

過熱熔解と操業方法との關係

平岡正哉

申すまでもなく地金の熔解及び過熱は總て羽口から送風によつて燃焼された散炭の發熱量によるものでありますが、この爐内に送り込まれる送風の分布は決して一樣なものでありませんから、爐の部分によりて熱量の集中及び分布の状態を異にして居ます。

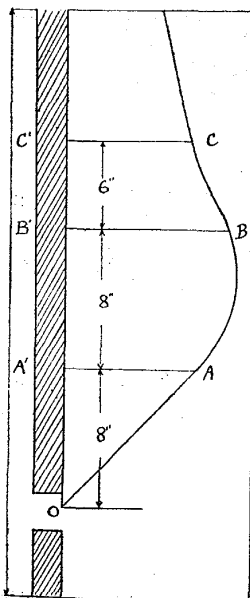
而も又散炭燃焼によつて生ずる燃焼瓦斯も常に同性質のものではなく爐内を上昇する間に焰の性質及び熱量の著しい變化を致しますから是等焰の孰れかの部分に夫々地金の熔解及び過熱に適當した點が出来る筈でありまして、それ等の位置は送風の強さと量即ち爐の有効高さ、爐腹面積及び羽口面積等に關係し又散炭の量及び性質によつて自ら定つて來るのであります。

故にこの爐内に於ける熱分布の状態及び瓦斯燃焼の状態を無視して操業したならば假令如何程多量の散炭と送風とを用ひましても決して高温度の美しい熔湯を得ることは不可能であります。

故に私は地金の過熱熔解に對しても先づ充分 Cupola その者の性能を知つて適當なる爐の構造を得ることが第一義であつて、之によつて先づ爐内の送風分布を一樣ならしめ、適當なる熔帶及び過熱帶を作ることが出来たならば、之で既に過熱熔解の目的の半以上は達せられる譯であつて、後は操業方法によつて爐をこの適當なる状態に保ちさへすれば全操業期間に亙つて常に高温度熔解が行はるべきであると考へて居ります。

即ち私の考へに従へば過熱熔解に對する操業方法の effect と言ふことは爐の構造に比すれば極めて

略圖 1



極限されたるものであると思はれるのであります。然しこれは操業方法を輕視してもよいと言ふのでは決してなく、殊に或る場合には操業方法によつて或る特定時間内だけ特に高温度熔解を行ふことも出来るのでありますから操業方法の良否も亦極めて大切なる問題であります。而してこの地金の過熱及び熔解と爐の構造との關係に對する私の見解は、嘗つて羽口の研究と題して「鐵と鋼」に發表したことがありますし、又熔解過熱と操業方法との關係に就きましてもその際「熔帶の研究」として稍と詳しく述べた積りであります。而して以上は總て私の大正 13 年 3 月までの經驗を述べたものでありましたが現在に於ても幸ひ當時の考へが大體に於て誤りないと考へて居りますので今日茲で改めて申上げることがを避けますが要するに熔解過熱に對する私の根本の考へは次の如くであります。(略圖 1 参照)

即ち今 O 點を羽口と致しますと Medium size の Cupola に於きましては、

羽口より 8'~16' 上部なる A. B. 間に於て爐内の温度は最高に達します。然し茲は Oxiding atmosphere であつて地金の熔解が茲で行はるれば地金は甚しく酸化されて仕舞ふので地金の熔解には不適當であります。

又 B. C. 間に於ては焰が酸化焰より還元焰に變る所で急に熱量を減じます。然し尙充分高温度にあり、又降下地金に取つては急に温度の上昇する點でありまして、降下地金はこの點まで來ると急に熔解を始め、又この部分に於て熔解を完了させることが必要であります。又斯くして地金が一旦 molten state となりますと、A. B. なる酸化帯を pass する時も Cast iron の特有の Bessemerisation によつて完全に酸化物を防ぐことが出來ますばかりでなく、充分熔湯の過熱が出來るのであります。

即ち熔解作業の秘訣は地金熔解を總て B. C. 間で完了せしむることであるためには常に Bed coke の高さを C 點以上に保つことで、後は爐の構造さへ適當なれば常に高温度の熔湯を得られるものであると考へて居ります。

現在に於きましても私は全然以上の principle に従つて操業して居るのでありますので過熱操業法と言ふことに就ては改めて申上げることは何もないのであります。

然し御承知の様に、地金の熔解作業は必然的に地金の酸化、硫黄の吸収及び加炭の現象を伴ふものであり、殊に最後の加炭の現象は近年の様に Semi steel の熔解が盛になりますと益々重大なる問題となつて來ましたし、又私も茲數年間は非常に興味を以て専らこの問題の解決に従つて居りましたので幾分問題とは deviate して居りますが、茲では主として地金の過熱操業に伴ふ困難としての加炭現象に對する私の二三經驗を申上げて皆様の御教示を仰ぎたいと思ふのであります。

(1) 骸炭使用量と過熱及び加炭の現象

過熱熔解に對する一番 efficient な方法は幾分 excess の骸炭を用ひ幾分 excess な blast を送りこむことであります。

即ち骸炭が excess であれば常に適當なる melting zone を保つことが出來るし、而も excess blast によりて多量の熱量を發生出來るので高温度に熔解し、又燃焼帯に於ける過熱も充分となりますことは少しも疑問の餘地のない事實であります。

然し骸炭使用量の excess と言ふことは爐内の熔帶及び湯溜り中の熱を高めると同時に爐内の atmosphere を reducing にすることになりますがこの兩者は私の經驗上 Cupola 内に於ける加炭作用に最も著しい影響を與ふるものと考へて最も恐れて居る所なのであります。

以下これに對する私の見解を申上げたいと思ひますがその前に簡単に爐内に於ける鐵の炭素吸収に關する私の實驗を申上げて置くことが便利であります。

I Cupola 内に於ける鐵の滲炭現象の實驗

之れは大正 12、3 年に 1 ton 及び 3 ton Cupola に就いて行ひました實驗でありまして、當所では實

際作業としては早くから Semi-steel melting を行つて居りましたが、然し爐内に於ける實際の加炭作用が如何なる時期に於て如何なる程度まで進行するものであるかと言ふことは全然知りませんでした。又當時までは何等之れに関する文獻もなかつたので實際的にこれを確めようとしたのであります。

その方法は 1 ton 爐「1 段羽口」及び 3 ton 爐「2 段羽口」に於ける 3 時間乃至 5 時間の操業時間中普通の熔解作業と全く同様に、骸炭及び石灰石と共に Steel scrap のみを装入して熔解作業を行ひ、一定時間毎に羽口面及び出銑口より同時に試料を採取し、熔解後の炭素吸収量を調べ、或は又操業の途中に於て送風を止め爐内の全装入物を取り出して Steel の熔解開始前後に於ける炭素吸収の状態を調べたのであります。

