

(3) 總括

以上の結果を總括して大略の傾向を求めれば次の如くである。即ち Bessemerizing に依り出鋼前の熔鋼中酸素含有量は普通熔解のものに比し稍々増加する様であるが過酸化と稱する程には至らない。高温吹込の Mn 鑛石の利用、鋼滓を high base に保つ等の手段により容易に防止し得る現在迄の結果を見ると製品不良化の原因は過酸化よりも寧ろ熔鋼の過脱酸のため鋼塊周邊近くに發生した管狀氣泡が決定的要因となつた場合が多い。

機械試験の結果は普通熔解のものに比べ何等の相違も認められなかつた。

非金属介在物による鋼品位の判定結果は明らかに品位の低下を來したが 2.3 チャージの調査では明確な判断は下し得ない。

(VII) 結 論

以上當社に於ける酸素製鋼法の研究過程を述べたが

未完成の部分多く特に基本的な燃焼理論の研究が進んで居ないし熟練度も不足して居る。然し酸素の利用によつて製鋼能率が増大すると云ふヒントはつかみ得た積りである。

採算の點では連續作様を行はないので明確には判断出来ないが酸素の發生装置を考察すれば充分採算的と云へる。目下酸素發生に就ては研究中であるが其の純度による効果の變化を研究する必要があると思ふ。

此等の實驗研究中に體驗した多くの現象から考へて酸素は單に製鋼のみならず多くの工業に利用し得る洋々たる前途を持つ様に考へられた。現下特に日本に於ては燃料及び原料の不足並品質低下が甚だしくこれを將來解決し急速な日本工業の復元を行ふために酸素は何等かの大きな役割を演ずると共に或程度工業の様式を革新させるものと考へられる。

(昭. 23. 12 月寄稿)

物理化學より見たる平爐操業諸過程 の關聯性について (IV)

大 中 都 四 郎*

ON THE CONSISTENCY OF THE ENTIRE PROCEDURE IN THE OPEN HEARTH PROCESS AS VIEWED FROM THE PHYSICO-CHEMICAL STANDPOINT. (IV)

Toshiro Onaka

Synopsis :—

One of the five objects to smelt steel scrap, the protection of steel bath oxydation is obtained by oring, but it becomes a problem until when the oring should be continued to attain the other four objects. For the solution, in this report, the processes of decarbarisation and temperature rising are discussed.

As the results, it is made clear that the bath temperature rises with the proceeding of vigorous boiling introduced by the oring, and thus the second object is attained. The oring should be stopped when the temperature reached its necessary height, otherwise the bath would be oxydised. At this point, decarbarisation velocity should be maximum, but as the oxydisability of slag would also be maximum, the other three objects could not be attained at the same time, even if contents of C, Si, Mn are suitable.

§ I 緒 言

第 2 報, 第 3 報によつて屑鐵再熔解操作に於ける五

つの目標の内最も重要なる酸化防止と云う目標は如何にして得られるかを論じた。そしてこれは鐵鑛石の添

* 扶桑金屬工業株式會社製鋼所研究部

加によつて達せられるのであるが、次に残る四つの目標を達し得るためにはいつまで鑛石添加を繼續するのが合理的であるかと云うことが問題になる、このために本報に於いては脱炭反應及び熔鋼温度の時間的經過を考察してみる。

§ II 脱炭反應及び熔鋼温度の時間的經過

活潑なる「沸騰」の進行に伴つて炭素量〔C〕が減少すべきことは勿論である(第1圖第3圖(C)) 又鑛石添加が小刻みに頻繁に行われるものとすれば先ず鑛石の表面積は一定と見てよい。熔滓中の酸化第一鐵の濃度(FeO)は常に減少している²⁵⁾。又熔鋼中の酸素量〔O〕の増減は前述した如く豫斷を許さないとしても大したものではない。事實上〔C〕・〔O〕は減少している。(第1圖~第3圖(d))。

故にこれらの諸事情を綜合すれば他の條件²⁶⁾が一定ならば時間と共に脱炭速度は小になるべきである。

しかし他方「沸騰」による表面攪亂により熔滓と熔鋼とは高温なる燃焼ガスとの接觸が促進され、又それに伴う内部攪亂によつて熔鋼の下部まで加熱され²⁷⁾更に熔鋼中の Si, Mn の鐵鑛石及び熔滓による急激なる酸化が、この攪拌によつて促されるために、これら殊に Si の大きな酸化熱が、この加熱に大いに加擔する。その結果(3)なる脱炭反應は吸熱反應なるにもかゝらず又常温の鐵鑛石の添加によつて熔鋼が冷却されるにもかゝらず事實としては熔鋼の温度は初めは急速に後は緩慢に上昇するのである²⁸⁾。

