

論 說

鹽基性平爐の作業能率に及ぼす各種因子の影響

(日本鐵鋼協會第 22 回講演大會講演 昭 14. 9)

堀 内 深 志\*

INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS ON THE WORKING EFFICIENCY OF BASIC OPEN HEARTH FURNACES.

Fukashi Horiuchi.

SYNOPSIS:—Influence of various factors on the working efficiency of basic open hearth furnaces was investigated; and the most suitable ratio of charging pig to scraps, the composition of pig, the pouring time of the molten pig and the ratio of the air to gas blowing-in through ports were determined.

I 緒 言

鹽基性平爐に於て製鋼作業を行ふ場合に製鋼法の異なるに従ひ、或ひは又爐の容量、型狀の相違に依り其の作業能率も當然影響を受けるものであるが、一定の容量及型狀の平爐を使用し、一定の製鋼法を採用した場合に其の作業能率を増進せしめるには製鋼時間を短縮し、且つ爐の損傷、床掘等に依る時間の空費を可及的に防止するにある。製鋼時間を短縮するには熔解時間（装入開始より装入材料の全部熔解し終る迄の時間を云ふ）を短縮するか、精鍊時間を短縮するか、或は其の兩者を同時に短縮すればよいわけであるが、熔解時間又は精鍊時間の遅速に影響を及ぼす因子には種々雑多なものがあつて、之等の因子と平爐作業能率との關係も亦仲々簡單には行かない。例へば熔解時間を短縮すると精鍊時間が延びたり、或ひは折角早く出鋼しても爐を痛めたり床掘したりしては結局能率は低下してしまふ。又製鋼時間の短縮は出来ても材質劣等の鋼塊を作たのでは實際作業には役に立たない。

著者は過去數年間に亘て鹽基性平爐の日常作業記録表を集めて、其の作業能率に及ぼす各種因子の影響を統計的に調査してきたが、本論文は之を一括したものである。従て之等の調査を行た時の條件等も區々であるが之を纏めて第 1 表に示す。

第 1 表 調査條件一覽表

	製 鋼 法		平 爐				製出 鋼塊	チャー ジ數
			爐號	容量	型狀	使用 燃料		
銑鐵装入割合 の影響	銑屑法	冷銑法	10	60t	メルツ 型	發生爐 ガス	軟鋼	647
	"	熔銑法	"	"	"	"	"	986
銑鐵成分 の影響	C	"	"	"	"	"	"	851
	Mn	"	"	1~6	40	重油	"	1,434
	Si	"	"	1~5	"	"	"	2,232
	P	"	"	"	"	"	"	4,773
装入時間の影 響	"	冷銑法	10	60	メルツ 型	發生爐 ガス	"	634
熔銑注入時期 の影響	"	熔銑法	1~3	40	"	重油	"	1,269
	"		10	60	メルツ 型	發生爐 ガス	"	302
ガス燃焼状態 の影響	"	冷銑法	"	"	"	"	"	336