Table I

試料採取所 試料採取時	第 1 回		(+) 第 3 回		第 4 回		第 5 回		第 6 回	
	羽口面に於て	Tap hole に於て	羽口面に於て	Tap hole に於て	羽口面に於て	Tap hole に於て	羽口面に於て	Tap hole に於て	羽口面に於て	Tap hole に於て
送風後 45'	1.32	2.57	1.87	2.61	—	—	1.92	2.67	1.46	2.82
1° 15'	1.93	2.92	1.64	2.74	1.99	2.84	1.90	2.92	1.39	2.80
1° 45'	1.86	2.89	2.18	2.92	2.41	2.93	2.24	2.93	2.28	2.88
2° 15'	2.51	2.95	2.57	2.88	2.40	2.98	2.38	2.87	2.40	2.81
2° 45'	2.33	2.95	2.48	2.91	2.51	2.91	2.49	2.89	2.49	2.94
3° 15'	2.49	2.92	2.47	2.95	2.46	2.87	2.43	2.94	2.52	2.86
3° 45'	—	—	2.41	2.89	2.47	2.87	2.41	2.88	2.50	2.93
4° 15'	—	—	2.42	2.91	2.41	2.89	2.49	2.89	2.38	2.84
4° 45'	—	—	2.41	2.89	—	—	2.43	2.92	2.40	2.89

備考 使用爐は 1ton Cupola (1 段羽口)

装入物 第 1 回	鋼板 250 kg	骸炭 25 kg	石灰石 10 kg	第 3、4、5、6 回	鋼板 250 kg	骸炭 25 kg	石灰石 10 kg	Fe~Si 2.5 kg
-----------	-----------	----------	-----------	-------------	-----------	----------	-----------	--------------

(+) Tap hole より試料は Molten-metal を湯溜中に 30 分間保持したる後 Tap したるもの
又第 1 回、3 回、4 回、5 回は湯溜り高さ (羽口より砂床まで) 18" 第 6 回は湯溜り高さ 9"

Table II

送風後	第 2 回		
	羽口面に於て	Tap hole に於て	Tap hole を開放したるまゝ
45'	1.41	1.96	
1° 45'	2.07	2.41	使用爐 1 T Cupola
1° 45'	2.51	2.78	装入物 鋼板 250 kg
2° 15'	2.49	2.81	骸炭 25 kg
2° 45'	2.46	2.81	石灰石 10 kg
3° 15'	2.40	2.83	Fe~Si 2.5 kg

Table III

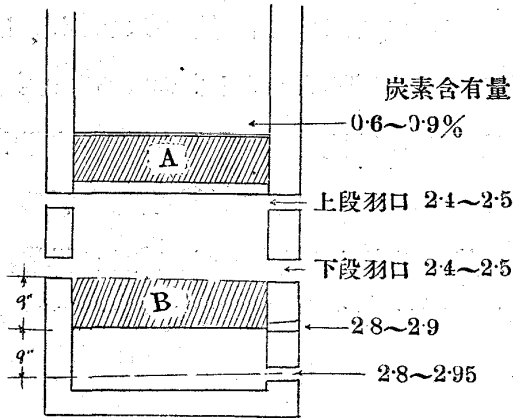
実験回数 試料採取箇所 採取時間	第 7 回			第 8 回		
	上段羽口より	下段羽口より	Tap hole より湯溜中に 30 分保持せるもの	上段羽口より	下段羽口より	Tap hole より湯溜中に 30 分保持せるもの
送風後 2° 15'	2.42	2.51	2.92	2.51	2.48	2.82
2° 45'	2.49	2.51	2.88	2.40	2.49	2.87

備考 使用爐 3 T Cupola (2 段羽口)

装入量	鋼板 500 kg	骸炭 50 kg	石灰石 15 kg	Fe~Si (87%) 5 kg
-----	-----------	----------	-----------	------------------

この結果に就いては後日取纏めて一層詳しく發表の時期があると思ひますが、大體は Table I、II 及び III の如くであります。之れによりますと操業開始後 1 時間半位までは爐内の熱及び送風の分布状態が尙 Normal Condition に達しませんため地鐵の炭素吸収量は時により色々變つて居ります

略圖 2



が、操業後 2 時間以後は常に一定の結果を與へまして、鋼板の溶解中に於ける炭素吸収の状態を知ることが出来ます。

即ち

i. 鋼板は爐内に於ては Steel として溶解し、溶解開始前に吸収する炭素量は極く僅かで 0.6% 前後に過ぎない。

(實驗略)

ii. 然し鋼板は一旦溶解すると、能く炭素を吸収し 2.4% 前後の炭素を吸収するものなることが解る然し 3 ton

Cupola に於て下段羽口と上段羽口との中間の Oxidizing atmosphere の部分に於ては殆んど滲炭作用を生ぜることは注意すべきことである。

iii. 又羽口面より Tap hole に至る湯溜り中に於ても 2.8% 前後までの炭素を吸収することが解る。

iv. 又湯溜り保持時間も炭素吸収量に幾分影響し、湯溜り中に 30 分間保持したるものは炭素吸収量 2.95% 前後に及んで居る。

v. 然し湯溜り高さは炭素吸収量には殆んど無影響であつて湯溜り中に於ける炭素吸収は骸炭 Slag 及び羽口よりの燃焼瓦斯に觸接する molten metal に限られることが想像される。

結局

爐内に於ける炭素吸収は略圖 2 の如くにして、又滲炭作用に最も重大なる部分は羽口以上 melting zone に至る A なる部分と Slag 及び骸炭と共存する molten metal の上層 B なる部分であることが解る。

これから私が申上げ様とするのもこの A 及び B に於ける加炭作用に就てであります。

II 鐵と固體炭素との直接反應

所が御承知の様に Carbon Controlling と言ふ問題は非常に複雑な關係にありまして熔鑛爐作業に於てすらも未だ完全に解決されて居らない問題であります。

又一般に高爐作業に於ては前述 (B.) なる部分の加炭作用が重大視され、爐内に於ける滲炭作用は主として、Hearth 中の molten-metal と固體炭素 (骸炭) との直接接觸によつて行はれるものと考へられて居ります。

従つて一般の化學反應と同様に滲炭作用は temperature と time との function であつて、

Hearth 中に於ける temperature が高ければ高い程

Hearth 中に於ける保持時間が長ければ長い程

滲炭が進行し、又骸炭の量及び性質によつても加炭作用が影響されるものと考へられて居ります。

勿論湯溜り中の温度及び保持時間が加炭の一原因であることは多くの實驗及び經驗によつて殆んど疑

問の餘地のない事實であります。然し爐内に於ける加炭作用の全部を Hearth の temperature と time とで説明することは不可能であります。

例へば單に湯溜り温度のみから申しますと、舊式の高爐及び送風壓の低い高爐に於きましては充分湯溜りに熱が利いた時でも常に低炭素の鉄鐵が得られ、私の學生時代、舊式高爐による釜石 1 號鉄鐵は多分 T.C. 3.3% 前後であつたと記憶致して居ります。

然るに近代の爐高高く高壓、高溫送風をなす高爐に於きましては湯溜り温度が下がつて 2 號或は 3 號鉄鐵を生ずる様な時にも尙ほ比較的多量の炭素を含有して居り、兼二浦だとか八幡製鐵所の様な近代的操業をして居る所では 4% 以下の炭素含有量のものは作ること殆んど不可能になつて居ると申します。

又單に Hearth temp のみから申しますと電氣爐の湯溜り内に於ては 2,000°C 以上にも及ぶでせうが、電氣爐製鉄鐵に於ては加炭劑として木炭を用ひ、又硅素、磷等の含有少き場合、即ち鐵の炭素 solubility の大なるべき筈の場合に於ても 3% 以上の炭素を含有せしむるためには長時間を要し甚だ困難であります。

又電氣爐の湯溜り温度は Cupola の湯溜り温度よりも遙に高いのでありますが、Cupola で熔解した molten metal を脱硫の目的で電氣爐に移しますと或る量の炭素が kish graphite として析出して來ると言はれて居ります。(Osann Gietzerei Zeit. 1926)

