

# 發生爐瓦斯平爐に於ける燃焼について (I)

(空氣並びに酸素利用に依る燃焼効果について)

(昭和 24 年 10 月 14 日本會講演大會に於て講演)

土 居 寧 文\*

## ON THE COMBUSTION IN OPEN HEARTH FURNACE IN WHICH PRODUCER GAS IS USED (I)

(On the effect of the utilization of compressed air or oxygen in producer gas combustion.)

Yasubumi Doi

Synopsis: By utilizing oxygen as an accelerating agent for the producer gas combustion in the open hearth furnace, the melting time can be shortened, and steel production rate increases. But the high cost of oxygen at present prevents the applicaion of oxygen into daily practice generally, therefore in place of oxygen compressed air was used and the comparison tests of both effects on shortening the melting time by the Venturi type acid open hearth furnace (Nominal capacity 40t) was performed. As the results, the melting time was shortened by 14% by use of oxygen and was shortened by 13% by use of compressed air. And the fuel consumption during the melting period is saved about 10% by use of oxygen or compressed air.

### I. 緒 言

所謂酸素製鋼なるものは重油を使用する平爐に於て、その重油の燃焼促進劑として酸素を利用し、材料の熔解時間を短縮することがその大きな目的の一つである。これについては米國に於て既に幾多の實驗研究がなされていることは周知のことであり我國に於ても既に本格的實驗が行われた。<sup>1)</sup>

しかし乍ら發生爐瓦斯を使用する平爐に於ては、未だかゝる實驗が行われたことを聞かず、酸素利用が果して瓦斯平爐に對して重油平爐と同じ燃焼効果を得るか否かは明かでない。本邦に於るが如く資源上發生爐瓦斯を使用せざるを得ない工場が將來も可成り存在するであろうと思われる所に於ては、之に對する酸素利用の燃焼効果は是非とも研究しておかねばならぬことの一つである。

しかるに一方たとへ發生爐瓦斯平爐に於る酸素利用の燃焼効果が、重油爐のそれに匹敵するものであるにせよ現今の酸素入手價格では到底これを日常作業に使用することは困難である。米國に於てすら所謂酸素製鋼が全面的に工業化し得ない理由の一つもこゝにあると言われている。

かゝる意味に於て上述の發生爐瓦斯平爐に於る酸素利

用の燃焼効果を、空氣に依て置き換え得るならば我國の現狀として最も望ましいことである。

依て發生爐瓦斯を使用する平爐に於て、燃焼促進劑として酸素を用いた場合と、空氣を用いた場合とについてそれぞれの燃焼効果を試験し、熔解時間の短縮率及び燃料使用量を瓦斯單味の場合と比較しその効果についての試験を行つた。本報告はその結果について述べるものである。

### II. 試 験 設 備

#### 1 使用平爐

ベンチュリー式酸性平爐 (公稱能力 40t, 裝入 47t)

