

## VI. 結 論

鹽基性弧光式電氣爐による高級鋼材熔解法を提示し其の冶金学的考察を行ひ次の結論を得たり。

1. 各工程中の滓及地金の一般分析により精鋼材及鑛石を用ひ且カーバイド滓による熔解法(本法)が斯界一般に

行はるる精鋼材及鑛石を用ひず且ライミイ滓による熔解法(普法)に比し冶金的に優秀(Sound)なるを證せり。

2. 熔解中に生起作用する窒素はカーバイド滓(本法)なるとライミイ滓(普法)なるとを問はず、鋼材に悪影響を及ぼさざることを證せり。

## 高周波電氣爐鋼の砂疵輕減に関する實驗

(第三回工學大會講演)

湊 勝 宣\*  
小林 佐三郎\*

### DIMINUTION OF SILICATE INCLUSIONS IN HIGH FREQUENCY ELECTRIC FURNACE STEEL.

Katunobu Minato and Sasaburo Kobayashi.

**SYNOPSIS:**— A number of alloy steels were melted in a 500 kg. acid-lined high frequency electric furnace. The excellent diminution of inclusions were attained by the following operation.

The *Fe-Mn* (0.2~0.4%) and acidic slag (1~2%) were added before melt-down of the furnace charge. The *FeO*-enriched slag was removed twice and replaced by glass or *CaO-SiO<sub>2</sub>* mixture during the refining time. Then, the electric circuit was broken for 20~30 minutes after the last deoxidizer was added and made again for few minutes before tapping.

## I 緒 言

高周波電氣爐は種々の合金鋼が容易に熔製される點で賞用されて居るが其の材質方面には尙多少の疑問を持たれて居る。Wever<sup>1)</sup>, Dörrenberg<sup>2)</sup> 及び其の共同研究者は高周波電氣爐に依り精淨なる鋼を作る爲の熔解法を報告し Campbell<sup>3)</sup> は亦脱硫脱磷の方面から研究して居る。

其後 Adams<sup>4)</sup>, Bardenheuer 及び Bottenberg<sup>5)</sup> は鋼滓として珪酸曹達又は硝子を使用することに依り鋼中の非金属夾雜物を減少させる方法を述べて居る。

一般に高周波電氣爐鋼に於ける材質的短所の一つは顯微鏡的乃至肉眼的の砂疵が他種のものに比較して必ずしも輕微では無いことである。依て此等の砂疵を輕減することを主目的とした精鍊法に關して實驗を行つた。

## II. 實 驗 方 法

容量 500 kg の高周波電氣爐に主成材料を熔解し鋼滓組成並に熔解方法を變へて出鋼に至る迄の間に鋼滓及び鋼浴試料を數回に亘り汲み取つて分析に供した。又取鍋試料は鑄型に鑄入の際ノズル直下にて採り鋼塊は總て底部外層より僅に内部に入った所より切り出してサンド量の比較試料とした。

此等各試料のサンド分析は Dickenson<sup>6)</sup> の方法に準じて行ひ<sup>7)</sup> 高クロム鋼のときは溶解液に 1% の鹽化ナトリウムを附加して溶解を容易ならしめた。

尙本文に記載した成績は數回以上施行したものの平均又は代表的のものである。

## III. 鹽基性ライニングの場合

(1) 普通熔解のサンド 爐床をマグネシヤでライニングし鋼滓を添加せず其の儘熔製して出鋼する簡単な普通熔解法に依るときは鋼浴面の大部分は大氣中に露出し熔解

\* 株式會社日本製鋼所室蘭工場

<sup>1)</sup> F. Wever and G. Hindrichs: St. u. E., 1928, S. 11.

<sup>2)</sup> O. Dörrenberg and N. Broglio: St. u. E., 1930, s. 617.

<sup>3)</sup> D. F. Campbell: Engineering, 1930, p. 409.

<sup>4)</sup> C. A. Adams, J. C. Hodge and M. H. Mackusick: Metal Progress, 1934, No. 3, p. 15.

<sup>5)</sup> P. Bardenheuer and W. Bottenberg: Archiv Eisenhüttenw. 1934, Juli, s. 1.