又私共でも一例としてこんな場合があります。之れは 1,480°C で tap した Cupola molten metal を脱硫の目的で電氣爐に Charge し basic slag によつて 1 時間精製を行ひました所初め 3.27 の炭素量は 3.05% に下がつて參りました。

Test Mark	T.C	P	S	Cu	Mn	Si	
HH 736A	3.27	0.617	0.032	0.155	0.98	1.864	Cupola より tap
HH 736B	3.05	0.611	0.018	0.140	0.97	1.852	電氣爐より tap

又 Cupola と電氣爐との duplex process を行つて居られる戸畑木津川工場でも以上の様な事實を認めて居られます。

即ち以上の考へから致しますと熔鑛爐及び Cupola の操業は電氣爐 Crucible 及び Air furnace の操業に比して Hearth temp 以外に何か特に炭素を熔解するに都合がよい状態にあるものと考へねばなりません。

III 滲炭作用に及ぼす爐内 atmosphere の影響

依つて私は従來の Cupola melting の經驗より此の原因の一部を爐内の Reducing atmosphere に歸して居るのでありまして Cupola や Blast furnace に於きましては、Reducing atmosphere の強きため High grade の Carbonized gas CO が low grade の Carbimised gas CO₂ に dissociate し 2CO → CO₂ となる reaction によつて metal 中に炭素を加炭せしめるのではないかと考へて居るのであり

ます。

但しこの時の變化が直接 $2\text{CO} + [3\text{Fe}] \rightarrow \text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}_2$ の如き變化をとるか或は又瓦斯と共に Carbide を作り、又は Cyanide を作つて加炭するかは後の問題であります。然し孰れに致しましても以上の如き變化は凡て體積を收縮する變化であり又熱の吸収を要する反應であるから、

爐内に CO 瓦斯が Rich ならばなる程 爐内の pressure が強ければ強い程 又爐内の temperature が高ければ高い程

爐内に於ける加炭作用は進行すべきであります。

斯く考へますと前に述べた様な高壓高温送風をなす近代的高爐鉄や、容易に CO 瓦斯を生ずべき木炭鉄に於て炭素含有量高く、反對に Cold Blast 鉄や、舊式の爐高、送風壓の低いものに於て炭素の含有量の低いこともよく説明できます。

又 hot Blast 操業をなす獨逸の Schürmann 式 Cupola が湯溜中で炭素の増加を來し Cast iron の grain を荒くして困難して居ると言ふ様な原因も Hearth temperature の増加によつて鐵と固體炭素との直接反應を favour すると言ふ變化と共に間接には Reducing atmosphere を増加して滲炭作用を増加したと考へれば説明出来ると思ひます。

所で以上申上げましたことは皆單なる定性的の事實であつて理論としては尙不安定であります。然し私は從來この考への下に實際の Semi steel 操業を行つて居るのでありまして實際の熔解操業に於ける定量的の實驗結果は次の如くであります。

即ち Table IV、V、VI 及び VII は當所の Special Casting (後述) 用の Cupola Refined pig であります。表の如き裝入配合によりまして1日の全操業期間中引き續き Semi steel のみを熔解した場合の結果であります。而して是等は勿論直接製品としても Cast することが出来るのであります。當所では Semi steel 用鉄鐵の換る毎に、2、3 回づゝ斯かる操業を行つて加炭作用の實驗をなすと共に新材料に對する地金配合を定めて製品の萬全を期して居るのであります。

而して各 Table の右から 2 行目に硅素の燃焼減量を示して居りますが、これによりますと一般に Si Mn 等の燃焼多き場合即ち爐内が Oxidising atmosphere であると考へられる場合には炭素の吸収量の少いことが解ります。

又 Table VII に於て 4 回乃至 6 回目に tap したるものが炭素吸収量を増加し反對に硅素の燃焼を減じて居りますが、これは實驗的に操業の途中に於て一時送風量を變じて Reducing atmosphere を構成させたためであつて、爐内の atmosphere が炭素吸収量に及ぼす影響の大なることが解ります。

Table VIII、IX 及び X も同様な實例でありまして是等は凡て實際の製品として何れも 1 個 1.5 ton 以上の重量を有する品物に鑄込まれたものであります。是等は私共で最も普通の Semi-steel でありまして斯かる種類の製産高は 1 箇月 150 ton に及んで居ります。又茲には比較に便利のため成る可く

Table IV Cupola Refined Pig.

硅素の燃焼減量と炭素吸収量との關係

Mark	T.C.	P	S	Cu	Mn	Si	硅素減量	鋼板の炭素の吸収量
HH 514 1)	3.17	0.088	0.074	0.063	0.62	1.055	0.245%	2.96%
2)	3.12	0.086	0.058	0.072	0.61	0.907	0.313	2.86
3)	2.95	0.089	0.070	0.064	0.54	0.888	0.412	2.52
4)	3.00	0.091	0.052	0.080	0.54	0.86	0.494	2.62
5)	3.09	0.087	0.070	0.080	0.55	0.877	0.423	2.80
6)	3.05	0.091	0.078	0.080	0.58	0.888	0.412	2.72
7)	3.03	0.091	0.072	0.080	0.58	0.870	0.430	2.63
8)	3.11	0.092	0.071	0.040	0.57	0.889	0.411	2.84
9)	3.11	0.096	0.064	0.035	0.54	0.855	0.445	2.84
10)	2.84	0.093	0.064	0.040	0.54	0.763	0.537	2.30
11)	3.06	0.097	0.067	0.056	0.53	0.813	0.487	2.74
12)	2.84	0.093	0.069	0.066	0.53	0.738	0.562	2.30
13)	3.02	0.092	0.070	0.066	0.53	0.801	0.499	2.76
14)	2.96	0.089	0.065	0.072	0.56	0.763	0.537	2.54
15)	3.07	0.093	0.065	0.066	0.51	0.834	0.466	2.76
配合	鞍山2號銑鐵	50%						
	板金屑	50%	T.C	P	S	Cu	Mn	Si
	Fe~Mn	0.5%	3.33	0.132	0.037	0.03	0.15	2.606

計算による硅素量 $2.606 \times 50\% = 1.300\%$
 Pig 中の炭素量 $3.38 \times 50\% = 1.69\%$
 1 回の出銑量 1,500kg 全量 22,500kg
 No. 3 噸 Cupola Blast Pressure 7~7.5 oz/□" Layer Charge coke 9.5%

Table V Cupola Refined Pig.

硅素の燃焼減量と炭素吸収量との關係

Mark	T.C.	P	S	Cu	Mn	Si	硅素減量	鋼板の炭素の吸収量
HH 672-1)	3.22	0.097	0.074	0.116	0.57	0.999	1.23%	3.07%
2)	2.99	0.038	0.062	0.101	0.51	0.780	0.45	2.65
3)	3.03	0.096	0.071	0.109	0.48	0.774	0.456	2.73
4)	2.81	0.094	0.059	0.093	0.50	0.783	0.447	2.33
5)	2.81	0.094	0.059	0.105	0.49	0.773	0.457	2.33
6)	2.85	0.090	0.059	0.105	0.49	0.719	0.511	2.40
7)	2.86	0.092	0.074	0.094	0.47	0.729	0.501	2.41
8)	2.85	0.100	0.063	0.102	0.47	0.717	0.513	2.40
9)	2.92	0.102	0.061	0.097	0.48	0.730	0.50	2.53
10)	2.99	0.097	0.061	0.101	0.53	0.821	0.409	2.65
11)	2.91	0.095	0.069	0.120	0.50	0.785	0.425	2.52
12)	3.07	0.102	0.063	0.105	0.52	0.822	0.408	2.80
配合	鞍山2號銑鐵	45%						
	板金屑	55%	T.C	P	S	Cu	Mn	Si
			3.41	0.133	0.034	0.017	0.15	2.731

計算による硅素量 $2.731 \times 45\% = 1.230\%$ Pig 中の炭素量 $3.41 \times 45\% = 1.50\%$

Table VI Cupola Refined Pig.

