

酸性電氣爐操業法に就て

(第三回工學大會講演)

田村 宣武*

籾内 周三郎*

目 次

- | | |
|-----------|--------------|
| 1. 緒 言 | 4. 精錬法の概要に就て |
| 2. 床付法に就て | 5. 操業成績に就て |
| 3. 乾燥法に就て | 6. 結 言 |

1. 緒 言

陸軍に於ては先年來酸性電氣爐鋼を兵器用鋼として使用することに關し調査研究する處ありしが本邦には酸性電氣爐の操業を實施しある處其の類例少く、殊に大型の特殊鋼塊の鑄流につきては、全くその例を見ざる狀況なり。

依て陸軍に於て之れが熔製をなし其の性質を研究せんとし、昨年秋エルー式 10 吨電氣爐を酸性とし、鋼塊の熔製を試みたり。爾來毎日 1 回操業し、炭素鋼或は特殊鋼塊を熔製し今日にて約 100 回の操業に達するも、爐床の狀況異狀なく、操業は順調にして、其の成品の成績も亦良好なり。尙引き續き操業法と共に酸性電氣爐鋼の特質に就き研究中なり。

操業開始以來未だ經驗深からずと雖も本邦としては最初の試みなるを以て、聊か經驗したる所の二、三を述べ諸賢の参考に供せんとす。

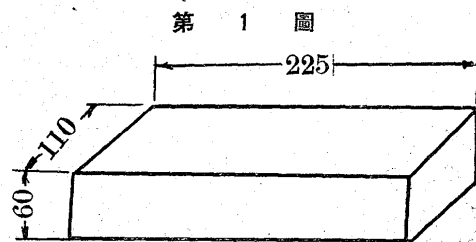
2. 床付法に就て

酸性電氣爐法の成否はその床付法の可否による所多し。床付法の完成は製鋼作業のみならず近時發達しつつある熔銑作業に對する應用の範圍大なるものと信ずるものなり。

元來床付法は燒付法並撞固法の 2 種あり。その何れを採用すべきかは考慮すべき問題にして酸性平爐に於ては燒付法を専用せられある現況なりと雖も、爐の加熱方法の相違に依り電氣爐に對し燒付法を應用することは幾多の手續と時間を要し、且完全なる燒付は困難と考へざるべからず。これ陸軍に於て撞固法を採用せる所以なり。

酸性電氣爐床付に撞固法を採用する場合考慮すべき點は
(1) 床付材料たる珪石の加熱による膨脹並依て來るべき龜裂を如何にして防止すべきや
(2) 耐火度高き珪石を熔解作業前如何にして熔着せしむべきや
にあり。

(1) に對しては各種珪石を第 1 圖に示す如き煉瓦形に撞



固め、平爐爐堤に於て燒結せしめその膨脹率を測定し、以て膨脹最小なる種類

並配合を決定せり。(2) に對しては多少耐火度を低下するの虞れあるも、材料珪石中に某程度の酸性熔滓を混合し熔着を促進せしむると共に乾燥法に留意しこれが完成を期したり。

以上の目的のため供試珪石として採用せるものを擧ぐれば次の如し。

種別	成 分								産 地
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	I.L.	
珪石	97.61	0.59	1.36	0.10	0.11	0.03	0.09	0.47	福岡縣 企救郡直見
銀砂	99.85	0.40	0.46	0.04	0.15	0.03	0.10	0.30	福岡縣相模 郡小高町

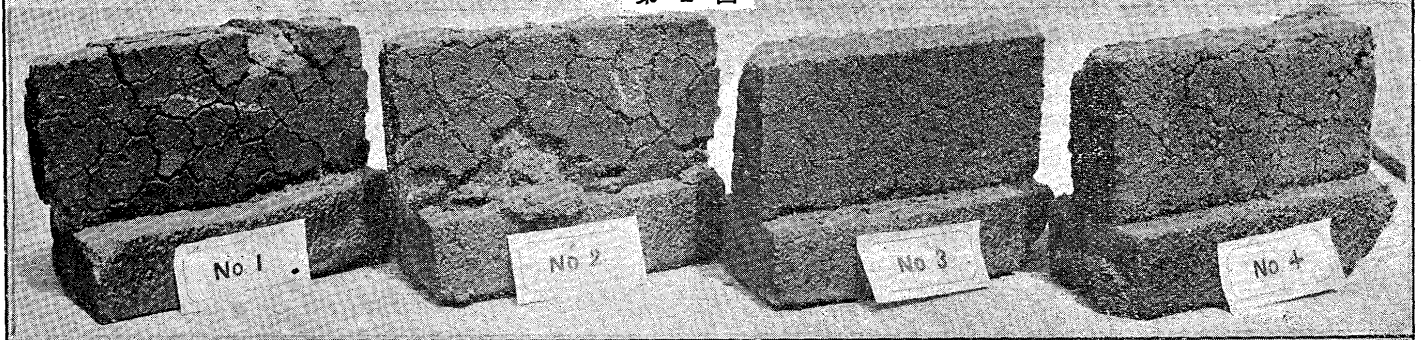
珪石は從來酸性平爐用として大塊を購入しこれを破碎使用せるものにして、その碎目に依り次の 4 種とし、銀砂は一般に酸性平爐床付用として使用せられあるものにして米粒大のものにしてその形状にて購入せるものなり。

