

- |   |   |
|---|---|
| 3) 佐々木, 安達: 鉄と鋼 第 39 年, 昭和 28 年, 第 11 号, p. 1221                          | 7) J.M. Avery: A.I.M.E. Techn. Publ. 1938 No. 921, p. 10    |
| 4) T.L. Joseph, F.W. Scott: Blast Furnace & Steel Plant, 1940 Oct, p. 975 | 8) L. Grenet: Chal. et. Ind. 1938                           |
| 5) F.M. Rich: A.I.M.E. Techn. Publ, 1935 No. 617, p. 23                   | 9) T. L. Joséph: Fuels & Furnc, 1928 35                     |
| 6) E. Diepschlag: Arch. Eisenhütt. 1936/37 10, S. 179/81                  | 10) S. P. Kinney: U.S. Bur. Min. Techn. Paper, 1929 p. 2939 |
|   | 11) C.C. Furnas: U.S. Bur. Mines. Bulletin, 1929 p. 307     |

## 熔 銑 の 改 良 研 究 (I)\*

(酸素吹込について)

青木猪三雄\*\*・鳥取友治郎\*\*\*

### THE IMPROVEMENT IN PROPERTIES OF MOLTEN IRON (I)

(On the Blow of Oxygen)

*Isao Aoki and Tomojiro Tottori*

#### Synopsis:

Oxygen has been commonly used in steel making, but in the production of cast iron scarcely used to improve the quality of molten iron except the some attempts of its use in cupola, because it has been believed excessively that oxygen is harmful element to cast iron.

But by blowing the adequate amount of oxygen into molten iron, some interesting results was obtained as follows.

- (1) Carbon and silicon contents of cast iron could be controlled and its mechanical properties were improved.
- (2) Oxygen content of cast iron treated by oxygen was not increased and the amount of impurities in cast iron-Ti, Cr, V and etc.-were decreased.
- (3) Even the unsuitable pig irons for ductile cast iron were perfectly nodularized and elevated in the mechanical properties by magnesium treatment after the blow of oxygen into molten iron.

#### I. 結 言

製鋼作業における酸素の利用は最近では、ほぼ普通の操業になつているが、鑄鉄分野においてはほとんど利用されていない。僅かに最近ソ連でキューポラー熔湯の一部を転炉に入れ酸素吹込みを行い適当な C, Si 量にしたものを用いて C, Si の低い優良な鑄物を得たと報告しているが<sup>1)</sup>、正確なところは不明である。鑄鉄への酸素利用が行われなかつた原因は鑄鉄での酸素の悪影響<sup>2)3)</sup>等があまりに多く論議されているためではなからうかと

考える。しかし、以下のべる実験により熔銑への適量の O<sub>2</sub> 吹込は鑄鉄の組成並びに性質を变じ、所要の C, Si 量になすことが出来るのみならず、性質を著しく改良し現在までノヂュラー鑄鉄用銑鉄として利用でき得なかつた不良といわれる原料をもノヂュラー鑄鉄用原料として利用できることが確められたので、これら結果について述べる。

#### II. O<sub>2</sub> 吹込による組成及び性質変化

熔銑への O<sub>2</sub> 吹込による脱 Si, 脱 Mn, 脱 C等については製鋼作業にて相当研究されているが、鑄鉄分野に利用する場合の O<sub>2</sub> 吹込量及び時間の影響を調べるために予備実験を行つた。

\* 昭和 29 年 10 月本会講演大会にて発表

\*\* 富士製鉄釜石製鉄所 理学博士

\*\*\* 工

Table 1. Blowing time of oxygen and chemical composition (%) of irons.

Blowing time of oxygen (mn)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Structure
Not treated	3.83	2.05	0.36	0.122	0.012	0.030	0.230	G <sub>F</sub> +G <sub>E</sub> +P
1	3.80	1.78	0.29	0.118	0.015	0.017	0.200	"
2	3.83	1.00	0.17	0.122	0.015	0.022	0.160	L+G <sub>E</sub>
3	3.56	0.31	0.07	0.113	0.016	tr	0.050	L+G <sub>E</sub> + $\gamma$
4	3.42	0.01	0.01	0.111	0.016	tr	0.030	L+ $\gamma$

G<sub>F</sub>=Flaky graphite, G<sub>E</sub>=Eutectic graphite, P=Pearlite, L=Ledeburite,  $\gamma$ =Primary austenite (transformed to pearlite)

