

熔 銑 の 改 良 研 究 (IV)*

(キユボラ熔湯への O₂ 吹込の利用)

鳥取 友治郎**・西久保 道夫***

THE IMPROVEMENT IN PROPERTIES OF MOLTEN IRON (IV)

(The Utilization of Oxygen Blowing for Cupola Molten Iron)

Tomojiro Tottori and Michio Nishikubo

Synopsis:

One of the authors reported¹⁾ that by the O₂ blowing treatment into molten iron the properties of the iron were improved, and moreover it was supposed that the O₂ blowing treatment was suitable for producing the following cast irons; (1) direct castings from blast furnace molten iron, (2) cast iron contained various C and Si contents from cupola molten iron, (3) high strength cast iron, malleable iron or cast steel.

So, in order to obtain the reference data for these above applications, the tests of O₂ blowing treatment into cupola molten iron of 450kg, contained high C (3.7~3.8%), were carried out three times. From the experimental results, it was made clear that the more rapidly the temperature of molten iron increased by O₂ blowing and the higher the temperature of iron reached was, the more easily the decaburization proceeded. Cast irons added with the proper amounts of Fe-Mn, Fe-Si and Ca-Si alloys after O₂ blowing showed the properties of high strength, less mass effect and high heat-resistance in comparison with the iron without O₂ blowing treatment.

As the O₂ blowing treatment increased the temperature of molten iron and decreased easily the contents of C and Si in the iron, the treatment was suitable for the manufacture of high strength cast iron. For instance, by the inoculation with Ca-Si alloy after O₂ blowing into the iron of C 3.4%, the cast iron showed about 38 kg/mm² tensile strength.

I. 緒 言

さきに熔銑への O₂ 吹込処理は熔銑中の不純元素を減少しかつ酸素の悪影響もないので熔銑改良のためのよき方法であることを報告¹⁾したが、これに関連して最近外国でも熔銑へ O₂ の吹込利用について種々な研究がみられる。たとえば前炉で O₂ 吹込処理を行い高級鑄鉄を製造する方法²⁾や取鍋中の熔銑に O₂ 吹込を行い簡単に鋼を製造すること³⁾等が報告されている。著者らは O₂ 吹込の利用としてすでに報告¹⁾した球状鑄鉄用原料銑の改良以外に、(1) 高炉熔銑より直接鑄鉄鑄物の製造、(2) 一定組成のキユボラ熔湯より種々な成分の鑄物製造、(3) 鑄鋼および高級鑄鉄製造等への応用があると考えているが、ここではこれら O₂ 吹込利用への参考資料の一部として比較的高炭素のキユボラ熔湯について実際に現場で行った試験結果を報告し合せて高級鑄鉄製造に対して実験室で行った 2, 3 の結果についてのべる。

II. キユボラ熔湯での現場実験

(1) 試験方法

銑鉄 8 割鋼屑 2 割配合の 15t/h キユボラにて吹製された C 3.7~3.8% のインゴットモールド用熔湯約 450 kg を取鍋にとり、これら熔湯について 1/4 inφ のパイプを用いて湯面直下で O₂ 吹込を行つた。O₂ 吹込圧および吹込時間等の条件を各回毎に少しずつかえて 3 回の試験を行つたが、この際の吹込条件と成分変化の関係および処理前後における鑄鉄の性質について種々検討を加えた。

(2) 試験結果

(a) 第 1 回試験

O₂ 吹込条件としては 1/4 inφ パイプ 2 本を使用し、吹込圧 6 kg/cm² で 8mn 間の吹込を行い吹込後 Fe-Mn, Fe-Si, Ca-Si をおのおの 2 kg 宛添加し 1350°C にて鑄造した。この際の O₂ 消費量は 5.3m³ で成分、

* 昭和 31 年 4 月本会講演大会にて発表

** 富士製鉄釜石製鉄所, 研究所

*** // , 工務部

Table 1. Results of No.1 test.

