

Fe-29%Ni-17%Co 저열팽창성 합금의 기계적 및 열팽창 특성에 미치는 냉간 가공의 영향

이기안^{1, #} · 김송이¹ · 남궁정² · 김문철²

Effect of cold working on the thermal expansion and mechanical properties of Fe-29%-Ni-17%Co low thermal expansion alloy

Kee-Ahn Lee^{1, #}, Song-Yi Kim¹, Jung Namkung², Mun-Chul Kim²,

Abstract

The change of thermal expansion and mechanical behaviors by cold working has been investigated in Fe-29%Ni-17%Co low thermal expansion Kovar alloy. Fe-29%Ni-17%Co alloy was cold rolled gradually and prepared to plates having reduction ratio of 0%, 20%, 40%, 60%, and 80%. Annealing effect on the properties was also studied. Thermal expansion was measured from 25°C to 600°C with a heating rate of 5°C/min by using vacuum differential dilatometer. It was found that thermal expansion coefficient (α_{30-400}) slightly decreased (reduction ration of 20%) and then remarkably increased (above reduction ration of 40%) with increasing reduction ratio of cold rolling. Thermal expansion coefficient (α_{30-400}) was sharply decreased after annealing heat-treatment. Yield and tensile strengths were continuously increased and elongation was decreased by cold rolling. Microstructural observation and X-ray diffraction analysis results showed that the α phase significantly increased as the reduction ratio increased. The slight decrease of thermal expansion coefficient bellow reduction ration of 20% could be explained by the destroying short-range ordering and the decreasing of grain size. The significant increase of thermal expansion coefficient with cold rolling mainly attributed to the appearance of α phase. The correlation between the microstructural cause and invar phenomena for the low thermal expansion behavior was also discussed.

Keyword: Low thermal expansion (저열팽창성), Fe-29%Ni-17%Co (코바), Cold working (냉간가공), α phase (α 상)

Fe-29%Ni-17%Co 저열팽창성 코바 합금은 자기수축에 의한 보상 효과로 상온에서 435°C까지 4.6~5.2 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ 정도의 낮은 열팽창계수를 유지할 수 있으며 -193°C의 극저온에서도 6 $\mu\text{m}/\text{m}^\circ\text{C}$ 이하의 열팽창 계수를 나타내는 저열팽창 특성을 보인다. 코바 합금은 유리나 거의 유사한 열팽창성으로 인해 유리의 표면에 뛰어난 젖음성을 제공함과 함께 광범위한 영역에서 오스테나이트 (fcc)안정성을 나타내므로 유리-금속의 밀봉이나 반도체 리드프레임 첨단 부품소재 등에 다양하게 사용된다. 저열팽창성 합금은 주로 선재, 박판 봉재 등의 형태로 사용되고, 일반 적인 코바 합금의 기본 공정인 열간 가공을 거쳐 냉간 압연, 어닐링, 시효 처리 등 후 처리 공정을 거치게 된다. 코바 합금의 특성은 상기의 제조 공정에 민감하게 변화한다고 알려져 있다. 특히 열팽창 특성의 경우 냉간 가공 및 열처리 조건 등 미세조직의 변화에 영향을 받는 것으로 알려져 있으며 이와 관련한 정량적인 연구가 부족한

1. 안동대학교 공과대학 신소재공학부 청정소재연구센터
2. 포항산업과학연구원 비철제련연구단
이기안 : 안동대학교 신소재공학부, E-mail: keeahn@andong.ac.kr

