

**기계적 합금법으로 제작한
Co₅C₉₅와 Co₂C₉₈ 나노미립상 합금의 구조와 자기적 성질
(Structure and magnetic properties of Co₅C₉₅ and Co₂C₉₈
nanocrystalline alloy prepared by the mechanical alloying technique)**

Bingzhi Jiang^a, Dong-Seok Yang^b, Kyeong-Sup Kim^a, Seong-Cho Yu^a

^a 충북대학교 자연과학대학 물리학과

^a 충북대학교 사범대학 과학교육과

서론 최근에 Fe-Cu, Fe-Si 등과 같이 자성금속과 비자성금속합금에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 기계적 합금법으로 제작한 Co₅C₉₅와 Co₂C₉₈ 나노미립상 합금의 구조와 자기적 성질의 변화를 조사하였다.

실험방법 Co₅C₉₅와 Co₂C₉₈ 나노미립상 합금은 SPEX 8000 Mixer/mill을 이용하여 제작하였으며 볼과 시료의 질량비는 3.6:1로 하였다. 구조는 Extended X-ray Absorption Fine Structure (EXAFS)을 이용하여 분석하였으며 측정은 포항가속기의 3C1 EXAFS beam line에서 진행하였으며 전자의 에너지는 2.5GeV, 측정시 전류는 130mA이었다. 미립자의 크기는 XRD법을 이용하여 분석하였고 포화자화와 보자력은 VSM을 이용하였다.

실험결과 및 고찰 그림(1)은 Co₅C₉₅의 EXAFS 스펙트럼의 푸리에변환이다. 강도가 작아지는 것은 C의 산란진폭이 Co에 비하여 아주 작기 때문인 것으로 이로부터 기계적 합금화 시간에 따라 Co-Co 결합은 점차적으로 작아지며 Co-C 합금화가 진행됨을 알수 있다. 그림(2)는 합금화 시간에 따른 포화자화값과 보자력의 크기이다. 포화자화는 합금화 시간에 따라 20시간을 제외하면 연속적으로 작아졌으며 보자력은 커지다가 작아지는 경향을 보였다. 포화자화가 작아지는 것은 Co-C 결합이 생기면서 Co의 쌍을 이루지 않은 전자가 C의 전자와 쌍을 이루면서 상쇄되기 때문인 것으로 보인다.

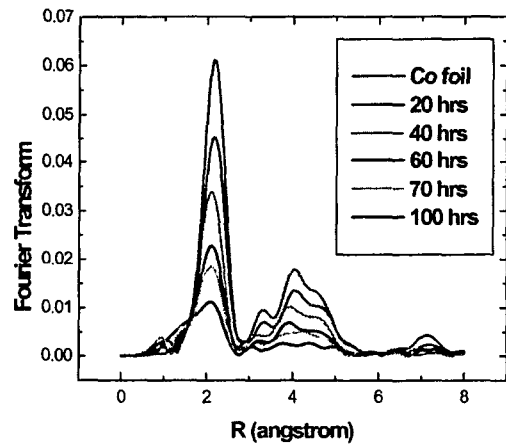


Fig 1. Fourier transform of EXAFS spectra for the Co₅C₉₅

보자력의 거동은 Co 미립자가 다자구영역으로부터 단자구영역으로 전환되기 때문인것이다. 따라서 Co₅C₉₅는 60시간에서 Co₂C₉₈는 50시간에서 단자구입자가 되었음을 알수 있다. 그림(3)과 (4)는 X-선회절무늬이다. Co 미립자는 C의 캡슐형에 싸여있으며 Co 미립자의 크기를 X-ray 회절선의 넓어짐으로부터 Scherrerr공식 즉 $d = \frac{0.9\lambda}{4(2\theta) \cos(2\theta_0)}$ 을 이용하여 계산한 결과 Co₅C₉₅는 60시간에서 18nm와 100시간에서 15nm가 정도가 되었고 Co₂C₉₈는 50시간

