

鐵合金製造に關する基礎的研究

（第 1 ・ 2 報）

西 村 研 究 室

工學博士 西 村 秀 雄

マスター・オブ・サイエンス 渡 邊 曉

1. 緒 言

フェロマンガ、フェロクロム、フェロタンングステン、フェロニッケル等の所謂鐵合金の製造に關しては學術的研究が餘り行はれて居らないと見え、文獻に殆んど見るべきものがない。従つて其の製造法には研究により改良されるべき點が多分に殘されて居ると考へられるのであるが據るべき理論的基礎が調べられて居らない。或は工場的環境があつて調べられたものも公表して居らないためもあるのであらうと考へられる。何れにしても本研究は是等鐵合金の製造に關して示針となる可き基礎的なる問題を攻究し、鐵合金製造の參考に供せんことを目的として居るのである。

鐵合金中、順序として先づフェロマンガを選び其の製造に關する問題を研究した。元來フェロマンガは 5~7 %の C を含有し Mn-Fe-C 系合金である可きであるが、常に多少の Si を不純物として含有するものであるから、是は Mn-Fe-Si-C 系合金と考へた方がシリコマンガ（珪素滿俺鐵）の如き場合も含まれて來て一般的であるから、フェロマンガを Mn-Fe-Si-C 系と考へ、研究の方針として次の様に考へて進むこととした。

第一に Mn-Fe-Si 系合金の炭素吸収を調べるために

Mn-Si 系 合 金

Fe-Si 系 合 金

Mn-Fe 系 合 金

Mn-Fe-Si 系 合 金

の四合金系の炭素吸収に就て調べた。是は低炭素フェロマンガ製造の場合珪素量と炭素吸収量の間如何なる關係があるかを知らんがためである。

次に $\text{SiO}_2\text{-MnO}$ 系及 $\text{SiO}_2\text{-MnO-CaO}$ 系鑄滓の成分及珪酸度の異なるものをつくり Mn-Si 系合金と反應せしめ、反應により合金成分が如何に變化するかを調べ、大體の方向を知り得たので、ここに報告するのである。

II. Mn-Si 系合金の炭素吸収

1. 試料調製

(1) 材 料

符 號	第 1 表 金屬マンガン成分			
	Mn	Si	Fe (%)	C
Mn-1	96.87	0.22	0.87	0.40
Mn-2	97.17	0.36	0.97	0.037
Mn-3	96.24	1.00	1.58	0.03

符 號	第 2 表 金屬珪素成分 (%)	
	Si	Fe
Si~1	残り	0.15
Si~2	残り	0.32

Mn-Si 系合金調製には三種の金屬マンガンと二種の金屬珪素を使用した。金屬マンガンの成分は第一表に、金屬珪素の成分は第二表に示す通りである。

尙使用せる金屬珪素は Si < 99% のものを酸處理せるものである。

(2) 合金の熔製

炭素吸収實驗に供せる合金試料は 15 KVA 小型高周波電氣爐でタンマ

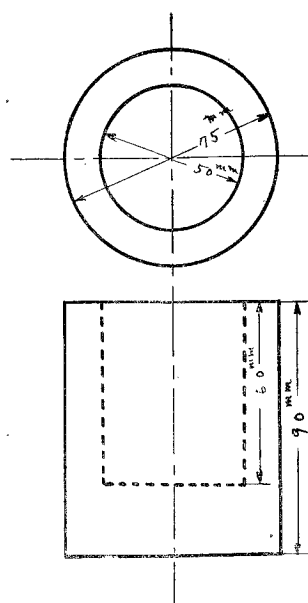
ン管を用ひて熔製した。

2. 炭素吸収實驗

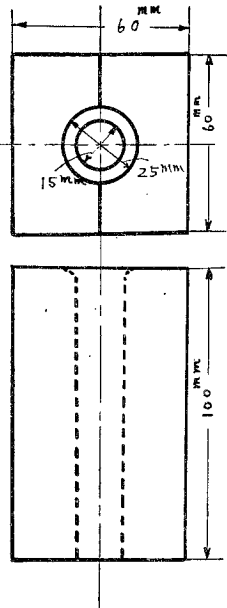
(1) 實驗方法

炭素吸収實驗には容器として第一圖の如き人造黒鉛電極より造れるルツボを又爐としてはクリプトル爐を使用した、實驗方法を簡単に述べれば次の如し。クリプトル中に前記黒鉛ルツボを装入し通電。爐温を所要の温度に達せしめ、しかる後爐の蓋をあけ試料約 100 グラムをルツボの中に入れ、ルツボと同質の電極粉末を加へてカバーし、爐の蓋をし、試料を迅速熔融せしめる。装入より熔解迄に要する時間は約五分である。試料が全く熔解せば炭素細棒にて攪拌し、これを十分毎に行ふ。一定時炭素を吸収せしめたる後ルツボを爐外に取出し、第二圖の如き鐵製金型に注入す。尙温度の測定は光學