硅素の燃焼減量と炭素吸収量との關係

Mark	T.C.	P	S	Cu	Mn	Si	硅素の減量	鋼板の炭素の吸収量
HH 244-1)	3.20	0.281	0.077	0.161	0.56	0.651	0.368%	2.9%
2)	3.01	0.267	0.061	0.181	0.55	0.656	0.363	2.58

3)	3.01	0.254	0.065	0.216	0.49	0.568	0.451	2.58
4)	2.93	0.274	0.067	0.200	0.45	0.463	0.553	2.45
5)	2.91	0.268	0.065	0.188	0.50	0.494	0.525	2.42
6)	2.96	0.263	0.065	0.161	0.48	0.517	0.502	2.50
7)	3.16	0.280	0.057	0.184	0.56	0.564	0.455	2.67
配合	輪西銑鐵	40%	T.C	P	S	Cu	Mn	Si
	板金屑	60%	3.65	0.356	0.017	0.084	0.55	2.549
計算による硅素量		$2.549 \times 40\% = 1.018\%$		Pig 中の炭素量		$3.65 \times 40\% = 1.46\%$		

Table VII Cupola Refined Pig.

硅素の燃焼減量と炭素吸収量との關係

Mark	T.C	P	S	Cu	Mn	Si	硅素の減量	鋼板の炭素の吸収量
						1.322		
HH 421-1)	3.16	0.249	0.069	0.089	0.60	1.261	0.061%	2.84%
2)	3.02	0.233	0.078	0.094	0.59	0.912	0.410	2.56
3)	2.92	0.259	0.064	0.091	0.61	0.918	0.404	2.36
(+) 4)	3.23	0.253	0.068	0.091	0.59	1.060	0.262	2.98
(+) 5)	3.23	0.238	0.068	0.091	0.57	1.080	0.242	2.98
(+) 6)	3.18	0.240	0.069	0.094	0.58	1.025	0.237	2.88
7)	2.98	0.238	0.071	0.087	0.56	0.846	0.476	2.48
8)	3.08	0.238	0.069	0.086	0.55	0.993	0.329	2.68
9)	3.02	0.233	0.074	0.094	0.57	0.976	0.346	2.56
10)	2.98	0.250	0.076	0.099	0.56	0.905	0.417	2.48
11)	2.92	0.247	0.062	0.101	0.55	0.888	0.434	2.36

配合	輪西2號銑鐵	50%	T.C	P	S	Cu	Mn	Si
	板金屑	50%	3.48	0.381	0.034	0.016	0.49	2.645
	Fe~Mn	0.5%						
計算による硅素量		$2.645 \times 50\% = 1.322\%$		計算による炭素量		$3.48 \times 50\% = 1.74\%$		
1 回の出銑量		1,500kg	全出銑量		16,500kg	(+) 送風壓を7 oz より 5.5~6.5 oz に減少す		

同一操業に於て鑄造された連続番號のもののみを集めたのでありますが、この場合に於ても一般に硅素の燃焼の多い場合には炭素の吸収の多いことが明かに解ります。尙この場合に於ては前例に比して凡て鋼板の炭素の吸収量を減じて居りますが之は後述する理由によつて配合中の硅素含有量の増加したるためであります。

Table VIII

硅素含有量の加炭作用に及ぼす影響及び硅素燃焼減量と炭素吸収量との關係を示す

Mark	T.C	P	S	Cu	Mn	Si	硅素の減量	鋼板の炭素吸収量
HH 407	2.87	0.118	0.065	0.134	1.05	1.683	0.277%	2.47%
414	2.88	0.196	0.070	0.136	0.90	1.568	0.392	2.50
415	2.78	0.198	0.060	0.161	0.96	1.383	0.577	2.32
417	2.81	0.182	0.075	0.134	0.95	1.421	0.539	2.37
418	2.95	0.210	0.069	0.125	1.35	1.565	0.395	2.60
419	2.80	0.189	0.076	0.132	1.19	1.400	0.560	2.35
422	3.05	0.204	0.064	0.097	0.94	1.723	0.237	2.77
423	2.75	0.183	0.073	0.165	1.24	1.497	0.463	2.27
424	2.77	0.189	0.052	0.109	1.32	1.471	0.481	2.30
425	2.74	0.170	0.058	0.103	1.10	1.302	0.658	2.25
426	2.63	0.187	0.056	0.080	1.09	1.350	0.610	2.07
427	2.83	0.204	0.056	0.123	1.22	1.415	0.555	2.40

428	2.75	0.204	0.057	0.121	1.31	1.582	0.378	2.27
429	2.69	0.198	0.069	0.139	1.17	1.283	0.677	2.17
431	3.04	0.178	0.068	0.100	1.31	1.640	0.320	2.75
432	2.91	0.184	0.067	0.099	1.28	1.776	0.184	2.53
配合	輪西鉄鐵板	40%						
	金	60%						
	Fe~Si(75%)	1.2%	T.C	P	S	Cu	Mn	Si
	Fe~Mn	1.0%	3.48	0.381	0.034	0.016	0.49	2.645

計算による珪素量 $2.645 \times 40\% + 0.75 \times 1.2\% = 1.96\%$ Pig 中の炭素量 $3.48 \times 40\% = 1.39\%$

Table IX

珪素含有量の加炭作用に及ぼす影響及び珪素の燃焼減量と炭素吸収量との関係を示す

Mark	T.C	P	S	Cu	Mn	Si	珪素の減量	鋼板の炭素吸収量
HH 588	2.80	0.110	0.034	0.128	0.89	1.392	0.508	2.40%
589	2.66	0.109	0.039	0.117	0.36	1.366	0.534	2.2)
594	2.90	0.108	0.045	0.114	0.78	1.608	0.292	2.56
595	3.03	0.120	0.049	0.101	0.83	1.504	0.396	2.77
665	3.03	0.073	0.071	0.071	0.84	1.720	0.180	2.77
666	2.94	0.100	0.057	0.093	0.78	1.539	0.361	2.62
667	2.90	0.108	0.051	0.136	1.10	1.647	0.253	2.56
668	2.73	0.088	0.055	0.101	0.73	1.326	0.574	2.27
669	2.75	0.092	0.061	0.136	0.79	1.516	0.384	2.30
708	2.52	0.077	0.065	0.097	1.34	1.415	0.485	1.92

配合	鞍山2號鉄鐵鋼板層	40%						
	Fe~Mn	60%						
	Fe~Si(82%)	1%	T.C	P	S	Cu	Mn	Si
		1%	3.41	0.133	0.034	0.017	0.15	2.731

計算による珪素量 $2.731 \times 40\% + 1 \times 82\% = 1.90\%$ Pig 中の炭素量 $3.41 \times 40\% = 1.365\%$

