

普通炭素鋼の750°C脱炭組織におよぼす炭素含有量の影響

福井 昂*・時弘 義雄*

Effect of Carbon Content on 750°C Decarburization
Structure of a Plain Carbon Steel.

Takashi FUKUI and Yoshio TOKIHIRO

Abstract

On decarburization mechanism of carbon steels and white cast irons have already studied by many investigators for varied composition.

In this paper, the investigators acted decarburization treatment at 750°C for ten hours in air and studied the effect or relationship of carbon content, rolling direction and at right angle to rolling direction on decarburization of carbon steels with carbon 0.105, 0.208, 0.49 and 0.64 % preceded by normalizing at appropriate temperature through mean of metallography.

The results obtained are as follows :

- (1) Depth of decarburization of low carbon steels thicken more readily than high carbon steels at 750°.
- (2) When carbon steels decarburize at 750°C, ferrite band become granular crystal unconcerned in carbon content.
- (3) When method of decarburization is the same, it seems that pre-treatment of specimens have a great influence upon depth of decarburization.
- (4) Depth decarburization at right angle to rolling direction thicken more readily than rolling direction.

1. 緒 言

炭素鋼を高温で熱処理する際に随伴するやっかいな現象に炭素鋼表面における脱炭がある。この現象は、すでに多くの研究報告^{1)~16)}があるように、炭素鋼中の炭素が表面に拡散し酸化して逸出することによって進行する。したがって、脱炭は炭素鋼中の炭素の拡散速度に依存し、また加熱温度にも関係がある。炭素の拡散速度は温度の上昇とともに指数関数的に増加するが、 α 鉄中での拡散速度は低く、 γ 鉄になると急激に拡散速度が増大するので、脱炭が実際に問題になるのはA₁点以上の温度に加熱された場合である。

このような脱炭の問題を探究するには、その性質上二つの研究が必要である。その一つは脱炭を起こさせる雰囲気ガスの組成に関する研究であり、もう一つは脱炭を起こす物体の組成その他についての研究である。つぎに脱炭による有害な結果をもたらす例はいろ

いろある。たとえば、高炭素鋼、浸炭鋼の製品の表面の硬度が所定の値に達しない場合、また疲労強度の低下などが、その主なものとしてあげられる。しかし、土木工事などに使用する銃撃釘、防弾鋼板および耐摺動部品などは、むしろ脱炭を利用したものである。

したがって、著者らは本実験において炭素鋼の炭素含有量をかえ、ほかの条件をできるだけ一定にしてA₁点以上の750°Cで脱炭処理を施し、その脱炭層の発達状態を圧延方向およびこれと直角方向について顕微鏡組織より検討したので、その結果を報告する。

2. 試料および実験方法

2.1 試 料

試料は市販の19φの機械構造用炭素鋼、S10C、S20C、S50Cおよび炭素工具鋼、SK7を使用した。その化学成分はTable 1に示すとおりである。試料は旋盤加工により10φ×20mmに整形し、表面および両端面

* 山田大学工業短期大学部機械工学教室

Table 1 Chemical composition of specimens. (wt %)

Specimen	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr
A (S10C)	0.105	0.28	0.50	0.017	0.013	0.01	0.01	0.11
B (S20C)	0.208	0.27	0.51	0.047	0.027	tr	—	0.15
C (S50C)	0.49	0.27	0.71	0.018	0.016	0.02	0.015	0.27
D (SK 7)	0.64	0.25	0.44	0.015	0.008	tr	0.04	0.31

は並仕上げを行なった。

2・2 熱 処 理

試料の熱処理は、すべて電気マッフル炉を用いて空気中で行なった。まず脱炭処理を行なうに先立って、試料の組織を均一にするため4時間で Table. 2 に示す温度に上昇し、1時間保持したのち、空中(平均20°C)冷却した。炉内の温度調節は電子式調節器(±2°C)で行なった。つぎに脱炭処理のための加熱温度保持時間および冷却法は、脱炭により生ずる地鉄層を鮮明にするため、加熱温度は750°C、保持時間は10時間、また冷却法は空中(平均20°C)冷却を採用した。

Table 2 Normalizing temperature of specimens.

