

溶接熱影響部に認められるCCT図上のマルテンサイトとベイナイトのSEMによる観察

(昭和59年11月30日 原稿受付)

工学部第二部材料工学科 秋 山 哲 也
工学部第二部材料工学科 寺 崎 俊 夫

Observation of Martensite and Bainite in Welding Heat Affected Zone based on the CCT diagram.

by Tetsuya AKIYAMA
Toshio TERASAKI

Abstract

In this report, using scanning electron microscopy (SEM), the features of martensite and bainite which stay in the welding heat-affected-zone is studied.

The structure of welding heat-affected-zone affects the ductility, the sensitivity of welding cold cracking and so on, so the observation of the welding heat-affected-zone is very important.

But it is difficult to distinguish bainite structures from martensite structures, especially for young operators.

So, using SEM, we made the difference of the features of martensite structure from that of bainite clear.

Therefore it should be capable to distinguish these two microstructures even for young operators.

1. 緒言

溶接熱影響部組織が、マルテンサイトであるのかベイナイトであるのかは、靱性、¹⁾ 溶接低温割れ、²⁾ 環境脆化³⁾ 等に対する性質を知る上で重要である。

溶接熱影響部の組織を推定する場合、図-1に示すようなCCT図⁴⁾を利用することができる。しかし、実際に光学顕微鏡で観察すると、光学顕微鏡の分解能が低い⁵⁾ ために、マルテンサイト (M) とベイナイト (Zw : 中間段階組織) とは区別し難く、CCT図上のどの組織に相当するかは、経験的判断に委ねられている場合が多い。

もし、経験の浅い技術者にも簡単かつ正確に、CCT図上のマルテンサイトとベイナイトを区別することができれば、効率よく多くの試料を観察することができる。写真-1は、HT 80鋼を恒温変態処理して、ベイナイトとマルテンサイトを作り比較したものであるが、光学顕微鏡写真であるために、恒温変態組織であるにもかかわらず、両者の違いは説明し難い。

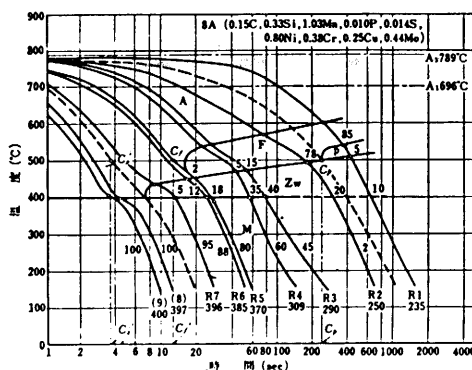
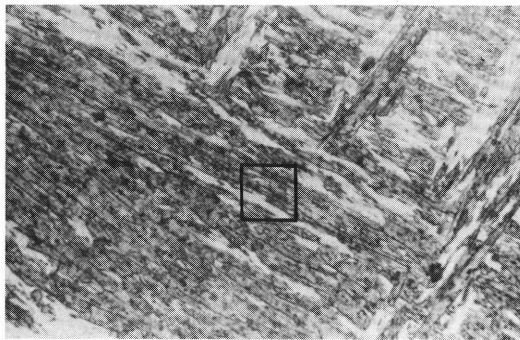
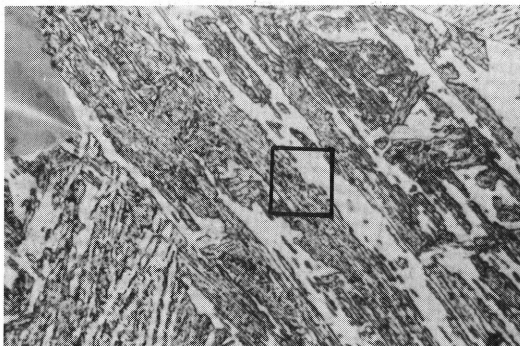


図-1 CCT図の一例

そこで、光学顕微鏡の欠点を補うために、操作が簡単で分解能の高い走査型電子顕微鏡を用いて、エッチングした試料を観察すれば、溶接熱影響部組織がCCT図上のどこに位置しているかをはっきり知ることができると考え、HT 80, HT 60, SM 50鋼を用い、SEMで組織観察を行い、CCT図上のマルテンサイトとベイナイトが区別できるかどうかを検討し、それぞれの組織の



(a)



(b)

写真-1 光学顕微鏡によるマルテンサイトとベイナイトの比較

SEM 写真での特徴を調べた。

2. 試験片および実験方法

2.1. 試験片

供試材には、溶接に多く用いられている鋼から、強度レベルで3鋼種、HT 80, HT 60, SM 50鋼を選んだ。化学成分を表1に示す。

これらの鋼から、10×10×50 (mm) の角柱を切り出し、次に述べる熱処理を施した。

2.2. 熱処理条件

まず、組織の種類が不明な試料をSEMで観察するために、上記3鋼種に対し、各々次の3つの恒温変態熱処理を加え、マルテンサイトと2種類のベイナイトを作った。

マルテンサイト：1200℃×20 min → W.Q.

