

發生爐瓦斯平爐に於る燃焼について (II)

(噴射式瓦斯ポートについて)

(昭和24年10月本會講演大會にて講演)

土 居 寧 文*

ON THE COMBUSTION IN THE OPEN HEARTH FURNACE HEATED BY THE PRODUCER GAS (II) (ON THE AIR JET TYPE GAS PORT)

Yasubumi Doi

Synopsis:

To improve the combustion effect in the open hearth furnace heated by the producer gas, the velocity of the combustion of the gas must be accelerated, and this acceleration is to be brought by the acceleration of the velocity of the mixing of gas and air. As this means, a method to blow compressed air gas port from both sides of the port through a water cooled pipe was tried in the first report.

In this second report, a air jet type gas port which can blow primary compressed air into the gas port and gives the effect of explosion, combustion, just as like a Bunsen burner, was examined. By this improved method, good results as follows, as compared with the former method was obtained. That is:-

- 1) As the mixing rate of gas and air is much accelerated, the velocity of combustion is increased, and so, short and sharp flame is obtained.
- 2) The melting time is reduced by 20%
- 3) The fuel is saved by 15% during the melting time.
- 4) The flame direction and speed is easily controlled by the controlling of the pressure of compressed air.

I. 緒 言

本邦に於けるが如く資源上將來とも發生爐瓦斯平爐の使用を持続せねばならぬ所に於ては、爐内瓦斯燃焼の効果を高めるための研究は製鋼能率、熱經濟の向上から見て最も重要な意味を持つもの一つである。

しかし乍らこの目的のために既設平爐の根本的改造を行うことは、たとえそれが飛躍的な設計構造に基くものであるにせよ經費の面より見て或は設備上の諸條件に制約されて容易なことではないのである。

この意味に於て前報では空氣又は酸素をポートの兩側から爐内に吹込んで瓦斯燃焼効果を高める方法についての實驗を報告した。〔この方法を爐内空氣(又は酸素)吹込法と呼ぶことにする〕

即ちこの實驗に依て次のことを明かにし得た

1. 先づこの方法に依て酸素、空氣何れの場合も約 13

%の熔解時間の短縮と約 10%の燃料節約が可能である。

2. この効果は酸素又は空氣吹込に依て火焰が所謂 Short and Sharp flame となり従つて熔解初期に於る火焰溫度並に天井溫度の上昇速度が加速されることに依てもたらされる。

3. そして更にこの効果は發生爐瓦斯の燃焼速度の加速に依て得られ、これは又瓦斯と空氣との混合速度の加速に依て得られたものである。

4. しかし乍らこれを重油爐の場合と比較するとその効果は尙著しく劣つている。

即ち前報に於るが如き方法に依て發生爐瓦斯平爐の燃焼効果を一步高め得たが満足すべき顯著な効果は得られなかつたのである。

依てこの効果を更に一步高めんとして實驗を行つたのである。

* 新扶桑金屬工業株式會社製鋼所

きて前報に依て得られた結論に従えば、この燃焼効果を更に一段高めるためには瓦斯と空氣の混合速度を更に一層加速することに依てもたらされる燃焼速度の加速に依て得られることが思考せられる。即ち普通瓦斯ポートに於るが如き擴散界面燃焼は前報に述べた方法に依て著しくその効果を増すが、更に燃焼効果を高めるためには爆發燃焼の効果を期待し得る程度にまで燃焼速度を高め得る様な方法を見出さなくてはならないのである。

この方法として「噴射式瓦斯ポート法」を考案したのである。これは瓦斯ポート中に一次空氣として壓搾空氣を吹込む方法であつてアンゼンバーナーの燃焼速度を高め、その火焰温度を上昇せしめる場合と全く同様の機構に依るものである。