O ₂ blowing time (mn)	Temperature after the blow (°C)	Chemical composition (%)					Mechanical properties	
		C	Si	Mn	P	S	T. S. (kg/mm ²)	Hardness (RB)
0	1320	3.72	1.48	0.49	0.14 ₂	0.05 ₃	$\frac{12.1}{12.0}$	75
5	1445	3.65	0.99	0.45	0.14 ₃	0.04 ₉		
8	1470	3.57	0.81	0.35	0.14 ₄	0.04 ₂		
8	*Casting temp. 1350	3.61	1.54	0.64	0.14 ₀	0.03 ₅	$\frac{19.7}{19.6}$	80

* Fe-Mn 2kg, Fe-Si 2kg and Ca-Si 2kg addition after 8mn blow.

温度および機械的性質の変化は Table 1 に示すごとくで、なおチル試片の破面は Photo. 1 に示す。

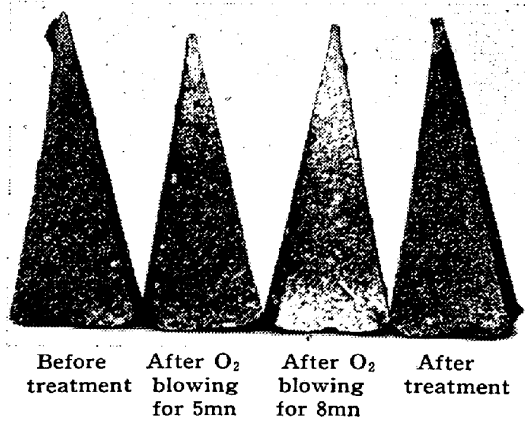


Photo. 1. Fracture of wedge-shaped samples.

Table 1 から明らかなごとく O₂ 吹込により温度上昇し吹込み前の温度 1320°C のものが 8mn 吹込み後約 150°C の温度上昇を示し、C, Si 量は C 3.72%→3.57%, Si 1.48→0.81% に減じしている。吹込終了後 Fe-Mn, Fe-Si および Ca-Si を添加したものは処理前の

ものにくらべて C 約 0.1% 低く、Si, Mn は幾分高く、S は Ca-Si による脱硫作用もあつて低い値を示している。黒鉛形状は処理前の細長い片状のものから比較的短かい均一なものとなり硬度、抗張力とも上昇している。

(b) 第2回試験

第2回目は比較的高 Si の熔湯について O₂ 吹込圧を低く 5kg/cm² とし、吹込時間は 5mn 間ずつ計 15mn で長い時間をかけた。吹込パイプは前回と同様 1/2 in φ パイプ 2本で O₂ 消費は 9.5m³ であつた。今回の成分、温度および機械的性質変化は Table 2 に示すごとくでなお処理前後の質量効果および耐熱性をしらべた。

Table 2 よりわかるごとく第1回の場合にくらべて O₂ 消費量相当多いにもかかわらず温度の上昇はむしろ少ない。これは O₂ 吹込圧の低いことが大きな原因とみられる。なお作業は 5mn 間ごとに吹込パイプの取り替えを行うために約 2mn 間ほど中断して行つていたためこの間にいくらかの温度低下がみられた。計 15mn 間の吹込後では C 約 0.2%, Si 約 0.8% 減少している。O₂ 吹込後 Fe-Mn, Ca-Si 添加したものの抗張力は約

Table 2. Results of No.2 test.

O ₂ blowing time (mn)	Temperature after the blow (°C)	Chemical composition (%)					Mechanical properties	
		C	Si	Mn	P	S	T. S. (kg/mm ²)	Hardness (RB)
0	1320	3.70	1.97	0.53	0.16 ₃	0.07 ₇	$\frac{15.2}{15.0}$	76
5	1435	3.62	1.49	0.41	0.16 ₀	0.07 ₆		
10	1450	3.66	1.26	0.32	0.15 ₂	0.08 ₀		
15	1460	3.47	1.19	0.31	0.16 ₄	0.07 ₈		
15	*Casting temp. 1300	3.55	1.38	0.57	0.16 ₃	0.06 ₈	$\frac{22.5}{22.0}$	83

* Fe-Mn 2kg and Ca-Si 1kg addition after 15mn blow.