上部ベイナイト：1200℃×20 min → 450℃×1 hr
→ W.Q.

下部ベイナイト：1200℃×20 min → 350℃×1 hr
→ W.Q.

この条件は、大森が鋼のベイナイト組織に関する研究⁶⁾に用いた条件を参考にし、熱処理後の組織はTEMで確認した。

次に、溶接部組織について、入熱が増大し、冷却速度が小さくなるにつれて、CCT 図上のマルテンサイトから、ベイナイト組織が生じてくることから、SEMで観察できるかどうかを、TIG ビードオンプレート溶接した熱影響部をSEM観察することで確認した。

2.3. 観察方法

試料を1500番までエメリー湿式研磨し、ダイヤモンドペーストでバフ仕上げした後、5%ナイトールで腐食した。腐食の程度は、光学顕微鏡で通常観察できる程度まで行った。

溶接部組織のSEM観察に当たっては、まず光学顕微鏡観察し、観察場所を決め、マイクロピカースの圧痕でマークし、その周辺をSEMで観察した。

3. 実験結果

3.1. 透過型電子顕微鏡観察結果

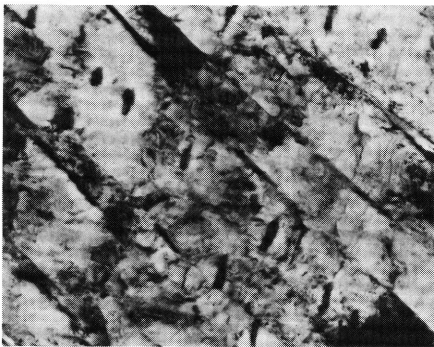
写真-2に、熱処理後の組織の透過型電子顕微鏡観察結果を示す。(a)は、焼入れ材、(b)は、350℃恒温変態処理材、(c)は450℃恒温変態処理材である。(a)ではマルテンサイトラスが認められる。(b)では、フェライトラス中に、一定方向を向いた黒いセメントイドが認められ、下部ベイナイトであることが分かる。

表-1 化学成分

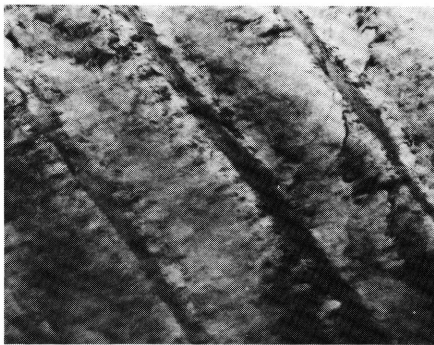
Material	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Al
HT80	0.21	0.32	1.36	0.022	0.004	0.01	0.03	0.03	0.01	0.007
HT60	0.15	0.30	1.41	0.019	0.005	0.01	0.03	0.04	0.01	0.004
SM50	0.21	0.21	1.11	0.003	0.001	0.12	0.03	0.17	0.07	0.003



(a)



(b)



(c)

1 μm

写真-2 透過型電子顕微鏡組織

- (a) 1200°C × 20分—水焼入：マルテンサイト
 (b) 1200°C × 20分—350°C × 1時間—水焼入：下部ベイナイト
 (c) 1200°C × 20分—450°C × 1時間—水焼入：上部ベイナイト

(c) は、フェライトラスとラスの境界にセメントライトが認められ、上部ベイナイトであることが分かる。

3.2. 走査型電子顕微鏡観察結果

3.2.1. 恒温変態させた組織

写真-3に、HT 80鋼の焼入れ材のSEM観察結果を、

模式図と合わせて示す。

マルテンサイトのSEM写真には、2つの特徴が有る。第1の特徴は、写真-3(a)、(b)に示すように、析出物が認められず、幅0.2 μm 程度のラスが一定方向に並んで束を構成している事である。第2の特徴は写真-3(c)、(d)に示すように、ラスの中に幅の広い木の葉のような組織が認められ、その表面には、ピット状の多くのくぼみが有る。