この方法に依て著しい効果を挙げ得ることが明かになつたのでその實驗方法並に實驗結果について報告する。

II. 試驗方法並に測定事項

1. 使用平爐

前報と同様ベンチュリー式酸性平爐(公稱能力 40t 装入 45t) を使用したが更に詳しい資料を挙げれば

$$(\text{爐床面積})/(\text{鋼浴最大深さ})=8.7$$

$$(\text{爐床長さ})/(\text{爐床幅})=3.2$$

$$(\text{空氣上昇道面積})+(\text{瓦斯ポート面積})$$

$$/(\text{Throat 面積})=1.1$$

$$(\text{空氣上昇道面積})+(\text{瓦斯ポート面積})$$

$$/100\text{萬Kcal/hr}=0.17\text{m}^2$$

$$(\text{空氣及瓦斯蓄熱室煉瓦積重量})/(\text{装入重量})=1.3\text{t}$$

$$\text{空氣及瓦斯蓄熱室煉瓦積重量}/100\text{萬Kcal/hr}=8\text{t}$$

2. 使用瓦斯發生爐

前報と同様即ちウッド式 S.B. 10 型發生爐 1 基、瓦斯化能力 30t/day である。

3. 噴射式瓦斯ポート装置

i) 空氣吹込管の位置及方向

第 1 圖に示す如く空氣吹込管は瓦斯ポート突當りよりポート中に 1 本突込む。その先端は瓦斯上昇道の中心より僅かに先方の位置とし、その方向はポートの中心方向と同一とし傾斜はポート中心と同様 13° とした。

(この位置の決定については後述する)

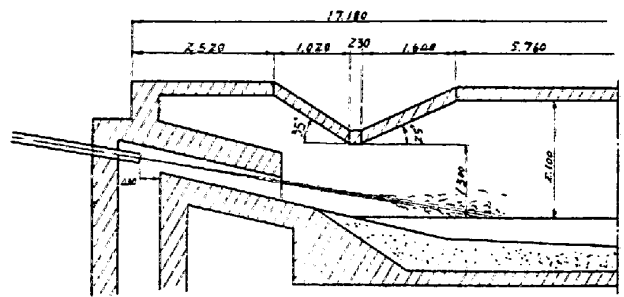
ii) 空氣吹込管

内徑 16mm のパイプを水冷式として使用した。その詳細は第 2 圖に示す。

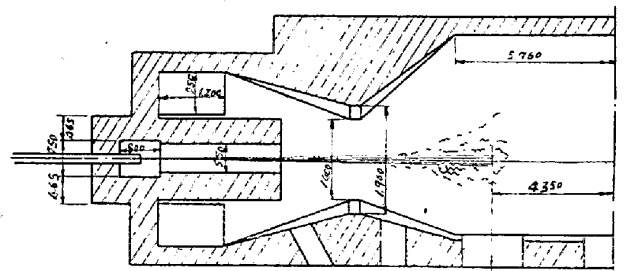
iii) 吹込壓力及吹込量

壓搾空氣壓力 6.5kg/cm²

吹込量 4m³/min



第 1 圖 吹込管方向並に位置



第 2 圖 吹込管

iv) 吹込期間

装入始より熔落迄の熔解期とした。

4. 熔解鋼種 炭素鋼の鎮靜鋼

5. 装入材料及装入順序

i) 装入材料配合

低磷銑鐵 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

6. 瓦斯成分

瓦斯成分は CO 26~27% にし過剩空氣はほぼ 15% 程度に保つた。

7. 試驗回數

火焰温度等の諸測定は 3 熔解について行い、これを爐内空氣吹込法の場合及び普通法の場合と比較した。又熔解時間、燃料消費量等の操業成績は一定試験期間に實施した噴射式ポート法の場合 17 熔解と爐内空氣吹込法の場合 14 熔解について比較を行つた。

8. 測定事項

上述の3熔解については次の諸項の測定を行つた。

i) 發生爐瓦斯分析

發生爐出口でタンクに依り採取した。

ii) 廢瓦斯分析

爐尻で廢瓦斯分析を行いこれに依て空氣及瓦斯の調整を行つた。

iii) 瓦斯量及空氣量

いづれもオリフイスによる流量計にて測定した。

iv) 火焰溫度

光高溫計を使用し瓦斯吹出側第1裝入口視穴より一定個人に測定せしめた。

v) 天井溫度

火焰の場合と同様中央裝入口扉視穴より天井中央部の溫度を測定した。

III. 試驗結果並にその考察

1. 吹込空氣量

噴射式瓦斯ポート法の場合には吹込管は1本で4m³/minであり、爐内空氣吹込法の場合には2本を使用し8m³/minである。

何れも裝入始より熔落迄使用し、その使用量は第1表に示す如く噴射式ポート法の場合には爐内空氣吹込法の場合の40%であつた。

第1表 吹込空氣使用量

	吹込空氣 使用量 m ³ /min	二次空氣 流量に對する 割合 %	瓦斯流量 に對する 割合 %	一熔解全 使用量 (裝入一 熔落) m ³	熔解適當 使用量 m ³ /t
噴射式ポ ート法平 均 (17熔解)	4	3.5	6	1160	25
爐内空氣 吹込法平 均 (14熔解)	8	7	10	2800	62