Specimen	A	B	C	D
Normalizing temperature (°C)	900	880	800	760

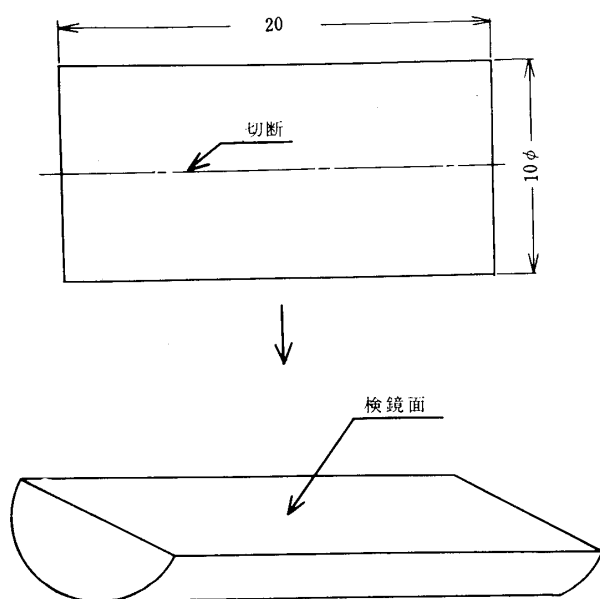


Fig. 1 Shape of metallography specimen used in this investigation.

Vol.17, No.3 (1966)

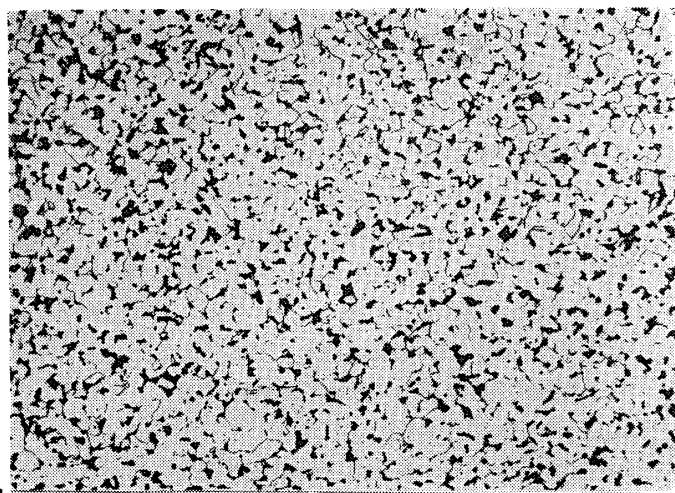
2・3 顕微鏡による組織観察

脱炭処理した試料は Fig. 1 に示すように中心軸にそって切断して高速鏡面仕上げ機、バフの二段階で研磨を行ない、腐蝕は5%ピクリン酸アルコール溶液で行なった。観察は焼準温度より空中冷却した試料の圧延方向に直角方向の組織と、脱炭処理後の圧延方向およびこれと直角方向の組織について地鉄層の厚さを比較検討した。