写真-4に、450°C × 1 hrの恒温変態熱処理材のSEM観察結果とその模式図を示す。ラスの境界に析出したセメントライトを白く観察することができる。セメントライトが認められる点で、明らかにマルテンサイトのSEM写真と区別することができる。この組織は上部ベイナイトである。

写真-5に、350°C × 1 hrの恒温変態処理をした場合のSEM観察結果とその模式図を示す。ラスの内部に析出したセメントライトを白く観察することができる。また、この組織は、セメントライトの析出形態に注目した分類法での下部ベイナイトに相当するため、セメントライトは一方方向にのみ成長していることもSEM観察から知ることができる。

写真-3、写真-5は、写真-1に示したマルテンサイト組織とベイナイト組織をSEMで観察した結果なのであるが、析出物が有るか無いか注目すると、両者の違いをはっきり説明でき、区別することができる。

3.2.2. 溶接部組織

写真-6、写真-7は、HT 80材に、TIGビードオンプレート溶接した時の熱影響写真で、(a)の光学顕微鏡写真中の黒枠内を、SEMで観察したのが、(b)である。800°Cから500°Cまでの冷却時間 $t_{8/5}$ が3秒の写真-6では、SEM写真(b)に、ラスとピット状くぼみが認められ、マルテンサイトであることが分かる。一方、 $t_{8/5}$ が7秒の写真-7では、(a)の光学顕微鏡写真では、写真-6(a)とよく似ているが、(b)を見ると、白いセメントライトが析出している事が分かる。このことから、写真-7(a)の黒枠内には、マルテンサイトとベイナイトが共存していることが分かる。

