

響を見た。

1) 清淨操作の回数と共に黒鉛量及び大きさが變化し或回数以上になると黒鉛量は急に減じ遂に認められなくなりセメントイトの大なる結晶があらはれる。

この事實は次の如く考へられる。黒鉛量及び大きさに影響するものは第1に熔融鉄中に介在する硫化物、酸化物等の介在物で之は黒鉛結晶を大きく發達させる。第2は黒鉛化を阻害する酸化鐵や硫黄等の存在、第3は水素ガスの影響である。水素は黒鉛を細長く發達せしめ化合物炭素を増すものである。最初清淨操作によつて介在物等が減るので黒鉛は細かになり尙酸化鐵が存在してゐるので水素の影響は現はれない。尙清淨操作を続けると酸化鐵等は除去されて水素の影響は現はれ黒鉛は長く發達する。更に清淨にすると介在物がいよいよ減少して黒鉛核作用が減じて黒鉛量も大きさも減少し或限度に達すると黒鉛は全く認められなくなる。黒鉛量は最初酸化鐵や硫黄等が減ずるに従つて増加するが清淨度が進むと共に水素の影響が著しくなり且黒鉛核が少なくなる爲めに黒鉛量は減じ遂に全く認められなくなり、而してセメントイトの大なる結晶が發達する。

2) 最初減壓すると沸騰が烈しく起る。これは酸化鐵が炭素の爲めに還元されて發生するガスの放出による。この沸騰現象は窒素中に熔解した場合は起り難い。この

現象は前述の如く水素は觸媒的に炭素の脱炭反應を促進させるためである。

3) 試料の炭素量は當初の清淨操作に於て著しく減ずるがその後が殆んど減少しない、之も前述の如く試料中の酸化鐵が水素のために還元されて生ずる水分が炭素に反應し所謂水ガス反應によるもので酸化鐵が除かれると脱炭反應が起らなくなる。従つて乾燥せる水素は脱炭反應が起り難いことと一致する。

4) CO、CO₂ 及び O₂ は何れも微細な共晶黒鉛を發生せしめる。而して O₂ は化合物炭素を増し地鉄に初析セメントイトが現はれる。CO₂ 及び O₂ は CO よりも共晶黒鉛を發生せしめる作用は強い、之は CO₂ 及 O₂ は炭素と反應して CO を發生して窒素及び水素を追い出し又熔銑中の微細な黒鉛核を酸化除去するためと考へられる²⁾

5) 窒素は黒鉛を直線的に長く發達せしめ且化合物炭素を増す。

本研究は東京大學第一工學部鐵冶金學實驗室に於て田中教授の御指導の下に行はれたもので同教授に對し感謝の意を表す。又實驗に協力された高木甲子雄氏に感謝の意を表す。
(昭和 24 年 8 月寄稿)

1) 田中教授、鐵と鋼第 23 年第 9 號

2) 田中教授、鐵と鋼第 27 年第 12 號

鑄鐵電氣爐熔解に於けるオアリングの効果に就いて

(昭和 24 年 4 月本會講演大會講演)

成 瀬 亘*

ON THE OREING EFFECTS IN MELTING REACTION OF ELECTRIC CAST IRON

Wataru Naruse

Synopsis :

The author applied oreing in melting cast iron in an electric furnace with silicious lining to lower a certain extent hydrogen and silicon contents in the bath, so as to get sound castings free from blow holes and of the better mechanical properties. When oreing had been executed in presence of acid slag containing carbon just after melt down, decarbonization and other undesirable influence of oxygen were not only perceived, but increasing tendency of carbon content due to violent reaction between slag and molten iron during boiling period.

To get a satisfactory result by oreing operation it was necessary to keep following conditions correctly for prevention of excessive oxidation; that is, high silicon (>2%), low heat, and suitable degree of oreing, followed by reducing reaction.

