

## 論 文

### 球状黒鉛鑄鉄用銑鉄製造ならびに これら原料銑中の微量特殊元素の影響について\*

青木 猪三雄\*\*・鳥取 友治郎\*\*\*

#### ON THE PRODUCTION OF PIG IRONS FOR NODULAR CAST IRON AND EFFECTS OF MINOR SPECIAL ELEMENTS IN THEM

*Isao Aoki, Dr.Sci. and Tomojiro Tottori*

##### Synopsis:

Pig irons for nodular cast iron have been produced since 1953 by the blast furnace in Kamaishi Iron Works. But sometimes, it took place that inadequate pig irons for nodular cast iron were produced, although these contents of primary (C, Si, Mn, P, S) and secondary (Ti, As, Sn etc.) elements were within specification of pig iron for nodular cast iron.

In order to inspect these accidents, the authors investigated the practical producing conditions of these irons. And the following results were obtained:

The special elements such as Sn, As, Sb and etc. which came in pig iron from ore materials used in blast furnace had the harmful influence for the formation of nodular graphite, and the influence was emphasized by the presence of 0.05~0.1% titanium which was always contained in pig irons.

Thus the authors were able to produce superior pig iron for nodular cast iron by using raw materials which contained the harmless amount of the above elements.

### I. 結 言

球状黒鉛鑄鉄製造の発達と共に、これらの原料銑としてのダクタイル銑をコークス熔鋳炉にて多量に製造するようになり当所においても昭和 28 年以來今日まで十数回にわたつて吹製して来ている。

しかしながらこれら吹製銑の中には一応規格に合格しても Mg による黒鉛球状化の困難なものが現れることがある。著者等はその原因を種々検討するためにまず銑鉄および原料鋳石中の微量元素について調査した。

その結果實際熔鋳炉でとくに注意すべき不純元素としては As, Sn, Sb, Pb であることが推定され、かつこれらの元素は銑鉄中につねに含有されている Ti との共存下においていぢるしく黒鉛の球状化を阻害するものであることが実験的に確められた。

本報告はダクタイル銑製造の実例をあげ、かつ今後、より良質のダクタイル銑を吹製するために考慮されるべき微量元素の影響について論じたものである。

### II. ダクタイル銑吹製実績例について

#### 1. 吹製銑の組成と性質

現在ダクタイル銑の規格（富士製鉄社内規格）および米国において考慮されている規格の一例を示めせば、Table 1 のごとくである。

国内のものは Si 含有範囲の多少で A, B の 2 種に分けられ、他の元素は A B 種とも同様に Ti 0.1% 以下が目標とされている。

一方米国のものは Si が大体 0.75~2.00% で範囲が広く Mn は細く 3 つの段階に分けられている。これは球状黒鉛鑄鉄製造の際使用目的に応じてとくに考慮されべき元素であるためとみられる。

P が最大 0.035% でわが国のものに較べて相当低い値を示しているが、これは米国には低磷鋳石が充分にあるためとみられる。

わが国ではこのように低いものを熔鋳炉で吹製するには経済的、その他種々の点で制約をうける。

Ti 以外の他の特殊元素については明確に提示されていないが Mg による黒鉛球状化がこれら微量元素量に支配されるものであることはすでに多くの研究報告にみ

\* 昭和32年4月本会講演大会にて一部発表

\*\* 富士製鉄 K.K. 釜石製鉄所 研究所 理博

\*\*\* " " "

Table 1 Examples of specification for ductile pig iron.

	Grades	C	Si	Mn	P	S	Cr	Reference
Ductile pig iron (Fuji Iron & Steel)	A	3.40<	1.00~1.50	0.40>	0.10>	0.04>	0.03>	0.1>Ti
	B	3.40<	1.51~1.80	0.40>	0.10>	0.04>	0.03>	
Ductile pig iron (U.S.)*	—	—	Ranges of about 0.75~2.00	0.15> 0.25> 0.35>	0.035>	0.035>	Ti 0.07> 0.1>	**

\* In consideration of specification

\*\* Other secondary elements may be specified by special arrangement

Table 2. Chemical composition of ductile pig iron (average)