第 1 圖



第 2 圖



吸収時間を45分に一定し実験を行ひ第三圖の曲線と第四表に示す結果を得た。尙本合金の熔融温度は約 1040°C⁽¹⁾である。

第三圖及第四表より本合金の炭素吸収は比較的低温に於ても極めて活潑で 1150°C にても 0.25%より一躍 2.74%となり

第 4 表

試料	吸収温度	成分 (%)		
		Mn	Si	C
A	—	87.09	11.63	0.25
A ₁	1150	84.91	11.39	2.74
A ₂	1200	84.76	11.07	2.87
A ₃	1250	84.48	11.30	3.08
A ₄	1300	84.53	11.36	3.12
A ₅	1350	83.70	11.91	3.39
A ₇	1400	84.14	11.08	3.55
A ₈	1450	83.51	11.36	3.72

高温計をもつてし、温度の調節は爐附屬の變壓器によつた。

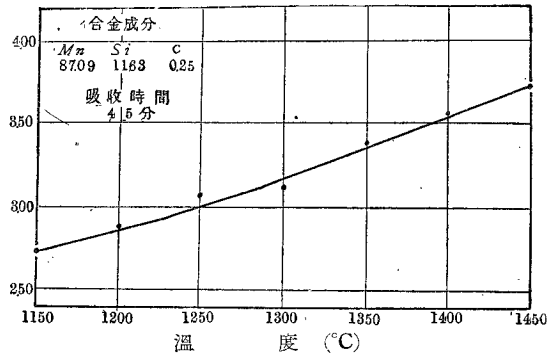
第 3 表

符 號	成 分 (%)		
	Mn	Si	C
A	87.09	11.63	0.25
B	86.71	11.99	0.044

(2) 炭素吸収温度の影響

熔融合金の炭素吸収は高温となる程著しくなることは容易に考へられる所であるが、其の程度は Mn-Si 合金に於ては如何なるものであるかを知るため、A 合金、即ち Mn 87.09%、Si 11.63%、C 0.25% の Mn-Si 系合金を試料とし、吸収温度を 1150°, 1200°, 1250°, 1300°, 1350°, 1400°, 及 1450°C と變へ、

第 3 圖
Mn~Si 合金の炭素吸収量
温度の影響



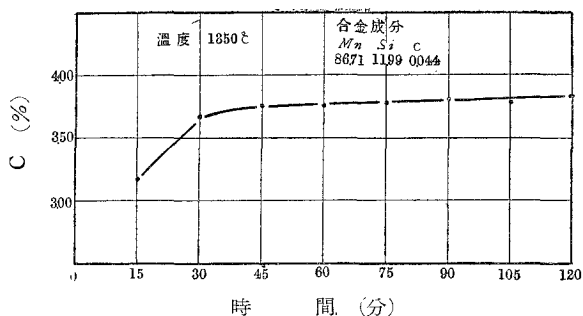
温度の上昇と共に更に其の量が増すことを知る。

(3) 炭素吸収時間の影響

Mn-Si 合金の炭素吸収と温度の關係は明かとなつた。時間の影響に就ても又知つておく要があるので次に B 合金、即ち Mn 86.71%、Si 11.99%、C 0.044% なる Mn-Si 合金につき温度を 1350°C に一定し、時間

(1) R. Vogel u. H. Bedarff: Arch Eisen hütten wes. 7(1933/34) S. 423/25.