## (1) 組成変化

クリプトル炉を用いて黒鉛ルッポ (2番) で C 3.83%, Si 2.05%, Mn 0.36%, P 0.122%, S 0.012%, Cr 0.03%, Ti 0.230 なる組成の鉄鉄を 1.2kg 溶解し、約 1300°C にて炉より取出しそれに内径 9mm $\phi$  のシリカチューブを用いて 15l/mn の割合にて 1, 2, 3, 4 mn の O<sub>2</sub> 吹込を行い、各時間ごとに分析試料として約 50g 採取した。その際の化学分析値及び組織は Table 1 並びに Fig. 1 に示すごとくである。熔鉄温度は O<sub>2</sub> 吹込により著しく上昇し沸騰現象が見られる。

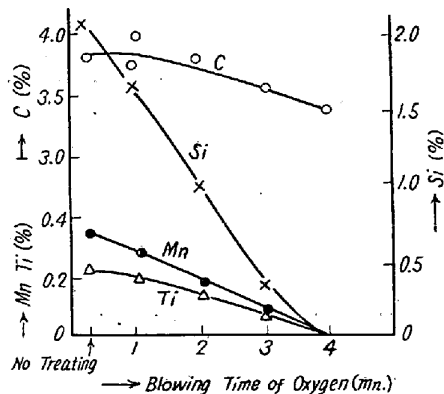


Fig. 1. Relation between blowing time of oxygen and contents of C, Si, Mn and Ti

Table 1 及び Fig. 1 に示すごとく、O<sub>2</sub> 吹込により Si, Mn 及び Ti は著しく減少し Cr も同様である。C も幾分減少している。P, S はほとんど変化しない。

(2) O<sub>2</sub> 吹込後の保持時間と性質

O<sub>2</sub> 吹込後の保持時間の影響を調べるために前述した場合と同じくクリプトル炉を用いて 1.2kg 溶解し、1300°C にて 3 分間 O<sub>2</sub> 吹込を行い直ちに除滓し 1, 5, 10, 15mn の各時間保持後 Si 及び Mn 量を補うために Fe-Si (75%) 合金を用いて Si として約 1.1%, Fe-Mn (70%) 合金を用いて Mn として約 0.2% 添加し、20 mm $\phi$  の乾燥砂型に鑄造し化学分析及びガス分析を行った結果は Table 2 に示すごとくである。又切削後機械試験を行った結果は Fig. 2 に示す。

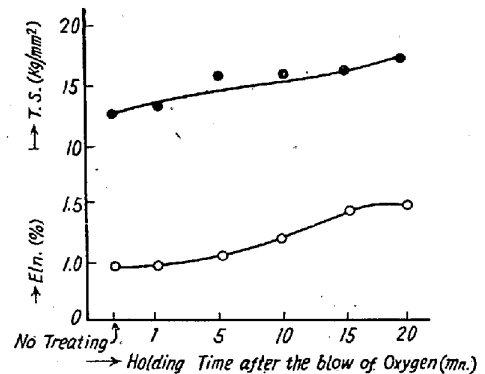


Fig. 2. Relation between holding time after the blow of oxygen and mechanical properties of iron.

Table 2 より明らかなごとく、O<sub>2</sub> 吹込により Ti, Cr は低い値を示す。Si, Mn は処理後添加しているでそれぞれ 1.20~1.61%, 0.26~0.32% の範囲にある。

Table 2 Holding time after the blow of oxygen and chemical composition (%) of irons.

Holding time (mn)	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	O <sub>2</sub> *
Not treated	3.99	2.35	0.36	0.120	0.024	0.037	0.120	0.00782 <sub>2</sub>
1	3.88	1.37	0.27	0.117	0.024	0.027	0.047	0.01279 <sub>0</sub>
5	3.79	1.39	0.27	0.114	0.027	0.023	0.041	0.01326 <sub>0</sub>
10	3.62	1.61	0.28	0.115	0.023	0.027	0.047	0.01375 <sub>2</sub>
15	3.60	1.20	0.32	0.114	0.021	0.021	0.035	0.01000 <sub>3</sub>
20	3.54	1.49	0.26	0.100	0.020	0.021	0.035	0.00731 <sub>6</sub>

\* Vacuum melting method.

