

鐵鋼の材質に及ぼす酸素の影響 (I)

(昭和 24. 4 月本會講演大會にて講演)

齋 藤 泰 一*

INFLUENCE OF OXYGEN ON THE PROPERTIES OF IRON AND STEEL. (I)

Taiichi Saito

Synopsis:—

If the carbon content in a molten steel bath is constant, also the oxygen content should be constant, as viewed from the stand point of carbon-oxygen equilibrium.

In the practical steel making process, however, the oxygen content in the bath is not always equilibrium to the carbon content, but it is rather higher than the equilibrium value. That is, steels always contain different oxygen value according to the various conditions of carbon-oxygen reaction.

There are many problems how and why these differences in oxygen content influence on the properties of iron and steel.

In order to study this influences, the author prepared steel samples which contain constant carbon and various oxygen in laboratory furnaces, and then, by using these samples, investigated their grain size and hardenability.

Results obtained are as follows.;

- 1) In the pure carbon steels containing little oxygen and much oxygen have greater tendency to form grain growth than that of containing medium quantity of oxygen.
- 2) In the pure carbon steels containing much oxygen, abnormal structures are apt to appear in the carburized samples.
- 3) The pure carbon steels containing much oxygen have distinctly lower hardenability than that containing little oxygen.
- 4) It is said that steel with coarse and uniform grains has good hardenability, but even in steel with fine and ununiform grains, if it contains little oxygen, the hardenability of it is much improved.

However, it is not yet clarified that whether these results depend upon only the effect of oxygen content or not.

Anyhow, in the practical steel making process, it is clear that the refining operation has to be performed standing on the base of preventing oxidation of the molten steel bath.

I. 緒 言

熔鋼中の炭素量が一定であれば、その酸素量も亦一定となることは炭素酸素の平衡から云われることである。しかし實際の熔鋼精錬に於ては熔鋼中の酸素量は必ずしも炭素量に平衡する値とはならない。否寧ろ平衡以上にあ

ることが普通である。即ち炭素酸素反応である脱炭反応は種々なる條件によつて規定されるものであり、精錬方法の粗密さによつて熔鋼の酸素量に多寡を生ずるのである。

しかしながらこゝに生ずる酸素量の差は固より僅少のものであり、この僅かな酸素量の差が製出鋼材の性質に影響を與えるものか否かは疑問である。特に差物前に於て多少の酸素量の不同があつても、多量の脱酸剤を使用

* 扶翠金屬工業株式會社製鋼所技術部研究課

する場合にはその影響が消滅するのではないかと考えられる。

然るに大申氏⁽¹⁾は Si-Mn-Cr-Mo 鋼に於て、この僅少の差物前の酸素量の多寡が製出鋼材の性質に影響を與えることを報告している。即ち酸化防止反応である脱炭反応の粗である場合は差物前熔鋼中の酸素量は 0.020% であり、密なる場合は 0.015% で兩者の僅か 0.005% の差物前酸素量の差が同一加工、同一熱処理を施した鋼材の機械的性質、殊に衝撃値、伸に影響を及ぼすことを統計的に調べ、焼入性に及ぼす酸素の影響は決して等閑に附すべきものでないということを明かにしている。

この鋼種の如く多量の脱酸剤を使用するものに對してすらかゝる差物前の酸素量の僅かの差が鋼の材質に影響を及ぼすことは注目すべきことと思ふ。

ではこれら酸素が何の程度に鋼材の諸性質に影響を與えるものであるかということは今の所、定量的に明かにされていない様であり、今後の實驗研究によるの外はない。この影響が定量的に明かになった後、それぞれの鋼種に對して必要にして充分なる脱炭反応を行うべきである。