#### 2 使用瓦斯發生爐

ウッド式 SB 10 型發生爐, 瓦斯化能力 30t/day

#### 3 使用酸素發生機並に送酸裝置

##### i) 酸素發生機

型式 リンデハイランド式

空氣壓縮機 120kg/cm<sup>2</sup>, 75HP

酸素貯藏タンク 300m<sup>3</sup>

酸素壓縮機 150kg/cm<sup>2</sup>, 20HP

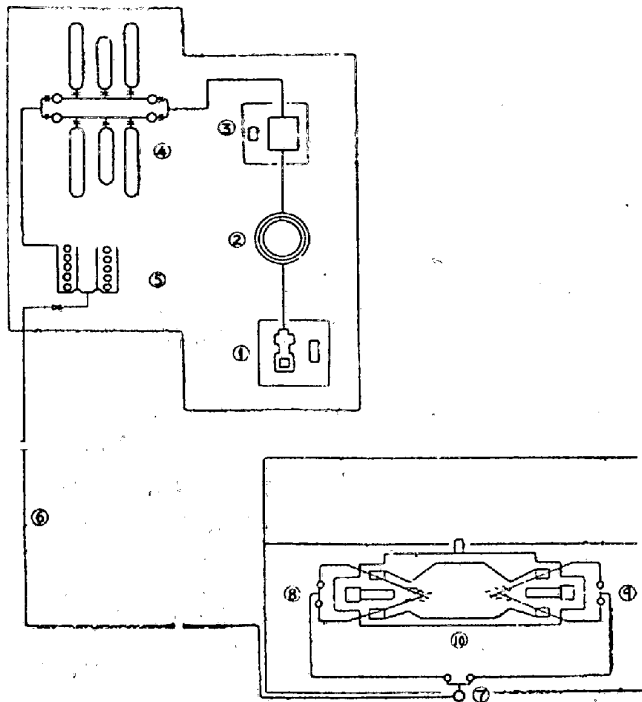
\* 新扶桑金屬工業株式會社製鋼所

酸素發生量 720m<sup>3</sup>/day

酸素の純度 98%

ii) 高壓酸素ポンペ 150kg/cm<sup>2</sup>, 250m<sup>3</sup>, 6 基

iii) 減壓装置 一式, 6~10kg/cm<sup>2</sup>



- ① 酸素發生機
- ② コンプレッサ (3000mm)
- ③ 高圧ボンベ (20kg/cm<sup>2</sup>)
- ④ 高圧ボンベ (150kg/cm<sup>2</sup>)
- ⑤ 減圧装置
- ⑥ 送酸パイプ (2.5" x 300")
- ⑦ 送酸切替バルブ
- ⑧ 吹込管取付口
- ⑨ 全 上
- ⑩ 平 爐

第1圖 酸素發生機及送酸設備概要圖

第1圖に示す如く發生した酸素は壓縮機に依り、高壓ポンペに 150kg/cm<sup>2</sup> として 250m<sup>3</sup> × 6 = 1500m<sup>3</sup> を貯藏し得る如く設備してある。但し1回の實用使用可能量は 1100m<sup>3</sup> である。

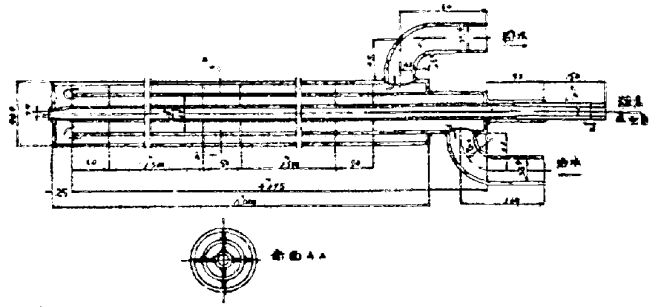
次にポンペに貯藏した高壓酸素は減壓装置に依り 7.5 kg/cm<sup>2</sup> に減壓し、平爐まで約 300m を 2.5" パイプで送酸する如くした。

4 使用吹込管

水冷式パイプを使用し、内徑は先端 9mm 根元 16mm である。酸素及び空氣何れも同一のものを使用した。詳細は第2圖に示す。

III. 試験方法並に測定事項

- 1 熔解鋼種  
炭素鋼の鎮靜鋼
- 2 装 入



第2圖 吹込管

本試験熔解及び熔解時間比較の對照としたその前後の普通熔解に於ては、装入材料配合、装入順序、装入時間等熔解時間に對して大きな影響を及ぼす因子は次の如く一定とした。

i) 装入材料配合

銑鐵 30%, 重量屑 30%, 輕量屑 40%,

ii) 装入順序

輕量屑 (削屑) → 銑鐵 → 重量屑 → 輕量屑

iii) 装入時間

一回装入とし所要時間 50分~60分

3 瓦斯成分は CO 25~26% に保つた。過剩空氣は略々 15% に保つた。

4 吹込壓力並に吹込量

壓搾空氣、酸素何れも常に壓力は 7kg/cm<sup>2</sup> とし吹込量は 8m<sup>3</sup>/min とした。

5 吹込時間並に吹込時期

前述の如く使用可能の酸素總量は 1100m<sup>3</sup> なる故、これを 8m<sup>3</sup>/min の流量で吹込むと吹込時間は 2時間 20分となる。