2. 瓦斯成分並に廢瓦斯成分

第2表に示す通り瓦斯成分は各試験熔解とも大きい差はなかつた、爐尻に於ける廢瓦斯成分についても噴射式ポートの場合と爐内空氣吹込法の場合に於てCO₂及びCOについては特に變る處はないがO₂は前者の場合少いことが認められた。

3. 火焰溫度と天井溫度

噴射式瓦斯ポート法の場合の火焰溫度の上昇曲線は第3圖に示す。同じく天井溫度の上昇曲線は第4圖に示す。又それぞれの平均溫度をとり爐内空氣吹込法の場合及び普通法の場合とを比較したのが第5圖及び第6圖である。

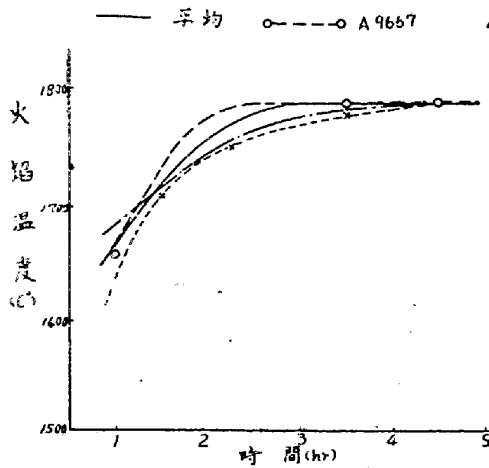
これに依り明かな通り噴射式瓦斯ポート法の場合には他の二者に比して熔解初期に於る火焰溫度の上昇が著しく速く、このことは天井溫度の上昇曲線によつて特に明かである。しかし乍ら溫度が上昇し切つて了うと大差なくなる。この火焰並に天井溫度の上昇が速いということは燃焼速度が加速されたことに他ならないのであつて、これは又噴射式ポート法においては空氣と瓦斯との混合速度が一段と加速されたことを意味するものである。このことは現場觀察に於ても認められた。即ちポート中に空氣を吹込むと火焰自體の流速が著しく加速され、又所謂 Short and Sharp flame となり恰も重油の火焰の如き觀を呈する。又材料の熔融狀況を見てもポートの前方の材料の熔融が非常に早い。このことは燃焼速度が著しく加速されていることを裏書すると共に當然熔解時間の短縮をもたらすものと思ふ。

4. 空氣吹込の效果に對する考察

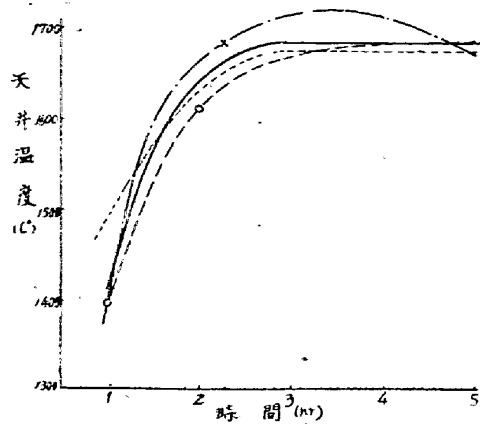
瓦斯ポート中に空氣を吹込むことに依り火焰に如何なる影響を與えるかは、吹込空氣の條件に依て左右されることは當然である。そこで吹込空氣の壓力、流量等の條件と火焰の狀況との關係について實驗を行い、吹込空氣の效果を考察した。