故に熔鋼の温度が上昇している間は〔C〕及び(FeO)並びに〔C〕・〔O〕の減少から豫想する程には脱炭速度は減少せず。實際操業では却つて増加している期間がある²⁹⁾。

これを要するに鐵鑛石の添加は最初に述べた第二目標たる温度上昇に貢獻するが、一方それは Si, Mn の消耗と温度上昇による Si, Mn の O への親和力の減少とを來たして第一目標たる酸化防止には逆の効果を與える³⁰⁾。しかし鐵鑛石の添加は同時に活潑なる脱炭反應を誘發することによつてその逆効果を償ふことゝなることは實際操業に於ける典型的實例に見られる所である。(第1圖)

この際鑛石添加をずつと繼續したとする。熔鋼中の Si, Mn は減少してそれらの酸化による發熱量は小となつていゝ上に一般に温度の上昇速度は上限温度に近づくとつれて減少するものである。更に一方〔C〕は益々減少するから〔O〕が多少増加するとしても脱炭速度の上昇は益々緩慢になり、遂に極大に達して後下向を初めることは豫想できることである。實際操業に於

てもその通りである³¹⁾。かくして脱炭速度曲線が下向になつて上に述べた「沸騰」によつて促された Si, Mn の燃焼並びに「沸騰」による攪拌のもたらした加熱の効果が減退すれば温度の上昇は益々困難になる。

故に脱炭速度が極大に到達する前とまでは云わずとも少くともその直後に熔鋼が所要温度迄に熱せられるよう沸騰並びにガスによる加熱を行うべきである、實際操業の典型的實例ではこの要求が充されている(第1圖(a)(b))

然し「熔鋼」を容れる反應容器たる平爐の耐火度には限りがある。故に所要温度に達すればそれ以上に温度を上げることは不利であるからこの所要温度を保持するに止めるのである。實際操業では加熱ガスの全能力を挙げればそれだけで所要温度を保持する以上の餘裕を有しているからこゝに至れば空氣の供給を減じて加熱を弱める³²⁾。かくして所要温度を得ると云う目標が「沸騰」のおかげで可及的速かに達せられた。しかもこれを所要時間保持することも可能となつた。

かくして温度一定の状態を繼續すれば他の條件が同一なる限り〔C〕、從つて〔C〕・〔O〕の減少(〔C〕・〔O〕の減少は殆ど全く〔C〕の減少に負うるのである。)に從つて脱炭速度は減少する。しかも前述せる如く Si, Mn による酸化防止も今は既に非常に衰えている。故にかゝる状態に於て鑛石添加を續行するとすれば〔O〕を甚しく増加せしめ、又折角減少しつゝあつた熔滓中の酸化第一鐵の濃度(FeO)をも増加する。故にこの時期に鑛石添加を打ち切らねばならない。

實際操業に於いては温度と脱炭速度とが略上限に達すると共に鑛石添加を中止している。(第1圖~第3圖(a)(b))

§ III 「熔落」〔C〕と添加鑛石量

Si, Mn についてはそれらの役割のみならずその量的關係にも言及して來たが、C による「沸騰」の効果を合理的に且つ十分ならしめるためには「熔落」〔C〕及び添加鐵鑛石の量は如何にすべきかと云うことについて次に論ずる。

今「熔落」〔C〕を過大³³⁾にしたとすると脱炭速度が一定ならば所要温度に到達してそれ以上に温度上昇することを避けるために鑛石添加を終了すべき時期に達しても尙過剩³⁴⁾の C を残すことになる³⁴⁾。添加鑛石の量を大にして脱炭速度を大にすれば鑛石添加の終了時に C が過剰になることは避けられるように思われるが、實際は一層早期に所要温度に到達するから鑛石添加の終了時に尙過剩の C が残ることは免れぬ。實例がこれを示している³⁵⁾。

次に「熔落」〔C〕を過少³³⁾にした場合も添加鑛石量を大にすることによつて脱炭速度を可及的大にし且つ鑛石添加の終了時の〔C〕を適量にすることも出来るがこの場合には (FeO) 及び〔O〕を大にする³⁶⁾。

故に「熔落」〔C〕及び添加鑛石の量には諸目標を達するための最適があり今の所それは經驗的に捜し當てねばならない³⁷⁾。

§ IV 「鑛石終」に於いて五目標を達し得るや

鑛石終に於いては、熔鋼は高くとも「脱酸劑」で除去し得る程度の〔O〕となつており、且つ所要温度にも達していることは既に述べた³⁸⁾。このとき更に〔C〕を丁度規格に一致させることが出来ていたとすれば甚だ好都合である³⁹⁾。何となればこゝで直ちに脱酸劑を添加して鋼材となすことが出来るからである⁴⁰⁾。

