

Fig. 3. Comparison of through-transmission record and pulse direct method.

を、切断端面の磁気探傷およびサルファープリント結果と対応させたものの一例である。

IV. 結 言

現場での厚鋼板の品質管理を主体とした超音波連続自動探傷方式を種々の方法につき検討した結果、反射法については減衰器併用による欠陥の定量化に見通しを得たが、20~40mm 鋼板の自動探傷記録は困難であった。これに対し透過法は鋼板の品質の判定に非常に優れた方法であり、1.5~6m/min の検査速度および相当のスケールが附着していても殆んど問題のないことが判明した。

669.15-194:539.4.016.3
669.112.227.3

(159) 低炭素鋼の組織，材質におよぼす熱履歴の影響

富士製鉄室蘭製鉄所

森永孝三・北川一智・岩瀬喜八郎

中央研究所

○小野修二郎・古川 敬

Effect of Heat-treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Low-Carbon Steel.

Kōzō MORINAGA, Kazutomo KITAGAWA,
Kihachirō IWASE, Syūjiro ONO
and Takashi FURUKAWA.

I. 緒 言

低炭素鋼の常温での組織の主な構成要素は、フェライトとセメンタイトであり、更にセメンタイトはパーライトの構成成分として、あるいは遊離した粒子として存在するが、それらの形状や分布は鋼の熱履歴によつて大きく変化して、フェライト粒度の変化と共に鋼の性質を左

Table 1. Chemical composition of sample. (wt%)

	Sample	C	Mn	Si	P	S
For micro-photography	A1	0.055	0.368	0.006	0.009	0.010
	B2	0.116	0.372	0.007	0.009	0.022
For mechanical test	A2	0.033	0.218	0.005	0.008	0.014
	B2	0.099	0.368	0.005	0.009	0.018

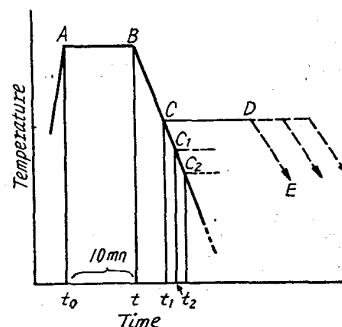
右する。しかし 0.1% C 程度あるいはそれ以下の低炭素鋼では、フェライトが組織の大きな比率を占めるために、副次相のセメンタイトの形態が多少変つても、鋼材の特性には大した影響はないと思われてきたし、また機械的性質もそれほど高度には要求されなかつた。このためにこの分野の研究は中・高炭素鋼ほど進展しておらず、公表された文献も多くない。しかもそれらは、高温度からの準平衡の徐冷過程での組織・性質を検討したものが多し。

しかし実際には、連続熱延鋼板や線材の圧延では、仕上温度から水冷を経て捲取温度に至る熱履歴を調節して、組織・性質を調整している。そこでわれわれは、A₃点前後からの急冷に引続く恒温処理的手法を用いて、低炭素鋼の組織・性質の挙動を検討して、現場の事象を解明するための根拠と指針を得ることを目的として本研究を行なつた。なお試料としては、実験の便宜上丸棒を用いたが、熱履歴条件としては、熱延鋼板製造過程にほぼ近い場合を前提とした。

II. 実験方法

C% が 0.1% 以下の極軟リムド鋼を対象とし、その範囲内でさらに C% の多少による差異についても検討するため Table 1 に示した試料を用いた。組織調査用には 5.5mm φ 丸鋼を、機械試験用には 19mm φ 棒鋼を使用した。

組織調査用試料の熱履歴模型図を Fig. 1 に示す。図中 BC は連続熱延鋼板の仕上~捲取温度条件に近い冷却速度を得るために油冷を用いた。機械試験用試料もほぼ同様の処理を行なつたが、初期加熱時間を 30mn に恒温処理時間を 1 mn に統一し、処理後の冷却も空冷と徐冷とにした。



- AB: Primary heating
Temp.: 950, 900, 850, 800°C
- BC: Oil cool
- CD: Pb bath (Isothermal treatment)
Temp.: 750, 700, 650, 600, 550°C
Holding time: 0, 5, 10, 20, 40, (120) s
- DE: Water-quench or blow-cool (3~4.5°C/mn)

Fig. 1. Thermal process of heat-treatment.

