

(753) 32~35% Mn非磁性鋼の極低温における強度と靱性

東京大学 工学部 柴田浩司、藤田利夫
大学院 小引康彦

目的 極低温用非磁性鋼に要求される強度と靱性はますます高いものとなっている。また、強力超電導磁石の製造法として Wind and React法が検討され、いわゆる拡散熱処理を施した状態(時効状態)での性質も問題にされるようになった。NあるいはCで強化したステンレス鋼あるいは高Mn鋼においては、一般に時効材の靱性は著しく低く、これらの鋼を時効状態で使用することには限界があると言われているが、野原ら²⁾は、V添加が時効による延性、靱性の低下を有効に抑制することを示した。しかしこれらの鋼の極低温における機械的性質に及ぼす成分、熱処理、熱間加工等の影響に関しては、十分明らかにされていない点が多い。そこで、32~35% Mn鋼において極低温における強度、靱性に及ぼすC、N、V、Nb、Si、Ni等添加元素の影響、熱処理、熱間加工の影響について調べた。

実験方法 Table 1に主な供試材の化学成分を示す。S-5をのぞきS系O系いずれも真空溶解材である。鋼塊を熱間鍛造、圧延して得た板材あるいは棒材において、①圧延まま、および溶体化処理後②直ちに水冷、③冷却途中各種温度に保持して水冷、④直ちに水冷してから各種温度に再加熱後水冷、⑤各種条件で熱間圧延、等を行い、液体窒素、液体ヘリウム中で引張試験、シャルピー試験を行った。

実験結果 ①少量のVあるいはNb添加、C、N量の調整により溶体化処理材において、例えばO-3鋼(1100°C、1h溶体化)で $\sigma_{0.2}(-296^\circ\text{C}) = 124 \text{ kgf/mm}^2$ 、 $vE(-196^\circ\text{C}) = 28.9 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ (棒材)、 $18.4 \text{ kgf}\cdot\text{m}$ (板材、T方向)のように、すぐれた強度、靱性が得られた。②時効材においては、強度を上げようとするとき粒界破壊が生じ靱性が低下する(Fig. 1)。この場合、N単独添加鋼、C単独添加鋼ともに結晶粒界上に多くの析出物が観察され、またオージェ分光分析でPの存在が認められた。③溶体化処理温度から冷却中ある温度に保持すると、比較的Cの多い鋼で時効材の靱性が向上した。④低Si材では他鋼と異なり溶体化処理温度が低いほど時効材の靱性が著しく向上する溶体化処理温度領域がある(Fig. 2)。しかしNiを添加するとこの現象は見られなくなり、靱性レベルも低下する。⑤熱間圧延条件を制御することにより時効材の強度、靱性を上げることができる。

結論 溶体化処理材においてすぐれた強度、靱性が得られた。時効材の靱性をさらに上げるには、析出物、粒界析出物の制御、不純物の粒界偏析の抑制に対し一層の工夫が必要である。(文献: 1)小泉ら: 低温工学, 14(1979), p.190. 2)野原ら: Proc. of the ICMC, Kobe, 1982, p.29.

Table 1. Chemical composition (in wt%).

steels	C	Si	Mn	Ni	Cr	N	others
S-1	0.02	0.58	31.2	0.22	6.94	0.007	-
S-2	0.32	0.52	31.8	0.17	7.01	0.012	-
S-3	0.03	0.57	31.8	0.21	6.50	0.12	-
S-4	0.03	0.66	31.2	0.58	7.51	0.32	-
S-5	0.14	0.60	31.6	0.23	7.04	0.13	-
O-1*	0.03	0.55	32.0	0.20	7.00	0.15	0.10Nb
O-2*	0.03	0.55	32.0	0.20	7.00	0.15	0.10V
O-3*	0.03	0.55	32.0	0.20	7.00	0.20	0.1V
O-4*	0.10	0.55	32.0	0.20	7.00	0.15	0.1V
O-5*	0.03	0.05	32.0	0.20	7.00	0.15	0.1V
O-6*	0.03	0.05	32.0	2.00	7.00	0.15	0.1V

* nominal composition

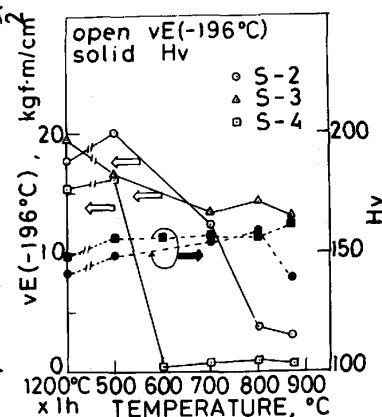


Fig. 1. Effect of aging temperature on Charpy impact value at -196°C and hardness of S series of steels solution treated at 1200°C for 1h and aged for 48h.

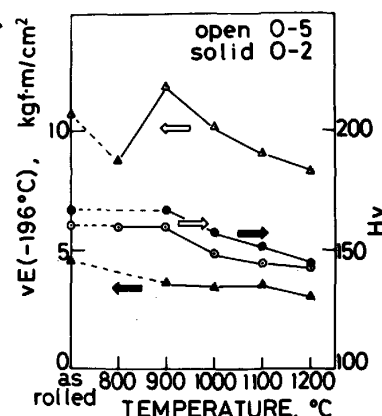


Fig. 2. Effect of solution treatment temperature on Charpy impact value at -196°C and hardness of O-2 and O-5 steels aged at 700°C for 48h.