第2表 發生爐瓦斯並に廢瓦斯成分

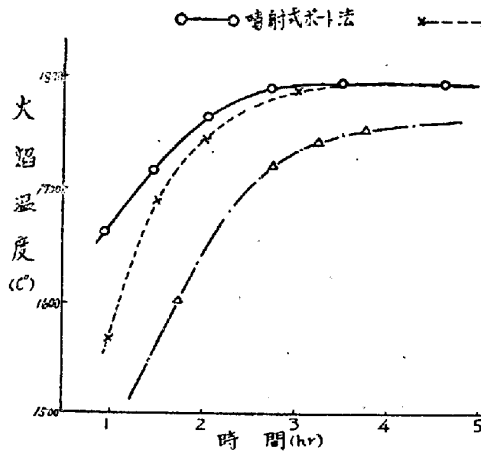
	熔解番號	發生爐瓦斯成分				Vol % N. T. P	廢瓦斯成分	Vol % N. T. P	
		CO	CO ₂	H ₂	C ₄	發熱量Kcal/m ³		CO ₂	O ₂
噴 射 式 法	A 9667	27.4	3.6	11.6	4.2	1485	15.6	0.2	0
	A 9669	28.6	3.2	12.4	3.0	1439	15.6	0.2	0.2
	A 9674	26.5	3.5	11.1	3.5	1385	15.8	0.2	0.2
	平 均	27.5	3.4	11.7	3.6	1439	15.7	0.2	0.1
爐内空氣吹込法	平 均	26.2	4.1	12.9	3.8	1447	16.4	1.0	0.1
普通法	平 均	26.2	4.3	12.5	3.8	1440	16.0	1.8	0.4



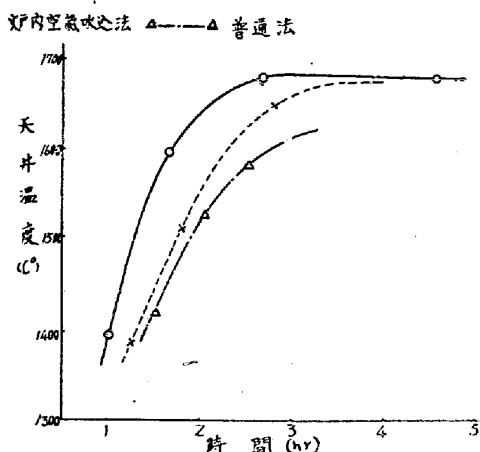
第3圖 噴射式ポートに依る火焰温度



第4圖 噴射式ポート依る天井温度



第5圖 火焰温度



第6圖 天井温度

i) 空氣吹込管の位置

先づ吹込管の先端位置をポートの如何なる位置に定めるかが問題となる處である。吹込管をポートの前後に移動すればポート出口に於る空氣の速度は變つてくる。先進すれば速く後退すればおそくなり、従つて火焰の流速もそれにつれて速く或はおそくなる。この状況は現場觀察において明かに認められる。極端に後退せしめるとポート出口で大きい爆音を發し back fire の現象が顯著に發生する。漸次先進せしめるとこの音は消滅することが認められる。ブンゼンバーナーの場合においても back fire が起る附近で Short flame となることから考えて實用上この音の小さくなる位置を基準としたのである。この位置は試験に用いた如き寸法の瓦斯ポートの場合では突當り壁より約 400mm の處であり、上昇道の中心より僅かに先方の位置である。

又上昇道の中心部近くに吹込管の先端をおくことは、下方より壓入する瓦斯に對しても injector の作用をして瓦斯の吸引を助長する効果もある。例えば壓力 6kg/cm² の空氣を吹込むと約 200m³/hr の瓦斯が多く吸引

されることが實測された。

ii) 火焰の流速

瓦斯ポート出口に於る瓦斯の流速を求めると

瓦斯温度	1000°C
瓦斯流量	400m ³ /hr (N. T. P)
ポート斷面積	0.19m ²
瓦斯容積	5.18m ³ /sec

なる故瓦斯流速は 27.3m/sec となる

吹込空氣の流速は吹込管出口 (16mmφ) においては壓力 6kg/cm² の場合ピトー管で實測すると 132m/sec であり、ポート出口では流速は可成り低下するとしても瓦斯流速 27.3m/sec よりは遙かに速いと考えられる。これは前述の如く火焰の實際觀察においても認められる處である。即ち噴射式瓦斯ポート法の燃焼効果を高める所以である。