22 kg/mm² で処理前のものより相当高く黒鉛も小片状を示している。

処理前後のもののいわゆる鑄物の質量効果をしらべるために 150mmφ×300mm の乾燥砂型に鑄込みこれら試料を中央にて切断し内外の硬度変化を測定した。その結果は Fig. 1 に示すごとく処理後のものは最外周部で幾分硬度高いがその他は中心部まで変化少なく処理せざるものにくらべて相当ばらつきが少ない。

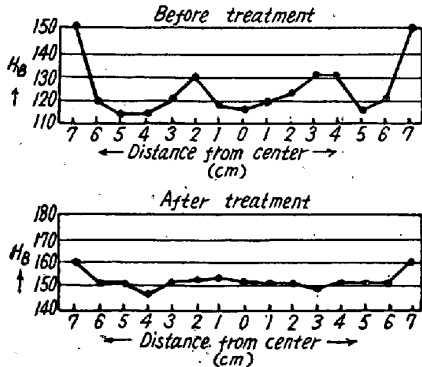


Fig. 1. Distribution of Brinell hardness number (test No. 2)

つきに 30mmφ×300mm の砂型に鑄込んだ試片を

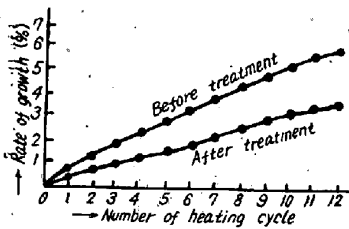


Fig. 2. Relation between growth and the number of heating cycle in air (test No. 2)

20mmφ×200mm に切削したものについて空气中にて 850°C まで 3h 下加熱, 850°C にて 2h 保持, 1.5h にて 600°C に炉冷し以後空冷せる熱処理サイクルを繰返し, その成長率と繰返し回数との関係をしらべた。これらの結果は Fig. 2 に示すごとくで明らかに処理後の

ものは成長率少なく耐熱性大である。

(c) 第3回試験

今回は前2回の場合にくらべて O₂ 吹込み圧力を 8 kg/cm² と大にし, また吹込パイプも3本使用し時間も 6mn 間にして短時間の吹込処理を行つた。この際の O₂ 消費量は 7.7m³ で Table 3 にこれらの結果を示す。なお今回は耐熱, 耐磨耗性のものをうるために吹込後 Fe-Mn の添加を多めとした。

Table 3 よりわかるごとく温度上昇も大で比較的 C の減少も多い。処理せざるものの抗張力約 15 kg/mm² のものが約 25~26 kg/mm² の高い値を示し, 黒鉛は明らかに少なく小片状で均一なものとなつている。前回と同様質量効果をしらべた結果は Fig. 3 のごとくで処理せるものは明らかに硬度変化少なく, このことは Photo. 2 a, 2 b の破面からも充分察知しうる。

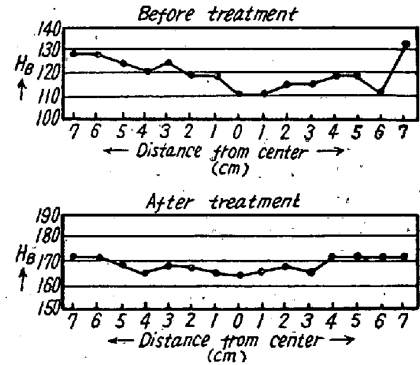


Fig. 3. Distribution of Brinell hardness number (test No. 3)

成長率と繰返し加熱との関係は Fig. 4 に示すごとく処理後のものは処理前のものの半分以下の成長率で, これは Fig. 5 に示せる熱膨脹曲線にて処理後のものが冷却中 Ar₁ 変態にともなつて起る膨脹の著しく少ないことと関聯し耐熱性の大なるものとなつていることがわか

Table 3. Results of No. 3 test.

O ₂ blowing time (mn)	Temperature after the blow (°C)	Chemical composition (%)					Mechanical properties	
		C	Si	Mn	P	S	T. S. (kg/mm ²)	Hardness (R _B)
0	1340	3.81	1.36	0.49	0.10 ₆	0.06 ₄	14.6 14.8	76
3	1500	3.60	0.86	0.27	0.10 ₇	0.06 ₄		
6	1510	3.36	0.75	0.24	0.10 ₅	0.05 ₉		
6	*Casting temp. 1350	3.45	0.99	0.92	0.10 ₁	0.05 ₅	25.5 26.1	88

* Fe-Mn 3.5 kg and Ca-Si 2 kg addition after 6mn blow.