I. 緒 言

従来鑄鐵に對して鋼の如くオアリングを適用することは脱炭等の化學成分の變動及び過酸化の悪影響が危惧されて實用されてゐない。然し乍ら筆者は鑄鐵酸性電氣爐熔解に於て高珪素原料の脱珪並びに脱水素等の目的で以前より熔解作業中にオアリングを試みてゐるが、その適用の際の條件を注意するならば目的を十分に達し得て然も脱炭其他酸素の悪影響は認められない。

これらの現場實驗値を不完全乍ら中間報告として御紹介し、尙ほ他に未知の因子も多く一途に斷ずることは出来ないが之に對する二三の考察を述べたい。

II. 操 業 方 法

2t Héroult 式電氣爐に於て、酸化後 Si 還元による脱炭と水素侵入防止の爲に酸性操業を採つた。尙ほ Fe-Si の後期添加は懸濁性珪酸鹽増加の恐れがあるので之を避けた。操業は狀況に依り異なるが大略基準は次の如くである。即ち骸炭粉 1% 弱を下敷とし、骸炭粉 1% 石灰石 1% 程度を主原料と混合装入する。熔落後この加炭劑を含む酸性熔滓存在下に於て鐵鑛石を爐況に應じ 1~3% 投入酸化沸騰せしめ 15~20 分後に、

第1法：除滓して再造滓する。

第2法：除滓せず其儘適量の骸炭粉添加、熔滓を還元性に移行せしめる（或ひは更に Fe-Mn 添加）。

實施せる操業法はこの二つに大別される。

第1表 使用鐵鑛石（自社新潟縣西川磁鐵鑛）

T.Fe	Fe ₂ O ₄	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	P	S
49.8	71.7	6.72	0.33	10.7	0.20	0.57	0.05	0.50

III. 鑄 巢 の 除 法

熔解作業中楔型試料に氣泡が現出し爐熱上昇と共に著しくなり、之を Fe-Mn, Fe-Si を用ひて脱炭するも一向に減少しないことがある、その際氣泡と引け巢が複合してゐる場合もある。この場合にオアリングに依つて完全に之が消失することを經驗した。其後オアリング實施以來鑄造品の巢による不良が減少してゐる。

此現象は先づ冬期に多いので、北陸ではキューボラの不良率も冬期に多いと言はれてゐるが、雪又は水分が十分に乾燥しないで材料に附着してゐる事が多く（裏日本では冬の相對濕度は夏と同様に高い¹⁾）H₂ 侵入の可能性が大であると考へられる。次に Si 過多の鑄鐵にも此現象が多く之は高 Si の爲酸素濃度が小なので H₂ の吸収

が容易になるものと考へられる。

上述の場合、オアリングに依り p_{CO} の増加にも拘らず氣泡が消失するのは之等缺陷の主因が p_{H₂} にあつたものと考へられる。之は鑄鐵の凝固に際し冷却過程に於ては N₂、凝固前期には CO、凝固後期には H₂ が發生ガスの主體となり、凝固後期に發生し然も偏析により分壓増加著しい H₂ が鑄巢の主因となつて他の N₂, CO は全壓にワキ役として働くといふ眞殿氏²⁾ の所論と一致する。

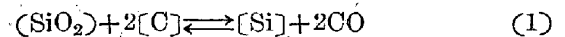
IV. 熔解時間の短縮

オアリングに依る熔湯の沸騰攪拌と Si の酸化熱の爲に湯熱上昇し、熔滓も温度上昇と FeO 少量増加の爲に流動性を増し、この結果熔解時間の短縮が認められた。

V. 脱 珪 の 目 的

Si 過多の鑄鐵はその機械的性質から見て好ましくないが、資材と原料の適當な配合が出来ず使用材料が高 Si である場合には脱珪が必要でありその手段としてオアリングを行つた。その結果に就ては第Ⅷ節に示す。

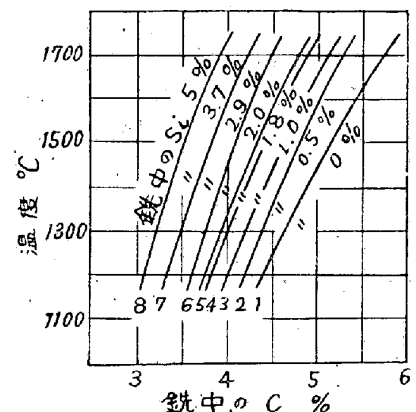
次に酸性電氣爐に於ては第2圖の如く温度上昇に伴ひ Si は C の自乗に比例して著しく還元増加する事となり、石灰添加に依つて抑制する事は困難である。



$$K = \frac{[\text{Si}] \cdot p_{\text{CO}}^2}{(\text{SiO}_2) \cdot [\text{C}]^2}, p_{\text{CO}} = 1, (\text{SiO}_2) = 1$$