Table X

珪素含有量の加炭作用に及ぼす影響及び珪素の燃焼減量と炭素吸収量との関係を示す

Mark	T.C	P	S	Cu	Mn	Si	珪素の減量	鋼板の炭素吸収量
HH 680	2.53	0.097	0.071	0.128	1.27	2.633	0.667	2.00%
681	2.47	0.078	0.049	0.132	1.16	2.698	0.602	1.90
682	2.73	0.070	0.055	0.150	1.30	2.846	0.454	2.27
686	2.59	0.067	0.076	0.136	1.16	2.743	0.557	2.10
687	2.49	0.094	0.084	0.147	1.04	2.726	0.574	1.97
693	2.94	0.100	0.064	0.132	1.30	3.000	0.300	2.57
694	2.66	0.097	0.041	0.120	1.27	2.823	0.477	2.17
695	2.81	0.116	0.080	0.205	1.20	3.049	0.251	2.40
696	2.39	0.072	0.048	0.156	0.95	2.713	0.587	1.80
697	2.35	0.092	0.053	0.138	1.05	2.671	0.619	1.77

配合	鞍山2號鉄鐵鋼板層	30%						
	Fe~Mn	70%						
	Fe~Si(82%)	1%	T.C	P	S	Cu	Mn	Si
		3%	3.47	0.143	0.044	0.021	0.15	2.814

配合の中珪素量 $2.814 \times 30\% + 3 \times 0.82 = 3.3\%$ 鉄鐵中の炭素量 $3.47 \times 30\% = 1.14\%$

以上の事實は凡て鋼板の炭素吸収に對する爐内 atmosphere の影響を示すものであつて元來 Semi steel melting の如きは特に高温度熔解を要するのでありますが、加炭作用を避けるためには骸炭用量を減じなければならぬことが解り、又そこに熔解操業上の苦心と興味とがあるのでありまして、私は normal より幾分餘分の Blast を送り込み比較的 Oxidising atmosphere を構成すると言ふ考へで操業することによつて Semi steel melting に於ける Carbon Controlling に成功して居ります。

Table XI も前例と略ぼ同様な實例であります、これは Semi steel melting ではなく steel plate scrap の使用は僅かに 15% で特に前述の Cupola Refined pig の様な Low Carbon の材料を用いた場合の加炭作用を示すものであります。

實はこれは Sulzer 式 Diesel engine 用鑄物の特に重要部分に鑄込みたる地金の分析結果でありまして、この品物に對して初め Sulzer 會社が與へました地金の specification は T.C 3.3%、Si 0.7~0.6%、Mn 1% 以下でありました。

然し當時の私共の技術に對しては硅素量が餘りに低すぎました。又私共では早くから Mn の地金の硬度及び強さに對する影響に就て定量的の研究をやつて居ましたので Mn 量を増加すればある程度まで硅素量を増加しても Sulzer 製と同等なものが得られると言ふ考へで熔解したのが Table XI の A 部でありまして配合に於ては T.C 2.9~3.0、Si 1.0~1.1 としたものであります。

Table XI

爐の操業方法に依る炭素及び硅素量の關係

A Series	T.C	P	S	Mn	Si	Shor.s Hard. no	B.H no	Fit test piece 抗張力 ton/□"
HH 100	3.28	0.078	0.046	1.66	0.914	35	207	18.2
128	3.36	0.099	0.045	1.74	0.886	36	212	19.6
133	3.29	0.117	0.049	1.88	0.921	36	217	20.2
137	3.24	0.107	0.046	1.71	0.966	36	212	19.6
139	3.30	0.098	0.054	1.82	0.892	37	217	19.2
174	3.37	0.125	0.057	1.72	0.942	36	207	17.6
166	3.34	0.121	0.040	1.63	0.966	36	207	18.8
167	3.26	0.127	0.020	1.62	0.954	37	212	20.2
170	3.30	0.167	0.050	1.74	0.853	36	212	20.4
177	3.31	0.135	0.047	1.84	0.924	39	217	19.6
B Series								
HH 396	2.90	0.142	0.050	1.44	0.772	37	217	24.8
438	3.10	0.153	0.045	1.37	0.620	40	228	24.8
439	3.05	0.143	0.046	1.38	0.597	40	223	25.8
467	3.02	0.135	0.056	0.93	0.602	40	217	24.8
468	3.13	0.123	0.051	1.20	0.580	40	223	24.0
490	3.01	0.189	0.034	1.29	0.665	38	223	26.4
492	2.83	0.156	0.045	1.28	0.693	39	217	24.0
497	2.96	0.156	0.045	0.91	0.767	38	217	25.4
499	2.79	0.150	0.038	1.16	0.660	39	217	24.4
544	3.16	0.135	0.060	1.09	0.766	38	207	23.2
578	3.03	0.132	0.044	1.05	0.630	40	223	26.0
556	3.05	0.114	0.049	1.38	0.713	40	223	25.2
558	3.05	0.070	0.043	1.25	0.630	39	223	26.0
609	3.02	0.098	0.053	1.33	0.760	38	217	26.0
619	3.04	0.081	0.038	1.49	0.693	40	241	24.8
631	3.10	0.074	0.049	1.26	0.691	40	223	23.8

然しその結果は炭素の含有量は常に 3.3% 前後になり、又硅素の燃焼も極く僅かでありました。これは當時地金の性質上特に高温度熔解を必要としたため骸炭使用量が幾分多かつた爲め（裝入量の 10.5%）爐内が Reducing atmosphere となり従つて炭素の増加を來したものと思はれます。

然し其の後 Semi steel melting の經驗と熔解操業の進歩とからして、爐内に於ける Bessemerisation

を利用し幾分 Oxidizing atmosphere で熔解することによりまして地金の酸化を生ぜざる程度に於て硅素量を下げ而も炭素の増加を避けることが出来る様になりましたので、装入地金の配合は A の場合と全然同一に保つたにも拘らず結果に於ては B の如き製品を得、T.C 2.8~3.0%、Si 0.6~0.75% に保つことが出来る様になり、又鑄物に Fit して鑄造した test piece (35mm×55mm×300mm) に於て 24~26.4ton なる抗張力を示し、従來の鐵鑄物としては殆んど最高の結果が得られる様になりました。

然し實を言ひますと、この場合の様によつて極度に炭素、硅素を加減すると言ふことは相當困難な仕事でありまして實際問題となりますと、相當の經驗と注意とが必要なのであります。

然し孰れに致しましても、以上の事實によりまして Semi steel melting なる否とに拘らず爐内 atmosphere の状態は或る程度まで加炭作用に影響するものであること、又骸炭は高温度熔解に對して最も efficient なものではあるが、加炭作用を問題とする場合には使用上考慮を要するものなることが解ります。

尙ほ Semi steel melting に於て送風量を増加すると言ふ practice は堀切氏の所謂集中熔解法とて熔帶を成る可く減じて鐵の熔解帶を通過する時間を短かくしようと言ふ考へと結果に於て一致して居ります。

但し氏の場合は加炭の第一原因を熔帶に於ける melting speed に歸して居るのであり、又私の場合は熔帶及び湯溜りに於ける atmosphere に重きを置いて居るのでありまして理論に於ては全然反對の結果となつて居ります。然し單に melting speed から言ひますと、1段羽口の方が2段羽口よりも melting speed が大きく、又熔解能力帶も遙かに短いのでありますが、加炭作用は1段羽口の方が遙かに多いと言ふ様な事實もあるので、之れも爐内の atmosphere の影響を考へる方が便利であります。

