

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気泡發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.

I. 緒 言

鹽基性孤光電氣爐に於て製鋼する場合に水素と共に問題となる缺陷はその脱酸生成物量の多いことであるが、之れに關して従來の研究を顧みるにその除去方法を確立するための基礎的資料が割合に少い。之の點に鑑みて筆者は以前當所製鋼工場に於ける熔解より相當數の非金屬介在物試料を得たので之れを統計的に整理し、鹽基性孤光電氣爐熔解の場合に於る脱酸生成物除去の基礎資料を求めた。結果より見れば試料數も少く、その傾向判定に不十分と思はれる點も多々あるが、従來の報告中に無い鋼滓成分の影響が割合に明瞭に現はれてゐるので、こゝに取纏めて報告し、併せて脱酸生成物除去の機構も考察する積りである。

II. 試 料

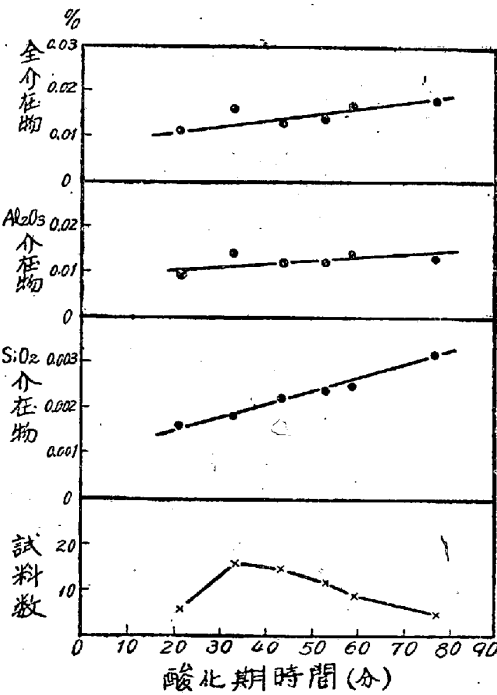
試料は何れも當所製鋼工場の通常操業の際に得たものであつて、電氣爐は容量 8t 及び 4t のマグネシヤ爐床エルー式鹽基性孤光電氣爐、製品材質は主として、Si-Mn-Cr 鋼である。試料は凡て取鍋中より金型に注入し酸洗後ボール盤により底部より採取した。

分析方法は溫硝酸法で從つて脱酸生成物としては SiO_2 及び Al_2O_3 のみを對稱とした。整理方法は縦軸横軸共各々試料より得た値の算術平均を採つた。各々の試料の分散度は可成り大きかつたが分散度の計算は行はなかつた。

