

Permalloy 판재의 자기적 성질에 미치는 냉간 압연율의 영향

Effect of cold reduction on the magnetic properties of the permalloy steel sheet

최 성 조  
김 영 희 \*

삼미종합특수강(주)  
중앙연구소

S. J. Choi  
Y. H. Kim

R & D Lab., Sammi  
Steel Co., Ltd.

Abstract

The effect of cold reduction ratio on magnetic properties of 45% Ni-Fe permalloy was studied.

To know the relationship between the crystal orientation and the magnetic properties, the pole figure was measured by X-ray diffraction method.

In the case of single rolled reduction, the coercive force decreased with cold reduction ratio monotonically, but the maximum permeability, induction and squireness increased drastically.

In the case of double rolled reduction (total reduction ratio is 90%), the saturation and residual induction increased slightly with secondary reduction ratio, but the maximum permeability and the coercive force had the maximum and the minimum value at the 50/50% reduction ratio respectively.

And strong {100} <100> pole was developed

by increasing the cold reduction ratio.

I. 서론

Ni-Fe 계 퍼어말로이는 우수한 연자성 특성을 가지고 있는 재료로서 자기차폐, 자기중폭, 기억장치, 자기해드 및 자기센서 등 많은 응용분야에 이용되고 있다. 이와같은 용도로 사용되기 위해서는 보통 0.025mm 까지 극 박판으로 냉간 압연이 가능해야 할 뿐 아니라 적당한 성형성도 요구된다. 그런데 일반적으로 다결정 재료를 심한 냉간 압연하면 결정의 우선 방위때문에 기계적, 자기적 및 성형성에 이방성이 나타난다. 따라서 본 실험은 45% Ni-Fe 퍼어말로이 합금을 이용하여 냉간 압연 및 열처리 온도를 변화시켜 자기적 성질 및 집합조직을 조사하여 이들의 상호 관계를 이해 하고자 실시되었다.

II. 실험 방법

전해철 및 메탈-니켈을 원료로 하여 10<sup>-2</sup> 톤

(Torr) 의 진공유도 용해로에서 용해하였다. 1180°C 에서 6시간 가열하여 단조작업, 1160°C에서 4시간 가열하여 핸드 밀 작업을 하여 두께 4mm 의 폼페트 바를 만들었다. 이 시료의 화학조성은 표1과 같다.

표1. 시험에 사용된 시료의 화학성분  
(무게분율)

C	Mn	P	S	Si	O
0.002	0.48	0.004	0.003	44.34	0.0066

이 시료를 이용하여 단일 냉간 압연으로는 60, 70, 80 및 90% 를 실시하고, 이중 냉간 압연으로는 전체 압연율을 90% 로 하되 1차/2차 압연율의 비가 70/30, 60/40, 50/50, 40/60 및 30/70% 되도록 압연을 하였다.

열처리 조건은 단일 압연한 시료는 1100°C 에서 5시간 가열하였으며 이중 압연시료는 1000, 1050, 1100 및 1150°C 에서 5시간 가열하였다.

자기적 특성을 시험하기 위해서 외경이 45mm, 내경이 33mm 되도록 링(Ring) 형태의 시료를 만들어 시료의 총두께가 2mm 되도록 여러 겹을 적층하였다. 1차 및 2차 코일은 직경이 각각 0.5mm 및 0.22mm 인 에나멜 코일을 사용하여 50회 권선하였다.

### III. 결 과

금속은 열처리나 소성 변형에 의해 물리적 성질이 크게 변하는 것이 오랫동안 잘 알려져 있다. 그 이유는 원자배열 상태에 따른 것이라고 믿고 있다. 많은 물리량 중에도 원자의 배열상태에 아주 민감하게 변하는 것이 자기적 물리량이다. 1)

그림1은 두께 4mm 소재를 냉간 압연한 후 1100°C 에서 5시간 수소 분위기에서 가열하여 자기적 특성을 조사한 것이다. 단일 냉간 압연한 시료는 압연율이 증가할수록 최대 투자율, 포화 자속 밀도 및 잔류 자속 밀도 등은 증가하며 보자력은 감소한다. 이와같은 현상은 결정학적 측면에서 해석하면 철 및 철계 합금에서 자화가 용이한 방향 <100>이 잘 발달되기 때문이다. 2) 본 실험에서도 압연율에 따른 결정 방위를 알아보기

위하여 집합조직을 측정하였다. 그 결과 압연율에 따른 {100} <100> 집합조직 성분의 상대강도가 거의 지수 함수적으로 증가하는 것을 알 수 있었다. 대표적인 집합조직의 예를 그림2에 나타냈는데 이는 90% 냉간 압연한 후 수소 분위기에서 소둔한 것이다.