かゝる考への下に鐵鋼の材質に及ぼす酸素の影響を定量的に明かにせんとして本研究を開始したのである。

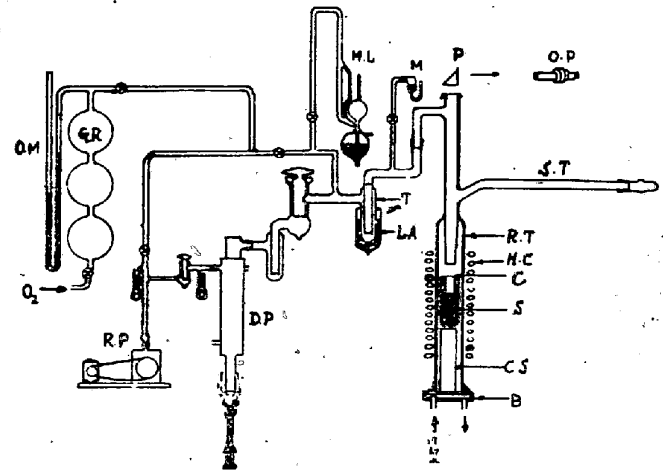
即ち鐵-炭素-酸素系合金で特に酸素の含有量のみを任意に變えた試料を熔製し、これを用いて鐵鋼の諸性質、特に結晶粒度並びに焼入性に及ぼす酸素の影響に就て實驗した結果を報告する。

II. 實驗方法

普通の鋼材には合金元素として二、三の元素を含んで居り、これらは鋼中酸素と常に密接な關係にある。よつて鐵鋼の材質に及ぼす酸素の影響を明かにせんとするには、これらの合金元素を全く含有しないか、或は含有していてもその影響を無視し得る程度しか含まない純炭素鋼(本實驗に於ては 0.4%、及び 0.5% C)に於て酸素量のみを任意に變えた鐵-炭素-酸素系の合金を作らねばならない。これを酸素量によつて次の如く大別する。

- 1) 極微量の酸素を含有するもの。
- 2) 工業用鋼と略々同量の酸素を含有するもの。
- 3) 著しく多量の酸素を含有するもの。

極微量の酸素を含有する試料を熔製するには真空爐装置を用いた。装置の略圖を第 1 圖に示す。熱源は 35KVA 火花間隙式高周波装置を用い、コイルの中央に徑 50mm の石英管を立て、真空爐とする。この真空爐の下端より純鐵に炭素を含有させた試料をマグネシヤ坩堝に入れて挿入し、水冷銅蓋にて密閉する。爐内の排氣には鐵製 4



第 1 圖 真空熔解装置

- R. T 反應爐 (石英)
- H. C 高周波コイル
- C 坩堝 (マグネシヤ)
- S 試料
- C. S 坩堝臺 (アルミナ)
- B 水冷蓋 (銅)
- S. T 枝管 (石英)
- T トラップ (ガラス)
- L. A 液體空氣
- D. P 水銀擴散ポンプ
- R. P 油廻轉ポンプ
- M. L マクレオット真空計
(10^{-5} ~ 10^{-3} mm Hg)
- M マノメーター
(10^{-3} ~2mm Hg)
- G. R 酸素ガス溜
- O. M 開管マノメーター
(1~760mm Hg)
- P プリズム (石英)
- O. P 光高温計

段水銀擴散ポンプと油廻轉ポンプとを用い、熔解後の加炭等の装入を爐の上側に附した枝管より行ふ、試料が熔解すれば熔鋼中の酸素は熔鋼中の炭素と反應して CO ガスとして排氣除去される。この反應が完結したか否かはマクレオット真空計によつて真空度を測定して決定する。しかる後一定量の炭素を加えて試料とする。かゝる試料は極微量の酸素量のものとなし得る。

普通程度の酸素量を含有する試料はタンマン爐を用いて純鐵をマグネシヤ坩堝中で熔解し、これに一定炭素量となる如く炭素を加炭して作つた。

著しく多量の酸素を含有する試料は純鐵を原料としてタンマン爐で高炭素鐵を作つて置き、そこへ酸素を多量に含有する電解鐵 (0.07% O_2) を投入して作つた。

以上の如くして得たそれぞれ酸素量を異にする三種の試料を用いて結晶粒度並びに焼入性に就いて實驗し。

第2表 各温度に於ける試料の滲炭粒度並びに焼入組織

試料	C%	O%	滲炭粒度			焼入組織 (油冷)		
			820°C	925°C	1050°C	820°C	925°C	1050°C
A	0.52	0.0002	G7.5	G1 (30) G7 (70)	G 0	S + F	M + T	M
B	0.47	0.00020	G3 (30) G6 (70)	G1 (80) G4 (10) G6 (10)	G1 (90) G4 (10)	S + F	T + M	M + T
C	0.49	0.0320	G1 (60) G6 (40)	G1 (80) G6 (20)	G 1	S + F + P	S + F	S + F
D	0.37	0.0007	G7.5	G1 (40) G7 (60)	G 0	S + F	T + M	M
E	0.38	0.0030	G3 (30) G7 (70)	G1 (50) G6 (30) G8 (20)	G1 (90) G4 (10)	S + F	T + M	M + T
F	0.42	0.0450	G6.5	G1 (90) G7 (10)	G 1	S + F + P	T + F + P	T + F + P

備考 例1. G1(30), G6(70) は粒度番號1が30%, 6が70%の混粒を示す.