要するに私は兩者の實驗結果に於ける主なる相違點は實驗の時期の相違によつて生じたるものと考へるのでありまして、堀切氏の場合には送風開始後 45 分迄の間に於て實驗されて居りますが、私の場合は送風開始後 1 時間半以上を經過して爐内が normal condition に歸したる時に於てのみ實驗を行つて居りますので、兩者の場合に於て爐内の温度及び瓦斯分布並びに骸炭量を全然異にして居るためであると考へて居ります。

【2】 地金の過熱と Slag の影響

次に Cupola slag の性質も亦地金の過熱に重大なる影響を與ふるものでありますが、而もこの事實は従來餘り重大視しなかつた様であります。然し私は之れに對して面白い經驗があります。

實は今から 8、9 年前、初めて私共が Cupola 操業に従事し初めました頃は、私共の工場の地金は悪くつて而も湯が充分に沸かなかつたため硫黄及び磷の含有も高くために Turbine Casing 等の鑄造に際して Crack を生じ廢却となるものが可也多かつたのであります。

これに對して私共の最初に採つた方法は、地金不良の原因は澤山あるであらう。然し先づ一般に害

ありと信ぜられて居る様な硫黄とか燐とか言ふ impurity を徹底的に除いて仕舞ふことに努力しようと言ふことでした。そこで先づ燐の含有少なき銑鐵としては鞍山を選び當時使用して居たレドカーとかクリーブランドとか言ふ様なものを廢して仕舞ひました。又脱硫のためには、先づ高爐作業にならつて Lime stone を増し、Slag の鹽基度を増加して硫黄を Slag off しようとしたのであります。

所が當時の私共としては元より爐の構造とか操業方法とかに對して何等の經驗もなかつた時でありますから、別に操業上從來と變つた所もなかつたのでありますが、それにも拘らず石灰石を増加したのみで自立つて湯の沸きがよくなり、又脱硫の目的も達することが出来たのであります。

即ちこれは可なり重大なる點でありまして、その原因として種々の理由が考へられますが、その一つは Slag の鹽基度の増加によつて Slag の melting point が高まつたことが考へられます。

I) Slag の鹽基度増加による地金過熱

即ち一般に地金が爐内に於て固體の状態より熔解して小粒となり白熱骸炭上を落下しつゝ一方からは Bessemerisation を受けて湯溜りに下るまでの間に於ける加熱は可なり迅速に行はれるものであります。一旦 molten state となつて湯溜りに下つた Metal の過熱はその表面よりのみ行はれますためこれを短時間で尙ほ一層過熱しようとすることは中々困難であります。

殊に Slag は銑鐵に比して熱の吸収及び發散が激しいのでありますから、餘り Acidic な melting point の低い Slag でありますと、Slag を通して鐵を加熱しようとしても Slag がその熱を取つて又直ちに發散するため Metal を加熱することが出来ないのであります。

所が偶然 Slag の鹽基度の増加によりまして、Slag を常に Metal よりも $50^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{C}$ 高温度に保つことが出来る様になりましたため Slag を通して Metal を過熱することが出来る様になつたのであると思はれます。

尙誰れでも Semi steel 操業に従事して居る方々は御承知のことではありますが、同一操業方法を續けて居ても装入物中の鋼板使用量を増加する時は急に temperature が高まつて來ますが、この原因も同様 Steel の melting point が高いからであると考へられるのでありまして $1,200^{\circ}\text{C}$ で melt して hearth 中に下つた銑鐵を $1,500^{\circ}\text{C}$ 以上に加熱することは可なり困難であります。故に兩者の混合によつて temperature の高まるのは自明の事實であつて、上の場合に於ける Slag の melting point の増加と同様に考へられると思ひます。

II) Slag の鹽基度増加と地金の脱酸作用

又第 2 の原因としては Slag 中の CaC の増加によりまして鐵の酸化を完全に防ぐことの出来る様になつたため思ひ切つて過熱操業を行ふことが出来る様になつたことも重大なる點であると思ひます。

即ち從來 Slag 中の FeO 15~7%、MnO 7~5%であつたものが石灰石使用量の増加によりまして FeO 2~3%、MnO 2~3% に減じました。(Table XII 参照)

Table XII

Cupola Slag

大正10年11年當時のもの

Mark	SiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	P	S
MH 6	45.04	9.16	2.01	10.66	2.32	27.48	2.52	0.065	0.177
" 7	46.06	13.30	2.33	7.06	2.44	26.83	2.01	0.027	0.206
" 8	47.58	8.85	2.19	6.81	3.38	28.93	1.86	0.029	0.216
" 31	53.12	3.60	1.25	5.90	5.98	28.75	0.95	0.066	0.940
" 175	43.46	5.24	0.64	13.40	4.39	31.89	0.57	tr	0.312
" 160	44.10	3.40	1.04	10.88	4.60	32.36	0.26	tr	0.410
" 176	42.52	3.16	0.87	14.47	3.83	34.21	0.75	tr	0.364
" 210	45.30	2.77	2.55	10.56	2.62	34.89	0.94	0.033	0.434
" 226	44.84	2.76	1.10	6.59	2.25	40.27	0.55	tr	0.420
" 249	46.54	1.61	2.57	5.61	2.99	36.35	0.39	tr	0.460
" 267	42.36	2.31	1.77	11.92	4.40	36.80	1.04	0.04	0.423

而してこの事實を初めは簡単に鹽基度の増加によりまして Slag 中の酸基が不足したるため鐵中の硅素が硅酸として Slag 中に入り反對に FeO 及び MnO の如き鹽基に働くものが Fe 或は Mn として還元したるためではないかと考へました。

即ち $2\text{FeO} + \text{Si} + x\text{CaO} = 2\text{Fe} + x\text{CaOSiO}_2$ の如き變化であります。

然し其の後の經驗によりまして硅素の燃焼は主として羽口前面に於ける Bessemerisation によるものであつて事實上 Slag の basicity が變化しても硅素熔解減損は殆んど變りませんので多量の FeO や MnO を還元出来る程度のものでないことが解りました。

依つて茲に一つの重大なる問題—即ち『然らば Slag の鹽基度の増加によつて Slag 中の FeO 及び MnO を減少したと言ふ事實は何で説明したらよいかと言ふ』問題が生じて來ます。

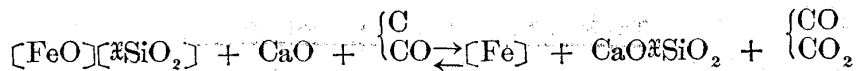
然し尙ほ茲にこう言ふことが考へられます。即ち Slag は鐵の酸化或は還元に對して何等かの作用があるのでなくば Slag 中に FeO MnO が減じたと言ふことは單に Slag 中に CaO が増加したことによつて同じく鹽基に働く FeO 及び MnO が Slag に行かなくなつたのであると考へるのであります。然し若し Slag が鐵の酸化還元に對して關係がないとすると爐内で出来る FeO MnO の量には變りない筈であるから Slag 中に減じただけ Metal 中に FeO が増加せねばなりません。

然し事實は鹽基の増加によつて酸化物を含まぬ高温度の流れのよい湯を得たのであります。

殊に又 Metal と Slag との間にも一般の mass action law が hold するものなることは既に認められたる事實ですから Slag 中にのみ酸化物を減じ Metal 中にのみ酸化物を増すと言ふことは出来ないことであります。

依つて單に鹽基度の増加によつて Slag 及び Metal 中の酸化物を激減したと言ふ事實は Slag の鹽基度の増加したと言ふことが何等かの作用によつて Metal 及び Slag 中の酸化物を還元脱酸する力があるものと考へねばなりません。

