Japan Welding Society

119 溶接熱影響部の変態特性とミクロ組織

九州工業大学　迎 静雄　加藤光昭
西尾一政　○川西宣明

1. 緒言

大入熱溶接を行った際の靭性改善に対して、Ti及びNの適正な添加が有効である。[1,2] すなわち、鋼中に分散分布したTiN粒子がγ粒の成長を抑制するとともに固溶Nを低減させるためと考えられる。[2] そこで、本研究ではTi及びNの組成割合を種々変化させた試料を用いて、再現溶接熱サイクル過程での変態挙動と変態後のミクロ組織の関係について検討した。

2. 使用材料及び実験方法

本研究に用いた試料はSS41鋼板を基本材とし、Tiを0.01，0.03及び0.05 wt%を目標に添加した。N量は溶解雰囲気ガスを$Ar + N_2$としてN_2のガス分圧を変化させ20～200ppmの範囲内で数段階変化させた。実験は溶接熱サイクル再現装置を用いて連続冷却させた。その際、1350℃で5秒保持後窒素ガスにより800～500℃の冷却時間が40秒（入熱60kJ/cmに相当）となるようにした。冷却過程においては熱電対の熱起電力を直接マイコンに入力し、冷却速度－温度曲線としてプリントさせた。そしてこの曲線の特徴とミクロ組織との関係を検討した。ミクロ組織の観察はナイタールで腐食して行った。そして、粒界フェライト，粒内フェライト及びフェライト・サイドプレートの面積率をTabletを用いて画像解析した。

3. 実験結果及び考察

3.1 変態挙動に及ぼすTi及びNの影響

連続冷却を行った際の冷却曲線をマイコンを使って解析した結果、図1に示すように冷却速度－温度曲線は2つのタイプに分類される。これらの冷却速度曲線にはF_s，F_l及びF_fの変曲点が認められる。いずれの冷却速度曲線においても、F_s点は粒界に初析フェライトの析出し始める温度、F_l点は冷却速度が最も小さくなる温度、F_f点は変態が終了した温度に対応している。Ti:0.0119，N:0.0078 wt%のものは、N 0.0016 wt%の極低Nのものに見られる明瞭なF_l点が現われずF_l点からF_l'点まで冷却速度がほぼ一定となる温度範囲が認められる。この温度範囲をΔF_lとする。ΔF_lを有しない冷却速度－温度曲線をTypeⅠとしΔF_lを有するものをTypeⅡとする。これらの常温組織を図2に示す。(a)はTypeⅠのもので、粒界フェライト、フェライト・サイドプレート及び擬似パーライトで構成されている。(b)はTypeⅡのもので微細に分断された粒界フェライト及び微細フェライト・パーライト組織であった。粒界フェライトはF_l点までの高温において析出し微細フェライトはΔF_l間で析出した。この微細フェライトはまず粒界フェライトの周囲に析出しはじめ次第にγ粒の中心に向かい最終的にはγ粒内を埋めつくす形で析出する。

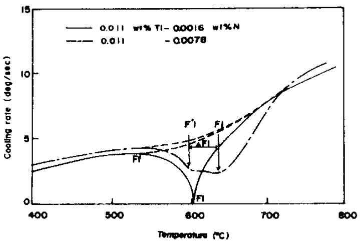


図1 冷却速度－温度曲線

Tiを含有しない試料の冷却速度－温度曲線はTypeⅠの

NII-Electronic Library Service

曲線になった。N量を変化させても同様の曲線となった。これに対して、Tiを0.011 wt%添加すると極低N (N<20ppm)の場合はTi無添加材と同様にType Ⅰの曲線となったが、N量が増加すると⊿Fl区間を有するType Ⅱの曲線となった。N量が少ない場合にはTi含有量が増加してもType Ⅰの曲線となった。そしてN>70ppmになるといずれのTi量に対してもType Ⅱの曲線となった。この様に冷却速度－温度曲線はTi及びN量によってType Ⅰ及びType Ⅱに分類された。

