

酸性電気爐熔解作業に関する二三の考察 (I)

河 合 正 雄*

目 次

- I 緒 言
- II 熔解作業記録
- III 反應の物理化學的考察
 - (i) 珪素反應
 - (イ) 酸化期 (ロ) 脱酸期
 - (ii) 炭素反應
 - (イ) 酸化期 (ロ) 脱酸期
 - (iii) 炭素, 珪素と [FeO] の關係
 - (iv) 珪素の還元
 - (v) マンガン反應
- IV 結 言

次に酸性電気爐内の二三の化學反態を考察する。

II. 熔 解 作 業 記 録

作業法は以前に報告せられた溶解法¹⁾に依るもので使用材料と作業記録は下記の如くである。——Ni-Cr 鋼熔解作業を選択せるは、當酸性電気爐の特種使用條件に依る——爐内温度は爐中より杓にて汲み出し、鋼滓を除き、約 2m の距離にて光高温計により測定し、「エミシビテイ」0.45 として換算せるものである。又熔鋼中の [FeO] 定量は「ハーテイ」法に依る。

作業記録中各時期の主要な數値の平均値を示すと。

第 1 表

時間 mn	温度 C°	C	Si	Mn	[FeO]	(ΣFeO)	(ΣMnO)
0	1518	0.266	0.099	0.198	0.1145	15.99	17.83
16	1559	0.235	0.060	0.140	0.1380	20.85	15.38
29	1614	0.207	0.059	0.108	0.1327	11.70	14.15
89	1608	0.339	0.235	0.541	0.0936	6.52	20.20
124	1560	0.325	0.237	0.493	0.0813	6.51	20.51
144	1591	0.328	0.234	0.452	0.0773	6.31	19.97

酸性電気爐は、鹽基性電気爐に比較して極軟鋼製造困難にして、又高炭素鋼熔解の場合は珪素還元の傾向が大である。然し果して如何なる範圍に於て不可能かを意識せざるか、若しくは不可能な範圍を経験的に漠然と臆測する程度で、その機構に就いては餘り考察されなかつた様である。

* 大阪陸軍造兵廠 Synopsis

D 5684 全装入量 12t

使用材料：— 普通精製鋼 3t 400kg 特種鋼切屑 6t 400kg 特種鋼旋屑 2t 200kg マンガン鐵 120kg

時間 mn	作 業	温度	C	Si	Mn	Ni	Cr	[FeO]	(ΣSiO ₂)	(ΣFeO)	(ΣMnO)	(ΣAl ₂ O ₃)	(ΣCr ₂ O ₃)	(ΣCaO)
00		1520°	0.311	0.076	0.124	1.313	0.260	0.1321	65.07	13.94	9.47	2.54	1.03	1.09
00	鐵 鑛 石 60kg													
17		1550°	0.243	0.035	0.036	1.372	0.268	0.1374	65.42	15.51	11.52	2.63	1.46	1.08
30		1600°	0.218	0.034	0.036	1.399	0.258	0.1321	75.27	6.93	6.29	2.09	0.83	0.89
35	Fe Mn 120kg													
46 ~ 61	除 滓 黒 鉛 6kg 珪素マンガン鐵20kg マンガン鐵 64g 古 滓 250g													
78	Fe Cr 77kg Ni 38kg													
85		1620°	0.363	0.180	0.517	1.663	0.663	0.0846	64.52	5.36	19.72	1.89	1.28	1.32
87	斷 電 流													
120		1560°	0.338	0.224	0.466	1.643	0.641	0.0793	64.10	5.79	20.71	1.84	1.23	1.21
123	通 電 流													
130		1590°	0.330	0.219	0.395	1.618	0.634	0.0634	64.51	6.00	19.30	2.38	1.54	1.64
138	出 鋼													

D 5731 全装入量 12t

使用材料：— 普通精製鋼 2t 500kg 特種精製鋼 2t 400kg 特種鋼旋屑 2t 100kg 特種鋼切屑 5t 000kg
マンガン鐵 120kg.

時間	作 業	溫度	C	Si	Mn	Ni	Cr	[FeO]	(Σ SiO ₂)	(Σ FeO)	(Σ MnO)	(Σ Al ₂ O ₃)	(Σ Cr ₂ O ₃)	(Σ CaO)
mn 00		1520°	0.311	0.116	0.336	0.879	0.277	0.1110	53.87	16.70	17.57	2.45	1.26	1.65
05	鐵 鑛 石 60kg													
18		1555°	0.268	0.091	0.329	0.892	0.277	0.1639	54.26	16.37	17.15	2.35	2.15	1.58
26		1610°	0.243	0.071	0.300	0.865	0.260	0.1639	62.89	11.51	14.76	2.41	1.77	1.46
32	Fe Mn 120kg													
42 ~ 53	除滓黒鉛 5kg 珪素マンガン鐵 10kg マンガン鐵 64kg 古 滓 270kg													
70	Fe Cr 80kg													
74	Ni 100kg													
80		1590°	0.354	0.313	0.543	1.664	0.650	0.1057	64.47	8.07	18.99	1.37	1.01	1.69
85	斷 電 流													
122		1540°	0.323	0.314	0.453	1.672	0.650	0.1004	67.89	5.89	19.11	1.32	0.63	1.89
131	通 電 流													
138		1600°	0.336	0.313	0.444	1.658	0.641	0.1053	63.75	7.18	21.04	1.07	1.14	1.63
145	出 鋼													