S: ソルバイト F: フェライト P: パーライト M: マルテンサイト T: トルースタイト.

た.

尙使用した純鐵の化學成分は下記の如くで

C%	Si%	Mn%	P%	S%	Cu%
0.04	0.03	trace	0.045	0.023	trace

あり、熔製した試料の化學成分は第1表に示してある。
酸素の含有量は炭素螺旋式真空熔融法によつて決定した。

第1表 試料の化學成分

試料	化學成分 %						
	C	Si	Mn	P	S	O	N
A	0.52	0.05	0.03	0.017	0.016	0.0002	0.002
B	0.49	0.07	0.08	0.026	0.017	0.0020	0.003
C	0.49	0.04	0.06	0.040	0.018	0.0320	0.006
D	0.37	0.09	0.03	0.020	0.020	0.0007	0.004
E	0.38	0.03	0.06	0.021	0.012	0.0030	0.007
F	0.42	0.04	0.09	0.042	0.035	0.0450	0.007

* 炭素螺旋式真空熔融法による。

III. 實驗結果並びに考察

これら酸素量を異にする純炭素鋼試料を一定の鍛造比に加工したものに就て、820°C, 925°C, 1050°C の三種の温度に於て滲炭法による結晶粒度を測定し、又これらの温度より油中に急冷した焼入組織を調べた結果を總括して第2表に示す。

第2圖は結晶粒度の顯微鏡寫眞を示すものであり、第3圖は焼入鋼の顯微鏡組織を示すものである。

(1) 酸素量と結晶粒度との關係

第2表に示す如く酸素量と結晶粒度の間には次の如き關係が認められる。0.5% C, 0.4% C 何れも 820°C に於いては酸素量小なるものは均一に細粒(G7~8)で、酸素量中なるものは中粒(G4)と細粒(G7)の混粒であり、酸素量の大なるものは大粒(G1)と細粒(G6)の混粒である。

又 925°C に於いては酸素量小なるものは大粒(G1)と細粒(G7) 酸素量中なるものは大粒(G1)中粒(G4)細粒(G6) 酸素量が大になると大粒(G1)と細粒(G7)の何れも混粒である。

次に 1050°C に於ては酸素量小なるものは完全に結晶の生長を見て全部均一な大粒(G0)であるが、酸素量中なるものは、大粒(G1)に少量の中粒(G4)が混在し、酸素量大なるものは再び大粒(G1)である。

これらの結晶粒度並びに混粒程度の差異がすべて酸素

第3表 滲炭に用いた純鐵の化學成分

試料	化學成分 %						滲炭組織
	C	Si	Mn	P	S	O*	
1	0.03	0.03	0.03	0.020	0.015	0.0005	正常
2	0.03	0.06	tr	0.020	0.021	0.0010	正常
3	0.03	0.07	tr	0.013	0.018	0.0060	正常
4	0.03	0.05	tr	0.019	0.030	0.0100	異常
5	0.02	0.05	tr	0.014	0.013	0.0200	異常
6	0.02	0.02	tr	0.015	0.042	0.1400	異常

* 炭素螺旋式真空熔融法による。

量の差異のみによるものとは云い得ないが、しかし酸素の分布状態に何等かの関係を有するものと考えられる。

こゝで特に注目に値すべき事柄は酸素量の異なるものの各温度に於ける滲炭組織が何れも異常組織を呈することである。

(2) 酸素量と異常組織との関係

従来滲炭鋼に於ける異常組織の成因として酸素説²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾と純鐵説⁶⁾⁷⁾とが對立して居り、又岩瀨教授⁸⁾によると兩説は全く一致すると報告されている。