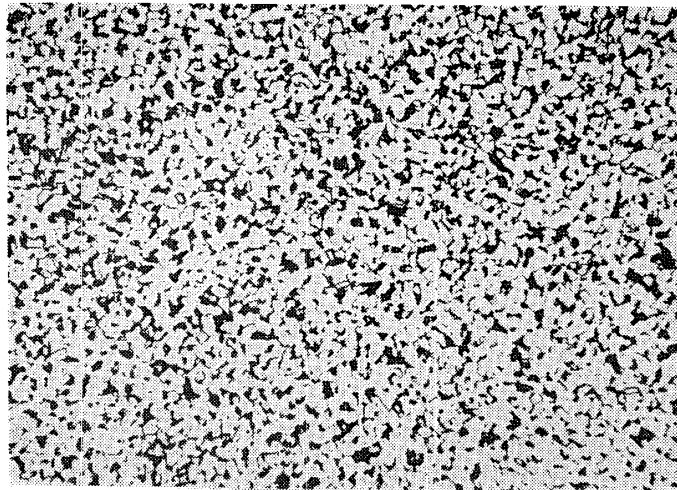
3. 実験結果および考察

3・1 焼準温度より空中冷却した試料の組織について

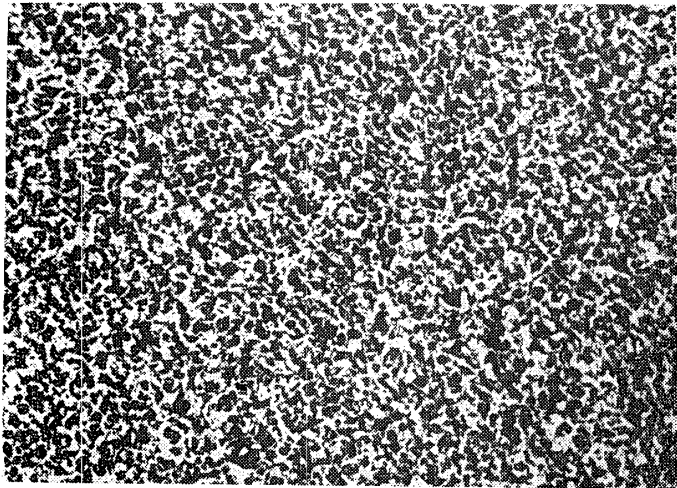
Fig. 2 (A)~(D) に焼準温度より空中冷却した試料の圧延方向に直角方向の組織を示す。これからわかるように(C)試料までは、ほとんど標準組織と同様である。(D)試料では、すでに焼準温度よりの空中冷却によって、パーライトが崩壊して、部分によっては、かなり粒状化が進行していることがわかる。また、このパーライトの崩壊程度は周辺部ほど著しい。



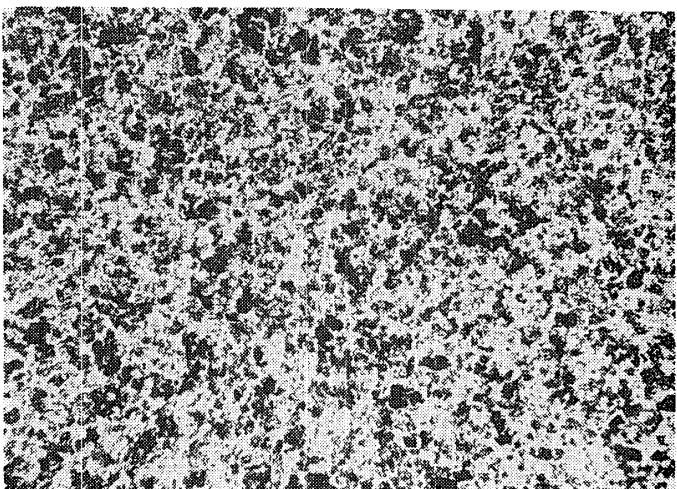
(A)



(B)



(C)



(D)

Fig. 2 Microstructure of (at right angle to rolling direction) specimens which were air cooled from normalizing temperature.

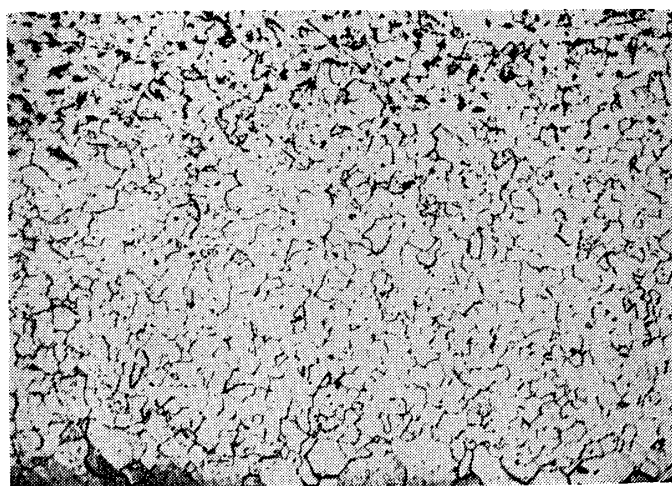
Heated at 900°C, (B) 830°C, (C) 800°C, and (D) 760°C for 1 hour. Magnif. : $\times 100$