篩	メッシュ	銀砂	陸軍床付粉		
			大粉	中粉	小粉
小角目以上	5	—	35.0	16.0	—
5 厘 以上	8	18	25.0	22.0	27.5
2 厘 5 毛以上	17	68	7.5	15.5	17.5
2 厘 5 毛以下	—	14	32.5	46.5	55.0

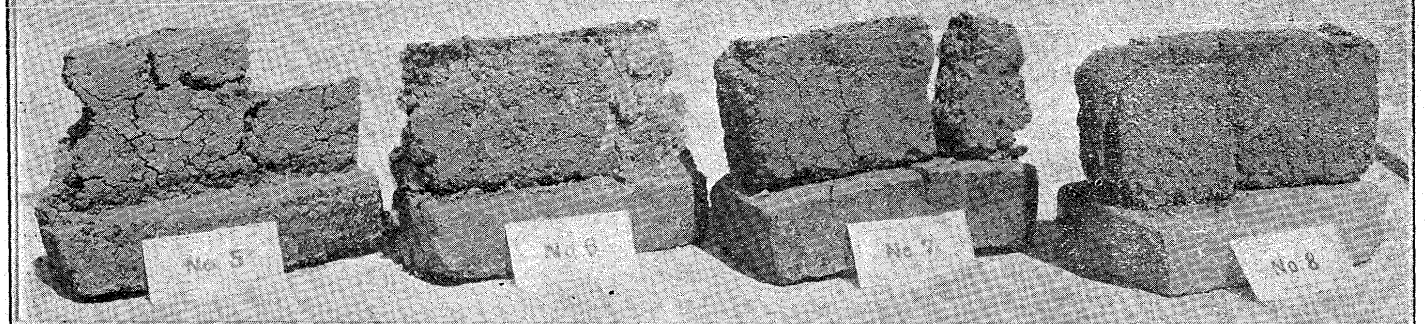
以上のものを次の如く配合し燒結したるにその膨脹率次の如し。

* 陸軍造兵廠大阪工廠

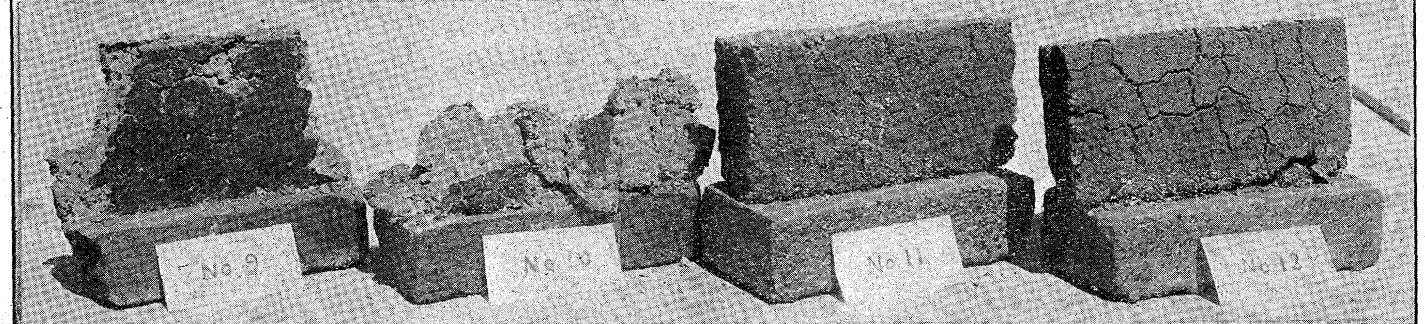
第 2 圖



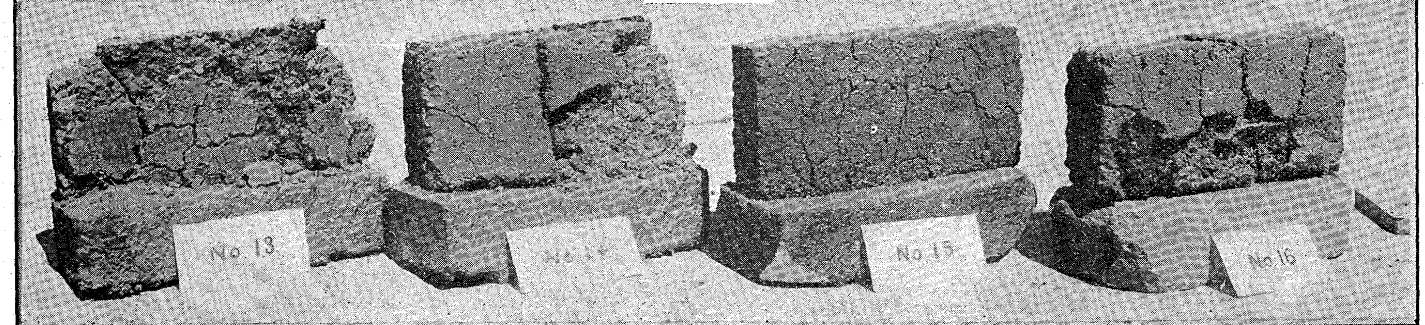
第 3 圖



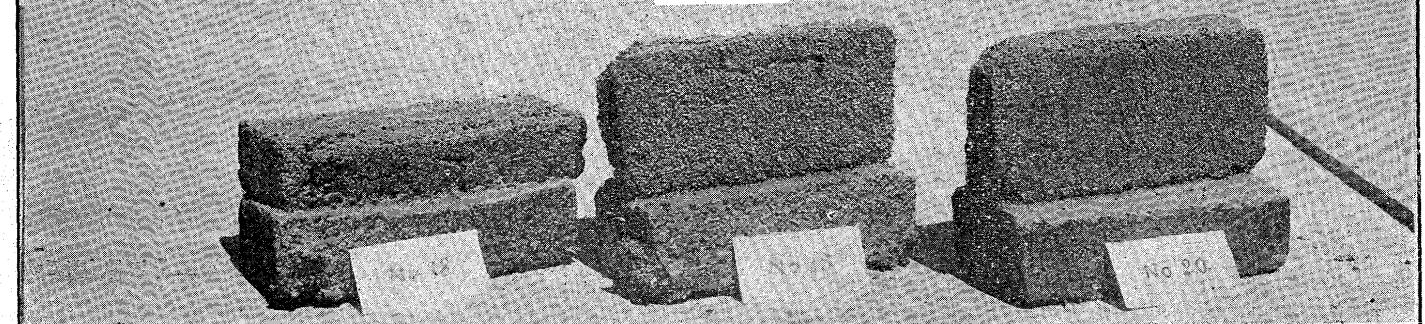
第 4 圖



第 5 圖



第 6 圖



配合物 供試材料	水			タール 5%			熔滓粉 10%+水			熔滓粉 10%+タール		
	試番	対號	膨脹率	試番	対號	膨脹率	試番	対號	膨脹率	試番	対號	膨脹率
珪石小粉	1	993		2	940		3	871		4	845	
