

羽口の列數

平岡正哉

緒言

1段羽口と2段或は數段の羽口との優劣の問題は從來屢々論ぜられて來たことでありますが、Cupolaの熱効率から言ふと理論上1段羽口の方が優つて居ると言ふことに就いては一般に殆んど疑ひのないことの様であります。米國の Y. A. Dyer 氏の如きは2段羽口は單に適當なる熔帶を亂すのに役立つのみであると言つて2段以上の羽口を全然問題にして居りません。

私も滿8年間専ら Cupola の熔解作業に従事して居りますが、爐壁の侵蝕狀態その他の觀察から致しましても1段羽口の場合は爐壁の全周に渡つて熱の分布及び集中が uniform に行はれて居りますが2段羽口の場合にはどうしても不規則になるのを免れない様であります。然るにこの一樣なる熱分布と言ふことは熔解作業上最も重大なる點の一つでありまして、御承知の様に Cupola 爐内各部分に於ける散炭燃焼の有様は丁度 Bunsen Burner を逆にした様な状態でありまして、羽口より送風は瓦斯化して爐内に昇る間に酸化焔より還元焔に至る焔の性質及び熱量の著しい變化を致します。従つてこの焔の何れかの部分に夫々地金の熔解及び過熱に最も適當にしたる點がある筈でこの内熔解に最も都合のよい點を結び付けたる部分が熔帶であります。

故に之れが一樣の高さに分布されて居ると言ふことは確かに操業上必要なることでありまして、この點に於ては1段羽口の方が2段羽口に比して優つて居ると言ふことが出來ます。

然し實際の場合はどうであるかと申しますと、外國でも2段羽口を1段に改造して結果が悪かつたため再び2段羽口にしたと言ふ實例を聞いて居りますし、又日本でも私は全く同様の報告を聞いて居ります。

又今日戴きました表によりまして、日本の現況は1段及び2段の羽口が相半ばする状態であることがよく解ります。

故に實際の問題となりますと、一概に、1段羽口が優つて居ると言われぬ様で單に熱効率の點ばかりでなく、種々の delicate な點に於て夫々得失がある様に思われます。

扱て、私共の工場では3噸 Cupola 以上は全部2段羽口であります、幸ひ全く同一構造と寸法とを有する3噸 Cupola 2基を有して居りましたので、其の内1基を1段羽口に改造して比較研究を致したことが御座います。

尤も以上は大正12年中に行ひました舊い實驗で、又その結果は嘗つて『鐵と鋼』に發表したことがありますから(鐵と鋼十一年四號)詳細は避けませんが、之れに依りまして、何れか一方を特に優

れるものとするは出来ない様で、主として工場の製品と操業方法とに depend するもの、様に思われました。

その實驗結果より 2、3 氣付いたことを申し上げますと

I. 骸炭使用量に就いて

骸炭使用量の相違は最も明らかなる現象ノーツでありまして、1 段羽口の場合には、第1に床積骸炭量を減ずることが出来ます。これは當然のことでありまして Cupola 内に於ては常に適當なる熔帶の位置を保たしめる關係上、床積骸炭の高さは常に羽口上一定の高さを保つことが、必要でありませんが、羽口を1段にする結果、床積骸炭量を高さに於て 8~10" 量に於て 70~80kg 節約することが出来ました。

又このことは Receiver の有無に拘らず常に hold すべき事實であつて、今 3 噸 Cupola に於ける 1 日の熔解量を 15ton とすれば、全骸炭使用量は 1,500~1,800kg となりますから 70~80kg の骸炭の節約は 5% に相當する燃料費の節約となります。

次に骸炭の性質により装入骸炭量を變じます。

私共では現在でも porous な香燒骸炭 (ビーハイブ) と deuse 若松骸炭 (ソルベー式) とを併用して居りますが、當時の實驗に於きましては、若松骸炭のみ、或は若松と香燒とを半々に使用する場合には、1 段羽口の場合も 2 段羽口の場合も骸炭使用量に少しも差を認めず共に「全装入骸炭量/銑鐵」は 9.5% でありましたが、香燒骸炭のみを用ひました場合には 2 段羽口では幾分骸炭の不足を感じる程度でありますのに、1 段羽口では極めて具合よく熔解が行われ寧ろ porous な骸炭の方が好い位でした。

