

# 111 軟鋼および高張力鋼溶接金属の転位組織に及ぼす冷却時間の影響

名古屋大学 工学部

益本 功  
須賀 久明

## 1. 緒言

フェライト系鋼溶接金属の靱性改善のために金属組織学的な観点から種々の検討がなされてきた。結晶粒度・介在物の大きさ、パーライトコロニーの大きさなどの材料因子に加えて粒内の転位の状態も破壊靱性に重要と考えられ、前報<sup>1)</sup>に続き広い範囲の冷却時間と粒内組織の関係を軟鋼および60 kg/mm<sup>2</sup>級の高張力鋼について検討した。

## 2. 実験方法

溶接金属は炭酸ガスアーク溶接法により軟鋼ワイヤと高張力鋼ワイヤを用いて母材をそれぞれ13 mm厚のSS41およびHT60にビード置き、もしくはI型突合せ溶接することにより得た。溶接条件を800℃から500℃までの冷却時間をTable 1に、得られた溶接金属の化学組成をTable 2に示す。

## 3. 実験結果

### 3.1 一層溶接金属

Fig. 1は軟鋼および高張力鋼溶接金属の硬さと冷却時間の関係を示す。Fig. 2およびFig. 3はそれぞれ冷却時間に対応した軟鋼および高張力鋼溶接金属の光学顕微鏡組織である。冷却時間が短くなるにつれ、組織は細くなり最終的にはマルテンサイト化することが判る。これらの光顕組織に対応した粒内組織を透過電子顕微鏡(加速電圧100 kV)により観察した結果の例をFig. 4とFig. 5に示す。軟鋼は旧オーステナイト粒内に析出した粒界フェライトとそこから板状に伸びたサイドプレートおよび細かい針状フェライトなどに区別しつつ観察した。細かいフェライトでは一般に転位の複雑に折れ曲がり内部応力状態も高いことを示し、転位の密度も高い。高張力鋼では、これらの傾向は同じではあるが、平均の転位密度はやや高く、軟鋼における針状フェライトと同程度で、入熱の低下にともない、 $1.0 \times 10^{10}/\text{cm}^2$ から $1.7 \times 10^{10}/\text{cm}^2$ 以上に増加している。Fig. 6は、軟鋼における種々のフェライト中の転位密度と

Table 1 Welding condition and cooling time

|    | Welding current (amp) | Arc voltage (volt) | Welding speed (cm/min) | Heat input (KJ/cm) | C.T. 800-500 (sec) |
|----|-----------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|
| H1 | 480                   | 380                | 10                     | 1123               | 107                |
| H2 | 400                   | 360                | 10                     | 864                | 90                 |
| H3 | 400                   | 360                | 17                     | 508                | 42                 |
| H4 | 350                   | 335                | 43                     | 164                | 20                 |
| H5 | 300                   | 310                | 60                     | 93                 | 10                 |
| H6 | 200                   | 220                | 40                     | 66                 | 23                 |
| H7 | 100                   | 180                | 150                    | 0.72               | 0.54               |
| M1 | 400                   | 360                | 10                     | 864                | 1100               |
| M2 | 400                   | 360                | 20                     | 432                | 461                |
| M3 | 500                   | 410                | 38                     | 324                | 392                |
| M4 | 400                   | 360                | 38                     | 227                | 244                |
| M5 | 350                   | 335                | 38                     | 185                | 165                |
| M6 | 300                   | 310                | 60                     | 93                 | 74                 |
| M7 | 200                   | 220                | 40                     | 66                 | 41                 |
| M8 | 100                   | 180                | 150                    | 0.72               | 0.75               |

Table 2 Chemical compositions of weld metals (wt%)

|          | C             | Si            | Mn            | P               | S               | Mo            | Ti              |
|----------|---------------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
| H Series | 0.12<br>-0.15 | 0.34<br>-0.46 | 1.37<br>-1.67 | 0.013<br>-0.016 | 0.005<br>-0.006 | 0.18<br>-0.26 | 0.029<br>-0.106 |
| M Series | 0.09<br>-0.15 | 0.11<br>-0.48 | 0.63<br>-1.04 | 0.012<br>-0.017 | 0.008<br>-0.019 | —             | 0.005<br>-0.022 |

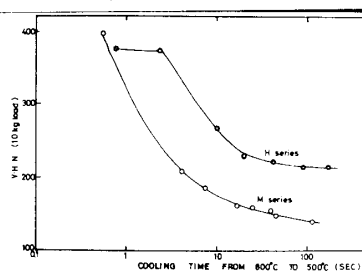


FIG. 1 EFFECT OF COOLING TIME FROM 800°C TO 500°C ON VICKERS HARDNESS OF WELD METALS IN BOTH H AND M SERIES.

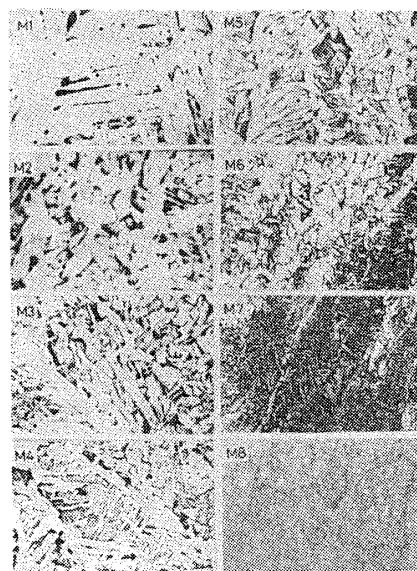


FIG. 2 MICROPHOTOGRAPH OF WELD METALS COOLED WITH VARIOUS COOLING TIMES (H SERIES)