珪石中粉	5	2008		6	1725		7	1136		8	876	
珪石大粉	9	1125		10	1040		11	990		12	965	
中粉 (豫め 1,200°C に 焼きたるもの)	13	1085		14	963		15	985		16	1060	
陸軍製銀砂	—	—		17	—		—	—		18	968	
買入銀砂	—	—		19	271		—	—		20	584	

その焼結状況を示せば第 2~6 圖の如し。

以上の結果によりタール使用のものは水にて混合せるものに比し膨脹率少く、焼結状況より見る時は 10% 酸性熔滓粉を混入せるもの最も良好なる形状を維持せり。又膨脹状況を観察するに買入銀砂最も可なり。これ粒の大小揃ひある爲に空隙多く各珪石粒の膨脹自由なるためなるべく同一銀砂に於て 10% 熔滓混合物に於て却て膨脹大なるを見るも、熔滓細粉に依り空隙を充填せられたるためと解せらるるなり。

以上の實驗により床付粉として採用可能なるものは買入銀砂を主としたるものにして焼結良好ならしむるため、これに某程度の熔滓を混入するを可とすべきものと考へたり。今試みに各材料の空隙を測定するため一定量の水中に一定量の材料を投入攪拌し、その容積増加に依る量を測定せるに次の如し。