之れは勿論 2 段羽口では燃焼帶を 2 度作るため骸炭の燃焼を増加するためでありまして 1 段羽口の方が porous な骸炭の使用に有利であることが解ります。

而して之れは可成大きな factor で兩骸炭はその Cost に於て約 15% の差がありますから、假りに、1 段羽口では香燒のみ、2 段羽口では若松のみを使用するものとする、前述の床積骸炭の節約と加へて約 20% の燃料の節約となりますが爐の操業方法としてはこれ以上大きな節約はないのであります。

II. 熔解能力に就て

2 段羽口のものには燃焼帶を 2 度作る様になつて居るので燃焼帶の幅を増し多量の骸炭を燃やすことが出来ます。

然し所定の骸炭及び送風量に對して熔帶の一定面積で熔解する地金の量は寧ろ劣り、私が定めました公式 (I) に適應して見ますと、1 段羽口の方が常に能率のよいことが解ります。

然し之れも當然のことで、地金の熔解は全部燃焼帯の最高部に存在する熔帯に於て行われるものでありますから燃焼帯の幅の増加は熔解後の地金の過熱には有効であります、熔解能力を増加するものでないことが解ります。

兎に角實際の結果は1段羽口に於て平均 3.3ton 2段羽口に於て 3.1ton の熔解能力になつて居りまして、この點に於ても1段羽口のものが efficient であると言ふことが出来ます。

但し2段羽口の場合は proper distribution 以上の送風をして多量の散炭を燃やすことが出来ます。故に散炭裝入量と共に送風を増加する時は、多量の熱量を發生し、熔帯の温度を高め急速操業をなすことが出来る特徴があります。

例へば2段羽口に於ては、總散炭使用量 13.5%、送風量 11oz、なる時1時間の熔解量 4.0ton、總散炭使用量 13%、送風量 10oz なる時 3.8ton の熔解が出来ます。

この場合、2段羽口では過剰の送風を致しますと大部分の送風は上羽口から入る様になり melting zone の温度を高めますが、それ程 oxidising にならずに済むのであります。

然るに1段羽口では元來が送風の爐内侵入が容易であるため送風過剰なる時は中心に於て送風 excess となり如何に多量の散炭を用ひましても地金の酸化を起し熔解作業が困難となります。

即ちこの點に特に注意を要する點でありまして2段羽口に於ては操業の變化し得る範圍が廣いが1段羽口では適當なる操業範圍が狭いと云ふこととなります。

前述1段羽口にしたため結果が悪かつたと言ふのもこの良操業範圍の狭いと云ふ様なことに起因して居ることも多いかと考へられます。

III. 地金の熔融状態に就て

共に充分高温度熔解の目的を達することが出来兩者の場合出鉄温度に差ありとは思われませんでした。

この事實は地金の熔解及び過熱の理論に關して重大なることでありまして、元來1段羽口の場合には羽口前面で熱をよく集中出来るので湯溜りによく熱が利きます。故に若し地金の過熱が一般に信せられて居る様に、湯溜り中に於てのみ行われるものなれば凡ての場合、1段羽口の方が高温度でなければならぬ筈であります、實際の地金の過熱には湯溜り中の状態ばかりでなく、地金が熔解してから湯溜りに下るまでの途中に於ける Bessemerisation による過熱が大切であることが解ります。

又1段羽口でも2段羽口でも、共に酸化物を含まない流れのよい湯を得られます。この事實も亦、地金の熔解及び過熱に對して重大なることでありまして、一般の考へに従へば、2羽口のものは燃焼帯を2度作る様になるので、熔融して降下する地金の酸化程度は多かるべき筈であります。

然し實際には熔融状態にある鉄鐵はこの内に含まれて居る Si、Mn、或は C、S、等の Bessemerisation によつて地金自身の酸化は完全に防ぐことが出来るのであります。

この Bessemerisation の事實は操業上可也重大なる點でありまして Cast iron のみが特に Cupola 熔融に適して居るのもこの事實によるものであると考へられます。

