

# 平爐製鋼に於ける酸素の利用に就て

(昭和 23. 10 月日本鐵鋼協會講演大會講演於大阪)

市田左右一\*

## USE OF OXYGEN IN THE OPEN HEARTH STEEL MAKING

Sōichi Ichida

Synopsis:— The first experimental use of oxygen in the open hearth furnace was conducted at the Amagasaki Steel Co. from June to August of 1948.

The following procedures were tried by using oxygen to shorten the melt down period.

1. Introduction of oxygen into the burner.
2. Introduction of oxygen through the jet device directly on preheated scrap.

Oxygen was also used for decarburization of molten bath by bessemerizing.

The results obtained were as follows:— 1. Fuel consumption per ton of ingot was decreased.  
2. Production per hour was increased. 3. Quality, yield and surface of ingot obtained from the oxygen heats were equal to those of regular practice.

### 目 次

- 〔I〕 緒 言
- 〔II〕 使用平爐と送酸設備
- 〔III〕 熔解作業
- 〔IV〕 吹精作業
- 〔V〕 綜合實驗
- 〔VI〕 鋼の品種に就て
- 〔VII〕 結 論

### 〔I〕 緒 言

平爐作業に酸素を使用し燃料の節約、製鋼時間の短縮、鑛石精鍊による不純物混入の防止等を計る酸素製鋼法は今次大戰後アメリカに於て急速な發展を見、既に實用期に入つた。我々は此の混迷動亂せる現在日本の鐵鋼界にあつて本酸素製鋼法の速かなる吸收咀嚼こそ燃料の不足並びに悪化に悩む低能率作業の解決策たるべきことを信じ本法の實施に着手した次第である。

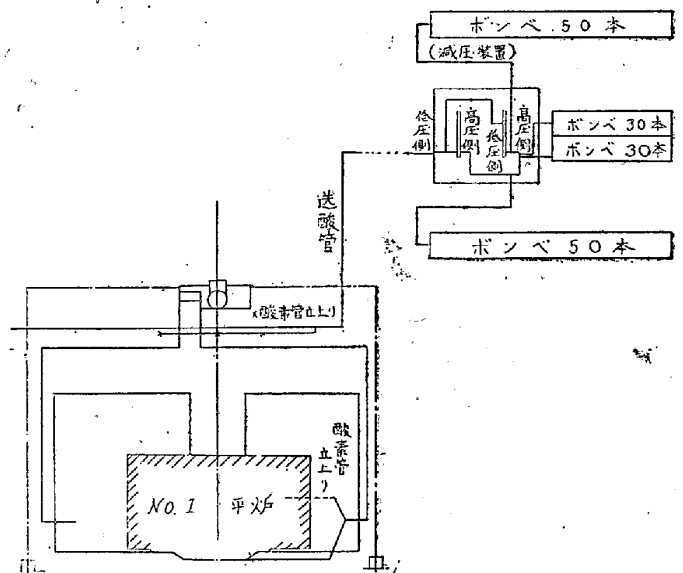
爾來約一年の準備期間を経て昭和23年6月上旬實驗を開始し八月の中旬迄に一應豫備試驗を完了した。此の期間に於ては送酸能力の不足からベツセマー試験バーナー試験も夫々別個に施行したが、綜合實驗に對する大略の見通しを得た。此間に於てベツセマー試験バーナー試験共に十數回の實驗が行はれたが、此等豫備試驗の結果に鑑みて先づ送酸能力を擴充し、減壓バルブを6個から12個へポンベ數を50本から160本へと増加した結果、長期に亘る連続送酸が可能となつたので、八月下旬より綜合實驗を開始し現在迄に8回の實驗を算へている。又綜合實驗と並行して主としてバーナーの使用方法に關する部分實驗も行つてゐる。

### 〔II〕 使用平爐と送酸設備

\* 使用平爐は第二平爐工場一號爐及び二號爐であつてメルツ式鹽基性40噸平爐であり燃料は重油を用ひ製出鋼は普通軟鋼中鋼材である。

送酸設備は第1圖の如くである。

第1圖 送酸装置の大略



減壓装置ハ減壓バルブ 6 個ヲ 2. 列ニ配置シタルモノナリ。

### 〔III〕 溶 解 作 業

酸素製鋼作業は酸素の使用目的によつて熔解作業と吹精作業とに分れるが、作業の順序として先づ熔解作業に就て述べよう。

\* 尼崎製鋼所

第1表 バーナー試験(豫備實驗)