<sup>6)</sup> Dickenson: J. I. & S. I., 1926, I, p. 177.

<sup>7)</sup> 小林: 鐵と鋼 Vol. 18, No. 12.

金屬の一部が滓化して鋼浴の小部分を蔽ふに過ぎない。従て鋼浴は大氣中の酸素のために酸化されて酸素含量を増加し脱酸劑投入後のサンド量の増加することは第1表に例示する如くである。

但し鋼浴の酸素含量は Herty<sup>8)</sup> 氏の Al 法に依つて測定し之を FeO として計算したものである。

第1表 鋼滓を添加せざる場合 (鹽基性)

實驗符號	時期	酸素量(FeO)%	サンド量%
1	指物前	098	0173
	出鋼前	065	0325
	鋼塊	—	0290
2	指物前	088	0221
	出鋼前	070	0310
	鋼塊	—	0259

即ち第1表に示す如く脱酸劑添加後の鋼浴(出鋼前)に於けるサンド量は 0.030% 以上であり鋼塊は 0.025% 以上となつて之を普通の酸性平爐鋼又は電弧爐鋼の同種鋼塊のサンド量(0.01~0.025%)と比較するときは稍多量と言はねばならない。尙顯微鏡で含砂状態を比較すれば一層其の差が著しく微細なるサンドが鋼材の全面に撒布されて居て機械的性質も悪くかかる熔解法に依て作た鋼材は廢却となつたものが多い。

(2) 外部より混入するサンドの軽減 第1表に示す鋼塊及び同一時期に熔解した鋼塊數種のサンド組成を検するに第2表甲に例示する如く Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の含有量が甚だ多いことは注目すべきである。此等の熔解に於ては Al を脱酸劑として全然使用して居らないので Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は主として出鋼以後に外部より混入するものと觀られる。而して出鋼後に混入する Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の根源は鑄型上部其他に使用する粘土質の目塗劑であつて熔鋼を取鍋に受けて鑄造する迄の間に其の一部が混入するものである。依て取鍋並に鑄型内の掃除に細心の注意を拂ひ真空清淨器を利用して其の萬全を期す

第2表 混入サンドの防止例

類別	實驗符號	サンド量%	サンド平均組成			
			SiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 其他
甲	1	0290	51	7	5	37
	2	0259				
	3	0285				
乙	4	0241	63	9	4	24
	5	0190				
	6	0200				

(乙は混入サンド少き場合)

ることにしてからは同一の熔解方法に依たにも拘らず第2表乙の如く鋼中の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系夾雜物を減じ同時に全サンド量も減少して居る。

ノズル ストッパーが熔損して混入する量も看過することが出来ないから良質のマグネシヤ製のものを使用する必要がある。

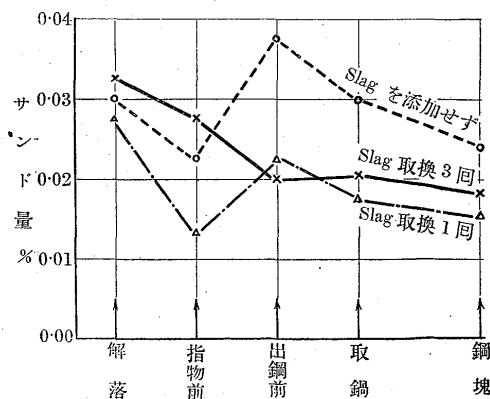
一般に高周波電気爐は其の容量が小さいので少量の耐火物が混入しても熔鋼に対するサンド量の割合は顯著になるもので今假りに 500 kg 鋼塊に對して僅に 50 g の粘土又は耐火物が混入して残留したとしても鋼に對し 0.01% となつて全サンド量の約 1/2 に近い數値となる。實際問題として 50 g 位の混入は容易に起ることであつて精鍊に充分に注意しても造塊の際の僅なる不注意に依り多量のサンドを鋼塊に含有することが屢々ある。但し鑄造後此等の混入サンドも多量に浮揚する傾向のあることは酸性平爐鋼の場合と同様であつて第3表に例示する如く鋼滓中の Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の増加に依て之を認めることが出来る。