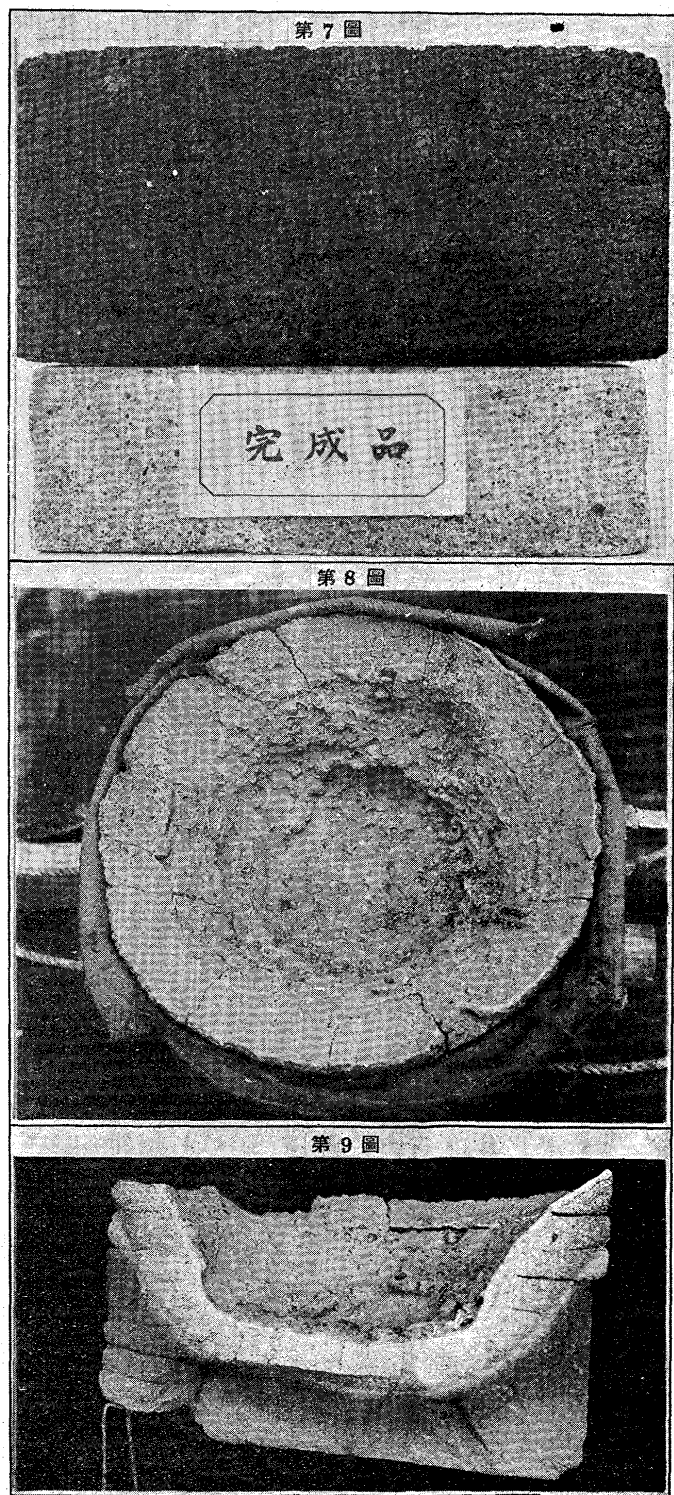
材 料	珪石小粉	珪石中粉	珪石大粉	銀砂
間 隙 率	25.0	27.5	30.0	42.5
タール 5% を配 合せる膨脹率	9.40	14.25	10.40	2.71

これを先の膨脹率と比較するため、上表にはタール 5% を配合せるものを擧げたるも、小粉のものを除き略々空隙率に逆比例して膨脹率小なることを認め得べし。この事項は床付撞固に際しても考慮すべき事項なるべし。然れども以上は膨脹のみを考慮したるものにして爐床完成したる後に於て斯くの如き空隙は避くべきことなれば、其程度迄空隙を充填すべき材料を配合するの要あるべし。これがため上記珪石小粉 30% と併せて 10% の熔滓粉を配合せり。完成せる混合粉の焼結状況は第 7 圖の如くその膨脹率は 3.23% なり。次に以上の如く配合せるものは、これを水を以て混合するも撞固可能なる程度の粘性を有せず、これを撞固するも固形を形成すること不可能なり。これがため適當なる粘結劑の必要を認むべし。粘結劑としては何を使用するも可にして適宜選擇せば可なるべし。

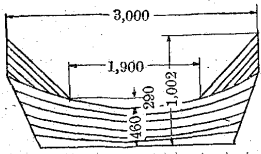
以上の如くして完成せる床付混合物の實地試験を行ふため容量 100 kg の小電氣爐に撞固を行ひ、木炭を以て通電

し約 4 時間乾燥したる後約 80 kg の旋屑を投入し、熔解し(熔解當時の炭素量 1.5%) これに酸化鐵を加へ約 2 時間猛烈なる沸騰を行はしめたるに爐床に何等の缺點を認めず、床付材料として使用し得ることを認めたり。

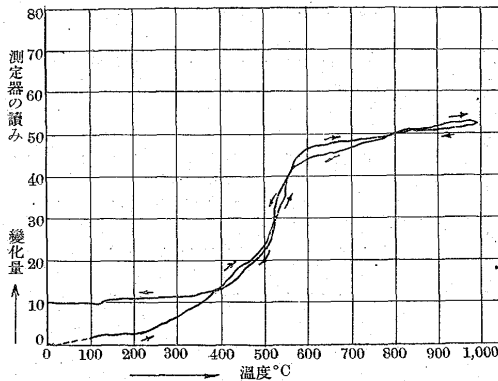
小電氣爐の爐床を取出しその状況を見るに第 8, 9 圖の如し。第 8 圖は爐床内面を示すものにして周邊に於ける龜裂は取出しの際生じたるもの、又中央部侵蝕された如く見ゆるは熔滓の残留せるがためなり。