吹込時期は装入開始と同時に吹込む場合と、装入終了後より吹込む場合と二つに分けた。

6 吹込管の方向並に位置

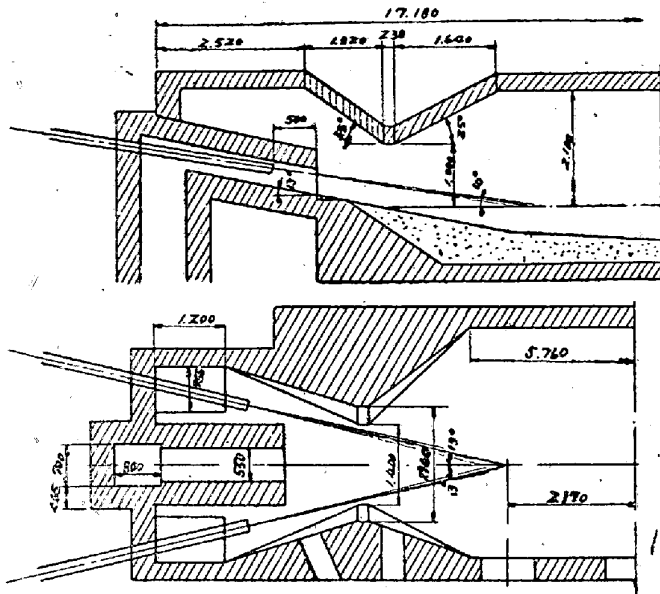
第3圖に示す通りである。即ち瓦斯ポートとの交角は 13°, 俯角は 10° とした。吹込管の數は瓦斯ポート兩側より一本宛合計 2本で、その先端は瓦斯ポートの先端より 500mm 後方に固定した。この方向並に位置の決定については、この試験に先立つて試みた豫備試験の結果これが最良であることを知つたからである。

7 試験回数

酸素吹込に於て装入開始と同時に吹込む場合と、装入終了と同時に吹込む場合と各々 2 熔解宛、計 4 熔解。空氣吹込の場合同様各々 2 熔解宛計 4 熔解。普通熔解の場合 4 熔解。合計 12 熔解實施した。

8 測定事項

i) 發生爐瓦斯分析



第3圖 吹込管の方向並に位置

發生爐出口で試料を採取した。

ii) 廢瓦斯分析

爐尻で廢瓦斯を採取し、分析に依り空氣及瓦斯の調整をした。

iii) 火焰溫度

光高溫計に依り瓦斯吹出側第1裝入口の覗き穴より測定に熟練した一定個人に測定せしめた、測定箇所は2本の吹込管の交點と定めた。

iv) 天井溫度

火焰の場合と同様にして、中央裝入口覗き穴より天井中央部の溫度を測定した。

v) 熔解時間

裝入始より熔落迄の時間を測定した。

vi) 石炭使用量

發生爐ホツパーのコールメーターで測定した。

vii) 鋼浴並に鋼滓分析

熔落鋼浴中の酸素分析並に鋼滓の分析を行った。

IV. 試驗結果並にその考察

1 酸素並に壓搾空氣使用量

熔解適當り 23m<sup>3</sup>/t を使用したことになる。

2 發生爐瓦斯並に廢瓦斯成分

第1表に示す如く、發生爐瓦斯成分は各試驗熔解とも大體同じであつた。爐尻に於る廢瓦斯成分に就ては、未燃焼の CO は普通の場合に比し酸素吹込並に空氣吹込の場合若干低下したのは燃焼狀況が良いことを示すものと思われる。