4. 結論

溶接用構材のCCT図中のマルテンサイトとベイナイトの間には、光学顕微鏡写真においてははっきり説明できるほどの違いが認め難く、そこで分解能が高く操作が簡

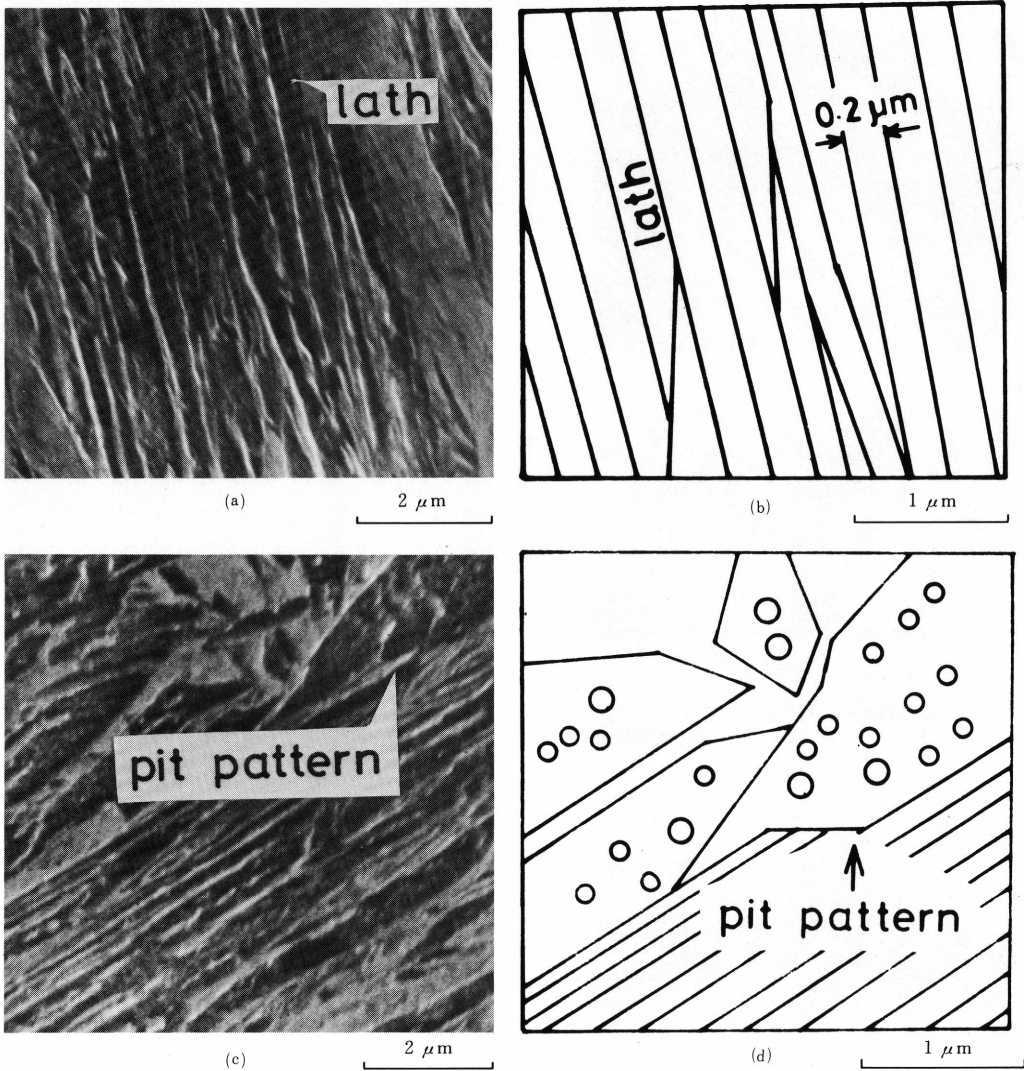


写真-3 SEM写真によるマルテンサイトの特徴

(a)ラス (b)ラスの模式図 (c)ピット状表面 (d)ピット状表面の模式図

単なSEMを用いて観察した結果、次の結論を得た。

- 1) 恒温変態熱処理を施した試料についてSEMで観察した所、上部および下部ベイナイトのセメントサイトを観察することができ、析出相のないマルテンサイトとはっきり区別することができた。
- 2) 入熱条件の異なる溶接熱影響部を光学顕微鏡観察しただけでは、特に違いが認められない場合でも、SEM観察すると、析出物の有無からマルテンサイトとベイナイトを区別することができた。
- 3) SEM観察を行うと、溶接部中のマルテンサイトと

ベイナイトを、経験の浅い技術者でも区別できることが分かった。

参考文献

- 1) 鎌田見郎 他、鉄と鋼、Vol. 60 (1974)、No. 3 p. 372
- 2) R. G. Baker: Brit. Weld. J. (1965) p. 349
- 3) 寺崎富久長; 鉄と鋼: Vol. 61 (1975)、No. 6、p. 856
- 4) 松田福久、溶接冶金学、日刊工業、1975、p. 40。
- 5) 安達公一 他、電子顕微鏡利用の基礎
- 6) 大森靖也、鋼のベイナイト組織に関する研究