爐	作業	通酸時間	製鋼時間内譯											
			装		入	熔		解	精		鍊	合		
			時	間		時	間		時	間		時	間	時
一號爐	酸素普通	57分—	2時	20分	93	2時	00分	75	1時	48分	98	6時	08分	88
			2	30	100	2	40	100	1	50	100	7	00	100
二號爐	酸素普通	60分—	2	11	79	3	00	95	2	04	86	7	15	87
			2	46	100	3	10	100	2	24	100	8	20	100

(註) 1. 一號爐は主として熔解中に吹込み二號爐は主として装入中に吹込んだ。  
2. 普通作業とは七月中に於ける故障なき普通作業時間の平均である。

(1) 酸素の使用方法

豫備實驗に於ては重油バーナーの下に酸素バーナー内徑 10m/m の水冷管を差込み毎分 3~4m<sup>3</sup> の酸素を 50~60 分通じ製鋼時間を 50~60 分短縮することが出来た。

其後バーナーの内徑、長さ、本數等を變へ、又酸素の壓力、流量を變へ、又吹込時期を變へて實驗を行つた結果次の如き結論に達した。

(a) 吹込時期——出鋼後先づ爐床に石灰を敷き次にスクラップ數杯を入れ、その上を石灰で覆ふが此の状態に 20~30 分昇熱して石灰に十分熱を持たせてから酸素を通入する。装入直後より通酸し山の下のりまかせて装入を急ぐならば、一度熔融したメタルが下に廻つて固着し、却つて作業を長引かすことがあるから注意すべきである。

(b) 吹込量——毎分 2m<sup>3</sup> から 10m<sup>3</sup> 迄實驗を行つたが、少量宛長時間に亘つて吹くよりも、時間的には短かくとも熱を持った材料に大量に吹きつける方が結果は良いやうに思はれる。又此れは吹込方法に密接な關係があり、もし不適當な方法を探るならば徒らに大量の酸素を使つて殆ど製鋼時間の短縮を見ないこともあり得る。

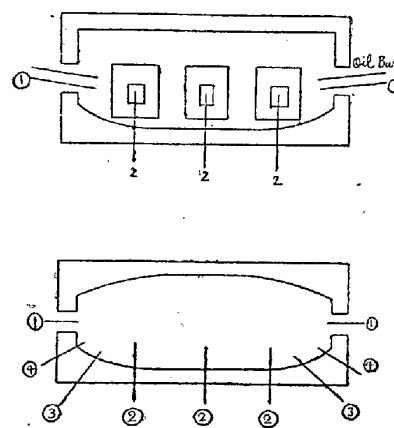
(c) 吹込方法——酸素の熔解作用に對するメカニズムは未だ明かでないが觀察によれば可成りの程度までメタル又は不純物の酸化熱による熔融がある。従つて溫度の低いスクラップに吹いても効果は少なく十分熱を持ったスクラップに順次に酸素を投射することが必要である。此の理由から酸素バーナーは上下左右に運動可能なことが望しく、且近距離から酸素をスクラップに吹きつけることが必要である。

第2圖及第3圖は此の目的のために使用したバーナーと其の配置圖である。

又出来るだけ集中的に使ふ爲に酸素の吹出速度(常壓に換算して)を超音波速度にすることが望ましく第

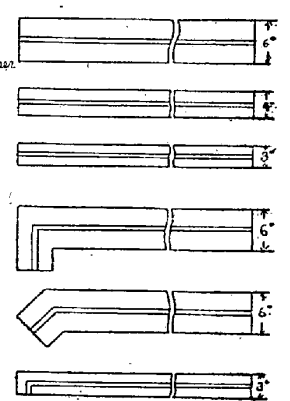
第3圖

酸素バーナーの位置



第2圖

各種バーナー(水冷)