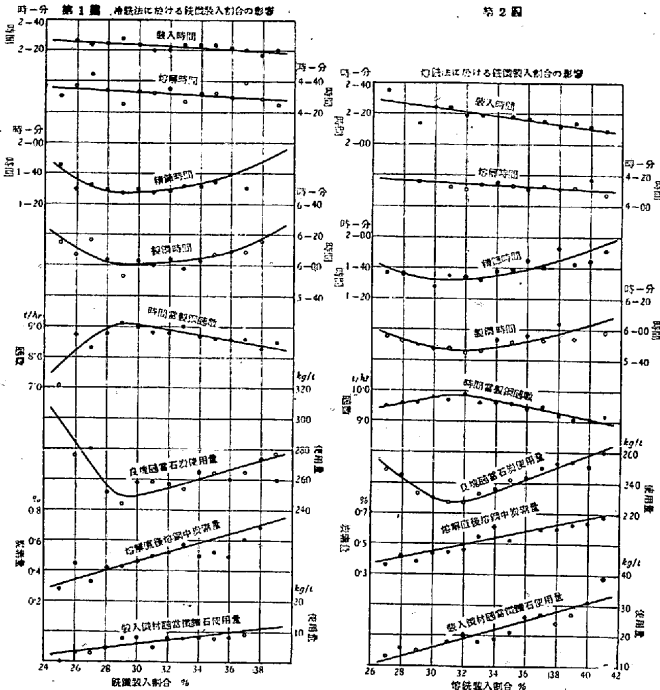
II 銑鐵装入割合の影響

全装入鐵材に對する銑鐵装入割合の平爐作業能率に及ぼす影響は冷銑法と熔銑法とでは幾分違てくるのは當然である。

1) 冷銑法 第 1 圖は冷銑法に於ける銑鐵装入割合の影響を表したもので、使用した銑鐵の平均成分は大體次の如きものである。

C	Mn	Si	S	P	Cu
4.10	1.50	0.70	0.05	0.50	0.10

\* 日本鋼管株式會社



装入時間は銑鐵装入割合の増加に従て減少するが、此の關係を實際作業に於て time study した結果から計算して見ると次の如くなる。

装入箱 1 箱の平均容量

屑鐵に對して…………… 1t || 平爐の容量…………… 60t  
 銑鐵に對して…………… 2' || 1 箱の平均装入時間…………… 2'4分  
 ∴ 銑鐵装入割合 1% の増加に依る装入時間の減少は  
 $2.4 \times (6/10 - 6/20) = 0.7$  分

統計上調査した結果は圖の如く約 0.5 分の減少となつて居り大體一致してゐる。熔解時間は銑鐵装入割合の増加につれて減少し、其の割合は銑鐵 1% に就き約 0.4 分である。此の原因には次の如き 3 項が考へられる。

1. 装入時間の減少 (装入時間と熔解時間との關係は第 4 節“装入時間の影響”を参照)
2. 装入鐵材中の平均炭素含有量の増加に依る熔融點の低下
3. 銑鐵中の珪素、磷等の不純物の増加に依る燃焼熱の増加 (第 3 節“銑鐵成分の影響”を参照)

精鍊時間は銑鐵装入割合 29% の時最短となり銑鐵が之よりも増しても減じても時間は延びる。此の結果は前述の如き成分の銑鐵を使用する場合には 29% 配合した時に、装入材の全部熔解し終た際の熔鋼中の不純物 (主として炭素) が精鍊に必要なして充分な餘裕を残して最小量含有されるといふ事を示す。従て銑鐵が之よりも増加する時には不純物の除去、即ち主として脱炭に要する時間が増し、又銑鐵が少くなれば熔鋼中の炭素含有量不足の爲銑鐵追加を

行ふ様になり、何れにしても精鍊時間が長くなるのは當然である。之を實際の數字で表すと銑鐵 29% の時には熔解直後の熔鋼中の炭素含有量は約 0.43% で、之より銑鐵の 1% の増減と共に炭素約 0.03% の増減となる。故に製出鋼塊の炭素含有量を平均 0.13% とすると精鍊に必要な炭素の最小餘裕量は熔解直後に約 0.30% といふ事になる。但し精鍊時間の長短は鐵礦石の使用量に依て左右されるもので、前述の銑鐵装入割合と精鍊時間との關係は銑鐵 29% の時には鐵礦石を装入鐵材處當約 5kg 使用し、之より銑鐵 1% の増減毎に約 0.7kg/t を増減するといふ條件の下に云へるわけである。

結局製鋼時間は銑鐵装入割合 29% の時に最も短縮され銑鐵が之よりも増しても減じても時間は延びる。又銑鐵 29% の時に時間當製鋼處數は最大となり、良塊處當石炭使用量は最小となる。即ち冷銑法に於ては前述の如き成分の銑鐵を使用する場合には 29% 配合する時に最も作業能率が高くなる。