しかのみならず純鐵を固体滲炭剤で滲炭した場合には總べて異常組織を生ずる⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾とも云われている。

こゝで純鐵を真空熔解し、これに任意の酸素量を加えて試料を熔製し、この滲炭組織を調べてみた。

試料の熔製には第1圖の真空爐装置を用い純鐵を真空中で熔解し置き、そこへ清淨酸素を任意の壓でガス溜より装置内に送る。熔鐵中の酸素がこの外壓に平衡する迄試料を熔融状態に保つてから凝固させたものは種々なる酸素量を含む鐵-酸素系合金となすことが出来た。この試料の化學成分を第3表に示す。

これを一定の鍛造比に加工したものに就て固体滲炭剤(木炭60%, 炭酸バリウム40%)を用い925°Cの滲炭組織を見た。

第4圖はこの滲炭組織の顯微鏡寫眞を示すものである。寫眞で明かな如く酸素量が約0.010%迄の純鐵は正常組織を示すのであるが、酸素量0.010%以上のものは何れも異常組織を示している。

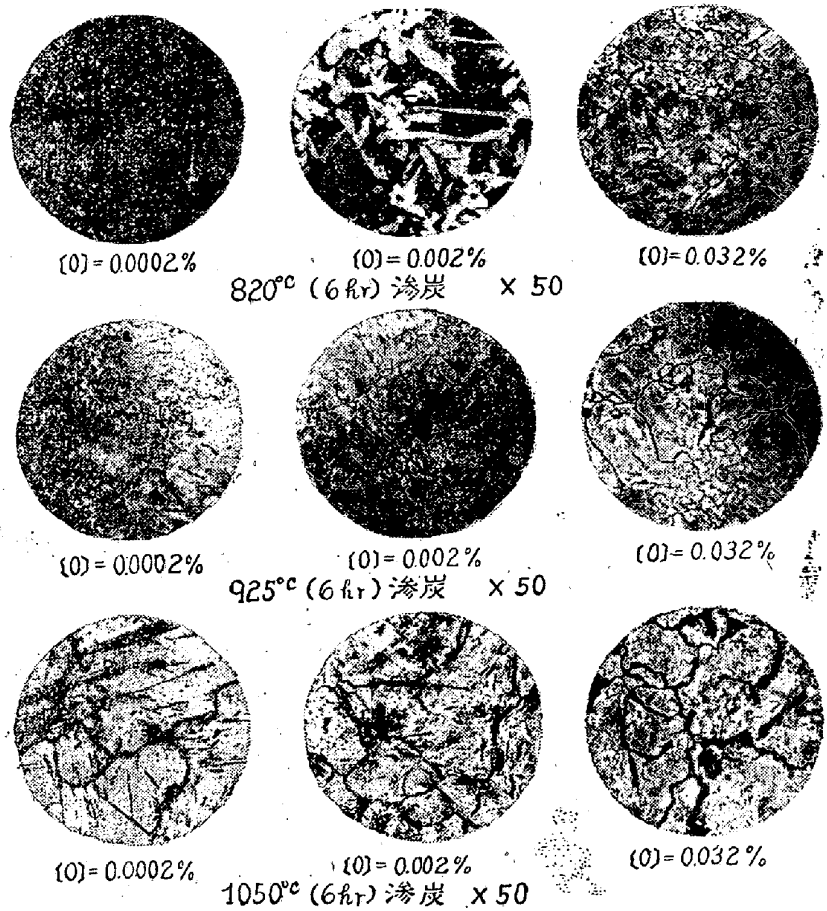
これによれば異常組織の原因は酸素であるとは云い得なくても、酸素を多量に含む純鐵は異常組織を生じ易く、又純鐵でも酸素量の少ないものは異常組織を現わさないということとは明かである。