図3に微細フェライト・パーライト組織と深い関係を持つと考えられる⊿Flに及ぼすTi及びNの影響を示す。⊿FlはN量が増加するにつれて大きくなる。

3.2　ミクロ組織に及ぼすTi及びNの影響

Ti無添加材のミクロ組織は図2(a)の場合と同様に、粒界フェライト，フェライト・サイドプレート及び擬似パーライトで構成されている。Tiを微量添加しN量を増加させると非常に微細なフェライト・パーライトを主体とした組織となる。そこで、この微細フェライト・パーライト組織占有率をTabletを使い測定した。微細組織はいずれのTi量においてもN量の増加によりしだいに増加するが、Ti量が多い場合にはより多量のNを必要とする。

図4に微細フェライト・パーライト組織に及ぼす冷却速度－温度曲線の⊿Flの影響を示す。この図より微細フェライト・パーライト組織占有率はほぼ⊿Flによって整理できる。このフェライト・パーライト組織量Fと⊿Flの関係を回帰分析した結果を次に示す。

$$F = 2.47(\Delta F_l) - 2.76\times10^{-4}(\Delta F_l)^3 - 2.27 \qquad (R=0.97) \cdots (1)$$

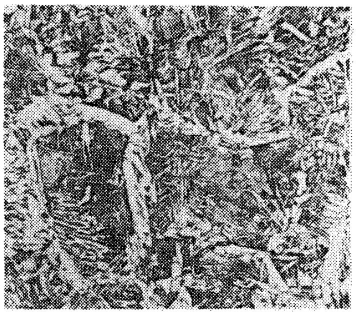
一方，⊿FlはTi及びN量により変化する事を述べたが、ここで固溶Ti、固溶N及び未固溶Ti量が⊿Flにどのように影響するかを回帰分析した。その結果を次に示す。

$$\Delta F_l = 72.4 - 6.02\times10^{-1}\,\mathrm{Sol.Ti} + 6.98\times10^{-2}\,\mathrm{Insol.Ti} - 2.20\times10^{-1}\,\mathrm{Sol.N} \qquad (R=0.82) \cdots (2)$$

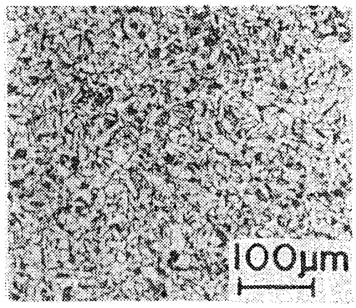
(2)式より⊿Flは未固溶Tiが増加する程、また固溶Nが減少する程大きくなることがわかる。

(1)及び(2)を考慮すると、フェライト・パーライト組織割合は、未固溶Tiを増加し、⊿Flを大きくする事によって増加させることができる。

参考文献）　1) 金沢ら，鉄と鋼，61 (1975)，2589
2) 迎ら，溶接学会誌，51 (1982)，75



(a) Ti=0.011，N=0.0016 (wt%)



(b) Ti=0.0011，N=0.0078 (wt%)

図2　ミクロ組織

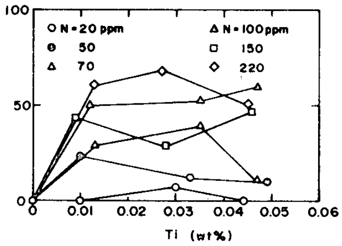


図3　⊿Flに及ぼすTi及びNの影響

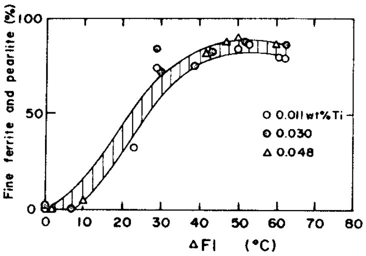


図4　フェライト・パーライト組織と⊿Flの関係

NII-Electronic Library Service