2) 熔銑法 第 2 圖は熔銑法に於ける銑鐵装入割合の影響を表したもので、使用した熔銑の平均成分は大略次の如きものである。

C	Mn	Si	S	P	Cu
4.00	1.60	0.90	0.05	0.60	0.15

装入時間は熔銑装入割合の増加に従て減少するが、其の程度は冷銑法の時よりも大きい筈で前述の方法に依り熔銑 1% の増加に依る装入時間の減少を計算してみると次の如くなる。

$$2.4 \times 6/10 = 1.4 \text{ 分}$$

統計上では圖の如く約 1.3 分の短縮となつて居り、大體一致してゐる。熔解時間は熔銑装入割合の増加に従て短縮されるが、冷銑法の時に列記した理由の外に次の如き原因即ち

- 1 冷銑法の時より装入時間の減少程度が大きい。
- 2 熔銑の有する熱量の増加。

の爲に冷銑法の時よりも熔解時間の短縮される割合が稍々大きく、熔銑 1% の増加に就き約 0.5 分である。精鍊時間と熔銑装入割合との關係は冷銑法の場合と同様であるべき筈であるが、實際は圖の如く熔銑の割合稍々多く 30% の時に精鍊時間は最短となつてゐる。然し製出鋼塊の平均炭素含有量が稍々高く 0.14% であるから、熔銑 30% の時の熔解直後熔鋼中の炭素含有量 0.45% との差、即ち精鍊に必要な最小餘裕量は 0.31% となり大體冷銑法の場合

と一致する。唯溶解直後熔鋼中の炭素含有量は熔銑装入割合が高くなっても冷銑法の時程は増加せず、其の率は熔銑1%の増加に就き炭素約0.02%の増加である。之は熔銑装入割合が増してくると冷材装入時の装入鐵鑛石の量が増加する為で、溶解時間の短縮にも拘らず溶解直後熔鋼中の炭素は熔銑装入割合が高くなってくると冷銑法の時よりも低い。實際熔銑の増加に伴ふ鐵鑛石の使用量の増加割合は冷銑法の時よりも遙に大きく、熔銑1%の増加に就き装入鐵材應當約1.5kgの増加である。尙熔銑30%装入の時は鐵鑛石を約16kg/t使用してゐる。

結局製鋼時間は熔銑装入割合32%の時に最も短縮され熔銑が之より増しても減じても時間は延びる。又此の時に時間當製鋼應數は最大となり、良塊應當石炭使用量は最小となる。但し此の場合に鐵鑛石は約19kg/t使用し、溶解直後熔鋼中の炭素含有量は約0.50%となつてゐる。之を冷銑法の時と比較すると少し位精練に時間を要しても溶解時間の短縮される割合が大きい為冷銑法の時よりも銑鐵装入割合を幾分増した所に作業能率の最高點がある。

### III 銑鐵成分の影響

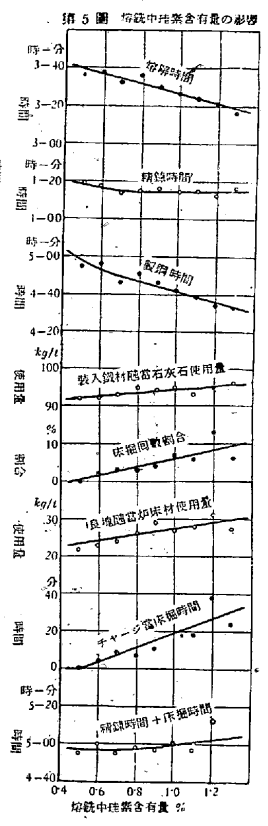
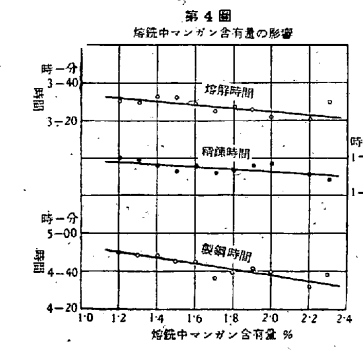
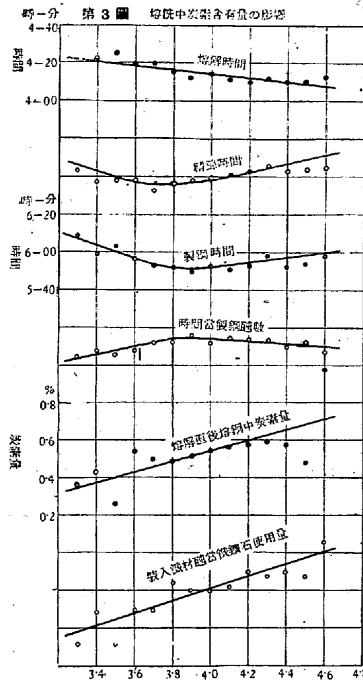
熔銑法に於ける銑鐵中の主なる成分 C, Mn, Si 及 P の平爐作業能率に及ぼす影響に就て調査した。