$$[\text{Si}] = K' [\text{C}]^2 \quad (2)$$

従つて低 C 高 Si の材料にあつては第2圖(C)の如く豫め脱珪後加炭しなければ Si が極めて過量になる。

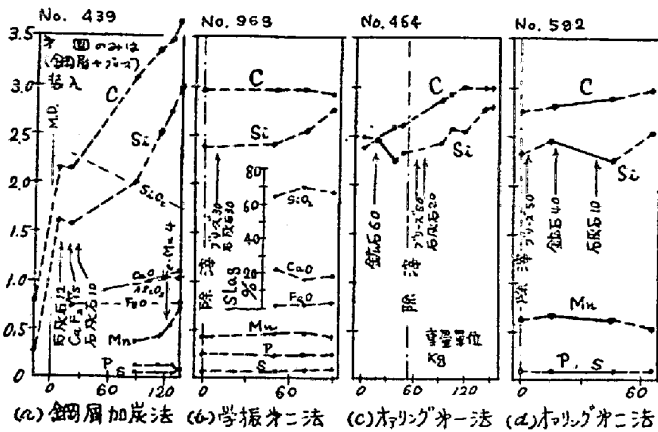


第1圖 鉄中の炭素溶解度

更に第1圖の如く鉄中の Si は C の溶解度を減ずるから、第2圖(a)の如く鋼屑は低 Si であるから容易に吸炭するが(c)の如き高 Si の鑄鐵屑は一應脱珪し

* 日本電氣冶金株式會社

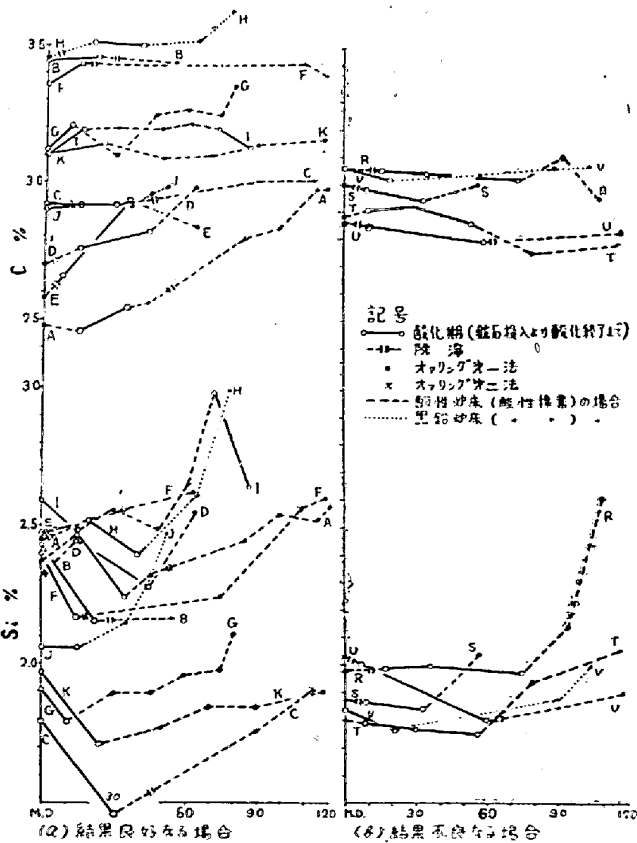
ないと加炭し難い。



第2圖 各種熔解法の一例

VI. オアリングに依る C, Si 其他 化學成分の變化

第2圖 (b) は普通の熔解法, (c) はオアリング第1法, (d) は第2法のそれぞれ一例を示す, 之により大略の成分變化は察知出来るが, 規則性を見出す爲熔解例を分類すれば第3圖の如くであり次の傾向が明らかである。

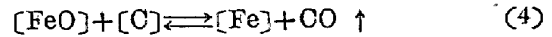
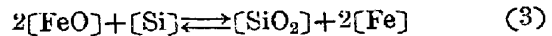


第3圖 オアリング熔解例における C, Si の變化

即ち採業適切なる時は一般に熔落 Si が高ければオア

リングに依る酸化沸騰中脱珪の目的を達し乍ら然も一方 C は増加傾向を示し結果良好であるが, 之に反し熔落 Si 低い場合は脱炭し結果不良であり, その境界はほぼ Si 2% 前後にあることが認められた。