D 5840 全装入量 13t

使用材料：— 普通精製鋼 2t 300kg 特種精製鋼 2t 200kg 特種鋼旋屑 2t 100kg 特種鋼切屑 6t 400kg
マンガン鐵 80kg

時間	作 業	溫度	C	Si	Mn	Ni	Cr	[FeO]	(Σ SiO ₂)	(Σ FeO)	(Σ MnO)	(Σ Al ₂ O ₃)	(Σ Cr ₂ O ₃)	(Σ CaO)
mn 00		1500°	0.256	0.083	0.380	1.304	0.251	0.1043	49.33	16.76	17.80	3.18	2.18	1.89
07	鐵 鑛 石 70kg													
12		1550°	0.233	0.039	0.051	1.328	0.248	0.1118	44.06	25.31	15.14	2.33	2.43	1.50
35		1610°	0.191	0.038	0.014	1.317	0.216	0.1089	59.07	12.68	17.18	2.91	1.54	1.35
39	Fe Mn 130kg													
50 ~ 63	除滓黒鉛 12kg Si Mn 10kg Fe Mn 69kg 古 滓 260kg													
80	Fe Cr 87kg													
85	Ni 78kg													
92	斷 電 流	1615°	0.332	0.195	0.519	1.637	0.658	0.1024	60.20	6.97	21.99	2.13	1.14	2.10
130		1570°	0.330	0.174	0.490	1.658	0.646	0.0643	61.41	6.11	22.64	2.04	1.67	1.63
145	通 電 流													
154		1590°	0.330	0.153	0.380	1.666	0.663	0.0634	65.74	6.41	17.07	2.44	1.54	1.78
160	Fe Mn 25kg													
165	出 鋼													

D 5860 全装入量 12t

使用材料：— 普通精製鋼 2t 300kg 特種精製鋼 2t 400kg 特種鋼旋屑 2t 100kg 特種鋼切屑 5t 200kg
マンガン鐵 120kg

時間	作 業	温度	C	Si	Mn	Ni	Cr	(FeO)	(Σ SiO ₂)	(Σ FeO)	(Σ MnO)	(Σ Al ₂ O ₃)	(Σ Cr ₂ O ₃)	(Σ CaO)
mn 00		1500°	0.201	0.091	0.102	1.270	0.299	0.1240	50.06	17.18	19.30	2.87	1.63	1.65
05	鑛石量 70kg													
13		1540°	0.190	0.043	0.052	1.267	0.301	0.1411	55.00	19.75	15.21	3.12	1.74	1.50
23		1620°	0.172	0.035	0.035	1.311	0.320	0.1300	60.79	13.20	16.18	2.71	1.80	1.50
36	Fe Mn 120kg													
48 ~ 67	除滓黒鉛 20kg Si Mn 30kg Fe Mn 64kg 古 滓 250kg													
82	Fe Cr 83kg													
85	Ni 76kg													
93	断 電 流	1600°	0.345	0.201	0.520	1.674	0.481	0.0739	63.25	5.36	21.02	1.93	1.06	1.32
120		1550°	0.333	0.194	0.487	1.608	0.481	0.0702	65.35	6.39	19.23	1.87	1.64	1.32
139	通 電 流													
149		1595°	0.349	0.197	0.452	1.599	0.472	0.0687	66.18	6.18	21.39	1.52	1.21	1.51
157	出 鋼													