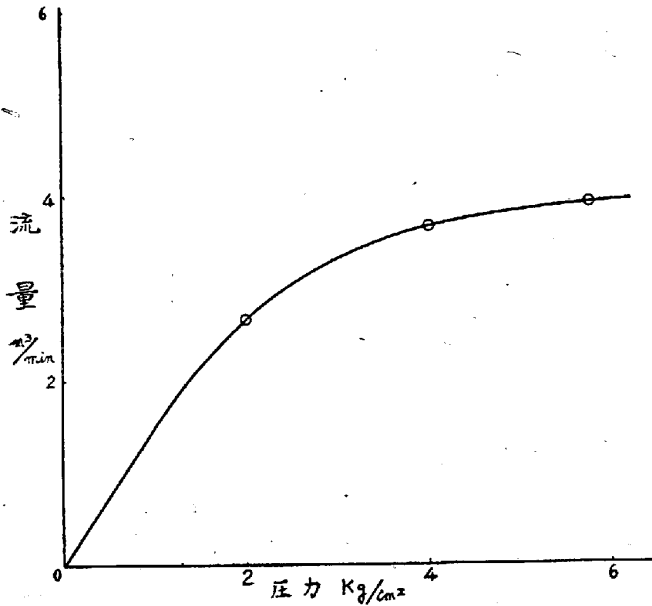
iii) 空氣の壓力

實際現場使用の場合は空氣の壓力計に依てその流量並に流速の調整を行う故にこれらの間の關係を知つておく必要がある。内徑 16mm のパイプを使用した場合の流

速を實測した。その結果は第3表に示す通りである。又壓力と流量との關係は第7圖の通りである。

第3表 空氣壓力流速及流量相互間の關係

空氣壓力 kg/cm ²	流速 m/sec	流量 m ³ /min
2	94	2.77
4	124	3.66
6	132	3.94



第7圖 空氣流量と壓力との關係

iv) 空氣壓力と火焰溫度

吹込空氣壓と火焰溫度との關係を試験するために、比較的火焰溫度の低い装入初期より漸次溫度の高くなる各時期に於て各々の場合に於る空氣壓と火焰溫度との關係を求めると第8圖の如くなる。この場合火焰溫度は第1装入口覗穴の位置より光高溫計で測定した。

この結果より火焰溫度の高い熔落期よりも火焰溫度の比較的低い装入初期に於る方が空氣吹込の効果が大きいことが解る。又空氣壓は 4kg/cm² 以上の壓力が望ましいことも解る。

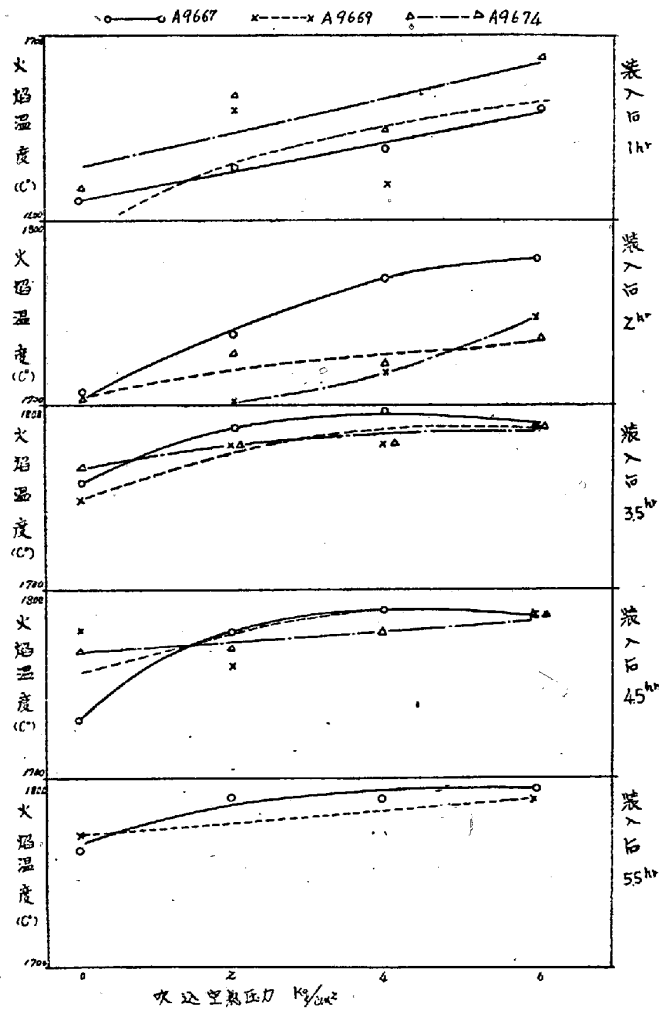
現場觀察に於ても空氣壓 2kg/cm² 程度では火焰の狀況は餘り變化はないが 4kg/cm² になると火焰の流速が速くなり Sharp flame となることが認められた。