第 4 圖
Mn-Si 合金の炭素吸収量
時間の影響



第 5 表
吸収時間の影響

試料	時間(分)	成分 (%)		
		Mn	Si	C
B	—	86.71	11.99	0.044
B ₁	15	84.57	11.15	3.18
B ₂	30	84.36	11.01	3.71
B ₄	45	84.59	10.35	3.75
B ₅	60	84.44	10.68	3.72
B ₆	75	84.53	10.83	3.77
B ₈	90	84.49	10.18	3.99
B ₉	105	84.48	10.99	3.78
B ₁₀	120	84.45	10.46	3.81

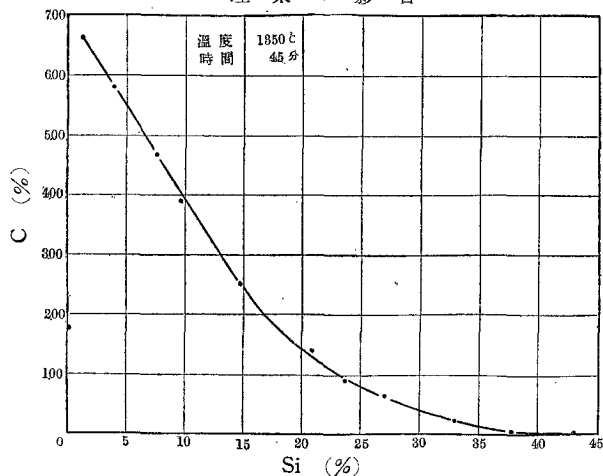
五圖及第六表は其の結果を示す。即珪素の含有量が増加すれば炭素吸収量は急減し、Si 1%附近にて C 6.67%のものが Si 20%となれば C 1%に減じ Si 30%ともなれば炭素の吸収皆無となることが解る。是を前述の Mn-Si 二元状態圖より云へば、 Mn_5Si_3 乃至 $MnSi$ に相當する合金は若干炭素を吸収するも、 $MnSi$ よりも珪素に富めば炭素は吸収しない。又炭素吸収の著しくなるのは Mn_5Si_3 より満庵に富める合金であると云へる。

を15分、30分、45分、と15分づゝ120分迄増し Mn-Si 合金の炭素吸収速度を調べて第四圖及第五表の如き結果を得た。即ち Mn-Si 系合金の炭素吸収は極めて迅速で、短時間にして殆んど飽和點近くまで達することで本合金に就て云へば30分にして殆んど最高となり、それ以上時間が長くなつても吸収量に著しい増加は見られない。

(4) 珪素の影響

第三～四圖及第四～五表より温度と時間の影響を知り得たので炭素吸収と最も密接なる關係を有する珪素を 0~75%の範圍に色々變へ、温度を 1350°C に、又時間を45分に一定し前述の通に吸収實驗を行ひ珪素の影響を明かにすることが出來た。第

第 5 圖
Mn-Si 合金の炭素吸収量
珪素の影響



第 6 表
珪素の影響

試料	成分 (%)		
	Mn	Si	C
C ₁	26.15	73.16	0.006
C ₂	35.94	63.55	0.013
C ₃	44.43	54.75	0.016
C ₄	50.86	48.63	0.017
C ₅	56.08	43.15	0.026
C ₆	62.45	36.94	0.041
C ₇	66.67	32.68	0.103
C ₁₀	71.48	27.26	0.362
C ₁₁	75.12	23.74	0.61
C ₁₂	77.35	20.84	1.14
C ₁₅	82.06	14.62	2.47
C ₁₃	85.58	9.83	3.87
C ₁₇	87.08	7.48	4.53
C ₁₈	89.85	3.66	5.73
C ₁₉	91.38	1.16	6.67

氣爐にて合金し、溶解容器としてはタ
ンマン管を用ひ一試料約 100 グラムの
もの十種を用意した。

2. 炭素吸収實驗

Fe-Si 系二元状態圖⁽¹⁾より珪素の添
加により此の合金系の溶解溫度は下る
ことが知られるが熔融點は Si 5%にて
約 1460°C, Si 33.44%にて FeSi なる
化合物を生じ、是が熔融點は 1410°C で
ある。従つて吸収溫度を 1500°C 吸収

時間を60分とし、Mn-Si 系合金の炭素吸収實驗の場合と同じ方法にて炭素を吸収させた。實驗
結果は第 6 圖及第七表に示す通りである。即炭素吸収量—珪素量曲線の傾向は Mn-Si 系合金
の曲線と類似して居り、珪素の増加と共に吸収量が急速に減少し、珪素約25%附近で炭素の吸