D 5881 全装入量 11.5t

使用材料：— 普通精製鋼 2t 600kg 特種精製鋼 2t 000kg 特種鋼旋屑 2t 500kg 特種鋼切屑 4t 400kg
マンガン鐵 115kg

時間	作 業	温度	C	Si	Mn	Ni	Cr	(FeO)	(Σ SiO ₂)	(Σ FeO)	(Σ MnO)	(Σ Al ₂ O ₃)	(Σ Cr ₂ O ₃)	(Σ CaO)
mn 00		1550°	0.253	0.131	0.350	1.17	0.254	0.1012	54.48	15.37	25.00	2.80	1.61	2.80
09	鉄 鑛 石 80kg													
20		1600°	0.240	0.092	0.232	1.28	0.235	0.1300	48.17	27.29	17.88	2.43	1.89	3.00
30		1630°	0.212	0.117	0.157	1.18	0.240	0.1285	60.35	14.17	16.35	2.43	1.92	2.42
34	Fe Mn 110kg													
45 ~ 70	除滓黒鉛 6kg Fe Mn 59kg 古 滓 250kg													
86	Fe Cr 80kg													
90	Ni 70kg													
95	断 電 流	1615°	0.299	0.285	0.607	1.802	0.563	0.1017	59.37	6.85	19.26	1.80	1.03	2.90
130		1580°	0.302	0.280	0.569	1.788	0.560	0.0871	60.58	6.57	20.88	2.03	1.32	2.82
140	通 電 流													
149		1588°	0.298	0.288	0.590	1.804	0.570	0.0858	63.29	5.79	21.06	1.93	1.14	2.82
150	出 鋼													

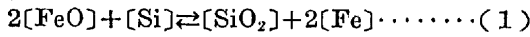
【附記】 珪素マンガン鐵 60% Mn 20% Si マンガン鐵 75% Mn 7.5% C 古滓 酸性平爐古滓

III. 反應の物理化學的考察

普通成分中酸性電氣爐にて調整可能の3成分(珪素, 炭素, マンガン)につき考察する。

(i) 珪素反應

先づ酸性爐にて重要な役目を演ずる珪素反應より考察する。



上の反應に於て $[\text{Fe}] \approx 1$ と見做すと

$$K_{\text{Si}} = [\text{SiO}_2] / [\text{Si}][\text{FeO}]^2$$

但し K_{Si} は (1) の反應の平衡恒數にして一定溫度に於て一定の値を有する。

鋼湯中の $[\text{SiO}_2]$ は極めて微少であるが, 鋼滓中の (SiO_2) と次の關係を保つ。

$$L_{\text{SiO}_2} = [\text{SiO}_2] / (\text{SiO}_2)$$

但し L_{SiO_2} は分配恒數で, 二つの相に於ける SiO_2 が同一の形で存在し, 且平衡を保つ時は一定の溫度で一定の値を有する。

今考へて居る鋼滓は酸性鋼滓であり, 珪酸で飽和せられてゐるから $(\text{SiO}_2)_{\text{sat}} \approx 1^2$ と見做し

$$L_{\text{SiO}_2} = [\text{SiO}_2]$$

$$\therefore [\text{Si}][\text{FeO}]^2 = L_{\text{SiO}_2} / K_{\text{Si}} = K_{\text{Si}}^{\text{S}} \dots \dots (2)$$

但し K_{Si}^{S} の S なる記號は珪酸をもつて飽和した鋼滓の場合を示すもので

Körber u. Oelsen³⁾ に依ると

$$\log K_{\text{Si}}^{\text{S}} = -32360/T + 14.153 \dots \dots (3)$$

柴田, 田尻氏²⁾ に依ると

$$\log K_{\text{Si}}^{\text{S}} = -23742/T + 9.430 \dots \dots (4)$$

現行熔解作業を概略的に珪素反應を主として考へるときはマンガン鐵投入迄が酸化期で, それ以後は還元期又は脱酸期と見做し得る。現場作業に於てマンガン鐵投入前に湯熱鋼滓の關係上, 既に多量の珪素の還元し來る事もある。然して酸化期には $[\text{FeO}]$ 又は (ΣFeO) に依り鋼湯中の $[\text{Si}]$ が如何に減少し變化するかを考へ, 脱酸期には $[\text{Si}]$ に依り $[\text{FeO}]$ が, 如何なる程度迄低下せしめ得るかを, 主として考察するのが妥當であるので, 以下二つの時期に大別する。

(イ) 酸化期

(光高温計に依る湯熱測定は, 残念ではあるが, 現今ではさほど信を置き得る程正確なものではないので, 光高温計

第2表 各時期の湯熱

記號	平均時間					
	0mn	16mn	29mn	89mn	124mn	144mn
D5684	1520°C	1550°C	1600°C	1620°C	1560°C	1590°C
D5731	1520	1555	1610	1590	1540	1600
D5840	1500	1550	1610	1615	1570	1590
D5860	1500	1540	1620	1600	1550	1595
D5881	1550	1600	1630	1615	1580	1580
平均値	1518	1559	1614	1608	1560	1591
假定値	1800°K	1830°K	1900°K	1900°K	1840°K	1870°K