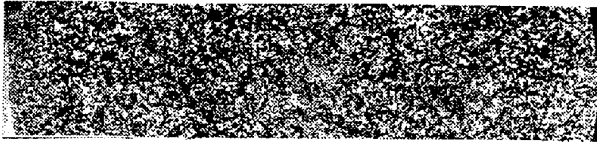


Photo. 2a. Frature of sample tested mass effect (before treatment)



Photo. 2b Fracture of sample tested mass effect (after treatment)

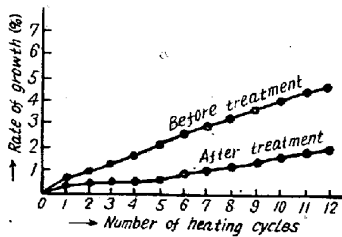


Fig. 4. Relation between growth and the number of heating cycles in air (test No. 3)

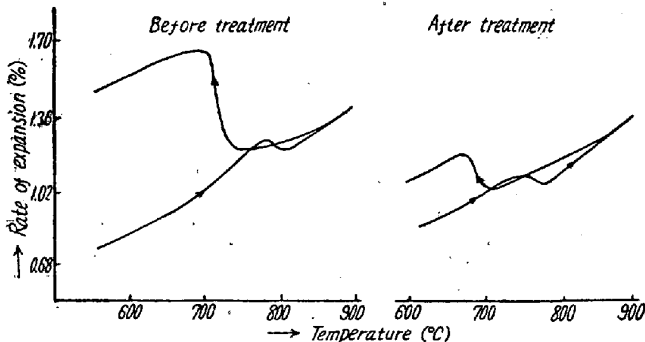


Fig. 5. Dilatation curves (in vacuum)

る。熱膨脹試験は 5mmφ×70mm に切削せる試料を真空中にて行つたものである。

(3) 結果の考察

熔銑への O₂ 吹込処理は吹込条件すなわち熔湯の組成

温度、吹込圧、吹込法、吹込量等によつて温度上昇率、脱炭、脱珪率等は当然變つてくるが、ここで報告した比較的高Cのキューポラ熔湯約 450 kg について取鍋で O₂ 吹込を行つた場合の吹込条件および温度、C、Si 減少量等の関係をまとめると Table 4 のごとくである。

Table 4 よりわかるごとく脱珪より脱炭を主とする場合は O₂ 吹込流量を多くし短時間に高温に達するよう吹込を行うこと、また吹込み前の温度高い方が高温に達する時間も早く、より脱炭しやすいことがわかる。O₂ 吹込処理後適量の Fe-Mn, Fe-Si および Ca-Si を添加したものは吹込処理せざるものにくらべて機械的性質をはじめ質量効果および耐熱性のすぐれたものとなっているが、これはCの減少、Si および Mn 量が適当にコントロールされたことと同時に Fe-Si, Ca-Si による接種作用が大なる原因とみられる。この点からさらに低Cのいわゆる高級鑄鉄製造への O₂ 吹込の利用について簡単に触れておく。

III. 高級鑄鉄製造への応用

最近ではいわゆるミーハナイト鑄鉄をはじめ名称の異なる種々の高級鑄鉄が製造されているが、これらはいずれも鋼屑を多量に配合し低C、低 Si の高温熔湯をえ、これに Ca-Si 等の接種剤を添加して製造するものと考えてよい。このためキューポラは改良されてとくに高温熔湯をえることが条件の一つとなつてきているが上述してきたごとく熔銑への O₂ 吹込処理では温度を上昇させることができるので、これに適量の Ca-Si を接種すれば低C低Si の高級鑄鉄をえられることは当然予想されるところである。

その1例として Table 5 に示す2種の鑄鉄組成のものについて高周波炉でアルミナるつぼ中にて 1 kg 熔解し O₂ 吹込処理を行つた結果を示す。

C1 および C2 をそれぞれ 1300°C および 1400°C に熔解しこの温度で 13~15l/mn の割合で O₂ 吹込を

Table 4. Relation between the blowing conditions, temperature and composition.