III. 熱履歴による組織の変化

セメンタイトの析出状態(分布, 形状)を主眼として熱履歴による組織変化の過程を観察した。セメンタ

イトの析出状態により組織をフェライト(F), パーライト(P), 粒界セメンタイト(BC), 分散セメンタイト(DC), 粒界高炭素急冷相に類別して考察した。

(写真略)

1. 0.055% C 鋼

Fig. 2-(a), Fig. 2-(b) に示したように初期加熱温度が γ 域であるか, $\alpha + \gamma$ 域であるかにより組織が非常に異なる。ただ, 恒温処理温度が A_{e1} 点以上の 750°C の場合は, 初期加熱温度に拘らず, 750°C で平衡すべきフェライトとオーステナイトに次第に分離し, フェライトが析出する過程ではCがオーステナイト相に移行するのでフェライト粒間に高炭素相が現われる。この相はオーステナイト化温度が高い場合には, 出現がやや遅れるようである。

i) γ 域 $\rightarrow A_{e1}$ 点以下での恒温処理

γ 域から A_{e1} 以下に急冷された組織は, オーステナイト粒界から準平衡的に析出成長した初析フェライトが比較的少なく, ヴイドマンステッテン的に板状析出したフェライト組織となつている。これらの組織はその後の恒温保持でも 40 s 以内ではあまり変化していない。このことから, この種の極低炭素鋼の A_{e1} 点以下での変態が極めて早いことが推定される。一方, 恒温処理温度と組織との関係を見ると温度の高低にかかわらず, パーライトが無く, フェライトとセメンタイトだけの組織となつているが, 恒温処理温度が $600^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ では粒界セメンタイトが多く見られ, 温度が低くなる程セメンタイトは微細に分散する傾向がある。この微細に分散するセメンタイトは炭素過飽和のフェライトからパーライト的過程で析出したものと考えられる。

ii) $\alpha + \gamma$ 域 $\rightarrow A_{e1}$ 点以下での恒温処理

$\alpha + \gamma$ 域から急冷し, 恒温処理した場合には, 恒温変態が始まる前に, すでにフェライト粒間に炭素濃度の高い相が存在する。この相は恒温処理温度が $650^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$ では時間経過につれて徐々に分解して粒界セメンタイトになる。 650°C 以下では, この相はパーライトになるが $550^{\circ}\text{C} \sim 600^{\circ}\text{C}$ ではパーライトが最も緻密に安定になると思われる。

2. 0.116% C 鋼 (Fig. 2-(c), Fig. 2-(d))

この場合も組織変化の挙動は 0.05% C 鋼とはほぼ同様の傾向を示すが, 0.116% C 鋼の場合には γ 域から急冷し恒温処理すると, フェライトのヴイドマンステッテン組織化の傾向が強くなり, この組織は 700°C 位の高温でもかなり安定になる。また, 粒界セメンタイトは余り著し