保持時間と共に C, Ti は減少の傾向を示すようである。O<sub>2</sub> 分量は処理後はしばらく高いが 15mn 以上では減じ 20mn のものでは処理しないものより低い値を示している。機械的性質は Fig. 2 に示すごとく O<sub>2</sub> 処理したものは、これを行わないものより Si が低いことにもよると思われるが、抗張力伸び共に高い値を示し、組織も均一な片状黒鉛を示している。

(3) 10~20kg の熔銑量の場合

湯の量が多い場合の O<sub>2</sub> 吹込の効果を調べるために 10~20kg の銑鉄並びに鑄鉄湯について O<sub>2</sub> 吹込時間 3mn 5mn の処理を行い約 7mn 保持後約 1300°C にて Si 及び Mn を添加し 250×25mmφ の乾燥砂型に鑄造して機械的性質を調べた。処理条件及び結果は Table 3 及び Table 4 に示す。

Table 3 に示すごとく O<sub>2</sub> 吹込により少量の熔銑量の場合と同様に Ti, Cr, V が減少し又 O<sub>2</sub> 含量も殆ん

Table 3. Blowing time of oxygen, gas contents and chemical composition.

No. of Samples	Blowing time of oxygen (mn)	Fe-Si (75%) addition (g)	Chemical composition (%)							Gas contents (%)			
			C	Si	Mn	P	S	Ti	Cr	V	H <sub>2</sub> (cc/100g)	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
126-0	Not treated	—	3.98	2.09	0.73	0.149	0.028	0.200	0.037	0.140	7.12 6.98	0.0070 0.0062	0.0044 0.0032
126-3	3	120g	3.90	1.99	0.52	9.146	0.028	0.134	0.025	0.125	7.20 8.01	0.0071 0.0077	0.0038 0.0041
126-5	5	150g	3.71	1.90	0.42	0.149	0.026	0.119	0.027	0.110	6.95 7.02	0.0077 0.0075	0.0045 0.0038

Table 4. Relation between blowing time of oxygen, chemical composition and mechanical properties.

Kinds of molten iron	No. of samples	Blowing time of oxygen (mn)	Fe-Si and Fe-Mn alloy added after blowing	Chemical composition (%)						Hardness (RB)	T.S. (kg/mm <sup>2</sup> )	Elong. (%)
				C	Si	Mn	P	S	Ti			
Molten pig iron about 15kg	1-0	—	—	4.25	0.82	1.73	0.248	0.045	0.233	—	—	—
	1-3	3	(Fe-Si) 120g	4.15	0.94	1.47	0.221	0.043	0.151	—	—	—
	2-0	—	—	4.30	0.98	1.78	0.238	0.038	0.340	—	—	—
	2-3	3	(Fe-Si) 130g	4.30	1.13	1.49	0.240	0.035	0.159	—	—	—
	3-0	—	—	4.20	2.17	0.75	0.170	0.028	0.181	69	99	0.8
	3-3	3	(Fe-Si) 120g	4.20	1.00	0.55	0.173	0.028	0.141	79	19.4	0.6
	3-5	5	(Fe-Si) 150g	4.05	2.02	0.45	0.167	0.026	0.118	75	15.3	1.3
	4-0	—	—	4.29	1.97	0.61	0.138	0.022	0.190	66	11.1	0.8
	4-3	3	(Fe-Si) 120g	4.34	2.08	0.56	0.141	0.018	0.150	80	19.2	0.8
	4-5	5	(Fe-Si) 150g	4.30	2.14	0.56	0.141	0.018	0.110	75	17.0	1.5
Cupola iron about 10kg	5-0	—	—	3.82	1.29	0.42	0.192	0.074	0.110	81	17.0	1.2
	5-3	3	(Fe-Si) 80g (Fe-Mn) 26g	3.94	1.17	0.42	0.188	0.066	0.079	82	20.5	0.5
	5-5	5	(Fe-Si) 20g (Fe-Mn) 20g	3.87	1.22	0.39	0.201	0.061	0.079	77	18.0	1.5
Cupola iron about 20kg	6-0	—	—	3.92	1.67	0.61	0.208	0.074	0.088	77	13.0	1.5
	6-3	3	(Fe-Si) 160g	3.96	1.87	0.51	0.199	0.068	0.079	81	15.0	1.6
	6-5	5	(Fe-Si) 240g	3.72	1.72	0.44	0.181	0.068	0.069	79	14.4	1.8
	6-6	*	—	3.92	1.19	0.48	0.204	0.075	0.079	81	17.0	1.8

\* Molten iron treated by oxygen and untreated iron was mixed.