1) 炭素 第3圖は熔銑中の炭素含有量の影響を表したもので、熔銑装入割合は平均33%である。溶解時間は炭素の高くなるに従て短縮され、其の割合は炭素0.1%毎に約1.1分である。此の原因には次の如き2項が主なるものとして考へられる。

- 1 熔融點の低下
- 2 炭素の燃焼熱の増加

精練時間は炭素3.70%の時に最短となり炭素含有量が之より増しても減じても時間は延びる。此の關係は熔銑装入割合の影響の場合と全く同様で、熔銑中炭素含有量3.70%の時の溶解直後熔鋼中の炭素含有量約0.46%及装入鐵材應當鐵鑛石使用量約15.5kgは熔銑装入割合の影響の場合の熔銑30%に於ける炭素含有量0.45%及鐵鑛石使用量16kg/tと殆んど同一である。又熔銑中の炭素含有量0.1%の増加に依る溶解直後熔鋼中の炭素含有量の増加割合は約0.03%、鐵鑛石使用量の増加割合は約1.6kg/tである。

結局製鋼時間は熔銑中の炭素含有量3.90%の時に最も短縮され、又此の時に時間當製鋼應數は最大となる。此の熔銑法に於ける最大作業能率を發揮する場合の全装入鐵材



中の平均炭素含有量を計算してみると次の如くなる。

屑鐵中の平均炭素含有量…………… 0.30%

(1) 熔銑装入割合の影響より

熔銑装入割合…………… 32%

熔銑中平均炭素…………… 4.00%

∴ 全装入鐵材中の平均炭素

$$4.00 \times 0.32 + 0.30 \times 0.68 = 1.48\%$$

(2) 熔銑中炭素含有量の影響より

熔銑中炭素…………… 3.90%

熔銑平均装入割合…………… 33%

∴ 全装入鐵材中の平均炭素

$$3.90 \times 0.33 + 0.30 \times 0.67 = 1.49\%$$

即ち(1)及(2)から計算した結果がよく一致する。然し實際問題として高爐で銑鐵中の炭素含有量を調節する事は非常に困難であるから、銑鐵中の炭素含有量に依て其の装入割合を決定する様になるが、熔銑法に於ては前述の結果から次式に依り装入割合が計算出来る。

$$\alpha C_p + (1 - \alpha) C_s = 1.50$$



$$\alpha = [(1.50 - C_s) / (C_p - C_s)] \times 100$$

$\alpha$ : 熔銑装入割合 %  $C_p$ : 熔銑中平均炭素含有量 %

$C_s$ : 屑鐵中平均炭素含有量 %

但し此の場合に鐵鑛石は装入鐵材適當 19kg 使用するものとす。

2) マンガン 第4圖は熔銑中の Mn 含有量の影響を表したもので、調査期間中に於ける Mn 含有量の變化の範圍は 1.20~2.30% である。Mn 含有量の増加に従て熔解時間及精鍊時間は何れも短縮され、從て製鋼時間も當然短縮されるが其の割合は Mn 0.1% 毎に大體熔解時間 0.8 分、精鍊時間 0.6 分、結局製鋼時間は 1.4 分である。此の原因は主として次の如く考へられる。

1) Mn の燃焼熱の増加

2) 精鍊上の好影響 (例へば脱硫の促進)