(3) 酸素量と焼入性との関係

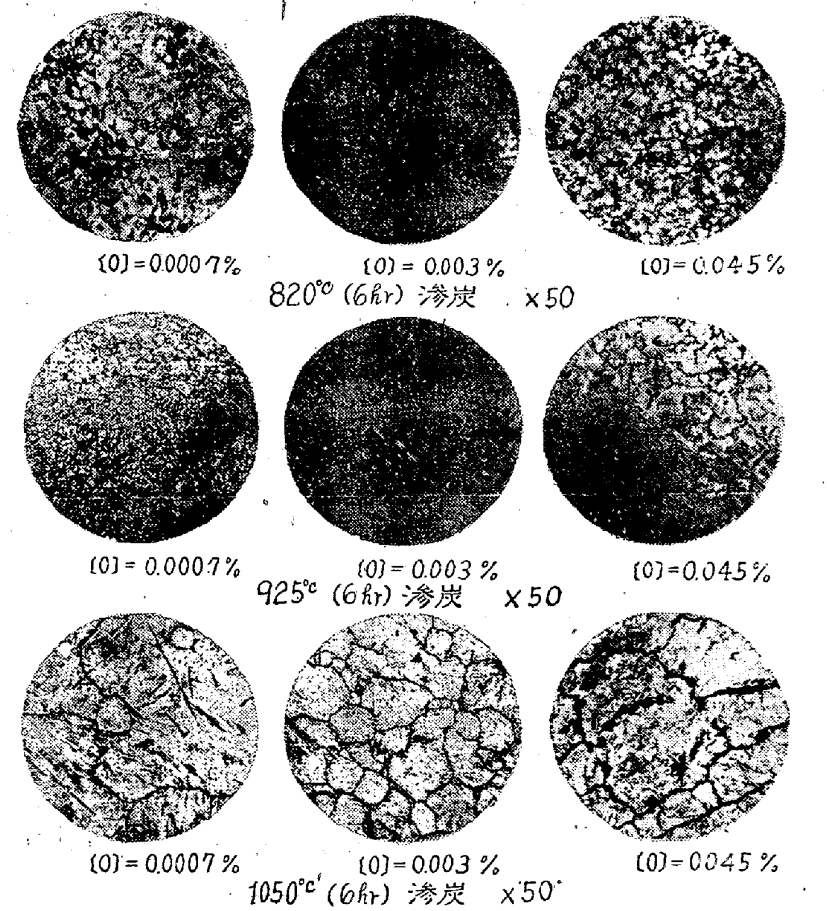
第2表及び第3圖より明かではあるが820°C油冷の場合には0.4%C, 0.5%Cの純炭素鋼は何れも完全に焼が入つてないが、酸素量が大になるに従つてフェライトの出方が多くなつて居る。

925°C油冷の場合には酸素量の小なるものはマルテンサイト中に小粒のトルースタイト

第2圖。純炭素鋼(C=0.5%)の滲炭粒度



第2圖。純炭素鋼(C=0.4%)の滲炭粒度



を生じているが、酸素量、中ものものではトルースタイトの部分が大きくなり、酸素量の異なるものはソルバイトとフェライト組織で焼入性は極めて阻害されている。

1050°C の場合には酸素量の異なるものは0.4% C, 0.5% C 何れも完全にマルテンサイト組織であるが、酸素量、中ものはトルースタイトとマルテンサイトであり、酸素量の異なるものはソルバイトとフェライト組織で焼が入っていない。

この焼入性を結晶粒度と合せ考えて見ると結晶粒の細く且不均一なものでも酸素量の異なるものは焼入性は良好であり、逆に結晶粒が大で且均一であつても酸素量が大なるときには焼入性は著しく阻害されることがわかる。

IV. 結 言

酸素量の高い鋼材はその材質に種々の欠陥を生ずるといことが明かに認められているので、これを定量的に究明せんとして純炭素鋼に就て実験した結果、次のことが明らかになった。

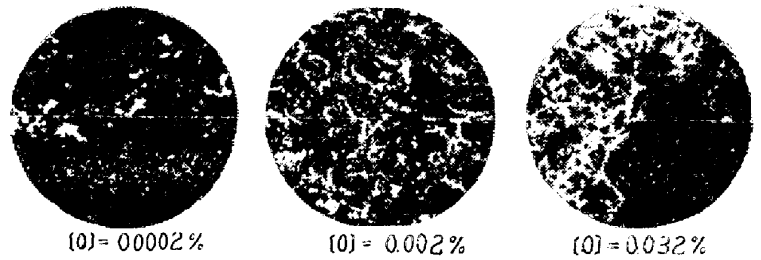
- 1) 純炭素鋼に於て酸素量の異なるもの及び異なるものは温度による結晶の生長が行われ易いが、酸素量、中なるものは前二者に比して結晶の生長はし難い。
- 2) 純炭素鋼に於て酸素量の異なるものは異常鋼となり易い。
- 3) 純炭素鋼の焼入性は酸素量が大であると著しく阻害される。
- 4) 結晶粒が小で且不均一なものでも酸素量の異なるものは著しく焼入性が良好である。