에서 16nm와 100시간에서 12nm정도가 됨을 알수 있었다. 이는 단자구입자의 반경을 계산

하는 공식 $r_c \approx \frac{9(AK_u)^{\frac{1}{2}}}{\mu_0 M_s^2}$ 과 Co에 대하여 $A=10^{-11}J/m$, $K_u=4.9 \times 10^5 J/m^3$, $\mu_0=4\pi \times 10^{-7} Tm/A$,

$M_s=1.4 \times 10^6 A/m$ 등에 의하여 계산한 결과 $2r_c=16.2nm$ 가 되었다. Co_5C_{95} 는 이론값과의 차이가 있고 Co_2C_{98} 은 거의 일치함을 알수 있다. 실험값과 이론값과의 차이는 Co-C합금이 생성됨에 따라서 포화자화값이 작아지기 때문인 것으로 해석할수 있다.

결론 연구를 통하여 Co_5C_{95} 와 Co_2C_{98} 나노미립상합금을 기계적합금법으로 만들수 있음을 알수 있었다. 이 나노미립상합금의 성질은 Co_5C_{95} 는 18nm부터(60시간) Co_2C_{98} 은 16nm부터(50시간) 단자구입자임을 알수 있다. 최종 입자의 크기는 각각 15nm와 12nm이다.

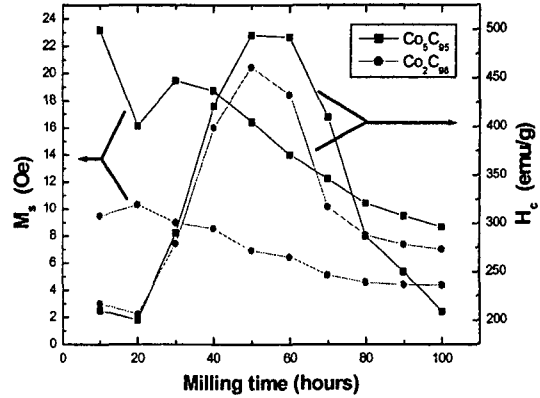


Fig 2. Magnetic properties with milling time

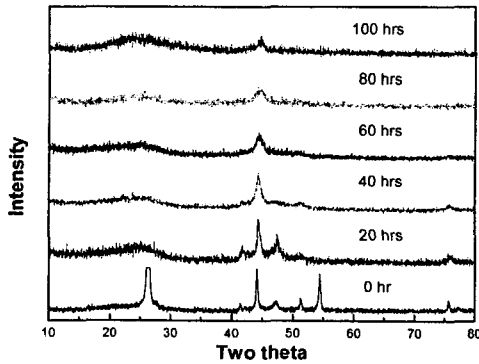


Fig 3. Co_5C_{95} XRD Patterns

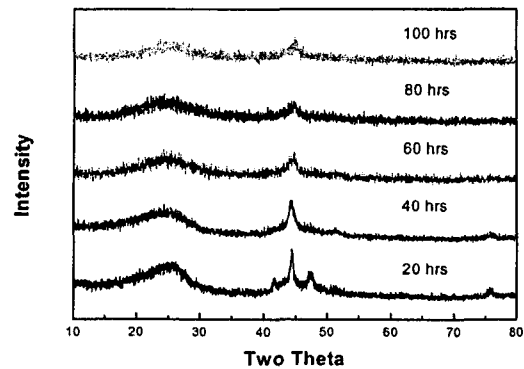


Fig 4. Co_2C_{98} XRD patterns

참고문헌

1. J. Sort, J. Nogues, X. Amils, S. Surinach, J. S. Munoz, and M. D. Baro, Appl. Phys. Lett. 75. 3177. (1999)
2. A.R. Yavari, P.J. Desre, and T. Benameur, Phys. Rev. Lett. 68. 2235. (1992)
3. C. Suryanarayana, Progress in Materials Science. 46. 1. (2001)
4. R. C. O'handley, Modern Magnetic Matetials Principles and Applications. (P. 310)
5. B. D. Cullity, 자성재료학. (제9장, 제11장)