

高炭素マルテンサイト鋼の低温焼戻し挙動におよぼす微量 Nb 添加の影響

Effect of Nb bearing on the low temperature tempering behavior of cold-rolled high carbon martensitic steel

特殊金属エクセル 土屋 栄司、細谷 佳弘、松村 雄太

東北大金研 大洗センター 戸村 恵子、井上 耕治、永井 康介

JFE スチール 宮本 友佳、小林 崇、瀬戸 一洋

1. 緒言

著者らは、過共析鋼の低温焼戻し時の靱性回復に 0.02mass%以下の P が影響する事を示した^{1),2)}。そのメカニズムは、Fe より原子サイズの小さい P の濃度揺らぎに伴う弾性応力場に C がクラスタリングすることで炭化物析出が遅滞するためと考えた。そこで、Fe より原子サイズの大きい Nb を極微量添加する事で P の影響を緩和することで、量産鋼レベルの P 量で低温焼戻し時の炭化物析出促進の可能性について検討した。

2. 実験方法

Nb 添加量(mass%)を、tr.(鋼 1), 0.010(鋼 2), 0.021(鋼 3), 0.055(鋼 4)の 4 水準変化させた SK95 相当鋼 (P:0.009~0.012mass%)を真空溶解後 30kg 鋼塊とした。分塊圧延後ラボ熱延で板厚 4.0mm とした後、680°C で巻取り相当処理を行った。その後、球状化焼鈍と冷間圧延を繰り返して 0.4mm の鋼板とした。靱性試験は、800°C から油焼入れ後 150°C ~ 350°C で 60min 焼戻した後、中央に先端 R:0.02mm, 深さ 2.5mm の I ノッチを加工した 10mm × 60mm の矩形試験片を用いた。疲労試験は、250°C と 300°C で焼戻した試験片について、最大荷重:984N、応力比:0.55 で引張-引張モードで行った。焼伸びは、鋼 1 と 2 について 2.5mm^W × 135 mm^L の試験片の焼入れ前後の長さ変化から評価した。C, P の元素分布は APT (50K, 電圧パルスモード)で分析し、集合組織は TD 断面の EBSD より(001)極点図を得た。

3. 実験結果及び考察

- (1) 焼戻し後の硬さ(HV)におよぼす Nb 量の影響は認められなかったが、250°C から 300°C の靱性回復は鋼 2 が最も顕著であった(Fig.1)。
- (2) 鋼 1, 2, 3 の疲労寿命は、鋼 2 で 30%~50%改善した(Fig.2)。
- (3) 焼入れ後の焼伸び量と焼伸びのばらつきは鋼 2 で減少した。集合組織解析より、微量 Nb 添加によって焼鈍後の γ -fiber 集合組織の異方性が低下し、焼入れ後のマルテンサイト相の方位分散がランダム化した。
- (4) 0.01mass%Nb 添加で焼戻し後の機械的諸特性が向上するメカニズムを原子レベルで考察するため、靱性回復直前の 250°C 焼戻し材について、5 × 5 × 200nm³ の領域内の C と P の一次元濃度分布を解析した結果、Nb 添加によって ϵ ~ θ 炭化物の析出が加速した。一方、Nb を 0.05%添加すると P の濃度揺らぎが顕著となり、0.4at%に達する濃化が観察された(Fig.3)。これは、Nb が α 相中への P の固溶度を著しく縮小³⁾させるためと推定される。Nb の最適添加量(0.01%)は、Nb 添加に伴う炭化物析出の好影響と P 濃化の悪影響の合算の結果と解釈できる。

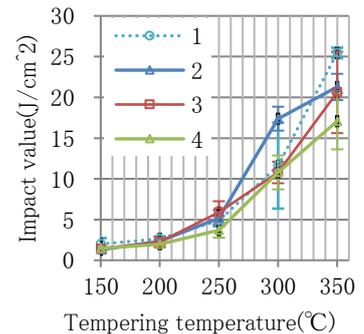


Fig.1 Effect of TT on impact value

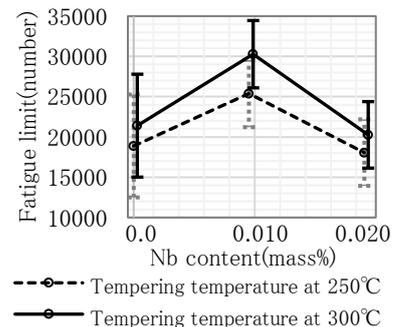


Fig2 Effect of Nb on fatigue life

4. 参考文献

- 1) 松村雄太 他 :CAMP-ISIJ, No.173, (2017), 186.
- 2) 細谷佳弘 他 :CAMP-ISIJ, No.173, (2017), 187.
- 3) 金子秀夫 他 :日本金属学会誌, Voi.29, (1965), 166.

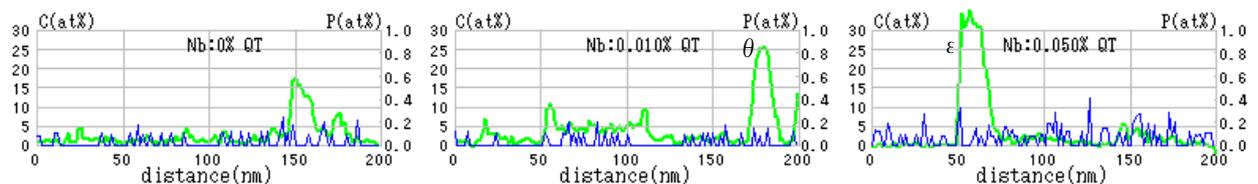


Fig.3 Effect of Nb on the change in the concentration profiles of P and C atoms by tempering at 250°C in Steels 1, 2 and 4 observed by APT