に依る測定値と現場の目測經驗とを合せ考慮し「ラウンドナンバー」としての假定値を設け第2表に示した。

第3表 各時期の $[\text{FeO}]$

記號	平均時間					
	0mn	16mn	29mn	89mn	124mn	144mn
D5684	0.1321%	0.1374%	0.1321%	0.0846%	0.0793%	0.0636%
D5731	0.1110	0.1639	0.1639	0.1057	0.1004	0.1053
D5840	0.1043	0.1178	0.1089	0.1024	0.0698	0.0634
D5860	0.1240	0.1411	0.1300	0.0739	0.0702	0.0687
D5881	0.1012	0.1300	0.1285	0.1017	0.0871	0.0858
平均値	0.1145	0.1380	0.1327	0.0936	0.0813	0.0773

第2表, 第3表の湯熱及び $[\text{FeO}]$ の値を (2) (3) 式に適用し, この $[\text{FeO}]$ と平衡共存する $[\text{Si}]$ を求めると

第4表 の (1)

時間 mn	0	16	29
溫度	1800°K	1830°K	1900°K
$[\text{FeO}]$	0.11%	0.14%	0.13%
K_{Si}^{S} の値	1.50×10^{-4}	3.35×10^{-4}	13.25×10^{-4}
珪素量	0.0124%	0.0171%	0.0784%

(2), (4) 式を用ふると

第4表 の (2)

K_{Si}^{S} の値	1.74×10^{-4}	3.13×10^{-4}	8.59×10^{-4}
珪素量	0.0144%	0.0171%	0.0508%

FeO 以外の成分に於て化學組成が一定なる鋼滓及び鋼に於ては溫度一定なる場合に

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

$$\therefore [\text{Si}](\text{FeO})^2 = K_{\text{Si}}^{\text{S}} / L_{\text{FeO}}^2 = K_{\text{Si}}^{\text{S}'}$$

又珪酸で飽和されてゐる鋼滓に於て鋼滓中の遊離 (FeO) はその分析的に見出された (ΣFeO) に比例するのであらう⁴⁾ と考へられるため

$$L'_{\text{FeO}} = [\text{FeO}] / (\Sigma\text{FeO})$$

$$\therefore [\text{Si}](\Sigma\text{FeO})^2 = K_{\text{Si}}^{\text{S}} / L'^2_{\text{FeO}} = K_{\text{Si}}^{\text{S}'} \dots \dots (5)$$

Körber u. Oelsen³⁾ に依ると

$$\log K_{\text{Si}}^{\text{S}'} = -19057/T + 11.101 \dots \dots (6)$$

第2表, 第5表の湯熱 (ΣFeO) の値を (5), (6) 式に代入し, 鋼滓中の (ΣFeO) と平衡共存し得る $[\text{Si}]$ を求めると

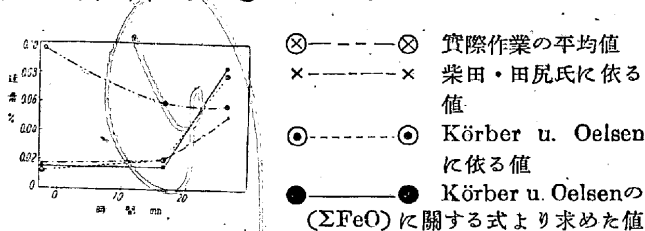
第5表 各時期の〔ΣFeO〕

記號	平均時間					
	0mn	16mn	29mn	89mn	124mn	144mn
D5684	13.94%	15.51%	6.93%	5.36%	5.79%	6.00%
D5731	16.70	16.37	11.51	8.07	5.89	7.18
D5840	16.76	25.31	12.68	6.97	6.11	6.41
D5860	17.18	19.75	13.20	5.36	6.39	6.18
D5881	15.37	27.29	14.17	6.85	6.57	5.79
平均値	15.99	20.85	11.70	6.62	6.15	6.31

第6表

時間	0mn	16mn	29mn
温度	1800°K	1830°K	1900°K
(ΣFeO)	16%	21%	12%
K_{Si}^{Si} の値	3.342	4.685	11.78
珪素量	0.0131%	0.0106%	0.0818%

以上の表を圖示すると



第1圖 酸化期に於ける珪素量の變化

第1圖より初期に於ては、珪素の酸化傾向大であつて、酸性爐でも、或る時期には熔融珪素は、殆ど完全に近く除去し得るものである事を知る。而してこの精鍊の酸化期の終りには、酸化傾向も弱く、湯熱も十分高いためこの時期にマンガン鐵を投入する事は、脱酸として又精鍊時間を短縮する意味に於ても有効である。

(ロ) 脱酸期

酸化期とは逆に、鋼湯中の〔Si〕と共存安定なる〔FeO〕を算出する。

第7表 各時期の〔Si〕

記號	平均時間					
	0mn	16mn	29mn	89mn	124mn	144mn
D5684	0.076%	0.035%	0.034%	0.180%	0.224%	0.219%
D5731	0.116	0.091	0.071	0.313	0.314	0.313
D5840	0.083	0.039	0.038	0.195	0.174	0.153
D5860	0.091	0.043	0.035	0.201	0.194	0.197
D5881	0.131	0.092	0.117	0.285	0.280	0.288
平均値	0.099	0.060	0.059	0.235	0.237	0.234