3・2 炭素含有量 0.105%のA 試料について

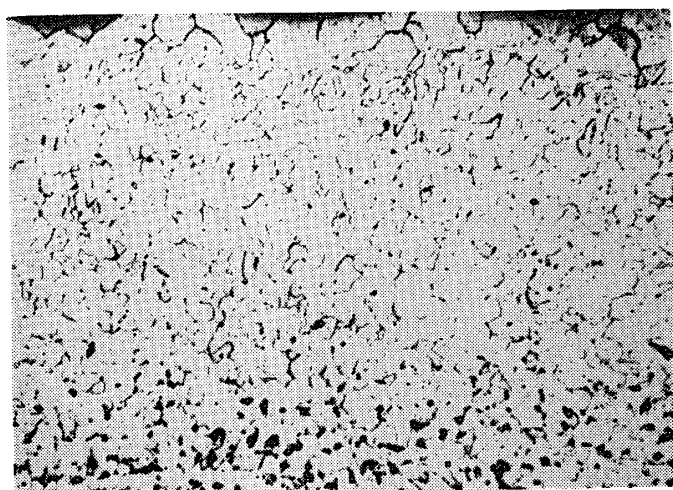
Fig. 3 (a) および(b)に脱炭後の圧延方向と、これと直角方向の組織を示す。持田¹⁶⁾によれば鋼の組成および脱炭条件によって、脱炭層に生じる地鉄層には二つの場合がある。一つは地鉄層が柱状をなし、もう一つは粒状をなすものである。亜共析鋼において脱炭処理温度を750°Cとした場合は Fig. 4 に示す Fe-Fe₃C 系の部分状態図からわかるように、フェライトとオーステナイトが共存している、全部オーステナイトの状態から脱炭する場合と異なり、脱炭による地鉄層とオーステナイトの境界面で両者が共存平衡しているのではなく、脱炭の起こる前からすでに表面より中心まで一様に両者が共存している。このような状態で脱炭が進行すると、地鉄層が柱状になるための地鉄の核が少なくしかも方向不定の初析フェライト粒が多く存在しているため、脱炭によりあとから生じた地鉄がその核の上に成長して行く際、この初析のフェライトの存在およびその成長によって生じた地鉄の成長が阻止され粒状に発達したと思われる。また、この阻止作用も表層部ほど著しいようである。つぎに圧延方向と脱炭深さの関係についてみるに、圧延方向に比べてこれと直角方向がわずかに厚くなっている。これは小川¹⁷⁾の言うように、鋼材の組織をみるに圧延方向と平行にパーライト団が列を成しており、これが750°Cに加熱されると、まず炭素の拡散が行なわれる。いまパーライトの一点について考えてみると列の方向ではセメントナイトが濃厚に連続しており、これと直角の方向ではフェライトが多くなっているから炭素は列の方向すなわち圧延方向よりも、これと直角方向に拡散しやすい。また酸素が表面より鋼材内へ拡散する速度も炭素の少ない方が迅速であると考えられ、これらの原因によって脱炭が圧延方向より、それと直角方向によく発達するものと思われる。

3・3 炭素含有量 0.208%のB 試料について

Fig. 5 (a) および(b)に脱炭後の圧延方向およびこれと直角方向の組織を示す。脱炭機構は(A)試料と同様であるが、鋼材の組織は Fig. 6 にみるように、パーライト団の増加によ



(a)



(b)

Fig. 3 Microstructure of decarburization specimens A.
 (a) At right angle to rolling direction.
 (b) Rolling direction. Magnif. : $\times 100$

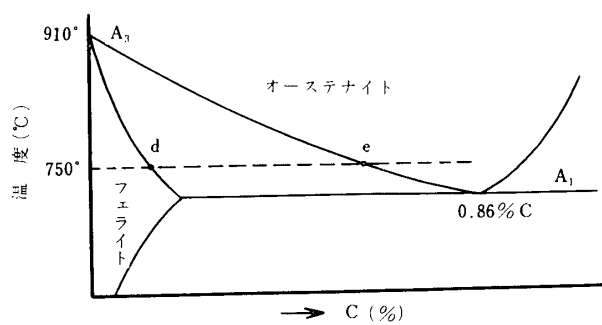
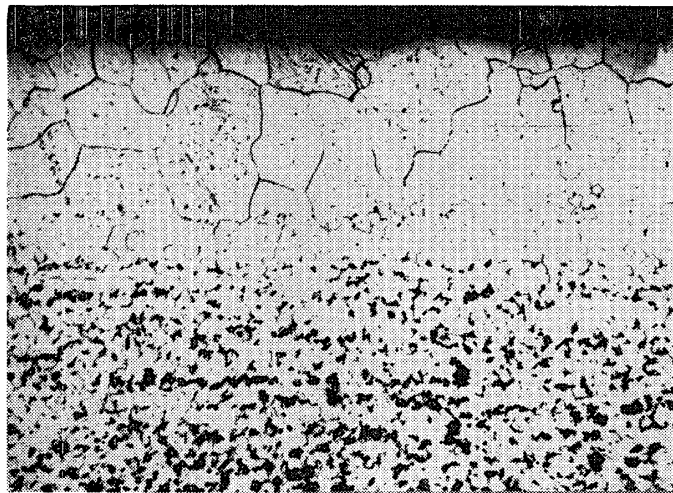
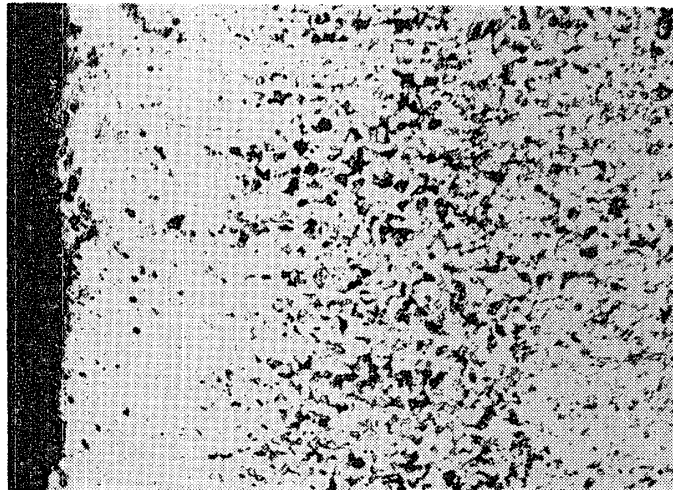