(註) 長さは 2m より 5m 迄種々、内徑は何れも 16m/m とす

1 回綜合實驗に於て酸素バーナーの徑を 25m/m にして失敗したのは此の爲である。酸素壓力は通常 6~7kg (爐前壓力) に保ち重油アトマイズ用の壓搾空氣に拮抗し得る如く作業した。

(d) 空氣、重油量の調節——酸素の使用に伴ひ空氣及び重油量の調節を行ふ必要があるが現在迄の所では明確な結果が出てゐない。本實驗に於ては空氣を幾分絞つた煙道ガス中の 0.4% 前後を覗つたが實際の結果次表の如く幾分高目になつてゐる。

第2表 煙道ガス分析値(綜合實驗)

鋼番	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	備考
806	11.3	6.8	0.2	本分析は何れも吹精中に行つた十數回のガス分析値の平均である。
820	11.0	6.6	0.2	
832	11.2	6.2	0.2	
844	11.9	5.2	0.1	
887	13.8	4.1	0.1	ある。
903	13.1	4.8	0.2	
930	11.8	5.2	0.3	
941	11.9	5.4	0.2	

(2) 熔解時間と脱炭量

酸素を通入した場合メタル並びに不純物の酸化は普

通操業の場合より大きくなると考へられるが、實際の結果第3表の如く幾分の増加を見せている又熔落スラッグの組成を示せば第4表の如くで吹込酸素量の増加と共に酸化鐵は次第に増加の傾向を見せてゐる。

第3表 脱炭速度

通酸時間	熔解時間	装入物中のC%	熔落C%	毎分脱炭量	備考
57'	時分 2 00	2.21%	0.54%	0.0056	毎分酸素 流量4m <sup>3</sup>
0'	2 40	1.30%	0.52%	0.0049	

第4表 熔落スラッグ分析

製鋼番號	全酸素 使用量	CaO	SiO <sub>2</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
673	239m <sup>3</sup>	49.30	26.50	4.83	1.25
676	401%	53.86	17.80	4.52	7.63
844	868%	46.45	23.40	10.97	1.50
806	1344%	48.78	21.90	10.84	5.54
832	1385%	47.20	21.90	11.91	2.09
普通作業	—	49.86	22.42	9.23	2.96

しかしながら熔解時間の短縮によつて、熔落のC%はむしろ高くなる傾向にあるから、鉄鐵の配合量は低下するか或は早期に装入して熔落Cの量を適當に調節することが必要である。

(IV) 吹精作業

吹精作業とは鑛石投入によつて強制脱炭を行ふ代りに直接鋼浴中に酸素を吹込み衝風精錬を行ふ作業で重油の節約不純物の混入防止等の利點がある。

(1) 吹込方法及び時期

酸素を吹込むには先づ重油を止め、内徑 15m/m 前後長さ 7~8m の鋼管の後部をウキンチで吊り約 30 度位の角度で前方ドアの小窓より湯の中に送酸するのであるが、此時出る赤褐色（炭素量の低下に伴ひ次第に黄褐黄色、黄白色に變る）の煙がギッターに入らないやうに煙道のシーバーを下ろし直接爐の外部に吹き出すやうにした。

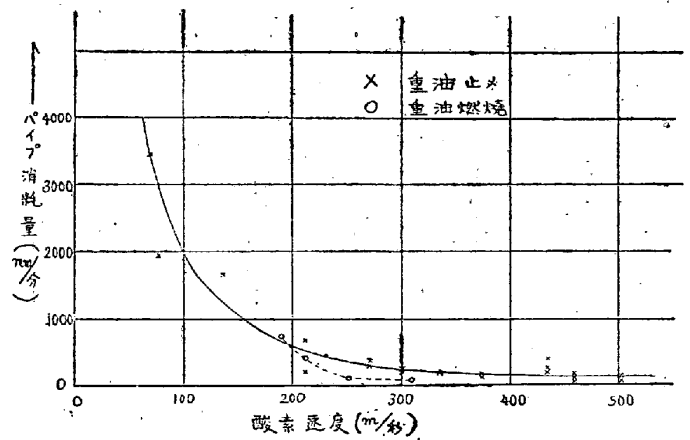
吹込時期は完全に熔落ちて湯の溫度が可成り上つてからが良く半熔けの状態では吹くと脱炭効率は頗る悪い。尙吹精の場合には前装入の石灰を幾分多目にした方が良いように思はれる。