しかしながら、これらのことが果して酸素のみに原因するものであるとは確認出来ないし、又残された問題であるが實際操業に於ては常に酸化防止を土臺とした精錬を行わねばならぬことが解つた。

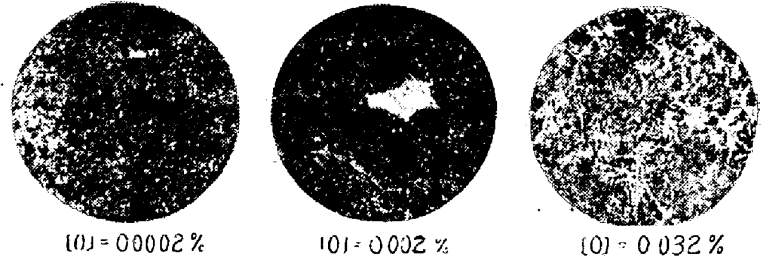
本研究の遂行に當り多大なる御指導と御鞭撻を戴いた 東北大學教授工學博士 的場幸雄先生に深甚の謝意を表し奉ります。

(昭. 24. 5 月寄稿)

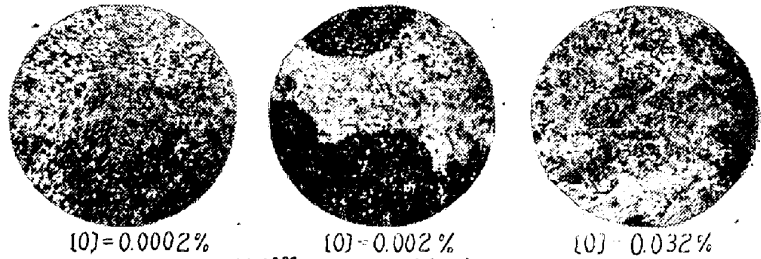
第3圖₁ 純炭素鋼(C=0.5%)の焼入組織



820°C (15 hr) → 油冷 x 50

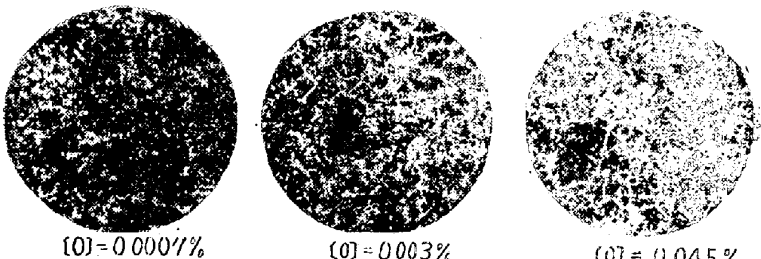


925°C (15 hr) → 油冷 x 50



1050°C (15 hr) → 油冷 x 50

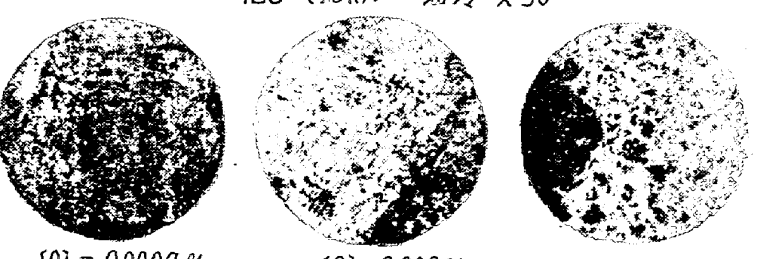
第3圖₂ 純炭素鋼(C=0.4%)の焼入組織



820°C (15 hr) → 油冷 x 50



925°C (15 hr) → 油冷 x 50

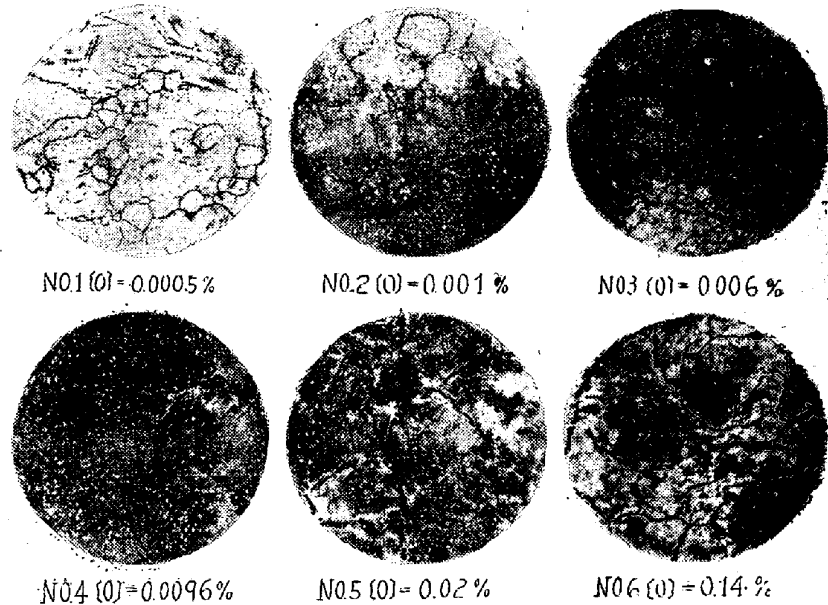


1050°C (15 hr) → 油冷 x 50

文 献

- 1) 大中 日本鐵鋼協會第 36 回講演會講演 1948 年 10 月
- 2) E. Ehn. H. Mc. Quaid. Trans. Amer. Min. Met. Eng 67 (1922) 341
- 3) M. Grossmann. Trans. Amer-Soc. Steel. Treat 16 (1929), 1197, 18 (1930), 601.
- 4) 井上: 鐵と鋼 15 (1928) 287.
- 5) O. Harder. L. Weber. & T. Jerabele. Trans. Amer. Soc. Steel. Treat 13 (1928) 961.
- 6) F. Duftschmid. E. Houdremont. Stahl u Eisen 51 (1931) 1631
- 7) H. Cornelius. Arch. Eisenhütten. 8 (1935) 461 9 (1936) 369
- 8) 岩瀬, 本間: 日本金屬學會誌 4 卷(1940) 351.
- 9) G. Brophy. Trans. Amer. Soc. Steel Treat 25

第4圖 純鐵の滲炭組織(925°C6hr) × 50