依つて先づこの場合に於ては Basic slag の存在は、電氣爐で白滓を作る場合の變化即ち爐内の骸炭或は Reducing atmosphere の存在に於て



の如き變化を生じたものと考へられるのであります。

然し上式は尙ほ全部の變化を示すのに不充分なのであります。何となれば上式は單に SiO_2 に對して affinity の強い CaO が SiO_2 と共に白滓を作るために、炭素或は Reducing atmosphere によつて鐵の還元を促がしたにすぎないのであつて一旦 Slag 中の CaO が SiO_2 と共に平衡すれば變化が止まる筈であります。

然し後述する様に實際に生ずる變化には驚くべきものがあるのであつて一旦適當なる Basic slag が出來ると瓦斯或は炭素の還元及び滲炭作用が極めて敏速に進行して行くものであります。

故にこの場合どうしても Basic slag の存在と言ふことは特殊の作用、所謂 Catalytic action によつて瓦斯及び炭素の還元及び滲炭作用を favour するものと考へる必要があるのであります。

これは私の滲炭作用の理論にとつて最も重大なる點でありまして講演後記及び第 III 節に於て再び述べることに致しますが、要するに單に石灰石の使用量を増加したるのみにて Metal 及び Slag 中の酸化物を減少することが出來ました。

又一般には Slag の鹽基度の増加によつて Slag の fluidity を悪くする様に考へられますが事實は反對で酸化物の激減したることによつて Slag の fluidity は却つてよくなつたのであります。

依つて石灰石の増加と言ふことは

- i. 湯の温度の高まるためばかりでなく
- ii. Slag の fluidity の良くなつたこと
- iii. Slag basicity の増加したることと相待つて脱酸脱硫の目的を完全に達することが出來ました。

III) Basic Slag の存在が地金の還元及び酸化に及ぼす影響

所が Slag の鹽基度を増加すると言ふことは又同時に molten metal 中の炭素の含有量を増加することになりまして Semi steel melting に於ては注意すべきことなのであります。

先づ實例から申し上げますと、次の實驗は二三の立合者の下に於てその結果を豫言して實驗を行ひ豫期通りの結果を得ましたものであります。

	T.C	Mn	Si	鋼屑の炭素 吸収量 i %	石灰石使用量 Per 500 kg of Metal	Tapping Temp.	
	3.24	0.71	1.123	2.88	25	1,440	即ち Table XIII にありま
Slag Tap. ①	3.26	0.70	1.109	2.82	25	1,490	す様に全操業中送風壓、装入
	3.21	0.67	1.093	2.72	25	1,510	物等を總て Constant に保ち
" " ②	3.28	0.69	1.095	2.86	28	1,510	唯だ石灰石の使用量を 3 回に
	3.39	0.70	1.098	3.08	28	1,510	互つて變化したのであります
" " ③	3.38	0.68	1.097	3.06	28	1,520	が石灰石の増加と共に molten
	3.20	0.72	1.196	2.70	15	1,500	metal 中の炭素の吸収量を增
" " ④	3.16	0.70	1.184	2.62	15	1,510	
	3.18	0.71	1.182	2.66	15	1,480	加して居ります。

Table XIV

	①	②	③	④		①	②	③	④
SiO ₂	43.02	41.32	40.78	46.10	CuS	0.63	0.60	0.75	0.58
FeO	3.60	2.45	2.50	3.45	CO ₂	0.18	0.13	0.37	tr
Fe ₂ O ₃	1.94	1.75	1.98	1.79	MgO	1.27	1.19	1.23	1.16
Al ₂ O ₃	13.60	14.34	12.28	12.28	P ₂ O ₅	tr	tr	0.02	0.01
MnO	3.74	3.72	4.08	4.07	K ₂ O+Na ₂ O	0.13	0.23	0.37	0.17
CaO	32.45	34.02	36.42	29.59					

又この時の Slag は Table XIV であります。故にこの場合 Slag の存在が特殊作用によつて炭素或は瓦斯の滲炭作用を favour するものなることが考へられます。

又以上の現象は電氣爐操業に於ても認められる所で電氣爐で合成銑鐵を作る場合、直接木炭或は骸炭によつて melten metal 中に炭素を加炭しようとしても仲々炭素を加へることは出来ませんが Basic slag の存在に於ては加炭作用がよく進行するのみならず同時によく脱酸作用が行はれて Blow hole を含まざる clear な Metal を得られるのであります。

尙ほ私に取つて最う一つ極めて面白い實例があります。それは私が嘗つて耐火煉瓦に對する Cupola slag の corrosive action を試験するために Table XV の①の如き成分を有する Slag 15kg を煉瓦の小片と共に Graphite Crucible で melt しました所 2 回の試験に於て孰れも鐵粒を沈澱しませんでした。この Slag の同量に 1.2kg の石灰石を加へて熔解しました所 480 gram の鐵粒を沈澱しました。

その時の Slag の Composition は②であり、鐵粒の成分は③であります。

依つて最初は Iron pellet として Slag hole から Slag と共に吹き出された鐵粒が再熔解によつて沈澱したるものと思ひ今度は同一 Slag を粉末とし水洗ひ及び Magnet によつて鐵粒を取り去りました所 15kg の slag 中より僅かに 71 gram の鐵粒を得たに過ぎませんでした。その鐵粒の成分は④であります。然るにこの鐵分を取り去つた Slag 3kg を前と同様 0.24kg の石灰石と共に 15 番 Graphite Crucible で熔解しました所 3kg 中より再び 70gram の鐵粒を recover 致しました。

依つてこの時の鐵粒は最初から Iron pellet として含まれたもののみでないことは明かで、③によつて示されたる鐵粒を④によつて示されたる Iron pellet と比較致しますと、③に於ては硅素、硫黄の含有少なく、又著しく多量の P を含有して居り、甚しくその成分を相違して居ります。

又石灰石を加へたる Slag ②と石灰石を加へざる Slag ①とを比較しますと、②に於ては CaO を増し Fe₂O₃ 及び P を缺いて居ります。

而して是等の現象は Slag に石灰石を加へたるために生じたるものでありますから、前例と同様、石灰石或は Basic slag の存在が Graphite Crucible 或は atmosphere による鐵の還元を助け Slag 中より FeO 或は Fe₂O₃ を還元したるものと考へられます。又 P の著しい増加も Slag 中の P が還元されたるものと考ふべきで計算と略々一致して居ります。

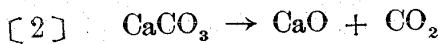
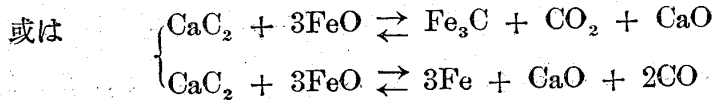
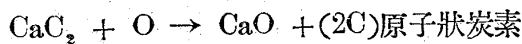
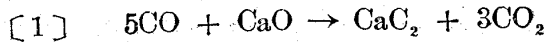
Table XV Cupola slag 再熔解の實驗

	1	2	3	4		1	2	3	4		
SiO ₂	45.30	44.84	C.C. 1.53	3.21	3.37	MnO	2.62	2.25	Cu	0.140	0.128
Al ₂ O ₃	10.56	9.59	G.C. 1.68			MgO	0.92	0.53	Si	0.898	1.990
CaO	34.89	41.27	S	0.040	0.073	P	0.033	tr			
FeO	2.77	2.73	P	1.242	0.298	S	0.429	0.22			
Fe ₂ O ₃	2.5		Mn	0.62	0.51						

