

# 低炭素鋼の冷間圧延・回復過程における硬度と磁気特性変化

伊藤 史也, 武川 幸平, 村上 武, 菊池 弘昭  
(岩手大学)

Magnetic properties and hardness changes on cold rolled low carbon steel under recovery process  
Fumiya Ito, Kohei Takekawa, Takeshi Murakami and Hiroaki Kikuchi  
(Iwate University)

## 1. 緒言

橋梁・高速道路などの社会基盤構造物の経年劣化が問題となっている。構造物の安全性・信頼性の確保のために、高精度、信頼性の高い非破壊検査技術の確立が求められている。構造物の多くには強磁性材料である鋼が使用されており、材料の内部組織変化が磁気特性や硬度などの機械特性に影響を与えることから、磁気的非破壊評価が有効であると考えられる<sup>1)</sup>。磁気特性と機械特性の相関については多くの検討がなされているが<sup>2), 3)</sup>、その定量的な対応関係については不明な点もある。そこで本研究では、磁気的非破壊評価を実用化する上で重要な磁気特性と硬度との定量的関係について明らかにするため、低炭素鋼(S15C)を試料として用い、それらを冷間圧延および熱処理することで内部組織を変化させ、磁気特性と硬度を評価した。

## 2. 実験方法

試料には低炭素鋼 S15C を用いた。はじめ試料に圧延率 0, 5, 10, 40% で冷間圧延を施し、それぞれの試料に対し熱処理前後で試料の組織の分析と磁気特性の評価、及び硬度測定を行った。試料の内部組織観察には EBSD を用いた。磁気特性の評価は磁気ヒステリシスループの計測から保磁力を求め、測定時には励磁方向を変化させた。圧延方向を 0° とし 0~180° の範囲で変化させた。熱処理温度は 600°C、熱処理時間は 1, 3, 5, 10, 15, 25, 40 分とした。硬度測定はビッカース硬さ試験を用いた。

## 3. 実験結果

Fig. 1 は熱処理前の試料について保磁力とビッカース硬度を圧延率に対してプロットしたグラフである。圧延率の増加に伴って保磁力と硬度は増加する。一般に冷間圧延により格子欠陥である転位が増加する。この転位が磁壁のピンニングサイトとして働くので保磁力は増加する。また、増加した転位は互いに相互作用し合い、転位同士の移動を妨げるので、硬度は増加する。このことから保磁力と硬度は良い相関を示す。Fig. 2 は圧延率 40% の試料において、真空中 600°C で熱処理を施した時の各熱処理時間における保磁力とビッカース硬度の変化を示した図である。保磁力は熱処理時間初期に大幅に低下している。一方、硬度は 20 分程度までの変化は小さく、保磁力と硬度の挙動は異なっていることが確認される。圧延した試料は冷間圧延後、格子欠陥の蓄積により自由エネルギーの高い状態にある。これを原子の拡散が十分に起こる高温で熱処理をすると、自由エネルギーを減少させるように転位の消滅や再配列、すなわち、回復が起こる。回復過程における転位の消滅や再配列は保磁力の低下に寄与するが、硬度に対しては影響を及ぼさず、ここでは、保磁力と硬度とは相関を持たない。

### 参考文献

- 1) H. Krommüller, *Int. J. Nondestruct. Testing*, Vol. 3, p. 315, 1972.
- 2) D. C. Jiles, *Introduction to Magnetism and Magnetic Materials*, Chapman & Hail, London UK, 1991.
- 3) S. Takahashi, J. Echigoya, and Z. Motoki, *J. Appl. Phys.*, Vol. 87, p. 805, 2000.

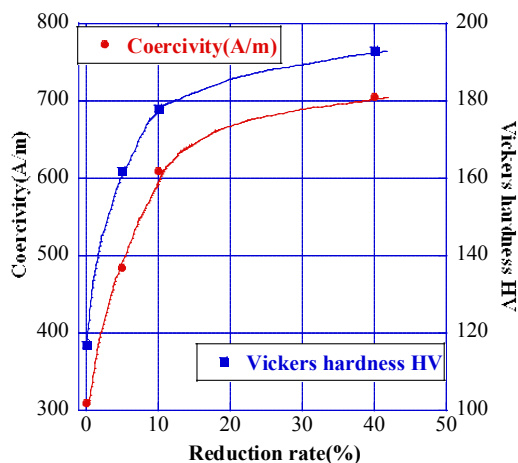


Fig.1 Coercivity and Vickers hardness of each reduction rate on as-rolled specimen.

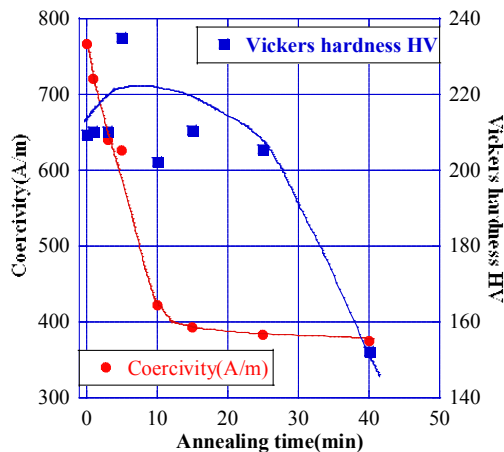


Fig.2 Coercivity and Vickers hardness of each annealing time on 40% rolled specimen.