ど変化せず、 $O_2$  吹込による著しい酸素含量の増加はない。又、Table 4 より明らかなごとく No.1—0, No.2—0 の Ti 含量の高いものは  $O_2$  吹込により Ti 量の減少率大で、含量低い No.5—0, No.6—0 のごときものでは減少率小である。硬度、抗張力は処理したものが高くなっている。 $O_2$  吹込時間の影響は 3mn 間処理のものに比べて 5mn 間処理の方が硬度、抗張力共に幾分低下しているが伸びの値が高い。組織的にも 3mn のものは細かい黒鉛がみられ 5mn のものより硬くて脆い感じを与える。これは 5mn 間処理のものの方が温度上昇著しく沸騰も盛んなために不純物が浮上し除去され減少したものと考えられる。No.6—6 は約 10kg の熔湯に  $O_2$  吹込を行い、これに処理しない熔湯約 10kg を加えたものであるが、処理しない No.6—0 のものより Si Ti 等の低い機械的性質の良いものが得られた。このような方法は  $O_2$  吹込を行う熔湯の量を適当に選ぶことにより、C, Si 等の適当な成分のものが得られ不純物も少ないので鑄鉄改良への良い方法と考えられる。

### III. 球状鑄鉄製造の際の原料処理

球状鑄鉄製造の際、原料の選択が必要とされることは多くの人々によつて研究<sup>(4)(5)</sup>されているが、一般に不良な原料鉄では Mg を相当多量に加えても黒鉛の球状化は困難なものである。そこでこのような原料鉄に  $O_2$  吹込

を行い、Mg による黒鉛球状化能を調べた。

クリプトル炉にて約 1.2kg 溶解し Table 5 に示すごとき処理しないもの、Si 0.3% 添加したものと及び 3mn 間  $O_2$  吹込処理 (15l/mn) を行い約 8mn 保持後約 1350°C にて Fe-Si (75%), Fe-Mn (70%) 合金を添加した 3 種のものにつき Mg (25~30%)-Si (35~40%)-Fe (10%)-Al-Cu 系の合金にて約 0.4% Mg 処理を行い、Fe-Si 合金にて 0.3% Si 接種後 30mmφ の乾燥砂型に鑄造し破面及び組織を調べた。 $O_2$  処理しない再溶解のみで Mg 処理せる A の破面は鼠色の微細破面で所々に白色の部がみられ、 $O_2$  吹込後 Mg 処理せる AO の破面は球状鑄鉄特有の灰白色の鋼状破面を示し 0.3% Si 添加した後 Mg 処理せる AS の破面は鼠銑状と鋼状の灰白色と混つた破面を示す。組織は Phot. 1a~c に示すごとく A は塊状と準片状の黒鉛で、Si 0.3% 添加せる AS は球状と細かい準片状の混在を示し、 $O_2$  処理せる AO は殆んど完全な球状黒鉛をもつブルスアイ組織を示す。

更に球状化の困難な試料つき Table 6 に示すごとく、 $O_2$  吹込を行い約 15mn 保持後 Fe-Si, Fe-Mn 合金を添加したものと  $O_2$  吹込を行わなかつたものについて前述と同様に Mg 処理及び接種を行い破面と組織を調べたが、組織は Photo. 2a, 2b に示すごとく、 $O_2$  吹込せる BO は破面、組織ともによく球状鑄鉄のそれを示

Table 5. Chemical composition.

Mark of samples	Preliminary treatment	Chemical composition (%)					
		C	Si	Mn	P	S	Ti
A	Not treated	4.10	2.36	0.64	0.17.	0.027	0.167
AS	0.3% Si addition	4.05	2.62	0.62	0.169	0.025	0.165
AO	Blowing of oxygen for 3mn., 0.2% Mn, 1.0% Si, addition	3.85	2.18	0.54	0.189	0.028	0.059

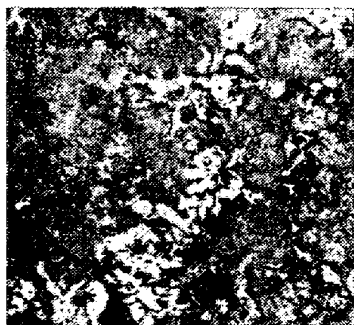


Photo. 1a 0.4% Mg treatment, no preliminary treating (A) ×100 (3/4)

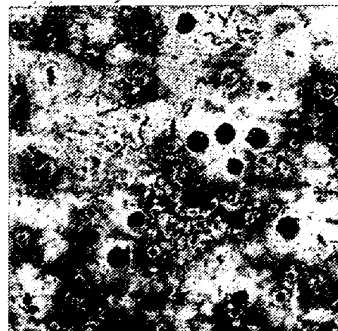


Photo. 1b 0.4% Mg treatment after 0.3% Si addition (AS) ×100 (3/4)

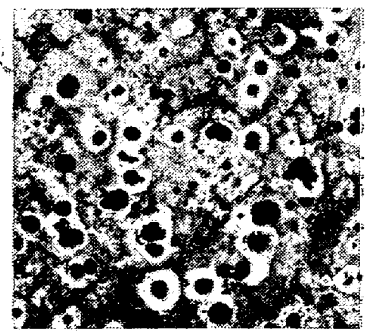


Photo. C 0.4% Mg treatment after the blow of oxygen(AO) ×100 (3/4)