Fig. 4 Phase diagram of Fe-Fe₃C system used in this investigation.



(a)



(b)

Fig. 5 Microstructure of decarburization specimens B.

(a) At right angle to rolling direction.

(b) Rolling direction. Magnif. : $\times 100$

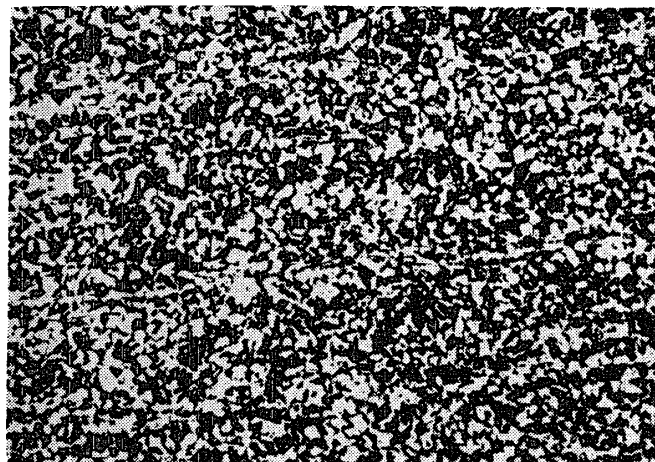


Fig. 6 Microstructure of (rolling direction)
specimens B which were air cooled from
normalizing temperature.

Magnif. : $\times 100$

り前述の圧延方向が脱炭深さにおよぼす影響が強くなってきて、両者の間に明らかな差を生じたようである。

3・4 炭素含有量0.49%のC試料について

Fig. 7 (a) および(b)に脱炭後の圧延方向およびこれと直角方向の組織を示す。脱炭機構は(B試料と同様であるが、Fig. 4からもわかるように750°Cにおいて、相当のオーステナイトを生じていることになる。そのため佐藤¹⁸⁾の言うようにFig. 4のd点で示されるフェライトは、さらに脱炭してわずかに左側に組成を変化するが、e点で示されるオーステナイトには炭素原子の内部から表面への拡散が十分行なわれて相当右側へ組成を変化する。したがって、フェライトがもとのd点に戻ってもオーステナイトはe点より炭素量が多くなる。しかし、この両者は平衡していないから化学的のポテンシャルも等しくない。したがって、オーステ

ナイト中の炭素は漸次フェライト中に拡散し、これを繰返しながら脱炭して行くため、ごく表層部のみが明らかな地鉄層を形成している。つぎに圧延方向が脱炭深さにおよぼす影響をみるに(B試料よりも、さらにパーライト団が増加しているため、両者の間に明らかな差を生じている。