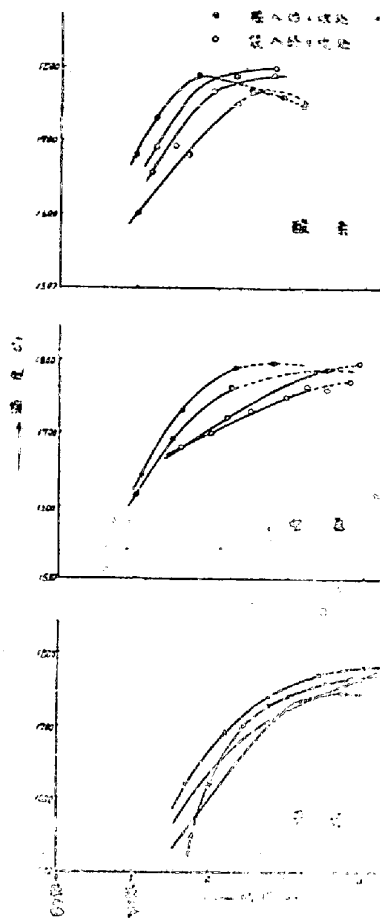
3 火焰溫度

第4圖にその測定せる結果を酸素吹込、空氣吹込、普通熔解の場合に分けて示す。酸素吹込、空氣吹込の場合には、裝入と同時に使用した場合と、裝入終了後より使用した場合に區別してある。この結果を分り易くするために各々の平均値を比較し第5圖に示す。これにより明らかな如く、普通熔解に比較して酸素吹込熔解の場合には熔解初期に於る火焰溫度の上昇速度が著しく速いことが解かつた。現場觀察に於ても酸素吹込に依て、火焰は短く著しく光輝が増すことが見受けられる。このことは空氣吹込の場合についても多少見られた。しかし乍ら三者何れの場合も火焰溫度が上昇し切つて了うと大差はなくなる。又吹込開始時期については、裝入開始後吹込と裝入終了後吹込とでは大差が認められなかつた。これは裝入時の扉の開閉による冷空氣の侵入が、前者の場合に於て酸素の効果を減殺したものである。

さて酸素、空氣吹込の効果をもたらした原因を考える

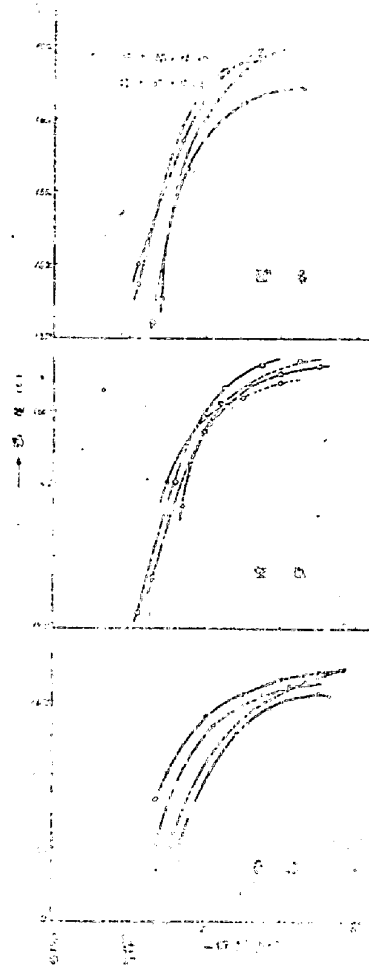
第1表 發生爐瓦斯並に廢瓦斯成分

	熔解番號	發生爐瓦斯分析					發熱量 Kcal/m <sup>3</sup>	廢瓦斯分析		Vo% N.T.P CO
		CO	CO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>		O <sub>2</sub>		
酸素使用	A 9553	26.4	4.6	11.7	4.0	1440	17.0	1.2	0.1	
	A 9572	26.2	4.2	12.4	4.2	1449	16.9	1.0	0.1	
	A 9558	25.6	5.4	11.7	4.0	1416	18.0	0.9	0.0	
	A 9579	26.2	4.2	12.4	3.0	1366	19.0	2.0	0.0	
	平均	26.1	4.6	12.1	3.8	1424	17.7	1.3	0.05	
空氣使用	A 9567	26.2	4.0	12.4	4.2	1469	16.0	0.2	0.2	
	A 9581	26.6	3.4	12.4	2.4	1327	16.5	0.7	0.0	
	A 9560	25.8	4.8	13.2	3.8	1443	16.0	1.0	0.1	
	A 9576	26.4	4.0	13.6	4.6	1540	17.0	2.0	0.0	
	平均	26.2	4.1	12.9	3.8	1447	16.4	1.0	0.1	
普通	平均	26.2	4.3	12.5	3.8	1440	16.0	1.8	0.4	