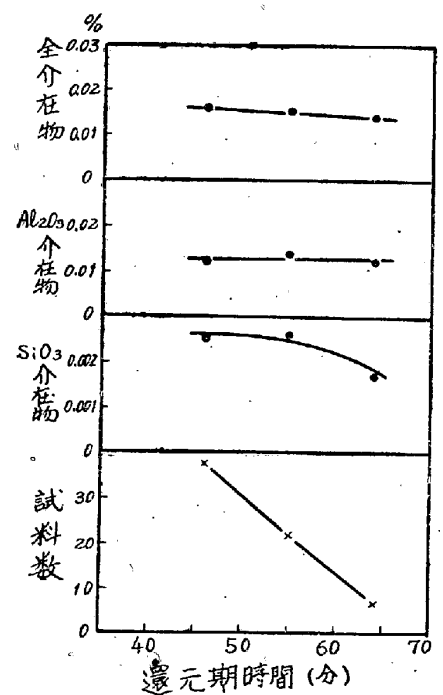
III. 結 果

種々の製鋼條件と脱酸生成物量との間の關係は第 1

第 1 圖



第 2 圖

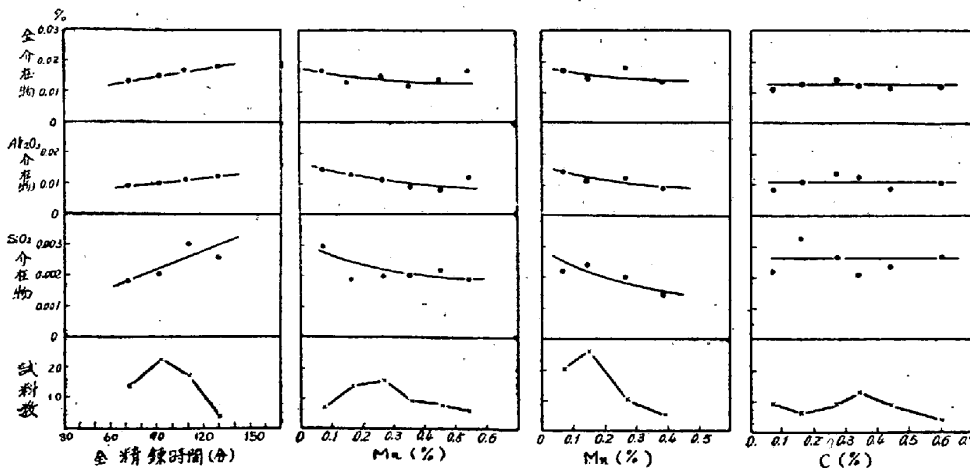


第 3 圖

第 4 圖

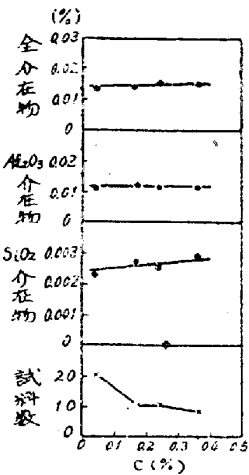
第 5 圖

第 6 圖

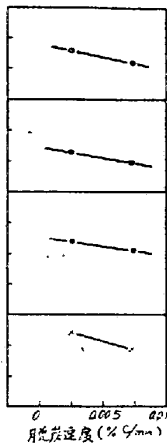


* 扶桑金屬工業株式會社鋼管製造所

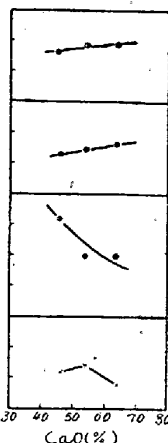
第 7 圖



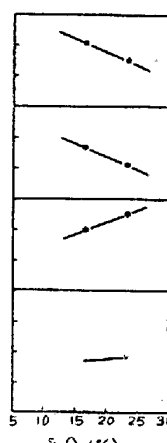
第 8 圖



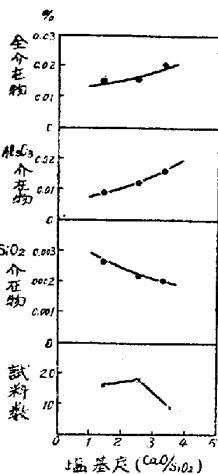
第 9 圖



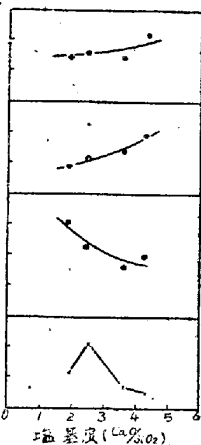
第 10 圖



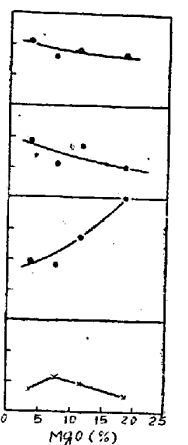
第 11 圖



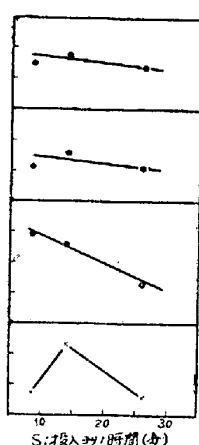
第 12 圖



第 13 圖



第 14 圖



る傾向を示す。これは鋼浴中の Mn が脱炭生成物の生成或は形態の變化に關係あることを示すものと思はれる。

(5) 熔落炭素量及び脱炭量との關係 (第 6, 7 圖)