但し 2 段羽口の場合の方が同一 Slag Composition に於て珪素滿俺の loss は稍多しのは事實でありまして結果は次表の如くになつて居ります。

TABLE. I

	Si の燃焼 全銑 鐵に對して)	Mn の燃焼 滿俺 全裝入に對して)
1 段羽口	0.25~0.45	15~35%
2 段羽口	0.25~0.45	20~35%

又 Slag の分析を見ましても 2 段羽口の方が Sulphate としての硫黄が多い様であります。

然し孰れにしましても兩者の場合 Slag 中の FeO, MnO 等の量は極く僅かに保つことが出来るのを見ても解ります様に酸化物は地金中より充分に取去られ、地金の熔融状態には差はないのであります。

TABLE II に當時の Slag の 2, 3 例を示して置きました。

TABLE. II

爐の種類	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	FeO	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	SO ₃	S	K ₂ O Na ₂ O
2 段羽口	41.76	11.92	32.73	2.28	3.40	4.24	1.71	0.03	0.687	0.17	1.35
2 段羽口	41.54	7.61	40.35	0.39	2.99	2.75	2.07	0.02	0.54	0.36	1.23
1 段羽口	41.46	14.31	32.80	1.15	2.87	3.24	1.51	0.10	0.32	0.23	0.55
1 段羽口	43.04	12.71	34.33	1.51	2.60	3.09	2.75	0.03	0.27	0.39	1.02

尙ほ實驗の當時氣付いたことの 1 つは Slag の状態でありまして 1 段羽口の場合には Slag の formation が羽口の直ぐ上部で行われますので羽口に於ける Slag は 2 段羽口の場合に比して色黒く堅くして流れが悪く、羽口穴に附着して操業上の不便を増した様です。然し湯溜りに下つたものは流れもよく色も白くなつて居りました。

即ち 1 段羽口の場合には特に湯溜りに熱が利くことが解るのでありまして、この點も操業上注意して置くべき點であると思われまます。

IV. 爐の生命に就いて

尙この實驗に於て最も顯著なる事實は爐の生命に就いてでありました。

即ち 2 段羽口に於ては、普通操業時間は 5 時間以上 11 時間でありますが、日頃は小修繕をなすのみで 120~200 回の使用に堪へるのでありますが、1 段羽口の場合には熔帶及び燃焼帶に相當する 1 局部のみ爐の全周に渡つて甚だしく侵蝕されたいめ却つて日々の修繕に際して煉瓦の保ちが悪く使用回数僅かに 36 回で熔帶の 1 部の煉瓦を積み換への止むなきに至り、操業回数 80 回の時再修理を要しましたので再び 2 段羽口として仕舞ひました。

この事實等も、實際操業上注意すべきこととして 1 段羽口を否定する人々の好條件であるかも知れません。

但し之れも爐の設計に際して充分注意しさえすれば却つて有利な Condition ともなり得るのであります。

例へば現在私共には生型専用として 500kg コシキがあり毎日 2,500kg~3,000kg の熔解を行つて居りますが、これは1段羽口で羽口の總數は2個であります。

然しこの爐の爐壁煉瓦の厚みは僅か 2" でありますので最初から爐壁の侵蝕が心配でありました。そこで設計の場合前以て操業時に於ける爐内熱分布の状態を想像し、その development によつて、特異の羽口形状としました。

所が之れは成功でありまして、1日 5~6 時間の操業中羽口穴に Slag の引かゝる心配がなく、又 30 回無修理で操業し今日まで 200 回以上の使用を續けて居ります。

故にこの爐壁侵蝕と言ふことも決して1段羽口の缺點と見ることは出来ないものであつて、操業方法と爐構造の如何によつては寧ろ長所となるべきの性質であります。

V. 結 論

以上の様な次第で、當時の實驗より考査した所によりまして、熱効率から見る時は1段羽口の方が確かに有利な様に思はれます。

又1段羽口に於ては、熔帶及び湯溜りに熱を集中することが出来るので、熔帶及び燃焼帶を狭くし爐内を比較的 Reducing atmosphere にして操業することが出来ます。故に適當なる状態に於ては、地金の酸化を防ぎ高温度の流れのよい湯を作ることが出来ます。

