 첨가시에는 무첨가시에 비해 14:2:1의 형성에 더 많은 시간이 소요됨을 알 수 있었다. Cu 첨가량이 1.0 % 이상인 경우, 800°C 이상에서 10분 이상 열처리된 시편에서는 Cu를 함유한 주조 합금에서 발견되는 것과 유사한 과도하게 성장한 사각형 형태의 14:2:1 입자들이 종종 발견되었다. 이러한 비정상적 입자 성장은 Cu 첨가가 14:2:1의 핵 형성에는 영향을 주지않고 계면 이동만을 촉진함으로써 적은 수의 핵들이 과도하게 성장하여 일어나는 현상으로 풀이된다[2]. 그러나 주조 합금의 경우와는 달리 리본 합금에서는 이와 같은 입자 성장에도 불구하고 상당히 높은 보자력(~10 kOe)을 나타내었다. 보자력에 미치는 Cu 첨가의 효과는 첨가량이 0.5 %일 때 가장 높아서 무첨가시에 비해 약 17 %의 보자력 증가를 나타내었으나, 첨가량이 증가함에 따라 보자력은 급속히 감소하였다.

4. 결론

소량의 Cu가 첨가된 as-spun Fe-Nd-C 합금에서는 Cu에 의해 primary Fe가 안정화되는 경향을 보였으며, Cu 첨가가 14:2:1의 형성 기구에 미치는 영향은 주조 합금의 경우와 유사하였다. 첨가량이 0.5%일 때 가장 높은 보자력을 나타내었으며, 첨가량이 증가할수록 보자력은 감소하였다.

5. 참고문헌

- 1) B. Grieb, K. Fritz, and E.-Th. Henning; J. Appl. Phys.70 (1991) pp 6447-6449.
- 2) T.S. Jang and H.H. Stadelmaier; Materials Lett.9 (1990), pp 483-486.
- 3) R.Coehoorn, J.P.W.B. Duchateau, and C.J.M. Denissen; J. Appl. Phys. 6 (1989), pp 704-709.