(2) パイプの消耗量

實驗の結果パイプの消耗量は送酸量に逆比例し内徑に正比例する。即ち吹出口に於ける酸素の流出速度（常壓換算）との關係をとれば第4圖の如くでパイプの内徑 14~16m/m の時毎分 4m<sup>3</sup> 以上流せば消耗量は 50~100% となり、十分操業可能である。後述の如く重油を燃焼したまゝの吹精も 5m<sup>3</sup> 以上の送酸を確

保すれば、可能であるが此の場合には、ダストの處理が困難である。

第4圖 パイプ消耗量



(註) 突込み方と云ふ作業者の個人的差違も可成り大きなファクターである。

(3) 脱炭効率

湯 1 噸當り CO. 01 % 除去するに必要な酸素量は O<sub>2</sub> が凡て CO に燃焼すれば 0.093m<sup>3</sup> 又全部 CO<sub>2</sub> に燃焼するとすれば 0.187m<sup>3</sup> である。實驗の結果によれば CO. 30% 以上では略 0.12~0.13m<sup>3</sup> であるから發生ガスは CO と CO<sub>2</sub> との混合ガスである。しかし乍らこゝで注意しなければならないのは反應に時間的な遅れがあることで第5表の如く吹精後増加した酸化鐵が C と反應して吹精後も脱炭作用を行ふことである。これは第5圖の如く 10~15 分續くから正味吹精時間中の脱炭量だけを取つて必要な酸素量を計算すれば CO. 01 % 當り 0.19m<sup>3</sup> 程度の値が出る。パイプの徑、酸素泡沫の大小、吹込速度等がどのやうな影響を及ぼすかについては未だ明確なデータが出ていない。

第5表 吹精による鋼滓組成の變化

鋼	番	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
609	吹 精 前	5.04	1.29
	吹 精 後	10.42	1.72
614	吹 精 前	7.86	3.01
	吹 精 後	11.32	3.16
637	吹 精 前	5.12	1.00
	吹 精 後	10.99	2.57

(4) 脱炭速度と溫度變化

脱炭速度は全く酸素の流量に依存し本實驗に於ては毎分 0.01~0.02 % 程度であつた。これは鑛石による脱炭速度 0.007~0.008 に比して大きく、又不純物混合の心配がない。溫度は脱炭速度と共に増加し毎分の



結論を求めんと試みる事は、聊か無謀と考へられるので以下單に調査事實の記録にのみ止める事にする。

(1) 調査方針及び方法

製品鋼材に缺陷を生ずる機構は甚だ大であつて熔解、造塊、加工に跨つた一個のものとして考へるべきである。これを各個に切離して考察する事は不合理であるけれども本報告に於ては加工上の條件は全く論外におき専ら最も大なる要素を持つ熔解造塊關係に就て熔鋼、鋼塊の性状を調査した。酸素製鋼により熔製したものは何れも縁付鋼塊であつて、400kg 並に 600kg 型であるリムド鋼に於て最も警戒すべきは熔鋼の酸化及び脱酸の不適當なる事である。即ち酸素の供給が過多になると精鍊後期に於ける熔鋼の脱酸困難となり所謂非金屬介在物を増加する。鋼質の第一要件は製品の健全性に在る故調査項目はすべてこの點を關聯せしめた。以下主要點を挙げ簡単な説明を付す。

(a) 熔解關係

Bessemerizing に依り脱炭速度が著しく速められた爲出鋼迄に熔鋼中に過度の酸素を残留する。即ち過酸化が懸念されて居るので出鋼前熔鋼中の酸素含有量を Herty 法に依り求めた。尙参考の爲最終鋼滓の組成を記した。これは後述の管狀氣泡に密接なる關連を有する要素の一つである。