第 7 表

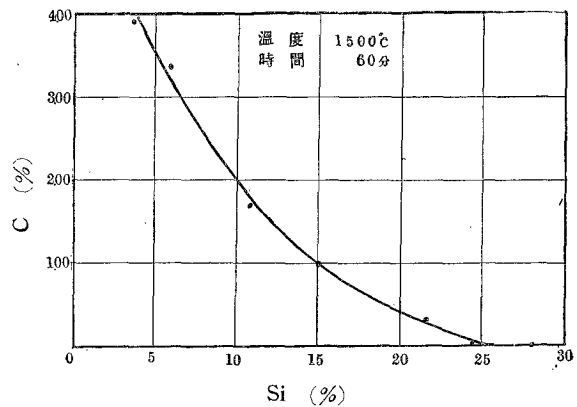
試料	成分 (%)		
	Fe	Si	C
D ₁	92.24	3.67	3.89
D ₂	90.56	5.96	3.37
D ₃	87.26	10.76	1.70
D ₄	83.80	15.03	0.99
D ₅	77.76	21.47	0.31
D ₆	75.51	24.25	0.07
D ₇	71.64	28.02	0.027
D ₈	66.35	33.36	0.021
D ₉	60.72	39.13	0.009

III. Fe-Si 系合金の炭素吸収

1. 試料調製

炭素吸収實驗用 Fe-Si 系合金の材料としては
第二表の成分の金屬珪素と C=0.05% のスウェ
ーデン鋼を使用し、兩者を豫め前述の高周波電

第 6 圖
Fe-Si 系合金の炭素吸収量
珪素の影響



(1) M. Hansen: Der Aufbau der Zweistoff Legierungen, S. 734.

收皆無となる。又本系合金は Mn-Si 系合金に比べ同じ珪素量でも炭素吸収は著しく少ないことが解る。要するに Fe-Si 系合金中 FeSi(Si=23.44%)より珪素に富むものは炭素を吸収し得ないと言ふことが出来る。

IV. Mn-Fe 系合金の炭素吸収

1. 試料調製

試料調製材料としては C=0.3% のスウェーデン鋼及第一表に示す成分の金屬滿俺を使用し、高周波電氣爐にて合金し、一試料 100 グラムのもの七種をつくつた。

2. 炭素吸収實驗

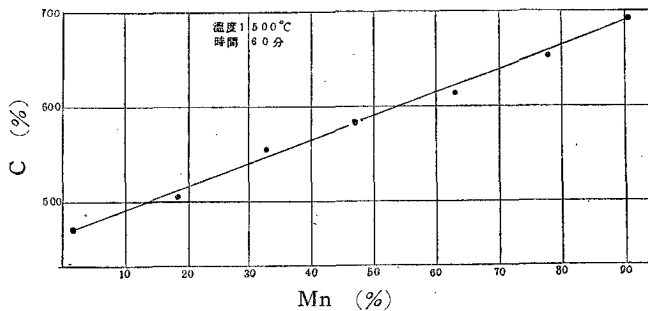
本實驗に於ては吸収溫度を 1500°C に吸収時間を60分に一定し、前述せる

第 8 表

試料	Mn	Fe	Si (%)	C
E ₁	90.64	1.50	0.75	6.99
E ₂	75.86	16.47	0.71	6.66
E ₃	61.31	31.65	0.74	6.14
E ₄	46.11	48.05	0.57	5.85
E ₅	30.99	62.77	0.45	5.50
E ₆	16.38	77.66	0.53	5.03
E ₇	0.50	93.86	0.39	4.67

第 7 圖

Mn-Fe 合金の炭素吸収量



方法にて炭素を吸収せしめ其の結果を第7圖及第八表に示した。即 Mn-Fe 量の炭素吸収量は Mn 側に於て特に大であり、鐵量の増加と共に漸減することが解る。これは Mn-Fe 系二元状態圖⁽¹⁾より見て當然であらう。

V. Mn-Fe-Si 系合金の炭素吸収

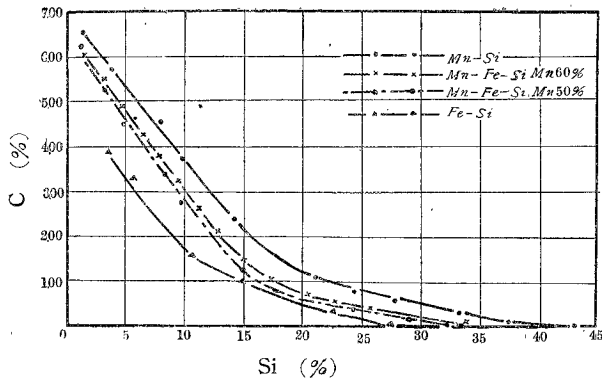
既述の實驗結果より Mn-Si 系及 Fe-Si 系の兩系合金に於ける炭素吸収量と珪素含有量の關係を明かにすることを得たが、フェロマンガンの或は珪素滿俺鐵の如き Mn-Fe-Si 系合金の炭素吸収量と珪素含有量の關係を知るため更に此の實驗を行つた。