例へば Slag 中に於ける P の減少は $0.033\% \times 15,000\text{gr} = 4.95\text{gr}$ 、又鐵粒中の P の増加は $1.242\% \times 480\text{gr} - 0.298\% \times 71\text{gr} = 5.75\text{gr}$ であります。

所で是等 Basic slag の存在が如何なる作用によつて鐵の還元或は滲炭を助けるかと言ふことが最も大切な問題であります。私は講演後記に詳述致します様な理由から Cupola 内に於ては次の如き變化が働いて Slag 或は CaO の接觸作用が行はれ、爐内に於ける骸炭或は瓦斯の滲炭作用を favour するのであると考へて居るのであります。

即ち



上の如き變化でありまして、孰れの場合も結局 CaO は外見上無變化であります。slag 中に於て $\text{CaO} \rightleftharpoons \text{CaCO}_3$ 或は $\text{CaO} \rightleftharpoons \text{CaC}_2$ の如き平衡が繰り返へされその結果として $2\text{CO} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{C}$ なる反應が進行し、發生期狀の炭素を生ずるため鐵の滲炭或は還元作用を favour するのであると考へるのであります。

以上の理論は私の滲炭の理論にとつて最も重大なる點でありますので講演後記に於て他の實例と共に再び考へて見たいと思つて居ります。

然し孰れに致しましても Slag が加炭に對して重大なる effect を有することは事實でありますから Slag が Metal を refine する作用及び過熱に對する作用を利用しようとする場合には共に考慮すべき問題でありまして殊に Semi steel melting に於ては爐内の atmosphere の影響と Combine して注意を要する問題であります。

私は普通地金の熔解に於て Coke の 40~50% の石灰石を用ひて居りますが Semi steel 操業に於ては Coke の 30~40% の石灰石を使用して居ります。

[3] 地金の過熱加炭作用と硅素量

地金中の硅素の量多き時殊に Fe—Si として裝入口より charge する時はその melting に際して生

する heat of formation 及び羽口前面の Bessemerisation によつて非常に Metal の temperature を高めることが出来、又同時に Oxygen free の Metal を得られます。

而も Semi steel melting に於ては硅素量の増加と共に鋼板の加炭作用を避けることが出来ます。前述の Table VIII 乃至 X に於ても硅素量の増加と共に加炭の程度を減じて居りますが、大體に於て装入物中に於る硅素 1% の増加につれて鋼の加炭の程度を約 0.25% 減少するものと見る事が出来ます。

即ち殆んど同様なる操業状態に於て 出来上り成分中の硅素量 0.8% なる時 出来上りの炭素量 $\pm 3.1\%$ 最低 2.9% 同じく 硅素量 1.4% なる時 炭素量 $\pm 2.9\%$ 最低 2.65% 同じく 硅素量 2.6% なる時 炭素量 $\pm 2.7\%$ 最低 2.35% となつて居ります。

而してこの現象は mass action の law によつて説明することが出来ると思ひます。

即ち私の實驗及び経験によりますと一般に爐内に於て molten metal が硫黄を吸収するのは熔帶より hearth 中に下るまでの中間に於てであつて hearth 中に於ては寧ろ Slag の作用によつて幾分の脱硫作用を生ずるものであります。

又 molten metal が酸化を享けるのも熔帶より hearth 中に下るまでの中間であるし、又 molten metal の加炭作用の大部も亦熔帶より hearth 中に下るまでの中間に於てであります。

即ち是等の作用に對しても熔帶の状態は最も重大なのであります。

而してこの場合最初より炭素硫黄を多く含有する鑄鐵は爐内に於て加炭及び加硫黄の作用少なく、又地鐵の酸化を享けることもごく僅かであります。即ち之れは Fe が既に是等の impurity によつて飽和して居るからであります。

之れに反して Steel の場合に於ては是等の impurity の含有が極く僅かでありますから、molten state に於て鐵は急にその熔解能力を増加するため容易に炭素硫黄を吸収し又酸化作用を享け易いのであると考へられます。

然るにこの場合、鐵と Chemical affinity の強い硅素の増加は、鐵の他の impurity に對する溶解力を減ずるため炭素、硫黄等に對する結合力を減ずるのであると考へられます。

尙ほ最一つの原因は硅素の増加によつて鐵の酸化を充分防ぐことが出来るため、鐵の熔解作業を容易ならしむることが出来ることであつて、硅素量の増加と共に硅素含有少なき場合に比して一層 Oxidizing atmosphere で操業が出来ますため知らず識らずの間に加炭作用を減ずることも一つの factor となる様であります。

前掲の表によりましてこの状態がよく解ります。

要するに硅素量の増加と言ふことは過熱熔解及び加炭作用に對して最も有利であつて鋼板使用によつて熔解方法が却つて容易になるばかりでなく、又地金の性質を或る程度迄 Refine することが出来

るのであります。

この點を利用したるものが所謂 Emmel 式の Semi steel melting でありまして普通鑄物及び高級鑄物の經濟的鑄造方法として最も推奨すべきものであると考へて居ります。但し茲が Special Cast Iron として Emmel 式(即ち Low Carbon-(C. 2.8 前後) & High Silicon Process 地金)と Lanz 式地金(即ち Medium Carbon & Low Silicon 地金)との分れる所でありまして既に熔解方法及び cost に於ては Emmel 式が數倍有利なのでありますから材質的に同様或は優秀であれば Lauz 式は全然不用と言ふことになります。事實私共でも日々の熔解は主として Emmel 式 Pearlite Cast Iron に依つて居るのであります。然し實際の鑄物殊に大物になりますと硅素の多いと言ふことは材質的にどうしても缺點を有して居りますから私は現在尙ほ高級なる材質を得んとするためには Lauz 式地金(Lanz patent は mould temp の controlling にして Lanz patent とは關係なし)による外はないと考へて居るのであります。尤もこの點は色々議論のあることと思ひますし、又餘談になりますから 2,3 の data を擧げて置くだけに致します。

【4】 結 論

要するに長々と統一のないことを申し上げましたが、私の高温度熔解に對する見解は

- (1) 先づ最も Reasonable なる爐の構造を得ることが先決問題で之によらなければ常に完全なる過熱熔解の目的を達することが出来ないと思ひます。
- (2) 然し操業方法によつて或る程度まで、或ひは或る期間だけ特に高温度熔解を行ふことが出来ます。而してそれが方法としては、骸炭使用量を増加すること、及び硅素量を増加する方法があります。
- (3) 然し是等は夫々長所と缺點とを有して居りますから操業に際して注意を要します。
- (4) 殊に若しこの研究會の目的が最も Reasonable なる爐の構造及び操業法の解決を目的とするならば私は先づ骸炭の使用量及び硅素量を極力減少することを推奨します。何故ならばこの二者は Cupola に取つては萬能藥であつてこれさへ充分用ひて居れば或る程度の缺點は解らずに済むからであります。
- (5) 故に先づこの二者を出来るだけ減少して見て眞に熔解方法の困難點と性能とを見極める必要があると考へるのであります。
- (6) 私は従來この Principle に従つて操業して來たのでありますが、尙ほ多くの不可解の點を有して居る次第でありますので敢へて自分の抱負を述べて先輩諸君の御教示を俟つ次第で御座います。

終りに臨み長々と御靜聽を給りましたことを厚く御禮申し上げます。