第2表、第7表の値を(2)(3)を式に代入し〔FeO〕量を求めると

第8表の(1)

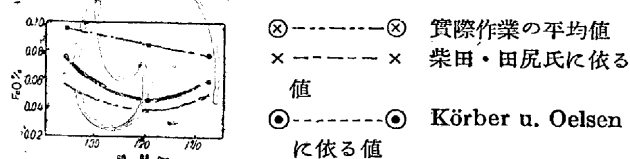
時間	89mn	124mn	144mn
温度	1900°K	1840°K	1870°K
〔Si〕	0.24%	0.24%	0.23%
K_{Si}^{Si} の値	13.25×10^{-4}	3.86×10^{-4}	7.05×10^{-4}
〔FeO〕	0.0743%	0.0401%	0.0554%

(2)(4)式に代入すると

第8表の(2)

K_{Si}^{Si} の値	8.59×10^{-4}	3.16×10^{-4}	5.42×10^{-4}
〔FeO〕	0.0598%	0.0363%	0.0486%

第8表を圖示すると

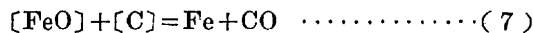


第2圖 脱酸期に於ける〔FeO〕の變化

〔FeO〕の實際の値は第2圖に示す如く、計算値より常に高く、従つて脱酸期には熔融珪素に依る脱酸が常に行はれて居る。

(ii) 炭素反應

熔鐵中の炭素と酸素の反應は次式で示される。



平衡恒数を K_C とすると

$$K_C = p_{CO} / [C][FeO] \dots\dots\dots (8)$$

的場博士⁵⁾に依ると

$$\log K_C = 1350/T + 2.74 \dots\dots\dots (9)$$

柴田、田尻氏⁶⁾に依ると

$$\log K_C = -6882/T + 5.471 \dots\dots\dots (10)$$

(イ) 酸化期

今爐内の一酸化炭素ガスの平均分壓を Schenck⁷⁾の如く 1.1 atm として(8)(9)式に第2表第3表の數値を代入し〔FeO〕と〔C〕との關係を求めると

第9表の(1)

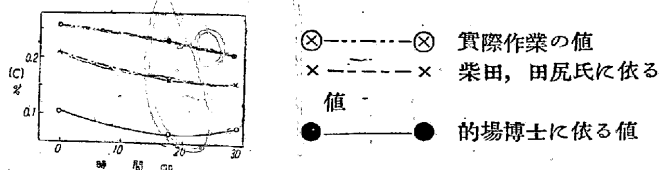
時間	0mn	16mn	29mn
温度	1800°K	1830°K	1900°K
〔FeO〕	0.11	0.14	0.13
K_C の値	97.7	100	107
〔C〕	0.102	0.079	0.079

(8)(10)式を用ふると

第9表の(2)

K_C の値	44.5	51.3	71.0
〔C〕	0.225	0.153	0.152

第9表を圖示すると



第3圖 酸化期に於ける〔C〕の變化

第3圖に示す如く、柴田、田尻氏に依るものと、的場博士に依る計算値の間には相當の距りがある。この溶解條

件、即ち普通作業で炭素 0.2% に低下する事は容易である。D5860 のものは 0.172% 迄低下してゐる。猶又實際作業で鋼滓湯熱を適當に調整する事に依り殆ど爐床を害める事なく 0.1% C 以下に低下せしめ得る。

(ロ) 脱酸期

次に [C] より、それと平衡共存する [FeO] を算出する。

第 10 表 各時期の [C]

記 号	平均 時間					
	0mn	16mn	29mn	89mn	124mn	144mn
D5684	0.311%	0.243%	0.218%	0.363%	0.328%	0.330%
D5731	0.311	0.268	0.243	0.354	0.323	0.336
D5840	0.256	0.233	0.191	0.332	0.330	0.330
D5860	0.201	0.190	0.172	0.345	0.333	0.349
D5881	0.253	0.240	0.212	0.299	0.302	0.298
平均値	0.2664	0.2348	0.2072	0.3386	0.3252	0.3286

第 2 表、第 10 表の値を (8), (9) 式に代入すると

第 11 表 の (1)

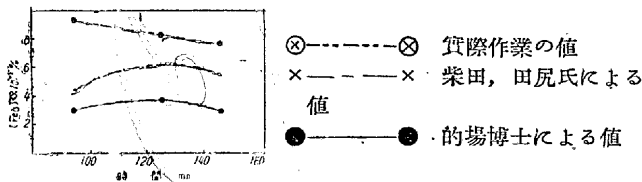
時 間	89mn	124 mn	144 mn
温 度	1900°K	1840°K	1870°K
[C]	0.339%	0.325%	0.329%
K _c の値	107	103	105
[FeO]	0.0303%	0.0328%	0.0318%