Mn-Fe-Si 系合金の炭素吸収量—珪素含有量曲線の傾向は大體 Fe-Si 系及 Mn-Si 系合金の場合と同様であり、その曲線は略平行し兩曲線の間にあることは容易に推知することが出来る。

(1) M. L. V. Gayler: J. Iron and Steel Inst. 128 (1933). P. 293.

第 8 圖

Mn-Fe-Si 系合金の炭素吸収量 温度 1350°C
珪素の影響 時間 45分



従つてこれを確定的ならしめる意味で行ふ實驗であるため、Mn 50%及60%の兩者に就き珪素量の變つたものを前者は14種、後者は12種作り吸收時間を45分に吸收温度を1350°Cに一定して炭素を吸收させて見た。試料の調製及實驗方法等は既に述べた通りである。

實驗結果は第8圖、第9表及び第10表の通りである、第8圖には比較

第 9 表

50% Mn-Fe-Si 系合金の炭素吸收 1350°C

試料	Mn 成分 (%)	Fe 成分 (%)	Si 成分 (%)	C 成分 (%)
F ₁	49.98	42.17	1.23	6.31
F ₂	50.36	40.93	2.74	5.54
F ₃	48.69	42.60	2.85	5.45
F ₄	50.36	40.03	3.82	5.23
F ₆	50.23	38.58	7.10	3.80
F ₈	51.35	36.58	7.71	3.71
F ₉	47.89	39.13	9.81	2.94
F ₁₇	50.77	34.39	12.36	2.33
F ₁₅	51.05	39.57	4.48	4.70
F ₁₀	54.84	27.95	15.31	1.43
F ₁₂	50.48	30.42	17.75	1.04
F ₁₃	50.16	25.29	23.83	0.29
F ₁₄	51.00	19.36	29.12	0.14
F ₁₅	51.80	16.20	31.64	0.03

第 10 表

60% Mn-Fe-Si 系合金の炭素吸收

試料	Mn 成分 (%)	Fe 成分 (%)	Si 成分 (%)	C 成分 (%)
G ₁	61.26	30.88	1.42	6.10
G ₂	59.73	30.96	4.25	4.75
G ₃	59.13	30.18	5.53	4.57
G ₄	58.79	29.75	6.93	4.00
G ₅	59.03	28.48	8.75	3.50
G ₆	59.20	26.23	11.58	2.63
G ₇	59.51	25.23	12.58	2.26
G ₈	58.59	23.43	15.92	1.48
G ₉	59.11	18.97	20.98	0.62
G ₁₀	60.00	15.67	23.24	0.41
G ₁₁	60.12	11.32	27.94	0.16
G ₁₂	60.61	6.39	32.39	0.08

のため第六圖及第5圖の曲線がのせてある。圖より明らかなる如く Mn-Fe-Si 系合金の炭素吸収量は同一珪素含有量の場合 Mn の増加するに従ひ Fe-Si 系から Mn-Si 系の炭素吸収量へ近づくことが知られる。

VI. 結

論

上記の諸實驗の結果を總括すれば次の通りである。

1. Mn-Si 系合金の中 Si 含有量低きものゝ炭素吸収量は温度が高い程大である。
2. Mn-Si 系合金の炭素吸収は極めて迅速で短時間で飽和點附近に達する。
3. Mn-Si 系合金の炭素吸収は珪素量が MnSi 化合物 (Si=33.81%) 以上のものには起らない。
4. Fe-Si 系合金の中珪素含有量 33.44% (FeSi) 以上のものには起らない。
5. Mn-Fe 系合金の炭素吸収量は量の増加に従ひ漸減する。
6. Mn-Fe-Si 系合金の炭素吸収量は同一珪素量の場合滿俺の増加に従ひ Mn-Si 系の炭素吸収曲線に近づく。

終りに臨み本實驗に當り終始一貫熱心に御手傳ひ下さつた當研員室西村三男君に深甚なる謝意を表します。