

(543) 溶接熱サイクルにおける TiN 粒子の溶解挙動とオーステナイト粒径の関係

川崎製鉄(株) 技術研究所 ○小田宗隆 天野虔一

船橋佳子 志賀千晃 上田修三

1. 緒言 溶接熱影響部の Fusion Line 近傍は 1350℃ 以上に加熱され、Ti 添加鋼の場合一部の TiN 粒子は溶解する。この為 TiN 粒子による r 粒成長抑制効果を鋼板中の TiN 粒子の分布と結びつけて検討する必要がある。すでに 0.018% 以上の比較的高い Ti を含有した鋼板に含まれる TiN 粒子の溶解挙動は詳細に検討されている¹⁾が、微量 Ti 微量 N を含有した鋼板については調べられていない。そこで本研究では、微量 Ti 微量 N 系の鋼板について溶接熱サイクルにおける TiN 粒子の溶解挙動を詳細に調べるとともに TiN 粒子を抽出レプリカ法による電顕観察と化学分析により分級し、溶接熱影響部の Fusion Line 近傍の r 粒径に及ぼす TiN 粒子の分布状態の影響を明らかにした。

2. 実験方法 供試鋼は 0.06%C-1.5%Mn-0.03%Al-0.0022~0.0050%N-0.008%Ti-0.006%REM を含有する連続製造スラブであり、TiN 粒径を変化させるために種々の熱処理を与えた後熱間圧延した。これらの鋼板より溶接熱サイクル試験片を採取し溶接熱サイクルを与え、これと圧延ままの鋼板の TiN 粒子の粒度別分析値及び TiN 粒径を測定した。TiN 粒径は抽出レプリカの電子顕微鏡観察により測定した。TiN 粒子の粒度別分析は鋼試料を 10%アセチルアセトン系電解液で電解し、不溶残さを硫酸溶液中で室温または加温溶解し、未溶解の残さの Ti 量を定量することにより粒径別に 0.04 μ m 以下、0.04~0.06 μ m, 0.06 μ m 以上の 3 水準に分級した。

3. 実験結果 (1) 図 1 に示すように最高加熱温度(T_p): 1350℃, 800℃ から 500℃ までの冷却時間($\Delta t_{800-500}$): 230s の熱サイクルを与えた場合、微細な TiN 粒子は溶解し添加 Ti の 50% が鋼に固溶した。また $T_p=1400$ ℃ の場合は 88% が溶解した。微細な TiN 粒子が溶解しやすい現象は Thomson-Freundlich の式²⁾で説明できる。

(2) 1200~1400℃ に急熱しこの温度より急冷した試験片の sol. Ti と sol. N を測定し TiN の溶解度積を求めた結果を図 2 に示す。この図より溶接のような急熱急冷の熱サイクルによっても 1400℃ 以上では、TiN 粒子はほとんど溶解することが判る。(3) $T_p=1350$ ℃ における r 粒径は、図 3 に示すように鋼板で 0.04 μ m 以下の TiN 粒子の量が多い程小さかった。(4) TiN 粒子が添加 Ti 量の 88% 溶解する $T_p=1400$ ℃ における r 粒径は、TiN 粒子が有効に働く $T_p=1350$ ℃ の r 粒径に比例した。(5) $T_p=1350$ ℃ 及び 1400℃ から冷却時間 ($\Delta t_{800-500}$) を 30s より 230s までとして熱サイクルを与えた場合、一度溶解した TiN 粒子は冷却途中に析出しなかった。

<参考文献> 1) 金沢正午ら: 鉄と鋼, 61 (1975), 11, p.65
2) A. Swalin: 固体の熱力学 (上原邦雄ら訳), (1965), p.148 [コロナ社]

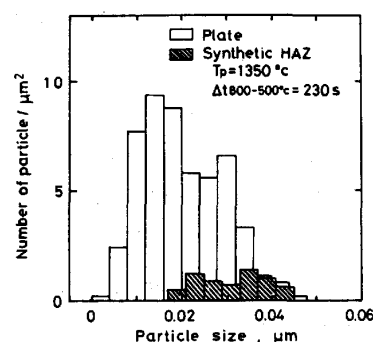


Fig. 1 Distribution of TiN particles.

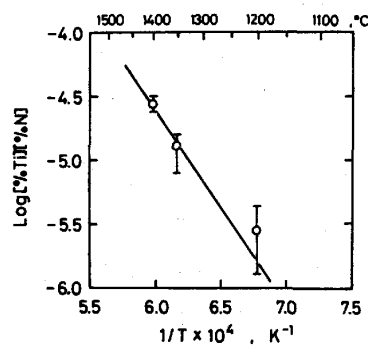


Fig. 2 Solubility product of TiN.

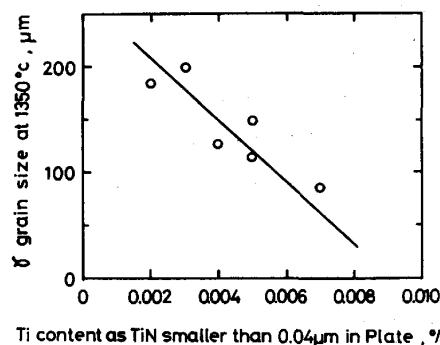


Fig. 3 Relation between austenite grain size at 1350℃ and Ti content as TiN smaller than 0.04 μ m existing in the plate before welding.