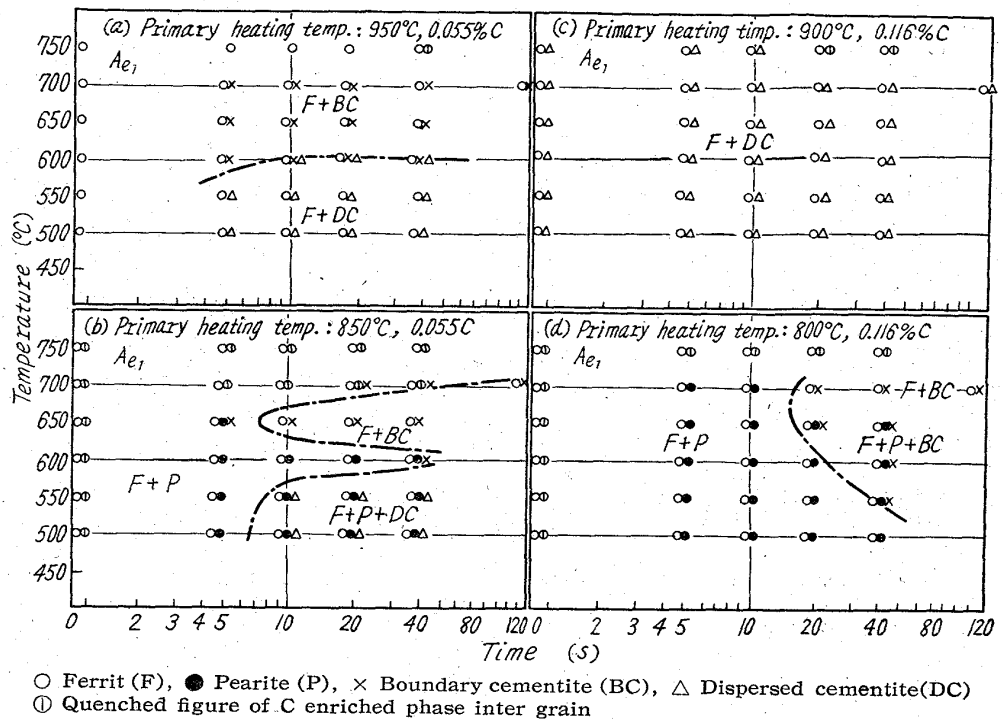


Fig. 2. Influence of isothermal heat-treatment on the microstructure of 0.055% C and 0.116% C steels.

くはならない。また $\alpha + \gamma$ 域からの場合には, 恒温処理後のパーライトがフェライト粒界をひろく覆つて塊状であり粒界に分散したセメンタイトが少ない。これらの点が 0.05% C 鋼の場合と異つている。

III. 熱履歴による機械的性質の変化

各熱履歴経過後の機械的性質の変化の 1 例を Fig. 3 に示す。

i) 硬さ, 引張強さ, 降伏強さは 0.03% C 程度では余り変化がないが, 約 0.1% の鋼では, 恒温処理温度の低下につれて向上し 600°C 以下では, ほぼ飽和値となる。また初期加熱温度が γ 域の場合の方がこれらの強度特性がすぐれている。

ii) 伸びおよび絞り是一般に強度が高くなるにつれて幾分低下する。しかし γ 域から処理した場合には, $\alpha + \gamma$ 域より処理した場合より強度は向上するにもかかわらず伸び, 絞りは低下せず, むしろ幾分すぐれている。

iii) 衝撃値 (Uノッチ・シャルピー) は 0.1~0.03% C 程度の範囲では炭素含有量にほとんど無関係であり, 熱履歴によつて挙動が大きく変化する。すなわち, γ 域から処理した場合の方が $\alpha + \gamma$ 域から処理した場合よりもすぐれており, 特に初期加熱温度にかかわらず, $700^{\circ}\text{C} \sim 750^{\circ}\text{C}$ から徐冷すると著しく劣化する。この原因は薄い粒界セメンタイトの析出によると考えられる。

IV. 結 言

熱間圧延低炭素鋼の組織と機械的性質の基礎的解釈の根拠を得る目的で, 0.03~0.12% C 鋼について恒温処理の実験を行ない, 次の結果を得た。

i) γ 域から A_{e1} 以下に急冷し恒温処理すると, 塊状のパーライトはできず, フェライトとセメンタイトだけの組織になり, 処理温度の低下につれて, セメンタイ

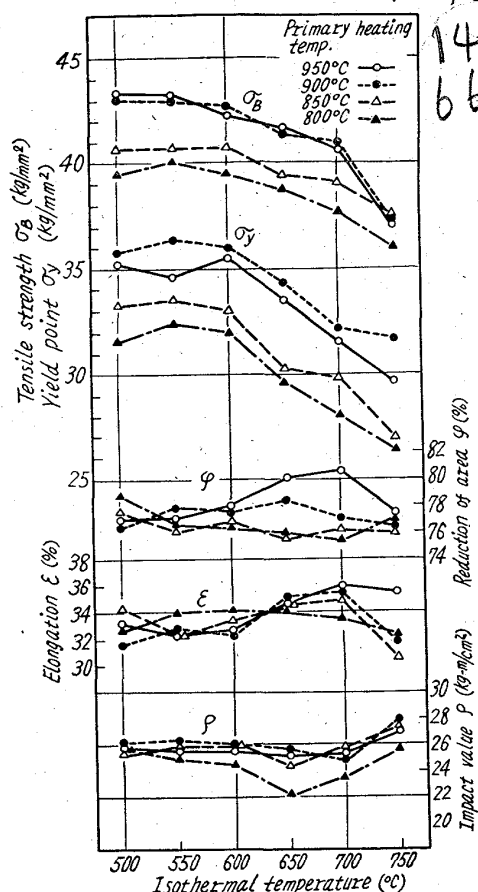


Fig. 3. Influence of primary heating and isothermal treating temp. on mechanical properties of 0.099%C steel.