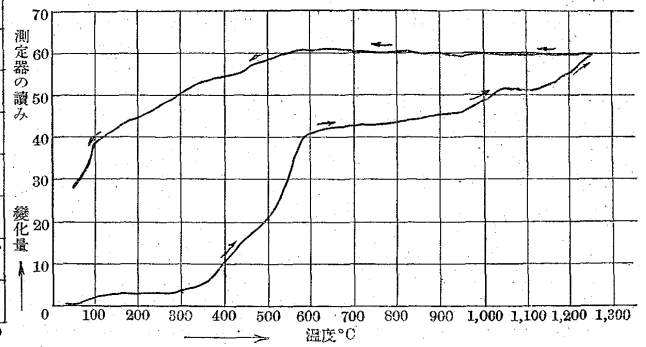
第 10 圖



第 11 圖 生銀砂 (其の 1)



第 12 圖 生銀砂 (其の 2)



第 9 圖はその断面にして爐床中に地金の侵入しあらざることを認め得べし。

以上の結果本混合物を以て大電気爐に應用することとなし、煉瓦積終了後 1 回約 10mm の厚さに空氣槌を以て撞固し逐次上昇し爐床上面に於て第 10 圖の如く中凹とし、爐底は傾に撞固せり。爐壁煉瓦は全部空積とし爐床材料の膨脹率 (3.23%) に相當する間隙を爐外殼との間に設けたり。

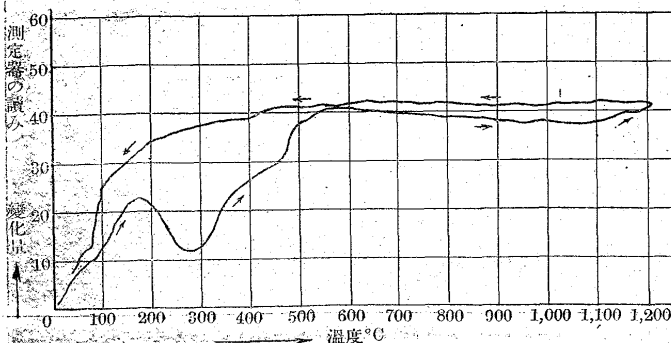
3. 爐床乾燥法に就て

撞固法に依る酸性爐床の完成は材料の選擇配合に依るの他その乾燥法により求め得るものなり。即ち石英は加熱によりその結晶系を變化し比重、容積に變化を伴ひ且つその變化は種々の溫度に依り、複雑なる變化をなすことは公知の事實にして加熱に伴ひ常に比重の減少、換言すれば容積の膨脹を來すものなり。これ等の變化に就ては種々専門家に依り研究せられある所なるも、今主要なる變化を擧ぐれば次の如し。

熱變化を受ける石英の種別	變化の性質	溫度 (°C)	比重
α Quartz \rightarrow β Quartz	不安定	575	2.653
β Quartz \rightarrow β Tridy-mite	安定	870	2.323
β Tridy-mite \rightarrow β Cristoballite	安定	1,470	2.318
β Cristoballite \rightarrow Silicaglass	不安定	1,685	—

今材料たる銀砂を細粉とし、これを亞麻仁油にて練り試

第 13 圖 燒銀砂



驗片を製作し、熱膨脹計により加熱冷却曲線を求めたるに第 11 圖の如し。

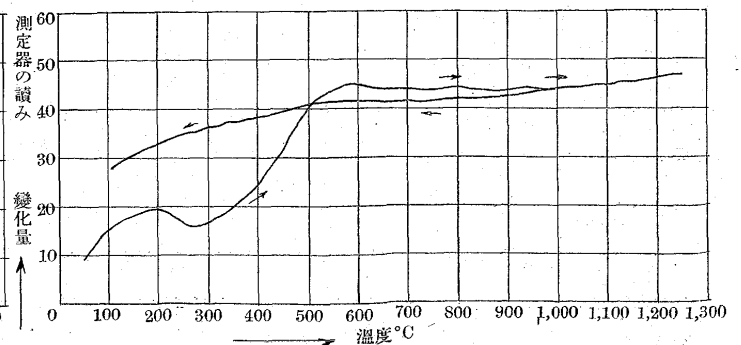
即ち約 1,000°C 迄の加熱に於ては可逆變化にして、この内 575°C に於ける α Quartz \rightarrow β Quartz の變化特に著しく 870°C に於ける β Quartz \rightarrow β Tridy-mite の變化は僅かに認め得る程度なり。

冷却曲線に於ては殆ど加熱曲線に一致す。更に本試験片を繰返し 1,200°C に加熱し加熱冷却曲線を求めたり。その結果は第 12 圖の如し。

本曲線に依れば約 1,000°C 迄の加熱曲線は第 11 圖と同一なるも、この附近に於て稍々急速なる膨脹を認め得らる。これ 1,250°C 附近より 1,470°C の内に於て β Tridy-mite \rightarrow β Cristoballite の變化を初め、1,470°C 以上に於て β Cristoballite 安定となる變化の開始せるためなるべし。

從て冷却曲線に於ては β Cristoballite + Tridy-mite の安定形に變化しあることを認め得べし。固より結晶粒中加熱膨脹變化の非常に遅きものあるがため 1 回の加熱により安定形に變化することは困難なるべし。然し乍ら爐床材料としては乾燥加熱より直ちに熔解に入るを普通とするを以て熔解作業中には永久變化を來すべきものと信ぜらる。これ等の狀況は原料中の珪酸分子の微結晶の大小、粗密に依り異なるものなり。