こゝで前者の加炭する場合に就て考へてみる



熔落直後の酸化で低温であるから C に先立つて Si が先づ酸化するのは當然であるが, 沸騰する以上 C の酸化も若干行はれてゐる筈である。にも拘らず加炭傾向を示すことに就ては沸騰攪拌により下敷炭粉が上昇し湯と接觸加炭することが先づ考へられるがオアリング前に再造滓してこの條件が微弱になつても矢張り, この傾向があり, 次に爐床が酸性及び黒鉛の何れの場合にも共に同様の傾向を示すことから之等はそれを助長はするであらうが主因ではない。従つて結局酸性熔滓中の加炭剤と湯との間に沸騰による激烈な接觸が行はれ同時に温度も上昇して来るから加炭が促進されて, 沸騰に消費した C 減耗量以上に吸炭したものと考へられる。そして C の本格的な酸化に達しない前に酸化は終了し又 FeO は珪酸鐵となつて熔滓中に安定化して酸化能を早く失ふものと思はれる。

之に反し後者, 即ち低 Si の場合には過酸化になり脱炭し, 又高温になつてから酸化した場合にも C の酸化が早く始つて脱炭し共に有害である。

其他 Mn は Si に次いで減耗著しく, オアリング後 Fe-Mn の添加は Mn 量調整と脱酸の二目的を達して有効である。酸化が軽度なので其他の Cr, Cu, P, S は殆ど變化がなかつた。

VII. 機械的性質の變化

第4圖, 第5圖の如く第1法, 第2法共に同様の傾向を示す。抗張力はオアリング後著しく増加し其後 Si 還元に伴つて減じ始めるが結果としては最初よりも増加してゐる。抗折荷重の變化は抗張力と同様の傾向を示す。撓みは酸化によつて減少を示さず Si 還元後も尙ほ幾分増加傾向を示す。此等の結果は Si 量の變化及び次に示す黒鉛分布組織の變化に基くものと思はれる。オアリングが適度であれば結果は良好である。

VIII. 黒鉛組織の變化

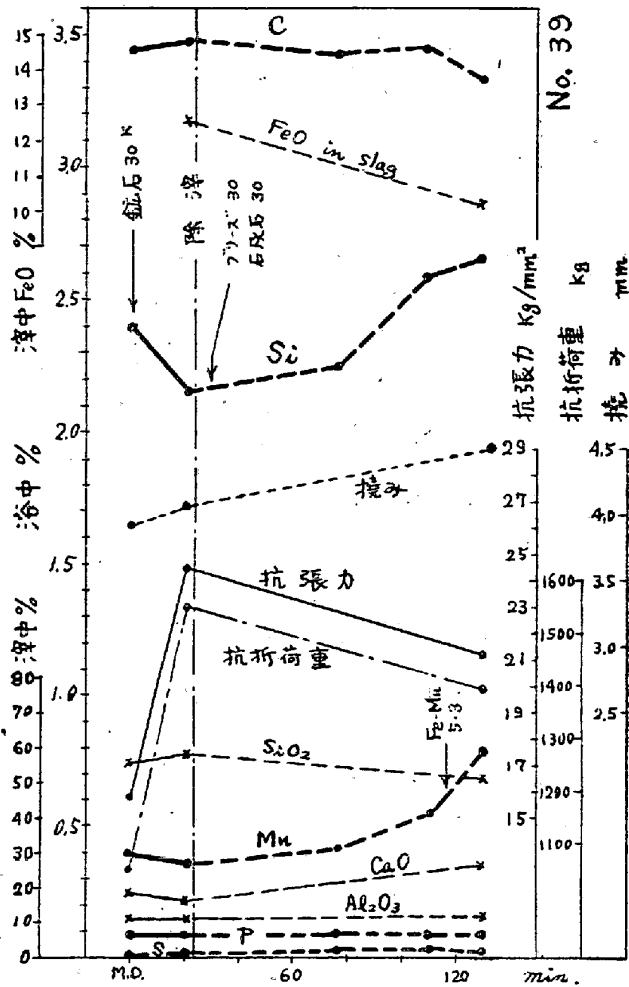
析出分布してゐる黒鉛の形状は最初直線的であるが, オアリングに依つて幾分細かく亂れ其後 Si 還元につれて黒鉛の分布, 大きさは元に復するが形状は彎曲してゐ

る。

IX. 湯面模様の變化

最初は Si 多量の爲か一面に皮膜を張ることが多い

第4圖 第1法熔解例と機械性質變化



が、オアリング後酸素系と稱される波來土狀の割目模様を生じ、其後 Si 還元につれて漸次各割目の先端が相互に直線的に連結し遂に炭素系と稱される龜甲狀に變化してゆく傾向が見られる。