3・5 炭素含有量0.64%のD試料について

Fig. 8 (a) および(b)に脱炭後の圧延方向およびこれと直角方向の組織を示す。脱炭機構は(C試料と同様であるが、Fig. 2(D)にみるように焼準組織においてパーライトがかなり崩壊されている。そのため脱炭処理温度に加熱された場合、内藤⁹⁾の言うように、脱炭の初期にあつては、勿論、表面に露出しているセメンタイトが直接酸化され炭素を失ってオーステナイトに変化すると考えられる。つぎに表面はオーステナイトで包まれることになるので、セメンタイトの炭素は一度

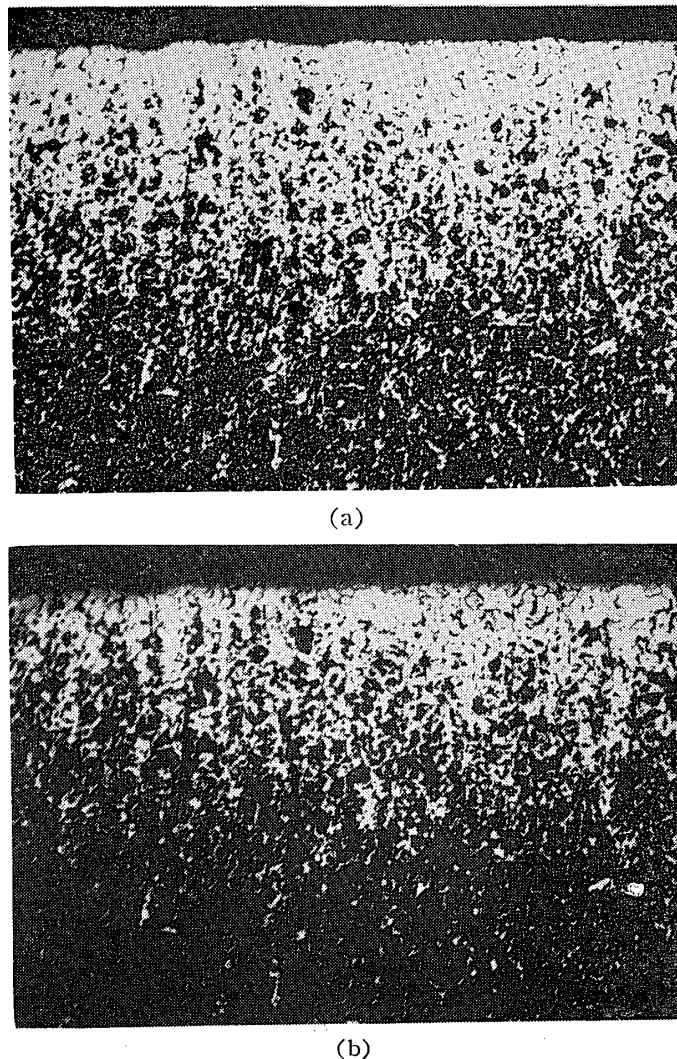


Fig. 7 Microstructure of decarburization specimens C.
 (a) At right angle to rolling direction.
 (b) Rolling direction. Magnif. : $\times 100$