- 10) 澤村: 鐵と鋼 27 (1935) 67.
- 11) G. Derge A. Kommd. R. Mehl. Trans. Amer. Soc. Metals, 26 (1938) 153.

特殊鋼のオーステナイト粒子生長の特性 (III)*

三 島 徳 七** 三 橋 鐵 太 郎**

GRAIN GROWTH CHARACTERISTICS OF SOME
CONSTRUCTIONAL ALLOY STEELS (III)

By Tokushichi Mishima & Tetsutaro Mitsuhashi

Synopsis:—

Some examinations of the fracture test of quenched specimen for measuring the austenite grain size are described. It was found that the fracture test measuring austenite grain size don't show the correct grain size such as by means of double quenching method on the steel containing below 0.4% of carbon. Also the fracture test applied to the steels for carburizing is not allowed.

And it was shown that the austenite grain size by means of fracture test, as well as on the double quenching method appears smaller as that by means of McQuaid test.

§ 1. 緒 言

従來の諸研究⁽¹⁾⁻⁽³⁾によれば、焼入試片の破面番號は學振制定の粒度に一致する。しかし破面法による粒度測

定は高炭素鋼に限られ、より低炭素の構造用鋼又は肌焼鋼に就て行つた報告は見當らない。

試片が全部「マルテンサイト」組織になれば、その破面は以前のオーステナイト粒界を通つて割れるが、構造用、肌焼用鋼では「フェライト」の析出があつて破面法で「オーステナイト」粒界を測定することは出来ない筈である。しかるに現場では本方法を充分の考慮を拂はず

**東大冶金學教室

* 本報告の一部分は東大工學部綜合試驗所報告第 3. 4 號(昭 22 年 9 月刊)にのせた。