Produced No.	C	Si	Mn	P	S	Ti	Cr	Cu	As	Sn	Pb	Sb	Bi
1	4.28	1.51	0.30	0.093	0.029	0.056	0.006	0.09	0.013	0.010	0.002	0.004	nil
2	4.21	1.47	0.31	0.091	0.026	0.060	0.008	0.08	0.006	0.005	0.002	0.003	//
3	4.26	1.45	0.34	0.082	0.025	0.058	0.007	0.05	0.008	0.007	0.001	0.004	//
4	4.10	1.60	0.26	0.087	0.031	0.078	0.008	0.07	0.009	0.005	0.002	0.007	//
5	4.36	1.57	0.33	0.085	0.027	0.071	0.009	0.07	0.008	0.005	0.002	0.002	//

られるところである。

次に現在まで当所で吹製されたダクタイル鉄のうち、とくに条件の異なる5吹製のものゝ成分(平均)を示めせば Table 2 のごとくである。

Table 2 に示せる吹製鉄について Mg による黒鉛球状化能を調べた結果は Table 3 に示した。

試験は鉄鉄 6 kg につて Mg 0.3% 処理を行ない、接種せずに肉厚 25 mm のキールブロック砂型に鑄造した。

使用 Mg 合金は Fe-Si-Mg (15~17%) の三元合金である。

なおこれらの値は試験結果の平均値を示したものである。

Table 3. Mechanical properties of irons treated by magnesium (average)

Produced No.	Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Hardness (R <sub>B</sub> )
1	51.0	8.8	82
2	50.5	13.8	84
3	53.7	12.0	85
4	34.4	3.0	92
5	56.0	11.0	87

Table 3 にみられるごとく No. 4 吹製のものが最も機械的性質が悪くダクタイル鉄としての良好なる性質を示さなかつた。

また No. 1 吹製のものは抗張力の値に較べて伸びが低い値を示した。

これ等を Table 2 の化学成分の点からみると No. 4 のものは幾分他のものに較べて Ti および Sb の高い

ことが目立ち、No. 1 のものは As, Sn 等の高いことが判る。

以上の点から鉄鉄性質の良くなかつた原因は Ti, Sb, As, Sn 等の微量元素に関係するものであることが推察される。

次にこれらの微量元素の侵入せる主原因と考えられる鉱石配合について調査してみた。

## 2. 原料配合面について

上記のダクタイル鉄吹製時に使用せる原料鉱石の配合および使用鉱石中の微量特殊元素含量を Table 4 および 5 に示す。

No. 4 の吹製に当つては比較的 Sb の高いイポー鉱石を使用しており、また No. 1 吹製のものは As, Sn の高いズンゲン鉱石を使用していることが Table 4 および 5 より明らかである。以上の点から鉄鉄において、これら微量元素の高くなる原因をつくり Mg 処理による黒鉛球状化能および機械的性質を阻害したものと推察された。

このような微量元素が球状黒鉛生成に対し、好ましか

Table 4. Percentage of charged ores.

Description of ores used	1	2	3	4	5
Kamaishi	37.48	17.80	19.52	28.66	44.17
Vancouver	45.32	49.84	45.05	37.82	48.75
Hospet	—	3.22	26.54	—	—
Dungun	11.36	—	—	—	—
Ipoh	—	—	—	20.64	—
Bezwada	—	17.76	—	—	—
Akagane	5.84	9.60	8.80	10.15	4.24
Total	100	98.22	99.95	97.24	97.16

Table 5. Special elements in ores used.

Ores	P	Cu	TiO <sub>2</sub>	Sn	As	Pb	Sb	Zn
Kamaishi	0.04~0.08	0.06~0.10	0.05~0.08	nil	0.02	0.001	tr	nil
Vancouver	0.03	0.007	0.10	nil	0.008	0.001	tr	0.015
Hospet	0.04	0.01	0.10	tr	0.001	0.001	tr	0.02
Dungun	0.05	0.03	0.15	0.02	0.05	—	—	0.015
Ipoh	0.06	0.03	0.10	tr	0.003	0.002	0.007	0.04
Bezwada	0.05	0.005	0.15	tr	0.002	—	tr	0.02
Akagane	0.02~0.04	0.03	0.09	0.007	0.005~0.007	0.002	tr	0.015