元來鉄鐵中の Mn 含有量の増加に依る作業上或は鋼質上の悪影響といふ事は前述の 2.30% 程度では考へられないのであつて、此の程度迄は鉄鐵中の Mn 含有量は多い程平爐作業能率を増進する。

3) 珪素 第5圖は熔銑中の珪素含有量の影響を表したもので、調査期間中に於ける珪素含有量の變化の範圍は 0.50~1.30% である。熔解時間は珪素含有量の増加に従て短縮され其の割合は珪素 0.1% に就き約 2.6 分である。此の原因は主として珪素の燃焼熱の増加に依るものと考へられる。精鍊時間は珪素 0.70% 附近迄は珪素含有量の増加につれて稍々短くなるが其れ以上増加しても殆んど變化がない。寧ろ更に珪素増加する時は鋼滓量次第に多くなり精鍊に困難を來して却て時間は延びるものと豫想される。事實石灰石使用量は珪素含有量の増加と共に増して居り其の割合は珪素 0.1% 毎に装入鐵材適當約 0.4kg である。結局製鋼時間は熔銑中の珪素含有量 1.30% 位迄は其の増加に従て短縮される。

今鋼滓は一定の鹽基性度を保持するものとして珪素含有量 0.1% の増加に依る石灰石要求量を計算してみると次の如くなる。

$$CaO/SiO_2 = 3.0$$

熔銑装入割合……33% 石灰石中の平均 CaO……53%

Si 0.1% = 装入鐵材適當 0.33kg

Si 0.33kg に相當する SiO<sub>2</sub>

$$0.33 \times 60.06 / 28.06 = 0.7kg$$

∴ Si 0.1% の増加に對する石灰石要求量

$$0.7 \times 3 / 0.53 = 4.0kg/t$$

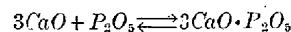
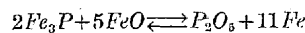
然るに實際作業に於ては前述の如く珪素 0.1% の増加毎に

石灰石は約 0.4kg/t を増してゐるのに過ぎないので、珪素が高くなるに従て鋼滓の鹽基性度は次第に減少してくるのは想像に難くない。然し鋼滓の鹽基性度が餘り減ずるのは殊に爐床に對してよくないのは當然であつて、熔銑中の珪素が増してくると明らかに床掘回数が増加してゐる。其の割合は珪素 0.1% 増加すると大體床掘は 1 回丈多くなり、珪素 1.30% の時には 100 チャージの内約 9 回の床掘をするといふ結果になる。勿論ドロマイト、マグネシヤ等の爐床材料の使用量も増加して居り、其の割合は珪素 0.1% 毎に良塊適當約 0.9kg である。故に床掘を修理する爲に爐を空けて置く時間迄計算に入れると熔銑中の珪素含有量は 0.70% 程度に制限したく、之以上珪素が増加すると製鋼時間の短縮にも拘らず床掘時間が増加する爲に作業能率は却て低下する。又床掘を防ぐ爲石灰石を多量に使用する時は鋼滓量が多くなって精鍊困難となり製鋼時間の長くなる事が豫想され何れにしても熔銑中の珪素量の餘り高くなるのは好ましくない。

4) 磷 第6圖は熔銑中の磷含有量の影響を表したもので、調査期間中の磷の變化の範圍は 0.30~0.80% である。熔解時間は磷含有量の増加に従て短縮されるが其の割合は珪素の場合より稍々多く磷 0.1% 毎に約 3.2 分である。此の原因も矢張り磷の燃焼熱の増加に依るものと考へられる。精鍊時間は 0.50% 附近迄は磷含有量の増加するに従て短縮されるが之以上では却て延びてゐる。此の原因も珪素の場合と同様に鋼滓量の増加に依り精鍊に困難を來たす爲と考へられるが、磷含有量の増加に伴ふ石灰石使用量の増大割合は珪素の場合より更に多く磷 0.1% 毎に装入鐵材適當約 2.8kg である。結局製鋼時間は 0.50% 附近迄は磷含有量の増加に従て急激に短縮され、其れ以上増す場合は 0.80% 附近迄は徐々に短縮される。