(8), (10) によると

第 11 表 の (2)

K _c の値	71.0	53.8	60.3
[FeO]	0.0456%	0.0631%	0.0554%

第 11 表を圖示すると



第 4 圖 脱酸期に於ける [FeO] の變化

この時期の [FeO] と [C] の関係を見るに柴田、田尻氏、的場博士兩者共に

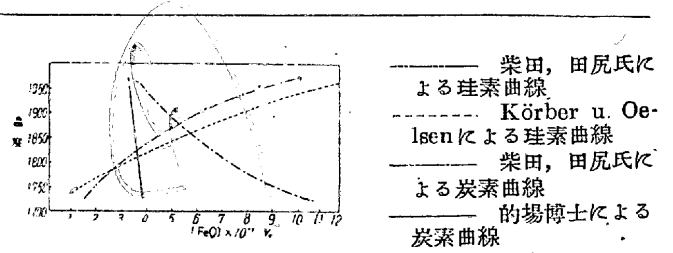
$$[FeO] > p_{CO}/K_c[C]$$

となる。即ち第 4 圖にても明かな如く、實際の [FeO] は計算値（その與へられた條件の炭素と共存安定なる [FeO] の平衡値）よりも高く、その條件では一酸化炭素ガス發生可能であり、眞に鎮靜された状態ではない。然し氣泡を生じ或は吹く程度のものではない。

(iii) 炭素、珪素と [FeO] の關係

脱酸期の平均成分を [C]=0.33%, [Si]=0.24% とし、これと [FeO] の平衡關係を圖示すると

熔融珪素に依る脱酸は、低温なる程盛んに行はれ、炭素は高温である程、[FeO] との反應が強行はれる。即ち第

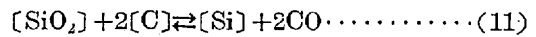


第 5 圖 炭素、珪素と [FeO] の關係

5 圖の炭素曲線と珪素曲線の交點以上の温度に於ては、炭素による脱酸が行はれる、交點以下の温度に下降すると珪素による脱酸へと移行する。上記溶解作業に於て、脱酸の行はれるのは、主として Si, Mn, C, Cr 等であるが炭素以外の元素は、脱酸生成物が鋼浴中に懸垂するが、炭素による脱酸はガスとなり、一酸化炭素ガスは鋼に不溶性なるため、容易に熔鋼外に除去れ、理想的であるから、精鍊期の湯熱は出来るだけ高温なる事が望ましい。

(iv) 珪素の還元

酸性爐にて高炭素鋼溶解の場合、著しく珪素が還元して來るのを經驗する。



$$K_{Si-C} = [Si]p_{CO}^2 / [SiO_2][C]^2$$

鋼滓が珪酸で飽和されて居るとすると $[SiO_2] = 1^2$

$$K_{Si-C}^S = [Si]p_{CO}^2 / [C]^2 \dots \dots \dots (12)$$

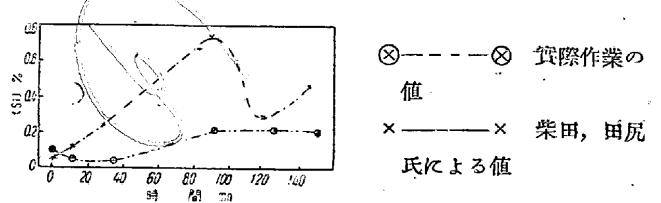
柴田、田尻氏²⁾によると

$$\log K_{Si-C}^S = -25657/T + 14.4114 \dots \dots \dots (13)$$

第 2 表、第 10 表の数値を (12), (13) 式に代入して、[Si] を求めると

第 12 表 各時期の還元珪素の變化

時 間	0mn	16mn	29mn	89mn	124mn	144mn
温 度	1800°K	1830°K	1900°K	1900°K	1840°K	187°K
[C]	0.266%	0.235%	0.207%	0.339%	0.325%	0.329%
K _{Si-C} ^S の値	1.437	2.462	8.086	8.086	2.934	4.911
[Si]	0.084%	0.112%	0.286%	0.767%	0.256%	0.440%



第 6 圖 炭素による還元珪素の變化

マンガン鐵投入後は湯中の [FeO] 少く、湯熱高く、又除滓後は炭素量も高くなるので、第 6 圖に示す如く、著しく、珪素還元が行はれる。〔除滓後珪素マンガン鐵添加による差物よりの珪素増加量（計算値）は D5860 の 0.05% Si が最大である。〕