らぬ元素であることはすでに周知のところ<sup>1)2)3)4)</sup>であるが現在までの報告のほとんどがいずれも単独の影響に関するもので、これら個々の許容量について、例えば As, Sn, Sb の元素は 0.05% > As, 0.08% > Sn, 0.01% > Sb ならばよいといわれている。しかし実際のダクタイル鉄には Table 2 示したごとく、これらの元素が許容量よりは相当低い含量であるにもかかわらず Mg による黒鉛球状化の悪いものがある事実より吹製された鉄中では常に他の阻害元素が共存し、その影響にて球状化阻害作用を強調するものとみられる。

Ti は常に 0.05~0.1% 程度含有されているので球状化阻害元素としての As, Sn, Sb 等が Ti との共存下において、より微量で悪影響を与えるものと思われる。

実際にダクタイル鉄を吹製するに当つてこれらの点を充分検討しておくことは重要な問題であるので次の実験を試みた。

### III. 黒鉛球状化におよぼす Ti 含量と各種元素含量との関係について

黒鉛球状化阻害元素として As, Sn, Sb 等があげられるが、それ以外にごく少量でもつて悪影響をおよぼすと思われる Pb, Bi 等についても検討して置く必要があるとみられたので Pb, Bi 等を含めた 5 元素に対して Ti 共存下での球状化能を調査した。

#### 1. 実験方法

スウェーデン鉄 3kg を高周波炉にて約 1500°C に熔解せしめ、スポンジチタニウムを 0.7, 1.3, 1.9, 2.6 および 3.0g の 5 種類に分けて添加し Ti 含量の異なる原

料を製造した。

これらの化学組成は Table 6 に示すごとくである。

#### 2. 実験結果

次に各原料を 50g 宛タンマン炉で熔解し、As, Sn, Bi, Pb および Sb のおのおのを単独添加した後、1350°C で Mg 0.5% の表面添加処理を行ない、25mmφ の砂型に鑄込んだ。それらの結果は Fig. 1~5 に示す。乾燥図中○印は完全なる球状黒鉛が得られているもの、●印は片状黒鉛を示すもの、⊙印は片状と球状黒鉛の混在せるものである。

Fig. 1~5 よりいずれの元素も Mg による黒鉛球状化を阻害し、Sn, As に較べて Sb, Pb, Bi 等はより微量でもつて悪影響を示した。

Ti 単独のみでは 0.1% 程度含有されても球状化は阻害されないが上記元素が含有されるといじりしく球状化は阻害される。例えば Ti 0.08% 程度含有する場合 Sb は 0.0025%, Pb は 0.0015%, Bi は 0.0005% 存在すると、もはや完全なる球状黒鉛は得られなくなることが明らかにされた。

以上のことから実際に吹製されるダクタイル鉄中に Ti が 0.06% 前後含まれ、かつ As, Sn, Pb, Sb 等が含有すると (Bi は鉄中では含有されないと考えてよい) これら元素の許容量は Ti の存在しない場合より余程低い値が要求されることになる。

### IV. 結 言

球状黒鉛鑄鉄用ダクタイル鉄を吹製するに当つて単に主成分が規格に合格するのみでは優れた球状黒鉛鑄鉄用

Table 6. Chemical composition (%)

Mark	Ti addition (g)	Chemical composition (%)												
		C	Si	Mn	P	S	Ti	As	Sn	Pb	Sb	Bi	Cr	Cu
T <sub>0</sub>	0	4.00	1.26	0.40	0.030	0.023	tr	0.007	0.007	nil	0.001	nil	tr	0.030
T <sub>2</sub>	0.7	3.97	1.24	0.37	0.032	0.019	0.02	—	—	—	—	—	—	—
T <sub>4</sub>	1.3	3.98	1.25	0.38	0.033	0.018	0.04	—	—	—	—	—	—	—
T <sub>6</sub>	1.9	3.98	1.21	0.37	0.033	0.019	0.06	—	—	—	—	—	—	—
T <sub>8</sub>	2.6	3.95	1.28	0.39	0.033	0.020	0.08	—	—	—	—	—	—	—
T <sub>10</sub>	3.0	3.93	1.20	0.38	0.032	0.018	0.09	—	—	—	—	—	—	—