こゝに添加された脱酸劑は、均一に混和して脱酸素が均一に行われ且つ脱酸素生成物が浮上分離しなければならぬが、そのためには適當な時間この所要温度に保たれることが必要である。しかるにこの間に熔鋼は激しく再酸化され脱酸劑を添加した効果を無にして下うであろう。何となれば鑛石添加を終了したときは遊離の鑛石は既に存在していないが熔滓の酸化能は尙極めて大であるからである⁴¹⁾。しからばかゝる熔滓と熔鋼とを分離した後に脱酸劑を添加すれば熔滓による再酸化は免れ得られる筈である。しかし熔滓を爐外に取り出せば、裸の熔鋼を加熱ガスにさらすこととなり熔鋼の酸化を却つて大にする⁴²⁾。逆に熔鋼を爐外にとり出せば、熔鋼は速かに冷却して所要温度に所要時間保持することが出来ない。又このときは大氣による酸化も起る⁴³⁾。

§ V 結 言

要するに鑛石添加の終了時に熔滓の酸化能が小でありさえすればよいのである。しかし乍ら鑛石終に於ける熔滓は「沸騰」に必要な粘度を有して居り、従つてその酸化能は大ならざるを得ない。即ち「鑛石終」に於いて同時に五つの目標を達することは不可能なのである。

脚 註

25) 第2報脚註14) 第2表参照

26) 温度上昇によつて壁面や熔鋼中にある懸濁物表面上のCO 氣泡發生のための核が變化すること等複雑な條件も考えられる。

27) かくて熱的にも亦成分的にも熔鋼は均一となる。

28) FeO による酸化によつて 1kg の Si は 2750kcal (Si の Fe への溶解熱を無視してある) 1kg の Mn は 582kcal

(Mn の Fe への溶解熱を無視してあるが珪酸鹽の生成熱を考慮してある) の發熱をなし、又 1kg の C は 1833kcal (Fe₂O の生成熱を考慮してある) の吸熱をなす。

故に第3報脚註19) に示した例について云えば、鑛石期に Si: 0.28% Mn: 0.12% C: 0.50% が酸化消費している故熔鋼 1t については Si 約 3kg Mn 約 1kg C 5kg が燃焼することとなり、その熱勘定は 1500°C に於いて熔鋼 1t につき Si, Mn の酸化による温度上昇は約 55°C であるが、C の酸化による温度降下は 60°C で著しく大である。故に Si, Mn 殊に Si の酸化による發熱は熔鋼の温度上昇に大きく加擔している。故に熔落時の〔Si〕を大としておいて一方吸熱反應たる脱炭反應を抑制しておき、他方熔滓を通じてくる O によつて發熱反應たる Si の酸化を行わせることによつて加熱ガスによる熔鋼温度上昇を促進せしめ、かくして沸騰を十分期待し得る様な適當な温度になつた時始めて鑛石添加を行つて急速に活潑な吸熱反應たる「沸騰」を行わせることは最も合理的である。第1圖～第3圖に於いて「熔落」と共に鑛石添加を開始していないのはこの理由による。又添加鐵鑛石は 35kg/t (熔鋼) とすれば、これによる温度降下が熔鋼 1t について約 50°C でこれ又大である。こゝにも熔落後ある程度の温度上昇を待つ理由がある。尙第5報脚註50) 参照のこと。

又熔落までに Si が酸化して出した熱量は原料鐵の熔融に用ひられる故その熔融時間を短縮するが温度上昇には加擔し得ない。事實鹽基性平爐に於いては熔落までに Si が多く酸化する故酸性平爐に於けるよりも原料鐵の溶解時間が短い。

29) 例えば第1圖の「熔落」後1時間半から3時間目に至る間の(a), (c), (f), (d), (f)を比較してみると温度の上昇している間は〔C〕, (FeO)〔C〕・〔C〕は減少しているにも拘らず脱炭速度は大となつてゐることが解る。尙第3圖に於いて○印と□印との(a)(b)を比較すれば昇温の緩慢なときは脱炭速度の小なることがよく解る。

30) この外に温度上昇によつて LFeO が大となり熔滓の酸化能が著しく大となる。

31) 例えば第1圖の「熔落」後3時間目より4時間目に至る間の(a)(b)を比較してみると温度の上昇速度が衰えるに従つて鑛石添加を行つてゐるにも拘らず脱炭速度の小なる場合のあることが解る。