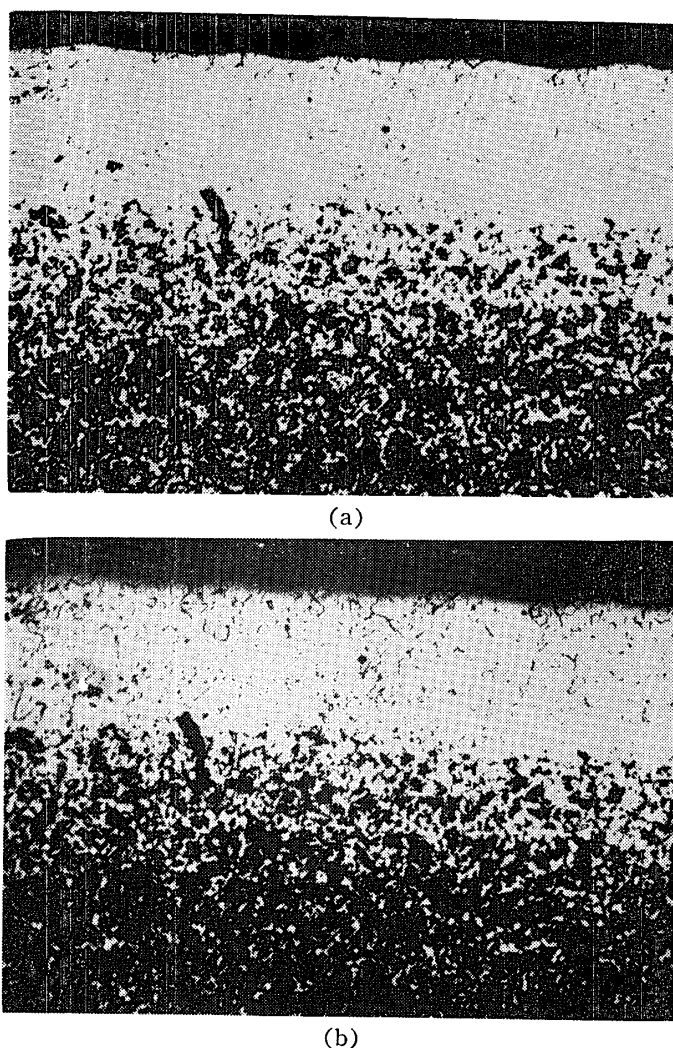


Fig. 8 Microstructure of decarburization specimens D.
 (a) At right angle to rolling direction.
 (b) Rolling direction. Magnif. : $\times 100$

オーステナイト間に固溶され、以後は(C)試料と同様な過程を経て、表面で酸化されることになる。しかし、この過程ではセメントナイトが、ある大きさ以上であることが必要なようで、微細なものは酸化されてオーステナイトになっても、周囲のフェライトの炭素固溶量の補給に使われ、直ちにフェライトになるために(C)試料よりも地鉄層が厚くなっているものと思われるが、これについては詳細な実験を行ないつつあるので後報において発表する。つぎに圧延方向が脱炭深さにおよぼす影響をみるに、圧延方向よりも、これと直角方向によく発達しているが、これにもパーライトの崩壊による影響が考えられるので、この点についても後報において詳細に述べる。

4. 結 言

炭素含有量の異なる S10C, S20C, S50C および SK7 について、750°C で空気中において脱炭処理し、その組織を圧延方向およびこれと直角方向について検討した結果はつぎのとおりである。

(1) 750°C 脱炭深さは、炭素含有量の少ないほど厚くなる。

(2) 750°C で脱炭した場合の地鉄層は、炭素含有量に関係なく粒状となる。

(3) 脱炭処理条件が同一の場合は、試料の前処理が脱炭深さに大きな影響を与えるようである。

(4) 圧延方向によって脱炭層の深さは異なり、圧延方向に比べて、これと直角方向が相当厚くなっている。

おわりに本実験を行なうにあたり、終始御激励を賜った山口大学教育学部杉宏三教授に深く感謝する。

参 考 文 献

- 1) C. R. Austin : J. Iron and Steel Inst., 1, 93, (1922)
- 2) Jonhansson and R. Von Seth : J. Iron and Steel Inst., 11, 295, (1926)
- 3) 岩瀬慶三 : 金属の研究, 3, 119, (1926)
- 4) 高橋源助 : 金属の研究, 6, 186, (1929)
- 5) 内藤逸策 : 鉄と鋼, 19, 980, (1934)
- 6) W. D. Jones : J. Iron and Steel Inst., 2, 492, (1934)
- 7) C. R. Austin : Trans. Amer. Soc. Metals, 22, 31, (1934)
- 8) 内藤逸策 : 鉄と鋼, 20, 657, (1935)
- 9) D. H. Rowland and C. Upthgrove : Trans. Amer. Soc. Metals, 24, 96, (1936)
- 10) 内藤逸策 : 鉄と鋼, 22, 17, (1937)
- 11) C. A. Siebert and C. Upthgrove : Trans. Amer. Soc. Metals, 26, 1051, (1938)
- 12) C. A. Austin and M. C. Fetzen : Trans. Amer. Soc. Metals, 27, 18, (1937)
- 13) F. N. Rhines and C. Wells : Trans. Amer. Soc. Metals, 27, 625, (1939)
- 14) 内藤逸策 : 日本金属学会誌, 5, 25, (1941)
- 15) 持田徳彦 : 鉄と鋼, 27, 260, (1941)
- 16) 持田徳彦 : 日本金属学会誌, 6, 171, (1942)
- 17) 小川喜代一 : “鋼の化学熱処理”, 養賢堂, (1957), p.81.
- 18) 佐藤知雄 : “鉄鋼の顕微鏡写真と解説”, 丸善, (1963), p.72.
(昭和41年10月5日受理)