今熔銑中の磷 0.1% 増加した場合に其の脱磷に要求する石灰石量を計算してみると次の如くなる。

脱磷の化學反應式



或は  $4CaO + P_2O_5 \rightleftharpoons 4CaO \cdot P_2O_5$

熔銑装入割合……33%

P 0.1% = 装入鐵材適當 0.33kg

P 0.33kg に相當する P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

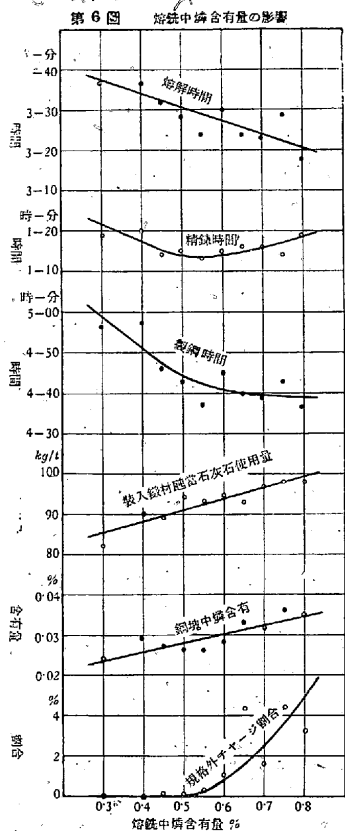
$$0.33 \times 142.054 / 62.054 = 0.76kg$$

∴ P 0.1% の増加に對する石灰石要求量

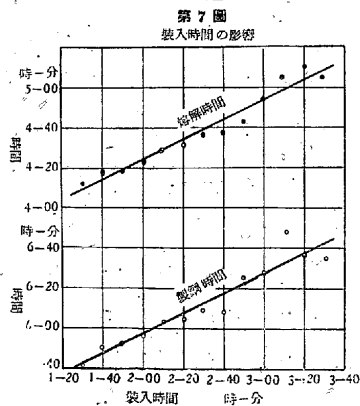
$$3 CaO \cdot P_2O_5 \dots 0.76 \times 168.21 / 142.054 / 0.53 = 1.7kg/t$$

$$4 CaO \cdot P_2O_5 \dots 0.76 \times 224.28 / 142.054 / 0.53 = 2.4$$

然るに實際統計に依ると熔銑中の磷含有量 0.1% の増加毎に石灰石使用量は約 2.8 kg/t を増してゐるので何れにしても脱磷には充分努力してゐるものと考へられる。其れにも拘らず製出鋼塊中の磷含有量は熔銑中の磷含有量の増加と



第 6 圖 熔銑中磷含有量の影響



第 7 圖 装入時間の影響

共に増して居り其の割合は熔銑中の磷 0.1% に就き鋼塊中の磷約 0.002% なり。極端に鋼塊中の磷が多くなると規格外 ( $P > 0.060\%$ ) になるチャージも出てくるわけで、統計に依ると圖の如く熔銑中の磷含有量 0.50% 位迄は鋼塊中の磷の多い爲に規格外となるチャージは殆んどないが、0.50% を越して更に磷含有量が増加すると規格外となるチャージは急激に増し磷 0.80% 附近では 100 チャージの内約 4~5 チャージは規格外となる。従て熔銑中の磷含有量は作業能率のみから見ると 0.80% 位迄は高ければ高い程よいが、製品の材質といふ事を考慮に入ると最大限度 0.50% に止めたく之以上磷含有量を増すのは危険である。B. Osann<sup>1)</sup> も銑鐵中の最大磷含有量は 0.5% なりと云てゐる。

#### IV 装入時間の影響

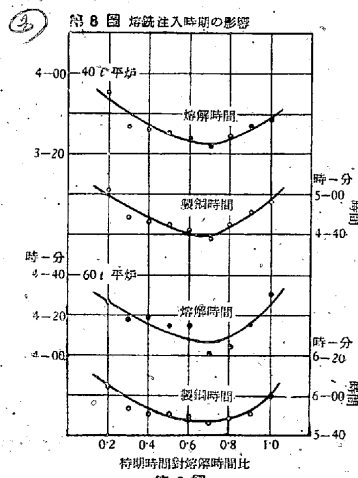
第 7 圖は冷銑法に於ける装入時間の平爐作業能率に及ぼす影響を表したものであるが熔銑法に於ても其の関係は大同小異である。熔解時間は装入時間が短くなるに従て當然短縮されるが其の割合は装入時間 10 分に就き熔解時間約