32) かくなれば熔の酸性を弱めることも同時に出来る。實際操業でもそうしている。全ガス量を減ずれば經濟的であるが酸化性を減ずることは出来ない。

33) こゝに云う過大、過小過剩とは脚註37) に述べる最適量を標準としている。

34) 「鑛石終」時には〔C〕は規格量以上にあらねばならぬ。即ち第6報以下に述べる「仕上期」間中に消費せられる〔C〕だけを過剩に有しておらねばならない。

35) 第1圖並びに第3圖は「熔落」〔C〕, 鑛石添加の速度, その總量をそれぞれ 1.20%, 6~9kg/ton/h, 34kg/ton並

びに 1.45%, 12 kg/ton/h, 48 kg/ton とした場合の實例である。この兩圖の(c)(e)(f)を比較することによつて第3圖に於けるが如く「熔落」[O]と添加鑛石量とを大にし従つて脱炭速度を大にすると第1圖に於けるより早く所要温度に達し且つそのときの[O]が多いことが解る。

尙この外に脱炭速度を大にすることは實際操業に於いては爐の損耗を著しく大にする。

36) 第2圖はこの様な場合の實例で「熔落」[O], 鑛石添加の速度, その總量はそれぞれ 1.00% 9~12kg/ton/h~27kg/ton である。この第2圖と第1圖, 第3圖との(c)(e)(f)を比較すればかゝる方法は特に (FeO), [O]を増加することが解る。

37) 第1圖に示した實例が最適量を示していることは脚註35) 36)によつて明かである。

38) このとき「爐前試料」は最もよく「噴く」ことは周知のことである。そのCO気泡発生のための核は熔鋼中の懸濁物CO気泡の外に温度降下に従つて析出する固體のFe(無數に生成する)が最も有力な核となる。

39) このとき既に鑛石は遊離のままでは存在しない。故に脱酸剤を用いてもよい筈である。

40) 鹽基性平爐に於いては, この時期の「爐前試料」は特によく「噴く」(従つて[O]の分析値にまで影響してこれを過少ならしめる)。この場合には「爐前試料」を採取する鑄型に豫め Fe-Si を添加しておいて熔鋼を注ぐ, すると「噴く」ことは全く止る。

41) 第3報脚註21)に於いて「鑛石期」に於ける熔滓は適當の粘度を必要とすることを述べたが, そうすると熔滓の酸化能は大とならざるを得ないのである。(第6報以下参照)

42) 故にこの強力な酸化能を有している熔滓を除去し, しかる後に脱酸剤を添加し, これが均一に混和し且つ, 脱酸素生成物が浮上分離する間所要温度に於いて熔鋼面の酸化を防ぐ様にすることが出来れば都合よいこととなる。事實この要求は鹽基性弧光式製鋼用(有蓋)電氣爐精鍊法に於いて充されるのである。即ちこの方法に於いては強力な酸化能を持つ熔滓を爐外に掻き出し, しかる後に「脱酸剤」を添加し更に CaO 及び C を添加して所謂「カーバイト滓」を生成する。即ち熔滓並びに氣相の酸化能を減殺して「脱酸剤」の均一な混和と脱酸素生成物の浮上分離を待つのである。(「カーバイト滓」が直接熔鋼を還元する力は極めて弱いものである。)

43) 浮上分離を期待し得ない脱酸素生成物を生ずる様な「脱酸剤」例えば Al 等は混和さえ出来ればこの様な場合に使つても差支えなからう, 事實 Al の添加は「取鋼」に於いて行う場合が多い。このときは混和がある程度可能であるしかし實際操業では技術上熔滓が「取鋼」熔鋼の上に来るが, その酸化能は既に衰えているものであり, 更に蓋を以つてこれを蔽いその再酸化を防ぎ得る。

(昭. 23. 8 月寄稿)

鹽基性電弧爐精鍊と脱酸生成物との關係に就て

(昭和 21 年 10 月日本鐵鋼協會第 32 回講演大會發表於東京)

下 川 義 雄*

THE RELATION BETWEEN THE DEOXYDATION PRODUCTS AND THE SMELTING IN THE BASIC ARC FURNACE.

Yoshio Shimokawa

Synopsis:— The relation between the deoxydation products (SiO_2 , Al_2O_3) and the various smelting conditions on the electric arc furnace was studied statistically as follows:

- (1) Inclusion increase with the increase of the oxydation period and the total smelting period, but decrease with the increase of Mn content of the bath at the melting and the end of the oxydation period and the decarbonization velocity.
- (2) SiO_2 inclusion decrease with the increase of CaO and basicity (CaO/SiO), but increase of SiO_2 and MgO in slag. But Al_2O_3 inclusion indicate the opposit results.
- (3) By the tapping SiO_2 inclusion increase but Al_2O_3 inclusion decrease a little. It was confirmed that the overoxydation of steel increase the content of the deoxydation products, then the proper control of FeO in the oxydation period and the proper slag control in the reduction period are the most important to reduce the deoxydation products.