800℃から500℃までの冷却時間の関係を示す。粒内の転位分布にはそれぞれ広がりを持つものの前述の傾向は理解できる。マルテンサイト中の転位密度はこれからよりかなり高いものとなっていた。

### 3.2 熱影響を受けた溶接金属

表裏の二層溶接により一層溶接金属の光学顕微鏡ならび

に透過電子顕微鏡による観察を行ない、熱影響を受けた初層溶接金属の組織変化を検討した。入熱の増加によりA変態を受け粒状化したフェライト領域は広がり、試料M3における入熱では初層の組織は粒状化組織のみになった。光学顕微鏡で見られるこのようなフェライト形状の変化に応じて、転位密度は約2分の1程度に減少した。未変態領域の組織において、各種フェライトに応じてそれぞれの転位密度を測定した結果、やはり約2分の1程度に減少していることが判明した。

以上のごとく、冷却時間の変化に応じて変わるフェライト形状、寸法には、粒内の転位密度や分布の変化を伴うことが判明した。

参考文献 1) 益本・須賀：溶接学会全国大会講演概要 第25集 P. 88

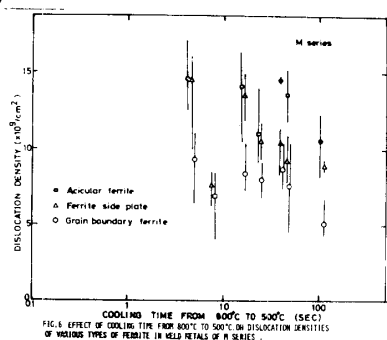


FIG. 6 EFFECT OF COOLING TIME FROM 800°C TO 500°C ON DISLOCATION DENSITIES OF VARIOUS TYPES OF FERRITE IN WELD METALS OF H SERIES.

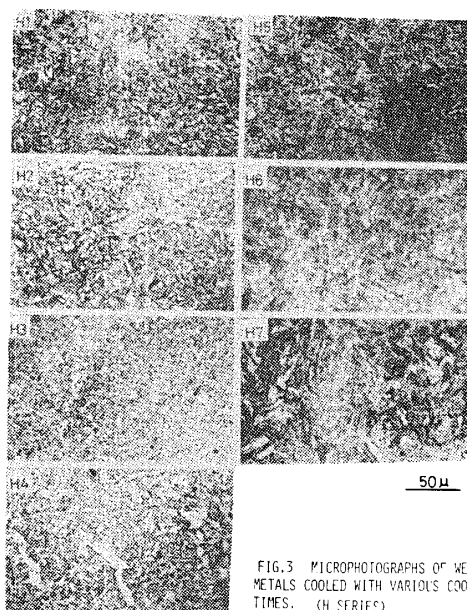


FIG. 3 MICROPHOTOGRAPHS OF WELD METALS COOLED WITH VARIOUS COOLING TIMES. (H SERIES)

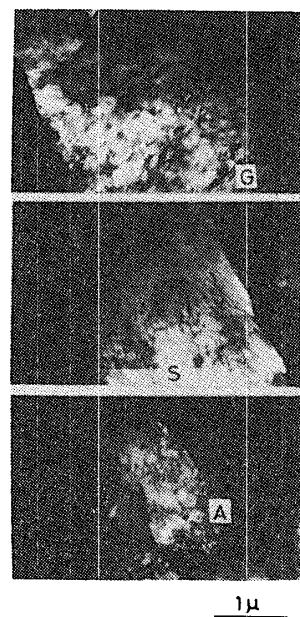


FIG. 4 TRANSMISSION ELECTRON MICROGRAPHS OF GRAIN BOUNDARY FERRITE (G), FERRITE SIDE PLATE (S) AND ACICULAR FERRITE (A) IN WELD METAL WITH COOLING TIME OF 4.1 SEC. (M SERIES)

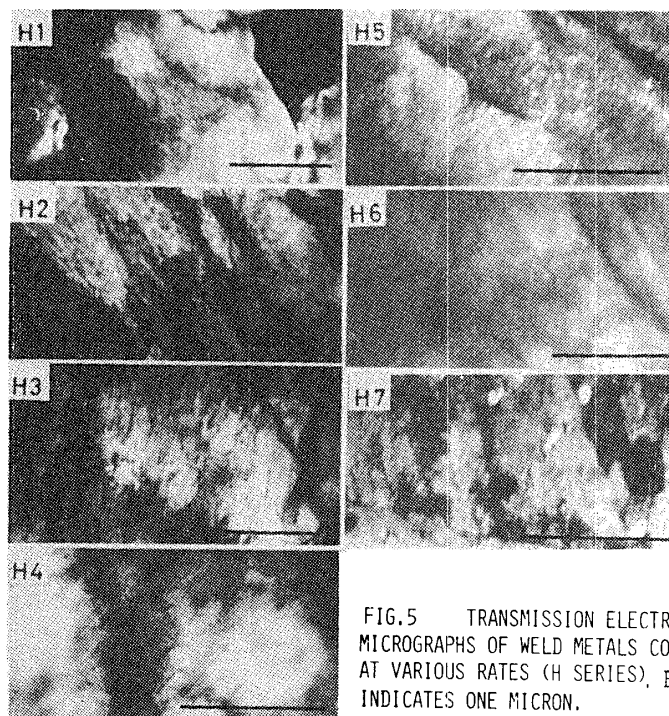


FIG. 5 TRANSMISSION ELECTRON MICROGRAPHS OF WELD METALS COOLED AT VARIOUS RATES (H SERIES), BAR INDICATES ONE MICRON.