第 14 圖 燒珪石 (Cooling Curve は測定器 Silicatube が軟化せるため不確實)



以上の結果により材料たる銀砂及珪石を約 1,200°C に加熱し、その熱膨脹を測定したるに第 13 及 14 圖の結果を得たり。

即ち 575°C 迄の膨脹は同様なもそれ以上に於ては殆ど膨脹を認めざる程度なり。これに依り原料銀砂は一度 1,200°C に加熱したるものを用ふる方、更に安全なりと謂ひ得べし。

この場合 200°C 前後に於ける異常なる變化は前回加熱に依る Tridy-mite より Quartz への可逆變化に基くものなるべし。珪石に關する詳細なる研究は諸學者により明かにせられある所にして、以上單に乾燥に必要な二、三の性質を調査せるのみなり。これ等諸性質に基き爐床の乾燥加熱上注意すべき點は次の如く考へらる。

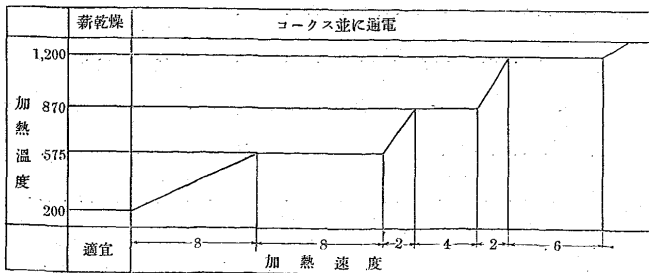
- (1) 200°C 附近迄水分乾燥に対する注意
- (2) 575°C に到る迄の著大なる膨脹に対する注意
- (3) 870°C に於ける變化に対する注意
- (4) 1,200°C 以上に於ける變化に対する注意

にして、何れの變化に対しても緩徐にして、且變化に必要な時間の保持を必要とすべし。従てその操作は第 15 圖の如く定め實施することとせり。

豫定は斯くの如きもこれを如何に實施すべきやは困難なる問題なるも大體次の如く實施せり。

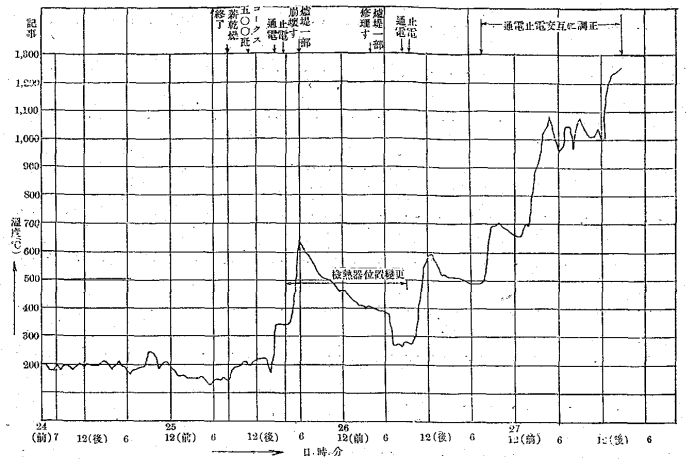
- (1) 檢熱器を装入口より装入しその先端を爐内より稍と引出し、その上に銀砂にて約 50 mm 厚に覆ふ。
- (2) 檢熱器溫度と爐内溫度との差は約 50°C とし、上記豫定に對し稍と低く作業す。
- (3) 薪乾燥は水分を除去するを目的とし、床付後新設爐の電気試験終了迄實施す。
- (4) 電気試験終了後爐内にコークスを装入し電弧に依りコークスの點火を行ひ以後自然加熱を行ふ。

第 15 圖



- (5) 高溫度に於ては通電により溫度調整を可及的に行ふ。以上の如く實施したる結果を示せば第 16 圖の如し。

第 16 圖



以上の操作中經驗したる注意事項を挙げれば 575°C 附近に於ける變化の著しき點なり。實施要領に述べたる如くコークスへの點火は電弧によりたるも、實施に當り爐内の目測溫度並檢熱器溫度共に低かりしたため少々長時間加熱せり。

これがため止電後コークス赤熱し急速に溫度上昇し、爐堤は全面に龜裂を生じ離脱せり。依てそのまま冷却し溫度低下したる後離脱珪石を取出したるに幸に表面のみに過ぎざりしたためこれを新たに混合物にて補修し、以後この點に注意實施したる結果何等の缺點を見ず乾燥完了せり。

これに依りて見ればコークスの點火は炭火によるか通電を行ふとしても單に點火する程度とし、以後コークスの自然燃焼に俟つは絶對的必要事項なりとす。即ち 600°C 附近迄の加熱は特に注意すべきものにして、それ以上の溫度に對しては殆ど考慮する要なきもの如し。

