

過共析鋼の低温焼戻し挙動におよぼす P の影響-1

Effect of P on quench-tempering behavior of hypereutectoid steel-1.

特殊金属エクセル 松村 雄太、細谷 佳弘、土屋 栄司

東北大金研 大洗センター 戸村 恵子、井上 耕治、永井 康介

1. 緒言

焼入れ処理した $C < 0.6\text{mass}\%$ の炭素鋼では、 $250^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ の焼戻し時に顕著な靱性低下（低温焼戻し脆化）が観察されるが、 $C \geq 0.6\text{mass}\%$ の高炭素鋼では明瞭な靱性低下は観察されず、 300°C 以上の焼戻しによって顕著な靱性向上が観察される⁽¹⁾。脆化範囲とされる 300°C 以下の焼戻し温度での靱性に着眼した研究は少なく、P の影響に関しても無視できる程度と見なされてきた⁽²⁾。そこで本研究では過共析鋼における 300°C 以下の低温焼戻し時の靱性におよぼす微量 P の影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

母成分を揃えて P 量のみ 3 水準変化させた供試鋼を 50kg 真空溶解炉にて溶製した。それらの化学成分を Table.1 に示す。铸塊を分解圧延後熱間圧延用鋼塊とし、ラボ熱間圧延機で板厚 3.6mm に圧延後 680°C で巻取り相当処理を行った。熱延板に球状化焼鈍と張力を付加した冷間圧延を繰り返して、 0.4mm^2 の冷間圧延鋼板とした。焼入れ処理は $800^\circ\text{C} \times 10\text{min}$ 保持後に 80°C の油焼入を行い、 200°C から 400°C の範囲で 60min 焼戻し処理後に空冷した。硬さ測定は HV、靱性評価はシャルピー衝撃試験機を用いて $10\text{mm} \times 60\text{mm}$ の矩形サンプル中央に先端 $R0.02\text{mm}$ で深さ 2.5mm の I ノッチ加工を施したサンプルを使用した。As-Q 及び 250°C 焼戻し試料について 3 次元アトムプローブ (APT) 分析を実施した。

3. 実験結果及び考察

(1) 焼戻しでは硬さに対する P の有意差は無く、焼戻し温度の上昇と共に単調に低下する。これに対し、衝撃値の回復速度は P 量の影響を受け、LP では 200°C 以下で靱性回復が認められるのに対し、MP では 200°C 以上、HP では 250°C 以上で靱性回復が顕著となる (Fig.1)。

(2) As-Q と 250°C で焼戻した LP と HP における C 原子の存在状態を APT 分析した結果、As-Q の状態で C 原子の濃度ゆらぎが観察された。焼戻し後 LP では微細セメンタイトの形成を示唆する C 原子の集積が観察されるのに対し、HP では C の分配初期段階と思われる濃度ゆらぎが観察された (Fig.2)。

(3) APT スライス画像より、LP, HP とも As-Q 段階で P 原子近傍に C 原子が寄り集まる傾向が観察され HP ではより顕著である。焼戻し後は P 原子の位置に関わらず C 原子の Clustering が進行する (Fig.3)。

(4) 以上の結果から過共析鋼における 300°C 以下の低温焼戻しにおいて靱性回復温度が上昇するのは、P 含有により微細セメンタイトの析出が遅滞することを示唆している。

参考文献 1) 細谷佳弘：ふえらむ Vol.20(2015), No.1, pp.13-19

2) 小柴定雄 刃物鋼の諸性質に及ぼす P の影響 (第 1 報) 日立評論 1959 年 12 月号

Yuta Matsumura (Tokushu Kinzoku Excel Co., LTD., 56 Tamagawa, Tokigawa-cho, Hiki, Saitama 355-0342)

Table.1 Chemical composition of steels used.

No.	P	C	Si	Cr	Mn
LP	0.005	1.00	0.250	0.421	0.70
MP	0.016	1.00	0.243	0.414	0.73
HP	0.023	1.01	0.239	0.418	0.73

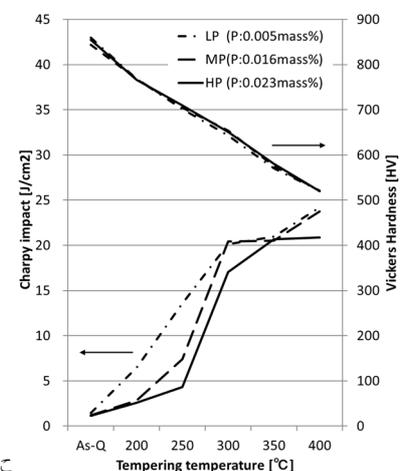


Fig.1 Change in toughness and hardness with low temperature tempering.

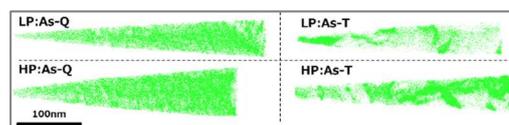


Fig.2 APT images of C before and after quenching in HP and LP.

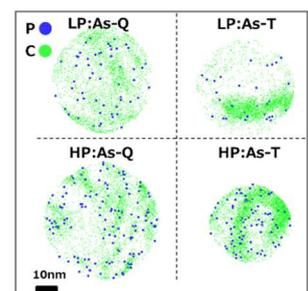


Fig.3 Sectional APT images of P and C Before and after quenching in HP and LP.