(b) 造塊關係

縁付鋼塊に生ずる缺陷として氣泡不純物の偏析の二者に指摘し得る。之等は何れも成形後に於ける鋼材の物理的化學的機械的諸性質に重大なる關係を有する事は言を俟たない。特に管狀氣泡の發生位置は 400kg 程度の鋼塊に於ては熔鋼脱酸度、鋼滓組成、鑄込條件其他に依り敏感なる影響を受け其位置が適當でなければ壓延に際し、製品にアバタ割レ等を生ずる結果となる。Bessemerizing を行つた 2 熔解につき 400kg 鋼塊を切斷して斷面を檢查したが鋼塊の切斷作業は困難且非能率的なる爲他は外觀其他によつて判斷せんと試みたが最後の判定を下す迄に至らなかつた。

(c) 壓延關係

製品鋼板に就き次の事項を調査した

(1) 表面狀況

アバタ割レ壓延疵等の有無

(2) 機械試驗

試驗設備の關係上抗張試驗及び曲げ試験のみ行つた。普通標準として用ひられる抗張試験の如きは材質判定上無意味の場合が少くないので、將來は之に代る衝擊或は彈性限界以下の連續應

力に對する耐力を試験する必要がある。

(3) 非金屬介在物

非金屬介在物含有の多少即ち鋼の清淨度は熔鋼の酸化、脱酸の方法、溫度其の他の要素に依り決定される故特に注意して測定した。

(2) 調査結果

以下の各調査結果は鋼番により符合參考にされ度い。

(a) 熔解關係

鋼番	最終鋼滓組成重量% (Fe~Mn 投入前)				出鋼前 熔鋼中 O <sub>2</sub> %	備 考
	CaO	SiO <sub>2</sub>	FeO	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
806	54.41	17.30	10.38	5.39	—	酸素製鋼綜合試験 同上
820	51.83	17.70	12.86	4.23	—	
844	51.89	20.20	8.33	1.05	—	
895	44.31	17.30	8.03	2.99	0.10	
901					0.11	普通熔解
903					0.13	綜合試験 同上
904	49.96	18.80	8.97	4.04	—	
930	50.87	23.00	10.70	3.89	0.065	
937					0.061	
941					0.060	普通熔解

鋼番 895, 901, 903 鋼中酸素分析値は試料採取、分析操作等不馴れの爲甚だしく過大な結果を見たが絶體値は別として比較の爲掲げた。

(b) 造塊關係

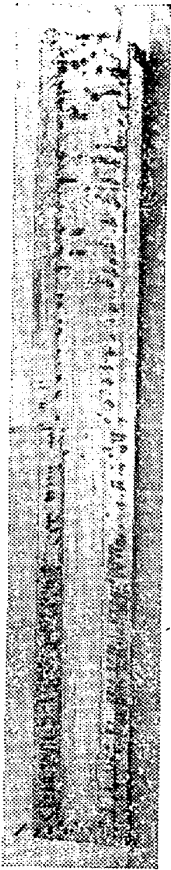
(1) 鑄込條件及び鑄込狀況

鋼番	鑄込 溫度	鑄込時間 (但し 400kg)	鑄込狀況	鋼塊外觀
806	1520	5 00	低熱の爲湯上り悪し	頭部ふくれ大にして(約15cm)肌は頭の底部に淺きしわ多し
820	1550	4 30	多少荒れ氣味火花多し	頭部ふくれなし肌良
844	1520	4 40	低熱且過脱酸となりたる爲湯流れ悪し	頭部ふくれ約 10cm 肌凹凸しわ多く不良
895	1555	4 00	着熱充分なるも稍過脱酸氣味	
903	1540	4 40	火花の湯の對流少なく平靜に上る	頭部肌共に良
930	1540	4 20	火花多く稍荒れ氣味	頭部肌共に良

(2) 鋼塊斷面狀況 (酸素製鋼綜合試験に依るもの)