4. 精鍊法の概要に就て

最近に於ける熔鋼精鍊法は熔解後先づ沸騰を生起せしめ、含有ガス並含有物を除去し、次で鎮靜並脱酸を行ひて後注出する経過を原則とし鹽基性、酸性兩爐に於て共通の事項とす。

従て酸性電気爐精鍊に於てもこの経過は當然必要と認むべきものなり。然りと雖も酸性平爐精鍊法をその儘應用することは爐の性質上困難にして自ら上記原則を含み酸性電気爐に適合したる方法を選択すべきなり。今酸性電気爐の酸性平爐と異なりたる點を挙げれば、

- (1) 溫度の上昇容易且急速に實施し得ること。
- (2) 熔滓の除去更新容易且安全なること。
- (3) 爐内氣圈の調整容易なること。

にあり。従てこれ等事項の適切なる利用は短時間に所期の

目的を達成し得るものと考えべきなり。

作業開始以來精鍊法は原則的経過に大なる變化なきも詳細なる點に就ては經驗により逐次改變し今日に至れるものにして、以下現在に於ける精鍊法の概要につき述べんとす。

1) 配 合 装入材料は鋼屑のみを使用しこの内旋屑使用量は約2割とし適量の粗製鋼塊を混入す。原則上沸騰を生起するために、相當量の炭素を必要とすべきも酸性平爐に比較する時は極めて低位に止めあり。その量は最近に於ける鹽基性電氣爐精鍊に於ける炭素量の程度を以て可なりと認むるものなり。

即ち製品炭素量に對し約0.3%上位にて可なり。珪素量は酸性電氣爐にては高位に配合を要せず。鋼屑のみを使用する場合に於ても特に配合せざる程度とす。マンガン量は相當高位に配合することは必要なりと信じあり。従て現在装入量に對し約1%のマンガン鐵を挿入す。

合金材料は成可く熔解後投入するを原則とするも、特に特殊鋼屑を使用する場合クロムの歩留りを50%として計算しあり。

2) 装 入 装入順序は爐床保護の意味を以て旋屑の半量を先づ爐堤を覆ふ如く装入し、この中にマンガン鐵を装入す。次いで鋼屑を投入し最上部に更に殘量の旋屑を投入す。

3) 熔 解 装入終了後通電熔解を行ふこと普通電氣爐と同一にして特に記述することなし。

4) 全熔解より脱滓迄 全熔解後昇熱を待ち鐵鑛石を投入し脱炭沸騰を行ひ目的炭素量に低下したる時装入量に對し約0.7%のマンガンを投入し一部脱酸を行ふ。その後約15分にて脱滓を行ふ。尙全熔解前湯汲を行ひ炭素量高き時は早機に鐵鑛石を装入する場合あり。これ熔鋼温度過高となるを防止せんがためなり。

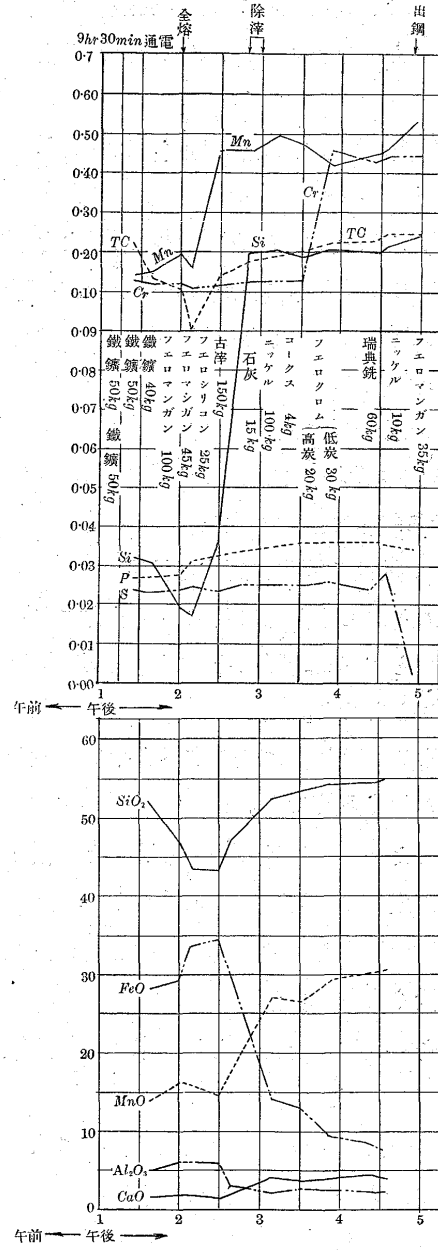
5) 脱 滓 脱滓の目的は以下の作業に有害なる酸化性熔滓を除去し鎮靜を容易に實施せんとするものにして、脱滓後適量の珪素鐵、マンガン鐵を加へ脱酸を行ひ新たに熔滓を造るため、舊仕上り熔滓を装入物に對し約1.5%投入し通電を行ふ。尙この際少量のコークス粉を投入し爐内氣圈を還元性たらしむることあり。