各介在物共熔落炭素量及び脱炭量の變化による影響は殆んど認められなかつた。

(6) 脱炭速度との關係 (第 8 圖)

各介在物共實驗の範圍内では脱炭速度が大となるに従つて減少する。餘り大きな脱炭速度のものは實驗的に得られなかつたので非常に大きな場合の脱炭速度の影響は明らかでない。

(7) 還元期初期に於る鋼滓中の CaO 及び SiO₂ 量との關係 (第 9, 10 圖)

この場合還元期初期の鋼滓とは還元期に入つてから 15 分乃至 20 分經過し、還元鋼滓が出来クロム鐵等の差物をする直前の鋼滓である。鋼滓中の CaO と SiO₂ の介在物に及ぼす影響は明らかに反對で SiO₂ 介在物は CaO が高くなれば減少し SiO₂ が高くなれば増加する。之れに對して Al₂O₃ 介在物は CaO が高くなれば増加し SiO₂ が高くなれば減少する。従つて全介在物は Al₂O₃ の影響により CaO が高くなれば増加し SiO₂ が高くなれば減少する。即ち鋼滓中の CaO 及び SiO₂ は SiO₂ 介在物と Al₂O₃ 介在物とに夫々反對の影響を與へる。

(8) 酸化期末及び還元期初期の鹽基度(CaO/SiO₂) との關係 (第 11, 12 圖)

鹽基度との關係は酸化期末、還元期初期共同一傾向を示すが、各介在物に及ぼす影響は SiO₂ 介在物と Al₂O₃ 介在物とに對しては反對であつて、SiO₂ 介在物は鹽基度が高くなれば減少するのに對し Al₂O₃ 介在物は鹽基度が高くなれば逆に増加する。

(9) 還元期初期の鋼滓中の MgO との關係 (第 13 圖)

SiO₂ 介在物は鋼滓中の MgO により可成り、影響を受け 10% 以上に達すれば急激に増加する。之れに對し Al₂O₃ 及び全介在物は MgO の増加により稍減少の傾向を示す。

(10) 珪素鐵投入から出鋼迄の時間の影響 (第 14 圖)

本實驗は約 1% Si を有する Si-Mn-Cr 鋼に對して

14 圖に示した通りである。以下その結果を製鋼條件毎に求めれば次の通りである。

(1) 酸化期時間との關係 (第 1 圖)

SiO₂, Al₂O₃, 全介在物共酸化期時間の増加と共に増加するが SiO₂ 介在物はその影響殊に大きく Al₂O₃ 介在物に對してはその影響は比較的少い。

(2) 還元期時間との關係 (第 2 圖)

SiO₂ 介在物は還元期時間の増加と共に稍減少の傾向を示すが Al₂O₃ 介在物は還元期時間に影響されない。全介在物は SiO₂ 介在物の影響により稍低下の傾向を示すが全般的に見て還元期時間の影響は當實驗範圍内では非常に少い様に思はれる。

(3) 全精鍊時間との關係 (第 3 圖)

各介在物共全精鍊時間の増加と共に増加する。之れは酸化期時間の影響が還元期時間の影響に比較して著しく強いことを示すものである。

(4) 熔落及び酸化期末 Mn 量との關係 (第 4, 5 圖)