X. オアリングに依る酸素の影響

以上の如くオアリングが爐況に適應してをれば酸素の悪影響は認められず又次のことが考へられる。

1. 鑄鐵は鋼に比して C, Si が高いから [FeO] は低く又オアリングに依る成分變化等の酸素の影響は鋼程に敏感ではない。
2. 熔滓は SiO₂ で飽和してをり遊離 (FeO) は少い。
3. オアリング終了後温度上昇により Si が還元する。



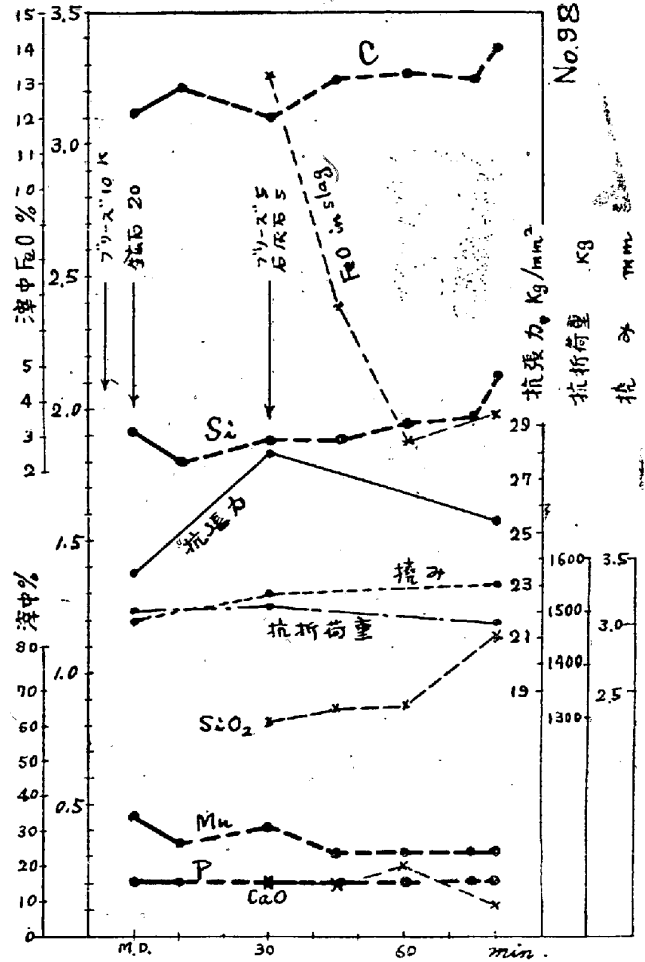
$$K = [Si] \cdot [FeO]^2 / (SiO_2) \quad (5)$$

この場合平衡の關係で [FeO] は減少する。分配則によ

$$L_{FeO} = [FeO] / (FeO)$$

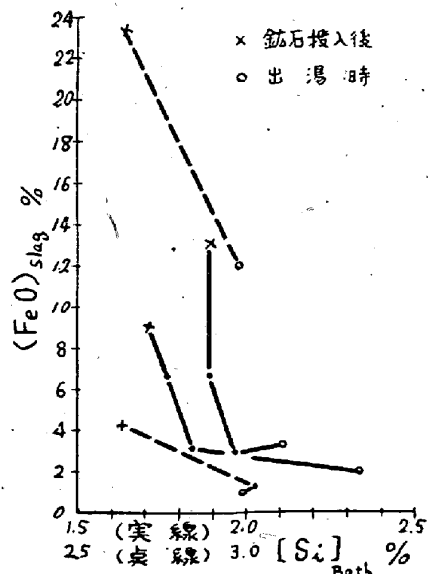
$$K' = [Si] \cdot (FeO)^2 / (SiO_2) \quad (6)$$

同時に熔滓中の FeO も減少する譯であり、第6圖の第2法即ちオアリング後其儘炭粉添加 Si 還元せる場合



第5圖 第2法熔解例と機械性質變化

熔滓中の FeO の變化は之を實證する。



第6圖 第2法オアリング後 Si 還元時の (FeO) の變化

4. キュボラ鑄鐵の Osann の鋼滓代表成分は

SiO ₂	CaO	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO
50.0	20.8	15.2	0.4	6.5	6.4

であり又齋藤博士調査に依ればキュボラ滓の FeO は 2.4~17.1 (平均 7~9%) であるが³⁾、電氣鑄鐵の場合一般に更に低い、オアリングの場合その終了直後は FeO 10~13% であるが出湯前には