然し前述した様に、どうも無理が利かぬ様で凡て冶金爐に於ては種々の Accident がありますので無理の利かぬと言ふことは可也重大な缺點となるのであります。

又2段羽口に就いて考へますと燃焼帶を2度作るため酸化帶を増し、反對に熔帶及び湯溜りへの熱集中が劣るのは事實であります。然し Cupola に於ける Bessemerisation と言ふことも Cupola の特徴の1つでこれを巧みに利用する時は炭素硅素の Controlling に色々面白い結果を得られますから之れも決して缺點と見ることは出来ません。

殊に私の經驗から獨斷致しますと、どうも Semi-steel melting には2段羽口の方がよい様に思われるのであります。

私共ではこの Semi-steel melting と言ふことには可也長い經驗を有し、又茲4—5年來 Diesel engine 用鑄物を作る様になりましてからは益々盛に用ひまして Diesel 鑄物の重要部分は殆んど凡て Semi-steel で鑄造し、1ヶ月の熔解量 700ton 中 300ton は Semi-steel で又1ヶ月の steel scrap 使用量は 150ton~200ton に及んで居ります。

而してこの場合、一番大切なことは、炭素の Controlling 即ち steel scrap の加炭作用を加減することでありまして、私共でも今日尙ほこの Carbon Controlling に苦心して居るのであります。

而してこの加炭に關する私の經驗に就きましては後刻「地金の過熱と操業方法」に就いて申上げる場合に申上げたいと思ひますから茲では省略致しますが、この場合私の經驗は熔融地金と共存する爐内の atmosphere 即ち熔帶以上の atmosphere が reducing であるか oxidising であるかと云ふことが、爐の加炭作用に影響するものであると考へられるのでありまして、この考へから致しますと、どうしても1段羽口は2段羽口に比して不利であります。

故に私は Semi-steel melting として 50~80% の steel scrap を使用します場合には好んで2段羽口を使用し deuse な骸炭で操業して居ります。

以上取り止めもない淺薄な經驗を申上げて僅かに責めを塞ぐ次第で御座います。以上

風量の測定方法に就て

大阪工業試験所技師 池 下 守 清

私は鐵鋼協會の御催しにかゝる此の盛大なる鑄物部會に於て講演致しすることを大邊光榮に存じます、然るに申上げんとする事柄は皆様方の已に御承知遊ばすことかと思ふのでありますが、堀切君が研究されて居る Cupola に就て、風量を測定することを相談されまして、自分が造りたる至つて粗末なる Pitot tube にて能く正確に近き送風量を測定し得ましたにより、御参考にもならうと云ふので今日御話することになりました、暫く御清聽を相煩し致します。

さて、送風量を測定するには種々と方法はありますが、Cupola 作業の如き場合には Pitot tube によるを最も適當と考へます。其理由は測定器が至つて簡單で狂を生じないからであります。只、之れが取付位置の選定に就ては少しく綿密なる注意を要します。

之れは Pitot tube であります此通り簡單で(銅管製のものを示す Fig. 1.) 誰でも自身で造れます。銅管2本を曲げて一方は尖端を Open し一方は尖端を塞いで側に小孔を穿つてあります。此の尖端を氣流に直面する様に風道内に取付けるのです。そして此の方の端は風道外に出し置き、ゴム管を以て水柱 U 字管の兩端に導き、其壓力の差を測り送風量を知るのであります。

又此の方は Glass 製で少し形を變へて造つたもので (Fig. 2) 此の Glass tube は二重になつて居つて中の方は尖端に開き、外の方は側面に孔を有して其の各々に連絡せる管を風道外に導く様にしてある。此様なものを金屬で造る方が壊れなくてよいのですが、之れは内部の様子が能く見える様特に Glass で造らしたものであります。之れも亦此2つの口に感ずる壓力の差を水柱 U 字管で測つて送風量を知るのです。

此 Curve (Fig. 3) は水柱 U 字管に表はる、Velocity head (h , Fig. 4) と Air velocity との理論的關係を示す曲線であります。即ち U 字管に表はる、水柱差 h が1吋ならば風速は毎分 4,000 呎³に