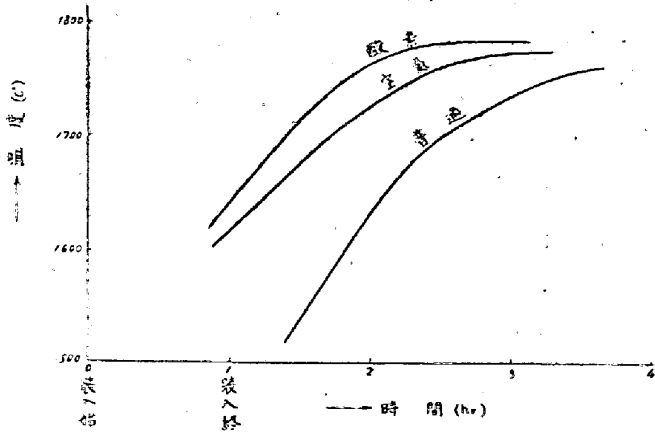


第4圖 火焰温度

火焰は、次に浸入する瓦斯並に空気の豫熱温度を高め、上述の燃焼速度を更に高める。これを繰返して酸素、空気吹込の火焰温度の上昇に対する効果が表われてくる。このことが熔解時間の短縮に直接効果をもたらしてくるものと思う。

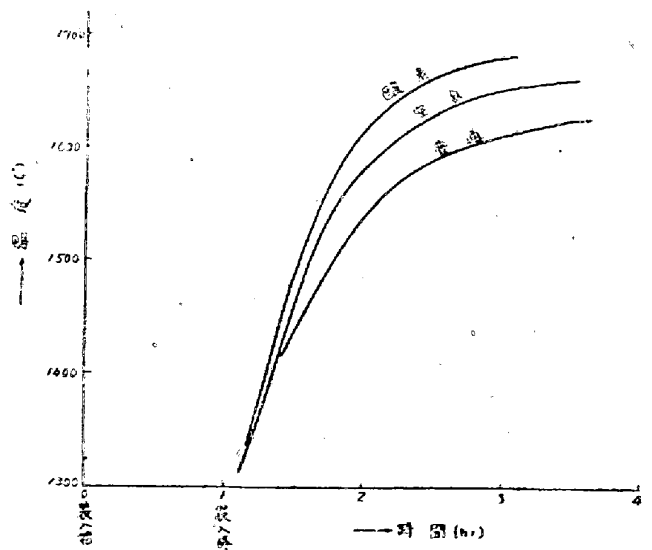


第6圖 天井温度



第5圖 平均火焰温度

ためには爐内の瓦斯燃焼について考察する必要がある。即ち平爐の火焰温度は瓦斯の燃焼速度と、その豫熱温度とに支配され、更に燃焼速度は瓦斯並に空気の豫熱温度並に兩者の混合速度によつて左右されると考えられる。酸素或は空気の吹込は兩者の混合速度を促進せしめ従つてその燃焼速度を加速し、短い光輝ある高温の火焰たらしめるものと考えられる。かくして發生した高温の



第7圖 平均天井温度

4 天井温度

第6圖に天井温度の測定結果を示す。本圖に於ても第4圖と同様に酸素吹込、空氣吹込、普通熔解の3の場合を夫々區別して示した。この結果を分り易くするため各々の平均値を比較して第7圖に示した。これによつて明かな如く、その結果は火焰温度の測定結果と全く同様な傾向を示している<sup>2)</sup>。即ち酸素吹込の場合は普通熔解の場合に比し天井温度の上昇速度が著しく速く、空氣吹込の場合はこれに次ぐ。このことは初期火焰温度上昇速度の差がこの結果を生ずると考えられる。初期に於る天井温度の上昇の差が熔解時間に大きな影響を及ぼすのは勿論である。しかし乍ら酸素吹込及び空氣吹込の熔解に於て、天井の最高温度に約 50°C の差を生じていることは(第7圖参照)天井の壽命に可成り影響するものと思われる。