SiO ₂	CaO	FeO	Al ₂ O ₃
65~70	15	2~3	10

となり熔滓中の FeO は決して高くない。

5. 湯面模様の変化はオアリング後キュボラの湯面に近づいてゆくことを示す。定量的なガス分析結果は未だ明らかではないが、前各項に既述したオアリングによる諸變化から見て一般にキュボラ鑄鐵は熔解中酸化氣流にさらされて pCO 高く pH₂ 低く全ガス壓は飽和してゐるが、電氣鑄鐵は還元性雰囲気で熔解されるので pCO 低く全ガス壓不飽和であるが pH₂ は高いことが定性的に推察される。又時として電氣鑄鐵は過熱によつて懸濁性珪酸鹽の熔融による酸素の増加の爲に劣性を示すことがあるが、オアリングを行ふ事は FeO の適量増加によつて珪酸鹽の凝集浮上を助ける上に有効であるかも知れない。

XI. オアリングの適用範圍

第1法は安全ではあるが、第2法は操業適切なれば順調な結果を得て然も熔解時間は短くて有利であり又後に H₂ 吸収の憂ひも少ない。次にオアリングに際して之を有効ならしむる爲には爐況に應じて適切に操業する事が必要であり脱炭する様な場合には有害である。第2表に

第2表 オアリングの適用範圍

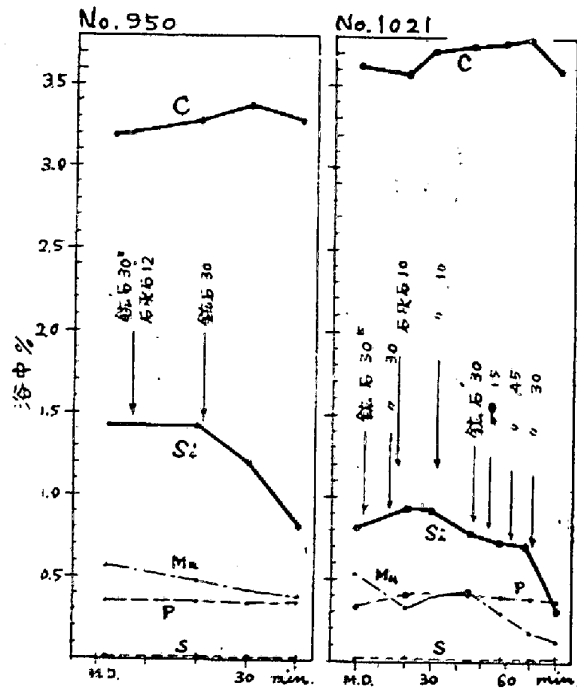
熔落成分*	鑄造性	機械性	缺陷の必要な	オアリングに	
Si C	の缺陷	の缺陷	主 因る處理	依るCの増減	
低・高	極端でなければ健全			特に處理の要なし	
低・低	引け巢(氣泡)	硬・脆	pCO	脱酸 オアリ ング後 脱酸	オアリング不 要行へば減少
高・高	氣泡	軟・弱	pH ₂		増 加
高・低	氣泡 引け巢	硬・脆	pH ₂ pCO		増 加

*成分は Si 2.0%, C 3.0% を基準にして高低を示せり

オアリングの適否を熔落時の化學成分で區分して分類した。

XII. チルド・ロールの製造

オアリングの應用として電氣銑を原料として脱珪、チルド・ロールを製造せし例を第7圖に附記する。過度の Si 還元を避ける爲黒鉛爐床にして酸性操業を行つた。(a) は S. H. N. 70 以上、(b) は 75 以上である。



第7圖 オアリングに依るチルド・ロール熔解例

XIII. 結 言

鑄鐵電氣爐熔解に於て狀況に應じて適切なオアリングを行ふ事は有効である。實驗結果より此場合その成否を支配する條件を探索し、尙その経過より推察される事柄に就て二三考察の要があると考へ不十分な實驗にて些か獨斷に過ぎる恐れもあるが敢て報告申上げる次第である。(昭和 24 年 8 月寄稿)

文 献

- 1) 中央氣象臺：中央氣象臺月報
- 2) 眞殿：鐵と鋼。28 年 4 號。p. 368-393 (昭 17. 4 月)
眞殿：鐵と鋼。28 年 9 號。p. 922-950 (昭 17. 9 月)
- 3) 齋藤：鐵と鋼。15 年 12 號。p. 1097 (昭 4. 12 月)