第3表 鋼滓組成の變化

	SiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
鑄込直後の鋼塊押湯の鋼滓	57.10	4.56	19.79	14.44	2.12
凝固後の鋼塊押湯の鋼滓	52.02	3.06	17.28	14.50	7.68

(3) 合成鋼滓の添加及び取換 適當なる合成鋼滓を添加して精鍊中鋼浴面を大氣より遮斷すると共に鋼中のサンドを吸着せしむることは既に一般に行はれて居ること

第1圖 鹽基性鋼滓の場合



であるが之がサンド量に及ぼす影響を試驗した結果は第1圖の如くで合成鋼滓を添加するときは然らざる場合に比してサンド量の軽減

されることが明かである。

合成鋼滓としては CaO 70% + SiO<sub>2</sub> 30% のものを使用し其れが添加に際しては暫時荷電を遮斷して舊鋼滓を良く掻き出して後に加へることにした。而して鋼滓の取換が單に 1 回の場合には出鋼前の鋼滓に 3.2% の FeO を含有し 3 回行った時は 1.35% に減少して居つた。

従て鋼滓の酸化力の相違から觀れば鋼滓の取換回數の多い程サンド量は軽減すべき筈であるが第1圖の如く必ずし

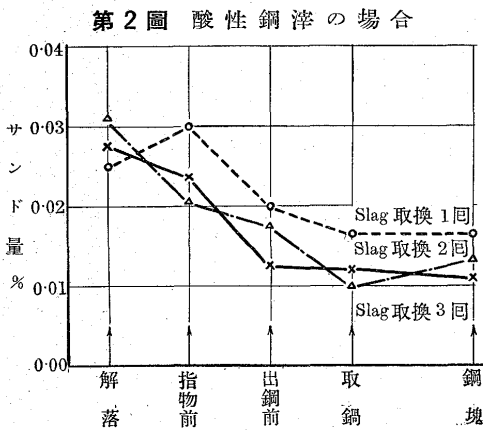
<sup>8)</sup> C. H. Herty: Blast Furnace and St. Plant, 1930, p. 468.

も3回のものが1回取換の場合に比して減少しないのみならず却て増加して居ることは考慮すべき點である。鋼滓を取換える場合に鋼浴は暫時大氣中に露出され其の回数の多い程露出時間を増して來るので其の間に酸素を吸収することになる故鹽基性鋼滓使用の場合には精鍊時間と取換回数との關係に就て充分研究すべき餘地があるし更に鋼滓の取換を餘り行はずして其の酸化力を減少せしむる方法に就ても考究しなければならない。

IV. 酸性ライニングの場合

鹽基性鋼滓は脱酸生成物の主成分である  $SiO_2$  の吸着力が大きいからサンドの軽減は酸性鋼滓の場合よりも寧ろ容易な筈であるが操業法が充分適當に行はれないときは前述の如く酸性平爐鋼に比して尙多少の遜色を認めざるを得ない。依て鋼滓の活性度が小さい酸性鋼滓の場合に就て種々の試験を行た。

(1) 鋼滓取換の効果 合成鋼滓として石灰 30%+珪砂 70% のもの又は石灰の一部の代りに  $CaF_2$  を加へたものを用ひ取換



回数数を1乃至3回に變へてサンドの變化を試験した一例は第2圖の如く單に1回の場合よりも2回以上の場合がサンドの

減少する傾向がある。但し一般に2回と3回の場合とに於て殆ど差異を認め難いので1~1.5時間の精鍊時間で出鋼する日常作業としては2回でも相當の効果があると考へる。

鋼滓取換回数2回の場合に於ける成績を例示すれば第4表の如くで鹽基性鋼滓の場合より概してサンド量は輕微となつて居る。

第4表 鋼滓取換2回の場合

實驗符號	出鋼前サンド%	鋼塊サンド%
7	0.0118	0.0106
8	0.0156	0.0128
9	0.0142	0.0120
10	0.0149	0.0189
平均	0.0141	0.0136