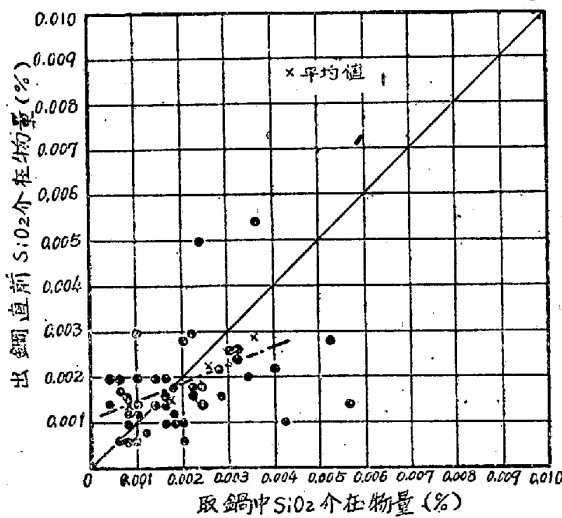
各介在物共 Mn 量が多くなれば介在物量は減少す

のみ行つたが各介在物共出鋼迄の時間が増加すれば減少の傾向を示す。

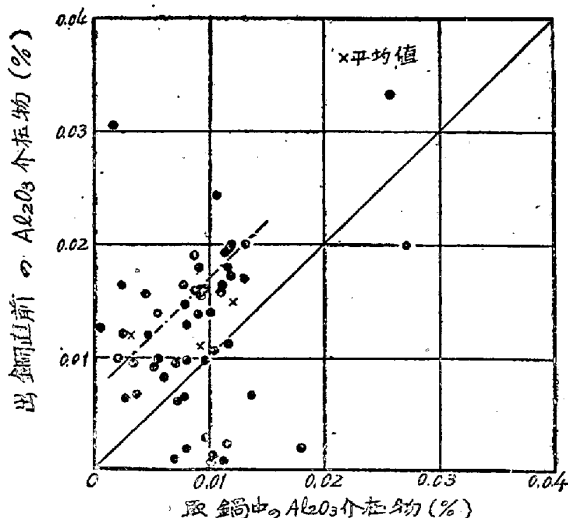
(11) 出鋼前と取鍋中との介在物量の比較

鋼中の非金属介在物量に及ぼす出鋼の影響を見るために出鋼前と取鍋中とで非金属介在物試料を取り、之等の各介在物量を夫々縦軸及び横軸に取り之れを圖示すれば第15~17圖の如き關係が得られる。圖中黒點は夫々の試料の値を×印は各枠内の平均値を鎖線はその最高濃度の所の傾向を示す。又若し全く變化が無ければ圖中の對角線上に全部の點が集中しなければなら

第15圖 SiO₂ 介在物に及ぼす出鋼の影響

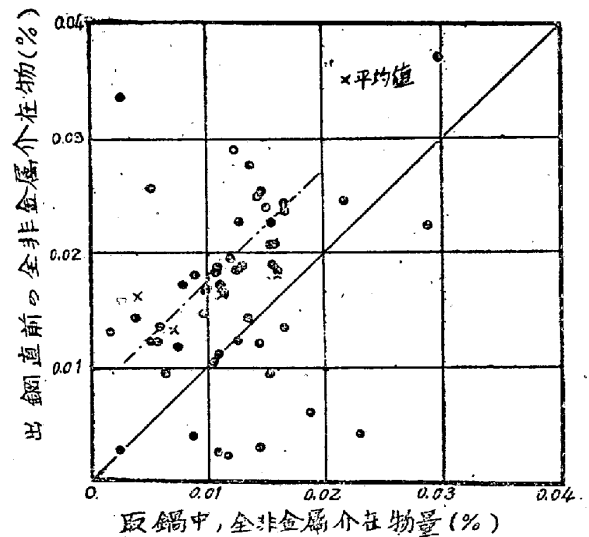


第16圖 Al₂O₃ 介在物に及ぼす出鋼の影響



ぬ。第15圖は SiO₂ 介在物の關係を示し圖中鎖線により示した如く取鍋中に於て寧ろ増加の傾向を示すのに對し、第16, 17圖に示した Al₂O₃ 全介在物は取鍋に入つて寧ろ減少の傾向を示す即ち出鋼の際の鋼滓との混合により一般に SiO₂ 介在物は増加し Al₂O₃ 介在物は減少する。

第17圖 全非金属介在物に及ぼす出鋼の影響



IV. 結果の考察

以上の結果を考察する際之等諸條件中或製鋼條件に對し各介在物共同一傾向を示すものと介在物の種類即ち SiO₂ と Al₂O₃ との兩介在物間で全然反對の傾向を示すものとに二大別されることに注目しなければならぬ。前者に屬するものは精鍊時間、鋼浴中の Mn, C, 脱炭速度等であり、後者に屬するものは鋼滓中の CaO, SiO₂, 鹽基度等である、從つて製鋼條件を決定するに當つて後者に屬するものはその何れの介在物を目標とするかによつて全く異つて來ることになる。以下の考察に當つては常にこの點を注意しつゝ進めて行きたい。