5 分である。即ち熔解時間は装入時間の短縮量迄は短くならないので其の約半分である。然し装入時間の長短は精錬時間には殆んど影響はないので従て製鋼時間は熔解時間と同じく装入時間 10 分の短縮に對して約 5 分短くなる。

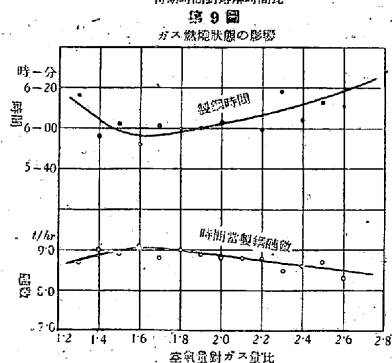
元來平爐作業能率を高める爲に精錬時間を短縮するのは兎角製出鋼塊の材質を犠牲にする事が伴はれ易い。之に反して熔解時間を短縮するのは爐體の損傷にさへ注意を拂へば多くの場合材質の方に悪影響を及ぼす恐れは少い。故に装入法の改善、装入機配置の改良等に依て極力装入時間の短縮を計るのは何等爐體を損傷する事もなく、又材質を落す心配もなく、平爐作業能率を増進せしめる有力な一條件であると云へる。

#### V 熔銑注入時期の影響

熔銑法に於ては熔銑の注入時期を適當に選ぶといふ事が熔解時間を短縮する一原因となる。第 8 圖は熔銑注入時期の影響を表したもので 40t 平爐に於ても 60t 平爐に於ても殆んど同様な結果を得た。即ち待機時間 (装入開始より



第 8 圖 熔銑注入時期の影響



第 9 圖 ガス還元状態の影響

熔銑注入迄の時間を假りに云ふ) 對熔解時間の比が 0.7 の時に熔解時間は最も短縮され、熔銑注入時期が其れより早くも遅くも熔解時間は延びる然し熔銑注入時期の遅速は精錬時間には殆んど影響がないので結局製鋼時間は熔解時間と同様に待機時間對熔解時間の比が 0.7 の時に最も短縮される。

前の鶴見製鐵造船株式會社に於て深堀氏<sup>1)</sup> は同社の 60t 平爐に就て熔銑注入時期の影響を調査された結果を發表されてゐるが、同氏に依ると平均熔解時間は 4 時間 30 分にして装入開始後 3 時間 10 分経過した時

<sup>1)</sup> B. Osann: Lehrbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. II (1926) S. 463

<sup>1)</sup> 鐵と鋼, 第 21 年 (昭和 10 年) P. 543

に熔銑を注入した場合製鋼時間は最短となると述べてゐるので、此の場合の待期時間對熔解時間の比は矢張り約 0.7 になる。故に此の待期時間對熔解時間の比 0.7 といふ數字は爐の大きさには關係なく最も適當な熔銑注入時期を表すものと思はれる。然し實際作業に於ては熔銑装入割合が多くなり装入鐵鑛石も増してくると熔銑注入時の湯面上騰激しくなり、少し注入時期が遅れると甚だしきは前面の装入口より噴出するのは日常經驗する所である。故にかゝる際は出来る丈早期に熔銑を注入してやらねばならないので熔銑装入割合が多くなってくると作業能率を増進する爲に前述の最も適當な熔銑注入時期を忠實に護るといふ事は仲々困難になる。