(2) 鋼滓酸性度の影響 合成鋼滓に於ける石灰と珪

第5表 酸性鋼滓組成

	$SiO_2$	$FeO$	$MnO$	$CaO$	$Al_2O_3$
第1回取換後	59.98	4.21	7.02	23.90	3.62
第2回取換後	59.38	1.82	8.34	25.10	2.75

砂の混合割合を變化せしめて精鍊に適當なる酸性度を求むる爲に行た實驗に就て傾向を示せば第6表の如くである。

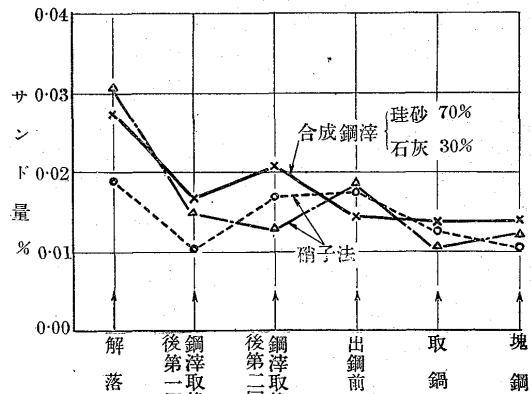
第6表 鋼滓組成の變化

熔解符號	添加鋼滓成分%		サンド量%	
	石灰	珪砂	出鋼前	取鋼
11	22	78	0.173	0.173
12	33	67	0.114	0.137
13	43	57	0.138	0.169

即ち鋼滓が相當の流動性を有する範圍で酸性度を高めたものが良く  $CaO$  の多きもの或は  $SiO_2$  の餘りに高きものは不適當なるを知た。特に  $SiO_2$  80% 附近のものは鋼滓が固くして精鍊に困難なるのみならずサンド量の減少する傾向が少い。

(3) 硝子鋼滓の場合 硝子を鋼滓として使用するときは流動性が良好で酸性度も適當に大であるから良く利用されて居るが板硝子屑を用ひ其の取換回数を2回として試験

第3圖 硝子鋼滓の場合



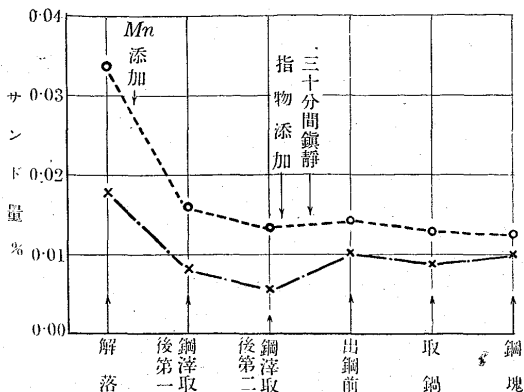
したときの成績例は第3圖の如くで一般に合成鋼滓の場合と略同一程度であるが平均して

合成鋼滓より幾分良結果を示すものと認められる。

(4)  $Mn$  の添加及び鎮靜の効果 サンドの主成分たる  $SiO_2$  の浮揚を容易ならしむるには之を大粒のサンドに凝集させることと浮揚に必要な時間の餘裕を與へることである。依て解落ちと同時に  $FeMn$  約 0.4% を添加し  $SiO_2$  を  $Mn$ -Silicate となしてサンドの浮揚を容易ならしむると共に鋼浴の酸素含量を抑制する方法所謂  $Mn$  法に準ずる方法を探り且つ脱酸劑其他の指物を添加したる後約 30 分間送電を中止して鋼浴を鎮靜せしめたる後暫時再加熱して出鋼する熔解を試みた。其の實驗成績のうち代表的2例を示せば第4圖の如くで明かに其の効果を認めることが出来る。但し 30 分間鎮靜後の鋼浴サンド量が其れ以前に比して必ずしも減少しない理由は加熱休止に依り鋼浴温度が

低下し従て *Si*, *Mn* 等の脱酸率が大となつて新に生成さ

第4圖 *Mn* 添加及び鎮靜の效果 (酸性)