以上の考察から火焰溫度の上昇過程に於て熔落期までに高壓の空氣を使用することは極めて有効であることが解る。

v) 吹込空氣に依る豫熱瓦斯の溫度降下

豫熱瓦斯中に常溫の空氣を吹込む場合瓦斯の豫熱溫度の降下を概算すると

豫熱瓦斯溫度	1000°C
瓦斯量	4000m ³ /hr (N. T. P)



第8圖 熔解各時期に於る空氣壓と火焰溫度との關係

吹込空氣溫度 20°C
吹込空氣量 240m³/hr

なる故近似計算すると瓦斯及空氣の混合體の溫度は約 990°C となり 10°C 程度の溫度降下で影響はないものとする。

5. 噴射式瓦斯ポートの特長

以上の試験結果から噴射式ポートの特長を総合すると

i) 爐内空氣吹込法の場合に比し空氣量は 40% 程度でよいから使用空氣量は少なくてしかも燃焼効果が大きい
ii) 瓦斯と空氣の混合速度が速く混流の效果を生じる。従つて燃焼速度が速く Short and Sharp flame となり火焰の溫度上昇が速くなる。

iii) 燃焼速度が速くなるから爐内を正壓に保つても火焰の亂れることが少く、燃焼狀況を良好にすることが出来る。

例えば爐内壓水柱 2.5mm (中央天井で測定) として燃焼状態は良好な結果を得た。

iv) 燃焼速度が速いことは燃焼室の短い平爐に特に

第4表 噴射式ポート法と爐内空氣吹込法の熔解時間成績表
[40t ベンチュリー式酸性平爐 (装入 46t) 空氣使用は装入始より熔解迄]

	高 炭 素 鋼				鍛 造 用 鋼			
	Ch. No.	熔解時間 (装入始~ 熔落迄)	精 鍊 時 間	製 鋼 時 間	Ch. No.	熔解時間 (装入始~ 熔落迄)	精 鍊 時 間	製 鋼 時 間
爐 内 空 氣 吹 込 法	9587	5°30'	3°45'	9°15'	9594	6°00'	4°15'	10°15'
	9589	6·15	3·20	9·35	9596	5·40	3·55	9·35
	9592	5·30	4·00	9·30	9599	6·00	4·20	10·20
	9593	5·20	3·25	8·45	9601	6·00	4·50	10·50
	9595	5·50	2·50	8·40	9602	5·25	4·50	10·15
	9597	6·30	3·30	10·00				
	9598	6·05	3·05	9·10				
	9600	5·35	3·40	9·15				
	9603	5·35	3·55	9·30				
	平均	5°48	3°30	9°18'	平均	5°49'	4°26'	10°15'
噴 射 式 ポ ー ト 法	9604	4°40'	3°15'	7°55'	9605	4°45'	4°25'	9°10'
	9606	4·10	3·20	7·30	9607	4·45	4·20	9·05
	9610	4·50	4·00	8·50	6617	4·30	7·10	11·40
	9611	5·20	3·10	8·30	9621	4·50	3·10	8·00
	9612	5·30	2·50	8·20				
	9613	4·35	2·45	7·20				
	9614	4·40	3·25	8·05				
	9615	5·05	3·45	8·50				
	9616	5·00	3·15	8·15				
	9618	4·55	3·15	8·10				
	9620	4·30		7·45				
	9622	4·40	2·30	7·10				
	9623	4·50	2·50	7·40				
平均	4°50'	3°12	8°02'	平均	4°43'	4°46'	9°29'	