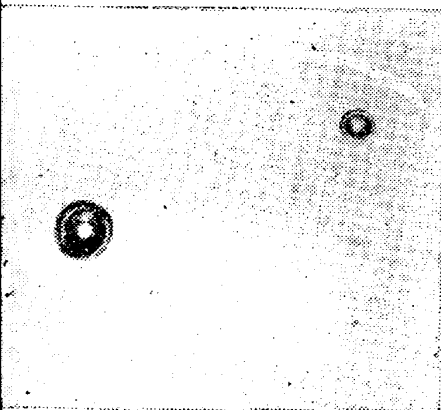
以上の結果はこれを大別すれば幾つかの製鋼條件に取纏める事が出来るがその中先づ第一に重要な點は成品の脱酸生成物量に對して酸化期に於る精鍊が還元期の精鍊と比較して著しく大きく影響して來ることである。これは酸化期時間の影響(第1圖)と全精鍊時間の影響(第3圖)とが全く同一の影響を示すことより明らかである。その點は既に Buchholz²⁾ 等によつても指摘されている點で電氣孤光爐による溶解は主として酸化期が精鍊結果從つて製品の良否を支配することを示すものである。

更に鋼浴中の Mn, 脱炭速度等の結果が出鋼時の脱酸生成物量に對して酸化期の鋼の酸化程度即ち鋼浴中の [FeO] の量が還元期が存在するに拘らず強い影響を持つてゐることを示してゐる。但し Myrzymow¹⁾, Buchholz 等の結果に明瞭に現はれてゐるに拘らず當研究結果に現はれていない熔落炭素量, 脱炭量の影響は之れ又鋼浴の酸化程度を示す重要な指標であるが、この影響はその製鋼方法に著しく影響されることが知られてゐる故²⁾ 恐らく當所電氣爐製鋼が原料中に Si,

Mn, Cr, 等の高かつた事, 低炭素である事, 高電壓による迅速熔解, 酸化期の短い短時間精鍊を目標としている點等に基くものであらう. 併し何れより見ても脱酸生成成分低減の爲めには鋼浴を過酸化ならしめない事が必要で, 水素除去と稱し無理な沸騰精鍊によつて鋼浴を過酸化ならしめる危険は嚴重に避くべきである.

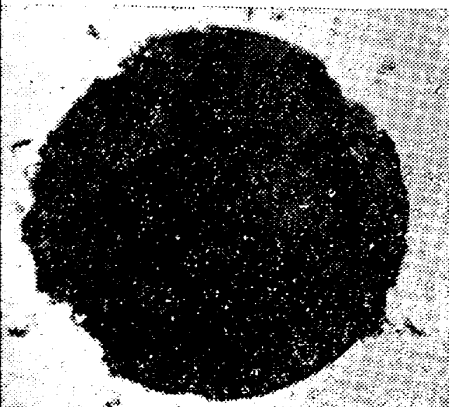
次に鋼滓成分と脱酸生成物との關係は從來この種の研究が無い故比較出来ないが鋼滓中の各成分は鋼浴成分或は非金属介在物等と平衡或はそれに類似の關係を以て變化するものと考へられる故非金属介在物に及ぼす鋼滓成分の影響は介在物の生成並びに除去の點から見て極めて興味深い對稱である.