れるサンド多き爲と觀られる。従て此のことは出鋼以後に起る脱酸の一部を爐中に於て行

はしめると効果がある。

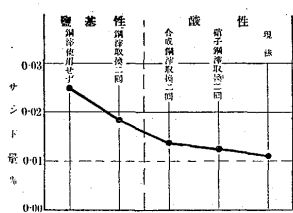
本法に依る場合の鋼浴並に鋼滓分析の結果を示せば第7表の通りで鋼滓の *MnO* 含量が増加し鋼滓の流動性も概して良好となる。

第7表 鋼浴及び鋼滓組成變化 (酸性)

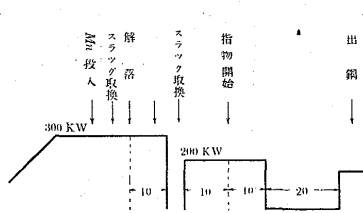
鋼滓時期	鋼浴成分%			鋼滓成分%				
	C	Si	Mn	SiO <sub>2</sub>	FeO	MnO	CaO	
合成鋼滓	第1回取換後	28	24	32	55.60	6.49	16.31	14.82
	第2回取換後	28	27	44	59.18	3.44	16.41	14.06
	出鋼前	28	29	39	61.26	2.35	15.25	11.68
硝子鋼滓	第1回取換後	74	27	59	56.18	2.92	20.87	3.41
	第2回取換後	74	34	62	57.88	2.63	21.80	3.47
	出鋼前	73	37	75	58.14	2.21	22.28	2.97

次に以上の如く熔解法を改變して鋼塊のサンド量を軽減せしめて來た傾向を纏めて示せば第5圖の如くてある。

第5圖 サンド量の軽減圖



第6圖 熔解法の一型式



### V. 酸性精鍊法と其の成績

以上の検索に依り差當り選定した基準熔解法の大要は次の通りである。

主成材料の大部分が熔解したる時鋼浴に *FeMn* 0.2~

0.5% を投入し酸化鋼滓を掻き出して新に硝子層又は合成鋼滓約 4 kg を加へ熔解完了してより約 10 分の後再び鋼滓を更新させる。新鋼滓の熔融後 15 分以内に通常の指物を添加し約 10 分の後加熱を斷て 20 分間鋼浴を鎮靜させ次で所要溫度迄再加熱して出鋼する。之を圖示すれば第6圖の如くである。

此の熔解法に準據して熔解し取鍋並に鑄型の清淨に細心の注意を拂ふときは一般に鋼塊のサンド量を従來より著しく輕微ならしむることが出來た。其の製品に於けるサンド

第8表 各種鋼中のサンド量比較

製法別	鋼種	サンド量%
高周波電気爐鋼	Ni-Cr	0.079
	Ni-Cr-Mo	0.126
	"	0.118
	W	0.107
酸性平爐鋼	C	0.141
"	Ni-Cr	0.164
鹽基性平爐鋼	C	0.104
電弧鋼	C	0.140
"	Ni-Cr	0.107

量を他より入手した鋼材のサンド量と比較した一例は第8表の如くで高周波電気爐により電弧

爐鋼に勝るとも劣らぬ程度のもので出來ることを知つた。

鋼塊に於けるサンドの偏析は通常のものと同様に底部中心部に最も多く次で頂部外層に多いが鋼塊が小さいので其の程度は幾分輕微である。

### VI. 結論

高周波電気爐に依りサンド(砂疵)の少い鋼塊を作る爲の實驗を行ひ鋼滓の更新が必須のものであることを知つた。

更に酸性ライニングの場合に就て二三の實驗を行つた結果流動性良好なる合成鋼滓又は硝子鋼滓を用ひて2回以上鋼滓を更新せしめ且つ熔解初期に適當量の *Mn* を附與せしむると共に出鋼前に暫時鋼浴を鎮靜することに依りサンドの輕微なる鋼塊を製することが出來た。尙出鋼後外部より混入するサンド防止に關しては深甚の注意を必要とするものである。

終りに本研究の發表を容認された株式會社日本製鋼所に敬意を表すると共に種々御懇篤なる指示を賜た黒川慶次郎氏及び長井盛氏に厚く感謝する次第である。