

(491) Nb, V, Tiを含有するHSLA鋼における複合炭窒化物の熱力学的検討

住友金属工業株式会社 総合技術研究所 ○岡口秀治, 橋本 保

1. 緒 言

Nb, V, Ti等の合金元素を複合添加すると, 析出物中で合金元素が互いに固溶する複合析出物が生じ, 析出物の安定性(溶解度)が変化するため, 圧延材の強度特性や加熱時の γ 粒成長挙動に大きな影響をもたらす. 本報ではこのNb, V, Tiの複合炭窒化物の安定性及び組成について熱力学モデルを用いて詳細に検討した.

2. 熱力学モデル

(1) 複合炭窒化物 $(A_xB_{(1-x)})(C_yN_{(1-y)})$: Fig. 1のように複合炭窒化物を二元析出物(AC, BC...)の混合体となみすと, 析出物の自由エネルギー G^{ppt} は, 次式で表示できる.

$$G^{ppt} = X_{AC}G_{AC} + X_{BC}G_{BC} + X_{AN}G_{AN} + X_{BN}G_{BN}$$

$$RT(X_{AC} \ln X_{AC} + X_{BC} \ln X_{BC} + X_{AN} \ln X_{AN} + X_{BN} \ln X_{BN}) + E_{G_m} \quad (1)$$

(G_{xy} および X_{xy} : 二元析出物XYの標準自由エネルギーおよびモル分率, E_{G_m} : 過剰自由エネルギー)

ここで E_{G_m} が無視できる場合, 複合炭窒化物中の二元析出物XYの化学ポテンシャル G_{xy} は(2)式で求められる.

$$\overline{G_{xy}} = G_{xy} + RT \ln X_{xy} \quad (2)$$

(2) 平衡条件: 平衡状態では複合炭窒化物を形成する二元析出物について

$$(3) \text{式が成立する. } \overline{G_{xy}} = \overline{G_x}^{\gamma} + \overline{G_y}^{\gamma} \quad (3)$$

($\overline{G_x}^{\gamma}$, $\overline{G_y}^{\gamma}$: 元素X, Yの γ での化学ポテンシャル)

3. 実験方法

0.1%–1.6% Mn鋼をベースとした種々のNb, V, Ti単独および複合添加鋼を用い, 種々の温度に5時間加熱後, 水冷した小片について抽出残査分析およびSTEM-EDX分析を実施した.

4. 結 果

(1) Nb, Ti単独添加鋼の場合, 析出量はCとNの固溶を考慮したモデルの予測値と一致する (Fig. 2).

(2) Nb–Ti, V–Ti複合添加鋼の析出量は合金元素およびCとNの固溶を考慮したモデル $(A_xB_{(1-x)})(C_yN_{(1-y)})$ で計算でき (Fig. 3) また析出物の組成も本モデルの予測値とよい一致を示す (Fig. 4).

5. ま と め

Nb, V, Ti添加鋼中の析出物の挙動は本モデルにて精度よく予測できる.

(参考文献)

橋本, 岡口: 鉄と鋼 72 (1986) S 467

岡口, 橋本: 同上 72 (1986) S1385

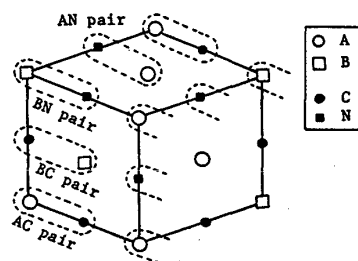


Fig. 1 Schematic illustration of complex precipitates. $(A_xB_{(1-x)})(C_yN_{(1-y)})$

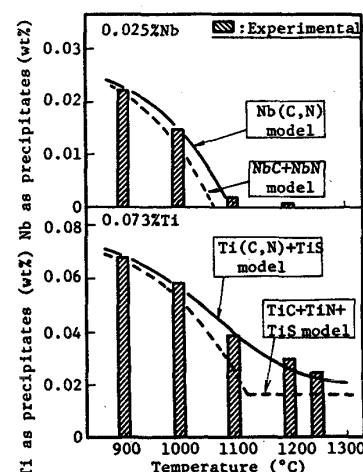


Fig. 2 Comparison between calculated and analyzed weights of Nb, Ti as precipitates in Nb, Ti steels.

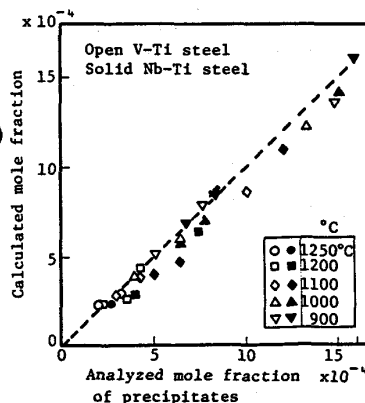


Fig. 3 Comparison between calculated and analyzed fraction of precipitates in Nb-Ti and V-Ti steels.

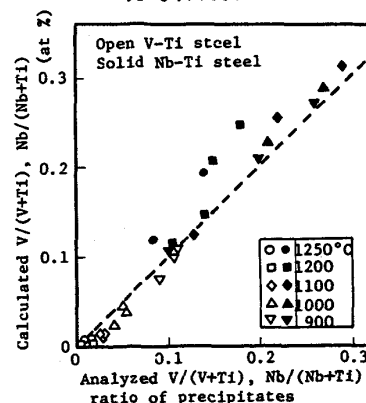


Fig. 4 Comparison between calculated and analyzed composition of precipitates in Nb-Ti and V-Ti steels.