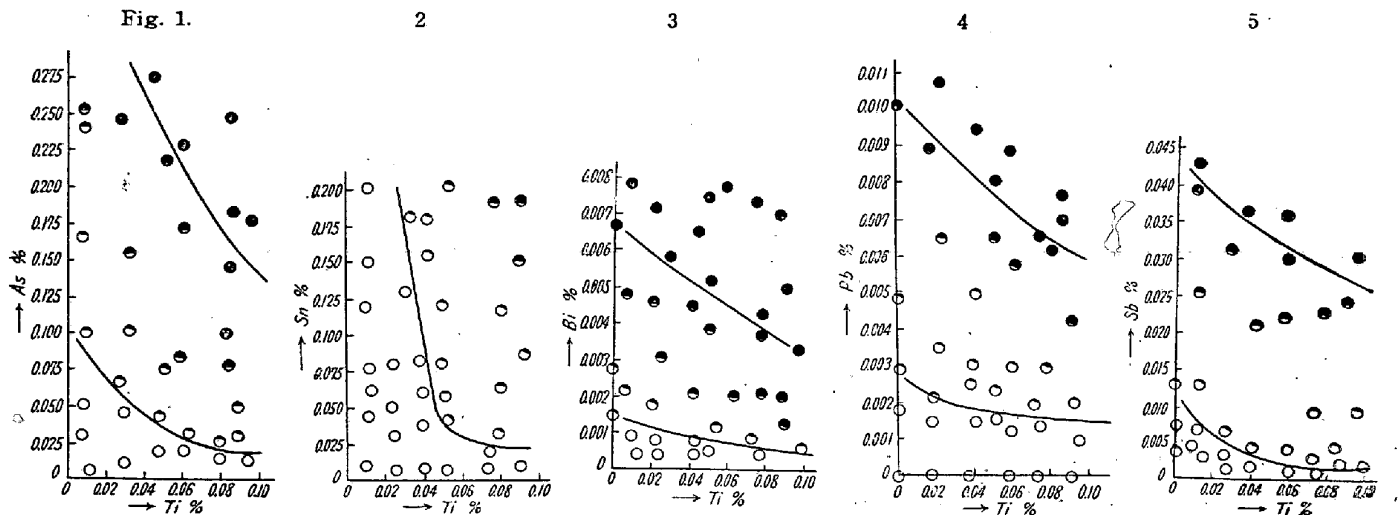


Fig. 1~5. Relation between Ti and various elements (As, Sn, Bi, Pb, Sb) on the formation of nodular graphite.

原料となり得ないものである。

この点を実際に吹製された実績から検討し、主として使用原料鉍石中の不純元素たる Sn, As, Sb 等の元素が問題であることを確かめた。

さらにこれらの微量元素の黒鉛球状化阻害作用は従来報告されている許容量以下でいちじるしく影響するものであり、その原因として実際コークス熔鉍炉銑では Sn, As, Sb, Pb 等と同時に Ti が 0.05~0.10% 共存しその Ti 含量の多少により Sn, As, Sb, Pb 等の影響は顕著になるものであることが実験的に確かめられた。

以上の結果からダクタイル銑吹製に当っては鉍石中の微量元素として Sn, As, Sb, Pb などの元素含量を

Ti 含量との関係において充分調査して熔鉍炉操作を行うべきである。(昭和 32 年 5 月寄稿)

#### 文 献

- 1) 森田志郎, 尾崎良平, 川野豊: 鉄と鋼, **40**(1954) 372
- 2) L. C. Margan: Australasian Engr. (1953) May, 66; Apr. 46
- 3) J. Verelst and A. De Sy: Giesserei **43** (1956) 12, 305
- 4) H. W. Lownie, Jr: Transactions, AFS **64** (1956) 104

## 平炉の空気力学的構成 (VIII)\*

(終 結)

橋 本 英 文\*\*

### AERODYNAMIC CONSTITUTION OF OPEN-HEARTH FURNACE (VIII)

#### (CONCLUSIONS)

Hidefumi A. Hasimoto

#### Synopsis:

Results of the study on the aerodynamic constitution of the open-hearth furnace are summarized, standard dimensions corresponding to the capacities of the single air-uptake furnace are settled, and several circumstances bringing the results of the model research into practice are illustrated.

When the capacity of a furnace is expressed by  $T$ , the dimensions and the rough estimations of the productive terms of the furnace are given as follows:

\* 昭和 28 年 4 月, 32 年 4 月本会講演大会にて発表, \*\* 住友金属工業小倉製鉄所