Test No.	O ₂ blowing pressure (kg/cm ²)	O ₂ blowing time (mn)	Number of blowing pipe	Consumed O ₂ volumes (m ³)	Temperature before the blow (°C)	Temperature after the blow (°C)	Increased temperature (°C)	C% before the blow	C% after the blow	Decreased C per O ₂ l m ³ (g)	Si% before the blow	Si% after the blow	Decreased Si per O ₂ l m ³ (g)
1	6	5+3=8	2	5.3	1320	1470	150	3.72	3.57	130	1.48	0.81	570
2	5	5+5+5=15	2	9.5	1320	1460	140	3.70	3.47	110	1.97	1.19	370
3	8	3+3=6	3	7.7	1340	1510	170	3.81	3.36	260	1.36	0.75	350

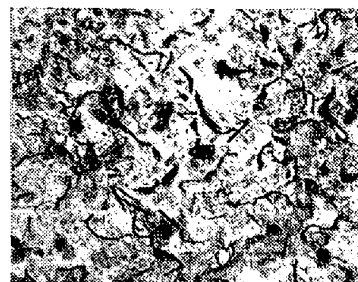
Table 5. Chemical composition of irons.

Mark	C	Si	Mn	P	S
C 1	3.31	1.55	0.62	0.08 ₂	0.04 ₆
C 2	3.50	0.95	0.55	0.06 ₈	0.05 ₀

行い、吹込後 Fe-Mn, Fe-Si および Ca-Si を添加し 1350°C にて 30mmφ の乾燥砂型に鑄造後機械試験に供した。これら O₂ の吹込条件と成分ならびに機械試験の結果は Table 6 および Table 7 に示す。

Table 6 および 7 に示すごとくいずれも O₂ 吹込処理により抗張力高くなっているが、C 1 鉄の場合にくらべて C 2 鉄の場合は吹込時の温度高くかつ吹込時間も長いので C の減少も多く低 C 低 Si で接種効果の充分現われた高級鑄鉄がえられている。すなわち C 2 鉄に O₂ 吹込 1.5mn 後 Fe-Mn, Fe-Si を添加し Ca-Si にて接種せる C 24 は抗張力約 38 kg/mm² ですぐれた性質を示し黒鉛は Photo. 3 にみられるごとく太く短かいものが均一に分布し明らかに高級鑄鉄の組織を示す。

以上簡単に O₂ 吹込みによる高級鑄鉄製造実験の 1 例を示したが、なお一般に高 Ti 含有の熔湯は充分な接種効果がえられないとされているけれども O₂ 吹込処理



×100(2/3)

Photo. 3. Micro structure of C 24.

は Ti をいちじるしく減ずるのでこの点も高級鑄鉄製造の一つの利点と考えられる。

IV. 総 括

熔銑への O₂ 吹込みの利用として高炉銑より直接鑄鉄鑄物製造、一定組成のキュポラ熔湯について C, Si のコントロールによる種々な鑄鉄組成のもの製造および高級鑄鉄、可鍛鑄鉄、鑄鋼製造への利用等が考えられるが、ここではそれら応用への基礎資料として比較的高 C のキュポラ熔湯 450 kg について O₂ 吹込試験を 3 回行い、これらにおける熔銑の変化ならびにえられた鑄鉄の性質を検討しさらに高級鑄鉄製造への応用について言及

Table 6. Results of O₂ blowing treatment into the C 1 iron at 1300°C.

Mark	Treatment	C	Si	Mn	P	S	T.S. (kg/mm ²)	Hardness (Rc)
C 10	No blowing Ca-Si 7 g	3.35	1.63	0.64	0.07 ₈	0.04 ₇	26.0	12
C 11	O ₂ 40sec. blowing, Fe-Mn 3 g, Fe-Si 4 g, Ca-Si 7 g	3.30	1.28	0.54	0.07 ₂	0.04 ₆	31.5	14
C 12	O ₂ 40sec. blowing, Fe-Mn 3 g, Fe-Si 2 g, Ca-Si 7 g	3.31	1.08	0.43	0.07 ₇	0.04 ₆	30.0	14

Table 7. Results of O₂ blowing treatment into the C 2 iron at 1400°C

Mark	Treatment	C	Si	Mn	P	S	T.S. (kg/mm ²)	Hardness (Rc)
C 20	No blowing, Fe-Mn 3 g	3.47	0.92	0.69	0.06 ₉	0.05 ₃	23.4	13
C 21	No blowing, Fe-Mn 3 g, Ca-Si 3 g	3.48	1.03	0.77	0.06 ₄	0.05 ₀	24.7	12
C 22	O ₂ 1mn blowing, Fe-Mn 3 g, Fe-Si 4 g, Ca-Si 7 g	3.15	0.89	0.47	0.06 ₉	0.04 ₇	32.8	14
C 23	O ₂ 1.5mn blowing, Fe-Mn 3 g, Fe-Si 5 g, Ca-Si 7 g	2.98	0.94	0.38	0.07 ₁	0.04 ₃	37.5	16
C 24*	O ₂ 1.5mn blowing, Fe-Mn 3 g, Fe-Si 7 g, Ca-Si 7 g	3.03	0.98	0.42	0.06 ₉	0.04 ₂	37.7	16

* See Photo. 3.