6) 合 金 新熔滓成立したる時機に於て合金劑の投入を行ふ。合金に要する時間を約1時間としこの間爐内を放置するとせば熔鋼温度は次第に上昇し來り、このため爐床の侵蝕著しかるべきを以て適當温度に達したる時機に

於て止電鎮靜を實施す。

7) 止電鎮靜 以上の理由により温度上昇したる時期に於て止電し爐内はその儘放置し、この間分析試料を採取し成分の檢定を行ひ要すれば必要材料の投入を行ふ場合あり。斯くて熔鋼温度稍々低き程度に至らば更に通電を行ふ。

第 17 圖 砲身鋼熔製 (實例 D 35)



取し成分の檢定を行ひ要すれば必要材料の投入を行ふ場合あり。斯くて熔鋼温度稍々低き程度に至らば更に通電を行ふ。

8) 注 出 再通電後熔鋼温度適當に上昇せば出鋼を行ふこと通常の如し。以上は精鍊の経過の概要にして一例を示せば第17圖の如し。

次に精鍊作業中注意すべき二、三の點を述べれば次の如し。

- (イ) 熔鋼の温度上昇急速なるを以て適宜電壓、電流の調整を實施すべきこと。
- (ロ) 酸性電氣爐に於ては珪素量の増加傾向大なるを以て、熔滓

- の調整並熔鋼温度を適宜調整すべきこと。
- (ハ) 脱滓は鹽基性電氣爐の如く完全に實施の要なく仕上り熔滓として適宜のものを得れば可なればその主旨に基き適宜實施すべきこと。
- (ニ) 止電鎮靜の時機並再通電時機の決定は現場的經驗に基くべきこと。

5 操業成績に就て

爐の操業開始以來1日1回の作業を實施し連續作業の成

績を記述するを得ざるも、以下出鋼全量に對する成績統計を示せば次の如し。

装入全量 (1回平均) 9,595 kg	出鋼量 (1回平均) 9,098 kg	出鋼率 95.1%
消費電力 (1回平均)		消費電力(出鋼噸當り)
熔解 精鍊 計	熔解 精鍊 計	
5,003 kW 2,005 kW 7,008 kW	549 kW 220 kW 769 kW	
装入時間 (1回平均) 1時 34分	熔解時間 (1回平均) 3時 06分	精鍊作業 (1回平均) 2時 36分
計 7時 16分		
電極消費量(出鋼噸當り)	但し内地製人造黒鉛電極にして乾燥及試験熔解3回の消費量を含む	
84 kg		

以上の成績は前述の如く 1日1回作業としての成績なるも、これを鹽基性電氣爐に比し著しく相違せる點を擧ぐれば、熔解時間短少にして所要電力少きことなり。熔解時間は爐の設計に依るものと雖も亦本統計の結果に依れば、酸性電氣爐としての特徴たることを認め得べく、電力消費量の如き鹽基性電氣爐の連續作業の場合に於けるよりも少なるものと考へらるるなり。

これ酸性電氣爐熔滓の性質に起因するものなるべし。爐の命數に就ては未だ述ぶるを得ざるも、今日迄の使用狀況に於て僅少なる損傷を認むるのみにして、これを鹽基性電氣爐に比すれば格段の差あり。電極消費に就ては比較し得ざるも以上の數字は略々鹽基性電氣爐連續作業の場合に匹適するに非ずやと考へらる。

6. 結 言

以上目下陸軍に於て實施しある酸性電氣爐法の概要を述べたり。これを總括するに

(1) 酸性電氣爐床付法として撞固法を採用し床付材料を

選擇せり。

(2) 撞固床付法を實施しその際に於ける乾燥法を述べ尙二、三の體驗せる注意事項を述べたり。

(3) 精鍊法としては沸騰鎮靜を行ふ現在に於ける精鍊法の原則を基礎とし、これに酸性電氣爐の特徴を加味したる方法を実施せり。

(4) 以上の作業に於ける二三の統計的成績を述べたり。

即ち陸軍に於ける現況を記述したるに止まり、酸性電氣爐の特徴並缺點等、酸性電氣爐採用の可否を定め得るが如き事項に言及せざりしは、目下夫々研究中の事項に屬し未だこれを發表するに到らざるを以てなり。最後に僅少なる以上の經驗に基き酸性電氣爐の利點と思考せらるる點を述べ結論とす。

(1) 爐の耐火材料安價なること。

(2) 爐の命數大なること。

(3) 電力消費量少なきこと。

(4) 作業時間特に熔解時間を短縮し得ると認めらるること。

(5) 電極消費量少なりと認めらるること。

(6) 作業容易なること。特に酸性平爐經驗者には容易に習熟し得べきこと。

(7) 製品中に非金屬含有物少きこと。

(8) 温度は調整容易にして高温熔解低温鑄込の實施容易なること。

この外酸性電氣爐鋼の諸性質、例へば白點に對する感受性、製品の物理的性質等調査研究すべき事項多く、これ等は將來逐次發表の機會あるべきことを期待し併せて諸賢の御教示を希ふ次第なり。 (以上)