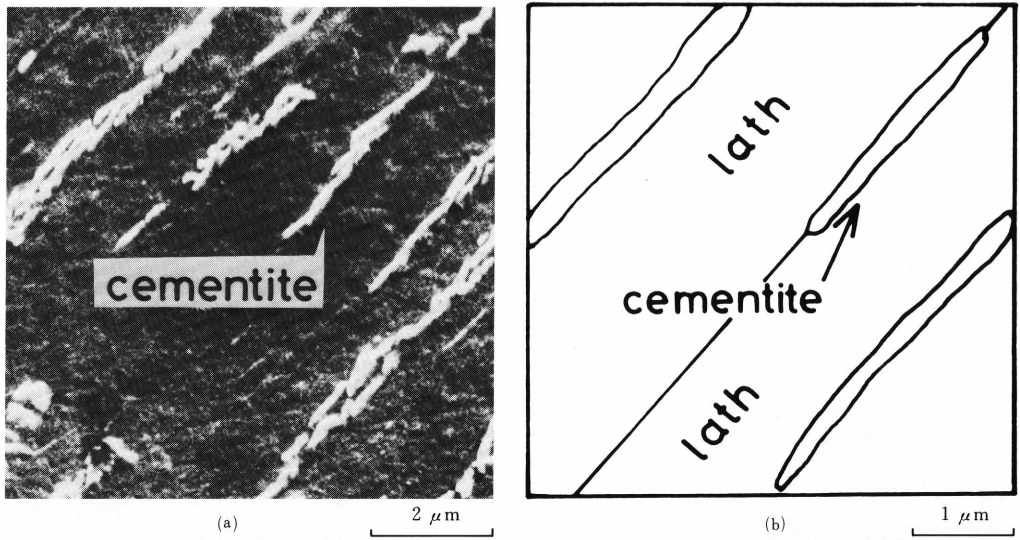


写真-4 SEM写真による上部ベイナイトの特徴

(a)ラスに平行なセメンタイト (b)(a)の模式図

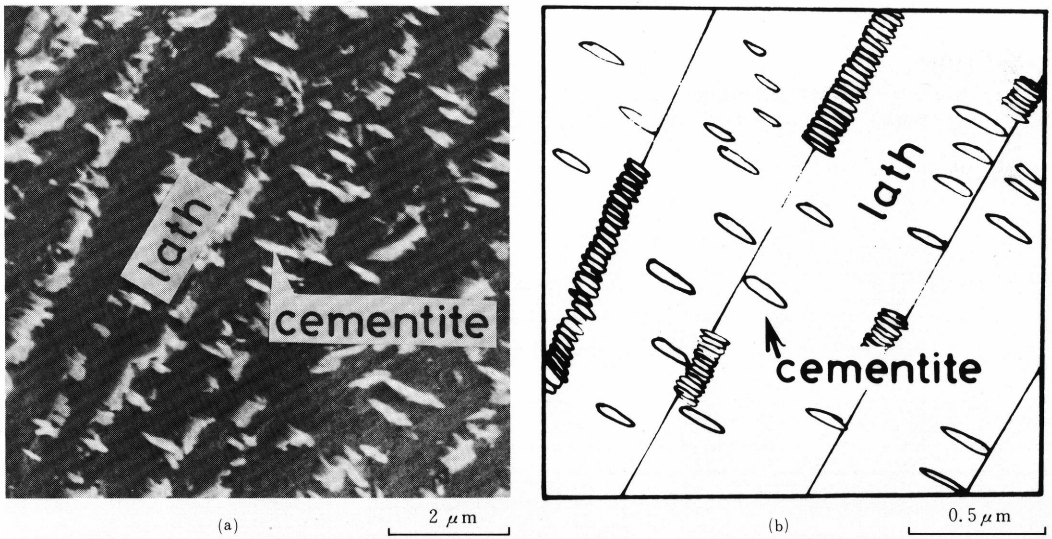
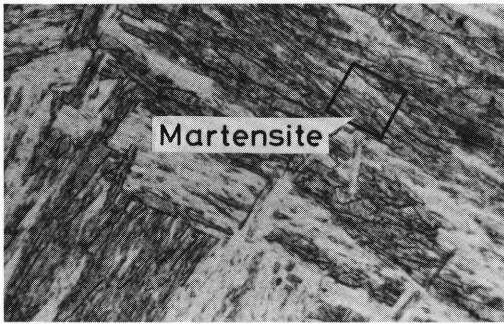
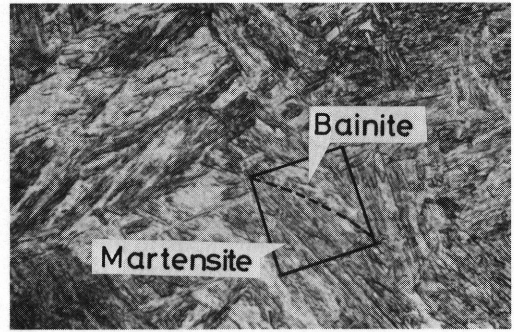


写真-5 SEM写真による下部ベイナイトの特徴

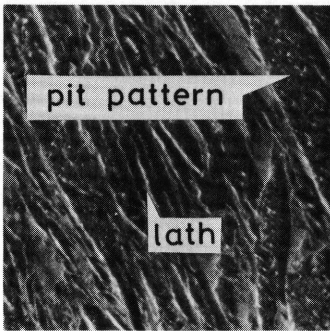
(a)ラス内部に析出したセメンタイト (b)(a)の模式図



(a) 20 μm



(a) 20 μm

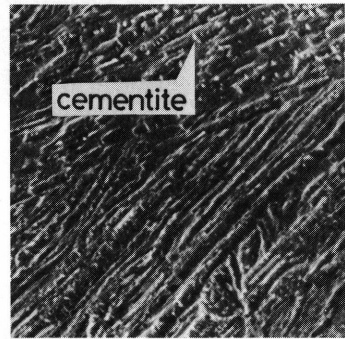


(b) 2 μm

HT80 HAZ T8/5=3s

写真-6 熔接熱影響部の組織

(a)光学顕微鏡写真 (b)SEM写真



(b) 10 μm

HT80 HAZ T8/5=7s

写真-7 熔接熱影響部の組織

(a)光学顕微鏡写真 (b)SEM写真