## VI ガス燃焼状態の影響

平爐作業に於て燃料の燃焼状態を適當に調節し如何にして高温度を得るかといふ事が古來多くの技術者に依て研究され、改善され來たつた所で、メルツ式と云ひ、モル式と云ひ何れも之等の苦心の結晶に外ならないのである。此の點重油を使用する時は燃焼状態の調節は比較的容易であるがガスを使用する時は仲々困難である。而して爐内温度は熔解時間及精鍊時間に最も大きな關係を有するものであるから従て平爐作業能率にも重大な影響を及ぼす。第 9 圖はガス燃焼状態の影響を表したもので、ポートより吹き込む空氣量對ガス量比が 1.6 の時に製鋼時間は最も短くなり、又時間當製鋼吨数は最大となる。即ち空氣をガスの 1.6 倍吹き込む時に作業能率は最高となり空氣が之より増しても減しても能率は下がる。

此の場合に空氣は勿論計算上の必要量より多く吹き込んでゐるわけであるが其の過剰量を計算すると次の如くなる

發生爐ガスの平均成分 %

CO 29      H<sub>2</sub> 12      CH<sub>4</sub> 4      O<sub>2</sub> 0.2

此のガス 1 m<sup>3</sup> を完全燃焼せしめるのに必要な空氣の計算量…………… 1.3 m<sup>3</sup>

∴ 空氣の過剰量

$$[(1.6 - 1.3) / 1.3] \times 100 = 23\%$$

故に平爐の燃料としてガスを使用する場合には空氣を計算上の必要量よりも 23% 過剰に吹き込んだ時に作業能率は最も高くなる。

此の空氣の過剰量に對しては昔から多くの研究があり、Mayer<sup>1)</sup> は理論上の計算量の 1.21 倍の空氣では未だ完全

燃焼せずに廢氣中に少量の CO 残ると云ひ、又 Dichmann<sup>2)</sup> は 30% の過剰量を要すと云てゐる。之に反して Osann<sup>3)</sup> 及 Richards<sup>4)</sup> は 10% としてゐるが著者の經驗に依ると實際作業に於ては之では少な過ぎる。

## VII 總 括

以上述べた鹽基性平爐の作業能率に及ぼす各種の因子の影響を總括すると次の如くなる。

1. 冷銑法に於ては炭素約 4.1% の銑鐵を使用した場合に其の装入割合を 29% とし、又熔銑法に於ては炭素約 4.0% の熔銑を使用した場合に其の装入割合を 32% とした時に作業能率は最高となる。但し鐵鑛石は装入鐵材相當前者の場合に約 5 kg 後者の場合に約 19 kg 使用する。
2. 熔銑法に於て熔銑を平均 33% 装入した場合に熔銑中の炭素含有量は 3.90% の時に作業能率は最高となる。但し此の場合も鐵鑛石は 19 kg/t 使用する。
3. 熔銑法に於ては熔銑の装入割合を決定する場合に次式より計算すればよい。

$$\alpha = [(1.50 - C_p) / (C_p - C_s)] \times 100$$

$\alpha$  : 熔銑装入割合 %

$C_p$  : 熔銑中平均炭素含有量 %

$C_s$  : 屑鐵中平均炭素含有量 %

但し鐵鑛石は 19 kg/t 使用するものとす。

4. 熔銑中のマンガン含有量は高い程作業能率は増進する。
5. 熔銑中の珪素含有量は高い程製鋼時間は短縮されるが床掘が増加するので 0.70% 以下に制限したい。
6. 熔銑中の磷含有量も高い程作業能率は増大するが鋼塊の材質を低下させるので 0.50% 以下に止めたい。
7. 装入時間を短縮する程作業能率は高くなる。
8. 熔銑法に於ては待期時間（装入開始より熔銑注入迄の時間）對熔解時間の比 0.7 といふ時期に熔銑を注入するのが最も能率がよい。
9. ポートより吹き込む空氣量はガスを完全に燃焼せしめるのに必要な計算量より 23% 丈過剰に送た場合に作業能率は最も高くなる。

<sup>1)</sup> Stahl u. Eisen, 1908, S. 725

<sup>2)</sup> C. Dichmann: Der basische Herdofenprozess(1920)S. 87

<sup>3)</sup> B. Osann: Lehrbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. II (1926) S. 344

<sup>4)</sup> J. W. Richards: Metallurgical Calculations(1918), 384