(イ) 気泡

806



低熱且過酸化の爲下半部周縁に著しく管状気泡を発生した。

820



806 と逆に管状気泡殆ど消失し稍過酸化気味であつた。

(ロ) サルファープリントの結果

サルファープリントに依り S の分布状態を検査したが普通の鋼塊と特に變つた點は認められなかつた。



(C) 歴延關係

(1) 製品状態及び機械的性質

鋼 番	製 品 状 態	抗張力 kg/mm	伸%	硬 度 B.H.N	屈 曲 試 験	製 品 分 析		備 考
						C	Mn	
806	縁割れなし表面も良1枚1.2個レンガ疵あり	52.8	26.5	143	良	27	50	酸素製鋼綜合實驗
820	同上	45.9	19.0	188	良	32	33	同上
844	縁割大。半数は全面アバタ	37.1	23.5	111	良	30	54	同上
903	アバタヘゲ生じるも少数縁割なし	48.4	20.	156	良	18	63	同上
930	縁割なく表面良1枚1.2個レンガ疵あり	45.6	25.5	146	良	17	46	バーナー試験のみ
776		46.	26.0	137	良	26	35	普通熔解
778		44.	20.5	134	良	23	42	同上
796		55.	21.	140	良	24	49	同上

(2) 非金属介在物 (學振判定法による)

判定結果

鋼 番	清 淨 度		備 考
	A	B	
806	0.8	2.6	酸素製鋼綜合試験
820	0.6	2.2	同上
844	1.0	1.5	同上
903	1.3	1.8	同上
930	0.7	1.3	バーナー試験のみ
796	0.8	1.8	普通熔解
778	0.8	1.5	同上

## (3) 總括

以上の結果を總括して大略の傾向を求めれば次の如くである。即ち Bessemerizing に依り出鋼前の熔鋼中酸素含有量は普通熔解のものに比し稍々増加する様であるが過酸化と稱する程には至らない。高温吹込の Mn 鑛石の利用、鋼滓を high base に保つ等の手段により容易に防止し得る現在迄の結果を見ると製品不良化の原因は過酸化よりも寧ろ熔鋼の過脱酸のため鋼塊周邊近くに發生した管狀氣泡が決定的要因となつた場合が多い。

機械試験の結果は普通熔解のものに比べ何等の相違も認められなかつた。

非金属介在物による鋼品位の判定結果は明らかに品位の低下を來したが 2.3 チャージの調査では明確な判断は下し得ない。

## (VII) 結 論

以上當社に於ける酸素製鋼法の研究過程を述べたが

未完成の部分多く特に基本的な燃焼理論の研究が進んで居ないし熟練度も不足して居る。然し酸素の利用によつて製鋼能率が増大すると云ふヒントはつかみ得た積りである。

採算の點では連續作様を行はないので明確には判断出来ないが酸素の發生装置を考察すれば充分採算的と云へる。目下酸素發生に就ては研究中であるが其の純度による効果の變化を研究する必要があると思ふ。

此等の實驗研究中に體驗した多くの現象から考へて酸素は單に製鋼のみならず多くの工業に利用し得る洋々たる前途を持つ様に考へられた。現下特に日本に於ては燃料及び原料の不足並品質低下が甚だしくこれを將來解決し急速な日本工業の復元を行ふために酸素は何等かの大きな役割を演ずると共に或程度工業の様式を革新させるものと考へられる。

(昭. 23. 12 月寄稿)

## 物理化學より見たる平爐操業諸過程 の關聯性について (IV)

大 中 都 四 郎\*

### ON THE CONSISTENCY OF THE ENTIRE PROCEDURE IN THE OPEN HEARTH PROCESS AS VIEWED FROM THE PHYSICO-CHEMICAL STANDPOINT. (IV)

Toshiro Onaka

## Synopsis :—

One of the five objects to smelt steel scrap, the protection of steel bath oxydation is obtained by oring, but it becomes a problem until when the oring should be continued to attain the other four objects. For the solution, in this report, the processes of decarbarisation and temperature rising are discussed.

As the results, it is made clear that the bath temperature rises with the proceeding of vigorous boiling introduced by the oring, and thus the second object is attained. The oring should be stopped when the temperature reached its necessary height, otherwise the bath would be oxydised. At this point, decarbarisation velocity should be maximum, but as the oxydisability of slag would also be maximum, the other three objects could not be attained at the same time, even if contents of C, Si, Mn are suitable.

## § I 緒 言

第 2 報, 第 3 報によつて屑鐵再熔解操作に於ける五

つの目標の内最も重要なる酸化防止と云う目標は如何にして得られるかを論じた。そしてこれは鐵鑛石の添

\* 扶桑金屬工業株式會社製鋼所研究部