5 熔解時間

平爐に於る材料の熔解が主として輻射によつてなされるとすれば、以上述べた火焰温度と天井温度の測定結果から考えて酸素或は空氣を使用することに依り熔解時間は短縮されるべきである。その結果は第2表に示す。

第2表 熔解時間の比較

	熔解番號	装入重量 t	熔解時間 (装入—熔解)	熔解時間 短縮率 (普通の場合に對し) %
酸素使用	A 9553	47.000	5°10'	15
	A 9572	47.000	5°25'	11
	A 9558	47.000	5°10'	15
	A 9579	47.000	5°25'	11
	平均	47.000	5°17'	13
空氣使用	A 9567	47.000	5°25'	11
	A 9581	47.000	5°10'	15
	A 9561	47.000	5°15'	14
	A 9576	47.000	5°20'	12
	平均	47.000	5°17'	13
普通	18 平均	47.000	6°06'	—

即ち酸素吹込の場合は 11~15% の熔解時間の短縮を示し空氣吹込の場合も 11~15% の短縮を示している。

今酸素吹込熔解と普通熔解との熔解初期に於る平均天井温度の差を 100°C とし(第5圖参照)この場合固体の輻射法則を適用すれば、

$$Q = 4.95 \times P \left( \frac{T}{100} \right)^4 F$$

Q : 輻射熱量 Kcal/hr

P : 固体の輻射黒度

T : 固体表面の絶対温度

F : 固体の表面積 m<sup>2</sup>

普通熔解の場合の輻射エネルギーに對して、酸素吹込熔解の場合の天井の輻射エネルギーは 1.32 となる。そのエネルギーの差が熔解時間の短縮に大いに影響するものと見るべきである。次に酸素吹込熔解と、空氣吹込熔解との、初期の天井温度差を 30°C とすればこの差を輻射エネルギーに換算すると空氣吹込熔解 1 に對して酸素吹込熔解 1.06 となる。即ちその輻射エネルギーの差は僅少である。このことは兩者の熔解時間の短縮率が少ないことを裏書するものであろう。

以上天井温度、火焰温度、熔解時間の測定結果より見れば酸素又は空氣吹込が平爐熔解に効果をもたらすものは、熔解初期に於る火焰温度の急速なる上昇に依るものと言える。即ちこの時期には爐熱も十分でなく、材料の被加熱面積も大きく、従つて吸収される熱量も大である故にこの時期に出来るだけ多くのエネルギーを輻射して熱量を供給してやるべきである。そのためには火焰及び天井温度が速かに最高に到達することが望ましい。

6 燃料使用量

熔解期に使用した石炭使用量は第3表に示す通り酸素吹込、空氣吹込熔解共普通熔解に比し平均 13% の節減となつた。

第3表 燃料使用量比較

	純熔解期使用石炭		備 考	
	鑄込適當 kg/t	節減率 (普通の場合に對し%)	全熔解期使用石炭 鑄込適當 kg/t	節減率 (普通の場合に對し%)
酸素使用 (4 熔解平均)	184	12	298	11
空氣使用 (10 熔解平均)	180	14	288	13
普通 (18 熔解平均)	206	—	325	—

7 精鍊上の影響

熔解期に酸素、空氣を吹込むことが精鍊上に如何に影響するかをみるために、熔落時の鋼浴並に鋼滓の分析を行つた。その結果を第4表に示す。本表より明かな如く普通熔解と何等變るところがない。又精鍊経過についても特に變るところはなかつた。従つて鋼質上に及ぼす影響はないものと考えられる。