脱酸生成成分は鋼浴中の酸素が〔Si〕或は〔Al〕と結合して生ずると考へられるが之等が浮揚除去されるためには之等の生成物が凝集して一定時間内に除去可能な粒度に達する必要がある. それには析出し懸濁状態である之等の生成物の表面張力と流動性が關係し, 低融な流動性のよいものとなる必要がある. 從來の研究によれば SiO_2 , Al_2O_3 は夫々單獨では高融であるが $MnO-FeO-SiO_2$ 系 $FeO-SiO_2-Al_2O_3$ 系, $MnO-SiO_2-Al_2O_3$ 系中には著しく低融のものが得られる. 事實各種鋼中より得られた非金属介在物の顯微鏡寫眞によつても第 18 圖の如き殆んど純粹の無水珪酸よりなる透明珪酸鹽介在物は極めて小さいものが大部分であるが



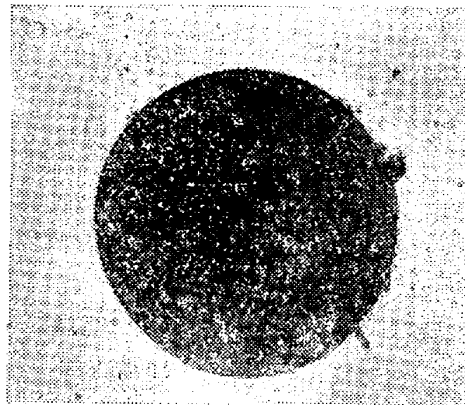
第 18 圖
殆んど SiO_2 と考へられる透明珪酸鹽

×1000



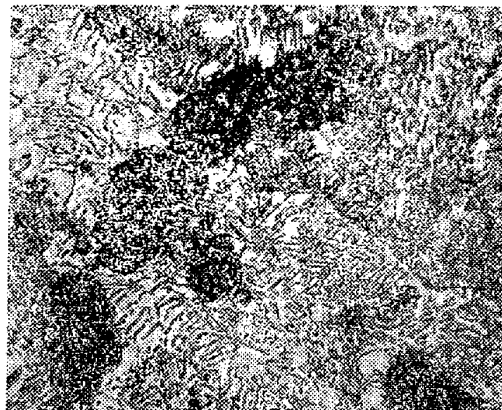
第 19 圖
 FeO , MnO を相當多量含む不透明珪酸鹽. 花模様は SiO_2 と推定される

×1000



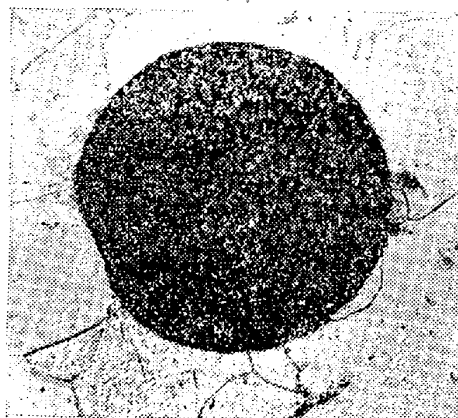
第 20 圖
 FeO , MnO を相當多量含む不透明珪酸鹽

×1000



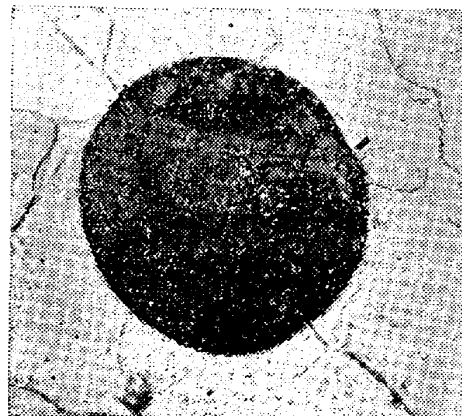
第 21 圖
アルミナ型介在物. 板狀結晶はアルミナ. ×はアルミナ珪酸鹽

×1000



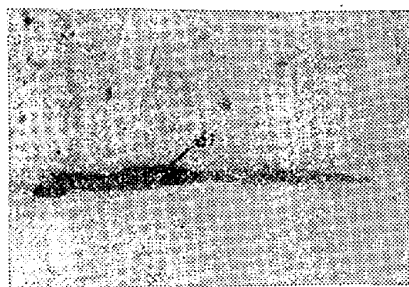
第 22 圖
 FeO の著しく高いアルミナ珪酸鹽. 白い部分は FeO 著しく高い.