실정이다. 본 연구에서는 냉간 가공과 후 어닐링 열처리 공정이 코바 합금의 기계적 및 열팽창 특성에 미치는 영향을 조사해보고자 하였다. 코바 합금의 냉간 가공률에 따른 열팽창성을 조사한 결과 냉간 압연률이 증가함에 따라 열팽창 계수가 약간 감소하였다가 압연율이 더 증가함에 급격히 증가 하는 것을 확인할 수 있었다. 한편 냉간 가공률이 증가 함에 따라 항복, 인장강도는 증가했고 연신율은 연속적으로 감소하였다. 냉간 가공 후 어닐링 열처리를 수행한 경우 열처리 시간이 증가함에 따라 초기에 열팽창 계수가 급격하게 감소함을 알 수 있었다. 미세조직 관찰 및 XRD 분석결과 열팽창 계수가 급격히 증가하는 조건의 경우 α 상의 생성을 확인할 수 있었다. 냉간 가공 초기에 감소하는 열팽창 계수는 가공에 의하여 감소하는 단범위 규칙도와 입도의 영향으로 설명할 수 있었다. 이상의 결과들을 바탕으로 미세조직과 Fe-29%Ni-17%Co 저열팽창성 합금의 열팽창 거동과의 상관 관계 및 저열팽창성 합금의 인바 특성에 대하여 추가적으로 논의해 보았다.

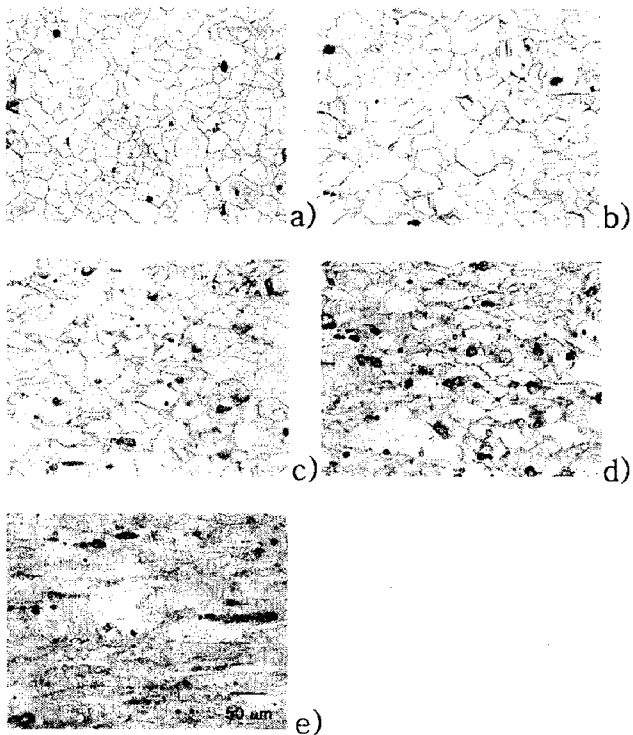


Fig. optical micrograph showing the change of microstructure according to cold working; reduction ratio of 0%(a), 20%(b), 40%(c), 60%(d) and 80%(d)

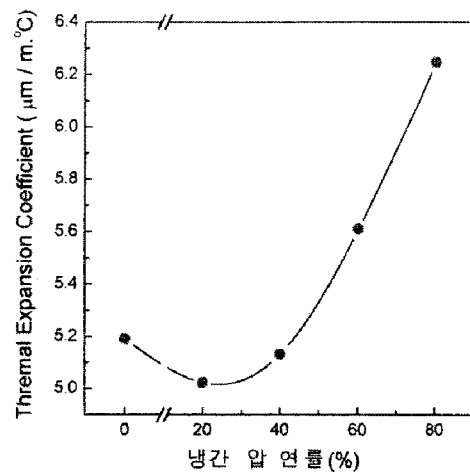


Fig. Variation of T.E.C (30~400°C) with cold rolling Ratio

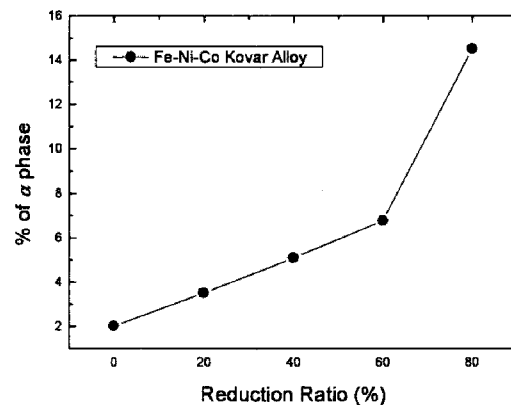


Fig. The variation of the amount of a phase with cold rolling ratio (X-ray analysis)