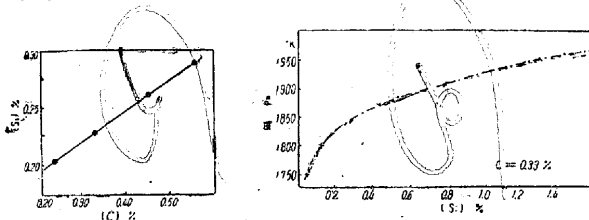
それ以後は斷電流と共に湯熱は低下し、從つて平衡値も低下する。又他方鋼湯中の [FeO] 等に制約されて、珪素は増加しない。

今温度を一定にして CO ガス分壓を一定とするときは、(12) 式より明かな如く、珪素還元は熔融炭素量の自乗に比例して増加する。

第 13 表は最近の <0.3% C; 0.3~0.4% C; 0.4~0.5% C; >0.5% C のものそれぞれ 100 熔解の炭素量と珪素量の分析平均値であり、實際作業に於ても炭素量の變化により相當珪素の増減著しく、第 7 圖に示す如く、炭素の高いもの程曲線の勾配が大きい。

第 13 表 炭素と珪素の關係

平均炭素量	0.238%	0.341%	0.445%	0.536%
平均珪素量	0.206	0.229	0.254	0.286



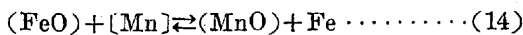
第 7 圖 炭素と珪素の關係 第 8 圖 [Si] と温度の關係

次に除滓後 (炭素の平均値 C=0.33%) の [Si] と温度の關係を圖示すると

鋼滓が珪素で飽和された状態で湯熱を上昇すると、急激に還元珪素が増加する、故に過酸化の状態の湯も湯熱の上昇により容易に清淨なる湯になし得るので、いはゆる溶け落ち過酸化の問題は、湯熱調整容易なる酸性電気爐では全く問題にならない。從つて地金と同時に裝入するマンガン鐵は、この意味に於ては不用である。猶實際に地金の選擇上 過酸化状態で溶けた湯も、湯熱の調整に依り容易に清淨なる鋼となし得た。

(v) マンガン反應

Körber u. Oelsen によると



なる反應に於て鋼滓が珪酸で飽和されて居る時は次の關係が成立する。

$$K_{Mn}^S = (\Sigma MnO) / (\Sigma FeO) [Mn] \quad \text{又は}$$

$$K_{Mn}^S = (\Sigma FeO) [Mn] / (\Sigma MnO) \dots (15)$$

而して

$$\log K_{Mn}^S = -7940/T + 3.172 \dots \dots (16)$$

が與へられて居る。

第 5 表、第 14 表の (ΣFeO) (ΣMnO) の値を (15)、

第 14 表 各時期の (ΣMnO)

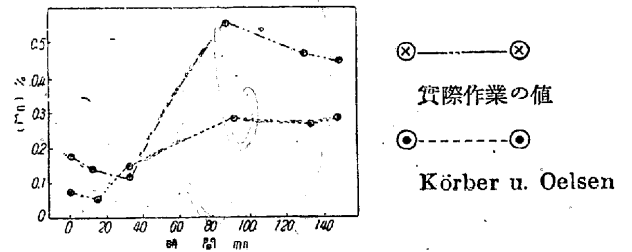
記 號	平均 時 間					
	0mn	16mn	29mn	89mn	124mn	144mn
D5684	9.47%	11.52%	6.29%	19.72%	20.71%	19.30%
D5731	17.57	17.15	14.76	18.99	19.11	21.04
D5840	17.80	15.14	17.18	21.99	22.64	17.07
D5860	19.30	15.21	16.18	21.02	19.23	21.39
D5881	25.00	17.88	16.35	19.26	20.88	21.06
平均値	17.83	15.38	14.15	20.20	20.51	19.97

(16) 式に代入し平衡共存する [Mn] を求めると

第 15 表 各時期の安定なる [Mn]

時 間	0mn	16mn	29mn	89mn	124mn	144mn
温 度	1800°K	1830°K	1900°K	1900°K	1840°K	1870°K
(ΣFeO)	16%	21%	12%	7%	6%	6%
(ΣMnO)	18	15	14	20	21	20
K_{Mn}^S の値	5.8×10^{-2}	6.8×10^{-2}	9.8×10^{-2}	9.8×10^{-2}	7.2×10^{-2}	8.4×10^{-2}
[Mn]	0.0654%	0.0486%	0.1143%	0.280%	0.252%	0.280%

第 15 表の [Mn] を圖示すると



第 9 圖 各時期の [Mn]

第 9 圖に示す如く、酸化期に於ては勿論の事、除滓後に於てでも、常に時間の経過につれ、湯中のマンガンが平衡値に向つて低下して居る。即ち除滓後に湯中のマンガンの脱酸が行はれ、この MnO は SiO₂ と結合し、融點の比較的低い (SiO₂ MnO) となり、大粒を形成し易く、從つて殺湯中に浮揚除去され易いから、脱酸はマンガン鐵のみによるのが適當である。