第4表 熔落時鋼浴並に鋼滓成分

	熔解番號	鋼浴成分%				鋼滓成分%			
		C	Si	Mn	O	SiO <sub>2</sub>	CaO	MnO	ΣFeO
酸素吹込	A 9553	1.14	0.20	0.14	0.006	52.36	3.62	14.16	21.82
	A 9572	0.99	0.09	0.25	0.009	49.90	4.20	10.26	26.90
	A 9558	1.30	—	0.11	0.015	51.64	3.38	13.71	20.62
	A 9579	0.88	0.08	0.09	0.010	54.22	5.13	11.68	19.43
	平均	1.04	0.12	0.15	0.012	52.03	4.08	12.45	22.19
空気吹込	A 9567	0.90	—	0.09	0.009	57.56	5.02	13.98	11.36
	A 9581	1.08	0.11	0.20	0.007	53.74	5.25	12.65	20.33
	A 9560	1.00	0.13	0.24	0.010	56.86	3.27	9.91	21.22
	A 9576	1.05	—	0.13	0.014	—	—	—	—
	平均	1.01	0.12	0.16	0.010	56.05	4.51	12.18	17.64
普通	4 熔解平均	1.05	0.13	0.16	0.012	54.40	4.23	12.29	21.38

## 8 鋼塊原價に及ぼす影響

空気或は酸素を使用することに依り鋼塊原價に及ぼす影響を考えると、壓搾空気は1立方メートルにつき現在約40銭で酸素の百分の一に過ぎず價格の點では比較にならない。酸素と空気の効果が大きくて差がないとすれば空気を使用することが安價であることは言ふ迄もない。今空気を熔解全時間に使用したとして60m<sup>3</sup>/tの使用に要する費用は24圓/tとなり加工費の僅か0.3%である。しかも空気使用に依る出鋼量の増加、燃料節減等の利益を計算すると非常な利益となるから、空気を使用する方が經濟的にはるかに有利である。

## V. 結 言

發生爐瓦斯平爐に於て熔解期に酸素及び空気を使用する効果について次の如き結果を得た。

1. 酸素又は空気吹込に依り、熔解初期に於る火焰溫度並に天井溫度の上昇が極めて速くなる。
2. 本方法に依る酸素吹込熔解と空気吹込熔解とでは熔解時間に差が無く、何れも普通熔解より平均13%の短縮率を示した。
3. 装入始と同時に吹込んだ場合と、装入終後吹込んだ場合との差は認められなかつた。
4. 燃料消費は酸素及空気吹込の何れの場合も約10%強の節減が出來た。
5. 酸素吹込及び空気吹込何れの場合も精鍊上には何等の支障なく、従つて亦鋼質に悪い影響を與えることも

考えられない。

6. 耐火煉瓦の影響は、充分な結論が得られなかつた。

さて本試験の結果を重油爐について行われた結果と比較してみるとその効果は著しく劣つてゐる。しかし乍ら本試験は酸素使用條件について總ての場合を試験したのではなく、頭初に述べた如き一定條件に就てのみ行つたものである。従つて發生爐瓦斯平爐に對する酸素利用の効果については、これを以つて結論は下し難く今後の試験研究に俟たねばならぬと思う。例えば使用酸素量並に壓力の増加、吹込方法の改良等酸素使用効果を最も顯著ならしめる方法を研究する必要があり引續き試験を進めてゐる。

しかし乍ら以上の試験結果の段階に於ては空気吹込が能率的、經濟的に最も有利であることを知つたので現在空気吹込を日常作業に取り入れて好成績を擧げている。本試験に際し種々御助言を戴いた栗田滿義技師長に對し深く感謝し併せて終始試験を援助された高椋正雄副長、菅澤清志、田坂銅二並に製鋼課技術擔當諸氏に謝意を表する次第である。(昭和24年11月寄稿)

## 文 献

- 1) 市田左右一 鐵と鋼 35・1949・1/7
- 2) このことは本試験に於て光高溫計を以て測定した火焰溫度の比較は妥當な結果を示すものと思ふ。
- 3) 矢木榮 共立出版社 昭和24年3月15日出版 工業窯爐 p. 8