した。

その結果熔銑の脱炭をよく進行させるには急速に温度の上昇をはかり高温にすることおよび吹込み前の温度の高い方がよい、吹込後適量の Mn, Si を添加しかつ Ca-Si にて接種したものは抗張力の大きな質量効果の少ない耐熱性のよい鑄鉄がえられることを確かめた。さらに O₂ 吹込処理は熔湯の温度を上昇させ容易に低 C 低 Si の熔湯をうるので高級鑄鉄製造に適し、適当な C, Si 含量としたものへの Ca-Si での接種は十分な効果を示し抗張力約 38 kg/mm² で均一な黒鉛分布をもつ高級鑄鉄が容易にえられることを報告した。実際利用にあたってはそれぞれの現場の条件に応じて吹込法その他の点を検討する必要もあるが、この報告がそれらの参考資料となれば幸いである。

最後に本研究の遂行にあたり種々御鞭撻いただいた釜

石製鉄所富永研究所長ならびに青木研究員に厚く謝意を表するとともに、御協力御援助いただいた工務部工作課 鑄造掛の各位に感謝いたすものであります。

(昭和 31 年 5 月寄稿)

文 献

- 1) 青木猪三雄, 鳥取友治郎: 鉄と鋼 **41** (1955) 4, 407
- 2) V. A. Fuklef: Liteinoe Proizvodstvo; No. 6 (1954年6月) 14~16
- 3) D. J. O. Brandt & W. S. Williams; Iron & Coal Trades Rev., **169** (1954) 4507, 516~518
- 4) 佐藤忠雄, 広岡敏夫, 寺村英雄, 吉川友治: 鑄物 **27** (1955) 1, 3

高圧冷コークス炉ガスによる平炉の操業について*

村田 巖** · 前田正義** · 熊井 浩***

OPEN HEARTH FURNACE OPERATION BY THE COLD COKE OVEN GAS UNDER HIGH PRESSURE

I. Murata M. Maeda and K. Kumai

Synopsis:

The open hearth furnace of Muroran Works was originally designed as of the Friedrich Type using mixed gas as fuel. But after the end of War I they were remodelled to the burner type, as required by the fuel situations at that time and the technical studies.

There after those furnaces have been using both cold coke-oven-gas and liquid fuel up to the present time, during which period introducing the use of coke-oven-gas under high pressure into the operation.

* Various studies have been made on the method of utilizing this fuel.

This report outlines, the situation when operation using low pressure gas was altered to do with high pressure gas, the study on the operating method in using high pressure gas as well as a few problems of the open hearth furnace using high pressure gas.

I. 緒 言

室蘭製鉄所において、昇圧冷コークス炉ガスを平炉用燃料として採用することとなり、実際操業への導入をみたのは昭和 25 年 10 月であつた。このために 3 台のガス昇圧機 (400KWH, 700m³/h, 0.1 kg/cm²) が設置され、相当の成果を収めることができたがその後、従来の考え方を一歩進めて、1 kg/cm² 程度の高圧ガスの使用についての検討を推し進め、昭和 28 年 6 月操業に入り今日まで 3 カ年余の月日を経過している。なお、この間

において昭和 29 年 6 月 500m³/h の酸素発生装置が完成し、本格的酸素製鋼作業が開始されている。

平炉の熔解精錬作業における熱の授受は周知のように熔銑使用平炉の場合受銑期を境にしていちぢるしくその機構を異にしており、操業上の要訣として受銑前においては主として伝導によつてその装入物に十分な受熱を行

* 昭和 31 年 4 月本会講演大会において発表

** 富士鉄株式会社室蘭製鉄所

*** 〃 本社技術部