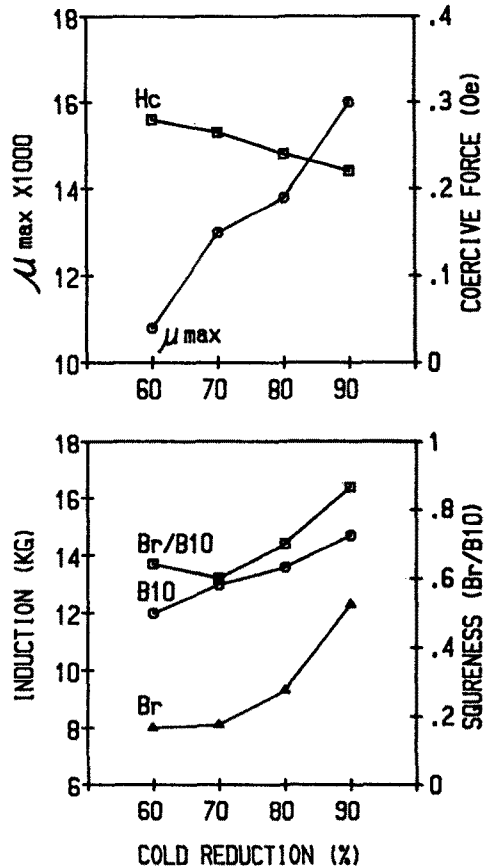


그림1 냉간 압연율에 따른 자기적 성질의 변화 (Hc: 보자력,  $\mu_{max}$ : 최대 투자율, Br: 잔류자속밀도, B10: 포화자속밀도, Br/B10: 각형비)

이중 냉간 압연한 시료는 2차 압연율이 증가할수록 {100} <100> 집합조직이 강하게 발달되었으며 이로 인해 포화 자속 밀도와 잔류 자속 밀도는 단일 냉간 압연시와 동일하게 2차 압연율이 증가할수록 증가하는 경향이 있다. 그러나 최대 투자율과 보자력은 50/50% 에서 각각 최대, 최소가 되는데 이 원인

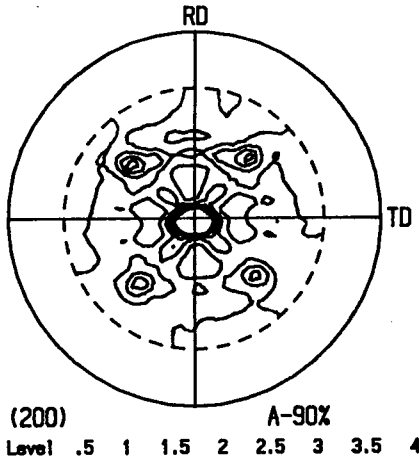


그림2. 90% 냉간 압연한 후 1150°C × 5시간 소둔한 시료의 (200) 극점도

규명을 위해서는 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

각형비는 단일 냉간 압연에서 압연율에 따라 증가하지만 이중 압연에서는 큰 변동이 없음을 나타내는데 이는 각형비가 전체 압연율에 영향을 받으며 그 중간 과정에는 영향을 받지 않기 때문이다.

이중 압연시 수소 분위기의 열처리 온도가 증가할수록 보자력, 잔류 자속 밀도는 떨어지며 최대 투자율은 1100°C 에서 높게 되고 포화 자속 밀도는 큰 영향이 없음을 나타냈다.

#### V. 결 론

45% Ni-Fe 퍼어멀토이의 냉간 압연에 따른 자기적 성질과 집합조직을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 45% Ni-Fe 퍼어멀토이의 주요 집합조직 형태는 단일 및 이중 압연에 큰 차이없이 {100}<100>이다.

2. 단일 냉간 압연시 압연율이 증가할수록 자기적 성질은 개선되며 그때의 집합조직 형태는 {100}<100>성분이 강하게 발달된다.

3. 이중 냉간 압연시 2차 압연율의 비가 증가

할수록 포화 자속 밀도와 잔류 자속 밀도는 증가하나 최대 투자율과 보자력은 50/50% 비율에서 각각 최대 최소를 나타낸다. 그때의 집합조직도 {100}<100>성분이 강하게 발달되었다. 따라서 포화 자속 밀도와 잔류 자속 밀도는 집합 조직 영향을 크게 받으나 최대 투자율과 보자력은 적게 영향을 받는다.

4. 각형비는 단일 냉간 압연시 압연율에 따라 증가하나 이중 냉간 압연시에는 큰 변동이 없다. 따라서 각형비는 전체 압연율에 따라 결정되는 성질이다.

#### VI. 참고 문헌

1. 高橋正氣, 規則合金の塑性と磁性  
日本金属学会会報, Vol. 23, P834, 1984.

2. C. KITTEL, Introduction to solid state physics, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1986, P451