Table 6. Chemical composition

Mark of samples	Preliminary treatment	Chemical composition (%)					
		C	Si	Mn	P	S	Ti
B	Not treated	4.14	1.96	0.55	0.217	0.031	0.230
BO	Blowing of oxygen for 3mn., 0.2% Mn, 1.0% Si, addition.	3.79	1.82	0.47	0.233	0.023	0.140

しているが再溶解のまま Mg 処理せるものは細かい点状黒鉛と塊状黒鉛を示し球状黒鉛は認められず O<sub>2</sub> 処理により著しく Mg による黒鉛球状化が容易となることが判る。

IV. 考 察

酸素を熔銑に適量吹込むことにより Si, Mn 等の酸化発熱で著しく温度上昇し沸騰現象もみられるが、この際 Si, Mn 等の減少と同時に Ti, Cr, V等の元素が減ずる。鑄鉄中の酸素は種々の点で性質に悪影響を示すことはよく知られているところであるが、本実験のごとき O<sub>2</sub> 吹込では Table 2 及び Table 3 にも示したごとく酸素含量は一時増加しても温度の上昇、保持時間の影響と適量の Si, Mn の添加により酸素含量はかえつて減少し鑄鉄の性質は改良される。木下氏<sup>6)</sup>によれば黒鉛の球状化処理の際熔銑中の酸化物が最大の悪影響をもつといわれている程であり、O<sub>2</sub> 処理せる鑄鉄で Mg による球状黒鉛が得られやすいことはこの点からいっても酸化物の少ないことを示している。又 O<sub>2</sub> 処理しないものが Mg により殆んど黒鉛球状化し難いにかかわらず O<sub>2</sub> 処理を行つたものが同量の Mg 添加により完全な球状黒鉛となることは球状化に悪影響のある Ti その他の不純物が熔銑より除去されたためと考えられる。

V. 総 括

熔銑に O<sub>2</sub> 吹込を行い 10~15 mn 保持後適量の Si, Mn を添加することにより鑄鉄の C, Si 含量をコントロールすることが出来又キュポラーの熔湯の一部に O<sub>2</sub> 吹込を行い処理せざる熔湯と混ざることにより低 C, Si

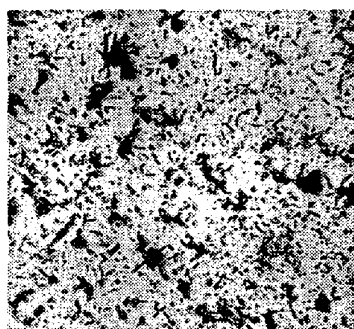


Photo. 2a 0.4% Mg treatment, no preliminary treating (B) ×100 (3/4)

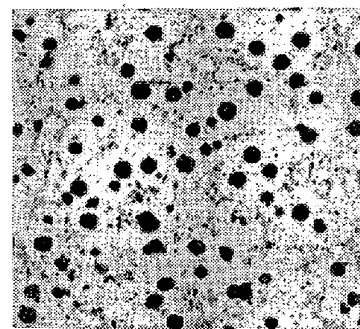


Photo. 2b 0.4% Mg treatment after the blow of oxygen(BO) ×100(3/4)

の鑄鉄が得られ、このような鑄鉄は優良な機械的性質を示し酸素による悪影響はほとんど見られない。又現在 Mg 処理により黒鉛の球状化が著しく困難といわれている不良の鑄鉄をもこのような O<sub>2</sub> 処理により優れた球状鑄鉄用原料銑となしうることを確めた。

終りに本研究の遂行にあたり種々の御指導と御鞭撻をいただいた釜石製鉄所富永管理部長に対し厚く感謝の意を表するものであります。

文 献

- 1) エヌ・ガラマーズフ及びヴェニシチエンコ氏: Liteinoe Proizvodstvo (ソ連), (1953) 8月号 p. 28: 鑄物 25 (1953) 12 の抄録による。
- 2) 音谷登平: 「鑄物の巣の原因とその対策」 p. 49
- 3) N. Kayama: Report of the Castings Research Laboratory, Waseda University (1953) 4.
- 4) 谷村ほか3名: 「球状鑄鉄の研究」第1集 p. 43
- 5) 正林寛三郎: 「球状鑄鉄の研究」第2集 p. 325
- 6) 木下禾大, 佐野専一: 「球状鑄鉄の研究」第2集 p. 375