このマンガンの酸化は、上式より明かな如く、(ΣMnO) の多い程又温度の高い程少く、(ΣFeO) の多い程、湯熱の低い程盛んに行はれる。又 (ΣFeO) と [FeO] と比例するから、殺湯期の鋼滓は、SiO₂·FeO: MnO を主成分とする鋼滓を用ふるならば、(ΣMnO) 可及的多量にして (ΣFeO) 少きものを可とし、又松川博士⁸⁾によると、(ΣMnO) 多く (ΣFeO) 少きものも、高温 (約 1550°C 以上) に於て流動性が良い。即ち脱酸はマンガン鐵のみによる方法が又除滓後の鋼滓は (ΣMnO) の可及的多量に含む鋼滓を良しとする。

IV 結 言

電気爐で凡ての化學反應は、電極下にて最も活潑に行は

れ、この領域では化學反應は著しく進行するが、大勢を支配するものは平均湯熱であり、この平均湯熱の與へる平衡値に向つて、反應が進行するものとし、現今迄に測定され一般に用ひられて居る平衡恒數を用ひ、爐内の化學反應を考察した。

(i) 地金と同時に装入するマンガ鉄は熔け落ちの (ΣMnO) を多くし、鋼滓の酸化力を弱め、従つて脱炭速度を弱める。

(ii) 熔け落ちにマンガ鉄少く、過酸化の状態になるも、湯熱調整自由なる酸性電氣爐では、除滓後の湯熱を適當に上昇し、還元珪素に依る十分なる脱酸を行ひ得る。

(iii) 鐵礦石投入後適當なる時期にマンガ鉄により脱酸するのは、“サンド”を減少し、又精鍊時間を短縮する。

(iv) 理論的には殺湯期、出鋼前も亦眞に鎮靜された状態でない。

(v) 高温精鍊をする事による“サンド”減少機構の一

つを明かにした。

(vi) 珪素還元は炭素上昇と共に急に増加する。

(vii) 殺湯期の鋼滓は (ΣMnO) の及的多量なるものが良い。

本報告の御校閲を賜りたり齋藤先生、御助言下された鉄内中佐殿、池田少佐殿に厚く感謝の意を表す。

文 献

- 1) 鉄内周三郎：鐵と鋼，第24年，第5號
- 2) 柴田 善一：日本金屬學會 第6卷 第2號
- 3) Körber u. Oelsen: Mitt. Kais. Wilh. Inst. Eiforschung Dusseld. Bd. 15(1933) S. 271.
- 4) 柴田 善一：學振報告，5，302頁
- 5) 的場 博士：鐵と鋼，第20年，837頁
- 6) 柴田 善一：日本金屬學會誌，第6卷，第1號
- 7) H. Schenck: Ph. Chemie der Eisenhütten Prozesse Z, Bd. 2 S. 49
- 8) 松川 博士：鐵と鋼，第19年，第12號

ピアノ線製造法に関する研究

(日本鐵鋼協會第27回講演大會講演，昭17.4於東京)

虎 岩 頼 夫*

STUDY OF THE METHOD OF MANUFACTURING PIANO WIRE.

Yorio Toraiwa

SYNOPSIS:—The author has experimentally manufactured various kinds of piano wire since Showa 15 (1940) from the necessity of the domestic manufacture of piano wire. In the present report, some properties of different kinds of domestic wire were compared with the imported products. It was confirmed that the quality as good as the imported products are now available in the wholly domestic wire, although more efforts are expected for the manufacture of better qualities. Above all, he mentioned of the brittleness appearing in the low-temperature heating and laid stress on its preventive methods. As the fundamental data, the result of the test on the effect of drawing speed, was described with special reference to the prospect of the X-ray study necessary therefor.

I. 緒 言

古來ピアノ線の製造は、ポールベアリングと共に、瑞典に於て約200年の歴史をもち、世界に冠絶せるものがあつた。

我國に於ても、歐洲大戰當時よりこの國産化が試みられたのであるが、瑞典製品の傳統的技術と、純良なる資源と、且は經濟的事情により、實現を見るに至らなかつたのである。

支那事變の勃發と共に、輸入製品の杜絶の爲、必然的に純國産化の促進を計らねばならなくなり、陸海軍共に、その研究に着手した。我研究所に於ては、昭和12年度より外國製品の徹底的な調査を開始して、國産化の計畫を樹て、14、15年度にこれを実施したのであるが、以下はこの國産化計畫に基いて、研究的に製造した製品の結果及び將來の意見であつて、その構要を項目に別けて記述する。

II. 供 試 線 材

圖表1に示す所の種類のものであつて、瑞典製品は昭和

* 大阪陸軍造兵廠