×500



第 23 圖
 FeO の著しく高いアルミナ珪酸鹽. 白模様は FeO 特に高く FeS を含む

×500



第 24 圖
FeO, MnO を含む
アルミナ珪酸鹽
×200

第 19, 20 圖の如き FeO, MnO を多量に含む不透明珪酸鹽には大型のものが多く、第 21 圖の如きアルミナ系介在物には大型のものは無く多數が點在或は列状をなして存在することが多い。これに對し著しく FeO の高い鋼浴を Al で脱酸した際に生じた第 22, 23 圖の如き FeO の高い珪酸アルミナ鹽或は第 24 圖の MnO を含む珪酸アルミナ鹽の如き介在物はアルミナが相當高いに拘らず大型のものが多く、これはアルミナに適量の SiO_2 , MnO, FeO 等が添加されれば著しく低融となることを示すもので逆にアルミナが除去されるためには適度の之等の成分が添加される必要のある事を示すものと考えられる。

之等の結果を参照すれば鋼滓中の (SiO_2) の増加が SiO_2 介在物を増し (CaO) CaO/SiO_2 の増加が SiO_2 介在物を減少する事は之等が鋼滓中の遊離 SiO_2 を變化させ之れに平衡する鋼浴中の Si 量或いは Mn 量に變化を與える事に依るものと考えられる。還元初期の FeO の高い鋼浴中に強制脱酸劑として加えられた Mn 或いは Si は當然 MnO 或は SiO_2 として存在し鋼浴中の Si, Mn 等と平衡にならうとする。この際鋼滓が又鋼浴の Si, Mn 等を規制するとすれば SiO_2 , MnO 介在物も又鋼滓の支配を間接的であるが受ける事になる。例へば鋼滓中の SiO_2 の増加は之れと平衡する Si を増し Mn を減ずる故介在物としての SiO_2 を増し MnO を減じ SiO_2 -MnO が大型介在物となる爲めの比率を破り SiO_2 が持場が困難になると考える事が出来

る。又鋼滓中の MgO は Mn 平衡の平衡恒數に影響し 10% 以上では一定の鋼滓中に平衡する [Mn.] を減少せしめるといわれてゐる。これは第 13 圖) 中で MgO が 10% 以上で急激に SiO_2 介在物が増加してゐる點と一致して興味がある。更に鋼滓成分に關し、 SiO_2 介在物と Al_2O_3 介在物とが反對の影響を受ける事に關しては強制脱酸劑中の Al が鋼浴中に残存しこれが温度の上昇と共に SiO_2 を還元して Al_2O_3 化するものが分析的に把握し得ない微小な Al_2O_3 が強制脱酸劑投入時に生成し之れが時間の経過と共に次第に凝集して分析上に表はれて來るものか或は他の理由に基づくものかは不明であるが一面 SiO_2 の増加によつて Al_2O_3 が減じてゐる事は Al_2O_3 の除去には SiO_2 , MnO 等が要な事を物語るものと考えられる。併し介在物除去の理論は不均質液物内の擴散速度も含めた化學反應理論を必要とし各成分の存在状態が著しい影響を有するものである故新様な状態の化學反應機構乃至物理的機構をもつと明瞭になつて始めて明瞭となるものであると思われる。

最後に獨逸式製鋼法は酸化期強沸騰精練を行ひながら過酸化に對して嚴重な注意を拂つてゐる點、還元期珪砂を用ひて鹽基度の調節を行つてゐる點等脱酸生成物低減に努力してゐる點が注目される。

IV 結 語

本報告は鹽基性電弧爐による精練方法を脱酸生成物低減の面から見れば如何なる點に注意すべきかを明らかにする目的で行つた實驗結果である。試料も不十分であり他にも重要な條件が抜けてゐるが從來漠然と考へて行われて來た脱酸生成物除去法に一つの根據を與へる結果になると思ひ報告する次第である。

(昭. 21.12 月寄稿)

1) Myrzymow: St. u. E. 58 (1938) 761

2) Buchholz: St. u. E. 58 (1938) 231