トはフェライト粒内に微細に分散する。

ii) $\alpha + \gamma$ 域から A_{e1} 以下に恒温処理すると、パーライトが形成され、600°C 以下ではほぼ安定であるが 700°C 前後では分解しセメント化化する。

iii) 以上の組織変化は恒温処理後、徐冷した場合もほぼ同じ傾向であるがセメント化はより凝集する。ただし 700°C ~ 750°C から徐冷するとセメント化は板状の粒界セメント化化する。

iv) 機械的性質は組織の変化とよく対応し、 γ 域から処理すると、 $\alpha + \gamma$ 域から処理した場合に比べて、強度が高いにもかかわらず、伸び、絞りも幾分すぐれている。衝撃値についても同様に、 γ 域から処理した場合がすぐれているが、板状の粒界セメント化が形成される条件では、著しく劣化する。

621.784.019.4 = 662.767.3 = 621.785.062 = 669

(160) グラスライニング性におよぼす脱炭層の影響について

(発熱型ガス雰囲気による軟鋼の脱炭処理—I)

神鋼フェウドラー

○宮崎 公志・村越 英彦
石川 博義・浜田 泰男

Influence of Decarburization Zone on Glass Lining.

(Decarburization of mild steel by exothermic atmospheres—I)

Koshi MIYAZAKI, Hidehiko MURAKOSHI,
Hiroyoshi ISHIKAWA and Yasuo HAMADA.

I. 緒言

グラスライニング機器の製造においては炭素鋼やステンレス鋼の加工と異なり、製造工程の中に焼成工程という技術的に非常に複雑な工程があるため多くの欠陥が発生し易い。この欠陥の中で泡 (blister, pinhole) は主として鋼板の炭素含有量に基因する場合が多い。この原因については一般に炭素が高温 (焼成温度) において酸化され CO_2 , CO , ガスを発生することによるといわれている。

この欠陥の防止法として筆者は昭和 37 年春の講演会において、炭素を安定な炭化物としたグラスライニング用 Cb 鋼についてのべたが、今回は鋼板表面の脱炭処理を行なうことにより脱炭層のグラスライニング性におよぼす影響について若干の実験を行なったので簡単に報告する。

II. 実験装置および供試材

実験装置は T 社製の発熱型ガス変成炉 (DX ガス発生機) を使用し、燃料ガスとしてプロパンガス (C_3H_8 : 99.2%) を使用した。供試材は低炭素リムド鋼板 (SS 34 P) を使用し形状は 50×50×9mm の寸法とした。Table 1 に供試材の化学成分を示す。

III. 実験方法

発熱型ガス変成炉による変成ガス組成を知るために、空気:プロパン混合比を 15~25 まで変化させて燃焼室に送入した。混合比を変化せしめた際の変成ガス組成をオルザット分析装置と露点計にて測定した。つぎに混合比 15~25 の場合の変成ガスを熱処理炉 (ニクロム線電気炉) に送入し、供試材を 900°C で 1h 加熱した場合における鋼板表面層の変化を顕微鏡で観察し脱炭処理に最良と考えられる混合比ならびに変成ガス組成を選んだ。この変成ガス組成および混合比によつて脱炭深さにおよぼす温度、時間の関係、さらに脱炭層と発泡性について検討した。発泡試験においては欠陥を判定し易くするためにアンチモニ白釉を処理供試材上に直接施釉し、850°C で 11mm の焼成を行ない発泡状態を観察した。

IV. 実験結果および考察

Table 1. Chemical composition of test specimens. (%)

C	Si	Mn	P	S
0.07%	tr.	0.35%	0.009%	0.019%