效果が大きいといえる。

v) 吹込管の先端の位置或は空氣壓を調整することにより火焰の長さ、方向を調整することが出来る。

IV. 操業成績

1. 熔解時間の短縮

噴射式瓦斯ポート法の場合と爐内空氣吹込法の場合とについて一定試験期間に於て熔解時間及製鋼時間を高炭素鋼及鍛造用鋼の鋼種別に分けて比較した成績は第4表及第5表に示す通りである。この試験期間の平均瓦斯成分は第6表に示す。

試験は前記同様 40t 酸性平爐について行い空氣吹込は何れも熔解時間の短縮を目的とし装入始より熔落迄を使用した。

その結果

- i) 熔解時間は 20% 短縮することが出来た。
- ii) 純製鋼時間としては鋼種により精鍊時間が異なるが 8~15% 短縮した。

iii) 1 時間當り (熔解噸數) = (熔解重量) / (熔解時間) は約 9·5t/hr となり好成績を示した。

2. 燃料の節約

燃料使用量については第7表の結果を得た。

第5表 熔解時間比較表

	噴射式瓦斯ポート法 爐内空氣吹込法			
	高炭素鋼	鍛造用鋼	高炭素鋼	鍛造用鋼
熔解時間 (装入始~熔落)	4°50'	4°43'	4°48'	5°48'
精鍊時間	3°12'	4°46'	3°30'	4°26'
製鋼時間	8°02'	9°29'	9°18'	10°15'
比較 熔解時間 % 製鋼時間	83·5 86·2	81·0 92·0	100 100	100 100
一時間當 熔解噸數 t/hr	9·4	9·8	7·8	7·8
熔解噸數/ 熔解時間 比較 %	120	125	100	100
一時間當 製鋼噸數 t/hr	5·3	4·5	4·8	4·4
鑄込噸數/ 製鋼時間 比較 %	110	102	100	100

第6表 試験期間中の平均瓦斯成分

	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂	發熱量 Kcal
噴射式ポート試験	3·4	28·3	3·8	11·2	1467
爐内空氣吹込 "	4·0	27·6	4·1	11·1	1470

第7表 燃料使用量の比較 (40t 酸性平爐装入 46t)

		爐内空氣吹込法		噴射式瓦斯ポート法	
		高炭素鋼	鍛造用鋼	高炭素鋼	鍛造用鋼
熔解数		5	3	11	3
瓦斯使用量 m ³ (一熔解當り)	装入—熔落	23780 ²	22200 ²	20863 ²	19366 ²
	熔落—出鋼	12180 ²	13133 ²	12018 ²	16033 ²
	計	35960 ²	35333 ²	32881 ²	35400 ²
	比較 % 装入—熔落	100	100	85.0	87.5
	比較 % 熔落—出鋼	100	100	91.5	100.2
石炭原單位 kg/t (鑄込越當り)	装入—熔落	207	192	182	165
	熔落—出鋼	106	114	105	136
	計	313	306	287	301
	比較 % 装入—熔落	100	100	87.9	86.0
	比較 % 熔落—出鋼	100	100	91.7	98.8

燃解時間の短縮により熔解期に使用した消費瓦斯量は15% 減少した。又純製鋼時間に使用した消費瓦斯量は10% の節約となつた。

V. 結 言

40t ベンチュリー式酸性平爐に噴射式瓦斯ポート法を試験した結果

1. 瓦斯と空氣の混合が速進され燃焼速度が速くなり Short and Sharp flame が得られる。
2. そのため火焰温度の上昇が速くなる。この効果は火焰温度の比較的低い時期に於て大である。

3. 吹込空氣の壓力調整に依て火焰の方向、流速を調整し得る。殊に爐内正壓操業に有效である。

4. 熔解中に使用することにより 20% の熔解時間の短縮が出来た。

5. 燃料の使用節約は純熔解期間に於て 15% の減少となつた。

6. 煉瓦の損傷に對しては未確認である。

兎に角この噴射式瓦斯ポート法により瓦斯燃焼効果を更に一段高め得ることが解つたので目下日常作業に實施している。

(昭和 25 年 3 月寄稿)